رتبه‌بندی قطعات جاده‌های برون‌شهری با استفاده از ترکیب شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی

مرتضی اسدامرجی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

نسیم نهاوندی (مسئول مکاتبات)، دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: n_nahavandi@modares.ac.ir

دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۵/۰٤/۱۵

چکیده

یکی از دلایل اصلی مرگ و میر در کشور تصادفات است به همین دلیل بررسی تصادفات و مشکلات ایمنی راه‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. تصادف در اثر سه عامل انسان، راه و محیط اطراف و وسیله نقلیه ممکن است رخ دهد که هریک از عوامل به تنهایی و یا مشترک با عوامل دیگر در وقوع آن سهم دارند. عامل راه و محیط اطراف با استفاده از شناسایی به موقع و رفع مشکلات قابل رفع است. ممیزی ایمنی مسیر در راستای رفع مشکلات عامل راه و محیط اطراف است. نقاط شناسایی شده در ممیزی ایمنی، به یک اندازه در بروز تصادف، جراحات و تلفات ناشی از آن نقش ندارند و برای تصمیم‌گیری مناسب و اصولی و بکارگیری راهکارهای موثر باید رتبه ریسک هر یک از نقاط و قطعه‌ها مشخص شود. به این منظور 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 رتبه‌بندی قطعات یک راه برونشهری از لحاظ ایمنی ارایه شده است و در الگوی مذکور برای اولین بار ۵ معیار ممیزی ایمنی و معیار تصادف انتخاب شده است. در مراحل گام به گام از روش بازدید میدانی و بررسی آمار تصادفات و روش شباهت به گزینه ایده آل استفاده شده است. به منظور اجرای الگو در یک محور برونشهری، راه اصلی دو خطه سنندج- کامیاران در استان کردستان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و دلیل انتخاب محور مذکور تردد بالا، اهمیت و تصادف‌خیز بودن آن است. نتایج الگو نشان داد که پر ریسک ترین 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.

واژه های کلیدی: ممیزی ایمنی، شدت حادثه، نقطه حادثه‌خیز، شباهت به گزینه ایده‌آل

۱. مقدمه

کشور ایران یکی از پرتصادف ترین کشورهای جهان است که هم در راه‌های درون‌شهری و هم در راه‌های برون‌شهری تعداد تصادفات و تعداد تلفات زیادی را داراست. بر طبق آمار پزشکی قانونی در طول ۱۰ سال گذشته، ۲۳۵ هزار و ۵۰ نفر بر اثر تصادفات رانندگی در کشور جان باختند و دو میلیون و ۲۲۱ هزار نفر نیز مجروح شدند [Legal Medical Organization, 2015] بسیاری از قربانیان و آسیب دیدگان حوادث جزو رده سنی جوان جامعه هستند و میانگین سنی آنها ۳۵ سال می‌باشد که این خود موجب تحمیل باری مضاعف بر اقتصاد و سرمایه‌های اجتماعی کشور می‌شود.

تصادف حاصل اندرکنش پیچیده عوامل مربوط به وسیله نقلیه، عوامل انسانی، راه و محیط آن است. راه و محیط اطراف آن به تنهایی و در اندرکنش با سایر عوامل (انسان، وسیله‌نقلیه) ، دارای سهم ۳٤ درصدی از کل تصادفات ترافیکی است. با توجه به ساده‌تر بودن امکان شناسایی و رفع مشکلات ایمنی راه‌ها و محیط در نتیجه این معیار باید به صورت کامل مورد بررسی و بازرسی قرار گیرد. راهکار بررسی مشکلات ایمنی راه‌ها و ارایه پیشنهادات مناسب برای رفع و اصلاح آنها ممیزی ایمنی است. فرآیند ممیزی ایمنی راه روی سهم محیط تمرکز می‌کند و با شناسایی و اصلاح عناصری از راه که پتانسیل ایجاد تصادف را دارند، نقش بسیار موثری در افزایش ایمنی ایفا می‌نماید. همچنین ممیزی ایمنی راه می تواند به عنوان ابزار مناسبی برای افزایش ایمنی راه‌های موجود، از طریق گزارش نمودن عملکرد ایمنی و پتانسیل تصادف‌خیزی آنها، به‌کار رود. بازرسی و ممیزی ایمنی موجب افزایش سطح رضایت مندی کاربران جاده و بهبود ایمنی مسیر می‌شود و همچنین نقش به سزایی در کاستن از تعداد تلفات جاده‌ای خواهد داشت. همواره اگر در بازدیدهایی که به منظور بررسی شرایط مختلف ایمنی راه انجام می‌پذیرد، شرایط و ضوابط استاندارد مد نظر قرار گیرد، می‌توان به صورت موثر نقاطی از مسیر را که پتانسیل بروز رخداد در آنها بالا است را شناسایی نمود. شناسایی کلیه نقاط می‌تواند دید مناسبی از وضعیت کلی ایمنی مسیر به دست دهد. از همین رو انجام بازرسی‌های دوره ای ایمنی در دستور کار سازمان‌های ذی ربط در امر حمل و نقل جاده ای بوده و توجه خاصی به آن مبذول می‌شود.

در شرایط فعلی عملیات ممیزی ایمنی هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای درحال توسعه انجام می‌پذیرد و بررسیها نشان داده روند کلی عملیات مذکور در آنها یکسان است اما ابزارهای بکار گرفته شده و فواصل زمانی بازدیدها و نوع راههای مورد بازدید در آنها متفاوت است. برای عملیات ممیزی ایمنی انتخاب تیم مناسب آموزش دیده و دارای سوابق ممیزی ایمنی لازم و ضروری است و در این راستا بکارگیری فرم‌های مخصوص ممیزی دارای سوالات شفاف موجب تسهیل عملیات می‌گردد. رده‌بندی نوع سوالات و مشکلات برداشت شده هرچه شامل جزئیات بیشتری باشد در آینده می‌توان برنامه‌ریزی بهتری در خصوص ایمن‌سازی مسیر و کاهش تصادفات آن نمود.

در این پژوهش هدف ارایه الگویی برای رتبه بندی ایمنی یک مسیر برون‌شهری است که در این راستا ٦ معیار تصادفات، وضعیت حاشیه راه، علایم عمودی، علایم افقی، وضعیت روسازی و تراکم دسترسی‌ها مدنظر قرار گرفته است. با توجه به معیارهای ٦ گانه مذکور جاده سنندج به کامیاران که بخشی از مسیر تردد بین دو استان مهم کشور یعنی کردستان و کرمانشاه است و از لحاظ تردد و تصادفات هم در محدوده غرب مورد توجه قرار می‌گیرد به قطعاتی تقسیم شد و کلیه مراحل ممیزی ایمنی راه در آن انجام پذیرفت و در نهایت با توجه به الگوی تاپسیس که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است خطر هر یک از قطعات مشخص شد. با بکارگیری روند مذکور می‌توان معیارهای با اهمیت‌تر ممیزی ایمنی را انتخاب نمود و همچنین به منظور کاربردی نمودن آنها با استفاده از الگوی کمی قطعات پرخطر را مشخص و برای ایمنی‌سازی و اصلاح آنها برنامه‌ریزی کرد.

