

## ارایه شاخص خطر کلی تقاطع بدون چراغ مبتنی بر شاخص‌های تداخلات ترافیکی

امین میرزا بروجردیان<sup>۱</sup>، سعید عباسی<sup>۲</sup>، ارسطو کریمی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

تصادفات ترافیکی در شبکه راه‌های ایران، هر ساله منتج به هزاران حادثه فوتی و جرحی می‌شود و میلیاردها دلار هزینه‌های اقتصادی را ناشی می‌شود. تقاطعات به عنوان یکی از نقاط تداخلی در شبکه راه‌ها با هر دو حرکت عبوری وسیله نقلیه و عابر پیاده است و بخش قابل توجهی از تصادفات ترافیکی رخ داده را شامل می‌شود. به دلیل رخداد کم تصادفات در یک منطقه خاص (مانند تقاطعات) و عدم ثبت محل دقیق رخداد تصادف، تشخیص نواحی خطر بر اساس داده‌های تصادفات امکان‌پذیر نیست. از این رو در این مطالعه، از شاخص تداخل ترافیکی که دارای رخداد به مراتب بیشتر از تصادفات است و امکان ثبت دقیق محل رخداد آن‌ها با روش تحلیل ویدیویی امکان‌پذیر است، استفاده گردیده است. در این مطالعه شاخص ریسک خطر نواحی مبتنی بر شاخص زمان تا تصادف و حجم حرکت‌های تداخلی ارائه گردید است. به عنوان مطالعه موردی چهارراه بدون چراغ تقاطع وصال شیرازی-بزرگمهر در تهران انتخاب شد. نتایج ارزیابی‌ها، ناحیه ۳ را پرخطرترین ناحیه، نشان می‌دهد. مقدار ریسک خطر ناحیه ۳، ۴۰۲/۹۵ است که حدود ۶/۸ برابر میانگین ریسک خطر کل تقاطع می‌باشد. این تداخل دلیل اصلی بالا رفتن ریسک خطر کل تقاطع می‌باشند.

کلید واژه: ایمنی ترافیک، تداخل ترافیکی، شاخص زمان تا تصادف، ریسک خطر نواحی، ریسک خطر کل تقاطع

### ۱- مقدمه

که از این جمله می‌توان به رخداد کم تصادفات در یک مقطع مشخص، و لزوم جمع‌آوری داده‌های تصادفات در بازه‌های زمانی طولانی مدت (حداقل یک دوره ۳ ساله) اشاره کرد. از طرفی ممکن است در طول این دوره نسبتاً طولانی، برخی فاکتورهای موثر بر اثربخشی اقدامات ایمنی تغییر کرده و موجب بی‌اعتباری نتایج گردد [۲] و [۳]. به همین دلیل، روشی با هدف ارزیابی ایمنی بدون استفاده از داده‌های تصادف و با استفاده از معیار دیگری که تعداد رخداد به مراتب بیشتری داشته باشد، توسعه پیدا کرده است. برای این منظور تکنیک تداخل ترافیکی (TCT) معرفی شده است. تداخل، موقعیت قابل مشاهده‌ای است که در آن دو یا چند کاربر راه به گونه‌ای به یکدیگر نزدیک می‌شوند که در صورت عدم انجام مانور اصلاحی مناسب، با هم برخورد می‌کنند [۴]. هر تصادف ترافیکی قبل از به وقوع پیوستن لزوماً یک تداخل ترافیکی است. معیار تشخیص تداخل استفاده

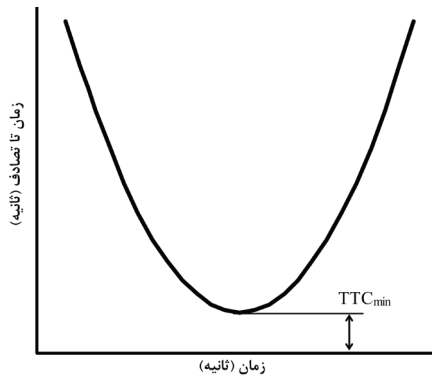
امروزه تصادفات ترافیکی از جمله عوامل مهم در مرگ و میر به شمار می‌رود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰، تصادفات به عنوان سومین عامل مرگ و میر انسان‌ها مطرح شود. اصولاً حوادث، علت نخست مرگ و میر در سنین زیر ۴۰ سال بوده و در صدر آن حوادث ترافیکی قرار دارد. تصادفات در سطح ملی، هزینه‌های مالی قابل ملاحظه‌ای را به خصوص برای کشورهای در حال توسعه در پی دارد. ایمنی راه به عنوان مهم‌ترین چالش درمانی پیشگیرانه و سلامت عمومی قرن بیست و یکم مطرح شده است. با تحقیقات صورت گرفته در سراسر جهان، مشخص شده است که شمار قابل ملاحظه‌ای از مرگ و میر و تلفات به علت نا ایمن بودن راه‌ها و تقاطعات می‌باشد [۱].

