



## روشی برای ارزیابی وضعیت ایمنی در شبکه معابر بین شهری

میقات حبیبیان<sup>۱</sup> محمود کرم رودی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف

تلفن: ۰۹۱۲-۲۱۴۵۱۹۶-۲۱۴۵۱۹۶، پست الکترونیکی: Meeghat@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران

تلفن: ۰۹۱۲-۳۴۰۷۰۲۲-۳۴۰۷۰۲۲، پست الکترونیکی: m\_karamroudi@yahoo.com

آدرس پست الکترونیکی مولف رابط: m\_karamroudi@yahoo.com

### خلاصه

مشکلات مربوط به کمی کردن پارامترهای ایمنی در حمل و نقل، همواره ارزیابی های کیفی این مقوله راه به همراه داشته است. در شرایط فقدان آمار تصادفات جاده ای، روش بازرسی ایمنی راه به عنوان یکی از اصلی ترین ابزارهای مورد استفاده در تمام دنیا با تکیه بر قضاوت مهندسی ناظران مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش همواره ارائه راهکار و تعیین اولویت آن بر اساس قضاوت ناظر و متولیان امور حمل و نقل صورت می گیرد. در این مقاله برای غلبه بر این نقطه ضعف و امکان معیاردهی به قضاوت های کیفی، با الهام از روش نمره دهی و نیز فرآیند تحلیل ترتیبی در انتخاب گزینه های مدیریتی و همچنین استفاده از مفهوم بازرسی ایمنی راه، روشی برای انتخاب و تشخیص میزان اولویت پروژه های تحت بررسی برای ارتقای ایمنی طراحی گردیده است. همچنین به منظور کاربردی شدن روش، و محاسبه تاثیر عوامل متشکل در احتمال بروز حادثه در شبکه معابر دو خطه دو طرفه بین شهری، با استفاده از پرسشنامه هایی که توسط ۴ متخصص ایمنی جاده ای تکمیل گردیده، سهم عوامل فوق بدست آمده است. این مقاله نشان می دهد که ده عامل مهمتر در بروز حوادث جاده ای در مجموع نیمی از احتمال بروز حادثه را تشکیل می دهند.

کلید واژه: ارزیابی ایمنی راه، بازرسی ایمنی، شبکه راه های دوخطه دو طرفه بین شهری، فرآیند تحلیل ترتیبی

### مقدمه

در مطالعات ایمنی در ترافیک سه عنصر اصلی یعنی راننده، راه و وسیله نقلیه مد نظر قرار می گیرند و این در حالی است که مهندسين ترافیک تنها بر یکی از این عناصر (راه) به طور مستقیم کنترل دارند. هرچند مبحث ایمنی ترافیک در مراجع مختلف به صورت های متفاوتی بررسی شده است ولی اساس آن تأثیرگذاری بر عناصر سه گانه فوق می باشد. انجمن مهندسين حمل و نقل، ITE<sup>۳</sup>، و اداره بزرگ راه های آمریکا<sup>۴</sup>، FHWA، دو تقسیم بندی در مطالعه ایمنی ارائه کرده اند که در هر دوی این مراجع به تأثیرگذاری مهندس ترافیک در طراحی راه توجه ویژه گردیده است.

در این مقاله، پیاده سازی روشی کارآمد، برای بررسی وضعیت ایمنی راه های دوخطه دو طرفه بین شهری با استفاده از بازرسی ایمنی راه مد نظر است؛ که قابل تعمیم به سایر اجزای شبکه حمل و نقل نیز می باشد. بازرسی ایمنی راه در شبکه هایی که آمار ثبت شده تصادف وسایل نقلیه در آنها موجود نیست، تنها روش قابل استفاده است. در سال های اخیر توجه ویژه متخصصین ایمنی در ترافیک به بحث بازرسی ایمنی راه<sup>۵</sup>، RSA، منجر به تدوین آئین نامه هایی در برخی کشورها مثل آفریقای جنوبی [۱]، نیوزیلند و استرالیا [۲] شده است. در کشور آمریکا این آئین نامه در حال تدوین بوده [۳] و این روش که در همه سطوح شهری و بیرون شهری قابل پیاده سازی است در ایران نیز در دست مطالعه دانشگاهی می باشد.

