رتبه‌بندی کیفیت و ایمنی جاده‌ها با استفاده از منطق فازی و مدل تصمیم‌گیری چند معیاره

مقاله علمی ـ پژوهشی

سیده پریسا شوریده ضیابری*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

اسماعیل کبودوند، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ziabariparisa@gmail.com

دریافت: ۱٤۰۱/۰۳/۲۷- پذیرش: ۱٤۰۱/۱۰/۲۵

صفحه۱۳۸-۱۱۹

چکیده

هدف پژوهش حاضر، شناسایی و بررسی عوامل دخیل در کیفیت و ایمنی جاده‌ها است تا بتوان از طریق محاسبه میزان تاثیر هر یک از عوامل، نسبت به رتبه‌بندی و مقایسه کیفی جاده‌ها اقدام نمود. رتبه بندی جاده‌ها، امکان برنامه ریزی برای توسعه، کاهش تصادفات، شناسایی نقاط ضعف، قوت و میزان انحراف از مشخصات استانداردهای جاده‌ها را فراهم می‌آورد. در این پژوهش برای شناسایی شاخص‌های مرتبط با شرایط واقعی کنترل ساخت و ساز جاده‌ها در ایران بر اساس استانداردهای ملی موجود و نیز استفاده از تجربیات متخصصین در این زمینه، با استفاده از روش دلفی، تعداد ۹ مولفه به عنوان مهمترین عوامل موثر بر کیفیت و ایمنی جاده‌ها شناسایی و استخراج گردید. سپس اطلاعات مربوط به هر یک از آن ۹ مولفه در محورهای اصلی جاده‌های منتهی به شهر زنجان به روش فازی جمع آوری و توسط مدل تصمیم گیری چند معیاره به روش تاپسیس، رتبه بندی جاده‌ها انجام و بهترین گزینه انتخاب شد. در مرحله بعد، ارتباط کیفیت جاده‌ها با آمار تصادفات رانندگی بررسی گردید و نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش کیفیت جاده‌ها به مراتب از شدت و تعداد تصادفات کاسته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تصادفات جاده‌ای، تکنیک دلفی، روش تاپسیس، عامل جاده و محیط، منطق فازی

۱- مقدمه

توسعه فزاینده تعداد خودروها، نیاز بیشتر به جابجایی افراد و کالاها و روند رو به افزایش تعداد تصادفات رانندگی، مسئله بهبود کیفیت جاده‌ها را از نظر مدیریت ایمنی و کاهش حوادث جاده‌ای، هزینه‌های ناشی از آن و استفاده بهینه از منابع موجود در جهت کمک به اقتصاد کشورها، به یک موضوع کلیدی تبدیل نموده است. از این رو لازم است با بینشی پیش‌گیرانه عوامل دخیل در بروز تصادفات شناسایی و اقدامات و برنامه‌ریزی‌های موثری در این خصوص به عمل آید. در تخمین‌های انجام شده در کشورهای اروپایی کل هزینه‌های تصادفات از ۰,٤٪ تا ٤,۱٪ تولید ناخالص داخلی و هزینه‌های تلفات از ۰,۷ میلیون یورو به ۳ میلیون یورو می‌رسد، هزینه‌های صدمات جدی در این کشورها بین ۲,۵ درصد تا ۳٤ درصد و سایر هزینه‌ها از ۰,۰۳ درصد تا ٤,۲ درصد هزینه‌های مرگ و میر است (Rolisona et al., 2018). در ایران نیز آمارها حاکی از روند رو به افزایش

تعداد تصادفات جاده‌ای در سال‌های مختلف است. در ایران از بین شیوه‌های جابجایی مسافر در انواع جاده‌ای، ریلی و هوایی، بیش از ۹۰ درصد جابجایی‌ها، ازطریق جاده انجام می‌گیرد (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹٦). از عواملی که در بروز تصادفات رانندگی دخیل‌اند می‌توان به مواردی همچون عوامل مربوط به جاده و محیط، وسیله نقلیه و عامل انسانی اشاره کرد، که هر یک از آنها در کنار هم، زمینه ساز بروز حوادث جاده‌ای‌اند. شناخت تعامل این سه جزء (انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط اطراف آن) اساس شناخت عوامل موثر بر وقوع تصادف است. عوامل انسانی بر مسائلی که مستقیماً بر تصادفات اثر دارند مانند عملکرد نامناسب یا خطای راننده و اقدامات خطرناک (برای مثال رانندگی با سرعت بالا) که در طول فرایند گزارش تصادف اتفاق می افتد، تمرکز دارند (Adanu et al., 2017). عوامل مربوط به خودرو، به سطح تکنولوژیکی، کیفیت و تجهیزات ایمنی، فرسودگی و میزان انطباق خودروهای تولیدی با استانداردهای روز بر می‌گردد. نقص عامل جاده نشان می دهد که مجریان امر در مراحل امکان سنجی، طراحی، ساخت و بهره برداری از پروژه‌های جاده استانداردهای مرتبط با ایمنی جاده را به درستی رعایت نکرده‌اند که موجب شکل‌گیری مقاطع و نقاط حادثه خیز در شبکه جاده‌ها می‌شود. اصلاح هندسی معابر و رفع نقاط حادثه خیز و رعایت ممیزی ایمنی جاده، کلیدی برای ارایه یک سطح کیفی مناسب از ایمنی جاده است. مطالعات نشان می‌دهد خطر تصادف در شرایط جاده برفی و یخزده به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، ریسک تصادف در این نوع جاده‌ها بیش از چهار برابر سطح جاده عاری از برف و یخ است و در سطوح جاده‌ای فرسوده خطر تصادفات مرگبار ۵ برابر می‌شود (Malin et al., 2008). هدف از این تحقیق، بررسی نقش زیرساخت جاده وعوامل محیطی در میزان ایمنی جاده و تصادفات رانندگی است تا بتوان با دستیابی به مدلی مناسب نسبت به شناسایی میزان انحراف از مشخصات استانداردها، محاسبه کیفیت و رتبه بندی جاده‌ها اقدام و ارتباط آن را با تعداد و شدت تصادفات بررسی نمود.

۲- پیشینه تحقیق

طاهری و همکاران (۱۳۹۵) تاثیر بافت روسازی در ایمنی راه‌ها و کاهش تصادفات جاده ای را بررسی نموده‌اند. تحقیق انجام شده تاثیر وضعیت روسازی را به عنوان یک پارامتر موثر در تصادفات برون‌شهری نشان می‌دهد. نتیجه این تحقیق ارایه یک مدل ریاضی برای تاثیر نوع بافت روسازی بر روی تصادفات است (طاهری و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه دیگری، بررسی تاثیر دسترسی‌ها بر عملکرد و ایمنی راه‌های بین شهری در سه محور از استان آذربایجان شرقی به عنوان مطالعه موردی ارزیابی شده است، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد دسترسی‌های غیر ایمن باعث افزایش تصادفات شده و رابطه معنا داری را بین تراکم دسترسی در مسیر بزرگراهی و دو خطه جدا نشده (ارتباط مستقیم بین دو پارامتر) و عدم ارتباط بین این دو پارامتر در مسیر آزادراهی و نیز کاهش تاخیر، زمان سفر و تراکم در صورت تبدیل مسیر چهار دو خطه به چهار خطه را نشان می‌دهد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۷).

اسدامرجی و نهاوندی (۱۳۹٦) با استفاده از ترکیب شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی به رتبه بندی قطعات جاده‌های برون شهری پرداخته‌اند. برای تصمیم‌گیری مناسب و اصولی و بکارگیری راهکارهای موثر باید رتبه ریسک هر یک از نقاط و قطعه‌ها مشخص می‌گردید. در این پژوهش با در نظر گرفتن شش معیار تصادفات، وضعیت حفاظ‌های کناری، علایم عمودی، علایم افقی، وضعیت روسازی و تراکم دسترسی‌ها یک الگوی گام به گام برای رتبه بندی قطعات یک راه برون شهری از لحاظ ایمنی ارایه شده است. در مراحل گام به گام از روش بازدید میدانی و بررسی آمار تصادفات و روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پر ریسک‌ترین قطعات جاده نقاطی است که هم سابقه شدت تصادفات در آنها بیشتر است و هم عوامل با اهمیت ممیزی ایمنی مانند تراکم دسترسی و وضعیت روسازی در آنها وضعیت خوبی ندارد. کاشانی و سامی (۱۳۹٦) تاثیر کیفیت جاده بر تعداد تصادفات رانندگی را با استفاده از آتوماتای سلولی نموده‌اند. این تحقیق جاده‌های استان کرمان را برای مطالعه موردی بررسی نموده است. عوامل اثرگذار بر وضعیت ایمنی جاده که در این پژوهش در نظر گرفته شده است شامل میزان ترافیک و تردد خودروها، نظارت و نگهداری جاده، شرایط آب و هوایی، علائم ایمنی، علائم راهنمایی و رانندگی و زیرساخت جاده است. نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه تصادفات در محورهای جاده‌ای با کیفیت پایین ۵ برابر بیشتر از جاده‌های با کیفیت بالاتر است. احمدی و علیمحمدی (۱۳۹۲) آنالیز زمانی