دلایل متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد استفاده از آمار تصادفات، ابزار چندان مناسبی جهت ارزیابی ایمنی نیست.

تعداد تداخلات بحرانی، نرخ شتاب کاهنده، زمان پس از تخطی، نسبت فاصله توقف، شاخص ریسک برخورد و شاخص فاصله توقف اشاره کرد.

## ۲-۱- شاخص زمان تا تصادف TTC:

یکی از اولین مطالعاتی که از نزدیکی زمانی برای درجه بندی تداخلات با توجه به شدت آن‌ها استفاده کرد، در دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده آمریکا انجام شد. هاوارد [۸] شاخصی را با عنوان زمان اندازه‌گیری شده تا تصادف<sup>۱</sup> (TTC) به صورت "زمان مورد نیاز برای برخورد دو وسیله نقلیه، در صورتی که آن‌ها با سرعت اولیه و در همان مسیر به حرکت خود ادامه دهند" تعریف کرده است. بعدها، نام این شاخص به زمان تا تصادف (TTC) تغییر پیدا کرد. این شاخص مستقیماً نمی‌تواند اندازه‌گیری شود، بلکه با پیش‌بینی حرکت کاربر راه محاسبه می‌شود [۸]. شاخص TTC، به دلیل در نظرگیری همزمان نزدیکی و سرعت عملکرد خوبی را ارائه می‌دهد. شاخص TTC، یکی از مهمترین و پرکاربردترین شاخص‌های مبتنی بر زمان است [۹]. منحنی نظری TTC که توسط هاوارد مورد بحث قرار گرفته است در شکل ۱ نشان داده شده است. منحنی از لحظه‌ای آغاز می‌شود که کاربر راه در مسیر برخورد قرار می‌گیرد و سپس به حداقل مقدار خود می‌رسد (مقدار صفر در حالت برخورد) و با خارج شدن از مسیر برخورد به مقدار بی‌نهایت پرش می‌کند. هاوارد [۸] تمامی منحنی‌های TTC را جمع‌آوری کرد، اما تنها از مقدار حداقل زمان تا تصادف ( $TTC_{min}$ ) در تحلیل استفاده کرد.  $TTC_{min}$  یک نقطه مهم در توصیف لحظه‌ای است که کاربر راه در نزدیکترین موقعیت زمانی نسبت به یکدیگر قرار دارند. با این حال، این تنها شاخص ممکن برای توصیف منحنی TTC نیست [۱۰ و ۱۱].



شکل ۱۴: منحنی تنوری [۶] TTC

از شاخص‌های ایمنی است. شاخص‌های ایمنی، معیارهای عملکردی هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان موقعیت‌های با احتمال برخورد بالا را بدون نیاز به آمار تصادفات تشخیص داد. تداخلات برهمکنش‌هایی مشابه با فرآیندهای تصادفات و بدون وقوع تصادفات هستند [۵]. امروزه سامانه‌های تحلیل ویدئویی قادرند کاربران مختلف راه را تشخیص داده و آن‌ها را دنبال کنند که پس از کالیبراسیون دوربین می‌توان مختصات واقعی کاربران را در لحظات مختلف و با دقت بالایی بدست آورد. این امر می‌تواند در بزرگتر کردن منطقه مورد مطالعه و افزایش در دقت ارزیابی‌های انجام گرفته، کمک کند.

تقاطع‌ها بدون چراغ در مقایسه با تقاطعات چراغدار از لحاظ ایمنی دارای مشکلات بیشتری هستند. در تقاطع چهار راه بدون چراغ مورد نظر ۳۶ نقطه تداخل وجود دارد به همین دلیل به عنوان یکی از مناطق با ریسک بالا تصادف مطرح می‌شود. بنابراین ارائه روشی بر پایه تداخلات ترافیکی برای تعیین نواحی خطر ضروری به نظر می‌رسد. یکی از مهمترین مسائل در تقاطعات، شناسایی و نمایش حرکات و مناطق پر خطر در تقاطع و تعیین شاخص کلی خطر برای تقاطع می‌باشد. پیدا کردن ریسک خطر تداخل دو به دو حرکات به تنهایی کمک زیادی نمی‌کند بلکه پیدا کردن محل وقوع این تداخلات و جمع ریسک خطر تداخلاتی که در یک ناحیه هم‌پوشانی دارند بسیار مفید است. از این رو در این مطالعه به ارائه روشی برای تعیین ریسک خطر نواحی و همچنین شاخصی برای تعیین ریسک کلی تقاطع بر مبنای ریسک نواحی مختلف پرداخته شده است. این شاخص‌ها می‌تواند به عنوان ابزار اولیه در تعیین مشکلات ایمنی تقاطع و همچنین معیاری برای اولویت بندی تقاطعات جهت بهبود ایمنی با توجه به محدودیت منابع استفاده گردد.