این پژوهش با رویکرد بررسی وضعیت ایمنی رانندگان (وسیله نقلیه) انجام شده است و ملاحظات ایمنی عابرین پیاده مطالعه مستقلی را می طلبد. با استفاده از این روش نقاط حادثه خیز و مشکلات آنها تشخیص داده شده و برای بهبود معرفی می گردند. مشکل اصلی روش بازرسی ایمنی راه، اولویت دهی پروژه ها و یا به عبارتی تعیین میزان حاد بودن آن ها به طور کیفی است [۴]؛ لذا این امر بنابر قضاوت صرف مهندسی در موارد تخصیص بودجه های ایمنی انجام می گیرد. در این مقاله برای

<sup>۱</sup> مشاور سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، آدرس پست الکترونیکی: meeghat@yahoo.com، تلفن: ۰۹۱۲۲۱۴۵۱۹۶

<sup>۲</sup> کارشناس حمل و نقل، شرکت مهندسی آتیه ساز، آدرس پست الکترونیکی: m\_karamroudi@yahoo.com، تلفن: ۰۹۱۲۳۴۰۷۰۲۲

<sup>۳</sup> Institute of Transportation Engineers

<sup>۴</sup> Federal Highway Administration

<sup>۵</sup> Road Safety Audit



غلبه بر این مشکل، به روشی برای شناخت و اولویت دهی به پروژه های ایمن سازی هر یک از مؤلفه های شبکه حمل و نقل اشاره می گردد که قابل کاربرد برای تمام اجزای اصلی شبکه مانند تقاطعات و معابر و یا اجزای کوچکتر مانند قوس ها، انشعابات، دسترسی ها و ... می باشد [۱۳]. نکته مهم دیگر این پژوهش، در نظر گرفتن سطح اطمینان برای حصول به اولویت بندی در پروژه است و لذا با توجه به بودجه مورد نظر، از نتایج اولویت بندی می توان به طور مستقیم استفاده کرد.

## تئوری های بکارگیری شده

روش بازرسی ایمنی راه

در ساختار ارائه شده توسط انجمن مهندسی حمل و نقل، سه استراتژی اصلی برای ارتقای وضعیت ایمنی بیان می شود [۵]. در استراتژی دوم این مرجع میزان خطر بروز تصادف مد نظر قرار می گیرد که با تلاش بر برآورد میزان ریسک بروز حادثه، سعی در کاهش آن می باشد. در این استراتژی روش بازرسی ایمنی راه، روشی مناسب برای بررسی معیارهای ایمنی راه معرفی شده است.

اداره راه های آمریکا نیز در ساختار برنامه "ارتقای ایمنی معابر خود، HSIP<sup>۱</sup>"، یک طبقه بندی ارائه داده است [۶]، که در آن روش بازرسی ایمنی راه، در مؤلفه برنامه ریزی، فرآیند<sup>۲</sup> تشخیص نقاط حادثه خیز، و جزء روش<sup>۳</sup> های ابداعی تشخیص عوارض حادثه خیزی راه قرار می گیرد [۷ و ۶]. این روش در مقایسه با سایر روش ها به کمترین اطلاعات ورودی احتیاج دارد [۷]، در حالی که روش های دیگر نیاز به آماری سالیانه میزان و شدت تصادف و یا آمارهای حجم ترافیک دارد. از این رو این روش کم هزینه ترین روش می باشد.

هدف اصلی این روش، کاهش آمار تصادفات از طریق روشی پیش گیرانه است. تعاریف مختلفی از این مفهوم ارائه شده است؛ که از جمله آنها، می توان به تعریف اداره ترافیک جاده های نیو سات ولز<sup>۴</sup> اشاره کرد: "بازرسی ایمنی راه، روشی برای بررسی طرح، اجرا و عملکرد پروژه های راه و تطابق آنها با اصول ایمنی به منظور پیشگیری و رفع تصادفات می باشد" [۸].

استفاده از لیست های کنترلی<sup>۵</sup> منجر به تنظیم و بررسی جامع موارد موثر در ایمنی توسط متخصصین می گردد. برای اطلاعات بیشتر از مشخصات لیست های کنترلی و شرایط بازرسی، می توان به مراجع ۳، ۲ و ۹ مراجعه نمود.

روش نمره دهی

یکی از روش های کمی کردن قضاوت های کیفی، روش نمره دهی<sup>۶</sup> است. این روش در ادبیات جزء روش های کلاسیک تحلیل کارایی<sup>۷</sup> طبقه بندی می شود [۱۰]. در این روش؛ کلیه فاکتورهایی که ممکن است در ارزیابی مؤثر باشند، جمع آوری شده (مجموعاً تعداد M فاکتور) و به نام فاکتور ۱ تا M نام گذاری می شوند. سپس این فاکتورها در غالب چند معیار کلی (مجموعاً N معیار) دسته بندی شده، که از ترکیب نمره این معیارها نمره کلی بدست می آید. بسته به ابعاد مسئله تعداد این مراحل تا رسیدن به نمره نهایی تفاوت دارد. آنچه اهمیت دارد کمی شدن معیارها و فاکتور ها و قابل مقایسه شدن آنهاست.