و مکانی تصادفات رانندگی را در بزرگراه کرج- قزوین با استفاده از تراکم پنجره‌ای فازی انجام داده‌اند. در این پژوهش الگوی زمانی و مکانی تصادفات با توجه به زمان، عامل انسانی، نوع برخورد و نوع تصادف مورد بررسی قرار گرفته و برای توزیع مکانی تصادفات، داده‌های تصادفات به اعداد فازی تبدیل و سپس با استفاده از تراکم پنجره فازی الگوی مکانی توزیع تصادفات بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که عواملی چون ساعت تصادف، نوع برخورد، نوع تصادف، نقش عامل انسانی، روزهای هفته، وضعیت جوی الگوی مکانی در بروز تصادفات نقش دارند که با شناسایی این الگوها می‌توان مناطق بحرانی را شناسایی کرد. احدی و اعتماد زاده (۱۳۹۲) تاثیر پارامترهای طراحی هندسی جاده بر افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای را بررسی نموده‌اند. هدف مقاله این است که مشخص نماید تا نقایص پارامترهای هندسی چه میزان در افزایش ایمنی موثر خواهد بود، محور ساری- کیاسر به دلیل اینکه از تنوعی از مناطق دشتی، کوهپایه‌ای و کوهستانی عبور می‌کند و دارای تنوعی از پارامترهای هندسی است به صورت مطالعه موردی انتخاب شده است. با محاسبه شاخص نرخ تصادف و شدت تصادف میزان تاثیر این پارامترها بررسی گردیده و نتیجه نشان می‌دهد که پارامترهای هندسی مانند قوس قائم، قوس افقی، فرعی، روسازی ضعیف، شانه نامناسب، زهکشی ضعیف در بروز تصادفات نقش دارند. همچنین در کیلومترهای ابتدایی مسیر، عامل فرعی به فراخور دسته بندی با بیش از ۶۰ درصد و در کیلومترهای انتهایی، عامل قوس افقی و قائم با بیش از ۸۰ درصد بیشترین علت تصادف بوده‌اند. در مطالعه دیگری با استفاده از تجزیه و تحلیل روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تطبیقی به رتبه‌بندی تقاطع‌های جاده‌ای برای بهبود ایمنی پرداخته شده و مجموعه‌ای از ۸ شاخص شامل فاصله دید تا دسترسی به تقاطع، علائم جاده‌ای، روشنایی تقاطع‌ها، نگهداری سطح جاده، میزان ترافیک عبوری، تعداد وسایل نقلیه در حال ورود به تقاطع، درصد وسایل نقلیه سنگین ورودی، عبور عابر پیاده را بررسی نموده و نشان داده شده است که روش تاپسیس در تعیین رتبه بندی کامل بخش‌های بحرانی جاده، ضمن غلبه بر برخی از جنبه‌های منفی سایر روش‌ها، بهتر عمل می‌کند(Fancello et al., 2018).

در مطالعه دیگری، ارزیابی ایمنی جاده‌های شهری با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره برای رتبه‌بندی جاده‌های استان‌های اسپانیا انجام شده است.

این تحقیق مجموعه‌ای از معیارهای مرتبط با اقتصاد، جمعیت شناسی و حمل و نقل شهری پایدار برای ارزیابی عملکرد ایمنی جاده شهری در ۵۰ استان اسپانیا بررسی نموده است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که درجه توسعه شهری به عنوان مهمترین عامل تفاوت و رتبه بندی استانها بوده و تمرکز خدمات، جمعیت زیاد شهری، شبکه حمل و نقل و سیستم‌های حمل و نقل پیشرفته سبب ایجاد مناطق شهری امن می‌شود. (Mercedes et al., 2018).

در تحقیقات انجام شده توسط (Abelln et al., 2013) آنالیز شدت تصادفات جاده ای روستایی در اسپانیا از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ با استفاده از قوانین تصمیم‌گیری و درخت‌های تصمیم‌گیری انجام شده است. محدودیت استفاده از درخت‌های تصمیم‌گیری این است که استخراج دانش به ساختار درخت بستگی دارد. بنابراین، نوآوری این مقاله متفاوت کردن درخت‌های ساخته شده با گره ریشه متفاوت است که به واسطه آن قواعد زیادی شناسایی شدند.

گره‌های مورد نظر شامل متغیرهای: نوع تصادف، سن راننده، شرایط آب‌وهوایی، وجود حاشیه امن، علت تصادف، زمان، عرض جاده، روشنایی، ماه، تعداد مجروحین، شانه جاده، عرض آسفالت، خط کشی جاده، جنسیت، عرض شانه، منظره، زمان، نوع وسیله، شدت تصادف است. در مطالعه دیگری برای پیش‌بینی شدت تصادفات، روش‌های یادگیری ماشین و چهار روش آماری شامل تحلیل رگرسیون لجستیک چند سطحی، طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگی، ماشین‌های بردار پشتیبانی و جنگل‌های تصادفی، با هم مقایسه شده‌اند.

متغیرهای استفاده شده در این مقاله شامل نوع جاده، ویژگی‌های جاده، نوع سطح جاده، شرایط سطح جاده، تعداد خطوط جاده، حاشیه جاده، شانه جاده دستگاه کنترل ترافیک، منطقه کاری، فرسودگی جاده، تقاطع درگیر و متغیرهای مربوط به راننده شامل استفاده از الکل، سن راننده و جنسیت و در خصوص وسیله نقلیه نوع تصادف، وجود ترافیک، ویژگی‌های مدیریت زمین، گروه جمعیتی و متغیرهای شرایط محیطی شامل شرایط نور، شرایط آب‌وهوا، وجود حیوان در جاده، تابش خیره کننده، موانع دید هستند(Iranitalab et al., 2017).

۳- روش شناسی تحقیق

در این پژوهش شناسایی مولفه‌های موثر در کیفیت و ایمنی جاده‌ها از طریق تنظیم پرسشنامه و به روش دلفی انجام شده است. داده‌های مربوط به وضعیت کنونی جاده‌های مورد مطالعه از سازمانهای ذیربط جمع‌آوری و با استفاده از منطق فازی وضعیت هر قطعه انتخابی از جاده‌ها مشخص گردیده و برای رتبه بندی از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره به روش تاپسیس استفاده شده است.

۳-۱- تکنیک دلفی

با کسب اجماع گروهی خبرگان بوسیله این فرایند، محققان می‌توانند مسائل را شناسایی نموده و اولویت‌بندی کنند و چارچوبی را برای تشخیص آنها توسعه دهند Greatorex and (Dexter, 2000; Okoli and Pawlowski, 2004).

هدف اصلی روش دلفی دستیابی به قابل اطمینان‌ترین اجماع گروهی از نظرات خبرگان بوسیله پرسشنامه‌های متمرکز همراه با بازخورد کنترل شده است(Dalkey and helmer, 1963). در تعداد شرکت کنندگان پنل دلفی، برخی از تحقیقات، کمتر از ۱۰ عضو را در پنل‌های خود در نظر گرفته‌اند(Malone et 2005 al, 2005; Strasser et al.,). مطالعات دیگر بیش از ۱۰۰ شرکت کننده را منظور کرده اند (;Kelly & Porock, 2005 Meadows et al, 2005). شناسایی متغیرهای موثر در کیفیت و ایمنی جاده‌ها به روش دلفی به شرح ذیل انجام شده است. ابتدا پارامترهای موثر به شکل اسنادی و کتابخانه‌ای و بر اساس استانداردهای مورد عمل در ساخت و ساز جاده‌ها در ایران، گردآوری و در این مرحله عوامل میزان ترافیک، شرایط آب و هوا، علائم راهنمایی و رانندگی، زیرسازی جاده، طراحی هندسی، نظارت بر حفظ و نگهداری جاده و ابزارهای ایمنی جاده شناسایی شدند. اعضای پنل دلفی در این پژوهش به تعداد ٤۲ نفر و ترکیبی از خبرگان دانشگاهی و اجرایی در مجموعه وزارت راه و شهرسازی و شرکت‌های خصوصی فعال که دارای دانش و تجربه فنی لازم، حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و ۵ سال سابقه کاری مرتبط مفید به صورت نمونه‌گیریِ غیراحتمالی و ترکیبی از روش‌های مبتنی بر هدف (قضاوتی) و گلوله برفی انتخاب گردیدند. جهت بررسی میزان اهمیت و کافی بودن مولفه‌های استخراج شده و رفع سوء تعبیرهای احتمالی ابتدا با ٤ نفر از خبرگانی که اعلام آمادگی نموده بودند مصاحبه صورت گرفت و ضمن توزیع پرسشنامه باز بین آنها، نظرات ایشان به دقت بررسی گردید. در نتیجه سه مولفه جدید به شرح توپوگرافی جاده، عرض جاده و شرایط روسازی جاده به مجموعه متغیرهای قبلی اضافه شد. پس از آن روش دلفی طی دو مرحله از طریق توزیع پرسشنامه بسته (با طیف لیکرت ۵ امتیازی) اجرا گردید. اعضای پنل دلفی همگی دارای دانش و تجربه لازم در موضوع مربوطه بودند، بنابراین روایی نتایج روش دلفی در مطالعه حاضر تایید می‌شود. جهت تایید پایایی نتایج از روش آماری محاسبه آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار آلفای کرونباخ بالاتر از ۰,۷۰ باید به عنوان ابزاری برای سنجش پایایی و اعتبار در نظر گرفته شود Hair, 2006; Leech et al., 2014;Tavakol and (Denick, 2011). مقادیر قابل پذیرش محدوده آلفای کرونباخ به شرح جدول ۱ است(George and Mallery, 2008).

جدول ۱. حدود همبستگی آلفای کرونباخ

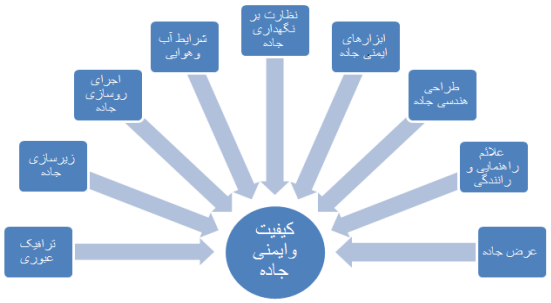
وضعیت تصمیم گیری	محدوده آلفا
غیر قابل قبول	<۰,٦۰
نامطلوب	۰,٦۰-۰,٦۵
قبول مرزی	۰,٦۵ -۰,۷۰
قابل قبول	۰,۷۰ -۰,۸۰
بسیار خوب	۰,۸۰-۰,۹۰
عالی	>۰,۹۰

پس از جمع آوری پرسشنامه تکمیل شده دور اول مقدار آلفای کرونباخ پرسشنامه ۰,٦۹٦ محاسبه گردید که نشان از پایایی پرسشنامه است. به دلیل آنکه تعداد سوالات کمتر از ۳۰ مورد است، لذا، فرض نرمال بودن داده‌ها امکان پذیر نمی باشد. پس از حذف عامل توپوگرافی جاده از میان عوامل شناسایی شده به دلیل کسب وزن کمتر از میانگین طیف (به عنوان عامل کم اهمیت) پرسشنامه دور دوم بدون سوال مذکور مجدداً تکرار گردید و به دلیل عدم معرفی متغیر جدید و اجماع ۷۰٪ از خبرگان، فرایند دلفی متوقف شد. میزان آلفای کرونباخ دور دوم ۰,۷۲۷محاسبه شد. بنابراین پایایی پرسشنامه دور دوم تایید گردید. متغیرهای شناسایی شده به همراه وزن اهمیت آنها به شرح جدول ۲ است.

