ارزیابی شاخص تداخل وسیله نقلیه با موتورسیکلت بر اساس سرعت کاربران در تقاطعات شهری

مقاله علمی - پژوهشی

سیدعلی محسنی مطلق، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امین میرزا بروجردیان*، دانشیار، گروه راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: boroujerdian@modares.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۰- پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
صفحه ۸۴-۷۱

چکیده

بر اساس آمار سازمان پزشکی قانونی ایران در سال۱۳۹۸ حدود۱۷۰۰۰ نفر در تصادفات رانندگی در ایران جان باخته‌اند، که از این میان حدود ۳۳۰۰ نفر متعلق به سرنشینان موتورسیکلت‌ها بوده است. همچنین تقاطعات در سرتاسر دنیا سهم عمده‌ای از تصادفات را شامل می‌شوند. بنابراین باتوجه به افزایش استفاده از موتورسیکلت‌ها در دنیا و ایمنی کمتر آنان نسبت به سایر وسایل‌نقلیه، بررسی تاثیر متغیرها و عوامل مختلف بر ایمنی موتورسیکلت‌سواران در تقاطعات حائز اهمیت است. در بین متغیرها، سرعت کاربران به دلیل رابطه مستقیم با شدت آسیب‌های ناشی از تصادفات اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت ایمنی کاربران راه، استفاده از شاخص‌های تداخل ترافیکی است. در این پژوهش که به روش تحلیل ویدئویی انجام شد، ۳۰٤ تداخل بین وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها در تقاطعات شهر قم بررسی شدند. سپس تلاش شد تا تاثیر سرعت حرکت کاربران راه در ایمنی موتورسیکلت سواران در تداخل با وسایل‌نقلیه در تقاطعات شهری، بر اساس شاخص‌های تداخلی TTC و PET با استفاده از تحلیل‌های ANOVA یکطرفه، بررسی شوند. به این منظور، شاخص‌های تداخلی در دو حالت بحرانی یا غیر بحرانی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سرعت وسایل‌نقلیه به شکل معناداری بر بحرانی شدن وضعیت یک تداخل موثر است به شکلی که سرعت وسایل‌نقلیه در حالات بحرانی شاخصهای TTC و PET به ترتیب ۱۳ و ۲۵ درصد نسبت به حالت غیربحرانی این شاخص‌ها بیشتر بودند، در حالی که سرعت موتورسیکلت‌ها تغییر معناداری در حالات بحرانی نشان نداد. این نشان میدهد که در بین سرعت انواع کاربران راه در تداخلات مورد بررسی، عامل اصلی قرارگرفتن یک تداخل در وضعیت بحرانی و درنتیجه تصادفات احتمالی بین وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها در تقاطعات، افزایش سرعت وسایل‌نقلیه است. بنابرین اقدامات ایمنی مناسب جهت کاهش سرعت این وسایل در تقاطعات مانند سیستم‌های تطبیق هوشمند سرعت یا اقدامات زیر ساختی مانند بکارگیری علائم بصری یا سرعتگیرها اولویت دارد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی ترافیک، سرعت کاربران راه، شاخص زمان پس از تخطی، شاخص زمان تا تصادف

۱-مقدمه

سالانه بیش از ۱/۳۵میلیون نفر در سراسر جهان در تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند، و ۵۰میلیون نفر دیگر از جراحات و آسیبهای ناشی از تصادف رنج می‌برند. (Organization.W.H, 2018). بر اساس آمار سازمان پزشکی قانونی ایران در سال۱۳۹۸ حدود۱۷۰۰۰ نفر در تصادفات رانندگی در ایران جان باخته اند، که از این میان حدود ۳۳۰۰ نفر متعلق به سرنشینان موتورسیکلت‌ها بوده است (Iranian Legal Medicine Organization., 2019b., 2019a). در مقایسه با سایر انواع وسایل‌نقلیه، موتورسیکلت‌ها با توجه به تمایل آنها به سرعت، یک تهدید جدی برای ایمنی

ترافیک محسوب می شوند (Ang et al., 2019). تقاطع‌ها در سرتاسر دنیا سهم عمده‌ای از تصادفات را دارند به طوری که در ایالات متحده تقریباً ۵۰درصد از تصادفات خسارتی و مجموعا چیزی در حدود سی درصد از کل تصادفات منجر به فوت در تقاطع‌ها اتفاق می‌افتد (Sander, 2017). با توجه به گسترش روزافزون وسائل نقلیه و ایجاد ترافیکهای سنگین در اغلب شهرهای بزرگ در ایران، استفاده ازموتورسیکلت (به علت راحتی عبور و مرور آن) به صورت خیلی زیادی افزایش یافته است و از آنجایی که تعداد مرگ و میر ناشی از تصادفات موتورسیکلت به طور قابل توجهی بیشتر از هر وسیله حمل و نقل دیگری است، و این عمدتاً به دلیل آسیب پذیری ذاتی و قرارگرفتن بیشتر راکبان موتورسیکلت در معرض خطر در هنگام برخورد با وسیله نقلیه است (Yousif, Sadullah and Kassim, 2020). توجه به ایمنی موتورسیکلت سواران اهمیت ویژه‌ای می‌یابد و با توجه به اینکه می‌توان برای ارزیابی ایمنی از شاخص‌های تداخلی به جای آمار تصادفات استفاده کرد، شاخص‌های تداخلی متنوعی در این حوزه تعریف شده‌اند. شاخص‌هایی مانند TTC[1] و PET[2] در سال‌های اخیر به منظور مطالعه ایمنی موتورسیکلت سواران در مواجهه با سایر وسایل نقلیه بیشتر مورد توجه واقع شده‌اند. هر دو این شاخص‌ها اعدادی بر حسب ثانیه هستند که کوچکتر بودن آنها نشاندهنده کمتر بودن ایمنی موتورسیکلت سوار در تداخل با وسایل‌نقلیه هست. همچنین در بین متغیرهای حرکت کاربران راه، متغیر سرعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که سرعت وسیله نقلیه با خطر آسیب جانی انسان و حتی مرگ در هنگام تصادف مرتبط است. به طور واضح‌تر سرعت بالاتر مربوط به احتمال آسیب جانی بیشتر (شدت تصادف) است(Kloeden, McLean and Glonek, 2002).

در این پژوهش نیز تلاش شده‌است تا تاثیر سرعت حرکت کاربران راه در ایمنی موتورسیکلت سواران در تداخل با وسایل نقلیه، بر اساس شاخص های تداخلیTTC و PET بررسی شوند. به این منظور، شاخص‌های تداخلی در دو حالت بحرانی یا غیر بحرانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند، و تلاش شده است تا به درک بهتری از تاثیر سرعت هر کدام از کاربران راه (به طور واضح‌تر در این پژوهش سرعت وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها) بر بحرانی شدن یک تداخل ارایه شود. این نتایج با بررسی همبستگی بین مقادیر سرعت کاربران راه و مقادیر شاخص‌های تداخلی متفاوت است. چرا که این نتایج بیان نمی‌کند که سرعت کدام دسته از کاربران راه باعث کاهش مقادیر شاخص‌های تداخلی میشوند. بلکه بیان می‌کند عاملی که تاثیر اصلی را در بحرانی کردن یک تداخل ایفا می‌کند، سرعت وسایل نقلیه است یا سرعت موتورسیکلت‌ها. لازم بذکر است که اطلاعات تداخلات مورد استفاده در این پژوهش متعلق به دو تقاطع چهارراهی چراغدار در شهر قم هست. کلیه تداخلات بررسی شده در ساعات روشنی روز بوده و از دسته‌ی تداخلاتی بودند که در آنها رانندگان فقط در طول زمان سبز بودن چراغ اقدام به عبور از تقاطع کرده بودند.