۲. ادبیات تحقیق

بازرسی ایمنی راه برای اولین بار در انگلستان معرفی شد و کاربرد آن ادامه یافت. شروع بازرسی ایمنی را در انگلیس را به بالپیت و دهه ۱۹۸۰ نسبت می‌دهند. اهداف بازرسی ایمنی راه در این کشور به حداقل رساندن خطر تصادفات و شدت آنها، حداقل کردن خطر تصادف در راههای مجاور، تشخیص اهمیت ایمنی در طرح راهها برای تأمین نیازها و خواسته‌های کاربران، کاهش هزینه‌ها و افزایش سطح آگاهی مدیران و کارکنان مرتبط با برنامه ریزی، طراحی، ساخت و نگهداری راه در جهت افزایش ایمنی بیان شده است [Proctor,Belcher and Cook, 2001].

در ایالت برتیش کلمبیای کانادا مکان‌های با ریسک تصادفات بالا توسط شرکت بیمه و با به‌کارگیری ممیزی ایمنی شناسایی شده و سپس یک الگوی رتبه‌بندی برای اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز پیشنهاد شده است. در سال‌های گذشته چند پروژه بازرسی ایمنی در ایالت آلبرتای کانادا با همکاری دانشگاه کالگاری انجام شد و ریسک قطعات با الگوهای رتبه-بندی مناسب تعیین گردید و اعتبار به انها با توجه به تحقیقات صورت پذیرفت. در ایالت اونتاریوی کانادا چارچوب جدیدی برای برداشت‌های میدانی و اولویت‌بندی ایمنی قطعات راه تدوین شد[Kar and Blankenship, 2010].

در ایالات متحده بازرسی ایمنی و اولویت بندی قطعات حادثه‌خیز جاده‌ها توسط اداره ملی ایمنی ترافیک جاده‌ای با هدف کاهش مرگ ومیر، جراحات و خسارات اقتصادی انجام می‌شود. در نهایت باتوجه به معیارهای هزینه، ایمنی و محل ایالت و تعداد وسایل نقلیه عبوری از آنها تعدادی از پروژه‌های ایمنی با اولویت بالاتر انتخاب می‌شوند. پروژه بازرسی، اولویت‌بندی و انتخاب گزینه‌ها در ایالات به صورت خاص انجام می‌پذیرد [Loo, Hung and Wong, 2005].

هرمانس و همکارانش در سال ۲۰۰۸ یک شاخص ترکیبی ایمنی ارایه کردند. آنها برای این منظور ۷ عامل تصادف و ۵ روش وزن‌دهی را مورد بررسی قرار دادند. ۷ عامل تصادف مورد بررسی تحقیق هرمانس عبارت بودند از : الکل و دارو، سرعت، سیستم‌های بازدارنده و مقرراتی، قابلیت دید، خودرو، زیرساخت جاده و مراقبت‌های پزشکی و امداد. همچنین ۵ روشی که انها مورد مقایسه قرار دادند شامل تحلیل عاملی، تخصیص بودجه، تحلیل سلسله مراتبی، وزن مساوی و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1]) بود که در نهایت به این نتیجه رسیدند که روش وزن دهی آخر بعنی تحلیل پوششی داده‌ها از همه مناسب تر است [Hermans, Van den Bossche, and Wets, 2008] .

در سال ۲۰۱۰ آقای مک ال هینی و دوستانش مطالعه‌ای در خصوص مشکلات روسازی و تأثیرات آن بر ایمنی قطعات مختلف راه را انجام دادند و در این راستا از برداشت و نقشه-برداری متحرک استفاده شد. در نهایت مدلی ارایه نمودند که با استفاده از آن می‌توان امتیاز ایمنی هر یک از قطعات راه برونشهری و معبر درونشهری را محاسبه کرد. در این مقاله از تصمیم‌گیری چندمعیاره به عنوان یک الگوی راهبردی در پیاده-کردن نقاط استفاده شده است[Mc Elhinney, Kumar, Cahalane and McCarthy, 2010].

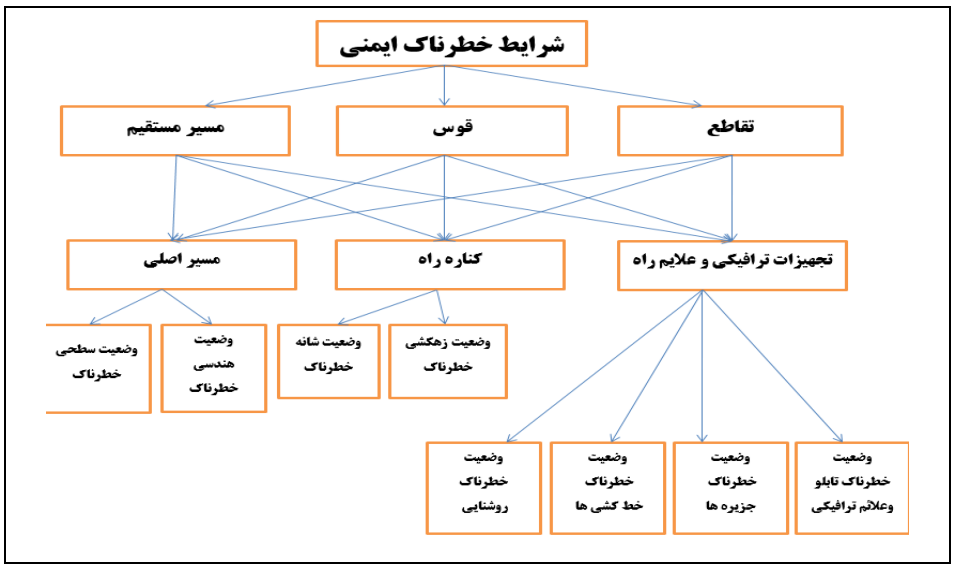
نجیب و همکاران مالزیایی‌اش در سال ۲۰۱۲ دلایل وقوع تصادف را وزن‌دهی نمود. روشی که آنها برای این منظور مدنظر قرار دادند روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP[2]) بود. آنها ۵ دلیل اصلی تصادف را برای ٤ نوع وسیله نقلیه بکار گرفتند. عوامل تصادف شامل سرعت بیش از حدمجاز، مشکل بینایی و فاصله دید، نقص ترمز و لاستیک، موانع جاده و حرکات خلاف جهت ترافیک و وسایل نقلیه، سواری، موتور، اتوبوس و کامیون می‌باشند.پس از انجام کلیه مراحل لازم شامل تعیین ماتریس مقایسه دو به دو و نرمال‌سازی‌ها و بکارگیری روش بردار ویژه، ترتیب عوامل مهم در تصادف به صورت جدول ۱ نتیجه شد [Najib, Abdullah, Abdullah and Salleh, 2011].