به منظور بالا بردن دقت در این روش و کاهش تأثیر وابستگی به نظر یک شخص، می توان در تحلیل کارایی از تصمیم گیری جمعی استفاده نمود. این روش می تواند در غالب روش نمره دهی یا سایر روش های تحلیل کارایی مثل اولویت بندی نیز استفاده شود [۱۰].

فرآیند تحلیل ترتیبی

فرآیند تحلیل ترتیبی، AHP<sup>۸</sup>، بر اساس شکستن مسئله به یک سیستم چند لایه ای (ترتیبی) متشکل از تعدادی معیار و فاکتور صورت می گیرد [۱۱]. ساختاری که در این فرآیند برای حل مسأله در نظر گرفته می شود بسیار مشابه ساختاری است که در روش نمره دهی بیان می شود؛ با این تفاوت که در روش نمره دهی وزن معیارها را متخصص مستقیماً مشخص می کند، در حالی که در فرآیند تحلیل ترتیبی این وزن ها از مقایسه های متعدد متخصص بین معیارها و فاکتورها با روشی ریاضی به دست می آید.

فرآیند تحلیل ترتیبی شامل پنج گام به شرح زیر است [۱۱]:

در گام اول کلیه معیارها و فاکتورهای مؤثر و مطرح در مسئله، هدف و انتظارات مشخص می شوند. گام دوم که تشکیل ساختار ترتیبی است، شامل طبقه بندی معیارها و فاکتورها بر اساس هدف مطالعه می باشد. در گام سوم، با مقایسه های متعدد و متناظر بین فاکتورهای طبقه بندی شده در هر معیار، و سپس بین خود معیارها، ماتریس هایی به نام ماتریس های مقایسه، A، تشکیل می شود. عناصر این ماتریس ها از مقایسه دو به دو معیارها، و یا فاکتورها، بر طبق جدول ۱ حاصل می شود.

<sup>1</sup> Highway Safety Improvement Program

<sup>2</sup> Process

<sup>3</sup> Procedure

<sup>4</sup> New South Wales

<sup>5</sup> Check List

<sup>6</sup> Scoring

<sup>7</sup> Effectiveness Analysis Methods

<sup>8</sup> Analytic Hierarchy Method



جدول ۱- نحوه مقایسه معیارها و یا فاکتورها برای تشکیل ماتریس مقایسه A

میزان اهمیت	عدد متناظر
اهمیت مساوی	۱
اهمیت نسبی	۳
اهمیت زیاد	۵
اهمیت خیلی زیاد	۷
اهمیت فوق العاده	۹
مقادیر بین دو حالت	۲,۴,۶,۸
وقتی ستون از سطر مهمتر باشد	معکوس اعداد فوق

گام چهارم تعیین وزن هر معیار می باشد، که به صورت برداری در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$w^T = (w^1, w^2, \dots, w^n)^T \quad (1)$$

ساتی در مطالعه ای نشان داد که مطابق با رابطه ۲، بردار  $w^T$  معادل با بردار ویژه نظیر بیشترین مقدار ویژه ماتریس A می باشد [۱۱].

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (2)$$

در این رابطه  $\lambda_{\max}$  برابر با بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است.

در گام پنجم، به منظور بررسی تطابق و هماهنگی در پاسخ های ارائه شده توسط متخصصین، معیاری تحت عنوان نسبت تطابق، CR، به کار گرفته می شود، که از رابطه ۳ بدست می آید.

$$CR = CI/RI \quad (3)$$

در این رابطه، RI، نشان دهنده اندیس تطابق تصادفی است که از جدول ۲ بدست می آید.

جدول ۲- مقادیر RI بر حسب بعد ماتریس (m)

m	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

همچنین شاخص تطابق، CI، برای ماتریس مربع m بعدی A، به صورت رابطه ۴ تعریف می گردد.

$$CI = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1) \quad (4)$$

اوزان بدست آمده از هر متخصص برای معیارها و فاکتورهای فوق تنها در صورتی مورد قبول است که نسبت تطابق حاصل از رابطه ۳، کمتر از ۰/۱ باشد.