## ۲- مروری بر مطالعات

مطالعه ایمنی با استفاده از تداخل ترافیک در سال ۱۹۶۸ نخستین بار توسط Harris و Perkins، محققین آزمایشگاه‌های کارخانه جنرال موتورز برای بررسی تفاوت خودروهای تولید شده توسط جنرال موتورز با سایر خودروها، معرفی شد. تکنیک تداخل ترافیکی یک روش آنالیز ایمنی است که از اطلاعات غیر تصادف استفاده می‌کند [۷]. در مطالعات گذشته شاخص‌های تداخلی بسیاری برای ارزیابی ایمنی ارائه شده است که هر یک از این شاخص‌ها دارای قابلیت‌های مختلفی هستند که از این میان به شاخص‌هایی مانند، زمان تا تصادف، سر فاصله زمانی،

1 Time-Measured-to-Collision

#### ۴- تعیین چگالی ریسک خطر هر ناحیه

در این مطالعه شاخص زمان تا تصادف (TTC) برای وسایل نقلیه محاسبه گردید. که در مرحله اول تعداد تداخلات کل حرکات با یکدیگر بدست آمد و در مرحله بعد با در نظر گرفتن مقدار بحرانی ۱/۵ ثانیه تعداد تداخلات بحرانی هر یک از تداخلات به صورت جداگانه با استفاده از آنالیز تصویری بدست آمد. نرخ جریان حرکات برای یک ساعت هم محاسبه گردید. در مرحله بعد چگالی ریسک خطر دو به دو حرکات بوسیله رابطه ۱ بدست آمد. برای بدست آوردن مقدار چگالی ریسک خطر دو به دو حرکات، در صورت کسر تعداد تداخلات بحرانی که آن دو حرکت با یکدیگر دارند و در مخرج حاصل ضرب نرخ جریان دو حرکت قرار می‌گیرد. به دلیل کوچک شدن مقدار کسر، حاصل در  $10^6$  ضرب شده است. مخرج بر اساس احتمال ریاضی به این صورت در نظر گرفته شده است [۱۴].

$$R = \frac{N}{V_1 * V_2} * 10^6 \quad (1)$$

که در آن:

R: چگالی ریسک خطر حرکات،

N: تعداد تداخلات بحرانی دو حرکت با یکدیگر،

$V_1$  و  $V_2$ : به ترتیب نرخ جریان حرکت اول و دوم است.

در مرحله بعد مقدار ریسک خطر هر ناحیه ( $ZRI$ )<sup>۱</sup> بدست می‌آید که برابر مجموع مقادیر R که در آن ناحیه همپوشانی دارند، می‌باشد. در مناطق مختلف، شاخص ریسک آن ناحیه ممکن است شامل عدد ریسک وقوع یک تداخل و یا مجموع چگالی چند تداخل در آن ناحیه باشد. مقدار ZRI برای هر ناحیه با استفاده از رابطه ۲ بدست می‌آید.

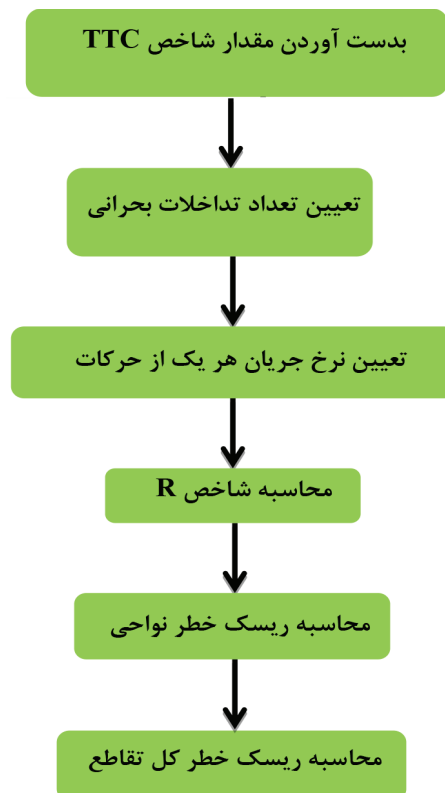
$$ZRI = \sum R \quad (2)$$

در صورت اختصاص مقادیر شاخص ریسک هر ناحیه به عنوان ارتفاع آن ناحیه، می‌توان تصویری سه بعدی و معنادار از این مقادیر در ناحیه فیزیکی تقاطع ایجاد کرد. برای نمایش ریسک خطر هر ناحیه به صورت سه بعدی از دسته‌بندی رنگی استفاده شد. روش کار به این صورت است که ناحیه برخورد دو حرکت با هم با استفاده از شکل تقاطع (زوایای ورود وسایل نقلیه به ناحیه فیزیکی تقاطع)، عرض خطوط و رسم مسیر حرکت وسایل نقلیه در تقاطع مشخص می‌شود و سپس می‌توان تصویری سه بعدی