همچنین در سال ۲۰۱۲، لیو و یو پژوهشگران چینی روش-های ایمن سازی بزرگراه را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب آن با روش فازی اولویت بندی نمودند. در این مقاله بین آلترناتیوها و معیارها الگوی فازی وارد روش شده است. در رتبه‌بندی معیارها در سه گروه معیارهای ایمنی، اقتصادی و ترافیکی منظور شدند و در گزینه‌ها سه پروژه در ۸ سایت کاندید شد. در این روش علاوه بر گام به گام معمول تحلیل سلسله مراتبی، توابع مثلثی فازی با حد بالا و پایین و میانگین بکار گرفته شد[Yu and Liu,2012]پرادیپ کومار و

همکارانش در سال ۲۰۱۳ به منظور رتبه بندی نقاط حادثه خیز جاده روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را بکار گرفتند. آنها موقعیت جاده را به سه قسمت اصلی قوس، مسیر مستقیم و تقاطع تقسیم کردند و معیارهای هر یک را به صورت شکل ۱پیشنهاد دادند.

جدول ۱. وزن هر یک از عوامل تصادف در مقاله نجیب و همکاران[Najib, Abdullah, Abdullah and Salleh, 2011]

عوامل بروز تصادف	وزن	اولویت
سرعت بیش از حد مجاز	۰/۳۲	۱
مشکل بینایی راننده و فاصله دید	۰/۲٤	۲
نقص ترمز و لاستیک	۰/۱٦۲	۳
حرکات خلاف جهت ترافیک	۰/۱٦۱	۵
موانع جاده‌ای و محیطی	۰/۱۱	٤



شکل ۱. نمودار سلسله مراتبی و معیارهای نقاط خطرناک جاده] Agarwal, Patil and Mehar, 2013]

با توجه به شکل ۱ برای هریک از بخش‌های راه معیارها و زیرمعیارهایی مدنظر قرار دادند و سپس با روند نظرسنجی از خبرگان، تعیین اهمیت نسبی دو به دو، تشکیل ماتریس وزن نسبی و نرمال سازی آن، وزن قطعات راه را ارایه نمودند [Agarwal, Patil and Mehar, 2013].

در سال ۲۰۱۳ و در دانشگاه یوتای ایالات متحده پایان نامه ای در خصوص کمی‌کردن نتایج ممیزی ایمنی و ارزیابی نتایج آن انجام شد. در این پایان نامه برخی از برداشت‌ها کیفی و برخی به صورت کمی انجام می‌شد و در نهایت با به‌کارگیری پارامتر کاهش تصادف نقاط حادثه‌خیز جاده اولویت‌بندی شد. در این پژوهش مشخص شد که رابطه معنی داری بین پارامترهای ممیزی راه و تصادفات وجود دارد و ریسک قطعات یک را با استفاده از چک لیست ممیزی ایمنی تعیین شد. براساس پیشنهاد محققین این پژوهش نتایج کمی ممیزی ایمنی در تعریف پروژه‌های ایمنی راه‌ها مفید است[Jones,2013].

در سال 2012 محققین کره‌ای در آمریکای شمالی[Park and Young,2012] و راف و همکاران در آرژانتین مدل‌های اولویت‌بندی و راهکارهای ایمن‌سازی ارایه کردند که در

راستای نیل به هدف کاهش تعداد و شدت تصادفات در هر زمینه مشکلات اقدامات اجرایی مرتبط را نیز پیشنهاد دادند. در الگوهای فوق نظرسنجی خبرگان و آمار ممیزی ایمنی مورد استفاده قرار گرفتند. در پژوهش ابتدایی در جهت تخصیص بودجه و منابع ایمنی به برنامه های عملیاتی ایمنی مدل دوجمله‌ای مدل دوجمله‌ای بتا استفاده شد و در تحقیق راف و همکاران الگوی گام به گامی را جهت اولویت‌بندی و تخصیص بودجه راهها پیشنهاد دادند که نقش اصلی را در آن ارگان مسوول ایمنی آرژانتین بر عهده دارد و با استفاده از آمار تصادفات، تلفات و جراحات سالهای گذشته برنامه ریزی و اولویت‌بندی اقدامات ایمنی برای سالهای ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ برنامه ریزی شده است. RaffoBliss, Shotten, Sleet and [Blanchard,2014] .

در ایران نیز در سال‌های اخیر پروژه‌های ممیزی ایمنی راه-ها علی الخصوص در مقطع زمانی قبل از نوروز تعریف می-شود و بیشتر جنبه کاربردی و ایمن سازی کوتاه مدت دارد. تحقیقاتی نیز در این زمینه توسط آقای دکتر آیتی در دانشگاه فردوسی مشهد و با تمرکز بر روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است و عوامل کاهش ایمنی جاده و مقاطع خطر در راه‌های برون‌شهری مشخص شده است [Ayati and Sadeghi, 2010]

در خصوص مشکلات جاده‌ای برداشت شده در ممیزی ایمنی معیارهای مختلفی در تحقیقات سایر کشورها مورد بررسی قرار گرفته است که برخی از آنها عبارتنداز:

- تصادفات: سطح ایمنی زیر ساخت‌های یک جاده به وسیله متوسط تعداد و شدت تصادفات در یک بازه‌ی زمانی مشخص ارزیابی می‌شود. داده‌های پیشین تصادفات (معمولاً بین ۱-۳ سال) به منظور مشخص کردن موقعیت‌ها با ریسک بالا در جاده‌ها هستند. البته لازم به ذکر است که نداشتن سابقه تصادف در یک قطعه دلیل بر پایین بودن ریسک ایمنی آن قطعه نیست بلکه ممکن است عوامل دیگر در بالا بردن ریسک منطقه تأثیر گذار باشد[Phimister, Bier and Kunreuther, 2004].
- دسترسی‌ها: مطالعات قبلی نشان داده است که یک مقطع از جاده با ۱۰ دسترسی در هر کیلومتر به نسبت همان مقطع با ٤ دسترسی در هر کیلومتر میزان تصادفات را ۷۵٪ افزایش می‌دهد [Cafiso, La Cava, Leonardi, Montella and Pappalardo,2005]. البته باید به این نکته توجه کرد که نحوه قرارگیری دسترسی‌ها نیز در افزایش تصادفات مؤثر خواهد بود.
- خرابی سطح روسازی: مطالعات قبلی نشان داده که بین نرخ تصادفات و ویژگی‌های سطح جاده مثل اصطکاک و بافت همبستگی وجود دارد. اصطکاک ارتباط لازم بین تایر و سطح و سطح روسازی را ایجاد نموده و مانع خارج شدن خودرو از حال تعادل به ویژه در شرایط بارندگی می‌گردد. اصطکاک نیز از بافت روسازی ایجاد خواهد شد [Vaiana, et al. ,2012]. همچنین وجود شیار شدگی و ناهمواری در سطح جاده باعث از دست رفتن مقاومت لغزشی خواهد شد.
- نقص علایم: نقص علایم عمودی و افقی موجب افزایش تصادفات می‌گردد. به عنوان مثال پاک شدن خطوط سبقت ۵۰٪ تصادفات را افزایش می‌دهد در حالی که خطوط کناری و میانی به ترتیب ۸و ۱۳٪ تصادفات جرحی را افزایش داده است. [Cafiso , Cava and Montella , 2007].