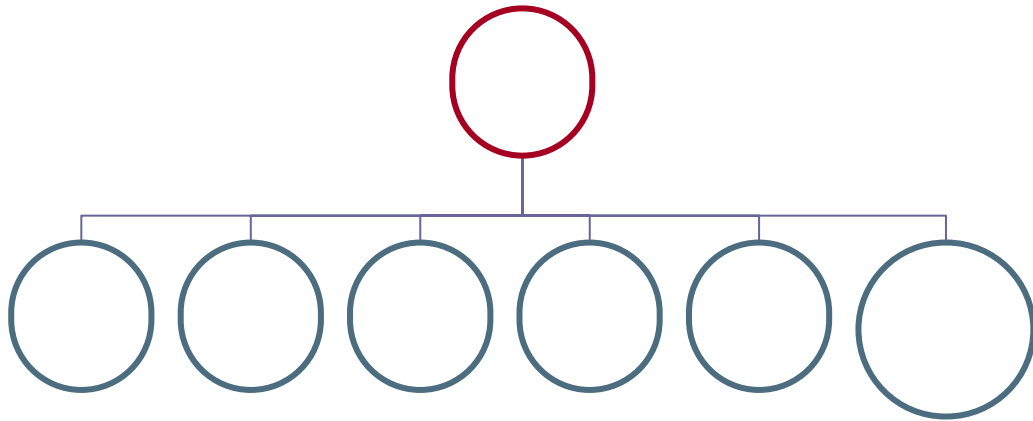
### محاسبه سهم عوامل مختلف در ایمنی

#### فرضیات

در مطالعه ارتقای ایمنی وسایل نقلیه در شبکه راه های دوخطه بین شهری یک منطقه، لازم است این راه ها به اجزای مشخصی که می تواند همان کمان ها باشد، تقسیم بندی گردند. بدین منظور به هر یک از قطعات راه که انتهای آن به یک شهر یا روستا ختم شود، یک کمان اطلاق می شود.

#### معیارها و فاکتورها

در این مطالعه خصوصیات هندسی مسیر شامل محدوده دسترسی ها و تقاطعات، محدوده کاربری های مسکونی و خدماتی حاشیه راه، محدوده پل ها، محدوده تونل ها، محدوده قوس ها و محدوده مسیر مستقیم به عنوان معیارهای مستقل هر جاده در نظر گرفته شده است. چنانکه ذکر شد، میزان خطرآفرینی هر جاده نتیجه ای از فاکتورهای موثر در هر یک از معیارهای فوق از دیدگاه هر بازرس خواهد بود. معیارهای فوق به صورت ساختاری، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: ساختار طبقه بندی شده معیارها

در ادامه به توضیح مختصری از فاکتورهای موثر در هر معیار پرداخته می شود.

#### معیار وضعیت دسترسی ها و تقاطعات

این معیار شامل فاکتورهایی چون؛ الف: عدم وجود تابلوی اطلاع رسانی، ب: عدم آشکارسازی (وسایل آشکارساز) و تامین روشنایی کافی در دسترسی ها و تقاطع ها، ج: عدم وجود خط کشی برای تقاطع ها و دسترسی ها (اعم از خط کشی های طولی، عرضی و فلش گذاری)، د: عدم وجود پارکینگ های ایمن در اطراف تقاطع ها و دسترسی ها به دلیل کمبود عرض شانه، ه: روسازی نامناسب، و: زهکشی نامناسب، ز: عدم تامین فاصله دید کافی در تقاطع ها و دسترسی ها، ح: مکان نامناسب و تعدد تقاطع ها و دسترسی ها و بالاخره ط: عدم انجام آرماسازی قبل از محل مورد نظر می باشد.

#### معیار وضعیت کاربری های حاشیه ای و پارکینگ

معیار فوق شامل موارد زیر است؛ الف: عدم وجود تابلوهای اطلاع رسانی جهت مکان های تفریح، استراحتگاه ها و رستوران ها، ب: عدم وجود آشکارسازی مناسب و تامین روشنایی، ج: عدم وجود خط کشی های لازم، د: استفاده کاربری های حاشیه راه از شانه راه (عدم وجود مکان مناسب برای توقف ایمن وسایل حمل و نقل همگانی و کامیون ها، و یا عدم وجود فضای کافی برای تخلیه و بارگیری ملزومات کاربری ها) و عدم تامین لچکی به منظور ورود و خروج ایمن در پارکینگ و کاربری های حاشیه ای، ه: روسازی نامناسب، و: زهکشی نامناسب، ز: ناکافی بودن توقفگاه و استراحتگاه در مسیر، ح: عدم وجود وسایل آرام ساز ترافیکی (تابلوهای حداکثر سرعت، چشم گربه ای، سرعتکاه) قبل از ورودی به مناطق مسکونی و یا مناطق با کاربریهای خاص

#### معیار وضعیت محدوده تونل ها

در این معیار فاکتورهای زیر در نظر گرفته شده اند؛ الف: عدم وجود تابلوهای لازم برای رانندگان قبل از رسیدن به تونل و همچنین حدود حداقل سرعت و محدودیت ارتفاع، ب: عدم تامین روشنایی کافی در طول تونل، ج: وجود قوس افقی در تونل، د: عدم وجود خط کشی طولی مناسب در طول تونل، ه: عدم پوشش آبروهای طولی و یا کمبود عرض شانه راه، و: روسازی نامناسب، ز: زهکشی نامناسب، ح: وجود ضربه گیر نامناسب (حادثه ساز) در ورودی تونل

