

شناسایی معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز و میزان اهمیت هر یک از آنها بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری گروهی

محمود صفارزاده، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
علی پیردوانی، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
علی عبدی، دانشجوی دکتری، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
E-mail: saffar_m@modares.ir

چکیده

با توجه به کمبود بودجه برای انجام اقدامات ایمن‌سازی، اولویت‌بندی مقاطع غیرایمن از اهمیت خاصی برخوردار است. در این راستا روش‌های متفاوت و متعددی توسط کارشناسان ارائه شده که هر یک بر مبنای خاصی استوار بوده‌اند. در این بین می‌توان به دو ساختار کلی مبتنی بر بررسی‌های اقتصادی و فنی اشاره کرد. از طرفی به دلیل ضعف موجود در آمار تصادفات (ناقص، غلط یا بلااستفاده بودن آمار)، بهتر است تا روش‌های شناسایی و اولویت‌بندی ارائه شده، تا حد امکان بدون توجه به آمار تصادفات پایه‌گذاری و مطرح شوند. در این تحقیق که در قالب یک پروژه دانشجویی انجام شده، سعی بر آن است تا با استفاده از نظرات کارشناسان ایمنی، در خصوص شرایط هندسی، فیزیکی، ترافیکی و عملکردی راه، معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز شناسایی و ساختار ابتدایی اولویت‌بندی این مقاطع ایجاد شود. به دست آوردن میزان اهمیت هر یک از معیارها می‌تواند در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به عنوان ماتریس ورودی وزن معیارها مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای بسیار مهم وجود این ماتریس وزن می‌توان به یکسان‌سازی اولویت‌بندی مقاطع مختلف، به دلیل واحد بودن این ماتریس اشاره کرد. در شناسایی معیارهای مؤثر و میزان اهمیت هر یک از آنها از روشی موسوم به روش 'دلفی' که از مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری گروهی است، استفاده شده است. در انتهای تحقیق ۱۴ معیار مؤثر در اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز و میزان اهمیت هر یک از آنها (وزن هر معیار) به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: معیارهای ایمنی، اولویت‌بندی، مقاطع تصادف‌خیز، ماتریس وزن، روش‌های تصمیم‌گیری گروهی.

۱. مقدمه

استفاده از خرد جمعی کارشناسان مقوله ایمنی جاده‌ای را می‌توان به عنوان یک راهکار مفید، مد نظر قرار داد. در این راستا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی، زمینه شناسایی معیارهای مؤثر و میزان اهمیت هر یک از آنها نسبت به سایر معیارها فراهم خواهد شد.

استفاده از قضاوت کارشناسان برای حل یک مسأله شامل دو مرحله اساسی آفریدن ایده‌ها در اعضای گروه تصمیم‌گیری و نتیجه‌گیری و استخراج ایده‌ها از قضاوت کارشناسان است. در این تحقیق از قضاوت کارشناسان به منظور نیل به اهداف مورد

اهمیت مقوله ایمنی در تردد جاده‌ای، با توجه به خسارات فراوانی که به جامعه تحمیل می‌کند و به طور روزافزون در حال افزایش است، کارشناسان امر را بر آن داشته تا با ارائه روش‌ها و راهکارهایی از میزان خسارات وارده بکاهند. در این میان، اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی‌های کارشناسان بیان می‌دارد که استفاده از چند معیار به منظور اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز می‌تواند معایب استفاده از یک معیار را پوشش دهد و نتایج قابل قبول‌تری را ارائه کند. به منظور انتخاب و بررسی جامع معیارهای مؤثر و کارآ،

نظر و به طور خاص، از روش دلفی که از مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری گروهی است استفاده شده است.

۲. پیشنهاد تحقیق

روش‌های اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز، عمدتاً بر اساس روش‌های تک‌معیاره استوار بوده‌اند. به این ترتیب که با تعریف یک معیار مستقل و مجزا، شناسایی و اولویت‌بندی مقاطع مختلف انجام می‌شده است. از معیارهای مستقل اولویت‌بندی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱].

- نرخ تصادف
- تعداد - نرخ تصادف
- تصادفات هم‌نوع (همسان)
- شدت تصادف
- تعداد - شدت تصادفات
- فراوانی تصادف
- نرخ بحرانی تصادف
- شاخص هم سنگ خسارت مالی
- شاخص‌های مرتبط با وسایل نقلیه
- شاخص‌های جمعیتی

دسته‌ای دیگر از مطالعات، ملاحظات اقتصادی را ملاک عمل قرار داده‌اند. در اولویت‌بندی طرح‌های ایمنی بهترین طرح آن است که دارای بیشترین نرخ بازده اقتصادی باشد. در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها روش‌های بسیاری وجود دارد که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به نرخ بازده سال اول، ارزش خالص فعلی، نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده داخلی اشاره کرد [۲].

در تعدادی دیگر از تحقیقات صورت گرفته که بر پایه شرایط و ضوابط فنی استوار بوده‌اند، به طور هم‌زمان از چند معیار استفاده شده است. به عنوان مثال در تحقیقی که در هند انجام شده، پارامترهای شرایط هندسی و محیطی راه، همچون تعداد خطوط عبور، حجم وسایل نقلیه، عرض جاده، رده عملکردی راه، روسازی، زهکشی و غیره بررسی شده و برای هر یک از آنها عددی به عنوان عدد وزن در نظر گرفته شده است. از جمع کردن اعداد وزن مربوط به هر معیار، عددی با عنوان عدد تصادف‌خیزی به دست آمده است. از معایب این روش می‌توان به در نظر گرفته نشدن اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر اشاره کرد [۳].

در تحقیق دیگری موسوم به ماتریس ارزیابی خطر که در زلاند نو انجام شده، از سه شاخص اصلی به منظور اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز استفاده شده است. این معیارها عبارتند از تکرار تصادفات، شدت تصادفات و حجم عبوری وسایل نقلیه. در این روش پس از بررسی هر مقطع و مطابقت شرایط مندرج در ماتریس ارزیابی خطر، امتیاز مربوط به سه شاخص آن مقطع در هم ضرب می‌شوند. هر قدر که عدد به دست آمده مربوط به مقطعی بزرگ‌تر باشد، این مقطع در اولویت قرار می‌گیرد. از معایب این روش می‌توان به نامشخص بودن چگونگی امتیازدهی به شاخص‌ها و عدم سنخیت معیارها با هم اشاره کرد [۴].