۲-پیشینه تحقیق

در گذشته اغلب مطالعات ایمنی راه، مبتنی بر آمار تصادفات رانندگی بوده است (Nabavi Niaki et al., 2016). استفاده از داده‌های این روش مطالعاتی در طیف وسیعی از مطالعات ایمنی، مانند شناسایی نقاط حادثه‌خیز، ارزیابی ایمنی، پیشبینی تصادفات و غیره در گذشته کاربرد داشته است. با توجه به آنکه مشکلات متعددی در رویکرد مبتنی بر استفاده از آمارتصادفات برای تحلیل ایمنی ترافیک وجود دارد که می‌توان به عنوان نمونه به مواردی مانند: ۱.گزارش دهی ناقص و دارای اشتباه از صحنه تصادف ۲. تعداد کم نمونه‌ها و پراکندگی بسیار آنها ۳. دشواری استفاده از داده‌های تصادفات برای شناسایی عوامل موثر در یک برخورد، اشاره کرد (Anastasopoulos, 2020) . به جای استفاده از رویکرد مبتنی بر آمار تصادف، پیشرفت‌های اخیر در حوزه ایمنی ترافیک و ابزارهای تحلیل ویدیویی یک رویکرد جایگزین را ارائه می‌کند که می‌تواند هزینه‌های مالی و زمانی تحلیل ایمنی ترافیک را کاهش دهد. این اقدامات از داده‌های مربوط به تداخلات کاربران راه استفاده می‌کند که به تصادف تبدیل نمی‌شوند، اما می‌توان مکرراً آن را مشاهده کرد (Guo et al., 2010) . شاخص‌های موجود در این روش که به عنوان شاخص‌های تداخل ترافیکی شناخته می‌شوند به طور غیرمستقیم وضعیت ایمنی را بررسی می‌کنند (Laureshyn et al., 2017) . تداخل وضعیت قابل مشاهده‌ای تعریف می‌شود که در آن دو یا چند کاربر راه در مکان و زمان به حدی به یکدیگر نزدیک می‌شوند که در صورت عدم تغییر در حرکت آنها، خطر برخورد وجود داشته باشد (Laureshyn,

(Svensson and Hydén, 2010). تکنیک تداخل ترافیک (TCT) برای ارزیابی پتانسیل تصادف در تقاطع‌ها در بسیاری از کشورها در چند دهه گذشته توسعه یافته و به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌است (Kraay, Van Der Horst and Oppe, 2013). در مطالعات پیشین، بیش از ۳۰ شاخص تداخل ترافیکی به عنوان اقدامات ایمنی جایگزین پیشنهاد شده‌است، مانند زمان پس از تخطی (PET)، زمان تا برخورد (TTC)، زمان تا تصادف (TA)، مسافت توقف، نرخ کاهش سرعت، جرک و دیگر شاخص‌های تداخلی (Zheng, Ismail and Meng, 2014). در بین شاخص‌های تداخل ترافیکی، متداول‌ترین شاخص‌های ترافیکی عبارتند از شاخص تداخلی TTC (زمان تا برخورد) و شاخص تداخلیPET (زمان پس از تخطی) (Almodfer et al., 2016). شاخص TTCبه صورت زمان قابل انتظار برای برخورد بین دو کاربر راه است چنانچه در طول مسیر موجود و بدون تغییر سرعت حرکت نمایند. در حالیکه PET زمان رسیدن کاربر دوم پس از عبور کاربر اول به نقطه تداخل است (Archer2005). در بسیاری از پژوهش‌های گذشته که برای بررسی ایمنی کاربران راه با استفاده از شاخص‌های تداخلی انجام شده‌اند دو شاخص تداخلی PET و TTC بیشترین استفاده را در بین این پژوهش‌ها به خود اختصاص داده‌اند (Broujerdian & Shefaati.,2019). عده‌ای از پژوهشگران بیان می‌کنند که شاخص،TTCخطر قریب الوقوع را مورد بررسی قرار می‌دهد و شاخص،PET پتانسیل خطر را در نظر می‌گیرد (Nadimi, Behbahani and Shahbazi, 2016). بنابراین، بررسی همزمان این دو شاخص پرکاربرد، اطلاعات جامع‌تری از وضعیت کلی خطر در تداخلات را ارایه می‌کند. محققان و استانداردهای مختلفی تصریح کرده‌اند که هر کدام از این شاخص‌ها از چه حدی به بعد خطرناک هستند. مثل کتابچه راهنما استاندارد هلند برای تداخل‌ها تصریح می‌کند درصورتی کهTTC_{min} (کمترین مقدار TTCحادث شده در یک تداخل) کمتر از ۱/۵ثانیه باشد، نشان دهنده وجود پتانسیل خطر برای نواحی درون شهری است و در صورتی که عددPET کمتر از ۱ ثانیه باشد نشان‌دهنده امکان ایجاد وضعیت بحرانی ترافیکی است (Horst, 1986). در مطالعه‌ای که ساید و همکارانش در سال ۲۰۱۳ بر روی تداخلات وسایل‌نقلیه و دوچرخه‌ها انجام دادند، از تداخل‌هایی با مقادیر TTCکمتر از ۳ ثانیه برای ارزیابی ایمنی استفاده کردند (Sayed, Zaki and Autey, 2013). همچنین در مطالعه‌ای موردی که احمد طالق و همکارانش در سال ۲۰۱۵ بر روی انواع تداخلات موتورسیکلت در کشور چین انجام دادند، از حد ۳ ثانیه برای بررسی تداخل‌ها استفاده کرده و تداخل‌هایی که دارای TTCبیش از ۳ ثانیه بودند را از روند بررسی ایمنی کنار گذاشته و ضمنا بیان کردند که حد ۱/۵ ثانیه برای تداخل موتورسیکلت با وسایل‌نقلیه در تقاطع‌های شهری برای TTCبحرانی مناسب است (Tageldin, Sayed and Wang, 2015).

در بین متغیرهای حرکت کاربران راه، متغیر سرعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که افزایش سرعت وسایل نقلیه با خطر آسیب جانی سنگین و حتی مرگ افراد در هنگام تصادف مرتبط است. (Kloeden, McLean and Glonek, 2002). بسیاری از پژوهش‌هایی که به بررسی ایمنی موتورسیکلت سواران می‌پردازد، فاکتور سرعت را مورد بحث قرار می‌دهند. برای مثال استانوویچ و همکاران در بررسی رفتارهای مخاطره آمیز منجر به تصادفات از طرف موتورسیکلت‌ها، به این نتیجه رسیدند که خطاهایی مانند اتخاذ سرعت بالا و کم‌توجهی به مسیر از دلایل اصلی تصادفات موتورسیکلت‌ها است (Stanojević et al., 2020).