جدول ۲. مولفه‌های شناسایی شده مربوط به عامل جاده و محیط به همراه وزن اهمیت

نام متغیر	وزن	توضیحات
میزان ترافیک	۱۲	تعداد وسایل نقلیه که در مدت زمان معینی در جهت یا جهات مشخصی از یک یا چند خط از مقطع سیستمی جاده عبور می‌کنند.
شرایط آب و هوا	۱۱	پدیده‌های اقلیمی چون بارندگی، یخبندان، مه و غبار و ...
نظارت بر نگهداری جاده	۸	اقداماتی چون قلع و قمع تابلوهای غیر مجاز، منظر آرایی، شستشوی علائم و تابلوهای ایمنی، زیباسازی مبلمان جاده‌ای، شانه سازی، لکه گیری رویه جاده‌ها، نگهداری از ابنیه و تونل‌ها، حذف اختلاف سطح در جاده‌ها، ریزش برداری از حریم جاده‌ها و ... .
ابزارهای ایمنی جاده	۱۰	شامل ایمنی جاده و حریم، ایمنی ابنیه فنی، علایم ایمنی، تجهیزات و تأسیسات ایمنی جاده، ایمنی بهره برداری، ایمنی در عملیات اجرایی.
علائم راهنمایی و رانندگی	۹	مانند انواع چراغ‌ها، تابلوها، خط کشی‌ها، نوشته‌ها، ترسیم‌ها و نیز علائم تعیین سمت عبور که باید روی جاده‌ها کشیده شود.
زیر سازی جاده	۱۲	شامل تمام لایه‌هایی که در زیر لایه روسازی تا سطح خاک بستر طبیعی قرار می‌گیرد.
طرح هندسی جاده	۱۵	پارامترهای هندسی از قبیل قوس قائم، قوس افقی، فرعی، شانه و زهکشی جاده
عرض جاده	۱۲	فاصله منتهی‌الیه شانه راست تا منتها الیه شانه چپ
روسازی جاده	۱۱	سازه‌ای که بر روی آخرین لایه متراکم شده خاک زمین طبیعی موجود یا اصلاح شده، خاکریزی‌ها یا کف برش‌های خاکی و یا سنگی قرار می‌گیرد.

شکل یک، نمودار مفهومی مولفه‌های موثر بر کیفیت و ایمنی جاده‌ها را نشان می‌دهد. به دلیل ماهیت متفاوت و عدم تاثیر متغیرها بر همدیگر و از آنجاییکه عملکرد هر متغیر مستقل از دیگری است. بنابراین، بین متغیرها در این مطالعه وابستگی وجود ندارد.



شکل ۱. مدل مفهومی مولفه‌های تشکیل دهنده عامل جاده و محیط

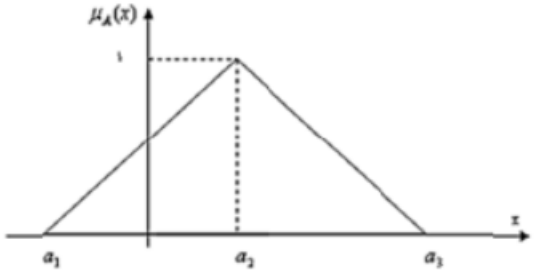
۳-۲- منطق فازی

برای حل کردن مشکل عدم قطعیت در تفکر انسان، پروفسور زاده در سال ۱۹٦۵ برای نخستین بار تئوری مجموعه فازی را معرفی کرد (Moazami et al., 2011). نقطه شروع ایجاد یک سیستم فازی، جمع‌آوری مجموعه‌ای از قوانین فازی اگر آنگاه از دانش کارشناسان یا مطالعه در زمینه‌های مرتبط است (Moazami et al., 2011).

یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای است که اعضای آن ممکن است فقط تا اندازه‌ای متعلق به آن مجموعه باشند، برخلاف مجموعه‌های غیر فازی که یک عضو یا کاملاً داخل مجموعه است یا کاملاً خارج از آن قرار دارد (زاده، ۱۹٦۵).

فازی‌سازی، فرآیند تبدیل داده‌های ورودی به نمایش نمادین آن با استفاده از یک مجموعه فازی از طریق محاسبه درجه عضویت داده‌ها برای هر مجموعه فازی است (Nait-Said et al.,2008). متغیرهای زبانی در سیستم‌های فازی همانند متغیرهای ریاضی، برای توصیف متغیرهای موجود در سیستم مثل دما، فشار، دوز دارو و غیره به کار می‌رود با این تفاوت که در توصیف ریاضی یک متغیر از اعداد استفاده می‌شود ولی توصیف فازی یک متغیر زبانی با توصیفات زبانی مثل کم، زیاد، خیلی زیاد، منفی کم، مثبت متوسط و غیره ارایه می‌گردد. این توصیفات به عنوان مقادیر زبانی شناخته می‌شوند که آنها را به توصیفات انسانی نزدیکتر می‌کند. مفهوم منطق فازی به شدت با تابع

عضویت پیوند خورده است. یک تابع عضویت یک منحنی است که چگونگی انطباق هر نقطه در فضای ورودی را به یک مقدار عضویت بین ۰ تا ۱ تعریف می‌کند، که در آن مقدار ۰ برابر با صفر درصد عضویت است و مقدار ۱ برابر با ۱۰۰ درصد عضویت است. برای نشان دادن تابع عضویت فازی از حرف μ استفاده می‌شود و تابعی که درجه عضویت عضو x در مجموعه فازی A نشان می‌دهد را با $\mu_A(x)$ نشان می‌دهند. شکل توابع عضویت می‌تواند به شدت متفاوت باشد و برای نمایش فرایند فازی‌سازی مسئله، نیاز است تا به تعداد کافی تابع عضویت انتخاب شده باشد. به طور کلی چهار نوع فازی ساز به کار برده می‌شود که عبارتند از: فازی ساز مثلثی، فازی ساز ذوزنقه‌ای، فازی ساز منفرد و فازی ساز گاوسی (Djam and Kimbi, 2011). توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای در این پژوهش استفاده شده‌اند. عدد فازی مثلثی به وسیله یک سه تایی مرتب نظیر $A = (a_1, a_2, a_3)$ تعریف و به صورت شکل ۲ نمایش داده می‌شود (Cheng et al., 2015).

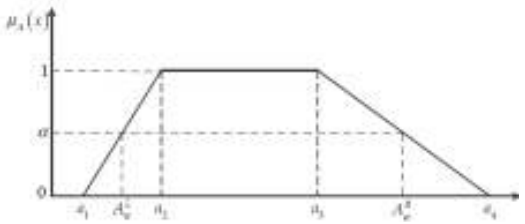


شکل ۲. عدد فازی مثلثی

تابع عضویت مثلثی طبق رابطه (۱) تعریف می‌شود (Gerami et al., 2019)

$$\mu_{A(x)}=\begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{a_3-x}{a_3-a_2} & a_2 \le x \le a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \qquad (۱)$$

عدد فازی ذوزنقه‌ای با ٤ عدد به صورت: $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ و تابع عضویت فازی رابطه (۲) و شکل ۳ تعریف می‌شود (Yu-LinHe et al., 2018)



شکل ۳. عدد فازی زوزنقه ای

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, & for\ a_1 \le x < a_2 \\ 1, & for\ a_2 \le x < a_3 \\ \dfrac{a_4-x}{a_4-a_3}, & for\ a_3 \le x < a_4 \\ 0, & for\ x < a_1\ or\ x \ge a_4 \end{cases} \qquad (۲)$$

در این تحقیق به منظور کاهش خطا، امکان محاسبات نزدیک به واقعیت، دخیل نمودن زیرشاخص‌های مربوط به هر کدام از عوامل در محاسبه مربوط به آن مولفه و ایجاد خروجی مدل رتبه‌بندی جاده به زبان طبیعی و ذهنیت انسانی، برای محاسبه وضعیت هر قطعه از جاده از منطق فازی استفاده شده است.

٤- منطقه مورد مطالعه

جاده‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل ۱۰۰ کیلومتر ابتدایی محورهای اصلی منتهی به شهر زنجان در کشور ایران، شامل آزادراه زنجان- قزوین به طول ۱۰۰ کیلومتر، آزادراه زنجان- تبریز به طول ۱۱۰ کیلومتر، جاده زنجان – بیجار به طول ۱۰۲ کیلومتر، جاده زنجان – طارم به طول ۱۱۰ کیلومتر، جاده زنجان- میانه به طول ۱۰۵ کیلومتر است که نقاط مورد مطالعه به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند.

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱-تعریف مجموعه فازی متغیرها

مولفه‌های تشکیل دهنده عامل جاده و محیط به شرح جدول ۲ که بر کیفیت و ایمنی جاده‌ها موثرند در این قسمت با جزئیات لازم معرفی شده است.