۳. روش تحقیق

به منظور تطبیق هرچه مناسب‌تر نتایج تحقیق با شرایط موجود، رویکرد اصلی در پیشبرد این پژوهش استفاده از نظرات کارشناسان مقوله ایمنی جاده‌ای، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی است تا به کمک تجربیات آنها بتوان به واقعیات صحیح‌تری از علل و چگونگی وقوع تصادفات دست یافت. پس از بررسی نظرات کارشناسان و تجزیه و تحلیل چهار پرسشنامه تهیه شده، معیارها و میزان اهمیت هر یک از آنها به دست خواهند آمد و زمینه طراحی مدل اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز، با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره فراهم خواهد شد [۱].

از آنجا که اساس این تحقیق بر روش "دلفی" نهاده شده است، شرح مختصری از این روش و سپس ارائه تحقیق در قالب این روش مطرح خواهد شد.

پروژه‌ای در نیروی هوایی آمریکا در اوائل دهه ۱۹۵۰ به منظور بررسی نظرات کارشناسان در مورد اینکه چند بمب اتمی روسیه موجب خسارات معینی در آمریکا می‌شود، مشهور به پروژه "دلفی" شد و از آنجا تکنیکی معروف به تکنیک "دلفی" برای مطالعه (از قضاوت کارشناسان) به وجود آمد. هدف از این روش دسترسی به مطمئن‌ترین توافق گروهی (از نظرات کارشناسان) برای یک موضوع مورد بحث خواهد بود که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از کارشناسان، به دفعات مکرر و با توجه به بازخورد حاصل از آنها انجام می‌شود. روش دلفی یک نظرسنجی از نظرات کارشناسان با سه ویژگی مخصوص است. این ویژگی‌ها عبارتند از: پاسخ بی‌طرفانه به پرسشنامه‌ها، تکرار دفعات ارسال پرسشنامه

مرحله بعد مربوط به طرح سؤال اصلی تحقیق و در پی آن ارائه اولین پرسشنامه است. در تنظیم و تهیه پرسشنامه اول، سعی بر آن بوده تا مخاطب را به گونه‌ای با کلیات مسأله آشنا و در پی آن با ارائه اطلاعات جزئی‌تر و مکمل، نقاط مبهم احتمالی برای کارشناسان برطرف شود. در این پرسشنامه با ارائه ۱۵ شاخص پیشنهادی برای بررسی روند اولویت‌بندی نقاط تصادف‌خیز، از کارشناسان خواسته شده تا معیارهای مد نظر خود را از بین این ۱۵ معیار و یا هر معیاری که به نظرشان مهم و مرتبط می‌باشد، انتخاب و ارائه کنند. این ۱۵ معیار پیشنهادی به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

۱. بودجه مورد نیاز به منظور اصلاح مقطع
 ۲. حساسیت زمانی نقطه تصادف‌خیز (وقوع تصادف در ساعات مختلف شبانه‌روز)
 ۳. حضور پلیس و نحوه اعمال قوانین ترافیکی
 ۴. سیاست‌های سازمانی و مدیریتی
 ۵. فاصله نقطه تا مراکز پرجمعیت
 ۶. قرارگرفتن نقطه در نوع جاده به لحاظ عملکردی (ترانزیت، اصلی، جمع‌وپخش کننده و دسترسی)
 ۷. مقاطع خاص در جاده، مانند تونل، پل، تقاطع و غیره
 ۸. نسبت تعداد وسایل حمل‌ونقل عمومی مسافری به کل وسایل درگیر در تصادف
 ۹. وضعیت اقلیمی
 ۱۰. وضعیت ترافیکی و جزئیات آن شامل حجم، ترکیب، جهت و غیره
 ۱۱. وضعیت توپوگرافی
 ۱۲. وضعیت فیزیکی شامل علائم، خط‌کشی‌ها، تجهیزات ترافیکی و غیره
 ۱۳. وضعیت مقطع از نظر پتانسیل برقراری ارتباطات رادیویی، مخابراتی و سیستم‌های اطلاع‌رسانی هوشمند
 ۱۴. وضعیت طرح هندسی
 ۱۵. هزینه ریالی تصادفات حادث شده در نقطه
- به این ترتیب با بررسی پاسخ‌ها و نظرات کارشناسان، فهرستی از معیارهای مطرح شده به همراه تعداد پاسخ‌دهندگان یا به تعبیری رأی‌دهندگان به آن معیارها تهیه شده‌است. این فهرست مبنای تهیه پرسشنامه دوم است. جدول (۱) تعداد رأی‌دهندگان به هر معیار را به ترتیب از بالاترین رأی به پایین‌ترین رأی نشان می‌دهد.

و دریافت بازخورد از آنها و تجزیه و تحلیل آماری از پاسخ به سؤالات به صورت گروهی. دفعات تکرار ارسال پرسشنامه‌ها ممکن است بین ۳ الی ۵، متغیر باشد و این تغییر، بستگی به درجه توافق گروهی از پاسخ‌دهندگان و اطلاعات اضافی لازم از آنها دارد. اولین پرسشنامه، معمولاً نیاز به پاسخ یک سؤال عمده و وسیع از مسأله مورد بحث را داشته، در حالی که پرسشنامه‌های بعدی بر اساس پاسخ‌های دریافتی از پرسشنامه‌های قبل تنظیم می‌شوند. فرآیند "دلفی" زمانی متوقف می‌شود که توافق گروهی در بین کارشناسان پاسخ‌دهنده حاصل شده و یا آنکه تبادل اطلاعات به قدر کافی صورت پذیرفته باشد [۵].

روش دلفی دارای ۱۱ مرحله است که عناوین این مراحل به شرح زیرند:

۱. تهیه پرسشنامه اولیه
۲. انتخاب گروه کارشناسان
۳. طرح سؤال اصلی تحقیق در قالب اولین پرسشنامه
۴. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه شماره یک
۵. تهیه و توزیع پرسشنامه دوم بر اساس نتایج تحلیل پرسشنامه اول
۶. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه دوم
۷. تهیه و توزیع پرسشنامه سوم
۸. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه سوم
۹. ارسال و برگشت پرسشنامه‌ها
۱۰. تهیه گزارش نهایی از فرآیند "دلفی"
۱۱. مطلع کردن کارشناسان پاسخ‌دهنده از نتایج حاصله

۴. ارائه تحقیق

در این تحقیق به علت محدود بودن امکانات، کلیه فعالیت‌های عملیاتی توسط محقق و مسائل کارشناسی و فنی توسط یک گروه کارشناسی سه نفره اداره و انجام گرفته‌است.