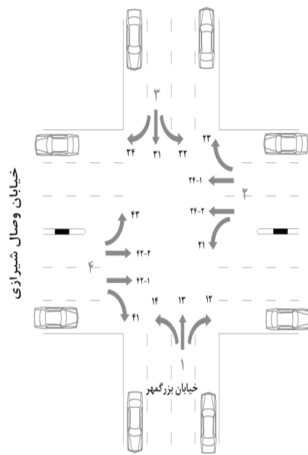
زمان تا تصادف با ریسک تصادف رابطه معکوس دارد (مقادیر کوچکتر TTC نشان دهنده ریسک بالاتر تصادف است و بالعکس). مطالعات مختلف مقادیر متفاوتی را برای آستانه بحرانی برای تشخیص وضعیت‌های بحرانی و نرمال را پیشنهاد کرده‌اند. برای مثال میندرهود و باوی [۱۲] از مقدار ۳ ثانیه برای برهم‌کنش‌های تعقیب خودرو در بزرگراه، هاوارد [۱۲] از مقدار ۱ ثانیه برای تداخلات اتومبیل با اتومبیل، هایدن [۱۳] از مقدار ۱/۵ ثانیه برای هر نوع تداخل ترافیکی استفاده کرده‌اند. در مطالعات مختلف مقادیر متفاوتی به عنوان حد ایمنی استفاده شده است. آستانه بحرانی TTC گستره‌ای از ۱/۵ ثانیه [۱۲] تا ۵ ثانیه [۱۳] را دارا می‌باشد [۱۴]. در این مطالعه مقدار ۱/۵ ثانیه به عنوان آستانه تداخل بحرانی در نظر گرفته شده است [۱۲].

#### ۳- روش تحقیق

نوآوری این تحقیق ارابه مدلی برای تعیین و نمایش ریسک خطر نواحی مختلف ناحیه فیزیکی تقاطع و محاسبه ریسک خطر کلی تقاطع می‌باشد که این موضوع با در نظر گرفتن محل وقوع تداخل دو به دو حرکات در نواحی مختلف و همپوشانی چند تداخل در یک ناحیه صورت می‌گیرد.

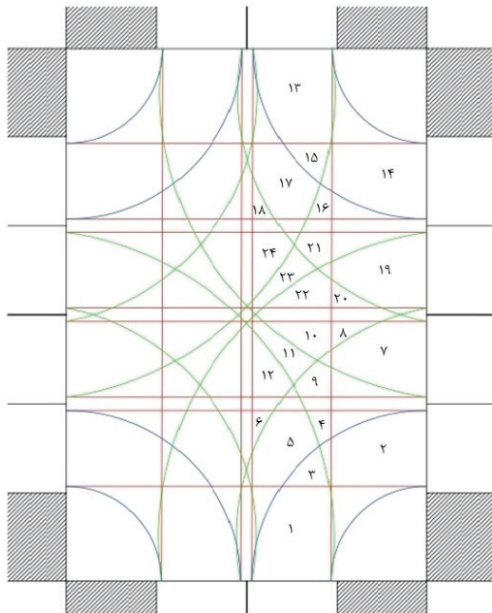


شکل ۲: فلوچارت مراحل تعیین شاخص ریسک خطر کل تقاطع



شکل ۳: کد بندی حرکات در تقاطع

فقط یکی از نواحی مشابه (از لحاظ نوع تداخلات)، کدبندی شدند. با توجه به مقدار R در هر ناحیه و با استفاده از رابطه ۲ مقدار ریسک خطر هر ناحیه (ZRI) بدست آمد. در جدول ۱ و ۲ به ترتیب مقدار ریسک خطر تداخلات (R) و مقادیر ریسک خطر هر ناحیه (ZRI)، نشان داده شده است که ZRI برای نواحی شماره گذاری شده می باشد و ZRI برای نواحی با کد مشابه که در شکل ۴ شماره گذاری نشده اند، می باشد.



شکل ۴: شماتیک نواحی برخورد حرکاتی که با هم تداخل دارند و کدبندی نواحی

از شاخص خطر در نواحی منطقه فیزیکی تقاطع را بازسازی کرد. نحوه دسته بندی ریسک خطر نواحی براساس رنگ در شکل ۵ نشان داده شده است.