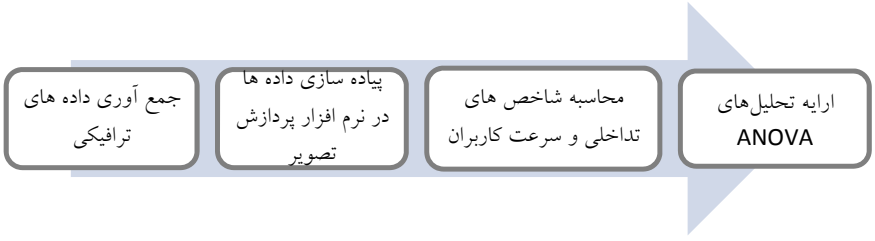
در پژوهشی که توسط فاجونکا و همکارانش با بررسی آمار ۱۱۴ تصادف موتورسیکلت و وسیله نقلیه، رخ داده بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ در تایلند انجام شد، عواملی همچون سرعت و تجربه رانندگی کاربران راه را در شدت تصادفات موثر دانستند (Phajongkha, Kanitpong and Jensupakarn, 2022). در پژوهشی که دینگ و همکارانش بر روی ۱۰۳۷ داده‌ی مربوط به تصادفات موتورسیکلت در آلمان بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ به منظور دستیابی به عوامل موثر بر شدت صدمات ناشی از تصادفات موتورسیکلت انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که عواملی مانند سرعت، مکانیزم برخورد و محل برخورد بر شدت صدمات ناشی از تصادفات موتورسیکلت موثرند. به شکلی که در تصادفات بین موتورسیکلت و وسیله نقلیه در صورتی که به طور میانگین هر کدام از آنها حدودا ۶۰ کیلومتر بر ساعت، سرعت داشته باشند، ٪۵۵ خطر حداقل آسیب جدی را برای راکب موتور ایجاد می‌کند (Ding et al., 2019). همچنین داج‌وهالادی در

تحقیقی در خصوص عوامل کاهش یا افزایش ایمنی موتورسیکلت‌سواران در آمریکا که با بررسی آمار تصادفات انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که با افزایش سرعت حرکت موتورسیکلت، ایمنی آنها به طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد (Dodge, Halladay and America,2018).

در مطالعه‌ای که توسط کواچوا و همکارانش با روش شبیه‌سازی رانندگی برای پیش بینی وضعیت ترمزگیری اضطراری موتورسیکلت سواران در هنگام مواجهه با وسایل‌نقلیه در تقاطعات چهارراهی انجام شد. تداخلات وسیله نقلیه با موتورسیکلت بر اساس فاکتورهای سرعت و جهت حرکت وسیله نقلیه به ۳ دسته‌ی ایمن، با احتمال تصادف کم و با احتمال تصادف قریب الوقوع تقسیم بندی شدند و بدین نتیجه رسیدند که هرچقدر سرعت وسیله نقلیه بیشتر باشد در نتیجه تداخل خطرناکتر و احتمال ترمزگیری اضطراری موتورسیکلت بیشتر است (Kovácsová et al., 2020).

در مطالعاتی که توسط اسکول و همکارانش در بولیوی انجام شد، مشخص شد که موتورسیکلت‌ها نقش مهمی در تقاطع‌ها ایفا می‌کنند، زیرا حضور آن‌ها به طور قابل توجهی با افزایش ۶۰/۹ درصدی خطر کلی تصادف در تقاطع همراه است و با تحلیل‌های ویدئویی به این نتیجه نیز رسیدند که میانگین مقادیر PET در تمامی تداخلات یک تقاطع در زمان‌هایی که هیچ موتورسیکلتی از تقاطع عبور نکند نسبت به زمانی که از همان تقاطع موتورسیکلت‌ها هم عبور کنند، بیشتر است (Scholl et al., 2019). در پژهشی دیگر احمد طالق و همکارانش در یک مطالعه موردی که در خصوص تداخلات موتورسیکلت با موتورسیکلت و وسیله نقلیه در یکی از تقاطعات اصلی شهر شانگهای چین انجام دادند، شاخصهای دینامیکی شامل مشتقات سرعت مانند شتاب، جرک یا سرعت زاویه‌ای و شاخص تداخل ترافیکی TTC را برای بررسی ایمنی تداخلات این تقاطع بررسی کردند و در نهایت به نتایج معناداری با این توضیح که وجود مقادیر بالا برای شاخص‌های دینامیکی منجر به افزایش خطر و همچنین کاهش TTCمی‌شود، دست یافتند (Tageldin, Sayed and Wang, 2015). در مطالعه‌ای مشابه نوپادون و همکارانش در مطالعه‌ای تداخلات بین موتورسیکلت‌ها و وسایل نقلیه را در ۵ نوع از تقاطعات شهری و بین شهری بررسی کردند و به طور همزمان سرعت و شاخص TTC را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان کردند که سرعت‌های بالا موجب افزایش صدمات ناشی از تصادف می‌شود. به شکلی که تداخلات با سرعت‌های بالای ۵۰ و ۷۰ کیلومتر برساعت به ترتیب برای موتورسیکلت و وسایل نقلیه، تداخل را در وضعیتی با ریسک بسیار بالا قرار می‌دهد (Kronprasert *et al.*, 2021).

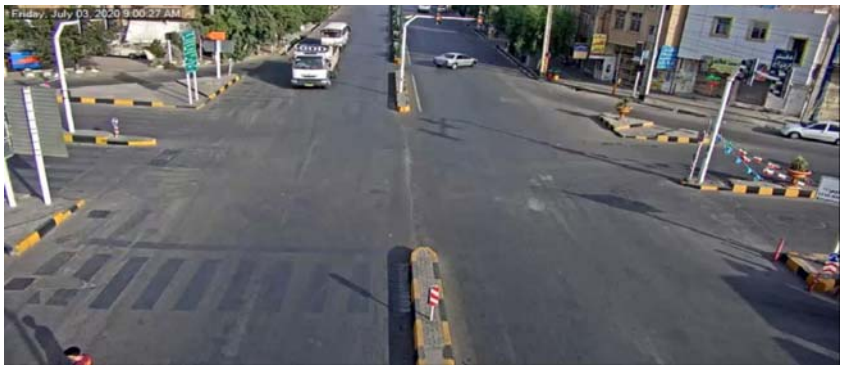
بررسی تاثیر سرعت حرکت کاربران راه در ایمنی موتورسیکلت سواران در تداخل با وسایل‌نقلیه براساس بحرانی شدن یا نشدن شاخص های تداخلی که هدف اصلی از انجام این پژوهش است، متفاوت از درک همبستگی بین مقادیر شاخص‌های تداخلی و سرعت کاربران است. چرا که یک متغیر تاثیرگذار بر مقدار شاخص‌های تداخلی مانند سرعت، شتاب یا هر متغیر دیگر از حرکت کاربران راه، می‌تواند مقدار همبستگی معناداری با مقادیر شاخص‌های تداخلی داشته باشد، اما تاثیر مهم و معناداری بر بحرانی شدن تداخل نداشته باشد. با توجه به مطالب گفته شده، در مطالعات پیشین به اهمیت سرعت کاربران راه بر افزایش پتانسیل خطر در تداخلات اشاره شده‌است، اما تمایز این تحقیق با مطالعات گذشته در آن است که بررسی شود آیا سرعت هر کدام از وسایل‌نقلیه یا موتورسیکلت‌ها با توجه به شاخص‌های تداخلی به شکلی خطرناک هستند که بتوانند تداخل را در وضعیت بحرانی قرار دهند یا خیر. برای این هدف از تحلیل‌های ANOVA یکطرفه استفاده شده‌است تا معنی داری یا عدم معنی داری تاثیر سرعت کاربران راه بر بحرانی شدن دو شاخص TTC و PET در یک تداخل مورد بررسی قرار گیرد.