در ابتدا گروه کارشناسان پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌ها شناسایی می‌شوند. این گروه شامل متخصصین و کارشناسان آشنا به مقوله ایمنی جاده‌ای شاغل در وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل‌ونقل، سازمان راهداری و غیره است. روش دلفی، حداقل تعداد کارشناسان پاسخ‌دهنده را بین ۱۰ تا ۱۵ نفر پیشنهاد می‌کند و بیان می‌دارد که در صورت امکان، این گروه می‌تواند شامل کارشناسان بیشتری نیز باشد. به طور کلی در این تحقیق و در تمامی مراحل کار، از نظرات حدوداً ۳۰ کارشناس استفاده شده‌است.

جدول ۱. تعداد رأی دهندگان به هر معیار ارائه شده

تعداد رأی	معیارهای پیشنهادی
۲۳	وضعیت طرح هندسی
۱۵	وضعیت فیزیکی
۱۵	مقاطع خاص در جاده، مانند تونل، پل و غیره
۱۴	وضعیت ترافیکی
۱۴	فاصله مقطع تا مراکز پرجمعیت
۹	اعتبار مورد نیاز جهت اصلاح
۸	حضور پلیس و نحوه اعمال قوانین
۸	وضعیت اقلیمی
۸	هزینه ریالی تصادفات
۶	حساسیت زمانی مقطع تصادف خیز
۵	تعداد وسایل حمل و نقل عمومی
۵	وضعیت توپوگرافی
۵	قرارگرفتن مقطع در نوع جاده به لحاظ عملکردی
۲	سیاست‌های سازمانی و مدیریتی
۱	وضعیت برقراری ارتباطات رادیویی، مخابراتی و سیستم‌های اطلاع رسانی

افقی نامناسب، قوس قائم نامناسب، سرازیری (شیب تند)، عرض کم جاده و وضعیت دید نامناسب است. تأثیر هر یک از این موارد نسبت به هم و تأثیر کل وضعیت هندسی نسبت به سایر معیارهای ایمنی مقایسه خواهد شد.

❖ قرارگرفتن نقطه در قوس‌های افقی

هرگاه قوس مورد مطالعه فاقد حتی یکی از شرایط قوس افقی استاندارد باشد، به عنوان یک قوس غیر ایمن شناسایی شده و قرارگرفتن مقطع مورد مطالعه در این قوس افقی غیر استاندارد، مورد توجه قرار می‌گیرد.

مشخصه‌های اصلی قوس‌های افقی:

- شعاع قوس
- بریلندی (دور)
- شانه‌های راه
- حریم راه
- تعریض جاده در قوس

• شعاع قوس

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که فراوانی تصادفات در قوس‌های با شعاع کمتر از ۴۰۰ متر مشهودتر است [۲]. برخی پژوهش‌ها بیانگر این مطلب است که وجود قوس‌های انتقالی در راه‌های با استاندارد طراحی بالا، نرخ تصادفات را بین ۸ تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد [۶].

• بریلندی^۲ (دور)

دانپ و همکارانش معتقدند که تعداد تصادفات در سطوح خیس، قوس‌های با بریلندی کمتر از ۲ درصد به شدت افزایش می‌یابد [۷]. عده‌ای از محققین نیز معتقدند که اصلاح بریلندی موجب کاهش ۵ تا ۱۰ درصدی تصادفات می‌شود [۸].

• شانه‌های راه

تحقیقات نشان داده‌اند که شانه‌های درزگیری شده (آب‌بندی شده) تعداد تصادفات را تا ۵ درصد کاهش می‌دهد [۸].

• حریم راه

نرخ انحراف به حاشیه راه در قوس‌ها، بسیار بیشتر از مسیر مستقیم است. بر اساس راهنمای طراحی راه آمریکا^۳ این نرخ در قوس‌ها ۴ برابر مسیر مستقیم است [۲]. یافته‌های یک مطالعه انجام

در گام بعد، با استفاده از نتایج تجزیه و تحلیل اطلاعات مرحله قبل، پرسشنامه‌ای با عنوان پرسشنامه شماره ۲، تهیه می‌شود. در ابتدا ضمن ارائه جدولی از معیارهای پرسشنامه اول و تعداد رأی‌دهندگان به هر معیار، خواسته شده تا از بین این معیارها، با توجه به تعداد رأی‌های داده شده به هر یک، چند معیار نهایی را انتخاب کنند. همچنین با توجه به پیشنهادات متعدد در خصوص اهمیت زیاد چند شاخص و کلی بودن آنها، نیاز به بررسی جزئی‌تر این چند معیار که عبارتند از معیارهای وضعیت طرح هندسی، ترافیکی و فیزیکی راه، واضح و مشخص است. بنابراین در این مرحله از کارشناسان خواسته شده تا نظر خود را در خصوص زیرمعیارهای این سه معیار اصلی نیز ارائه دهند. با تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه دوم، معیارها و زیرمعیارهای نهایی مشخص شده‌اند. معرفی این معیارها و زیرمعیارها و توضیح مختصری راجع به اهمیت و مطالعات انجام شده درباره آنها در این قسمت ارائه می‌شود.

۴-۱ وضعیت طرح هندسی مقطع مورد مطالعه

این معیار شامل زیرمعیارهایی چون قرارگیری مقطع در قوس

❖ قرارگیری نقطه در شیب‌های تند

شیب‌های تند جاده‌ها در برخی نقاط، پتانسیل مناسبی برای وقوع تصادفات به شمار می‌آیند. با توجه به آمار موجود، حدود ۱۵ درصد از تصادفات جاده‌ای در شیب‌های تند رخ داده‌اند. در تحقیقی بیان شده‌است که در صورت تأمین شدن خطوط افزایش سرعت در سربالایی‌ها، ۵ تا ۱۵ درصد از میزان تصادفات در این مقاطع کاسته می‌شود [۱۱ و ۱۲]. وقوع تصادفات در شیب‌ها غالباً بیشتر از مسیرهای مسطح است. مطابق تحقیقات صورت گرفته در سال ۲۰۰۰ توسط "هاروود" با افزایش یک درصد در میزان شیب، تعداد تصادفات به میزان ۶ درصد افزایش می‌یابد [۱۳]. در مسیرهای دارای حجم بالای وسایل نقلیه سنگین، تعداد و شدت تصادفات در سرازیری‌ها بیشتر از سربالایی‌ها است [۲].