برای بدست آوردن دیدی کلی در مورد سطح ایمنی تقاطع و برای مقایسه سطح ایمنی چند تقاطع با یکدیگر، باید ریسک خطر کل تقاطع نیز بدست آید. برای محاسبه ریسک خطر کل تقاطع رابطه ۳ پیشنهاد می شود.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * ZRI_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3)$$

که در آن:

S: ریسک خطر کل تقاطع،

ZRI: ریسک خطر هر ناحیه و

A: مساحت هر ناحیه می باشد.

#### ۵- مطالعه موردی (نتایج تحقیق)

منطقه مورد مطالعه چهار راه واقع در تقاطع خیابان وصال شیرازی- بزرگمهر در تهران می باشد. مسیر اصلی (خیابان وصال شیرازی) دارای رفوژ میانی و سه خط عبور در هر جهت است. مسیر فرعی (خیابان بزرگمهر) به صورت جدا نشده و دارای دو خط عبور در هر جهت است. در هر جهت یکی از خطوط به عنوان پارکینگ خیابانی مورد استفاده قرار گرفته است. این تقاطع از چراغ چشمک زن قرمز در مسیر فرعی و چشمک زن زرد در مسیر فرعی بهره می برد. این تقاطع دارای حجم عبوری زیادی بوده و تمامی حرکات در تقاطع آزاد است. در این مطالعه در مجموع، از ۹۰۶ تداخل ترافیکی استفاده گردیده است. خط سیر وسایل نقلیه با استفاده از نرم افزار تحلیل ویدئویی استخراج شد و پس از آن با کالیبراسیون دوربین مختصات واقعی وسایل نقلیه بدست آمد. برای تفکیک حرکات مختلف در تقاطع و مشخص شدن نرخ جریان و تعداد تداخلات بحرانی هر یک از حرکات، به هر یک از حرکات یک کد اختصاص داده شد. نحوه کدبندی و کد هر یک از حرکات در شکل ۳ نشان داده شده است.

برای محاسبه ریسک خطر نواحی مختلف تقاطع، مطابق با شکل ۴ کلیه حرکات موجود در تقاطع رسم شد. برای سهولت کار به هر ناحیه شکل گرفته، یک کد اختصاص داده شد، نحوه کدبندی در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱: مقادیر ریسک خطر دو به دو حرکات

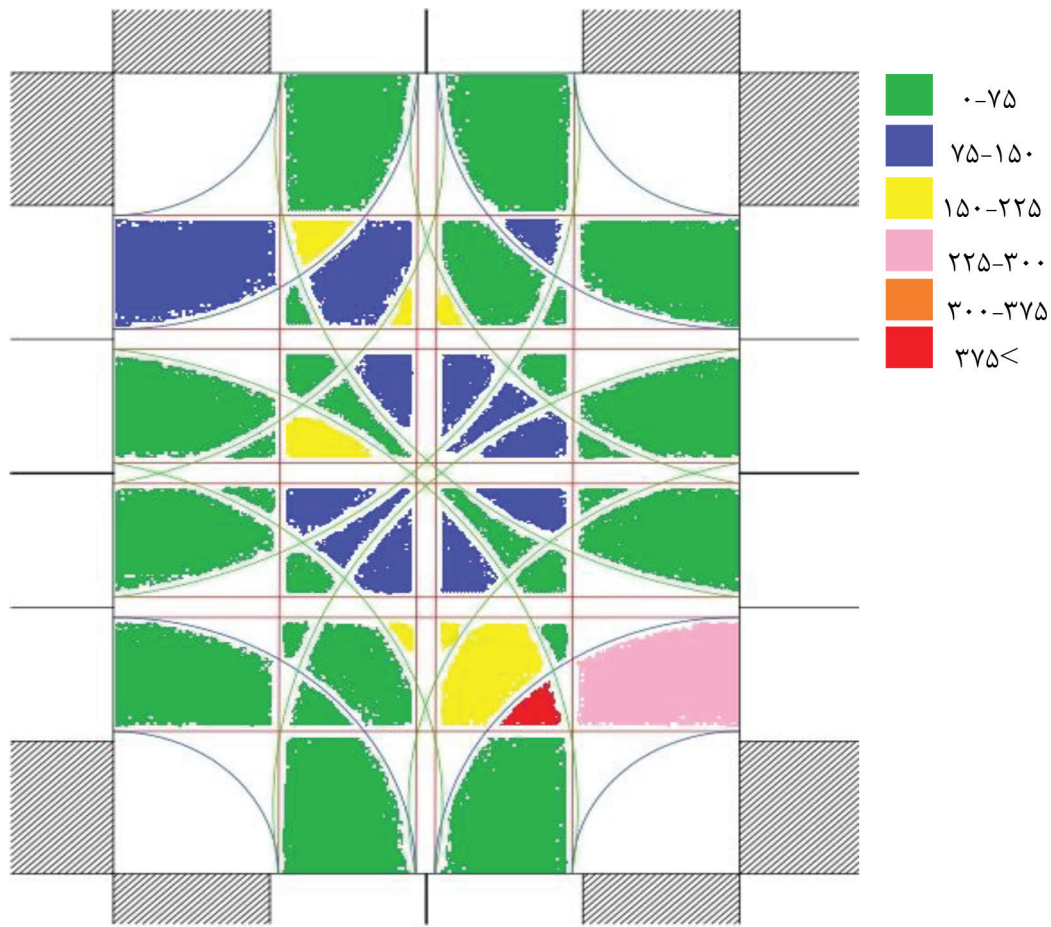
کد حرکت وسیله ۱	کد حرکت وسیله ۲	R	کد حرکت وسیله ۱	کد حرکت وسیله ۲	R	کد حرکت وسیله ۱	کد حرکت وسیله ۲	R
۱۳	۱۲	۰	۳۱	۳۲	۳۲/۸	۲۴-۱	۳۲	۵۷/۲
۱۳	۱۴	۴۹/۱	۳۱	۱۴	۶۴/۵	۲۴-۲	۳۲	۱۱/۴
۱۳	۴۲	۲۲/۸	۳۱	۴۳	۲۲/۷	۲۴	۳۱	۶/۶
۱۳	۳۲	۵۴/۱	۳۱	۴۲	۰	۲۴-۲	۱۴	۲۲/۴
۱۳	۲۱	۰	۳۱	۲۱	۰	۲۴-۱	۳۴	۸۹/۰
۱۳	۲۴	۱۵/۰	۳۱	۴۱	۰	۳۱	۳۴	۰
۱۳	۴۳	۲۵/۹	۴۲-۱	۴۱	۰	۴۲-۲	۳۲	۸/۱
۱۳	۲۳	۱۱/۷	۴۲-۲	۴۳	۸/۴	۴۲-۱	۱۲	۲۴۵/۱
۲۴-۱	۲۳	۰	۴۲-۱	۲۱	۰	۱۴	۴۳	۲۰/۳
۲۴-۲	۲۱	۰	۴۲-۲	۲۱	۰	۱۴	۲۱	۰
۲۴-۱	۴۳	۰	۴۲-۱	۱۴	۸۶/۰	۲۱	۳۲	۰
۲۴-۲	۴۳	۳۱/۵	۴۲-۲	۱۴	۱۱/۹	۳۲	۴۳	۱۰/۳