با توجه به اینکه بررسی تحقیقات انجام شده نشان داد در جهت کمی کردن ممیزی ایمنی مسیر و اولویت بندی، روش تاپسیس یا شباهت به گزینه ایده آل استفاده نشده است در این پژوهش با استفاده از روش مذکور و با به کارگیری معیارهای اصلی ممیزی ایمنی و تصادفات اولویت بندی مقاطع حادثه خیز جاده‌ها انجام می‌پذیرد.

۳. روش تحقیق و تعیین معیارهای رتبه بندی

در ایـن پـژوهش بـرای شناسـایی مشـکلات راه از روش ممیزی ایمنی و بازدیدهای میدانی استفاده می‌شـود. عـلاوه بـر بازدید ایمنی آمار تصادفات منجر به جرح و منجر به فـوت کـه از لحاظ ایمنی دارای اهمیت است نیـز اسـتخراج مـی‌شـود. در نهایت با ترکیب بازرسی ایمنی و آمار تصادفات معیارهای رتبـه بندی تعیین می‌شوند . لازم بـه ذکـر اسـت در تعیـین معیارهـا ادبیات موضوع ، پارامترهای اصلی مد نظر سازمان راهـداری و حمـل و نقـل جـاده‌ای در پـروژه‌هـای ممیـزی ایمنـی و نظـر کارشناسان و خبرگان ملاک عمل قرار گرفت.

همانطور که اشاره شد در این پژوهش از روش تاپسـیس به عنوان یکی از روشهای مناسـب تصـمیم‌گیـری چنـد معیـاره استفاده می‌شود دلیل بکارگیری روش مذکور این اسـت کـه در ممیزی ایمنی رتبه قطعات با توجه به ترکیب چند معیـار تعیـین می‌شود. با توجه به اینکه در قطعـات مختلـف همـه معیارهـای ممیزی ایمنی بحرانی نیست و اگر بود همـان قطعـه بـه عنـوان قطعه پرریسک‌تر انتخاب می‌شد. در ایـن روش بایـد گزینـه‌ای مجازی به عنوان گزینه‌ایده‌آل منظور شـود کـه همـه معیارهـای دارای بدترین شرایط قطعات مختلف در آن وجود داشته باشـد و همچنین گزینه‌ای مجازی به عنوان گزینه ضد ایـده‌آل درنظـر گرفته شود کـه همـه معیارهـای دارای ریسـک کمتـر قطعـات مختلف در آن گنجانده شود. در نهایت قطعه‌ای به عنوان قطعـه دارای رتبه بالاتر انتخاب خواهد شد کـه معیارهـایش کمتـرین فاصله را با گزینه‌ایـده‌آل و بیشترسـن فاصـله را از گزینـه ضـد ایده‌آل داشته باشد. منظور از فاصله، فاصله اقلیدسی است که از رابطه ۱ و ۲ محاسبه می‌شود.

$$d_i^{+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^{+})^2} \qquad (۱)$$

$$d_i^{-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^{-})^2} \qquad (۲)$$

در این الگو قطعـات راه ۵ کیلـومتری درنظـر گرفتـه شـده است. معیارهای تعیین شده به شرح زیر می‌باشند:

- شاخص تصادفات قطعه: با توجه به اینکه تعداد تصادفات گذشته یک قطعه همواره نشان دهنده سطح ایمنی آن قطعه است در نتیجه شاخصی با استفاده از تصادفات فوتی و جرحی به عنوان یک معیار در نظر گرفته شد.
- تراکم دسترسی‌ها و تقاطع‌ها در مقطع جاده: دومین معیار مهم در نظر گرفته شده در رتبه بندی قطعات تراکم دسترسی است که تعداد انها برای دو طرف جاده در یک قطعه ۵ کیلومتری ملاک عمل قرار گرفت.
- وضعیت روسازی: با توجه به اینکه مطالعات گذشته نشان داده نامناسب بودن وضعیت روسازی موجب افزایش تصادفات می‌شود در نتیجه به عنوان معیار سوم انتخاب شد. البته در برخی از بازرسیهای ایمنی نقاطی به عنوان مشکل روسازی در نظر گرفته می‌شود که دارای شرایط حاد و چاله‌ها و ترکهای عمیق هستند و موجب تصادفات منجر به جرح و فوت می‌شوند اما در این پژوهش د به منظور بکارگیری وضعیت روسازی از نشانه خدمت‌دهی روسازی که بین ۰ تا ۵ است استفاده شد.
- مشکلات مربوط به علائم عمودی: علائم عمودی مربوط به تابلوهای اخطاری و اخباری و انتظامی است. که هر یک نقش تعیین کننده‌ای در حفظ ایمنی جاده انجام می‌دهند. به جرأت می‌توان گفت تابلوهای اخطاری بیشترین نقش را در بین این علائم بویژه در قوس‌های افقی ایجاد خواهد کرد. در نتیجه مشکلات علایم عمودی شامل خرابی، ابهام و نداشتن این علایم به عنوان معیار چهارم انتخاب شد.
- مشکلات مربوط به علائم افقی: علاوه بر علایم عمودی، نقص‌های مربوط به علائم افقی شامل پاک شدن خطوط میانی، خطوط مرکزی، خطوط سبقت ممنوع و سایر خطکشی‌ها و همچنین نقص چشم‌گربه‌ای‌ها، ابزار آرامسازی و خطوط ارتعاشی به عنوان یک معیار دیگر انتخاب شد.

- مشکلات مربوط به موانع و حفاظ‌های کنار جاده: بخشندگی راه به این معناست که جاده طوری طراحی شده باشد که اشتباهات غیرعمدی راننده را پوشش دهد و رانندگان با اطمینان خاطر در محورها تردد کنند. وجود موانع ثابت در کنار جاده در محدوده عاری از مانع، خرابی‌های گاردریل و یا عدم مهار صحیح آن افتادگی شانه و... از عوامل مؤثر در افزایش ریسک خطر تصادفات خواهد بود. به این دلایل معیار ششم منظور شده در مدل رتبه بندی مشکلات حفاظهای کناری جاده و وجود مانع در این محدوده بود.