❖ وضعیت دید

وضعیت دید نامناسب در جاده‌ها عمدتاً به قوس‌های قائم مرتبط است و محدودیت‌های شدید در مسافت دید معمولاً در قوس‌های محدب بیشتر است. محققان اعلام داشته‌اند که تعداد تصادفات در قوس‌های قائم محدب با مسافت دید محدود، ۵۲ درصد بیشتر از قوس‌های قائم محدب بدون محدودیت در مسافت دید است [۱۴]. همچنین باید علاوه بر قوس‌های قائم محدب، در مسیرهای طولانی قبل و بعد از قوس، فرصت مناسب برای سبقت‌گیری فراهم شود. بر اساس مطالعات انجام شده در آلمان، ۲۳ درصد تصادفات در قوس‌های قائم محدب مربوط به مانورهای سبقت‌گیری است [۱۱].

❖ عرض جاده

بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته در سال‌های مختلف بیانگر این مطلب است که درصد بالایی از تصادفات ناشی از نقص جاده، بر اثر کم بودن عرض جاده به وقوع پیوسته است. این مقدار در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد است. لازم به ذکر است که عرض کم جاده، بعد از فقدان و اشکالات علائم هشدار دهنده، رتبه دوم را در بین عوامل متعدد نقص جاده داراست [۱۳].

۴-۴ وضعیت ترافیکی مقطع مورد مطالعه

این معیار شامل زیرمعیارهایی چون حجم وسایل نقلیه، ترکیب ترافیک و یکطرفه یا دوطرفه بودن معبر است. تأثیر هر یک از این

شده در آمریکا، برآوردهای اولیه میزان کاهش تصادفات بر اثر اصلاحات راه را ارائه می‌کند [۹]. بر این اساس میزان کاهش درصد تصادفات به‌ازای افزایش فضای خالی کنار راه در جدول (۲) آورده شده‌است.

جدول ۲. درصد کاهش تصادفات ناشی از افزایش فضای خالی

حاشیه راه [۹]

افزایش فضای خالی (متر)	درصد کاهش تصادفات
۱/۵	۹
۲/۴	۱۴
۳	۱۷
۷/۳	۱۹
۴/۶	۲۳
۶/۱	۲۹

• تعریض جاده در قوس

بر اساس تحقیقی در انگلستان، رابطه‌های (۱) تا (۳) نشان می‌دهند که تعریض در قوس‌ها به چه مقدار باعث کاهش نرخ تصادفات شده‌است [۱۰].

$$y = -0.23x + 4.3 \quad R < 400 \text{ m} \quad (1)$$

$$y = -0.23x + 3.7 \quad 400 \text{ m} \leq R < 1000 \text{ m} \quad (2)$$

$$y = -0.23x + 3.3 \quad R \geq 1000 \text{ m} \quad (3)$$

که در آنها:

X: عرض راه (متر) و Y: نرخ تصادفات (تعداد تصادفات به ازای هر میلیون وسیله نقلیه - کیلومتر).

❖ بررسی تصادفات در قوس‌های قائم

اصلاح قوس قائم، که غالباً پرهزینه است، در برخی مواقع الزامی است. به عنوان مثال، مطابق تحقیق انجام گرفته در آمریکا [۱]، ساخت مجدد یک قوس محدب در صورت وجود شرایط زیر، باید مورد توجه قرارگیرد:

- وجود تپه‌ای که خطرات بزرگی همچون تقاطع، قوس افقی یا پل‌های کم عرض را پنهان می‌کند.
- متوسط ترافیک روزانه، بیشتر از ۱۵۰۰ وسیله نقلیه باشد.
- سرعت طراحی در قوس محدب، بر اساس حداقل مسافت دید توقف موجود، بیش از ۳۲ کیلومتر بر ساعت، کمتر از سرعت‌های حرکت وسایل نقلیه در این محل باشد.
- محدودیت‌های شدید در مسافت دید، معمولاً در قوس‌های محدب بیشتر مشاهده می‌شود.

خواهد رسید [۱۶]. همچنین فاربر^۵ و همکارانش در سال ۱۹۷۴ گزارش کردند که تنها ۲/۳ درصد از تصادفات مربوط به سطوح خیس راه در تقاطع مستقیم به وقوع می‌پیوندد، جایی که نیاز به اصطکاک کم است [۲]. در تحقیقی مشخص شد که تأثیر وضعیت ناهمواری سطح راه بر ایمنی، با توجه به نوع تصادف مورد نظر متفاوت است. شمار تصادفات تک خودرویی به مجرد افزایش شاخص بین‌المللی همواری راه (IRI)^۶، به دلیل کاهش سرعت وسیله نقلیه، کاهش خواهد یافت، ولی شمار تصادفات چند خودرویی به دلیل افزایش احتمال انحراف‌های جانبی و سرعت‌های مختلف افزایش می‌یابد [۱۷].

❖ زهکشی

بروز پدیده جمع شدگی سطحی آب^۷ که ناشی از زهکشی نامناسب سطح راه است، باعث کاهش اصطکاک مورد نیاز برای توقف وسایل نقلیه می‌شود و احتمال وقوع تصادفات را افزایش می‌دهد. علاوه بر این ممکن است جمع شدن آب در بعضی نقاط جاده، منجر به کاهش ناگهانی سرعت وسیله نقلیه شود، که با این عمل احتمال برخورد وسایل نقلیه پشت‌سر به وسیله نقلیه مذکور افزایش می‌یابد [۱۸].

❖ علائم افقی (خط کشی و تجهیزات ترافیکی)

بر اساس آمار موجود، نقص علائم افقی عامل وقوع بیش از ۳۰ درصد تصادفات ناشی از نقص جاده است [۱۵].

❖ علائم عمودی

این علائم شامل انواع تابلوها، چراغ‌ها، آئینه‌های ایمنی و حفاظ‌های ایمنی است. بعد از نقص علائم افقی و عرض کم جاده، نقص در علائم عمودی، تابلوهای هشداردهنده و اطلاع‌رسانی، سومین عامل اصلی حادثه‌ساز مرتبط با عامل جاده است، به طوری که بر اساس آمار موجود، حدود ۱۰ درصد تصادفات مربوط به نقص جاده، به این عامل مربوط می‌شود [۱۷].