جدول ۲: مقادیر ریسک خطر هر ناحیه

کد ناحیه	ZRI <sub>۱</sub>	ZRI <sub>۲</sub>	کد ناحیه	ZRI <sub>۱</sub>	ZRI <sub>۲</sub>
۱	۴۹/۰۹	۳۲/۸۲	۱۳	۰	۳۲/۵۷
۲	۲۴۵/۰۹	۸۹/۰۳	۱۴	۰	۰
۳	۴۰۲/۹۵	۱۸۵/۶۸	۱۵	۰	۸۲/۲۱
۴	۲۲/۷۵	۶/۵۹	۱۶	۰	۱۴/۹۶
۵	۱۵۷/۸۵	۹۶/۶۵	۱۷	۰	۷۰/۵۵
۶	۱۵۷/۸۵	۱۵۹/۳۵	۱۸	۱۵۰/۵۰	۱۹۲/۲۵
۷	۸/۰۹	۲۲/۳۸	۱۹	۸/۳۹	۰
۸	۸/۰۹	۷۴/۱۸	۲۰	۴۰/۶۱	۱۱/۳۹
۹	۲۲/۷۵	۶/۵۹	۲۱	۰	۱۴/۹۶
۱۰	۸۴/۹۸	۱۶۷/۹۶	۲۲	۱۲۷/۸۰	۸۰/۴۹
۱۱	۲۲/۷۵	۶۰/۷۸	۲۳	۷۶/۴۲	۸۰/۴۹
۱۲	۸۳/۷۷	۱۱۵/۳۲	۲۴	۷۶/۴۲	۱۴۸/۲۳

جدول ۳: مساحت هر ناحیه

کد ناحیه	مساحت ناحیه	کد ناحیه	مساحت ناحیه
۱	۱۰/۳۲	۷	۸/۵۳
۲	۱۰/۲۵	۸	۱/۰۲
۳	۱/۵۷	۹	۱/۶۲
۴	۰/۹۰	۱۰	۲/۵۳
۵	۵/۶۹	۱۱	۲/۳۶
۶	۰/۶۵	۱۲	۲/۵۸



شکل ۵: نمایش ریسک خطر هر ناحیه تقاطع

چند حرکت مختلف در آن ناحیه باشد و همچنین علت اصلی بالا رفتن ریسک خطر در این ناحیه تداخل حرکت راستگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی و حرکت چپگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی است.

