

شناسایی متغیرهای تأثیر گذار در ایمنی عابر پیاده در تداخل با موتورسیکلت در تقاطع بدون چراغ براساس شاخص زمان تا تصادف

مصطفی شفاعتی، دانشجوی دکتری، گروه برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
رضا خیری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امین میرزا بروجردیان*، استادیار، دانشکده عمران، گروه راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Boroujerdian@modares.ac.ir

دریافت: ۹۸/۰۳/۱۲ - پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۰

صفحه ۴۶-۳۳

چکیده

کم بودن سطح ایمنی ترافیک، مانعی جدی برای توسعه پایدار است. ایمنی عابران پیاده از مسائل مهم پیش روی پژوهشگران ایمنی حمل و نقل است. تقاطع‌های بدون چراغ به دلیل فقدان کنترل‌کننده‌های ترافیکی و تعداد برخوردهای بالا بین عابر و وسیله، مکانی مخاطره آمیز برای عابران پیاده محسوب می‌شوند. تداخل عابران پیاده با موتورسیکلت‌ها و متغیرهای مؤثر بر شدت این تداخل‌ها، از مسائلی هستند که کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از روش پردازش تصاویر بدست آمده‌اند. تأثیر متغیرهای مختلف مرتبط با عابر پیاده و موتورسیکلت سواران بر شاخص تداخلی زمان تا تصادف با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون خطی انجام شد. تقاطع مورد بررسی در این تحقیق، در محل تقاطع خیابان وصال شیرازی (خیابان اصلی) به بزرگمهر (خیابان فرعی) است. در نهایت، پس از انجام تحلیل‌ها مشخص شد در درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد، متغیرهایی از جمله جهت حرکت عابر پیاده، گروهی بودن حرکت عابران پیاده و جهت حرکت موتورسیکلت به ترتیب با ضرایب $-۰/۲۲$ ، $-۰/۳۲$ ، $۰/۲۸$ در شاخص زمان تا تصادف تأثیرگذار بودند.

واژه‌های کلیدی: ایمنی عابر پیاده، تقاطع بدون چراغ، شاخص زمان تا تصادف، تداخل بین موتورسیکلت و عابر

۱-مقدمه

هستند (WHO, 2017). به دلیل عدم وجود برخی از کنترل‌کننده‌های ترافیکی مانند چراغ راهنمایی در تقاطع‌های بدون چراغ، عابران پیاده در این تقاطع‌ها بیشتر در معرض خطر قرار می‌گیرند. مثلاً در کشور چین تعداد تصادفات منجر به فوت در تقاطع‌های بدون چراغ و چراغ دار به ترتیب ۱۳ و ۵ درصد است (Liu et al., 2014). در ایالات متحده نیز ۷۰ درصد تصادفات مرگبار تقاطع‌ها بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ در تقاطع‌های بدون چراغ اتفاق افتاده است (McGee et al., 2015). همچنین در رابطه با بقیه کاربران آسیب پذیر راه مانند موتورسیکلت‌سواران هم بعضاً شرایط مناسب نیست. مثلاً در کشور مالزی تعداد بالای تصادفات موتورسیکلت سواران، دولتمردان این کشور را برای احداث خطوط ویژه

تقاطعات، اتصالات مهمی از راه‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل شهری هستند که تأمین ایمنی آن‌ها در سیستم‌های ترافیکی از اهمیت بالایی برخوردار است (Lu et al., 2011). در تقاطعات، تداخل‌های ترافیکی به آسانی ایجاد می‌شوند که این موضوع باعث شده که تقاطعات، به عنوان مکانی که احتمال وقوع تصادف در آن بیش از مکان‌های دیگر است شناخته شود. در سال‌های اخیر موضوع ایمنی در تقاطعات، نظر محققان بسیاری را به خود جلب کرده است. در این بین، ایمنی کاربران آسیب پذیر بیشتر مورد توجه محققان واقع شده است زیرا طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی، نیمی از کشته‌شدگان حوادث رانندگی، کاربران آسیب پذیر شامل عابران پیاده، موتورسیکلت‌سواران و دوچرخه‌سواران

با تداخل عابر با وسایل نقلیه دیگر و همین طور تداخل عابر با موتورسیکلت‌ها به طور ویژه آورده می‌شود.

۲-۱- تداخل و برهم کنش عابر پیاده با موتورسیکلت و دوچرخه

توضیح این نکته ضروری است که با توجه به اینکه بر اساس دانش نویسندگان تحقیقات کمی در رابطه با تداخل موتورسیکلت و عابران وجود دارد، در این قسمت نتایج مهم ترین تحقیقات درباره تداخل دوچرخه و عابران پیاده هم آورده شود. زیرا موتورسیکلت و دوچرخه از جنبه های بسیاری به هم شباهت دارند. هر دو در شبکه های حمل و نقل شهری در اقلیت هستند، از نظر فیزیکی کوچکتر هستند، قابلیت رویت کمتری دارند، فاقد حفاظت فیزیکی هستند، پایداری کمتری دارند و هر دو به نسبت وسایل نقلیه چهارچرخ بیشتر تحت تأثیر خرابی‌ها و دست اندازهای سطح راه قرار می‌گیرند. همچنین برخی از محققان معتقدند شکل و شمایل تصادف با وسایل نقلیه دیگر در هر دو آن‌ها شبیه به هم هستند (Haworth et al., 2013). بنابراین با وجود این شباهت‌ها و کم‌تر بودن مطالعات درباره تداخل موتورسیکلت و عابر، در این مقاله به مهترین مطالعات سال‌های اخیر در رابطه با تداخل عابر و دوچرخه نیز پرداخته می‌شود. کراندل و همکاران تحقیقی را در زمینه ارتباط تجربه موتورسیکلت سوار با درک خطر انجام دادند. تحقیق بر روی ۶۱ داوطلب انجام شد. آن‌ها داوطلبان را به سه دسته مبتدی، تجربی و پیشرفته (آموزش دیده) تقسیم کردند. زمان پاسخ به خطر نشان داد که موتور سواران پیشرفته سریع‌ترین عکس العمل را داشتند. در حالی که کندترین عکس العمل متعلق به موتورسیکلت سواران تجربی بود و نه مبتدی (Crundall et al., 2013). هاوورث و همکاران در تحقیقی، در شش مکان مجموعاً ۴۵۲۲ دوچرخه سوار را در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲، مشاهده و ثبت کردند. تنها ۱/۷ درصد آنها با عابران پیاده یا وسایل نقلیه موتوری تداخل داشتند. ضمناً هیچ تصادفی هم مشاهده نشد. از دلایل افزایش شانس تداخل بین دوچرخه سواران و عابران پیاده عبارت بودند از: مرد بودن دوچرخه سوار، بالا بودن چگالی عابران پیاده، دو طرفه بودن راه و غیره (Haworth et al., 2014). پاسکالیدیس و همکاران در یک کار پرسشنامه ای ۳۰۶ دوچرخه سوار را