۵-۱-۱- زیرساخت بستر جاده (C1)

مانند شکل ٤ یک جاده از ٤ لایه مصالح تشکیل شده است، هر لایه مشخصات فنی خاص خود را دارد و مصالح به کار رفته باید بر اساس نوع کاربری، اقلیم آب و هوایی و شرایط منطقه از استانداردهای مشخص ملی و بین المللی تبعیت نماید این لایه‌ها طبق مشخصات فنی و عمومی راه‌های ایران (۱۳۹۲) شامل:

۱- لایه آسفالت (a) : لایه ای است دارای مشخصات عدم نفوذ پذیری و انعطاف پذیری مناسب جهت رانندگی آسان با حداقل مقدار آستانه قابل قبول ۵ .

۲- قشر اساس (p): قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی و به ضخامت معین که بر روی بستر آماده شده جاده و یا لایه زیراساس، که به منظور کنترل نفوذپذیری نسبی و انتقال تنش از لایه بالاتر با حداقل مقدار آستانه درصد تراکم قابل قبول ۱۰۰ مورد استفاده قرارمی گیرد.

۳- زیر اساس (sp): قشری به ضخامت مشخص مصالح سنگی (یا مخلوطی از مصالح سنگی و مواد افزودنی) بر روی بستر جاده (ساب گرید) که به منظور تحمل بارهای وارده از قشرهای بالای روسازی قشر اساس قرار می‌گیرد، قشر زیراساس نامیده می‌شود. زیراساس معمولاً اولین لایه از ساختمان روسازی جاده را تشکیل می‌دهد و حداقل مقدار آستانه درصد تراکم قابل قبول آن ۱۰۰ است.

٤- سابگرید (g): لایه نهایی خاکریزی و لایه خاکریزی(gp) هر کدام با مقدار آستانه درصد تراکم قابل قبول ۱۰۰.

بر اساس انجام آزمایش‌های فنی و مکانیکی مصالح مورد استفاده و نوع کاربری جاده در حین ساخت در متراژهای مختلف، کیفیت هر بخش از زیرساخت جاده از طریق نمونه برداری و انطباق مشخصات آن با حدود آستانه، برای لایه آسفالت هر ۲۵۰ متر، اساس و زیر اساس جاده هر ۵۰ متر و لایه سابگرید هر ۱۰۰ متر تعیین می‌گردد و در صورتی که مقادیر آزمایش هر لایه پایین‌تر از حد آستانه باشد نتیجه غیر قابل قبول است (مشخصات فنی و عمومی راههای ایران، ۱۳۹۲). با جمع مقادیر آستانه هر لایه (برابر ٤۰۵) تابع عضویت فازی برای مجموعه مقادیر زیرسازی جاده به صورت زیر تعریف شده است.

$$\mu_{C1}(x) = \begin{cases} 1 & x = 405 \\ 0 & x \neq 405 \end{cases}$$

وضعیت نقاط مورد مطالعه به شرح جدول ۳ است.

شکل ٤. لایه‌های جاده

۵-۱-۲- وضعیت اجرای روسازی جاده (C_2)

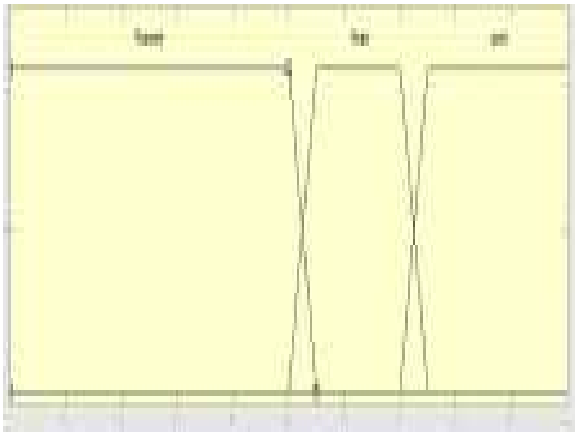
دو شاخص مهم اجرای روسازی جاده شاخص‌های PCI (خرابی سطحی روسازی راه) و IRI (شاخص ناهمواری بین المللی روسازی) هستند که محدوده مقادیر آنها مطابق جدول ٤ است (آیین نامه روسازی راههای ایران، ۱۳۹٦; دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راههای ایران، ۱۳۸۵). شاخص وضعیت ناهمواری روسازی راه تاثیر زیادی در کیفیت سواری‌دهی جاده دارد، در حالی که خرابی سطحی روسازی جاده انواع ترک‌ها، نشست‌ها، کنارفتگی، هوازدگی و ناهمواری‌ها را شامل می‌شود. در برآورد وضعیت اجرای روسازی جاده نمودار مشخصه فازی متغیرهای IRI و PCI و متغیر خروجی C_2 از تابع عضویت فازی ذوزنقه‌ای همانند شکل ۵ استفاده شده است. شکل‌های ٦ تا ۸ نمونه جاده‌های دارای مقادیر مختلف PCI را نشان می‌دهد. مواردی که یکی از شاخص‌های IRI یا PCI در محدوده کلامی غیر قابل قبول باشند وضعیت روسازی بسیار ضعیف و اگر یکی از این دو شاخص، در محدوده مقدار کلامی متوسط باشند وضعیت روسازی متوسط است و نیاز به اصلاح و تعمیر خرابی دارد و اگر هر دو متغیر با هم در شرایط خوب باشند وضعیت روسازی خوب ارزیابی می‌شود. بر این اساس قوانین فازی مربوطه به تعداد ۹ قانون در نرم افزار Matlab تعریف گردید. خروجی فازی متغیر C_2 عددی در بازه ۰ تا ۱ است که مقدار نزدیک به صفر به منزله ضعیف‌ترین وضعیت و مقدار نزدیک به ۱ بهترین حالت می‌باشد.

جدول ۳. وضعیت زیرسازی جاده‌های مورد مطالعه (نقاط به طول یک کیلومتر)

نام محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۱	۱	۱	۱		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
زنجان تبریز	۱	۱	۱	۱		۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱
زنجان میانه	۱	۰	۱	۱		۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱
زنجان طارم	۱	۱	۱	۰		۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱
زنجان بیجار	۱	۰	۱	۰		۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱

جدول ٤. مشخصه‌های فازی برای متغیر ورودی روسازی جاده

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	بازه فازی
شاخص IRI (برای راه‌های اصلی)	خوب	IRI <۱,٦
	متوسط (قابل اصلاح)	۱,٦< IRI <۲,۲
	غیر قابل قبول	IRI >۲,۲
شاخص PCI	خوب	۷۰< PCI <۱۰۰
	متوسط (قابل اصلاح)	۵۵< PCI <۷۰
	غیر قابل قبول	۰< PCI <۵۵



شکل ۵. نمودار مشخصه فازی وضعیت روسازی

شکل ٦. تصویر جاده با شاخص ناهمواری(PCI)

در محدوده کلامی خوب ۹۰ = PCI

شکل ۷. تصویر جاده با شاخص ناهمواری(PCI)

در محدوده کلامی متوسط ٦۰ = PCI

شکل ۸. تصویر جاده با شاخص ناهمواری (PCI)

در محدوده کلامی غیر قابل قبول ۱۰ = PCI

وضعیت روسازی محورهای مورد مطالعه به شرح جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. وضعیت روسازی محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

محور/کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۰,۵	۰,۵	۰,٦	۰,٤	۰,۳	۰,۷	۰,۷	۰,٤	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,٦	۰,۷	۰,٦	۰,۷	۰,۸	۰,۹	۰,٦	۰,٤	۰,۹
زنجان تبریز	۰,٤	۰,٤	۰,۵	۰,۷	۰,۸	۰,۵	۰,٦	۰,۷	۰,۸	۰,۷	۰,٦	۰,۷	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,٦	۰,٦	۰,۸	۰,۹
زنجان میانه	۰,۵	۰,۵	۰,٤	۰,۵	۰,۵	۰,۷	۰,٤	۰,۷	۰,۹	۰,۷	۰,۷	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۰,٦	۰,٦	۰,٦	۰,۵	۰,٦
زنجان طارم	۰,٦	۰,٦	۰,۵	۰,۷	۰,۸	۰,٦	۰,۷	۰,۵	۰,٦	۰,٦	۰,۵	۰,۵	۰,۷	۰,۸	۰,٤	۰,۷	۰,۵	۰,۸	۰,٤	۰,٦
زنجان بیجار	۰,۸	۰,۷	۰,۹	۰,٦	۰,٦	۰,۷	۰,۵	۰,۵	۰,٤	۰,۷	۰,۷	۰,٦	۰,۵	۰,٤	۰,۸	۰,۸	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۷

۵-۱-۳- ترافیک عبوری(C3)

بر اساس تقسیم‌بندی موجود در ایران، جاده‌ها بر حسب تعداد وسایط نقلیه عبوری در روز، به سه دسته پرترافیک، متوسط و کم ترافیک تقسیم می‌شوند (آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران، ۱۳۹۱). بر حسب نوع جاده‌ها، مشخصه فازی متغیر ورودی ترافیک برای جاده های مورد مطالعه طبق جدول شماره ٦ تعریف گردید. نتیجه خروجی فازی متغیر C_3 عددی در بازه ۰ تا ۱ است که مقدار نزدیک به صفر به منزله پرترافیک‌ترین و مقدار نزدیک به یک به معنی کم‌ترافیک‌ترین حالت، طبق جدول ۷ می‌باشد.