٤. ارایه مدل رتبه بندی ایمنی قطعات جاده-های برونشهری

به منظور رتبه بندی قطعات یک جاده از لحاظ ایمنی گام-هایی به شرح زیر ضروری است:

گام اول: تعیین قطعات جاده

در مرحله ابتدایی باید طول قطعات و تعداد آنها مشخص شود. در این راستا جاده‌ای که قرار است قطعه بندی گردد به چند بخش مساوی تقسیم می‌شود. البته ممکن است قطعه آخر طولش نسبت به سایر قطعات کمی کوچکتر و یا کمی بزرگتر باشد.

گام دوم: تعیین معیارهای ارزیابی

در این گام معیارهای ارزیابی ایمنی قطعات راه باید تعیین شود. همانطور که در بخش روش تحقیق اشاره شد معیارهای ارزیابی با توجه به ادبیات موضوع و معیارهای سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و نظرات کارشناسان و خبرگان به شرح زیر تعیین شد:

- معیارها با توجه به ادبیات موضوع: تصادفات فوتی و جرحی، وضعیت علایم عمودی، شرایط علایم افقی و خط‌کشی‌ها و وضعیت روسازی
- معیارها با توجه به نظر کارشناسان و خبرگان بر مبنای بازدیدهای میدانی سازمان راهداری حمل و نقل جاده ای: وضعیت کناره راه و تراکم دسترسی‌ها

گام سوم: ممیزی ایمنی مسیر

در این بخش باید بازرسی و ممیزی ایمنی مسیر انجام شود . در این راستا باید معیارهای ارزیابی که از ممیزی ایمنی حاصل می‌گردد جمع آوری گردد. بهتر است در هنگام ممیزی ایمنی وضعیت مختصات جغرافیایی و کیلومتراژ نقاط ثبت گردد تا مشخص شود در کدام قطعه راه قرار می‌گیرند و از همه نقاط نیز عکس تهیه شود.

گام چهارم: جمع آوری آمار تصادفات جرحی و فوتی

معمولاً آمار تصادفات به سه صورت خسارتی، جرحی و فوتی جمع‌آوری می‌گردد اما در ایران تصادفات خسارتی به صورت دقیق و مناسب ثبت نمی‌شود. ضمن اینکه شاخص‌های ایمنی معمولاً بر اساس تصادفات فوتی و جرحی تعیین می-گردد. در این پژوهش شاخص میانگین شدت تصادفات در یک قطعه به عنوان معیار استفاده شد. این شاخص به صورت نسبت تعداد تصادفات فوتی به مجموع تعداد تصادفات فوتی و تعداد جرحی تعریف می‌شود (رابطه ۱).

$$R_a = \frac{N_f}{N_j + N_f} \qquad (۱)$$

Ra: شاخص میانگین شدت تصادفات در قطعه

Nf: تعداد تصادفات فوتی

Nj: تعداد تصادفات جرحی

گام پنجم: وزن دهی به معیارهای رتبه‌بندی

پس از تعیین تعداد معیارها باید وزن هر یک مشخص شود. روش‌های مختلفی برای تعیین وزن پارامترها وجود دارد که یکی از آنها بکارگیری مطالعات گذشته است. همچنین می‌توان از کارشناسان و نخبگان نظر سنجی و وزن هر پارامتر را محاسبه کرد. در این مقاله با توجه به مطالعات گذشته و نظرسنجی از ٤٣ خبره در زمینه ایمنی وزن هر یک از پارامترها

تعیین گردید. در این راستا از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و با مقایسه زوجی معیارهای اصلی و تعیین امتیازهای مربوطه و میانگین هندسی از آنها و در نهایت نرمال سازی و بکارگیری بردار ویژه وزن‌ها مشخص شد.

گام ششم: تشکیل ماتریس تصمیم نرمال شده (معیارهای ٦گانه و قطعات)

در این مرحله ابتدا ماتریس تصمیم معیارها و گزینه تشکیل می‌شود و یا استفاده از روش اقلیدسی نرمال می‌گردد. رابطه ۲ نرمال‌سازی را نشان می‌دهد.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{\,2}}} \qquad (۲)$$

پس از تشکیل ماتریس نرمال باید آنرا وزن‌دار کرد و ماتریس نرمال شده وزن دار را تشکیل داد.

گام هفتم: تعیین فاصله هریک از قطعات از گزینه ایده‌آل و گزینه ضد ایده آل

در این گام در بین همه قطعات بهترین قطعه و بدترین قطعه از لحاظ هر معیار مشخص می‌گردد و پس از آن فاصله معیارهای نرمال شده وزن دار هر قطعه تا گزینه ایده‌آل تعیین می‌شود.

گام هشتم: تعیین رتبه بندی و رتبه هریک از قطعات راه

رتبه بندی نقاط با توجه به شاخص C_i تعیین می‌شود. C_i بزرگتر نشانه اولویت بالاتر نقاط است.

C_i با توجه به رابطه ۳ تعیین می‌شود.

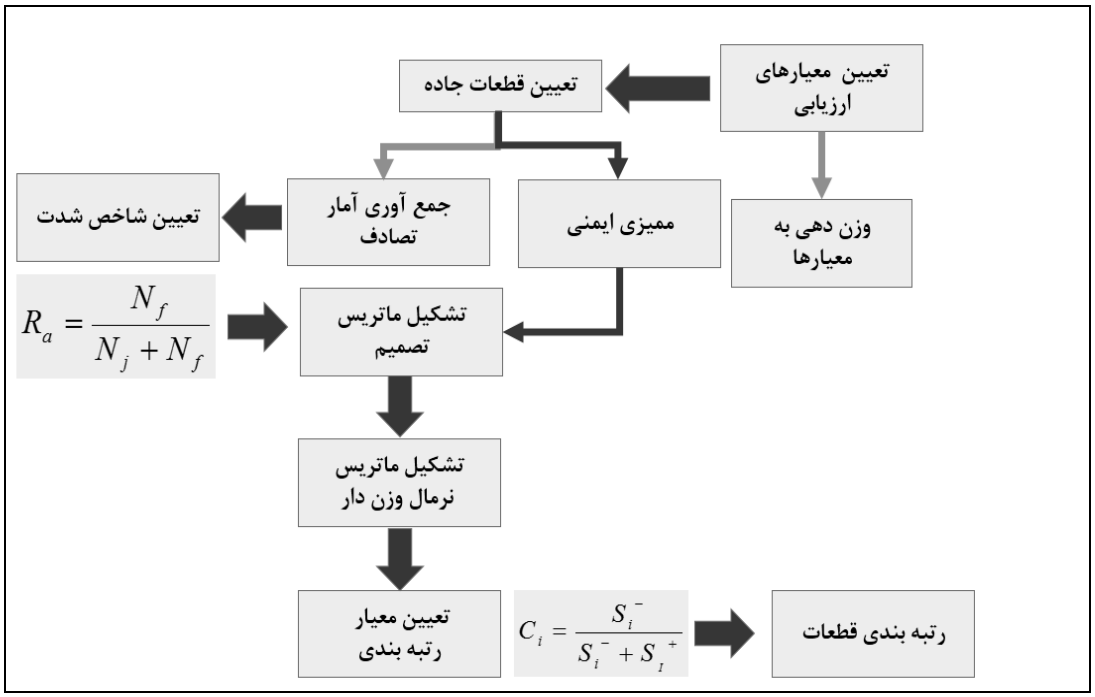
$$C_i = \frac{S_i^{-}}{S_i^{-} + S_I^{+}} \qquad (۳)$$