برای موتورسیکلت سواران مجاب کرده است (Harnen et al., 2003). برخی از تحلیل‌ها نشان می‌دهند که سازگاری بین گروه‌های متفاوت کاربران راه در تقاطع‌ها، بعضاً مورد تهدید است. مثلاً رانندگان اتوموبیل در تقاطع‌ها آزادی عمل کمتری نسبت به عابران پیاده، موتورسیکلت سواران و دوچرخه سواران دارند. همین طور، این کاربران نسبت به رانندگان، رفتار غیر قابل پیش‌بینی‌تری دارند. آزادی عمل بیشتر و داشتن رفتار غیر قابل پیش‌بینی، منجر به بروز خطرات و تداخل می‌شود (Salmon et al., 2014). عابران پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ در معرض برخورد با موتورسیکلت‌ها و اتوموبیل‌ها هستند. موتور سیکلت‌ها در مقایسه با اتوموبیل‌ها، پتانسیل بیشتری در ارتقای حمل و نقل پایدار دارند (Jittrapirom et al., 2017) با این وجود هم در تداخل با عابر و هم اتوموبیل‌ها می‌توانند ایمنی خود و دیگران را به خطر بیندازند. تداخل عابر با موتورسیکلت کمتر مورد بررسی و موشکافی قرار گرفته است. لذا این تحقیق به طور کامل به این مسأله اختصاص داده شده است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های جایگزین برای آمار تصادفات به منظور مطالعه ایمنی کاربران آسیب پذیر رواج بیشتری یافته است زیرا آمارهای تصادف از مشکلات متعددی مانند عدم گزارش دقیق همه تصادفات، عدم مشخص بودن محل دقیق تصادف و غیره رنج می‌برند (Fu et al., 2016). در روش‌های جایگزین برای آمار تصادفات از شاخص‌هایی مانند زمان تا تصادف (TTC) و شاخص زمان تخطی (PET) و غیره استفاده می‌شود. هدف اصلی این تحقیق شناسایی عواملی است که می‌تواند ایمنی عابران پیاده بر اساس شاخص زمان تا تصادف را در تداخل با موتورسیکلت‌ها به خطر بیندازد. با شناسایی متغیرهای تأثیرگذار، بهتر می‌توان تمهیدات لازم را برای تأمین ایمنی عابران اندیشید.

۲- پیشینه تحقیق

تحقیق پیش رو در واقع تلاشی به منظور بررسی متغیرهای تأثیرگذار در ایمنی عابر پیاده در تداخل با وسایل نقلیه دیگر و به طور ویژه موتورسیکلت‌ها است. بدین ترتیب در این قسمت هم تلاش می‌شود تا نتایج آخرین تحقیقات در رابطه

۲-۲- ایمنی عابران پیاده در تقاطع‌ها

به طور کلی مطالعاتی که تاکنون در زمینه‌ی تداخلات عابرپیاده و وسیله‌ی نقلیه در تقاطعات صورت گرفته، در بسیاری از موارد محدود به مطالعه عوامل تاثیرگذار در تداخل مانند خصوصیات فردی، شرایط ترافیکی تقاطع موردنظر و عوامل محیطی در تقاطعات و گذرهای مخصوص عبور عابران پیاده بوده است. در ادامه به مهمترین مطالعات در همین رابطه پرداخته می‌شود. یاگیل، در نتایج تحقیقش دریافت که مردان نسبت به زنان از درجه آگاهی و هوشیاری کمتری هنگام عبور از گذرهای مخصوص عابران پیاده در تقاطعات برخوردار هستند و در نتیجه نرخ تداخلات جدی و تصادفات مردان نسبت به زنان بیشتر است (Yagil, 2000).

گرینوالد و همکاران نشان دادند که با افزایش عرض خطوط عبوری، میزان نرخ برخوردها برای حرکت گردش به چپ افزایش اندکی می‌یابد (Greenwald et al., 2001). آکین و همکاران تداخل‌های عابر پیاده و وسایل نقلیه چپ گرد را در ۳ تقاطع چراغدار بررسی کردند. در این مطالعه، فرکانس تداخل‌ها به طور خطی با حجم ساعتی وسایل چپ-گرد و حجم ساعتی عابران پیاده مرتبط است. به طور مثال در یک دوره ۲۴ ساعته تعداد تداخل‌ها، معادل حجم چپگرد است (Akin et al., 2007). ژنگ و همکاران، در تحقیقاتشان به این نتیجه رسیدند که عابران سالمند، نسبت به عابران جوان در معرض خطر برخورد بالاتری قرار دارد. زیرا، توانایی پیاده‌روی عابران سالمند، کمتر است (Zheng et al., 2014). سالیانو و همکاران، تعداد تداخل‌ها را با استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی به دست آوردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که منظور تخمین تعداد تداخل‌ها، سرعت، مهم‌ترین متغیر است (Saulino et al., 2015).

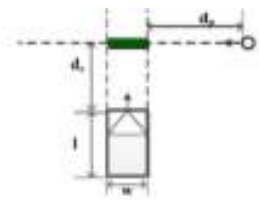
وونهو و همکاران با استفاده از مدل‌های ریاضی، تعداد تداخل را در ۹ تقاطع چراغدار بررسی کردند. در این تقاطع-ها حرکت راستگرد در هنگام چراغ قرمز مجاز بود. تعداد تداخل‌ها با چگالی عابران پیاده در هنگام سبز بودن چراغ عابر و همچنین حجم وسایل نقلیه راستگرد ارتباط مستقیم داشت (Wonho Kim et al., 2016). لارشین و همکاران در سال ۲۰۱۶، شدت تداخل‌های عابر و وسیله را مطالعه کردند. مشاهده شد که شدت تداخل به طور غیر خطی با افزایش سرعت وسیله نقلیه افزایش می‌یابد. شدت تداخل با