❖ ۴-۴ فاصله مقطع مورد مطالعه از مراکز جمعیت

بررسی آمار تصادفات جاده‌ای کشور نشان می‌دهد که اکثر تصادفات در نزدیکی شهرها (مبادی ورودی شهرها) و مراکز جمعیت اتفاق می‌افتد. علل اصلی این مسأله را می‌توان خستگی رانندگان، عجله و بی‌حوصلگی آنها برای هرچه سریع‌تر رسیدن

موارد نسبت به هم و تأثیر کل وضعیت ترافیکی نسبت به سایر معیارهای ایمنی مقایسه خواهد شد.

❖ تعداد وسایل نقلیه عبوری

با استناد به علم آمار، هر جا که تعداد وسایل نقلیه عبوری زیاد باشد، احتمال وقوع تصادف نیز در آن نقطه بیشتر خواهد بود.

❖ ترکیب ترافیک

ترکیب ترافیک بیانگر انواع وسایل نقلیه‌ای است که از یک جاده عبور می‌کنند. هر قدر که ترکیب وسایل نقلیه همگون‌تر باشد، احتمال وقوع تصادفات کاهش می‌یابد. از جمله دلایل این امر می‌توان به سرعت نسبتاً یکسان وسایل نقلیه نسبت به یکدیگر، وضعیت دید همگن تر، امنیت روانی رانندگان وسایل نقلیه و غیره اشاره کرد.

❖ یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده

یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده در وقوع تصادفات بسیار مؤثر خواهد بود. درصد زیادی از تصادفات جاده‌ای ناشی از برخورد از روبه رو و سبقت‌های نامناسب و خطرآفرین است که عمدتاً در جاده‌های دوطرفه رخ می‌دهند [۱۵].

۴-۳ وضعیت فیزیکی مقطع مورد مطالعه

این معیار شامل زیر معیارهایی چون روسازی نامناسب، زهکشی نامناسب، علائم افقی و تجهیزات نامناسب و علائم عمودی نامناسب است. تأثیر هر یک از این موارد نسبت به هم و تأثیر کل وضعیت فیزیکی نسبت به سایر معیارهای ایمنی مقایسه خواهد شد.

❖ روسازی

در این بخش به دو جنبه از ایمنی روسازی راه یعنی اصطکاک و کیفیت سطح راه پرداخته می‌شود. در صورت کاهش اصطکاک سطح راه، میزان تصادفات افزایش خواهد یافت. زمانی که سطح راه خیس باشد، این وضعیت وخیم‌تر شده و تعداد تصادفات افزایش بیشتری خواهد یافت. پروژه‌های روکش مجدد رویه راه‌ها به دلیل وضعیت ساختار روسازی راه و شرایط رانندگی، افزایش فوری و محدود در تعداد تصادفات را بین ۲ تا ۵ درصد پدید می‌آورد و برای راه‌های با سطح خشک این افزایش تا ۱۰ درصد

شناسایی معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز و میزان اهمیت هر یک از آنها...

داده‌اند [۱۵]. نکته دیگر قابل ذکر آنکه، حدود ۲۵ درصد کل تصادفات کشور در محل‌های خاص رخ می‌دهند که با توجه به درصد بسیار کم این نقاط نسبت به نقاط عادی راه‌های کشور، توجه بیش از پیش به این نقاط الزامی است [۱۸].

پس از بررسی معیارها و زیرمعیارهای نهایی مؤثر در اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز، نوبت به بررسی اهمیت این معیارها نسبت به یکدیگر می‌رسد. در پرسشنامه‌ای از کارشناسان خواسته شده تا با توجه به دیدگاه‌های کارشناسی و تجربه خود، ضریب اهمیت هر معیار را از بین ۱ تا ۹ به عنوان وزن آن معیار نسبت به سایر معیارها ارائه دهند. پس از تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از این پرسشنامه، میانگین هندسی اوزان اختصاص یافته توسط کارشناسان به هر یک از معیارها، محاسبه شده‌اند. اعداد به دست آمده برای هر معیار و زیرمعیار در پرسشنامه دیگری و در جداول مربوطه نوشته شده و به کارشناسان گفته شده که این اعداد میانگین نظر جمعی کارشناسان شرکت‌کننده در این نظرسنجی بوده است. این کار باعث می‌شود تا هر کارشناس ضمن آشنایی با میانگین نظر کارشناسان دیگر، فرصت تأمل بیشتر و بهتری را در خصوص اختصاص اوزان نهایی مدنظر خود داشته باشند.

ضرایب اهمیت نهایی معیارها (W) که از پرسشنامه چهارم به دست آمده‌اند، در جداول (۳) تا (۶) آورده شده‌اند.

به مقصد، ساخت و سازه‌های غیر مجاز و زیاد بودن کاربری‌ها در اطراف جاده، وجود دسترسی‌های فراوان به راه‌ها، عدم تفکیک کامل ترافیک برون‌شهری با ترافیک شهرهای کوچک واقع شده در کنار جاده‌ها، وجود وسایل نقلیه با سرعت‌های متفاوت، عبور عابرین پیاده و غیره دانست [۱۹]. تصادف‌خیز بودن نقاط نزدیک به مراکز جمعیت، نسبت به سال‌های قبل، رشد قابل توجهی داشته است. به عنوان مثال در سال ۱۳۶۲، تنها ۶۸ درصد تصادفات در ۳۰ کیلومتری مراکز جمعیتی اتفاق افتاده بودند ولی در سال ۱۳۷۵، این درصد به عدد ۸۳/۳ رسیده است [۱۸].

۴-۵ قرارگرفتن مقطع در نقاط خاص جاده

برخی نقاط خاص جاده‌ها مانند تونل‌ها، پل‌ها، گردنه‌ها و نقاط مه‌گیر، به دلیل آنکه ممکن است وقوع یک تصادف، منجر به وقوع تصادفات دیگری شود، خطرناک‌تر از نقاط عادی هستند. بر اساس آمار، تقاطع‌ها بالاترین تعداد تصادفات در «محل‌های خاص» را دارا بوده‌اند. این مقدار حدوداً ۴۰ درصد از کل تصادفاتی است که در محل‌های خاص راه‌ها اتفاق افتاده است [۱۸]. بر اساس آخرین آمار منتشر شده توسط پلیس راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی در پایان سال ۱۳۸۴، تقاطعات ۱۲ درصد از کل تصادفات بوقوع پیوسته را به خود اختصاص