۳- روش تحقیق

برای انجام مطالعات میدانی، دو تقاطع چهارراهی چراغدار در شهر قم مورد مطالعه قرار گرفتند. این دو تقاطع عبارتند از:۱. بلوار بهشتی-تقاطع مطهری و ۲. بلوار توحید-تقاطع ستاری. در این ۲ تقاطع، شیب مسیرهای منتهی به تقاطع صفر، روسازی نسبتاً سالم و زاویه تقاطع ۹۰ درجه است. برای تهیه فیلم از تقاطع‌های یادشده از فیلم‌های ضبط‌شده توسط دوربین‌های کنترل ترافیکی شهرداری قم استفاده شد، که ارتفاع دوربین‌ها در این تقاطعات تقریباً ٤ متر از سطح زمین هستند. همانطور که در شکل‌های (۱) و (۲) مشخص است. رویکردهای اصلی در هر دو تقاطع دارای ۳ خط رفت و ۳ خط برگشت و رویکردهای فرعی در هر دو تقاطع دارای ۲ خط رفت و ۲ خط برگشت هستند. فیلمهای ضبط شده از تقاطع مطهری متعلق به ۲روز و هر روز از حدود ساعت ۸ صبح تا حوالی ساعت ۸ عصر هستند و فیلم‌های ضبط شده از تقاطع ستاری متعلق به یک روز و از حدود ساعت ۸صبح تا حوالی ساعت ٤ عصر هستند. فیلم‌ها در ساعات مختلف روز و همگی قبل از غروب آفتاب هستند. در فیلم‌های حاصل از هر دو تقاطع که متعلق به روزهای بهاری هستند، هوا آفتابی و روسازی خشک بوده است.

شکل ۱. تصویری از فیلم‌های ضبط شده از تقاطع شهیدمطهری



شکل۲. تصویری از فیلم‌های ضبط شده از تقاطع شهید ستاری

همه فیلم‌ها به دقت بررسی شدند و لحظاتی که در آنها وسایل نقلیه و موتورسیکلت‌ها تداخل داشتند، ثبت شدند. منظور از لحظاتی که موتورسیکلت و وسیله نقلیه با هم تداخل داشتند، لحظاتی بود که یا وسیله نقلیه یا موتورسیکلت یا هر دوی آنها به منظور پرهیز از برخورد تغییر سرعت یا جهت می‌دادند. با توجه به غیر قابل پیش‌بینی بودن و تنوع حرکات غیرقانونی که توسط رانندگان وسایل‌نقلیه و راکبان موتورسیکلت انجام می‌شود، از ابتدای شروع مطالعه تصمیم

گرفته‌شد که فقط تداخلاتی که به صورتی قانونی رخ می‌دهند، بررسی شوند. و تداخلاتی که در آن یکی از کاربران راه حرکت غیرقانونی مانند عبور از تقاطع در زمان چراغ قرمز را انجام میدهد، کنار گذاشته شوند، به همین علت باید تقاطعاتی مورد بررسی قرار می‌گرفتند که در آنها تداخل قانونی بین موتورسیکلت‌ها و وسایل‌نقلیه وجود داشته باشد. به همین منظور تقاطعات چراغدار چهارراهی که در آنها هر دو مسیر رفت و برگشت هر از رویکردهای اصلی یا فرعی تقاطع با هم اجازه تردد داشته باشند (همزمان با هم هر دو مسیر رفت و برگشت، چراغ سبز و چراغ قرمز دارند) انتخاب شدند. در این دسته از تقاطعات حرکت‌های عبوری مستقیم یک مسیر از هر رویکرد با حرکت‌های عبوری چپگرد مسیر مقابل از همان رویکرد احتمال تداخل دارند. ضمنا در صورتی که حرکت‌های هر دو مسیر چپگرد هم باشند، احتمال ایجاد تداخل را دارند. سپس با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر ، فیلم‌های برداشت شده مورد بررسی قرارگرفتند. فیلم‌های تهیه شده وارد نرم افزار شده وکالیبره می‌گردد. پس از کالیبراسیون و استخراج موقعیت مکانی و زمانی موتورسیکلت و وسیله نقلیه حاضر در یک تداخل، خروجی‌های نرم افزار پردازش تصویر با استفاده از یک کد نوشته شده با زبان برنامه نویسی پایتون[3] پردازش شدند و در نهایت شاخص‌های PET، TTC ، سرعت متوسط وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها تا لحظه انتهای فرآیند تداخل و زمانی که شاخص TTC کمتر از ۱/۵ثانیه است یعنی بحرانی است. همچنین در این تحقیق حد بحرانی شدن شاخصPET با توجه به منابع ۱ ثانیه در نظر گرفته شده است (Horst, 1986)، و برای این منظور شاخص PET_{01} تعریف شده است. با این تعریف در صورتی که مقدار شاخص PET کمتر از ۱ ثانیه باشد به معنای بحرانی بودن است و این متغیر برابر است با ۱ و در غیر اینصورت متغیر PET_{01} مقدار ۰ را دارد.

به دست آمد. در نهایت در مطالعات مربوط به PET و TTCبه ترتیب ۳۰۴و ۲۴۵ مشاهده به دست آمد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. با توجه به داده‌ها و هدف انجام این پژوهش، از تحلیل‌های آنووای یکطرفه در این پژوهش استفاده شده است.

٤- نتایج و تحلیل داده‌ها

در این بخش نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها ارائه می‌شود.

٤-١- معرفی متغیرها

در جدول۱، متغیرهای استفاده شده در این پژوهش معرفی می‌شوند.استفاده از نمادهای TTC_{01} و PET_{01} در جدول (۱) بدین دلیل است که، در این پژوهش از شاخص‌های تداخلی در دو حالت بحرانی و غیربحرانی آنها استفاده شده است. در این پژوهش حد بحرانی شدن شاخص TTC با توجه به منابع ۱/۵ ثانیه در نظر گرفته شده است (Tageldin, Sayed and Wang, 2015) . متغیر TTC_{01} نیز برای این منظور تعریف شده است. زمانی که TTC_{01} مقدار ۰ را داشته باشد یعنی شاخص TTC بیشتر از ۱/۵ ثانیه است و غیر بحرانی است.