- از دلایل بالا بودن ریسک خطر تداخل حرکت راستگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی، می‌تواند راستای دید راننده در حرکت راستگرد باشد، با توجه به اینکه راستای دید راننده در هنگام گردش بیشتر به جهت داخل مسیر گردش جهت تنظیم شعاع گردش است لذا دید بسیار ضعیفی به وسیله نقلیه‌ای که از چپ به آن نزدیک می‌شود، دارد و دلیل دیگر زاویه دید است که در حرکت راستگرد به دلیل حرکت مایل زاویه حدود ۴۵ درجه می‌شود.

- دلیل بالا بودن ریسک خطر حرکت چپگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی نیز زاویه دید و جهت نگاه راننده می‌باشد.

برای ارزیابی بهتر ریسک خطر هر ناحیه و بدست آوردن دید کلی از تقاطع، با استفاده از دسته‌بندی بر اساس رنگ میزان ریسک خطر هر ناحیه در شکل ۵ نشان داده شده است.

در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۳ و مساحت هر ناحیه (جدول ۳)، ریسک خطر کل تقاطع بدست می‌آید که با توجه به مقدار آن نشان می‌دهد که سطح ایمنی کل تقاطع خوب است.

$$S = \frac{11397.30}{192.08} = 59.34$$

با توجه به شکل ۵ این نتایج حاصل می‌شود که:

- ناحیه با کد ۲ مقدار ریسک خطر زیادی (۲۴۵/۰۹) دارد و با توجه به مساحت زیادی (۱۰/۲۵) که نسبت به دیگر نواحی دارد، نقش زیادی در بالا رفتن مقدار ریسک خطر کل تقاطع دارد.
- ناحیه با کد ۳ (۴۰۲/۹۵) بیشترین مقدار ریسک خطر در بین همه نواحی را دارد، که دلیل آن می‌تواند همپوشانی تداخل

با استفاده از روش پیشنهادی نواحی خطر در تقاطع را مشخص شد که با توجه به نتایج حاصل، با کنترل و جریان‌بندی حرکات راستگرد از مسیر فرعی و حرکات چپگرد از مسیر فرعی، می‌توان تا مقدار زیادی سطح ایمنی تقاطع را افزایش داد.

پیاده‌سازی متدولوژی پیشنهادی در تقاطع مورد مطالعه، نتایجی مطابق با انتظارات را ارائه کرد که خود می‌تواند شاهدی بر کارا بودن روش پیشنهادی باشد. هر چند که برای اعتبار سنجی آن بایستی مطالعه در تعداد بیشتری تقاطع انجام گرفته و رابطه بین شاخص کلی تقاطع و تصادفات این تقاطعات بررسی شود، که می‌تواند به عنوان مطالعات آینده پیشنهاد شود.

## ۷- مراجع

- 1- WHO (2013), "Global status report on road safety : supporting a decade of action." Report.
- 2- Hirst, W., Mountain, L., Maherb, M.(2004), Sources of Error in Road Safety Scheme Evaluation: A Quantified Comparison of Current Methods. Accident Analysis and Prevention 36 , 705-715, 2004.
- 3- Gary, D., Possible Aggregation Biases in Road Safety Research and a Mechanism Approach to Accident Modeling. Accident Analysis and Prevention 36 , 1119-1127.
- 4- Gousios, S., and Garber, N. J.(2009), Relationship Between Time to Collision Conflicts and Crashes on Interstate Highways Subjected to Truck Lane Restrictions. 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
- 5- Sayed, T. and Saunier, N. (2008), "Probabilistic Framework for Automated Analysis of Exposure to Road Collisions," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2083, 96-104.
- 6- Lu, G., Liu, M., Wang, Y., and Yu, G. (2012), "Quantifying the Severity of Traffic Conflict by Assuming Moving Elements as Rectangles at Intersection," Procedia - Social and Behavioral Sciences, 43, 255-264.

۷- ندیمی، نوید، (۱۳۸۹)، "توسعه مفهوم شاخص ایمنی جریان

در تداخل حرکت مستقیم با حرکت راستگرد بنا به دلایل پیش‌گفته، راننده وسیله‌ای که حرکت مستقیم انجام می‌دهد باید تداخل را کنترل کند اما در اینجا به دلیل اینکه حرکت مستقیم در مسیر اصلی است، دارای حق تقدم می‌باشد و لذا رانندگان در این راستای حرکتی کاهش سرعت کمتری را قبول می‌کند و لذا این موضوع باعث به وجود آمدن تداخلات بحرانی می‌شود.

- ناحیه مشابه با کد ۳ (۱۸۵/۶۸) نیز ریسک خطر بالایی بین نواحی دارد که دلیل آن نیز تداخل حرکت راستگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی و حرکت چپگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی است.