جدول ٦. مشخصه‌های فازی برای متغیر ورودی ترافیک

آزادراه‌ها	پرترافیک	T > ۳۰۰۰
	ترافیک متوسط	۱۰۰۰<T<۳۰۰۰
	کم ترافیک	T<۱۰۰۰
راههای اصلی	پرترافیک	T >۲۰۰۰
	ترافیک متوسط	۱۰۰۰<T<۲۰۰۰
	کم ترافیک	T<۱۰۰۰

۵-۱-٤- شرایط آب و هوا(C4)

خطر بروز تصادف در شرایط آب و هوایی خشن در جاده‌ها افزایش می‌یابد و در شرایط آب و هوایی یخبندان، بارانی و لغزنده بالاترین میزان ریسک تصادفات وجود دارد (malin et al., 2019). متغیرهای دمای جاده، میزان بارندگی، شعاع دید و سرعت باد به عنوان عوامل وضعیت آب و هوا و مشخصه‌های فازی مربوط به آن به شرح جدول ۸ و شکل‌های ۹ الی ۱۱ در نظر گرفته شده است. در برآورد وضعیت آب و هوا، میانگین دمای هوای فصول سرد سال و میزان بارندگی در سه سال گذشته، میزان دید در اثر غبار یا مه و سرعت بیشینه باد بر اساس الگوهای هواشناسی در نظر گرفته شده است. طبق تعریف عمومی سازمان جهانی هواشناسی آب وهوای خشن، عبارتست از شرایط نامعتدل جوی اعم از گرما یا سرمای شدید، رطوبت بالا و باد شدید. در تعریف متغیر خروجی و قوانین فازی وضعیتی که در آن دمای سطح جاده زیر ۲ درجه سانتیگراد یا بارندگی زیاد یا شعاع دید صفر باشد آب و هوایی خشن (malin et al., 2019) و شرایطی که دمای جاده معمولی و بارندگی کم یا متوسط و دید ضعیف باشد وضعیت متوسط و در مابقی شرایط آب وهوا عادی است.

جدول ۸ مشخصه‌های فازی برای متغیر آب و هوا

متغیر ورودی	مقادیر کلامی	بازه فازی
دمای جاده (سانتی‌گراد)	سرد و یخبندان	<۲
	معمولی	>۲
میزان بارندگی (میلی‌متر بر سال)	منطقه بیابانی و خشک	<۲۵۰
	منطقه نیمه خشک	٤۵۰-۲۵۰
	بارندگی زیاد	>٤۵۰
	دید صفر	<۱۰۰
	دید ضعیف	۱۹۹-۱۰۰
	عادی	>۱۹۹
شعاع دید	متوسط و نیمه قوی	<۵۰
	قوی	۸۷-۵۰
	طوفانی	>۸۸

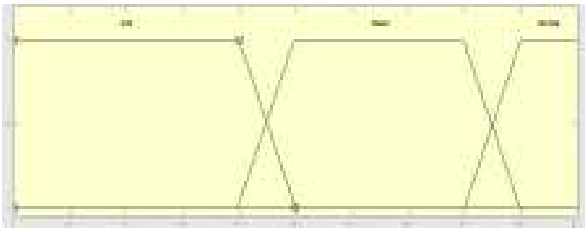
جدول ۷. وضعیت ترافیکی محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

محور/ Km	۲	۳	۱ ۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰۲
زنجان تبریز	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰۵	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤
زنجان میانه	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۰٤	۰,۰٤	۰,۰٤
زنجان طارم	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
زنجان بیجار	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,٤	۰,۳	۰,۳	۰,۳

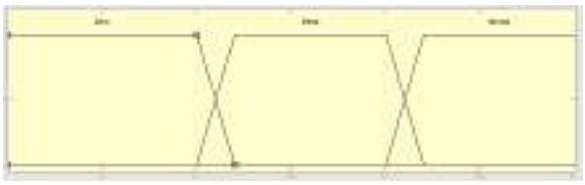
برای محاسبه فازی متغیر C4 تعداد ۹ قانون در نرم افزار Matlab تعریف گردید. نتیجه خروجی فازی متغیر C_4 عددی در بازه ۰ تا ۱ است که مقدار نزدیک به صفر به منزله خشن‌ترین شرایط آب وهوایی و مقدار نزدیک به یک به معنی معتدل‌ترین حالت است. وضعیت آب وهوای جاده‌های مورد مطالعه به شرح جدول ۹ است.

۵-۱-۵- علائم راهنمایی و رانندگی(C5)

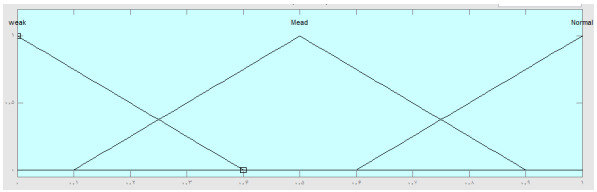
برای ارزیابی وضعیت علائم راهنمایی و رانندگی در محورهای مورد مطالعه، بر اساس اطلاعات موجود در سازمان‌های ذیربط کافی بودن تعداد علائم راهنمایی و رانندگی با در نظر گرفتن معیارهای مرتبط بررسی گردید. این معیارها عبارتند از: نصب تابلوهای ترافیکی و علائم ضروری، مشخص کردن اولویت‌های حرکتی در تقاطع‌ها و مسیرهای دسترسی به طور واضح، نبود مانع دید برای تابلوها و چراغ راهنمایی، قابلیت دید مناسب تابلوها از فاصله مناسب، نصب تابلوها وچراغ‌ها در محل‌های ایمن، فازبندی مناسب چراغ‌های راهنمایی، وجود خط‌کشی ایمن و مناسب در محل‌های ضروری، قابلیت دید در شب تابلوها (آیین‌نامه علائم ایمنی جاده‌ها در ایران، ۱۳۹٤، دستورالعمل بازرسی ایمنی راه‌ها در ایران، ۱۳۸۷). موارد فوق از طریق چک لیست دستورالعمل بازرسی ایمنی راه‌های ایران، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد به دلیل ماهیت بلی یا خیر بودن هر یک از موارد در دستور العمل مذکور، در صورتی که یکی از عوامل ذکر شده در نقطه مورد نظر در جاده مورد مطالعه رعایت نشده باشد در برآورد متغیر C_5 امتیاز صفر و در غیر اینصورت امتیاز ۱ لحاظ شده است. نتیجه ارزیابی وضعیت علائم راهنمایی و رانندگی در مسیرهای مورد مطالعه به شرح جدول ۱۰ است. بدیهی است که مواردی که در آنها امتیاز لازم کسب نشده است به معنی انحراف از مشخصات استاندارد بوده و نیاز به بررسی موردی جهت رفع آن وجود دارد.



شکل ۹. نمودار مشخصه فازی متغیر ورودی میزان بارندگی



شکل۱۰. نمودار مشخصه فازی متغیر ورودی شعاع دید



شکل ۱۱. نمودار مشخصه فازی متغیر خروجی وضعیت آب و هوا

جدول ۹. وضعیت آب و هوایی محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۲۱	۰,۲۱	۰,۲۱	۰,۲۱	۰,۲۱
زنجان تبریز	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,۳٤	۰,۳٤
زنجان میانه	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,٤۱	۰,۳۱	۰,۳۱	۰,۳۱
زنجان طارم	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۸
زنجان بیجار	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,٤۲	۰,۳٦	۰,۳٦	۰,۳٦	۰,۳٦	۰,۳٦	۰,۳۲	۰,۳۲	۰,۳۲	۰,۳۲

جدول ۱۰. وضعیت علائم راهنمایی و رانندگی محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

نام محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱
زنجان تبریز	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
زنجان میانه	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱
زنجان طارم	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱
زنجان بیجار	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱

۵-۱-٦- طراحی هندسی جاده(C6)

از پارامترهای هندسی جاده می‌توان به مواردی از قبیل قوس قائم، قوس افقی، خروجی فرعی، تقاطع‌ها، شانه جاده و زهکشی و تخلیه آبهای سطحی به عنوان موارد تاثیر گذار در کیفیت جاده اشاره نمود (آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران، ۱۳۹۱). از آنجایی که قرار گرفتن عناصر طراحی در کنار یکدیگر به تنهایی نمی‌تواند ارایه کننده طرحی ایمن باشد، بنابراین، در طراحی هندسی بر قابلیت دید مناسب جاده، قابلیت خود معرف بودن جاده (ارایه اطلاعات لازم و به موقع)، قابلیت بخشندگی راه

(ایمن سازی حاشیه وحریم راه)، تناسب مشخصات راه با سرعت عملکردی وسایل نقلیه، اجتناب از ایجاد موقعیت‌ها یا عوامل تحمیل کننده رفتار پر خطر استفاده کنندگان تاکید می‌گردد (آیین نامه طرح هندسی راههای ایران، ۱۳۹۱). ضعف در طراحی هندسی جاده و عدم رعایت استانداردهای طراحی می‌تواند جزو عوامل اصلی تاثیرگذار در بروز سوانح رانندگی باشد که مسبب آن جاده است. در ارزیابی وضعیت طراحی هندسی محورهای مورد مطالعه، نقاطی که از نظر طراحی هندسی، توسط پلیس راه به علت فراوانی تصادفات نقاط حادثه خیز شناسایی شده و نیاز به اصلاح هندسی دارد را مد نظر قرار داده‌ایم. در زمان انجام این پژوهش تعداد ۱۲۰ نقطه حادثه خیز در کل راه‌های استان زنجان شناسایی شده است (خبرگزاری جمهوری اسلامی استان زنجان، ۱۳۹۷، خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۵، خبرگزاری صدا و سیما، ۱۳۹٦). وضعیت طراحی هندسی محورهای مورد مطالعه به شرح جدول ۱۱ است. در صورتی که در فاصله بین نقاط انتخاب شده جاده، نقاط حادثه خیز وجود داشته باشد در برآورد مقدار متغیر C_6 نمره صفر و در حالت عادی نمره یک لحاظ شده است.

۵-۱-۷- ابزارهای ایمنی(C7)

ابزارهای ایمنی مواردی چون ایمنی جاده و حریم، ایمنی ابنیه فنی، علایم ایمنی جاده، تجهیزات ایمنی جاده، تأسیسات ایمنی جاده، ایمنی بهره برداری، ایمنی در عملیات اجرایی را شامل می شود. در برآورد متغیرC_7 مواردی که داده‌های مربوط به آن در زمان انجام این پژوهش در دسترس بوده‌اند به تعداد ٦ مورد عبارتند از روشنایی جاده، وجود علائم و تابلوهای ایمنی، آشکارسازها، خط کشی جاده، جداکننده مناسب برای جاده‌های دوطرفه و گاردریل برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، همچنین رعایت فاصله بین دو جزیره مسیر – برای آزادراهها و بزرگراه‌ها.