جدول ۱. معرفی متغیرها

ردیف	نماد	توصیف	مستقل/ وابسته
۱	TTC_{01}	زمان تا تصادف	مستقل
۲	PET_{01}	زمان پس از تخطی	مستقل
۳	Vva	سرعت متوسط وسیله نقلیه	وابسته
٤	Pva	سرعت متوسط موتورسیکلت	وابسته

٤-٢- تحلیل‌های آنووا

در این بخش به بررسی تحلیل ANOVA یکطرفه اشاره می‌شود. این تحلیل در حقیقت بیان می‌کند که تفاوت میانگین‌ها بین دو گروه از متغیرها آیا با توجه به جامعه‌ی بررسی شده معنی دار است یا خیر.

تحلیل‌های ANOVA به تفاوت TTCها و PETهای بحرانی و غیر بحرانی می‌پردازد چرا که بحرانی شدن و نشدن شاخص‌های تداخلی TTC و PET و متغیرهای تاثیرگذار بر

آن یکی از موارد مورد بحث در بین پژوهشگران است (Tageldin, Sayed and Wang, 2015). برای انجام تحلیل آنووای یکطرفه باید یکسری از شروط برقرار باشند که به صورت خلاصه این شروط شامل توزیع نرمال متغیر وابسته و همگن بودن واریانس‌ها در گروه‌های مختلف مورد بررسی، می‌شود. این شروط برای همه‌ی تحلیل‌های استفاده شده در این مقاله برقراراست که به علت خلاصه شدن مطلب، جداول و نمودارهای مربوط به آن‌ها آورده نشده‌اند. متغیرهای وابسته در این پژوهش یعنی سرعت‌های متوسط مربوط به وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها از نوع کمی پیوسته هستند و متغیرهای مستقل در این پژوهش یعنی شاخص‌های تداخلی PET_{01} و TTC_{01} دارای دسته بندی بوده و به دو گروه بحرانی و غیربحرانی تقسیم می‌شوند.

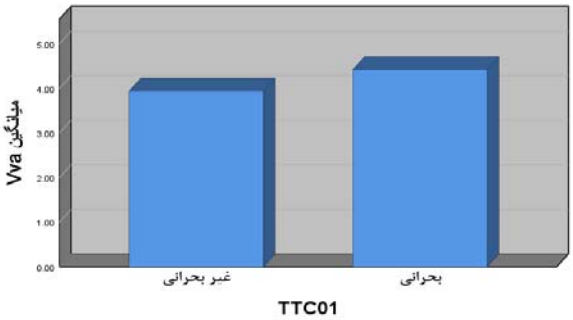
جدول۲. اطلاعات کلی تحلیل ANOVA برای متغیرهای Vva و TTC_{01}

متغیرهای تحلیل	تعداد داده	p مقدار	F
TTC_{01} & Vva	۲۴۵	۰/۰۸۸	۲/۹۴۰

در جدول (۲) دیده می‌شود که p مقدار از ۰/۱ کمتر است و این تحلیل در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد پذیرفته است.

جدول۳. توصیف نتایج تحلیل ANOVA برای متغیرهای Vva و TTC_{01}

	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد	بازه اطمینان ٪۹۵ برای میانگین	
					کران پایین	کران بالا
TTCغیر بحرانی	۱۳۹	۳/۹۳۹۱	۲/۱۹۳۴۸	۰/۱۸۶۰۵	۳/۵۷۱۲	۴/۳۰۶۹
TTCبحرانی	۱۰۶	۴/۴۲۲۲	۲/۱۷۳۳۱	۰/۲۱۱۰۹	۴/۰۰۳۶	۴/۸۴۰۷
مجموع	۲۴۵	۴/۱۴۸۱	۲/۱۹۳۴۶	۰/۱۴۰۱۴	۳/۸۷۲۱	۴/۴۲۴۱



شکل۳. مقایسه‌ی تاثیر متغیر Vva در بحرانی شدن شاخص TTC

از جدول (۳) و شکل (۳) دیده می‌شود که میانگین سرعت وسیله‌نقلیه زمانی که شاخص TTC بحرانی است برابر است با ۴/۴۲ متر بر ثانیه و زمانی که این شاخص بحرانی نیست سرعت میانگین وسیله‌نقلیه به طور میانگین ۳/۹ متر بر ثانیه است. این یعنی سرعت میانگین وسیله‌نقلیه در حالتی که شاخص TTC بحرانی است حدودا ۱۳ درصد بیشتر از حالت غیربحرانی است.

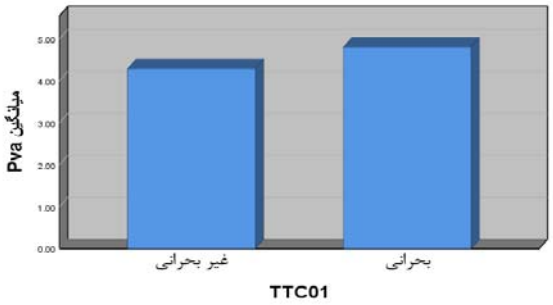
جدول٤. اطلاعات کلی تحلیل ANOVA برای متغیرهای Pva و TTC_{01}

متغیر های تحلیل	تعداد داده	p مقدار	F
TTC_{01} & Pva	۲٤٥	۰/۰۸٤	۳/۰۱۳

در جدول (٤) دیده می‌شود که p مقدار از ۰/۱ کمتر است و این تحلیل در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد پذیرفته است.

جدول٥. توصیف نتایج تحلیل ANOVA برای متغیرهای Pva و TTC_{01}

	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	بازه اطمینان ٪۹۵ برای میانگین	
					کران پایین	کران بالا
TTCغیر بحرانی	۱۳۹	٤/۲۹٤۰	۲/۳٤۰۹٦	۰/۱۹۸٥٦	۳/۹۰۱٤	٤/٦۸٦٦
TTCبحرانی	۱۰٦	٤/۸۱۳۲	۲/۲۹۱۳۸	۰/۲۲۲٥٦	٤/۳۷۱۹	٥/۲٥٤٥
مجموع	۲٤٥	٤/٥۱۸۷	۲/۳۲۹۲۲	۰/۱٤۸۸۱	٤/۲۲٥٥	٤/۸۱۱۸



شکل٤. مقایسه‌ی تاثیر متغیر Pva در بحرانی شدن شاخص TTC

از جدول (٥) و شکل (٤) دیده می‌شود که به طور متوسط، سرعت میانگین موتور در حالت غیربحرانی ٤/۳ متر بر ثانیه است و در حالت بحرانی به طور متوسط، سرعت میانگین موتور برابر ٤/۸ متر بر ثانیه است.این یعنی سرعت میانگین موتور برای تداخلات با TTCهای بحرانی حدود ۱۱ درصد بیشتر از سرعت میانگین موتور برای حالات غیربحرانی است.