بررسی کردند. ۶۴ درصد از آن‌ها تجربه حداقل یک بار تداخل و برخورد با عابران پیاده را داشتند. در این تحقیق از دوچرخه سواران پرسیده شد که خود را مسئول این برخورد می‌دانند یا عابر پیاده را؟ نتایج نشان دادند که اکثر دوچرخه سوارانی که خود دارای اتوموبیل شخصی بودند، نسبت به آن‌هایی که اتوموبیل شخصی نداشتند، عابران را مسئول تصادم می‌دانستند. دوچرخه‌سواران درباره تصادم‌هایی که در محل‌های عبوری عابران پیاده مانند پیاده‌راه‌ها یا قسمت‌های خط‌کشی عابر به وقوع می‌پیوستند، بیشتر حق را به عابران می‌دادند. زیرا عابران پیاده در این قسمت‌ها قانوناً حق عبور دارند. در رابطه با تداخل‌ها هم همین قضاوت از جانب دوچرخه سواران صادق بود (Paschalidis et al., 2016). بوفوس و همکاران، سرعت ۵۴۲۱ دوچرخه سوار را که در نواحی مشترک با عابران پیاده می‌رانند، در سیدنی استرالیا اندازه‌گیری کردند. آن‌ها دریافتند که دوچرخه سواران سرعت خود را بر اساس وجود عابران پیاده در مسیر مشترک و همچنین شرایط مسیر تنظیم می‌کنند. مسیرهای ویژه‌ای که در آن‌ها خط عبوری دوچرخه و عابر از هم جدا شده بودند باعث افزایش سرعت دوچرخه سواران بدون به خطر افتادن ایمنی عابران می‌شود (Boufous et al., 2018). بایتل و همکاران، با بررسی ۲۷۳۹ برهم‌کنش بین دوچرخه‌سواران و عابران پیاده به این نتیجه رسیدند که سرعت دوچرخه سواران و چگالی عابران پیاده دارای ضریب همبستگی منفی هستند در حالی که چگالی عابران و نرخ تداخل‌ها دارای ضریب همبستگی مثبت‌اند. دوچرخه سوارانی که در تداخل با عابران پیاده قرار دارند، عموماً سرعت خود را نسبت به سایر دوچرخه‌سواران کاهش می‌دهند. در واقع، دوچرخه‌سواران درگیر در تداخل با عابر، رفتار خود را مطابق شرایط تغییر می‌دهند (Beitel et al., 2018). شین و همکاران تصادفاتی را که در آن‌ها موتورسیکلت سواران مقصر بودند، بررسی کردند. این راکبان، همگی از موتورسیکلت به عنوان وسیله‌ای برای کسب درآمد استفاده می‌کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که در ۶۷۱ تصادف جرحی، ۵۰/۶ درصد راکبان جوان‌تر از ۴۰ سال بودند. ۴۷/۲ درصد آن‌ها تجربه کاری کمتر از ۶ سال داشتند و در ۶۷/۵ درصد موارد، از دست دادن کنترل موتورسیکلت توسط خود راکبان منجر به حادثه شده بود (Shin et al., 2018).

همانگونه که در ابتدای تحقیق هم آورده شد، در این مقاله، ارزیابی ایمنی عابر پیاده با موتورسیکلت‌ها با استفاده از شاخص زمان تا تصادف صورت می‌گیرد. بنابراین در این قسمت این شاخص، معرفی می‌شود. در صورتی که $Tc1$ و $Tc2$ به عنوان زمان‌هایی ثبت شوند که یک وسیله نقلیه به ناحیه تداخل وارد یا از آن خارج می‌شود و $Tp1$ و $Tp2$ هم زمان‌هایی باشند که عابر پیاده به ناحیه تداخل وارد و از آن خارج می‌شود و $t0$ هم زمانی باشد که عکس العمل ناگهانی اتفاق می‌افتد و نقطه i نقطه‌ای باشد در بازه $[t0, \min(Tc, Tp)]$ ، همچنین $dc(i)$ هم فاصله جلوی وسیله نقلیه تا نقطه برون‌یابی شده برخورد وسیله نقلیه و عابر در زمان i باشد و همچنین $vc(i)$ و $vp(i)$ به ترتیب سرعت وسیله نقلیه و عابر پیاده در زمان i باشند، l طول وسیله نقلیه و w عرض آن باشد، روش محاسبه TTC به صورت زیر است:

کمینه فاصله عابر و وسیله در حین تداخل نیز رابطه عکس داشت (Laureshyn et al., 2016). شفاعتی و بروجردیان نیز با استفاده از تحلیل آنوای یکطرفه نشان دادند که تداخل عابر پیاده با وسایل نقلیه با حرکت مستقیم، می‌تواند ایمنی عابران را در تقاطع بدون چراغ بیشتر به خطر اندازد (Broujerdian and Shafaati., 2018). با بررسی همه مطالعات بالا، ملاحظه می‌شود که تداخل عابر با موتورسیکلت در تقاطع‌های بدون چراغ کمتر مورد بررسی و موشکافی واقع شده است. در این تحقیق به چنین موضوعی به طور مفصل پرداخته خواهد شد. در همین راستا، تلاش می‌شود تا متغیرهای موثر در کاهش ایمنی عابر پیاده بر اساس شاخص زمان تا تصادف در مواجهه با موتورسیکلت، با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون خطی شناسایی شود.

۳-۲- معرفی و روش به دست آوردن شاخص‌های TTC



شکل ۱. شمایی کلی از وسیله نقلیه و عابر پیاده به منظور محاسبه شاخص زمان تا تصادف

TTC: اگر ابتدا عابر پیاده عبور کند در این صورت TTC از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Ni et al., 2016).

(۱)

$$\left(\frac{dp(i)+w}{vp(i)}, \frac{dc(i)}{vc(i)} \right)$$

$$TTC(i)=\max$$

اگر ابتدا وسیله نقلیه عبور کند، آن گاه TTC از رابطه (۲) محاسبه خواهد شد.

(۲)

$$TTC(i)=\max\left(\frac{dp(i)}{vp(i)}, \frac{dc(i)}{vc(i)}\right)$$

(۳)

$$TTCmin=\min(TTC(i))$$

در این تحقیق، تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و مدل رگرسیون خطی انجام می‌شود.

۳- روش تحقیق

تقاطع ۹۰ درجه است. فیلم برداری از تقاطع از بام ساختمانی شش طبقه به ارتفاع ۱۷ و فاصله تقریبی ۳۰ متر از تقاطع انجام شد. در این تقاطع، خیابان اصلی، وصال شیرازی و

در این پژوهش، تقاطع بدون چراغ چهار رویکردی خیابان‌های وصال شیرازی و بزرگمهر در تهران در نظر گرفته شده است. شیب چهار مسیر منتهی به تقاطع صفر و زاویه

از تقاطع مشاهده می شود. برداشت داده‌ها در فصل تابستان و در طی دو روز و در هنگام روز و قبل از غروب آفتاب انجام شد و در نهایت حدود ۸ ساعت فیلم به دست آمد. در ضمن سطح روسازی در هنگام فیلمبرداری خشک بود.

فرعی، بزرگمهر است. خیابان وصال شیرازی دارای سه خط عبوری و چراغ چشمک زن زرد است. خیابان بزرگمهر نیز دو خط عبوری و چراغ چشمک زن قرمز دارد. شایان ذکر است که هر دو خیابان دارای میانه‌اند. در شکل ۳، تصویری



شکل ۳. تقاطع خیابان وصال (V) و بزرگمهر (B)

و گرفتن خروجی از این برنامه است. شکل (۴) نمونه‌ای از خروجی برنامه متلب است. در نهایت ۲۶۷ مشاهده از تداخل عابر پیاده و وسیله نقلیه، به منظور محاسبات آماری به دست آمد. روش آماری مورد استفاده به منظور تحلیل داده‌ها در این تحقیق، مدلسازی رگرسیون خطی است. همچنین از نرم افزار STATA برای مدل‌سازی استفاده شد.