#### معیار وضعیت محدوده قوس ها

معیار فوق شامل موارد زیر است؛ الف: عدم وجود تابلوهای محدودیت سرعت و پیچ خطرناک قبل از قوس، ب: عدم وجود روشنایی کافی و آشکارسازی در قوس، ج: عدم وجود خط کشی های طولی، و عرضی هشداردهنده قبل از شروع قوس، د: کمبود عرض شانه در قوسهای افقی، ه: ترکیب همزمان قوس قائم و قوس افقی، و: روسازی نامناسب در قوس، ز: زهکشی نامناسب، ح: عدم تامین قابلیت دید در قوس افقی، ط: عدم وجود دور در قوس افقی

#### معیار وضعیت محدوده پل ها

این معیار شامل موارد زیر است؛ الف: وجود تابلوی حداکثر سرعت، محدودیت وزن برای عبور از پل و تابلوی اطلاع رسانی، ب: عدم آشکارسازی پل توسط تابلوها و یا وسایل آشکارساز، ج: عدم وجود خط کشی های طولی، و عرضی هشداردهنده قبل از شروع پل، د: وجود کاهش عرض مقطع در پل ها نسبت به مسیر اصلی، ه: روسازی نامناسب، و: زهکشی نامناسب، ز: مهار نامناسب نرده و حفاظ پل



## معیار وضعیت محدوده مسیر مستقیم

این معیار متشکل از موارد زیر است؛ الف: عدم وجود تابلوهای حداکثر سرعت وسبقت ممنوع، ب: عدم وجود روشنایی کافی و آشکار سازها، ج: عدم وجود خط‌کشی‌های طولی و عرضی هشداردهنده، د: عدم کفایت عرض شانه راه، ه: عدم وجود روسازی مناسب، و: عدم وجود زهکشی مناسب

در صورتی که معیارها و فاکتورهای فوق در جدولی گرد آوری شوند، لیست نسبتا جامعی از کلیه عوامل موثر در وضعیت ایمنی جاده‌ها ساخته می‌شود، که می‌تواند به عنوان لیست کنترلی در برداشت وضع موجود استفاده شود.

## تعیین وزن معیارها و فاکتورها

برای تعیین وزن معیارها و فاکتورها از ۵ کارشناس مجرب در ایمنی جاده‌های بین شهری دعوت به عمل آمد تا با پاسخ به مقایسه‌های بین معیارها، و فاکتورها، میزان اهمیت نسبی آن‌ها را منعکس کنند. بدین ترتیب در یک مرحله وزن معیارها و در مرحله بعد وزن فاکتورهای فوق از دید این کارشناسان بدست آمد، که نتایج آن در جداول ۳ و ۴ ملاحظه می‌گردد. قابل ذکر است که بدلیل عدم برآورده شدن معیار نسبت تطابق برای یکی از این کارشناسان، نظریات این فرد از مطالعه حذف گردید.

جدول ۳- وزن معیارهای مختلف در ایمنی جاده‌های بین شهری

معیار	دسترسی‌ها و تقاطعات	کاربری‌های حاشیه‌ای و پارکینگ‌ها	تونل‌ها	قوس‌ها	پل‌ها	مسیر مستقیم
وزن	۰,۱۸	۰,۲۳	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۲۰	۰,۰۵

جدول ۴- وزن فاکتورهای هر معیار در ایمنی جاده‌های بین شهری

فاکتور	دسترسی‌ها و تقاطعات	کاربری‌های حاشیه‌ای و پارکینگ‌ها	تونل‌ها	قوس‌ها	پل‌ها	مسیر مستقیم
الف	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۷
ب	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۴
ج	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۹
د	۰/۰۳	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۲
ه	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۱۹
و	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸
ز	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۲۲	ن*
ح	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۱۹	ن	ن
ط	۰/۱۵	ن	ن	۰/۱۳	ن	ن
جمع	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

\*ن: معیار مورد نظر، فاکتوری تحت این عنوان ندارد، به بخش تعریف معیارها و فاکتورها مراجعه شود.