جدول ۳. ضرایب اهمیت نهایی زیرمعیارهای وضعیت هندسی

(A ₅)	(A ₄)	(A ₃)	(A ₂)	(A ₁)	معیار
وضعیت دید نامناسب در مقطع مورد نظر	عرض کم جاده در مقطع مورد نظر	قرارگیری مقطع در سرازیری (شیب تند)	قرارگیری مقطع در قوس قائم نامناسب	قرارگیری مقطع در قوس افقی نامناسب	ضریب نهایی وزن
۸/۱۲۲۲	۵/۹۰۲۱	۵/۱۷۲۶	۵/۵۶۴۰	۶/۰۸۲۸	

جدول ۴. ضرایب اهمیت نهایی زیرمعیارهای وضعیت ترافیکی

(B ₃)	(B ₂)	(B ₁)	معیار
یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده	ترکیب ترافیک	تعداد وسایل نقلیه عبوری	ضریب نهایی وزن
۷/۹۸۷۰	۵/۸۵۹۴	۵/۷۰۰۱	

جدول ۵. ضرایب اهمیت نهایی زیرمعیارهای وضعیت فیزیکی

(C ₄)	(C ₃)	(C ₂)	(C ₁)	معیار
علائم عمودی نامناسب در مقطع مورد نظر، شامل تابلوهای هشداردهنده، هدایت‌کننده، اطلاع‌رسانی و غیره	علائم افقی نامناسب در مقطع مورد نظر، شامل خط‌کشی و تجهیزات ترافیکی	زهکشی نامناسب در مقطع مورد نظر	روسازی نامناسب در مقطع مورد نظر	ضریب نهایی وزن
۸/۰۱۴۲	۶/۳۲۳۰	۴/۳۵۲۱	۵/۲۴۹۰	

جدول ۶. ضرایب اهمیت نهایی معیارهای ایمنی

(D ₅)	(D ₄)	(D ₃)	(D ₂)	(D ₁)	معیار
نقاط خاص	فاصله از مقصد	وضعیت فیزیکی	وضعیت ترافیکی	وضعیت هندسی	ضریب نهایی وزن
۵/۰۷۳۷	۵/۱۲۰۱	۴/۹۰۹۸	۴/۱۱۵۹	۶/۲۸۷۹	

پس از نوشتن ضرایب اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها

نوبت به تشکیل ماتریس مقایسات زوجی (مقایسه دو به دو)

ضرایب اهمیت معیارها) برای هر یک از آنها می‌رسد. این ماتریس با عناصر مثبت بوده و عکس‌پذیر^۱ است، یعنی:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (۴)$$

چنانچه قضاوت‌های کارشناسان کاملاً با یکدیگر سازگاری داشته

و باثبات^۲ باشند، باید:

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} \quad \forall i, j, k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (۵)$$

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = \frac{w_i \cdot w_k}{w_k \cdot w_j} = \frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad \forall i, j, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

بنابراین ورودی‌های این ماتریس، فقط در شرایط ثابت کامل دارای

اشتباه نبوده و a_{ij} را می‌توان به صورت رابطه (۷) نشان داد [۵].

$$\left(a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \right) \quad (۷)$$

جدول ۷. ماتریس مقایسات زوجی

	x_1	x_2	x_3	...	x_n	
x_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}	$\frac{w_1}{w_1}$
x_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}	$\frac{w_1}{w_2}$
x_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}	$\frac{w_2}{w_3}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
x_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}	$\frac{w_2}{w_n}$
						$\frac{w_3}{w_1}$
						$\frac{w_3}{w_2}$
						$\frac{w_n}{w_1}$
						$\frac{w_n}{w_2}$
						$\frac{w_n}{w_3}$
						...
						$\frac{w_n}{w_n}$
						$\frac{w_1}{w_1}$
						$\frac{w_1}{w_2}$
						$\frac{w_2}{w_3}$
						...
						$\frac{w_n}{w_1}$
						$\frac{w_n}{w_2}$
						$\frac{w_n}{w_3}$
						...
						$\frac{w_n}{w_n}$

جداول ۸ تا ۱۱ ماتریس مقایسات زوجی را با استفاده از رابطه (۷) برای معیارها و زیرمعیارها ارائه می‌کنند.

جدول ۸. ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت هندسی

	(A ₅)	(A ₄)	(A ₃)	(A ₂)	(A ₁)
(A ₅)	۰/۰۰۰/۱	۳۷۶۲/۱	۱/۵۷۰/۲	۱/۴۵۹۸	۱/۳۳۷۵
(A ₄)	۰/۷۲۶۷	۱/۰۰۰۰	۱/۱۴۱۰	۱/۰۶۰۸	۰/۹۷۱۹
(A ₃)	۰/۶۳۶۸	۰/۸۷۶۴	۱/۰۰۰۰	۰/۹۲۹۷	۰/۸۵۱۸
(A ₂)	۰/۶۸۵۰	۰/۹۴۲۷	۱/۰۷۵۷	۱/۰۰۰۰	۰/۹۱۶۲
(A ₁)	۰/۷۴۷۷	۱/۰۲۸۹	۱/۱۷۴۰	۱/۰۹۱۴	۱/۰۰۰۰

شناسایی معیارهای مؤثر در اولویت بندی مقاطع تصادف خیز و میزان اهمیت هر یک از آنها...

جدول ۹. ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت ترافیکی

	(B ₃)	(B ₂)	(B ₁)
(B ₃)	۱/۰۰۰۰	۱/۳۶۳۱	۱/۴۰۱۲
(B ₂)	۰/۷۳۳۶	۱/۰۰۰۰	۱/۰۲۷۹
(B ₁)	۰/۷۱۳۷	۰/۹۷۲۸	۱/۰۰۰۰

جدول ۱۰. ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت فیزیکی

	(C ₄)	(C ₃)	(C ₂)	(C ₁)
(C ₄)	۱/۰۰۰۰	۱/۲۶۷۵	۱/۸۴۱۵	۱/۵۲۶۸
(C ₃)	۰/۷۸۹۰	۱/۰۰۰۰	۱/۴۵۲۹	۱/۲۰۴۶
(C ₂)	۰/۵۴۳۰	۰/۶۸۸۳	۱/۰۰۰۰	۰/۸۲۹۱
(C ₁)	۰/۶۵۵۰	۰/۸۳۰۱	۱/۲۰۶۱	۱/۰۰۰۰