به طور کلی مراحل انجام شده برای جمع‌آوری داده در این تحقیق شامل فیلم‌برداری (به مدت دو روز)، تبدیل فیلم‌های موجود به فیلم‌های شانزده دقیقه‌ای برای بررسی بهتر تداخلات، برداشت زمان‌های تداخل در فیلم‌های شانزده دقیقه‌ای، انجام عملیات مسیریابی به وسیله نرم‌افزار کینوا و بدست آوردن داده‌های خام که همان مختصات و زمان بر حسب میلی ثانیه هستند، انتقال داده‌های خام به برنامه متلب

شکل ۴ خروجی برنامه متلب

۴- نتایج و تحلیل داده‌ها

در این قسمت نتایج حاصل از تحلیل‌ها آورده می‌شود.

۴-۱-۱- معرفی متغیرهای وابسته

TTC: شاخص زمان تا تصادف

۴-۱- معرفی متغیرها

در این قسمت متغیرهای مستقل و وابسته ای که در مدل به کار رفته شده، معرفی می‌شود.

۴-۱-۱- معرفی متغیرهای مستقل

TTCfp: شاخص زمان تا تصادف در حالی که سرعت عابر پیاده ثابت و برابر میانگین سرعت عابر در تمام مدت تداخل در نظر گرفته شده است.
CMS: میانگین سرعت موتورسیکلت تا لحظه اتمام برهم کنش.

DEN (direction): یک متغیر مجازی است که در آن، در صورتی که جهت حرکت عابر از چپ به راست باشد، عدد متغیر ۱ و در غیر این صورت، ۰ منظور خواهد شد.

AbA: یک متغیر مجازی است که در آن، در صورتی که جهت حرکت موتورسیکلت از خیابان اصلی به اصلی باشد، عدد متغیر ۱ و در غیر این صورت، ۰ منظور خواهد شد.
NOP: یک متغیر مجازی است که در آن در صورتی که گروهی از عابران در تداخل با موتورسیکلت باشند، عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ را می‌گیرد.

۴-۲- مدل رگرسیون خطی در حالت متغیر وابسته

بودن TTC

نتیجه این مدل در جدول ۱ دیده می‌شود.

جدول ۱. مدل رگرسیون خطی برای متغیر متغیر وابسته TTC

Prob > F	0		
R-squared	۴۵۲۵/۰		
Adj R-squared	۴۴۲۰/۰		
منبع	df	ss	ms
مدل	۵	۱۱۹/۴۶	۲۳/۸۹
باقی مانده	۲۶۲	۱۴۴/۵۵	۰/۵۵
کل	۲۶۷	۲۶۴/۰۱	۰/۹۸

TTC	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	T	P > T	حد پایین	حد بالا
TTCfp	۰/۵۴	۰/۰۴۴	۱۲/۲۷	۰/۰۰۰	۰/۴۵	۰/۶۲
CMS	-۰/۶۷	۰/۰۲۷	-۲/۴۸	۰/۰۱۴	-۰/۱۲	-۰/۰۱
DEN	-۰/۲۲	۰/۰۹۳	-۲/۴۵	۰/۰۱۵	-۰/۴۱	-۰/۰۴
AbA	-۰/۳۲	۰/۱۲۱	-۲/۶۹	۰/۰۰۸	-۰/۵۶	-۰/۰۸
NOP	۰/۲۸	۰/۱۲۲	۲/۳۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۹	۰/۵۲
CONS	۱/۴	۰/۱۷۵	۸/۱۹	۰/۰۰۰	۱/۰۹	۱/۷۸

بررسی نرمال بودن توزیع خطاها

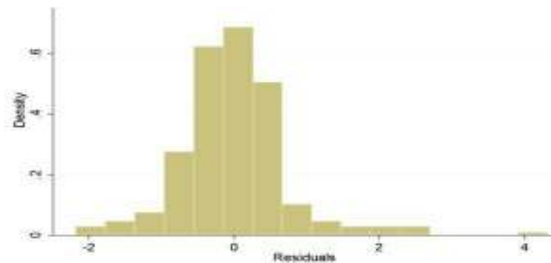
همان‌گونه که در شکل (۵) نشان داده شده است خطاها به طور تقریبی از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. ذکر این نکته ضروری است که طبق مراجع موجود، تقریبی بودن توزیع نرمال هم کافی است و لازم نیست توزیع دقیقاً توزیع نرمال باشد (Washington et al., 2010).

۴-۲-۱- اعتبار سنجی مدل TTC

به منظور ناریب بودن مدل و اعتبار سنجی مدل باید مراحل زیر طی شوند:

تصادفی بودن انتخاب نمونه‌ها

در این تحقیق با توجه به آنکه شانس ثبت همه تداخل‌ها به عنوان مشاهده یکسان بود، بنابراین این شرط برقرار بود.



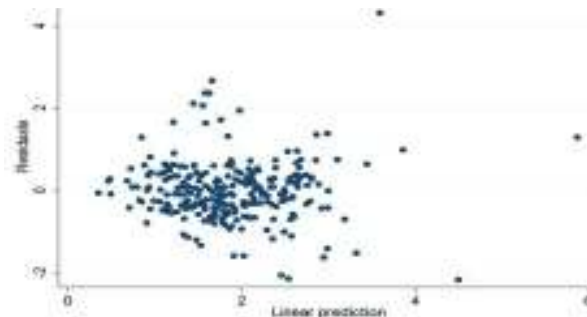
شکل ۵. نمودار توزیع نرمال خطاها برای مدل مربوط به تداخل موتورسیکلت و عابر پیاده بر اساس شاخص TTC

بررسی عدم ارتباط خطاها با متغیرهای مستقل در مدل

شکل علاوه بر نداشتن شکل هندسی متقارن، نسبت به $y=0$ تقارن تقریبی دارد و بنابر این مدل از این نظر نیز مناسب است.

با توجه به جدول (۲) کاملاً مشخص است که با توجه به صفر شدن مقادیر بین خطاها و متغیرهای مستقل، هیچ گونه همبستگی بین خطاها و متغیرهای مستقل وجود ندارد.