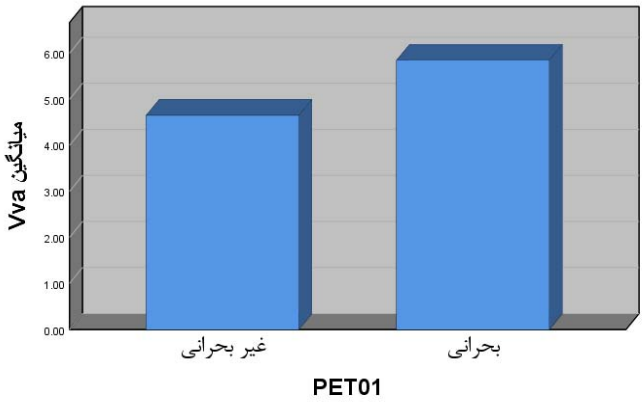
جدول٦. اطلاعات کلی تحلیل ANOVA برای متغیرهای Vva و PET_{01}

متغیرهای تحلیل	تعداد داده	p مقدار	F
PET_{01} & Vva	۳۰٤	۰/۰۱۲	٦/۳۳۱

در جدول (٦) دیده می‌شود که p مقدار از ۰/۰٥ نیز کوچکتر است و می‌توان این نتیجه را با سطح معنی‌داری ٥درصد پذیرفت.

جدول۷. توصیف نتایج تحلیل ANOVA برای متغیرهای Vva و PET_{01}

	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	بازه اطمینان ٪۹۵ برای میانگین	
					کران پایین	کران بالا
PETغیر بحرانی	٦٥	٤/٦٤۹۷	۳/۰٥٤۲۹	۰/۳۷۸۸٤	۳/۸۹۲۹	٥/٤۰٦٦
PETبحرانی	۲۳۹	٥/۸٤۷۷	۳/٤۹۱۳٦	۰/۲۲٥۸٤	٥/٤۰۲۸	٦/۲۹۲٦
مجموع	۳۰٤	٥/٥۹۱٥	۳/٤۳۳۲٤	۰/۱۹٦۹۱	٥/۲۰٤۱	٥/۹۷۹۰



شکل۵. مقایسه‌ی تاثیر متغیر Vva در بحرانی شدن شاخص PET

از جدول(۷) و شکل (۵) مشاهده می‌شود که در تداخلات با مقادیر PET غیربحرانی، مقادیر سرعت میانگین وسیله‌نقلیه به طور متوسط ٤/٦٥ متر بر ثانیه است و برای تداخلات با مقادیر PET بحرانی، این مقدار برابر ٥/٨٤ متر بر ثانیه است.این یعنی با مقایسه‌ی این دو گروه، سرعت میانگین وسیله‌نقلیه در حالت بحرانی حدود ۲۵ درصد بیشتر از موارد غیربحرانی است.

جدول۸ اطلاعات کلی تحلیل ANOVA برای متغیرهای Pva و PET_{01}

متغیرهای تحلیل	تعداد داده	p مقدار	F
PET_{01} & Pva	۳۰٤	۰/۳٦٦	۰/۸۱۸

در جدول (۸) دیده می‌شود که p مقدار، مقداری بیش از ۰/۱ دارد. بنابراین تفاوت میانگین سرعت متوسط موتورسیکلت در دو دسته‌ی PETهای بحرانی و غیربحرانی معنی‌دار نیست. این بدین معنی است که سرعت متوسط موتورسیکلت در بحرانی شدن یا نشدن شاخص PET موثر نبوده است.

جدول۹. خلاصه وضعیت تحلیل‌های ANOVA

متغیر مستقل	متغیر وابسته	pمقدار	سطح معنی داری ٪۵	سطح معنی داری ٪۱۰	درصد افزایش سرعت در حالت بحرانی
سرعت متوسط وسیله نقلیه	TTC_{01}	۰/۰۸۸	✖	✔	۱۳
	PET_{01}	۰/۰۱۲	✔	✔	۲۵
سرعت متوسط موتورسیکلت	TTC_{01}	۰/۰۸٤	✖	✔	۱۱
	PET_{01}	۰/۳٦٦	✖	✖	----

همانطور که بیان شد هرکدام از شاخص‌های تداخل ترافیکی بعدهای متفاوتی از ایمنی را مورد بررسی قرار می‌دهند و برای دستیابی به یک تحلیل چند بعدی، بررسی چند شاخص به طور همزمان می‌تواند راهگشا باشد (Broujerdian & Shefaati.,2019). پاسخ‌های حاصل از تحلیل‌ها نشان دادند که در بررسی ایمنی موتورسیکلت در تداخل با وسایل‌نقلیه در تقاطعات شهری بر اساس شاخص‌های تداخلی TTC و PET نتایج متفاوتی بدست می‌آیند. در جدول (۹) تصریح شده‌است که هر کدام از این تحلیل‌ها در سطوح اطمینان رایج ۹۰ و ۹۵ درصد معنادار هستند یا خیر. همانطور که قابل مشاهده است، تفاوت مقدار سرعت متوسط موتورسیکلت در دوگروه بحرانی و غیربحرانی برای شاخص PET در هیچ سطحی معنادار نیست و برای شاخص TTC نیز تنها در سطح معناداری ۱۰ درصد پذیرفته است. در صورتی که وضعیت برای سرعت متوسط وسیله نقلیه متفاوت است. به شکلی که تفاوت مقدار سرعت متوسط وسیله نقلیه برای شاخص PET در هر دو سطح و برای شاخص TTC در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد پذیرفته است. همچنین از ستون درصد افزایش سرعت در حالت بحرانی میتوان دریافت که این مقادیر به طور کلی برای سرعت وسایل‌نقلیه از مقادیر مربوط به سرعت موتورسیکلت‌ها بیشتر است. این مطالب نشان میدهند که سرعت وسایل‌نقلیه تاثیر زیادی بر بحرانی شدن وضعیت یک تداخل دارد، در صورتی که مقدار سرعت موتورسیکلت‌ها به نظر تفاوت چندانی در دو گروه تداخلات بحرانی و غیربحرانی ندارد. این مطلب نیز باید تاکید گردد که بررسی تاثیر مقادیر سرعت کاربران راه در مقدار شاخص‌های تداخلی متفاوت از بررسی انجام شده در این مقاله است. چرا که ممکن است یک متغیر همبستگی معناداری بر مقدار یک شاخص تداخلی داشته باشد، اما تاثیر آن در بحرانی یا غیربحرانی شدن شاخص معنی‌دار نباشد. همچنین میتواند برعکس این حالت نیز صادق باشد. در عمل تفاوت این دو نوع تحلیل در این است که یکی بیانگر تاثیر متغیرها بر بالاتر رفتن پتانسیل خطر است و دیگری بررسی می‌کند که آیا این متغیر فارق از تاثیر بر میزان پتانسیل خطر، می‌تواند آنقدر موثر و خطرناک باشد که یک تداخل را در وضعیت بحرانی قرار دهد یا خیر. با بازبینی فیلم‌ها و نتایج آماری، این نکته به نظر رسید که دلیل تفاوت تاثیرگذاری سرعت وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها در بحرانی شدن شاخص‌های تداخلی نوع رفتار رانندگان آنها است. به نحوی که به طور کلی رانندگان وسایل‌نقلیه میل به شتاب‌گیری و افزایش سرعت بیشتری از راکبان موتورسیکلت داشتند. اما موتورسیکلت‌ها غالباً با سرعت یکسانی در حرکت‌اند و در هنگام احساس وجود هرگونه مانعی، بیشتر جهت حرکتشان را تغییر می‌دهند تا این که بخواهند در سرعتشان تغییری ایجاد کنند. بنابراین، بر اساس راهکارهای ارایه شده در مطالعات پیشین، اقدامات متناسب جهت کاهش سرعت وسایل‌نقلیه که میتواند شامل اقدامات مستقیم (زیرساختی) مانند بکارگیری سرعت‌گیرها یا علائم بصری، یا اقدامات مرتبط با فناوری تولید خودرو مانند سیستم‌های تطبیق هوشمند سرعت (ISA)[۴] باشد(Wijers, 2021)، اولویت می‌یابد.