C_i: شاخص رتبه بندی

S_i^{+}: فاصله گزینه i از ایده‌آل

S_i^{-}: فاصله گزینه i از ضدایده‌آل

مراحل اجرای مدل رتبه بندی ایمنی قطعات جاده‌های برون-شهری با استفاده از شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مراحل گام به گام مدل رتبه بندی ایمنی قطعات جاده‌های برون‌شهری با استفاده از شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی

شکل ۳. نقشه مسیر سنندج به سمت کرمانشاه و محدوده مورد بررسی

۵. رتبه بندی قطعات در کیلومتر ۰ تا ۳۰ جاده سنندج- کرمانشاه در استان کردستان

پس از ارایه الگوی رتبه‌بندی نقاط حادثه خیز در گام بعد یکی از جاده‌های استان کردستان به عنوان مورد کاوی مدنظر قرار گرفت. جاده سنندج- کرمانشاه از محورهای اصلی این استان محسوب می‌گردد که مسیر دسترسی به استان کرمانشاه نیز محسوب می‌گردد. نقشه مسیر مذکور در شکل ۳ نشان داده شده است.

مسیری که درشکل ۳ نشان داده شده است از یک طرف به مرکز استان کردستان متصل است و ادامه آن به استان مرزی کرمانشاه می‌رسد.

جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است تصادفات فوتی و جرحی دارای مقادیر ویژه بالاتر و در نتیجه وزن بیشتری شدند. پس از آن وضعیت روسازی و تراکم دسترسی دارای اهمیت بالاتری از نظر خبرگان می‌باشند. لازم

برای شروع عملیات ممیزی ایمنی، فرم‌های برداشت میدانی طراحی گردید که در آنها مشخصات کلی شامل نام محور، کیلومتراژ، زمان بازرسی، نام بازرس و مشخصات نقاط برداشت شده از لحاظ موقعیت و عوامل موثر در تصادف گنجانده شد.

همان‌طور که اشاره شد مسیر مورد بررسی ۳۰ کیلومتر بود و به ٦ قطعه اصلی تقسیم گردید. پس از قطعه‌بندی، آمار و اطلاعات جمع آوری شده از طریق بازدید میدانی و تصادفات فوتی و جرحی ثبت شده توسط پلیس راه در ماتریس تصمیم جمع بندی گردید. وزن معیارها در

به ذکر است از ٦٣ کارشناس و متخصص ایمنی، راه و ترابری و حمل و نقل که اکثر آنها در زمینه ممیزی ایمنی دارای تجربه بودند نظرسنجی صورت پذیرفت.

جدول ۲. وزن هریک از معیارهای ارزیابی ایمنی قطعات جاده

نام معیار	شاخص شدت تصادفات فوتی و جرحی	وضعیت روسازی	تراکم دسترسی	نقص تابلوهای عمودی	نقص علایم افقی و خط کشی	نقص موانع ایمنی
وزن معیار	۰/٤٥	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

در محاسبه وزن هر یک از معیارها با استفاده از نرم افزار Expert choice با توجه به تقسیم شاخص ناسازگاری به شاخص تصادفی بودن،ضریب ناسازگاری ۰/۰۸٦ بدست آمد که قابل قبول است.

ماتریس تصمیم قطعات ۵ کیلومتری مسیر سنندج به سمت کرمانشاه در جدول ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که آمار تصادفات محور مذکور از دبیرخانه کمسیون ایمنی راه-ها و پلیس راه کشور استخراج شد و سایر معیارها با توجه به فرم‌های ممیزی ایمنی است. در تکمیل ماتریس تصمیم تعداد مشکلات برداشت شده در قطعه ملاک تکمیل ماتریس تصمیم قرار گرفت و تنها برای روسازی نشانه خدمت دهی و برای شاخص میانگین شدت تصادفات از رابطه ۱ استفاده شده است.

نکته قابل توجه این است که همه معیارها مثبت است و هرچه بیشتر باشند نشانه اولویت بالاتر قطعه به ایمن‌سازی است و تنها نشانه عملکرد روسازی هرچه بیشتر باشد یعنی وضعیت قطعه بهتر است. پس از تعیین ماتریس تصمیم حال باید ماتریس را نرمال کرد و ماتریس نرمال شده را وزن دار نمود.

حال باید گزینه اعداد ایده آل تعیین شود که که در همه ستون‌ها بجز ستون روسازی باید بزرگترین عدد انتخاب شود و از ستون روسازی کمترین عدد باید مدنظر قرار گیرد. در مورد گزینه ضدایده‌ال بر عکس است یعنی کمترین در همه ستون‌ها بجز ستون وضعیت روسازی که باید بزرگترین انتخاب شود. در جدول ۵گزینه ایده‌ال و ضدایده‌آل نشان داده شده است.

در گام بعد باید فاصله هریک از قطعات از اعداد ایده‌آل و ضدایده‌آل از روش اقلیدسی محاسبه گردد. پس از محاسبه فاصله اقلیدسی هریک از نقاط نسبت به گزینه ایده آل و ضد ایده آل نتایجی به صورت جدول ٦ حاصل گردید.

پس با توجه به جدول ٦ رتبه بندی خطر و اولویت‌بندی ایمن سازی قطعات جاده به صورت جدول ۷ می‌شود.