در مدل رگرسیون خطی، خطا نباید هم با ترکیبهای خطی و غیر خطی متغیرهای مستقل و هم با تک تک آنها ارتباط دقیق داشته باشد. رسم نمودار خطاها در مقابل مقادیر بدست آمده از مدل، روش مناسبی در کنترل این دو شرط است. نمودار حاصل نباید دارای شکل هندسی منظمی باشد. این نمودار همچنین باید نسبت به نقطه $y=0$ تقارن تقریبی داشته باشد. همان طور که در شکل (۶) نشان داده شده است. این



شکل ۶. نمودار خطا در مقابل مقادیر به دست آمده از مدل مربوط به تداخل موتورسیکلت و عابر پیاده بر اساس شاخص TTC

جدول ۲. بررسی همبستگی خطاها و متغیرهای مستقل در مدل مربوط به تداخل موتورسیکلت و عابر پیاده بر اساس شاخص TTC

خطا	TTCfp	CMS	DAN	AbA		
خطا	۱					
TTCfp	۰	۱				
CMS	۰	۰/۱۶	۱			
DEN	۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۱		
AbA	۰	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۳	۱	
NOP	۰	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۱۰	۱

بررسی عدم وجود رابطه دقیق بین متغیرهای مستقل

اگر متغیرهای مستقل با هم رابطه دقیق داشته باشند و در واقع R^2 به ۱ برسد مدل اریب خواهد شد. یکی از روشهای مناسب برای بررسی وجود یا عدم وجود این مشکل استفاده از پارامتر VIF است. در ادامه حاصل این بررسیها در نرم افزار STATA در جدول (۳) نشان داده شده است.

متغیرهای مستقل مدل نباید با هم رابطه دقیق داشته باشند. این موضوع را می توان از طریق کنترل هم خطی چندگانه بررسی کرد. این نوع همخطی، زمانی اتفاق می افتد که متغیرهای مستقل با هم رابطه نزدیک به دقیق داشته باشند. در واقع رگرسیون آنها دارای مقدار R^2 بسیار بالایی باشد.

جدول ۳. کنترل همبستگی چندگانه در مدل

متغیر	VIF	Sort VIF	Tolerance	R ²
TTCfp	۱/۰۵	۱/۰۳	۰/۹۵۰۴	۰/۰۴۹۶
CMS	۱/۰۸	۱/۰۴	۰/۹۲۶۳	۰/۰۷۳۷
DEN	۱/۰۲	۱/۰۱	۰/۹۷۹۲	۰/۰۲۰۸
AbA	۱/۱۰	۱/۰۵	۰/۹۱۱۲	۰/۰۸۸۸
NOP	۱/۰۲	۱/۰۱	۰/۹۸۲۰	۰/۰۱۸۰
Mean VIF	۱/۰۵			

Cond Index	Eigenval
۱/۰۰۰	۳/۷۹۴۵
۲/۱۴۴۴	۰/۸۲۵۲
۲/۲۵۵۷	۰/۷۴۹۵
۳/۱۶۲۴	۰/۳۷۹۴
۴/۲۳۵۹	۰/۲۱۱۵
۹/۳۱۹۸	۰/۰۴۳۷
۹/۳۱۹۸	CN*

*Condition Number

هم خطی چند گانه در مدل وجود دارد اما با توجه به اینکه این عدد خیلی با ۱۰۰ فاصله دارد بنابراین چنین مشکلی در مدل وجود ندارد. با کنترل شرایط بالا، اثبات می شود که این مدل ناریب است. یکی از مزایای این مدل این است که در آن مشکل بد مشخص سازی وجود ندارد. با استفاده از آزمون رمزی این مسأله را می توان بررسی کرد. عدم استفاده از متغیر مستقل مناسب، باعث پدیدار شدن چنین مشکلی در مدل می شود. در صورتی که $p\text{-value}$ از ۰/۰۵ بیشتر نباشد این مشکل به صورت جدی در مدل وجود دارد. همانطور که ملاحظه می شود طبق جدول (۴) در این مدل این مشکل وجود ندارد.

اگر عدد Mean VIF در انتهای ستون دوم جدول اول، بزرگتر از ۱۰ باشد این مشکل وجود دارد و در صورتی که بزرگتر از ۱۰ نباشد این مشکل وجود ندارد. همانطور که مشخص است چون این عدد کوچکتر از ۱۰ است پس این مشکل وجود ندارد. هم چنین R-Squared که در ستون آخر جدول اول وجود دارد در واقع R-Squared حاصل از رگرسیون کردن هر کدام از متغیرهای مستقل بر بقیه متغیرهای مستقل است. مقادیر بسیار کم آن ها نشان دهنده این است که بین متغیرهای مستقل مدل مشکل هم خطی چندگانه وجود ندارد. در انتهای جدول (۳) عدد CN کمتر از ۱۰ است، در صورتی که این عدد بالای ۱۰ باشد، مشکل

جدول ۴. آزمون رمزی در مدل مربوط به تداخل موتورسیکلت و عابر پیاده بر اساس شاخص TTC

سطح معنی داری	آماره F
۰/۲۰۷۸	۱/۵۳

۴-۳- تفسیر مدل

انجام شده است. مثلا سوزوکی و ایتو در سال ۲۰۱۷ از همین روش برای تفسیر مدل رگرسیون خطی ساخته شده به منظور بررسی تداخل عابر پیاده و وسیله نقلیه با استفاده از شاخص زمان پس از تخطی اصلاح شده (EPET) در حرکت چپ گرد در تقاطع چراغدار استفاده کرده اند (Suzuki & Ito.,

پس از اثبات ناریب بودن و دقیق بودن مدل با آزمون های متعدد، در این قسمت به طور مفصلی درباره نتایج مدل و تفسیر آن بحث می شود. بحث و بررسی ها بر علامت ضرائب متغیرهای مستقل مدل رگرسیون خطی انجام می شود. تفسیر علامت ضرائب و در واقع تفسیر تأثیر مثبت یا منفی متغیر مستقل در متغیر وابسته، روشی است که در مطالعات بسیاری

قبولی دارد. بنابراین استفاده از این متغیر در این مدل قابل توجیه است. در ادامه اثبات تفاوت این متغیر با TTC با استفاده از تحلیل آنوای یک طرفه انجام می‌شود. تحلیل آنوای یک طرفه شش شرط اصلی دارد که این شروط عبارتند از:

- ۱- متغیر وابسته باید به صورت پیوسته باشد. در این تحقیق، متغیر وابسته شاخص TTC است که متغیری پیوسته است.
 - ۱- متغیر مستقل باید شامل حداقل دو گروه مستقل و دسته بندی شده باشند. در این تحقیق متغیر مستقل، ثابت بودن یا نبودن سرعت عابر پیاده است. این شرط هم برقرار است.
 - ۲- مشاهدات باید مستقل از هم باشند. این شرط هم در این قسمت برقرار است زیرا داده‌های موجود در هر دو گروه با هم ارتباط دقیقی ندارند.
 - ۳- نباید مشاهداتی وجود داشته باشند که دارای داده‌های outlier هستند. در این داده‌ها، مشاهداتی که دارای داده‌های outlier هستند شناسایی شده و از روند مطالعه کنار گذاشته شدند. مشاهداتی که با میانگین فاصله زیادی داشتند از گروه‌ها حذف شدند.
 - ۴- داده‌ها در هر گروه باید به طور تقریبی توزیع نرمال داشته باشند. در صورتی که این شرط تا حدی نقض شود، مشکل خاصی پیش نمی‌آید زیرا تحلیل واریانس یکطرفه حساسیت کمی نسبت به نرمال نبودن توزیع دارد. توزیع در این داده‌ها به طور تقریبی نرمال است. به دلیل خلاصه کردن، نتایج مربوط به بررسی نرمال بودن آورده نمی‌شود.
 - ۵- واریانس باید در تمام گروه‌ها هموزنیزه باشد. یعنی به عبارتی واریانس داده‌ها در تمام گروه‌ها باید با هم برابر باشند. این کار با استفاده از آزمون لون انجام می‌شود. در همه گروه‌های داده‌ها این شرط برقرار است (Lard, 2018).
- به منظور کنترل شرط ششم، آزمون لون انجام شد که نتایج آن در جدول (۵) دیده می‌شود.