(دستورالعمل بازرسی ایمنی راهها در ایران، ۱۳۸۷). برای هر مورد نمره یک در نظر گرفته شده و پس از نرمالسازی، وضعیت محورهای مورد مطالعه زنجان–قزوین، زنجان– تبریز در کیلومترهای مورد مطالعه امتیاز ۰,٦٦ و برای سایر محورها به شرح جدول شماره ۱۲ است.

جدول ۱۱. وضعیت طراحی هندسی جاده محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

نام محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲٤	۳٤	۳۷	۳۹	٤۱	٤۸	۵۱	٦۳	۷۱	۷٦	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان قزوین	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
زنجان تبریز	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰
زنجان میانه	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
زنجان طارم	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰
زنجان بیجار	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱

۵-۱-۸- عرض جاده(C8)

جاده‌ها از نظر طبقه بندی کاربری در ایران، به سه دسته کلی راه‌های شریانی(شامل آزادراهها و بزرگراه‌ها) حداقل با ٤ خط عبوری رفت و برگشت، راههای اصلی(درجه یک و دو) حداقل با ۲ خط عبوری رفت و برگشت و راه‌های فرعی (درجه یک، دو و سه) تقسیم می‌شوند (آیین نامه طرح هندسی راههای ایران، ۱۳۹۱). با توجه به وضعیت موجود راه‌ها و اینکه محورهای زنجان– تبریز و زنجان– قزوین حداقل دارای ٦ لاین عبوری هستند و از آنجاییکه جاده‌هایی با عرض بیشتر نیز در کشور وجود دارد، همچنین امکان برآورد عرض جاده‌هایی که تعداد لاین آن در طول مسیر تغییر می‌کند، در برآورد متغیر C_8 فرض شده است که جاده ای با ۸ لاین عبوری امتیاز ۱ و به هر لاین عبوری امتیاز ۰,۱۲۵ اختصاص داده شود. نمره ارزیابی مسیرهای زنجان– قزوین و زنجان– تبریز۰,۷۵ و مابقی مسیرها مطابق جدول ۱۳ است.

۵-۱-۹- نظارت برحفظ و نگهداری جاده(C9)

حفظ و نگهداری جاده‌های موجود یکی از وظایف ذاتی و اصلی ادارات راه و شهرسازی تمام شهرهای کشور ایران تلقی می‌گردد، قلع و قمع تابلوهای غیر مجاز، منظر آرایی، شستشوی علائم و تابلوهای ایمنی، زیباسازی مبلمان جاده ای، شانه‌سازی، لکه گیری رویه جاده‌ها، تخلیه قنوها، نگهداری از ابنیه و تونلها، حذف اختلاف سطح در جاده‌ها، ریزش برداری از حریم راه‌ها از جمله عملیات مستمر و در حال اجرای همیشگی راهداران است حداقل فراوانی توصیه شده تعداد بازدیدها از وضعیت جاده‌ها به شرح جدول شماره ۱۴ است (دستورالعمل بازرسی ایمنی راه‌ها در ایران، ۱۳۸۷). بر اساس تعداد دفعات بازدیدهای راهداران از محورها، تعداد دفعات بازدیدهای انجام شده برای محور زنجان- قزوین و زنجان- تبریز۰,۵۵، جاده زنجان- میانه و زنجان- بیجار ۰,۲۵ و زنجان- طارم ۰,۱ محاسبه گردید.

جدول۱۲. حداقل فراوانی توصیه شده بازدید از جاده

نوع جاده	حداقل فراوانی توصیه شده
آزادراه و بزرگراه	یک الی دو روز یک بار
جاده اصلی	۷ روز یک بار
جاده فرعی	۳ ماه یک بار
جاده روستایی	سه ماه یکبار

جدول ۱۳. وضعیت ابزارهای ایمنی محورهای مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲۴	۳۴	۳۷	۳۹	۴۱	۴۸	۵۱	۶۳	۷۱	۷۶	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان میانه	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶
زنجان طارم	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶
زنجان بیجار	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۵	۰,۵

جدول ۱۴. وضعیت عرض جاده‌های مورد مطالعه (نقاط هر قطعه به طول یک کیلومتر)

محور/ کیلومتر	۲	۳	۱۱	۱۹	۲۴	۳۴	۳۷	۳۹	۴۱	۴۸	۵۱	۶۳	۷۱	۷۶	۷۹	۸۸	۹۱	۹۳	۹۵	۹۷
زنجان میانه	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵
زنجان طارم	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵
زنجان بیجار	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵

رتبه‌بندی محورها با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره به روش تاپسیس

برای تصمیم‌گیری مناسب چندین روش تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه داده شده است. در تکنیک تاپسیس m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می شوند و حاصل ارائه یک طبقه‌بندی از m گزینه است، تاپسیس از جمله مدل‌های جبرانی در بین روشهای تصمیم گیری چندمعیاره محسوب می‌شود که از یک منطق ریاضی پیروی می‌کند. در میان رویکردهای توسعه یافته، تاپسیس در زمینه‌های مختلف تحقیق استفاده می‌شود (Zavadskas et al., 2012, 2015). در این روش ابتدا راه حل ایده آل مثبت (بهترین گزینه) و راه حل ایده آل منفی (بدترین گزینه) را معرفی می‌کند. راه حل ایده‌آل مثبت راه حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد و به تبع آن راه حل ایده‌آل منفی، ارزش عکس راه حل ایده آل مثبت را دارد. سپس تمامی گزینه‌ها با بهترین و بدترین گزینه مقایسه می شوند و فاصله اقلیدسی هر گزینه از بهترین گزینه و بدترین گزینه اندازه گیری می شود (Lai

and Liu, 1994; Zavadskas and Turkis, 2002; Šaparauskas and Turkis, 2006). گزینه برتر گزینه‌ای است که بیشترین فاصله را از بدترین گزینه و کمترین فاصله را از بهترین گزینه دارا باشد و به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود. محاسبات فاصله‌ای و جبرانی بودن روش تاپسیس یعنی دخالت وزن تمام معیارها در تصمیم گیری، از مزایای آن نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره محسوب می‌شود. روش تاپسیس به ترتیب شامل گام‌های ایجاد ماتریس تصمیم، بی مقایس کردن ماتریس تصمیم، ایجاد ماتریس تصمیم وزن دار، یافتن گزینه ایده آل مثبت و ایده آل منفی، محاسبه فاصله هر یک از گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و ایده آل منفی، محاسبه شاخص شباهت و رتبه بندی گزینه‌ها است. تکنیک تاپسیس معروفترین روش جهت رتبه بندی عوامل در خانواده مدل‌های تصمیم گیری چند شاخصه است و اولین بار توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) ارایه شده است. در این تکنیک m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می شوند و حاصل ارایه یک طبقه بندی از m گزینه است. این روش را به طور کامل (Hwang and yoon, 1992) و عادل آذر و رجب زاده (۲۰۱۲) تشریح کرده‌اند. جاده‌های مورد بررسی در این تحقیق به عنوان گزینه‌های تاپسیس و مولفه های شناسایی شده به عنوان معیارها و وزن مربوط به آنها بر اساس جدول ٤ به عنوان بردار وزن روش تاپسیس در نظر گرفته شده است. میانگین مقادیر عضویت فازی هر یک از مولفه‌های نقاط انتخاب شده در جاده‌های مورد مطالعه در بخش ٤، ماتریس تصمیم را می‌سازد که به شرح جدول ۱۵ است. نتیجه نهایی حاصل از اجرای روش تاپسیس در جدول ۱٦ به ترتیب میزان نزدیکی نسبی به گزینه ایده‌آل آورده شده است. در صورتی که تمام مولفه‌های تشکیل دهنده عامل جاده و محیط در ایده‌آل ترین شرایط خود (مساوی مقدار ۱) قرار داشته باشند حداکثر نمره کیفیت جاده ۱۰۰ محاسبه می‌شود.

جدول ۱٦. نزدیکی نسبی به گزینه ایده آل

ردیف	نام محور	نزدیکی نسبی
۱	آزادراه زنجان– تبریز	۰,٥٦۸
۲	آزادراه زنجان- قزوین	۰,٥٥۰
۳	جاده زنجان - میانه	۰,٤٥٥
٤	جاده زنجان- بیجار	۰,۳۷۳
٥	جاده زنجان- طارم	۰,۲٤۰

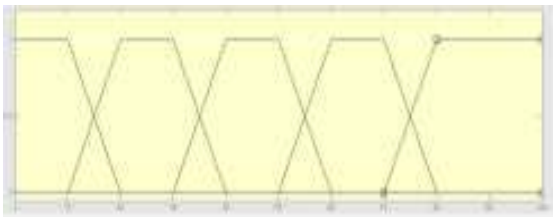
جدول ۱٥. ماتریس تصمیم روش تاپسیس جهت رتبه بندی و انتخاب گزینه ایده آل

نام معیار/نام محور	نظارت	عرض	ایمنی	هندسه	علائم	آب وهوا	ترافیک	روسازی	زیرسازی
آزادراه زنجان– قزوین	۰,٥٥۰	۰,۷٥۰	۰,٦٦۰	۰,۸	۰,۷٥	۰,۳۳۷٥	۰,۰۳۱	۰,٦۳	۰,۹
آزادراه زنجان- تبریز	۰,٥٥۰	۰,۷٥۰	۰,٦٦۰	۰,۷٥	۰,۷٥	۰,٤۰۳	۰,۰٤	۰,٦٥٥	۰,۹
جاده زنجان- بیجار	۰,۱٥۰	۰,۱۷٥	۰,۳۱۳	۰,٦٥	۰,٦	۰,۳۸۲	۰,۱۷٥	۰,٦۲	۰,٦٥
جاده زنجان- میانه	۰,۲٥۰	۰,۱۷٥	۰,۲٦۲	۰,۷	۰,٦٥	۰,۳۹٥	۰,۰۸۲	۰,٦۳	۰,۷٥
جاده زنجان- طارم	۰,۱۰۰	۰,۱٦۸	۰,۲۱۱	۰,٥٥	۰,٥٥	۰,۲٥۲	۰,۱٤٥	۰,٦۰٥	۰,٦

بنابراین، کیفیت هر قطعه از جاده و نیز کل محور جاده‌ها را می‌توان طبق جدول ۱۷ و شکل ۱۲ بیان نمود. در جدول مذکور محدوده فازی مناسب برای کیفیت جاده‌ها تعریف و به مقدار کلامی متناظر آن حروف A,B,C,D,E اختصاص داد. بهترین جاده‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل آزادراه زنجان – تبریز با رتبه ۰,٥٦۸ و آزادراه زنجان- قزوین با رتبه ۰,٥٥۰ در محدوده کیفیت متوسط(C) و جاده زنجان- طارم با رتبه نزدیکی ۰,۲٤ در محدوده کیفیت ضعیف (D) است.