جدول ۳. اعداد معیارهای مختلف قطعات جاده سنندج به سمت کرمانشاه در ماتریس تصمیم

معیارها / قطعات	شاخص میانگین شدت تصادفات	وضعیت روسازی	نقص تابلوهای عمودی	نقص علایم افقی و خط‌کشی	وضعیت کناره جاده	تراکم دسترسی
کیلومتر ۵-۰	۰/۱۹	٤	۱	۰	۲	۱۵
کیلومتر ۱۰-۵	۰/۲٦	۳	۲	۱	۰	۸
کیلومتر ۱۵-۱۰	۰/۲٤	۳	۰	۰	۳	۱۲
کیلومتر ۲۰-۱۵	۰/۳۱	٤	۰	۰	۰	۷
کیلومتر ۲۵-۲۰	۰/۱۹	۳/۵	۰	۰	۱	۱۰
کیلومتر ۳۰-۲۵	۰/۱۷	۳	۰	۰	۷	۱٤

جدول ٤.ماتریس نرمال شده وزن دار قطعات مختلف

معیارها / قطعات	شاخص شدت تصادفات	وضعیت روسازی	نقص تابلوهای عمودی	نقص علایم افقی و خط-کشی	وضعیت کناره جاده	تراکم دسترسی
کیلومتر ۵-۰	۰/۰۵۰۳۸۸	۰/۰٤٤۹۱۲	۰/۰۱	۰	۰/۰۰۳۱۷۵	۰/۰۵۷۸٤۱
کیلومتر ۱۰-۵	۰/۰۹٤۳۵۵	۰/۰۲۵۲٦۳	۰/۰٤	۰/۰۵	۰	۰/۰۱٦٤۵۲
کیلومتر ۱۵-۱۰	۰/۰۸۰۳۹۷	۰/۰۲۵۲٦۳	۰	۰	۰/۰۰۷۱٤۳	۰/۰۳۷۰۱۸
کیلومتر ۲۰-۱۵	۰/۱۳٤۱۳۵	۰/۰٤٤۹۱۲	۰	۰	۰	۰/۰۱۲۵۹٦
کیلومتر ۲۵-۲۰	۰/۰۵۰۳۸۸	۰/۰۳٤۳۸٦	۰	۰	۰/۰۰۰۷۹٤	۰/۰۲۵۷۰۷
کیلومتر ۳۰-۲۵	۰/۰٤۰۳۳۸	۰/۰۲۵۲٦۳	۰	۰	۰/۰۳۸۸۸۹	۰/۰۵۰۳۸٦

جدول ۵. اعداد ایده‌آل و ضدایده‌آل در قطعات مختلف مسیر با توجه به معیارهای ٦ گانه

معیار / گزینه‌ها	شاخص شدت تصادفات	وضعیت روسازی	نقص تابلوهای عمودی	نقص علایم افقی و خط کشی	وضعیت کناره جاده	تراکم دسترسی
ایده آل	۰/۱۳٤۱۳۵	۰/۰۲۵۲٦۳	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰۳۸۸۸۹	۰/۰۵۷۸٤۱
ضد ایده آل	۰/۰٤۰۳۳۸	۰/۰٤٤۹۱۲	۰	۰	۰	۰/۰۱۲۵۹٦

جدول ٦. فاصله قطعات تا اعداد ایده‌آل و ضدایده‌آل و معیار رتبه‌بندی

قطعه	S_i^-	S_i^+	C_i
کیلومتر ۵-۰	۰/۱٦۵٦٤۲	۰/۰۱۲۰۷۵	۰/۹۳۲۰۵٤
کیلومتر ۱۰-۵	۰/۱۸٦٦۸۷	۰/۰۰٤۸۰۸	۰/۹۷٤۸۹۳
کیلومتر ۱۵-۱۰	۰/۱۸۱۹۰۷	۰/۰۰۸٤۲۹	۰/۹۵۵۷۱٤
کیلومتر ۲۰-۱۵	۰/۱۷۲۱۸۲	۰/۰۰۸۰٤٦	۰/۹۵۵۳۵۹
کیلومتر ۲۵-۲۰	۰/۱۷۲۲۷۸	۰/۰۱۳٦۸۱	۰/۹۲٦٤۳۲
کیلومتر ۳۰-۲۵	۰/۱۸۲۵۹۵	۰/۰۱۲۹۵۳	۰/۹۳۳۷۵۸

جدول ۷.رتبه بندیی ٦ قطعه ابتدایی محور سنندج- کرمانشاه از لحاظ نیاز به ایمن‌سازی

قطعه	رتبه از لحاظ خطر و نیاز به ایمن سازی
کیلومتر ۱۰-۵	۱
کیلومتر ۱۵-۱۰	۲
کیلومتر ۲۰-۱۵	۳
کیلومتر ۳۰-۲۵	٤
کیلومتر ۵-۰	۵
کیلومتر ۲۵-۲۰	٦

لازم به ذکر است به منظور اعتبارسنجی مدل فوق دو شاخص EPDO و شاخص P که به عنوان شاخصهای ریسک تصادف شناخته شده‌اند و در مطالعات ایمنی کشورهای مختلف مدنظر قرار می‌گیرند، در قطعات مسیر محاسبه شد و با نتایج اولویت‌بندی الگو مقایسه شد و در نتایج ۵ قطعه مشابه شاخص EPDO و نتایج ٦ قطعه مشابه شاخص P بود. ضمن اینکه الگوی فوق در محور ساوه – همدان در حوزه استحفاظی اداره کل راه و شهرسازی استان همدان بررسی شد و اولویت نقاط تعیین و به نتایج مشابه محور سنندج- کرمانشاه رسید.

٦. نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

تصادفات جاده‌ای و جراحات و تلفات ناشی از آن موجب بروز خسارتهای مختلف بر دولت، خانواده‌ها و افراد جامعه می‌گردد. با توجه به اینکه خسارتهای مالی، جانی، روانی و اجتماعی در مواردی غیرقابل جبران است در نتیجه ارایه راهکارهای مناسب جهت پیشگیری یا کاهش خسارت تصادفات رانندگی ضروری است. با توجه به اینکه ممیزی راه و شناسایی مشکلات آن می‌تواند پیش‌نیازی مناسب برای پیشنهاد راهکارهای ایمن سازی راه و در نتیجه کاهش تصادفات و خسارات ناشی از آن گردد در نتیجه در پژوهش پیش‌رو با استفاده از بازدید میدانی و ممیزی مسیر مشکلات راه برداشت می‌شود و با ترکیب اطلاعات مذکور با داده‌های تصادفات الگویی جهت رتبه‌بندی قطعات یک جاده ارایه می‌گردد. با توجه به الگوی رتبه‌بندی ایمنی قطعات راه با استفاده از روش تاپسیس نتایجی حاصل شد که برخی از آنها به شرح زیر است:

- با توجه به اینکه معیار انتخاب قطعات، ریسک بالاتر و خطرناک‌تر بودن آنها است در نتیجه همه معیارها بجز شاخص عملکردی روسازی که هرچه بیشتر باشد خطر کمتر است، به عنوان معیار مثبت در روش شباهت به گزینه ایده‌آل در نظر گرفته شد. منظور از معیار مثبت معیاری است که بیشتر بودن آن نشان از بالاتر بودن ریسک خطر یک قطعه است و در واقع تأثیر مستقیم بر روی آن دارد.
- با توجه به نظرسنجی خبرگان و بررسی مطالعات گذشته بیشترین تأثیر روی تعیین رتبه قطعات را تصادفات دارد. پس از آن تراکم دسترسی‌ها دارای وزن ۲۰ درصد است و سپس سایر عوامل نظیر علایم و وضعیت کناری تأثیر دارد.
- با توجه به رتبه بندی نقاط اقدامات ایمن‌سازی فوری برای قطعات با رتبه بالاتر باید انجام پذیرد.
- هرچند قطعات نزدیکتر به شهرهای مبدا و مقصد دارای تردد بیشتر و تصادفات بیشتری هستند اما در برخی قطعه‌ها الگوهای تعداد تصادف، شدت تصادف و رتبه ایمنی قطعه متفاوت است.
- پیش‌بینی می‌شود در صورتیکه اقدامات ایمن‌سازی در قطعات دارای رتبه بالاتر ریسک ایمنی منتج از این