۲۰۱۷). بنابراین در این مقاله نیز، بحث‌ها بر روی علامت ضرائب متمرکز می‌شود.

۴-۳-۱- تفاوت بین TTC و TTCfp

همان طور که در مدل ملاحظه می‌شود، متغیر وابسته TTC است. اولین متغیر مستقلی که در مدل ظاهر شده است، TTCfp است. این متغیر مستقل در واقع همان شاخص TTC است با این تفاوت که برای بدست آوردن آن، سرعت حرکت عابر پیاده ثابت و برابر سرعت متوسط آن در طول فرآیند تداخل فرض شده است. در نگاه اول، به دلیل پایین بودن سرعت عابر پیاده، ممکن است این گونه تصور شود که این متغیر معادل متغیر وابسته است. اما در واقع این گونه نیست. ثابت در نظر گرفتن سرعت عابر پیاده تفاوت زیادی در نتیجه حاصل از محاسبه این شاخص ایجاد می‌کند. این تفاوت در حدی است که این متغیر در واقع به متغیر جدید تبدیل می‌شود و دیگر به شاخص TTC شباهتی ندارد. نویسندگان این مقاله از محاسبه این شاخص به این شکل، دو هدف عمده داشتند: ۱- اثبات این نکته که ثابت در نظر گرفتن سرعت عابر پیاده، خطای بسیار زیادی در محاسبه شاخص TTC ایجاد و آن را به متغیری جدید که شباهت چندانی با TTC ندارد تبدیل می‌کند. ۲- در صورت اثبات وجود این تفاوت فاحش، از آن در مدلسازی رگرسیون خطی به منظور شناسایی متغیرهای تأثیر گذار بر افزایش یا کاهش شاخص زمان تا تصادف در تداخل عابر با موتورسیکلت استفاده شود. در این بخش، این تفاوت فاحش با استفاده از تحلیل آنوای یک طرفه اثبات می‌شود. درباره هدف دوم هم، همان طور که در مدل و اعتبارسنجی آن ملاحظه شد، این متغیر، به عنوان متغیر مستقل در سطح قابلیت اعتماد ۹۵ درصد معنادار بود. همچنین تمامی آزمون‌ها و تحلیل‌ها به منظور اعتبارسنجی این مدل نشان دادند که مدل، اعتبار قابل

جدول ۵. نتایج آزمون لون برای متغیر TTC

fp	mean	Std. Dev.	Freq.
0	1.8298	0.8783	267
1	1.6196	0.9232	267
Total	1.7247	0.9063	534
W0= 1.2739		Df(1,532)	Pr>F=0.260
W50= 1.1584		Df(1,532)	Pr>F=0.282
W10= 1.2728		Df(1,532)	Pr>F=0.260

گرفت، واریانس‌ها با هم برابر هستند. همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، این مقادیر همگی بیش از ۰/۰۵ هستند. پس

در صورتی که مقادیر $Pr>F$ بزرگتر از ۰/۰۵ باشند، نتیجه مطلوب از این آزمون به دست می‌آید و می‌توان نتیجه

در ستون آخر جدول، $\text{Prob} > F$ از ۰/۰۵ کمتر شده است و این یعنی در بین گروه‌های مختلف در شاخص TTC تفاوت معنادار وجود دارد. بنابراین، اولاً اثبات می‌شود که سرعت عابر پیاده نباید ثابت در نظر گرفته شود و ثانیاً، با ثابت در نظر گرفتن سرعت عابر پیاده و محاسبه شاخص زمان تا تصادف، در واقع یک متغیر جدید به دست آمده است که نویسندگان در این مقاله از این متغیر به عنوان متغیر مستقل در مدل استفاده کرده‌اند.

شرط ششم برقرار است. لازم به ذکر است که در دسته اول fp ها که با ۰ مشخص شده است، در محاسبه TTC سرعت عابر پیاده در طول فرایند تداخل ثابت و برابر با سرعت متوسط آن انجام شده است و در دسته دوم که با ۱ نشان داده شده است، TTC با استفاده از سرعت واقعی عابران پیاده در هر لحظه محاسبه شده‌اند. در تحلیل آن‌ها می‌توان اختلاف چند دسته از مشاهدات را از نظر آماری بررسی کرد. این تحلیل مشخص می‌کند که آیا تفاوت بین دسته‌های مختلف از نظر آماری معنا دار است یا خیر. در جدول (۶) می‌توان نتیجه این تحلیل را ملاحظه کرد.

جدول ۶. تحلیل آنووا برای شاخص TTC

Summary of TTC			
fp	mean	Std. Dev.	Freq.
0	1.830	0.878	267
1	1.620	0.923	267
Total	1.725	0.906	534

Analysis of variance					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Between groups	5.900	1	5.900	7.27	0.0072
Within groups	431.929	532	0.812		
total	437.828	533	0.821		

۴-۳-۲- بحث درباره نتایج مدل

چپ به راست باشد، شاخص TTC کاهش می‌یابد. در این نمونه‌ها، سرعت عابرانی که از سمت چپ به راست حرکت می‌کنند، بیشتر است. یعنی ارتباط سرعت با جهت حرکت رابطه مستقیم است و چون سرعت عابر با TTC رابطه عکس دارد، بنابراین، TTC کاهش می‌یابد. جدول (۷) این موضوع را روشن می‌کند. ضریب همبستگی دو متغیر جهت حرکت عابر پیاده و سرعت عابر، مثبت است. در حالی که ضریب همبستگی دو متغیر سرعت عابر و زمان تا تصادف طبق جدول (۸)، منفی است. یعنی سرعت عابر با TTC، رابطه عکس دارد که این رابطه با توجه به روش به دست آوردن شاخص TTC قابل انتظار است. عابرانی که از سمت چپ موتورسیکلت‌ها به سمت راست حرکت می‌کنند، پیش از تداخل با موتورسیکلت مربوطه از خیابان رو به تقاطع هم عبور می‌کنند. آن‌ها در این بین ممکن است با وسایل نقلیه دیگری نیز تداخل داشته باشند. این تداخل‌های قبلی، می‌تواند باعث بی‌دقتی آن‌ها برای عبور در هنگام برهم کنش با موتورسیکلت شود. بنابراین ممکن است ایمنی آن‌ها نسبت به عابرانی که از راست به چپ می‌آیند بیشتر به خطر