## روش پیشنهادی

با در اختیار داشتن اوزان معیارها و فاکتورها، هم‌اینک می‌توان به تشریح روش پیشنهادی پرداخت. ابتدا چک لیست‌هایی برای بازرسی به گونه‌ای طراحی می‌شود، تا تمامی فاکتورهای متعلق به هر معیار را شامل شود. سپس این چک لیست‌ها در اختیار بازرسی قرار می‌گیرد تا آن‌ها با بررسی کمان‌های شبکه مورد مطالعه به هر فاکتور نمره دهند. این نمرات با مقیاسی مشخص (به عنوان مثال اعداد ۱ تا ۵)، به گونه‌ای اعطا می‌گردند که هر چه وضعیت کمان از لحاظ فاکتور مورد بررسی ایمن تر باشد، نمره بیشتری بدست آورد. با محاسبه شاخص ایمنی هر کمان، SI، مطابق با رابطه ۵، میزان حاد بودن مشکلات برای ایمنی کمان‌ها مشخص می‌گردد [۱۳].

$$SI = \sum_{i=1}^6 w_i \sum_{j=1}^{n_i} u_j p_j \quad (5)$$



در این رابطه  $W_i$  وزن معیار  $A$  از ۶ معیار مورد مطالعه (محدوده دسترسی ها و تقاطعات، محدوده کاربری های مسکونی و خدماتی حاشیه راه، محدوده پل ها، محدوده تونل ها، محدوده قوس ها و محدوده مسیر مستقیم) و مطابق با جدول ۳ می باشد. همچنین  $U_i$  وزن فاکتور  $A$  حاصل از جدول ۴ و  $P_j$  نمره بازرسی ایمنی می باشد. از آنجا که تعداد فاکتورها برای هر معیار متفاوت است این مقدار با  $n_i$  نشان داده شده است.

در صورتی که محدودیت بودجه وجود نداشته باشد، بدیهی است می توان به سطح ایده آل رسید و با اعمال تمهیدات ایمن سازی و رعایت استانداردهای سطح بالا، ایمنی همه معابر را تا حد ممکن ارتقا داد. از آنجا که در عمل تقریباً چنین چیزی ممکن نیست، پیشنهاد می شود بسته به سطح بودجه، راهکارها در سطوح مختلفی ارائه شوند. برای ارائه راهکارها به دو شیوه عمل می شود. یکی یافتن کمان هایی که در هر معیار خاص، کمترین نمرات را کسب کرده اند و دیگری یافتن کمان هایی که در مجموع کمترین نمرات به آنها اختصاص یافته است. در حالت اول (حالت دوم)، روش کار بدین شکل است که میانگین و انحراف معیار نمرات کمان ها در هر معیار (برای شاخص ایمنی) محاسبه شده و یک حد بالا<sup>۱</sup> و پائین<sup>۲</sup> برای هر معیار (شاخص ایمنی) مطابق روابط ۶ و ۷ بدست می آید.

$$UB = \mu + \beta\sigma \quad (6)$$

$$LB = \mu - \beta\sigma \quad (7)$$

که در آن  $\mu$  و  $\sigma$  مقادیر میانگین و انحراف معیار نمرات کمان ها در معیارهای فوق (شاخص ایمنی) بوده و  $\beta$  ضریبی مثبت برای لحاظ کردن سطح اطمینان و  $UB$  و  $LB$  نشان دهنده حدود بالا و پایین می باشد. می توان نشان داد که در صورت نزدیک بودن توزیع نمرات به توزیع نرمال، مقدار  $\beta$  متناسب با مقادیر  $t_{\alpha, n-1}$  و تعداد کمان های مورد بررسی،  $n$ ، خواهد بود که  $\alpha$  نشان دهنده سطح اطمینان در نظر گرفته شده است [۱۳]. همچنین  $t_{\alpha, n-1}$  مقدار متناسب جدول توزیع T-Student با مقادیر سطح اطمینان  $\alpha$  و درجه آزادی  $n-1$  می باشد. کمان هایی که نمره آنها بالاتر از حد بالای هر معیار (شاخص ایمنی) قرار داشته باشد، در سطح اطمینان فوق، نیاز به بهبود ندارند. بدیهی است که با در نظر گرفتن سطوح اطمینان مختلف، متناسب با سطح بودجه در دسترس، می توان مجموعه های متناظری از کمان ها را برای ارتقای ایمنی انتخاب نمود.

بدیهی است پس از انتخاب کمان های حادثه خیز، راهکارهای ارتقای ایمنی برای این کمان ها را می توان ارایه و دسته بندی نمود.

## نتیجه گیری

در این مقاله نکات زیر حایز اهمیت است:

از آنجا که یکی از مشکلات در زمینه بررسی وضعیت حادثه خیزی شبکه جاده های بین شهری، اولویت دهی به آن ها بر اساس معیاری کمی است، روش ارائه شده به شکلی مؤثر و عملی برداشت های کیفی مطالعه ایمنی را به نتایج کمی تبدیل می کند. در نتیجه با استفاده از رویکردی مستدل می توان به اولویت دهی جاده ها برای ارتقای ایمنی پرداخت.