پژوهش با اولویت بالاتر و زودتر انجام شود تعداد تصادفات با شدت بیشتر در جاده مذکور کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که مدیران و دست‌اندرکاران جاده‌ای می‌توانند از نتایج الگوی فوق جهت ایمن‌سازی و بهسازی جاده‌ها استفاده کنند. لازم به ذکر است مدل فوق قابل بسط از لحاظ تعداد قطعات و تعداد معیارها است.

پیشنهادات برای تحقیقات آتی به شرح زیر است:

- بررسی سهم عامل راه و محیط اطراف ان در تصادفات جاده‌ای با استفاده از آمار ممیزی ایمنی که در این راستا پژوهشهای تکمیلی‌تری جهت بررسی عامل انسان و وسیله نقیله نیز باید صورت پذیرد و در نهایت سهم هریک از سه عامل اصلی تصادفات راه مشخص شود.
- اثرسنجی در خصوص کاهش تصادفات قطعه‌های یک جاده پس از ایمن سازی آن قطعه‌ها. در این راستا در ابتدا از الگوی رتبه‌بندی ممیزی ایمنی استفاده شود و پس از شناسایی قطعات دارای ریسک بیشتر و ثبت آمار تصادفات آن مطالعات پس از ایمن سازی این قطعات نیز انجام شود و مشخص شود که انواع تصادفات چه تغییری کرده است.
- بکارگیری مدل‌های رگرسیون برای تعیین میزان ریسک ایمنی قطعات مختلف جاده با استفاده از آمار ممیزی ایمنی.

توصیه این است که قطعات دیگر محور کامیاران- کرمانشاه نیز در الگوهای رتبه‌بندی مورد بررسی قرار گیرند و با قطعات محور سنندج- کامیاران که در تحقیق مذکور بررسی شد مقایسه شوند.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Data Eenvelopment Aanalysis
2. Analytic Hierarchy Process

۸. مراجع

- آیتی، اسماعیل، صادقی، علی اصغر(۱۳۹۰) " شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز راه با رویکرد قطعه بندی مسیر و تحلیل پوششی داده‌ها "، مهندسی حمل و نقل، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۵۵-۶۸
- قره باغی، جابر(۱۳۹٤)" آمار تصادفات مرکز تحقیقات سازمان پزشکی قانونی کل کشور" مرکز تحقیقات سازمان پزشکی قانونی کل کشور
- Agarwal, P. K., Patil, P. K. and Mehar, R. (2013) "A methodology for ranking road safety hazardous locations using analytical hierarchy process",Procedia-Social and Behavioral Sciences, 104, pp. 1030-1037.
- Cafiso, S., Cava, G., Leonardi, S., Montella, A. and Pappalardo, G. (2005) "Operative procedures for road safety inspections", Varsaw, Poland.
- Cafiso, S., Cava, G. L. and Montella, A. (2007) "Safety index for evaluation of two-lane rural highways", Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 1, pp. 136-145.
- Hermans, E., Van den Bossche, F. and Wets, G. (2008) "Combining road safety information in a performance index. Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, No.4, pp. 1337-1344.
- Jones, J. R. (2013) "A Method to Quantify Road Safety Audit Data and Results", Utah State University
- Kar, K. and Blankenship, M. R. (2010) "Road Safety Audit" Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2182(1), pp. 113-120.
- Loo, B. P., Hung, W. T., Lo, H. K. and Wong, S. C. (2005) "Road safety strategies: a comparative framework and case studies", Transport Reviews, Vol. 25, No. 5, pp. 613-639.
- Mc Elhinney, C. P., Kumar, P., Cahalane, C. and McCarthy, T. (2010) "Initial results from European Road Safety Inspection (EURSI) mobile mapping project." In ISPRS

Commission V Technical Symposium , pp. 440-445).

- Najib, L., Abdullah, L., Abdullah, I. and Salleh, Z. (2011) "Weights of road accident causes using analytic hierarchy process", ARPN J. Science and Technology, Vol. 2, No. 2, pp. 39-44.
- Park, P. Y. and Young, J. (2012) "Investigation of a supplementary tool to assist in the prioritization of emphasis areas in North American strategic highway safety plans", Accident Analysis and Prevention, No. 45, pp. 392-405.
- Phimister, J. R., Bier, V. M. and Kunreuther, H. C. (Eds.). (2004) "Accident precursor analysis and management: Reducing technological risk through diligence." National Academies Press.
- Raffo, V., Bliss, T., Shotten, M., Sleet, D. and Blanchard, C. (2014) "Case study: The Argentina Road Safety Project: lessons learned for the decade of action for road safety, 2011–2020." Global health promotion, No. 20(4 suppl), pp. 20-36.
- Proctor, S., Belcher, M. and Cook, P. (2001) "Practical road safety auditing", London: Thomas Telford.
- Vaiana, R, Capiluppi, G. F, Gallelli, V, Iuele T. and Minani V. (2012) "Pavement surface performance evolution: an experimental application", Procedia: Social and Behavioral Sciences, Vol. 53, 1150-1161, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09. pp. 964.
- Yu, J. and Liu, Y. (2012) "Prioritizing highway safety improvement projects: A multi-criteria model and case study with Safety Analyst." Safety science, Vol. 50, No. 4, pp. 1085-1092.

مرتضی اسدامرجی، درجه کارشناسی در رشته عمران- عمران را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه سراسری سمنان و درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران- راه و ترابری در سال ۱۳۸٤ را از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. در سال ۱۳۹٦موفق به کسب درجه دکتری در رشته عمران- راه و ترابری از دانشگاه تربیت مدرس گردیده است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، مدیریت بحران و مهندسی ترافیک بوده است.

نسیم نهاوندی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۷۲ از دانشگاه صنعتی شریف و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۷٤ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر اخذ نمود. در سال ۱۳۸۲موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه تربیت مدرس گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان استفاده از تصمیم گیری چند هدفه در حل مسایل، استفاده از سیستم های دینامیک در حل مسایل پیچیده اقتصادی و اجتماعی، برنامه ریزی تولید، زنجیره تامین بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه دانشیار، در دانشگاه تربیت مدرس است.