اولین متغیر مستقل موجود، همان TTCfp است. با توجه به ضریب مثبت آن، این متغیر با متغیر وابسته رابطه مستقیم دارد. این رابطه مستقیم قابل توجیه است زیرا با وجودی که با ثابت فرض کردن سرعت عابر پیاده و به دست آوردن شاخص TTC، TTCfp با TTC متفاوت شده است اما ماهیت آن تغییری نکرده است و به گونه‌ای هرچند ناقص، تصویری از ایمنی عابر پیاده در مواجهه با موتورسیکلت‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین، مثبت بودن ضریب آن، قابل توجیه است. متغیر دوم از جدول (۱)، سرعت متوسط موتورسیکلت را نشان می‌دهد که با متغیر وابسته رابطه عکس دارد. با توجه به روش محاسبه شاخص زمان تا تصادف (رابطه (۳))، این شاخص با سرعت موتورسیکلت رابطه عکس دارد. واضح است که هرچه سرعت وسیله نقلیه بیشتر باشد، ایمنی عابر، کمتر می‌شود و با توجه به این که شاخص TTC نیز، کمیته به منظور نشان دادن زمان ایمنی عابر پیاده است، بنابراین قاعدتاً سرعت بالای موتورسیکلت در آن تأثیر منفی می‌گذارد. متغیر بعدی، جهت حرکت عابر پیاده است که با TTC ارتباط عکس دارد یعنی در حالتی که حرکت عابر از

خیابان رو به تداخل نیز عبور می‌کنند. بنابراین این دسته از عابران پیاده کار سخت تری برای تداخل با موتورسیکلت دارند. زیرا پیش از تداخل فعالیت ذهنی بیشتری نسبت به دسته دیگر عابران دارند. همین درگیری ذهنی بیشتر می‌تواند باعث شود ایمنی آن‌ها بیشتر به خطر بیفتد که ضریب منفی متغیر جهت حرکت در مدل هم دقیقاً چنین چیزی را بیان می‌کند. نمونه‌ای از این نوع عابران نیز در شکل (۸) نشان داده شده است.

بیفتد. یادآوری می‌شود که در این تحقیق، تداخل‌هایی بررسی شدند که در آن‌ها موتورسیکلت‌ها حتماً قبل از وقوع تداخل از ناحیه فیزیکی تقاطع عبور می‌کنند. مجدداً ذکر می‌شود که در این حالت، عابرانی که از سمت راست موتورسیکلت به آن نزدیک می‌شوند و با موتورسیکلت تداخل دارند، قبل از تداخل از پیاده رو وارد ناحیه تداخل می‌شوند. نمونه‌ای از این نوع عابران در شکل (۷) نشان داده شده است. حال آن که عابرانی که از سمت چپ می‌آیند، قبل از تداخل از

جدول ۷. برقراری همبستگی بین متغیر مسیر حرکت عابر پیاده و سرعت عابر پیاده در لحظه‌ی زمان تا تصادف کمینه

MPS*	DEN
	DEN
1.0000	0.0723
	MPS

*mean pedestrian speed (سرعت متوسط عابران پیاده در حین فرایند تداخل)

جدول ۸. برقراری همبستگی بین متغیر سرعت عابر پیاده در لحظه‌ی زمان تا تصادف کمینه با زمان تا تصادف

با فرض متغیر بودن سرعت عابر پیاده

TTC	MPS
	MPS
1.0000	-0.0904
	TTC

هنگام تداخل از سمت چپ موتورسیکلت به سمت راست آن حرکت می‌کند، باید پیش از تداخل با موتورسیکلت، نگران تداخل با هر وسیله نقلیه دیگری که در راستای پیکان آبی رنگ قصد ورود به تقاطع را دارد، باشد.

در شکل (۷) و (۸)، پیکان‌های سبز رنگ، نشان دهنده همه جهت‌های ممکن برای تداخل موتورسیکلت با عابر پیاده‌ای است که نسبت به آن موتورسیکلت از سمت راست به چپ حرکت می‌کند. در شکل (۸) عابر پیاده‌ای که در



شکل ۷. وضعیت تداخل برای عابر حرکت کننده از راست به چپ موتورسیکلت



شکل ۸. وضعیت تداخل برای عابر حرکت کننده از چپ به راست موتورسیکلت

چراغ از خیابان اصلی به اصلی می‌رود یا خیر. همان طور که ملاحظه می‌شود، در صورتی که موتورسیکلت از خیابان

متغیر بعدی متغیری است که بررسی می‌کند آیا موتورسیکلتی که با عابر پیاده تداخل دارد، در تقاطع بدون

غیر این صورت عدد ۰ را می‌گیرد. این متغیر هم، رابطه مستقیم با متغیر وابسته دارد. طبق تحقیقات بوفوس و همکاران در سال ۲۰۱۸ که بر روی دوچرخه‌سواران انجام شد، مشخص شد در صورتی که دوچرخه‌سواران در مسیر خود با تعداد زیادی عابر پیاده مواجه شوند، سرعت خود را کمتر از حالتی تنظیم می‌کنند که با عابران مواجه نبودند. با توجه به این که در بخش مروری بر ادبیات نشان داده شد که دوچرخه‌ها و موتورسیکلت‌ها از جنبه‌های بسیاری به هم شبیه هستند، بنابراین، می‌توان انتظار داشت که راکبان موتورسیکلت هم در هنگامی که با بیش از یک عابر پیاده تداخل دارند، سرعت خود را کمتر کنند. همچنین با توجه به جدول (۱۰)، ملاحظه می‌شود ضریب همبستگی بین سرعت موتورسیکلت و گروهی بودن حرکت عابران پیاده منفی است. بنابراین نتایج محاسبات این مقاله هم نتیجه کار بوفوس و همکاران را در سال ۲۰۱۸ تأیید می‌کند.

اصلی به اصلی برود، ایمنی عابر پیاده نسبت به وقتی که موتورسیکلت از اصلی به اصلی نمی‌رود، کمتر می‌شود. سرعت موتورسیکلت‌هایی که از خیابان اصلی به اصلی می‌روند، بیشتر است و همان‌طور که در رابطه (۳) مشاهده می‌شود سرعت وسیله نقلیه با زمان تا تصادف رابطه عکس دارد. در واقع هرچه سرعت موتورسیکلت، بیشتر باشد، ایمنی عابر پیاده بیشتر به خطر می‌افتد. بنابراین ضریب منفی متغیر AbA قابل توجیه است. ضمناً جدول (۹)، ضریب همبستگی سرعت وسیله نقلیه را با متغیر AbA نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، حاصل عددی مثبت است که نشان می‌دهد سرعت وسیله نقلیه با AbA رابطه مستقیم دارد. در نهایت متغیر آخر موجود در مدل، متغیری است دامی که در آن، در صورتی که عابران پیاده‌ای که با موتورسیکلتی تداخل دارند به صورت گروهی حرکت کنند، متغیر عدد ۱ و در