نکته‌ی جالب توجه دیگر نتایج این است که به طور میانگین سرعت وسایل‌نقلیه، حتی در حالات بحرانی، کمتر از مقدار سرعت مجاز حرکت وسایل نقلیه در تقاطعات در ایران، یعنی ۳۰ کیلومتر بر ساعت (۸/۳۳ متر بر ثانیه)، است. این یعنی طبق قوانین به طور میانگین وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها از حدود مجاز سرعت تعدی نکردند، اما شاخص‌های تداخلی بیان می‌کنند که تداخل در وضعیتی بحرانی قرار دارد. بنابراین بازنگری در تعریف این حدود سرعت نیز میتواند از راهکارهای کاهش سرعت کاربران از جمله وسایل‌نقلیه در تقاطعات باشد. حقیقت دیگر که در مورد تفاوت سرعت وسایل‌نقلیه و موتورسیکلت‌ها در وضعیت تداخلات بحرانی و در نتیجه تصادفات احتمالی وجود دارد، توجه به مفاهیم اصل پایستگی انرژی[۵] و انرژی جنبشی[۶] در هنگام تصادفات است. از مفهوم انرژی جنبشی استنباط می‌شود که در مقایسه‌ی انرژی دوجسم در حال حرکت با سرعت یکسان، انرژی جسمی که جرم بیشتری دارد به مراتب بالاتر از دیگری است. زمانی که تصادف بین دو وسیله اتفاق می‌افتد، انرژی از جسمی به جسم دیگر منتقل‌شده و درصورت ایجاد خرابی برای این وسایل، هرقدر این انرژی بیشتر باشد، صدمات و خرابی‌های ناشی از تصادف بیشتر است. پس با توجه به اینکه جرم وسیله‌نقلیه در حدود ۱۰ برابر سنگین‌تر از جرم یک موتورسیکلت است، افزایش سرعت وسیله‌نقلیه به شکل فزاینده‌ای در کاهش ایمنی کاربران راه موثرتر از افزایش سرعت موتورسیکلت است. بنابراین با افزایش سرعت وسایل‌نقلیه علاوه بر آنکه تداخل در وضعیت بحرانی‌تری قرار می‌گیرد و پتانسیل برخورد بیشتر

می‌شود، در صورت برخورد، آسیب‌های جرحی ناشی از تصادف به ویژه برای موتورسیکلت سوار شدیدتر خواهد بود. بنابراین، نتیجه‌ی حاصل از بررسی‌های انجام شده، از نظر فیزیکی نیز قابل توجیه است. در بسیاری از مطالعات گذشته بر اهمیت سرعت کاربران راه در بیشتر شدن پتانسل خطر در یک تداخل اشاره شده بود. اما تفاوت این پژوهش با کارهای پیشین در آن است که هدف مقایسه و دستیابی به این نتیجه بود که سرعت هر کدام از کاربران راه در تداخل بین موتورسیکلت‌ها و وسایل‌نقلیه با توجه به مقادیر شاخص‌های تداخلی موجب بحرانی شدن یک تداخل میشوند یا خیر، نه آنکه سرعت هرکدام به چه میزان ایمنی یک تداخل را متاثر می‌کند.

۵-نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی تاثیر سرعت کاربران راه در تداخلات بین موتورسیکلت و وسیله نقلیه بر بحرانی شدن یا نشدن شاخص‌های تداخلی TTC و PET بعنوان نمادهایی از وضعیت یک تداخل پرداخته‌شد. برای این هدف، از تحلیل‌های ANOVA یکطرفه استفاده شد. نتایج به دست آمده تصریح کردند که با بررسی همزمان هر دو شاخص، سرعت وسیله نقلیه تاثیر واضحی بر بحرانی شدن شاخص‌های تداخلی و در نتیجه تداخلات دارد به شکلی که به ترتیب در حالات بحرانی شاخص‌های TTC و PET، ۱۳ و ۲۵ درصد مقدار سرعت متوسط وسیله نقلیه افزایش می‌یابد، درصورتی که سرعت موتورسیکت تاثیر معناداری بر بحرانی شدن این شاخص‌ها نداشت و تنها در حالت بحرانی شاخص TTC، ۱۱ درصد افزایش می‌یابد. این نتایج با بررسی همبستگی بین مقادیر سرعت کاربران راه و مقادیر شاخص‌های تداخلی متفاوت است. چرا که این نتایج بیان نمیکند که سرعت موتورسیکلت‌ها باعث کاهش مقادیر شاخص‌های تداخلی نمی‌شوند. بلکه بیان می‌کند عاملی که تاثیر اصلی را در بحرانی کردن یک تداخل ایفا میکند ، سرعت وسایل‌نقلیه است و نه سرعت موتورسیکلت‌ها. بنابراین اقدامات موثر در کاهش سرعت وسایل‌نقلیه در تقاطعات، مانند سیستم‌های کنترل هوشمند سرعت یا اقدامات زیرساختی مانند بکارگیری علائم بصری یا سرعت‌گیرها، اولویت دارد. نکته‌ی دیگر آن است که به طور میانگین کاربران، حتی در تداخلات با وضعیت بحرانی، حدود سرعت مجاز در تقاطعات را رعایت کرده‌اند. اما شاخص‌های تداخلی بیان می‌کنند که تداخل در وضعیتی بحرانی است. این یعنی بازنگری قوانین در تعیین حدود مجاز سرعت در تقاطعات نیز میتواند از اقدامات راهگشا برای افزایش ایمنی کاربران به ویژه راکبان موتورسیکلت‌ها در تقاطعات باشد.

۶-پی‌نوشت‌ها

1. Time to Collision
2. Post Encroachment Time
3. Python
4. Intelligent Speed Adaptation
5. Conservation of Energy
6. Kinetic Energy

۷-مراجع

-شفاعتی، م. و بروجردیان، ا.م.، (۱۳۹۸)، "مقایسه ایمنی عابر پیاده در تداخل با اتومبیل‌ها و موتورسیکلت‌ها بر اساس شاخص‌های تداخلی"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، ص.۱۵.