یکی از بزرگترین مشکلات در تحلیل حادثه خیزی جاده ها در کشور ما، عدم ثبت دقیق آمار تصادفات می باشد. حتی در شرایطی که آمار تصادفات نیز موجود است، فرض قطعات طولانی از مسیر به عنوان نقاط سانحه در گزارشات راهنمایی رانندگی، امکان تحلیل دقیق را از بین می برد. در چنین شرایطی روش ارایه شده در این مقاله می تواند بعنوان روشی مؤثر بکار گرفته شود. قابل ذکر است که این روش قابل کاربرد برای آزاد راه ها، بزرگ راه ها و راههای فرعی نیز می باشد. البته در این صورت مقادیر وزن های معیارها و فاکتورها تغییر خواهد نمود.

یکی از خصوصیات بسیار مهم این روش قابلیت ارایه مجموعه هایی از کمان های شبکه جاده ای با توجه به سطح بودجه در دسترس می باشد. به بیان دیگر، این روش با انعطاف پذیری بالا و در عین استفاده از تجربه متخصص ایمنی می تواند منجر به ارایه راهکار برای سطوح مختلف بودجه گردد. بکارگیری این روش، عملی و بسیار سریع بوده و بر خلاف غالب مدلسازی ها بسیار کم هزینه است. به عبارت دیگر صرفاً با استفاده از اوزان جداول ۳ و ۴، و روابط مورد اشاره در این مقاله، می توان به سهولت مجموعه ای از حادثه خیزترین جاده های یک شبکه را شناسایی کرد.

در این مقاله همچنین نشان داده شد که در جاده های بین شهری حادثه خیزترین قسمت راه، محدوده کاربری های حاشیه راه و پارکینگ ها است. در حقیقت ایمن سازی این محدوده ها می تواند مؤثرتر از سایر محدوده ها در کاهش عوامل بروز تصادف کمک کند. همچنین در محدوده هایی که بدلیل تامین نشدن حریم راه، احتمال توقف وسایل نقلیه در حاشیه راه وجود دارد نیز احتمال بروز تصادف بسیار بالاتر است. از این مبحث می توان به لزوم مدیریت بر حاشیه راه های بین شهری اشاره نمود. با نگاهی به فاکتورهای تشکیل دهنده این معیار ملاحظه می گردد که فاکتورهای ب: عدم وجود آشکار سازی مناسب و تامین روشنایی، د: استفاده کاربری های حاشیه راه از شانه راه (عدم وجود مکان مناسب برای توقف ایمن وسایل حمل و نقل همگانی و کامیون ها، و یا عدم وجود فضای کافی برای تخلیه و بارگیری ملزومات کاربری ها) و عدم تأمین لچکی به منظور ورود و خروج ایمن در پارکینگ و کاربری های حاشیه ای، و ح: عدم وجود وسایل آرام ساز ترافیکی (تابلوه های حداکثر سرعت، چشم گربه ای، سرعتکاه) قبل از ورودی به مناطق مسکونی و یا مناطق با کاربریهای خاص، بیشترین تاثیر را بر حادثه خیزی محدوده کاربری های حاشیه راه و پارکینگ ها دارند.

<sup>1</sup> Upper Bound

<sup>2</sup> Lower Bound



پس از محدوده کاربری های حاشیه ای و پارکینگ ها در شبکه جاده ای، محدوده پل ها، دارای بیشترین احتمال بروز خطر می باشد. با مطالعه جدول ۴، ملاحظه می شود که فاکتورهای د: وجود کاهش عرض مقطع در پل ها نسبت به مسیر اصلی، ز: مهار نامناسب نرده و حفاظ پل، و ب: عدم آشکارسازی پل توسط تابلوها و یا وسایل آشکارساز، به ترتیب بیشترین نقش را در احتمال بروز حادثه ایفا می نمایند.

محدوده خطر آفرین بعدی محل دسترسی ها و تقاطعات همسطح در شبکه جاده ای می باشد، که عدم آشکارسازی (وسایل آشکارساز) و تامین روشنایی کافی در دسترسی ها و تقاطع ها مهمترین فاکتور بروز تصادف شناخته شد. پس از این عامل، فاکتورهایی چون، ز: عدم تأمین فاصله دید کافی در تقاطع ها و دسترسی ها، ح: مکان نامناسب و تعدد تقاطع ها و دسترسی ها و ط: عدم انجام آرماسازی قبل از محل مورد نظر، با اهمیتی تقریباً یکسان منجر به بروز حادثه می گردند.