جدول ۹. برقراری همبستگی بین متغیر سرعت متوسط وسیله نقلیه و حرکت موتورسیکلت از اصلی به اصلی

AbA	CMS
	1.0000
1.0000	0.2210

جدول ۱۰. همبستگی سرعت متوسط وسیله نقلیه با متغیر دامی گروهی بودن عابران پیاده درگیر تداخل

NoP	CMS
	1.0000
1.0000	-0.0491

۵- نتیجه‌گیری

- در صورتی که سرعت متوسط موتورسیکلت بالاتر باشد، ایمنی عابر پیاده کمتر است.
- اگر موتورسیکلت از خیابان اصلی به تقاطع بیاید و وارد خیابان اصلی دیگری در سمت دیگر تقاطع شود و با عابر پیاده تداخل داشته باشد، ایمنی عابر پیاده بیشتر از زمانی که موتورسیکلت از اصلی به اصلی نمی‌رود، به خطر می‌افتد.
- در صورتی که موتورسیکلت با گروهی از عابران تداخل داشته باشد، سرعت خود را کمتر می‌کند. بنابراین در این حالت، ایمنی عابران بر اساس شاخص TTC ، کمتر به خطر می‌افتد.
- در حالتی که عابران پیاده از سمت چپ موتورسیکلت به سمت راست حرکت کنند، ایمنی آن‌ها بیشتر از عابرانی که از سمت راست به چپ حرکت می‌کنند به خطر می‌افتد.

۶- مراجع

- شفاعتی، م. و بروجردیان الف. م.، (۱۳۹۷)، "بررسی تأثیر جهت حرکت وسیله نقلیه بر ایمنی عابر پیاده در تقاطع‌های شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۵، شماره ۴، فصل زمستان، ص. ۲۹۹-۳۰۹.

- the city centre. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 25(4), pp.31-33.
- Jittrapirom, P., Knoflacher, H., & Mailer, M. (2017), "The conundrum of the motorcycle in the mix of sustainable urban transport". *Transportation research procedia*, 25, pp.4873-4894.
- Kim, W., Kim, G. J., & Lee, D., (2016), "Estimating potential conflicts between right-turn-on-red vehicles and pedestrians at crosswalks". *International Journal of Urban Sciences*, 20(2), pp.226-240.
- Laureshyn, A., Johnsson, C., De Ceunynck, T., Svensson, Å., de Goede, M., Saunier, N., & Daniels, S., (2016), "Review of current study methods for VRU safety". Appendix 6-Scoping review: surrogate measures of safety in site-based road traffic observations.
- Liu, M., Lu, G., Wang, Y., & Zhang, Z., (2014), "Analyzing drivers' crossing decisions at unsignalized intersections in China. *Transportation research part F: traffic psychology and behavior*, 24, pp.244-255.
- Lu, G., Liu, M., Wang, Y., & Tian, D., (2011), "Quantifying the severity of traffic conflict by assuming moving elements as points in intersection". In *ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems*, pp. 893-900.
- McGee, H.W., Soika, J., Fiedler, R., Albee, M., Holzem, A., Eccles, K., Quinones, J., (2015), "Unsignalized Intersection Improvement Guide Final Report, Institute of Transportation Engineers (ITE)". Federal Highway Administration (FHWA).
- Ni, Y., Wang, M., Sun, J., & Li, K., (2016), "Evaluation of pedestrian safety at intersections: A theoretical framework based on pedestrian-vehicle interaction patterns". *Accident Analysis & Prevention*, 96, pp.118-129.
- One Way ANOVA in SPSS Statistics [://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php](http://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php).
- Paschalidis, E., Basbas, S., Politis, I., & Prodromou, M., (2016), "Put the blame on... others!": The battle of cyclists against pedestrians and car drivers at the urban
- Akin, D., & Sisiopiku, V. P., (2007, January). Modeling Interactions Between Pedestrians and Turning Vehicles at Signalized Crosswalks Operating Under Combined Pedestrian-Vehicle Interval. In 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Beitel, D., Stipancic, J., Manaugh, K., & Miranda-Moreno, L., (2018), "Assessing safety of shared space using cyclist-pedestrian interactions and automated video conflict analysis". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, pp.710-724.
- Boufous, S., Hatfield, J., & Grzebieta, R., (2018), "The impact of environmental factors on cycling speed on shared paths". *Accident Analysis & Prevention*, 110, pp.171-176.
- Crundall, D., Van Loon, E., Stedmon, A. W., & Crundall, E., (2013), "Motorcycling experience and hazard perception". *Accident Analysis & Prevention*, 50, pp.456-464.
- Fu, T., Miranda-Moreno, L.F., Saunier, N., (2016), "Pedestrian crosswalk safety at non-signalized crossings during nighttime using thermal video data and surrogate safety measures". *Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board* 2586, pp.90-99.
- Greenwald, M., & Boarnet, M. (2001), "Built environment as determinant of walking behavior: Analyzing nonwork pedestrian travel in Portland, Oregon". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1780), pp.33-41.
- Harnen, S., Wong, S. V., Umar, R. R., & Hashim, W. W. (2003), "Motorcycle crash prediction model for non-signalized intersections". *IATSS research*, 27(2), pp.58-65.
- Haworth, N., & Debnath, A. K., (2013), "How similar are two-unit bicycle and motorcycle crashes?". *Accident Analysis & Prevention*, 58, pp.15-25.
- Haworth, N., Schramm, A., & Debnath, A. K., (2014). An observational study of conflicts between cyclists and pedestrians in

-Washington, S. P., Karlaftis, M. G., & Mannering, F., (2010), "Statistical and econometric methods for transportation data analysis". Chapman and Hall/CRC.

Yagil, D., (2000), "Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians" self-reported behavior at signal-controlled crossings. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3(1), pp.1-13.

- WHO, (2017), " Global status report on road safety: supporting a decade of action", Report.

-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.

environment. A cyclists' perception study. *Transportation research part F: traffic psychology and behavior*, 41, pp.243-260.

-Salmon, P. M., Lenne, M. G., Walker, G. H., Stanton, N. A., & Filtness, A., (2014), "Using the Event Analysis of Systemic Teamwork (EAST) to explore conflicts between different road user groups when making right hand turns at urban intersections". *Ergonomics*, 57(11), pp.1628-1642.

-Saulino, G., Persaud, B., & Bassani, M., (2015), "Calibration and application of crash prediction models for safety assessment of roundabouts based on simulated conflicts. In Proceedings of the 94th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, DC, USA, pp. 11-15.

-Shin, D. S., Byun, J. H., & Jeong, B. Y., (2018), "Crashes and traffic signal violations caused by commercial motorcycle couriers", *Safety and Health at Work*.

-Suzuki, K., & Ito, H., (2017), "Empirical analysis on risky behaviors and pedestrian-vehicle conflicts at large-size signalized intersections". *Transportation research procedia*, 25, pp.2139-2152.