جدول ۱۷. مشخصه فازی متغیر خروجی کیفیت جاده

متغیر خروجی	مقادیر کلامی	بازه فازی
نمره کیفیت جاده	عالی (A)	۸۰-۱۰۰
	خوب (B)	٦۰-۸۰
	متوسط (C)	٤۰-٦۰
	ضعیف (D)	۲۰-٤۰
	خیلی ضعیف (E)	۰-۲۰



شکل ۱۲. نمودار تابع عضویت کیفیت جاده

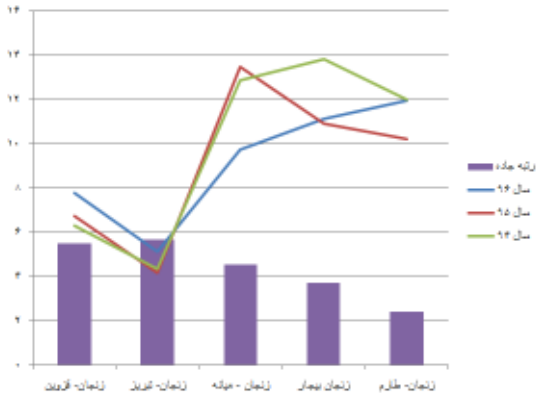
٦- نتیجه‌گیری

برای بررسی سهم جاده در بروز تصادفات رانندگی در محورهای مورد مطالعه، آمار تصادفات در جدول ۱۸ جمع آوری گردیده است. در جدول ۱۸ نرخ تصادف (نسبت تصادف به یک میلیون تردد) به صورت ستون جداگانه ای محاسبه شده است. این جدول نشان می‌دهد در آزادراه زنجان - تبریز با درجه کیفیت متوسط (C) و بالاترین کیفیت در میان جاده‌های مورد مطالعه، در سال ۱۳۹٦ نرخ تصادف برابر ٤۱۸ بوده و در جاده زنجان - بیجار با درجه کیفیت ضعیف (D) نرخ تصادفات ۱۳۸٤ بوده است. یعنی اینکه در جاده‌های با درجه کیفیت ضعیف (D) تعداد تصادفات از جاده‌های با کیفیت متوسط (C) سه برابر بیشتر بوده است. همچنین نسبت کشته شدگان به تعداد تصادفات در محورهای مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ با تعداد ۷٤ کشته برای آزادراه زنجان - تبریز و ۸۳ کشته برای جاده زنجان - بیجار به ترتیب ۰,۱٦ و ۰,۲۸ نشان می‌دهد که در این جاده‌ها، تصادفات با شدت بیشتری رخ داده‌اند.

جدول ۱۸. تعداد تصادفات در محورهای مورد مطالعه

نام محور	سال	تعداد تصادف	مجموع تردد سالانه	نسبت تصادف به تردد × ۱۰۰۰۰۰۰
آزادراه زنجان- قزوین	۹۵	۷۳۲	۹,۳۸۲,۲۰۳	۷۸۰
	۹٦	٦٤۳	۹,۵۱۸,۷۱۳	٦۷٦
	۹٤	۵۹۸	۹,٤٦۳,۲٦٤	٦۳۲
آزادراه زنجان - تبریز	۹۵	٤٤۳	۸,٦٤۰,۵۲۳	۵۱۳
	۹٦	۳۷٤	۸,۹٤۵,۹۰۷	٤۱۸
	۹٤	٤۱۲	۹,٤٦۸,۲۲۲	٤۳۵
جاده زنجان- میانه	۹۵	۳۳۲	۳,٤۱۱,۱٦۸	۹۷۳
	۹٦	٤۱۱	۳,۰٤۳,۳۷۰	۱۳۵۰
	۹٤	٤٤٦	۳,٤۷۱,۱۸۰	۱۲۸۷
جاده زنجان- بیجار	۹۵	۲۸۷	۲,۵۷۲,۰۳۳	۱۱۱٦
	۹٦	۳۱۱	۲,۸٤۲,٤۹۸	۱۰۹٤
	۹٤	۳۷٦	۲,۷۱٦,۸٤۷	۱۳۸٤
جاده زنجان- طارم	۹۵	٦۹	٦۷۳,٦٦۸	۱۰۲٤
	۹٦	۸۹	۷٤۳,۷۷۹	۱۱۹۷
	۹٤	۹۵	۷۹۰,٤۳۸	۱۲۰۲

نمودار ۱ تلفیقی از نمودار رتبه بندی جاده‌ها و نمودار نسبت تصادف به تردد محورهای مورد مطالعه در سال‌های مختلف توامان نشان می‌دهد. روند نمودار بیانگر آن است که در منطقه مورد مطالعه همواره در جاده‌های با کیفیت بالاتر، نسبت تصادف به تردد در آنها در مقایسه با جاده‌های با کیفیت پایین‌تر کمتر بوده است.



نمودار ۱. روند بروز تصادفات به نسبت تردد

نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه علاوه بر نسبت ۳ برابری تصادفات در جاده‌های با درجه کیفیت ضعیف (D) در مقایسه با جاده‌های با کیفیت متوسط (C) شدت بروز تصادفات در جاده‌های با کیفیت ضعیف نسبت به جاده‌های با درجه کیفیت متوسط، تقریبا ۲ برابر بیشتر است.

۷- مراجع

-اسدامرجی، م. نهاوندی، ن.، (۱۳۹٦)، "رتبه بندی قطعات جاده‌های برون شهری با استفاده از ترکیب شدت تصادفات و ممیزی ایمنی"، فصلنامه حمل و نقل، دوره ۹، شماره ۱.

-احدی، م. اعتمادزاده، ر.، (۱۳۹۲)، "تاثیر پارامترهای طراحی هندسی بر افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای"، ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، بازیابی شده از آدرس https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=224316 در دی ماه ۱۳۹۷، ص. ۱۰۲ -۱۱۵.

-احمدی، م. و علیمحمدی، ع.، (۱۳۹۲)، "آنالیز زمانی و مکانی تصادفات رانندگی با استفاده از تراکم پنجره ای فازی"، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۷ شماره۲.

-آذر، ع. رجب زاده، ع.، (۱۳۸۷)، "تصمیم گیری چند شاخصه رویکرد MADM" انتشارات نگاه دانش، تهران، ایران، ص. ٦۰-٦۳.

-خبرگزاری تسنیم، (۱۳۹٦)، "شناسایی ۱۲۰ نقطه حادثه خیز در زنجان"، بازیابی شده از آدرس اینترنتی https://tn.ai/1043703 در فروردین ۱۳۹۸، یک صفحه.

-خبرگزاری جمهوری اسلامی استان زنجان، (۱۳۹۷)، "شناسایی ۱۲۰ نقطه حادثه خیز در زنجان"، بازیابی شده از آدرس اینترنتی http://www.irna.ir/zanjan/fa/News/83246400 در فروردین ۱۳۹۸، یک صفحه.

-خبرگزاری صدا و سیما، (۱۳۹٦)، "شناسایی ۱۲۰ نقطه حادثه خیز در زنجان"، بازیابی شده از آدرس اینترنتی http://www.iribnews.ir/005tCZ در فروردین ۱۳۹۸، یک صفحه.

-رحیمی، ا. مددلو، ع. مظاهری، آ.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی تاثیر دسترسی‌ها بر عملکرد و ایمنی راههای بین شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ٥٦، ص. ۲۸-۱۷.

-آیین نامه روسازی راههای آسفالت ایران، (۱۳۹۰)، "نشریه شماره ۲۳٤"، سازمان برنامه و بودجه کشور.

-سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، (۱۳۹٥)، "سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای"، دفتر فناوری اطلاعات.

-سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، (۱۳۹٦)، "سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای"، دفتر فناوری اطلاعات.

-آیین نامه ایمنی راههای کشور، (۱۳۹۳)، "جلد اول مبانی طرح راه ایمن"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

-آیین نامه علائم ایمنی راهها، (۱۳۸٤)،"نشریه شماره۳-۲٦۷"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

-طاهری، ن. احمدی، ش. ملکی‌ها، م.، (۱۳۹٥)، "تاثیر بافت روسازی در ایمنی راه‌ها و کاهش تصادفات جاده‌ای"، دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان(IFIA)، دانشگاه جامع علمی کاربردی.

-کاشانی، م. سامی، ا.، (۱۳۹٥)، "تاثیر کیفیت جاده در مرگ و میرناشی از تصادفات با استفاده ازآتوماتای سلولی"، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۳، شماره ۳.

-مشخصات فنی و عمومی راه، (۱۳۹۲)، "نشریه شماره ۱۰۱"، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری.

-آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران، (۱۳۹۱)،"نشریه شماره ٤۱٥، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری.

-دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راه‌ها، (۱۳۸٥)، "وزارت راه و شهرسازی".

-"دستور العمل بازرسی ایمنی راه‌ها"، (۱۳۹۲)، "وزارت راه و شهرسازی".

-Abelln, J.; Lopez, G. Ona, j., (2013), “Analysis of traffic accident severity using Decision Rules via Decision Trees”, Expert system with applications, Vol. 40, Issue 15, 1, pp.6047-6054.

-Adanu E., Smith R., Powell L. Jones S., (2017), “Multilevel analysis of the role of human factors in regional disparities in crash outcomes”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 109.

extension principle", International Journal of Approximate Reasoning, Vol. 106, pp. 172-193.

-Greatorex, J.; Dexter, D., (2000), "An accessible analytical approach for investigating what happens between the rounds of a Delphi study", Journal of Advanced Nursing 32(4), pp.1016–1024.

-Hair, J. Black, W. Babin, B. Anderson, R. & Tatham, R., (2006), "Multivariate data analysis", Upper saddle River, N.J. Pearson Prentice Hall.

-Iranitalab, A.; Khattak, A., (2017), "Comparison of four statistical and machine learning methods for crash severity prediction", Accident Analysis & Prevention, 108, pp.27-36.

-Kapitanova, K., Sang H. Son, Kyoung-Don Kang, (2012), "Using fuzzy logic for robust event detection in wireless sensor networks", Advances in Ad Hoc Networks (II), Vol. 10, Issue 4, pp. 709–722.

-Kelly, KP. Porock, D., (2005), "A survey of pediatric oncology nurses perceptions of parent educational needs", Journal of Pediatric Oncology Nursing 22(1), pp.58–66.

-Lai YJ, Liu TY, Hwang CL., (1994), "TOPSIS for MODM", European J. Oper Res.76 (3), pp.486–500.

-Leech, N. L., Barrett, K. C., & Morgan, G. A. (2014), "IBM SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation", New York, Routledge.

-Linstone, H.A. & Turoff, M. (2002), "The Delphi Method Techniques and applications".

-Ludwig, L. & Starr, S., (2005), "Library as place: results of a Delphi study", Journal of the Medical Library Association JMLA (impact factor, 0.99), 93(3), pp.315-326.

-Lunsford,D. A. & Fussell, B. C., (1993), Marketing business services in central Europe. Journal of Services Marketing, 7(1), pp.13–21.

-Malin, F. Norros I. Innamaa S., (2019), "Accident risk of road and weather conditions

-Chang Albitres, C., Krugler, P., & Smith, R., (2005), "A knowledge approach oriented to improved strategic decisions in pavement management practices", In 1st annual inter-university symposium of infrastructure management, Waterloo, Ontario, Canada.

-Cheng, Y., HaoLong H., Ashfaq A. Huang Z., (2018), "Random weight network-based fuzzy nonlinear regression for trapezoidal fuzzy number data", Applied Soft Computing, Vol. 70, pp. 959-979.

-Ching-Lai Hwang, K. Y., (1981), "Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems", Springer.

-Dalkey, N. C., & helmer, O., (1963), "An experimental application method to the use of experts", Management Science, 9, pp.458- 467.

-Djam, X. Y., Sc, M., & Kimbi, Y. H., (2011), "Fuzzy Expert System for the Management of Hypertension,12(1), 390–402 executive leadership issues and associated skills, knowledge, and abilities, Journal of experts. Management Science, 9(3), pp.458–467.

-Fancello, G. Carta, M. Fadda, P., (2018), "Road Intersections ranking for road safety improvement: Comparative analysis of multi-criteria decision making methods", Transport Policy, in Press.

-Förster, B.; Gracht, V. H., (2014), "Assessing Delphi panel composition for strategic foresight A comparison of panels based on company-internal and external participants", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 84, pp. 215-229.

-George, D., Mallery P., (2003), "SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference", 11. 0 update (4th ed.). Boston, MA. Allyn & Bacon.

-Gerami, N. Aminah, Sh. Fayekb, R., (2019), "Computational method for fuzzy arithmetic operations on triangular fuzzy numbers by

design considerations, and applications", Information & Management 42(1), pp.15–29.

-Powell, C., (2003), "The Delphi technique, Myths and realities", Journal of Advanced Nursing, 41(4), pp.376-382.

-Rolisona, J. Regeva, Sh. Moutarib, S. Feeneyc, A., (2018), "What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records", Vol.115, pp.11-24.

-Rowe, G. & Wright, G., (2001), "Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique, in J.S. Armstrong, (Ed.), Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners", Kluwer Academic Publishers, Boston et al., pp.125–144.

-Šaparauskas J. Turskis Z., (2006), "Evaluation of construction sustainability by multiple criteria methods, Technol Econ Dev Econ, 12(4), pp.321–6.

-Šaparauskas J. Turskis Z., (2006), "Evaluation of construction sustainability by multiple criteria methods", Techno Econ Dev. Econ, 12(4), pp.321–6.

-Strasser, S. London, L. and Kortenbout, E. (2005), "Developing a competence framework and evaluation tool for primary care nursing in South Africa", Education for Health 18(2), pp.133–144.

-Tavakol, M. & Dennick, R., (2011), "Making sense of Cronbach's alpha International Journal of Medical Education, 2, 53-55 the American Pharmacists Association 45(1), pp.55–62 .

-Yu-LinHe, C. HaoWei, H. amirRaza, R. Ashfaq Joshua, A. Huang, Z., (2018), "Random weight network-based fuzzy nonlinear regression for trapezoidal fuzzy number data", Applied Soft Computing, Vol. 70, pp.959-979.

-Zadeh L.A., (1973), "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision on different road types", Accident Analysis & Prevention, Vol. 122, January, pp. 181-188.

-Malone D. Abarca J. Hansten, P. Grizzle, A. Armstrong, E. Bergen, RV. Duncan- Edgar, B. Solomon, S. and Lipton, R., (2005), "Identification of serious drug-drug interactions, Results of the partnership to prevent drug-drug interactions", American Journal of Geriatric Pharmacotherapy 3(2), pp.65–76.

-Meadows A. LMaine, E. Keyes, K. Pearson and K. Finstuen, (2005), "Pharmacy Executive Leadership Issues and Associated Skills", Knowledge, and Abilities.

-Mercedes C. Nuñoa M. Teresa, A., (2018), "Assessing urban road safety through multi dimensional indexes, Application of multi criteria decision making analysis to rank the Spanish provinces", Transport Policy, Vol. 68, pp.118-129

-Mercedes C. Nuñoa M. Teresa, A., (2018), "Assessing urban road safety through multidimensional indexes", Application of multicriteria decision making analysis to rank the Spanish provinces, Transport Policy, Vol. 68, pp.118-129.

-Moazami, D., Behbahani,H., Muniandy,R. (2011), "Pavement rehabilitation and maintenance prioritization of urban roads using fuzzy logic", Expert Systems with Applications, 38(10), pp.12869-12879.

-Mussone, L. Bassani, M. Masci, P., (2017), "Analysis of factors affecting the severity of crashes in urban road intersections", Accident Analysis & Prevention, Vol. 103, pp.112-122.

-Nait-Said, R. Zidani, F. Ouzraoui, N., (2008), "Fuzzy risk graph model for determining safety integrity level", Int. J. Qual., Stat., Reliab, pp.1–12.

-Okoli, C. and Pawlowski, SD., (2004), "The Delphi method as a research tool: An example,

-Zavadskas, EK, Ustinovičius L, Turskis Z, Peldschus F., (2002), "Messing D. LEVI 3.0-multiple criteria evaluation program for construction solutions", J Civ Eng Manag, 8(3), pp.184–91.

-Zhuanglin, Ma. Shao, C. Sheqiang Ma, Zeng Ye, (2011), "Constructing road safety performance indicators using Fuzzy Delphi Method and Grey Delphi Method", Expert Systems with Applications, 38(3), pp.1509-1514.

processes", IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. SMC 3 (1), pp.28–44.

-Zavadskas, EK, Sušinskas S, Daniunas A, Turskis Z, Sivilevičius H., (2012), "Multiple criteria selection of pile-column construction technology", J. Civ. Eng. Manag,18(6), pp.834–42.

-Zavadskas, EK, Turskis, Z, Bagočius V., (2015), "Multi-criteria selection of a deep-water port in the Eastern Baltic Sea", Appl Soft Comput, 26, pp.180–92.

Road Quality and Safety Ranking Using Fuzzy Logic and Multi-criteria Decision Making

Seyedeh Parisa Shourideh Ziabari, M.Sc., Grad., Electrical and Computer Faculty, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

Esmaeil Kaboodvand, M.Sc., Grad., Electrical and Computer Faculty, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

E-mail: ziabariparisa@gmail.com

Received: September 2022- Accepted: February 2023

ABSTRACT

The growing trend of road accidents in different countries, despite endangering people's lives, also imposes a lot of financial costs. Quality of roads is one of the factors affecting traffic accidents. In this study, fuzzy logic has been used because fewer studies have used fuzzy logic to calculate the safety and quality of roads and fuzzy logic has appropriate flexibility and the ability to describe and model phenomena. It also suggested good accuracy for calculating the parameters identified in this study. The purpose of this research is to identify and examine the factors involved in the quality and safety of roads in order to calculate the effect degree of each of the factors in relation to road quality ranking and comparison. In this research, it has been detected and derived 9 components as the most important factors influencing on the road quality and safety using Delphi method in order to identify the relevant indexes to the actual conditions of road construction control in Iran on the existing national standards as well as use expert's experiences in this field. Then, it was collected data related to each of 9 components in the selected main roads led to Zanjan city in Iran, by fuzzy method and roads were ranked by multi-criteria decision making using TOPSIS method and it was selected the best option. In the next step, we have investigated the relation of road quality to the statistics of driving accidents.

Keywords: Roadway Accidents, Road and Environment Factor, Delphi Technique Fuzzy Logic, Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS Method