محدوده تونل ها و قوس ها نیز محدوده هایی حادثه زا با اولیویتی یکسان می باشند. برای تونل ها فاکتورهای ب: عدم تأمین روشنایی کافی در طول تونل، و ج: وجود قوس افقی در تونل، حادثه زا ترین عوامل به شمار می روند. همچنین برای قوس ها نیز فاکتورهای ه: ترکیب همزمان قوس قائم و قوس افقی، و ح: عدم تأمین قابلیت دید در قوس افقی، به عنوان خطرناکترین عوامل شناسایی شده اند.

در قسمت افقی مسیر نیز هرچند احتمال بروز حادثه بین ثلث تا ربع سایر محدوده های مورد اشاره در بالا است، اما فاکتورهای ب: عدم وجود روشنایی کافی و آشکار سازها، ج: عدم وجود خطکشی ها ی طولی و عرضی هشداردهنده، ه: عدم وجود روسازی مناسب، و الف: عدم وجود تابلوهای حداکثر سرعت و سبقت ممنوع، به ترتیب خطرناکترین عوامل می باشند.

در نهایت، جدول ۵ نشان دهنده مهمترین ۱۰ عامل در احتمال بروز حادثه در جاده های بین شهری می باشد، که مجموعاً ۴۴ درصد این احتمال را تشکیل می دهند.

جدول ۵- مهمترین عوامل بروز حادثه در شبکه راه های دوخطه دوطرفه بین شهری

رتبه	عامل	نمره کل (از ۱۰۰)
۱	وجود کاهش عرض مقطع در پل ها نسبت به مسیر اصلی	۵/۰۸
۲	عدم وجود آشکار سازی مناسب و تامین روشنایی کاربری های حاشیه ای	۴/۸۵
۳	عدم وجود وسایل آرام ساز ترافیکی (تابلوهای حداکثر سرعت، چشم گریه ای، سرعتکاه) قبل از ورودی به مناطق مسکونی و یا مناطق با کاربریهای خاص	۴/۷۱
۴	استفاده کاربری های حاشیه راه از شانۀ راه و عدم تأمین لچکی به منظور ورود و خروج ایمن در پارکینگ و کاربری های حاشیه ای	۴/۶۹
۵	عدم تأمین روشنایی کافی در طول تونل	۴/۶۶
۶	مهار نامناسب نرده و حفاظ پل	۴/۴۹
۷	عدم آشکارسازی پل توسط تابلوها و یا وسایل آشکارساز	۳/۹۹
۸	وجود قوس افقی در تونل	۳/۸۲
۹	عدم آشکارسازی (وسایل آشکارساز) و تامین روشنایی کافی در دسترسی ها و تقاطع ها	۳/۷۸
۱۰	ترکیب همزمان قوس قائم و قوس افقی	۳/۴۱

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از آقایان دکتر سید محمود مصباح نمینی، مهندس پیمان بختیاری، مهندس علیرضا باقری چیمه، مهندس سهیل محاسب و دکتر سید احسان سید ابریشمی قدردانی نمایند.

### مراجع

- 1- Committee of Land Transport Officials, 1999, South African Road Safety Manual, South Africa
- 2- AUSTRROADS, 1994, Road Safety Audit, Austroads, Sydney, Australia
- 3- Transportation Dept, 1999, Road Safety Audit Guidelines, Civil Eng Faculty, New Brunswick University, Canada
- ۴- معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، راهنمای ممیزی ایمنی راه، ۱۳۸۳، وزارت راه و ترابری، تهران، ایران
- 5- ITE, The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, US, 1999
- 6- FHWA, Highway Safety Improvement Program, FHWA-TS-81-218, US Dept of Transportation, Washington DC, US, 1981



- 7- Khisty, C.J., Lall, B.K., Transportation Eng an Introduction, Prentice-Hall, 2002
  - 8- Roads & Traffic Authority of New South Wales, Road Safety Audits, Sydney, Australia, 1991
  - 9- National Roads Authority, Road Safety Audit Guidelines, V.5, Dublin, Ireland, 2004
  - 10- Papacastas, T.L., Prevedouros, P.D., Transportation Eng and Planning, Prentice-Hall, 2001
  - 11- Saaty, T.L., Decision Making for Leaders", RWS Publications, 1990
- ۱۲- شرکت مهندسی آتیه ساز، گزارش نهایی وضعیت ایمنی شبکه معابر ناحیه دروس، ۱۳۸۴، تهران
- ۱۳- مصباح نمینی، سید محمود و میقات حبیبیان، ۱۳۸۵، روشی برای ارزیابی وضعیت ایمنی در شبکه معابر شهری، هفتمین کنفرانس بین المللی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، ایران، تهران.