جدول ۱۱. ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با معیارهای ایمنی

	(D ₅)	(D ₄)	(D ₃)	(D ₂)	(D ₁)
(D ₅)	۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۰۹	۱/۰۳۳۴	۱/۲۳۲۷	۰/۸۰۶۹
(D ₄)	۱/۰۰۹۱	۱/۰۰۰۰	۱/۰۴۲۸	۱/۲۴۴۰	۰/۸۱۴۳
(D ₃)	۰/۹۶۷۷	۰/۹۵۸۹	۱/۰۰۰۰	۱/۱۹۲۶	۰/۷۸۰۸
(D ₂)	۰/۸۱۱۲	۰/۸۰۳۹	۰/۸۳۸۳	۱/۰۰۰۰	۰/۶۵۴۶
(D ₁)	۱/۲۳۹۳	۱/۲۲۸۱	۱/۲۸۷۰	۱/۵۲۷۷	۱/۰۰۰۰

حال با استفاده از نرم افزار MATLAB مقادیر ویژه و بردار ویژه (۸) برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها را بر اساس دستور رابطه (۸) به دست می آید [۵].
 (۸) $[V, F] = \text{eig}(D)$
 مقادیر ویژه و بردار ویژه متناظر با مقدار ویژه بیشینه (λ_{\max}) به دست آمده در جداول (۱۲) تا (۱۵) آورده شده است.

جدول ۱۲. مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت هندسی

مقادیر ویژه	بردار ویژه	بردار ویژه نرمال شده	
$\lambda_{\max} = 5/00000$	۰/۵۸۱۰۶	۰/۲۶۳۴۲	(A ₅)
۰/۰۰۰۰۶	۰/۴۲۲۲۳	۰/۱۹۱۴۲	(A ₄)
۰/۰۰۰۰۴	۰/۳۷۰۰۴	۰/۱۶۷۷۶	(A ₃)
$-0/2066e-005 + 0/5493e-006i$	۰/۳۹۸۰۴	۰/۱۸۰۴۵	(A ₂)
$-0/2066e-005 - 0/5493e-006i$	۰/۴۳۴۴۳	۰/۱۹۶۹۵	(A ₁)

جدول ۱۳. مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت ترافیکی

مقادیر ویژه	بردار ویژه	بردار ویژه نرمال شده	
$\lambda_{\max} = 3/00000$	-۰/۶۹۸۸۵	۰/۴۰۸۶۱	(B ₃)
-۰/۰۰۰۰۲	-۰/۵۱۲۶۸	۰/۲۹۹۷۶	(B ₂)
۰/۰۰۰۰۴	-۰/۴۹۸۷۶	۰/۲۹۱۶۲	(B ₁)

صفارزاده، پیردوانی و عبدی

جدول ۱۴. مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با زیرمعیارهای وضعیت فیزیکی

مقادیر ویژه	بردار ویژه	بردار ویژه نرمال شده	
$\lambda_{\max}=4/00000$	۰/۶۵۲۸۴	۰/۳۳۴۷۹	(C ₄)
-۰/۰۰۰۰۴	۰/۵۱۵۰۷	۰/۲۶۴۱۴	(C ₃)
$1/902e-005 + 0/5511e-006i$	۰/۳۵۴۵۱	۰/۱۸۱۸۰	(C ₂)
$1/902e-005 - 0/5511e-006i$	۰/۴۲۷۵۸	۰/۲۱۹۲۷	(C ₁)

جدول ۱۵. مقادیر ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی مرتبط با معیارهای ایمنی

مقادیر ویژه	بردار ویژه	بردار ویژه نرمال شده	
$\lambda_{\max}=5/00000$	۰/۳۲۱۸۸	۰/۱۹۸۹	(D ₅)
$-2/094e-005 + 1/7856e-005i$	۰/۳۲۴۸۳	۰/۲۰۰۷	(D ₄)
$-2/094e-005 - 1/7856e-005i$	۰/۳۱۱۴۹	۰/۱۹۲۵	(D ₃)
$4/0585e-005 + 1/6542e-005i$	۰/۲۶۱۱۲	۰/۱۶۱۴	(D ₂)
$4/0585e-005 - 1/6542e-005i$	۰/۳۹۸۹۲	۰/۲۴۶۵	(D ₁)

فیزیکی و ترافیکی) باید در عدد وزن مربوط به معیار اصلی خود، که از ماتریس مقایسات زوجی معیارهای ایمنی (معیارهای اصلی) به دست آمده‌اند ضرب شود. در انتهای این فرآیند، ضرایب اهمیت معیارها یا همان ماتریس وزن نهایی که مشتمل بر ۱۴ عدد است، در جدول ۱۶ ارائه شده‌است.

بردار ویژه نرمال شده برای هر معیار بیانگر میزان اهمیت آن معیار نسبت به سایر معیارها است. با توجه به فرضیات مطرح برای ساخت مدل اولویت‌بندی، ماتریس نهایی وزن باید برای معیارها و زیرمعیارها در یک سطح قرار داشته باشد. بنابراین برای به یک سطح رساندن اعداد وزن به دست آمده یا همان بردارهای ویژه، اعداد مربوط به زیرمعیارها (۳ دسته زیرمعیار وضعیت هندسی،

جدول ۱۶. ماتریس نهایی وزن

ردیف	معیار	عدد نهایی وزن
۱	فاصله از مراکز جمعیت	۰/۱۶۱۴
۲	نقاط خاص	۰/۱۹۲۵
۳	قرارگیری نقطه در قوس افقی نامناسب	۰/۰۴۸۶
۴	قرارگیری نقطه در قوس قائم نامناسب	۰/۰۴۴۵
۵	قرارگیری نقطه در سرازیری (شیب تند)	۰/۰۴۱۴
۶	عرض کم جاده در نقطه مورد نظر	۰/۰۴۷۲
۷	وضعیت دید نامناسب در نقطه مورد نظر	۰/۰۶۴۹
۸	تعداد وسایل نقلیه عبوری	۰/۰۵۸۵
۹	ترکیب ترافیک	۰/۰۶۰۲
۱۰	یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده	۰/۰۸۲۰
۱۱	روسازی نامناسب در نقطه مورد نظر	۰/۰۴۳۶
۱۲	زهکشی نامناسب در نقطه مورد نظر	۰/۰۳۶۲
۱۳	علائم افقی نامناسب در نقطه مورد نظر، شامل خط‌کشی و تجهیزات ترافیکی	۰/۰۵۲۵
۱۴	علائم عمودی نامناسب در نقطه مورد نظر، شامل تابلوهای هشداردهنده، هدایت‌کننده، اطلاع‌رسانی و غیره	۰/۰۶۶۶

۵. نتیجه‌گیری

۱. هدف اصلی این تحقیق، ساختارسازی برای دستیابی به مدلی جامع برای اولویت‌بندی و شناسایی مقاطع تصادف‌خیز بوده است. بنابراین و به دلیل نقصان در آمار تصادفات موجود، عدم وابستگی مدل به آمار تصادفات، از جمله مزایای این تحقیق به شمار می‌رود.