- در میانه تقاطع هم یک ناحیه پرخطر مشاهده می‌شود (نواحی ۱۰، ۱۲، ۲۲، ۲۳ و ۲۴) که محل برخورد حرکات چپگرد با یکدیگر و حرکات چپگرد با مستقیم است.

- ناحیه کد ۵ نیز ریسک خطر بالایی دارد که دلیل آن تداخل حرکت چپگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی و حرکت مستقیم و چپگرد از مسیر فرعی می‌باشد.

## ۵-۱- راه‌کارهای افزایش ایمنی تقاطع:

با توجه به اینکه بحرانی‌ترین ناحیه در محل برخورد حرکت راستگرد از مسیر فرعی با حرکت مستقیم از مسیر اصلی بوجود آمده است یکی از راه‌کارها برای افزایش ایمنی تقاطع می‌تواند جدا کردن دو حرکت با استفاده از جزیره یا استفاده از خط‌کمی برای اضافه شدن راحت‌تر حرکت راستگرد باشد. یکی دیگر از راهکارها می‌تواند محدود کردن حرکات چپگرد از مسیر فرعی باشد.

## ۶- نتیجه‌گیری

این مقاله متدولوژی برای تعیین ریسک خطر نواحی مختلف در تقاطع و ریسک کلی تقاطع ارائه می‌کند. متدولوژی ارائه شده تجسمی فراگیر از توزیع تداخلات بحرانی در تقاطع ارائه می‌کند. علاوه بر این، این روش ما را قادر به برآوردی از میزان خطر در هر ناحیه می‌کند. این نتایج به کارشناسان ایمنی در شناخت بهتر مشکلات ایمنی کمک می‌کند. شاخص کلی ایمنی تقاطع، می‌تواند به عنوان معیاری برای مدیران حوزه ایمنی برای اولویت‌بندی تقاطعات جهت تخصیص اعتبارات ایمن‌سازی یا تغییر شیوه کنترل ترافیکی تقاطع مطرح باشد.

Planning and Technology, 22, 309–323.

12- Jin, S., Huang, Z.-y., Tao, P.-f., and Wang, D.-h. (2011a), "Car-following theory of steady-state traffic flow using time-to-collision," Journal of Zhejiang University SCIENCE A, 12, 645–654.

13- Boroujerdian, A., Karimi, A., & Seyedabrishami, S. (2013). Identification of hazardous situations using kernel density estimation method based on time to collision, Case study: left-turn on unsignalized intersection. International Journal of Transportation Engineering (IJTE).

۱۴- عباسی، سعید، (۱۳۹۳)، "تحلیل ایمنی تقاطع بر مبنای خصوصیات حرکتی وسایل نقلیه،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

خرد ترافیکی با استفاده از داده‌های غیرتصادف، "پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

8- Van der Horst, R., Hogema, J., Time to Collision and Collision Avoidance Systems. Tno Institute for Human Factors, 1999.

9- Allen, B., Shin, B., and Cooper, D. (1978), "Analysis of traffic conflicts and collision," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 667, 67–74.

10- Vogel, K., A Comparison of headway and time to collision as safety indicators. Accident Analysis & prevention. 35, 427-433, 2003.

11- Sayed, T. and Zein, S. (1999), "Traffic conflict standards for intersections," Transportation

## A new method for determining an overall unsignalized risk index based on traffic conflict indicators

A. M. Boroujerdian<sup>1</sup>, S. Abbasi<sup>2</sup>, A. Karimi<sup>3</sup>

1- Assistant professor, Civil and Environmental Engineering Departments, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- MSc, Civil and Environmental Engineering Departments, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- PHD student, Civil and Environmental Engineering Departments, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### Abstract

Traffic accidents on Iran's road networks cause thousands of deaths and injuries every year, and cost the country's economy billions of dollars. An intersection is a planned point of conflict in the roadway system. With different crossing and entering movements by both drivers and pedestrians, an intersection is one of the most complex traffic situations that motorists encounter. In small areas such as intersections, especially in resolution of maneuvers, identification of hazardous situations is impossible by using accident data for reasons such as the low occurrence of accidents and not specifying the exact location of the accident event. Therefore, in this study has been used the traffic conflict which were obtained from video analyzing. By using Time-to-collision (TTC) indicator and traffic volume, risk zone have been identified. As a case study, four leg unsignalized intersection located at the crossroad of Vessaleshirazi-Bozorgmehr in Tehran was chosen. The evaluation results showed that zone 3 is dangerous zone. The risk of zone 3 was 402.95 that was about 6.8 times the average risk of intersection. This conflict was the main reason for the increasing of the intersection risk.

**Keywords:** Traffic Safety, Traffic conflict, Time-to-collision, Zone Risk, Intersection risk