-سازمان پزشکی قانونی، (۱۳۹۸).

-سازمان پزشکی قانون جامعه، (۱۳۹۸).

-Almodfer, R., Xiong, S., Fang, Z., Kong, X., & Zheng, S., (2016), "Quantitative analysis of lane-based pedestrian-vehicle conflict at a non-signalized marked crosswalk", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 42, pp.468–478.

-Anastasopoulos, P., (2020), "Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis".

-Ang, B. H., Lee, S. W. H., Oxley, J., Yap, K. K., Song, K. P., Kamaruzzaman, S. B., Chin, A. V, Tan, K. M., Khor, H. M., & Chen, W. S., (2019), "Self-regulatory driving and riding practices amongst older adults in Malaysia", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 62, pp.782–795.

-Archer, J., (2005), "Indicators for traffic safety assessment and prediction and their

-Laureshyn, A., de Goede, M., Saunier, N., & Fyhri, A., (2017), "Cross-comparison of three surrogate safety methods to diagnose cyclist safety problems at intersections in Norway", Accident Analysis & Prevention, 105, pp.11–20.

-Laureshyn, A., Svensson, Å., & Hydén, C., (2010), "Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation", Accident Analysis & Prevention, 42(6), pp.1637–1646.

-Nabavi Niaki, M. S., Fu, T., Saunier, N., Miranda-Moreno, L. F., Amador, L., & Bruneau, J. F., (2016), "Road lighting effects on bicycle and pedestrian accident frequency: Case study in Montreal, Quebec, Canada", Transportation Research Record, 2555(1), pp.86–94.

-Nadimi, N., Behbahani, H., & Shahbazi, H., (2016), "Calibration and validation of a new time-based surrogate safety measure using fuzzy inference system", Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 3(1), pp.51–58.

-Organization, W. H., (2018), "Global status report on road safety 2018: summary", World Health Organization.

-Phajongkha, P., Kanitpong, K., & Jensupakarn, A., (2022), "Factors contributing to the severity of motorcycle rear-end crashes in Thailand", Traffic Injury Prevention, pp.1–5.

-Sander, U., (2017), "Opportunities and limitations for intersection collision intervention A study of real world 'left turn across path'accidents", Accident Analysis & Prevention, 99, pp.342–355.

-Sayed, T., Zaki, M. H., & Autey, J., (2013), "Automated safety diagnosis of vehicle–bicycle interactions using computer vision analysis", Safety Science, 59, pp.163–172.

application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections", KTH.

-Ding, C., Rizzi, M., Strandroth, J., Sander, U., & Lubbe, N., (2019), "Motorcyclist injury risk as a function of real-life crash speed and other contributing factors", Accident Analysis & Prevention, 123, pp.374–386.

-Dodge, L. D., Halladay, M., & America, I. T. S., (n.d.), (2018), "Motorcycle Safety and Intelligent Transportation Systems", pp.10-11.

-Guo, F., Klauer, S. G., McGill, M. T., & Dingus, T. A., (2010), "Evaluating the relationship between near-crashes and crashes: Can near-crashes serve as a surrogate safety metric for crashes?".

-Horst, A. R. A., (1986), van der, & Kraay, JH (1986), "The Dutch conflict observation technique, DOCTOR", Proceedings of.

-Kloeden, C. N., McLean, J., & Glonek, G. F. V., (2002), "Reanalysis of travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia", Australian Transport Safety Bureau.

-Kovácsová, N., Grottoli, M., Celiberti, F., Lemmens, Y., Happee, R., Hagenzieker, M. P., & de Winter, J. C. F., (2020), "Emergency braking at intersections: A motion-base motorcycle simulator study", Applied Ergonomics, 82, 102970.

-Kraay, J. H., Van Der Horst, A. R. A., & Oppe, S., (2013), "Manual conflict observation technique DOCTOR (Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research)".

-Kronprasert, N., Sutheerakul, C., Satiennam, T., & Luathep, P., (2021), "Intersection Safety Assessment Using Video-Based Traffic Conflict Analysis: The Case Study of Thailand", Sustainability, 13(22), pp.12722.

-Scholl, L., Elagaty, M., Ledezma-Navarro, B., Zamora, E., & Miranda-Moreno, L., (2019), "A surrogate video-based safety methodology for diagnosis and evaluation of low-cost pedestrian-safety countermeasures: the case of cochabamba, bolivia", Sustainability, 11(17), 4737.

-Stanojević, D., Stanojević, P., Jovanović, D., & Lipovac, K., (2020), "Impact of riders' lifestyle on their risky behavior and road traffic accident risk", Journal of Transportation Safety & Security, 12(3), pp.400–418.

-Tageldin, A., Sayed, T., & Wang, X., (2015), "Can time proximity measures be used as safety indicators in all driving cultures?" Case study of motorcycle safety in China. Transportation Research Record, 2520(1), pp.165–174.

-Wijers, P. J., (2021), "Speed reduction methods to promote road safety and to save lives.

-Yousif, M. T., Sadullah, A. F. M., & Kassim, K. A. A., (2020), "A review of behavioural issues contribution to motorcycle safety", IATSS Research, 44(2), pp.142–154.

-Zheng, L., Ismail, K., & Meng, X., (2014), "Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights", Canadian Journal of Civil Engineering, 41(7), pp.633–641.

Evaluation of the Vehicles and Motorcycles Conflict Indicator Based on the Speed of Users in Urban Intersections

Seyed Ali Mohseni Motlagh, M.Sc. Grad., Department of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Amin Mirza Boroujerdian, Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: boroujerdian@modares.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT

According to the statistics of the Iranian Legal Medicine Organization in 2019, about 17,000 people died in driving accidents in Iran, which about 3,300 of them were motorcycles' passengers. Also, intersections all over the world include a major share of accidents. Therefore, due to the increase in the use of motorcycles in the world and their low safety level, it is important to study the impact of various variables on safety of motorcycles at intersections. Among the variables, the movement speed is particularly important due to its direct relationship with the severity of injuries caused by accidents. In this study, which was conducted by video analysis method, a total of 304 conflicts between vehicles and motorcycles were investigated at intersections in Qom. Then, using one-way ANOVA analysis, an attempt was made to evaluate the effect of road users' movement speed on the safety of motorcyclists in conflict with vehicles at urban intersections, based on TTC and PET conflict indicators. For this purpose, Conflict indicators were investigated in two critical and non-critical states. As a result, the value of vehicle's speed has a significant effect on making a conflict critical, so that it was 13 and 25 percent higher than the similar values in the non-critical states of TTC and PET indicators, respectively; while the amount of motorcycle's speed did not show significant difference in critical situations. It means that in conflicts between vehicles and motorcycles at intersections, among the different road users' speed, the main factor that makes a conflict critical and results in accidents, is the increase in the vehicles' speed not the motorcycles' speed. Therefore, proper safety measures to reduce the speed of these vehicles at intersections such as the use of intelligent speed adaptation systems or infrastructure measures such as visual signs or speed bumps are priorities.

Keywords: Speed of Road Users, Traffic Safety, Post Encroachment Time Indicator, Time to Collision Indicator