۲. استفاده از چند معیار به جای یک معیار، اشتباهات و ایرادات احتمالی ناشی از نادیده گرفتن همه جوانب امر مربوط به بررسی تصادفات را جبران می‌کند.

۳. در شناسایی معیارهای اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز، با توجه به بازخورد نظرات کارشناسان، بسیاری از نظرات تکراری که موجب اختلال و ایجاد اشتباه در نتیجه مدل می‌شوند، حذف شده‌است.

۴. در روند دستیابی به معیارهای اولویت‌بندی و شناسایی میزان اهمیت هر یک از آنها، با توجه به گام‌های روش دلفی، نتایج به دست آمده بسیار مطلوب و تا حد زیادی قابل استنادند.

۵. در بررسی معیارها، معیارهایی چون فاصله از مراکز جمعیتی و یا قرار گرفتن مقطع تصادف‌خیز در نقاط خاص جاده‌ای که در گذشته تنها به صورت نتیجه خروجی پروژه‌ها مورد توجه بوده‌اند، در این پروژه به دلیل اهمیت زیادشان به عنوان ورودی‌های بسیار مؤثر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مطلب جامعیت مدل مطرح شده در این تحقیق را تا حد زیادی تبیین می‌کند.

۶. در خصوص زیرمعیارهای طرح هندسی، ترافیکی و فیزیکی، به ترتیب وضعیت دید نامناسب، یک طرفه یا دو طرفه بودن معبر و همچنین علائم نامناسب، از نظر کارشناسان مهمترین زیرمعیارها شناخته شده‌اند.

۷. به تعبیری می‌توان تحقیق حاضر را گامی در راستای ساختار سازی اولویت‌بندی مقاطع تصادف‌خیز به شمار آورد. به تبع آن تکمیل و بهبود روش‌های بررسی تصادفات و مد نظر قرار دادن جزئیات هر تصادف، می‌تواند در کاربردی‌تر شدن این روند نقش بسزایی داشته باشد.

۸. مجموعه ۱۴ معیار به دست آمده در این تحقیق، به عنوان ماتریس وزن ضرایب، برای هر مدل اولویت‌بندی مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری قابل استفاده است.

۹. در میان معیارهای اصلی، طرح هندسی و از بین زیرمعیارها، یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده از بیشترین اهمیت برخوردار بوده‌اند.

۶. مراجع

۱. پیردوانی، علی (۱۳۸۵) "طراحی مدل تعیین و اولویت‌بندی نقاط تصادف‌خیز"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی.

۲. قربانی، مهرا و نوری امیری، محمد (۱۳۸۴) "راهنمای ایمنی راه (مجمع جهانی راه - پیارک)"، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فن آوری، دفتر مطالعات فن آوری و ایمنی.

3. Mandloi, D. & Gupta, R. (2003) "Evaluation of accident black spots on roads using geographical information systems (GIS)", Map India .

4. Ministry of Transport & Land Transport, New Zealand, (2005) "Deficiency database and prioritization process report".

۵. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۸۲) "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران.

6. Council, F.M. (1998) "Safety benefits of spiral transitions on horizontal curves on two-lane rural roads", Transportation Research Record, 1523, Transportation Research Board, Washington DC.

7. Dunlap, D.F., Francher, P.S., Scott, R.E., McAdam, G.C. and Segel, L. (1978) "Influence of combined highway grade and horizontal alignment on skidding", NCHRP Report 194, Transportation Research Board, Washington DC, TRB.

8. Zegeer, C.V., Tommy, J.M., Heckman, M.L. & Hayward, J.C (1992) "Safety effectiveness of highway design features", volume 2, Alignment, FHWA-RD-91-045, Federal Highway Administration, Washington DC.

9. Zegeer, C.V.[et.al] (1990) "Cost-effective geometric improvements for safety upgrading of horizontal curves", FHWA-RD-90-021, Federal Highway Administration, Washington, DC.

10. Krebs, H.G. & Kloeckner, J.H. (1977) in Lamm et al (1999) "Investigations of the effect of highway and traffic conditions outside build-up areas on accident rates", Road Research Constructions and Road Traffic Techniques, Minister of Transportation, Germany.

۱۸. پیردوانی، علی (۱۳۸۴) "بررسی عوامل بروز تصادفات جاده‌ای جهت تشخیص نقاط تصادف‌خیز"، سمینار کارشناسی ارشد.

۱۹. خلاصه گزارش سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور (۱۳۷۵) "بررسی تصادفات جاده‌ای برون‌شهری".

پانویس‌ها

- 1- Delphi - Method
- 2- Superelevation
- 3- American Association of State Highway and Transportation Officials
- 4- Harwood D.W.
- 5- Farber, E.
- 6- International Roughness Index
- 7- Hydroplaning
- 8- Reciprocal
- 9- Consistent

11. Lamm, R., Mailaender, T. & Psarianos, B. (1999) "Highway design and traffic safety engineering handbook", McGraw-Hill.

12. Hauer, E. & Persaud, B. (1996) "Safety analysis of roadway geometric and ancillary features", Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada.

13. Harwood, D.W., Council, F.M., Hauer, E., Hughes, W.E. & Vogt, A. (2000) "Prediction of the expected safety performance of rural two-lane highways", FHWA-RD-99-207, Federal Highway Administration, Washington DC.

14. Olson, P.L., Cleveland, D.E. & Francher, P.S. (1984) "Parameters affecting stopping sight distance", NCHRP Report 270, Transportation Research Board, Washington, DC, TRB.

۱۵. راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی (۱۳۸۴)، "آمار کلی تصادفات برون‌شهری و درون‌شهری".

16. Cleveland, D.E. (1987) "Effect of resurfacing on highway safety and the highway features", State of the Art Report 6, pp. 78-95, Transportation Research Board, Washington, DC, TRB.

17. Al-Masaeid, H.R. (1997) "Impact of pavement condition on rural road accidents", Canadian Journal of Civil Engineering, Volume 24, N4, pp.523-531.