

## اثرسنجی عوامل موثر بر تداخل عابران پیاده و وسایل نقلیه در تقاطعات شهری بر اساس شاخص $PET^1$ (مطالعه موردی: تقاطع بزرگراه-وصال)

### مقاله پژوهشی

مصطفی شفاعتی، دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی حمل و نقل، گروه حمل و نقل دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

امین میرزا بروجردیان<sup>\*</sup>، استادیار، دانشکده عمران، گروه راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Boroujerdian@modares.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۵/۱۷- پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۵

صفحه ۱۴۲-۱۲۷

### چکیده

توجه به عوامل موثر در ایمنی عابران پیاده یکی از مهمترین مولفه‌های مطالعات ایمنی شبکه حمل و نقل درون شهری محسوب می‌شود. تقاطعات بدون چراغ، به دلیل ایجاد موقعیت‌های تداخلی مختلف بین وسیله نقلیه و عابران پیاده همیشه به عنوان یک مکان با ریسک بالای برخورد باید مورد مطالعه قرار گیرند. در این تحقیق متغیرهای مختلف ایمنی عابران پیاده بر اساس شاخص زمان پس از تخطی در تقاطع بدون چراغ اثرسنجی شده است. ارزیابی مورد نظر با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون خطی انجام شده است. برای این منظور از اطلاعات تردد تقاطع بدون چراغ خیابان‌های وصال شیرازی و بزرگمهر در تهران استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد متغیرهای نوع وسیله یعنی تاکسی بودن یا ضریب  $0.8$  - و توقف غیر معمول عابران پیاده با ضریب  $0.38$  با درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد در شاخص زمان پس از تخطی تأثیر دارند. همچنین، تعداد عابران پیاده و وجود تداخل قبلی برای وسیله نقلیه پیش از تداخل با عابر به ترتیب با ضرایب  $0.4$  و  $0.05$  - با درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد از مهمترین متغیرها محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ایمنی عابریاده، تقاطع بدون چراغ، تداخل عابر، وسیله نقلیه، شاخص زمان پس از تخطی

### ۱-مقدمه

مدرن، افزایش یافته است (Combs et al., 2018). به طوری که در آمریکا سال ۲۰۱۴، ۴۸۸۴ عابر پیاده کشته و ۶۵۰۰۰ نفر دچار جراحت شده‌اند که این رقم، نرخ  $1/53$  نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر را نشان می‌دهد (National Highway Traffic Safety Administration, 2018) عابران پیاده به عنوان بزرگ‌ترین قربانیان تصادفات رانندگی در جهان شناخته می‌شوند، دلیل این موضوع آن است که عابران پیاده، نسبت به تصادف‌های ترافیکی کاملاً بی‌محافظت هستند (Lee et al., 2018) تأمین ایمنی در

به هر میزانی که کشورها به توسعه یافتگی نزدیک می‌شوند، به همان میزان، ایمنی در حمل و نقل برای آن‌ها اهمیت می‌یابد (Small et al., 2007). عابران پیاده از کاربران آسیب پذیر راه محسوب می‌شوند که تأمین ایمنی آن‌ها بسیار مهم است. در کشور چین، طبق اعلام وزارت ایمنی عمومی چین در سال ۲۰۱۱، سی درصد از کل تصادفات فوتی، مربوط به عابران پیاده بود (Ni, et al 2016). در ابر قدرت غرب جهان یعنی ایالت متحده، تصادفات حادثه‌ساز مربوط به عابران پیاده با وجود تجهیز وسایل نقلیه به فناوری‌های

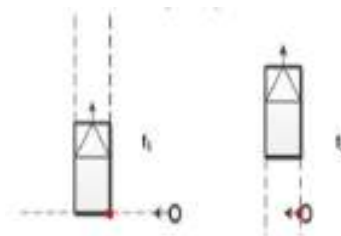
شناسایی وضعیت‌های بحرانی برای عابران پیاده و از شاخص TTC برای شناسایی وضعیت‌های دارای پتانسیل خطر استفاده می‌شود (Kraay et al., 2013). بنابراین ملاحظه می‌شود که هر کدام از شاخص‌های موجود به منظور بررسی تداخل، نقش خاصی دارند و جنبه خاصی از ایمنی را مورد بررسی قرار می‌دهند. بنابراین شاخص PET تفاوت‌های زیادی با شاخص‌های دیگری مانند TTC یا GT دارد. هدف این تحقیق، شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر کاهش یا افزایش ایمنی عابران پیاده بر پایه این شاخص در تقاطع بدون چراغ است. شناسایی متغیرهایی که ایمنی عابران پیاده را در تقاطع‌های بدون چراغ تحت تأثیر قرار می‌دهند، اولین قدم پیش از انجام اقدامات عملی در ارتقای ایمنی عابران پیاده است.

## ۲- پیشینه تحقیق

یاگیل و همکاران نتیجه گرفتند که مردان نسبت به زنان دارای نرخ تداخل و تصادف بالاتری هستند (Yagil et al., 2000). اسماعیل و همکاران رخدادهای ترافیکی مرتبط با برهم کنش عابر و وسیله را به سه دسته تداخل‌های ترافیکی، رخدادهای مهم و عبورهای بدون وقفه تقسیم کردند. PET می‌تواند مهم‌ترین شاخص در شناسایی تداخل‌های ترافیکی و رخدادهای مهم در نظر گرفته شود. (Ismail et al., 2010) سونگچیتروکسا و تارکو مقادیر PET را از ویدئو کلیپ‌هایی از ۱۸ تقاطع چراغدار بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از نظریه روش‌های مقدار بی‌نهایت به منظور تخمین احتمال وقوع رخدادهایی که در آن‌ها، PET صفر می‌شود (به عبارت دیگر تصادف اتفاق می‌افتد) استفاده کردند. نتایج نشان دادند که یک ارتباط معنی داری بین تخمین‌های مدل و داده‌های تصادف وجود دارد که این نشان دهد که شاخص PET می‌تواند برآورد مناسبی از ایمنی به دست دهد (Songchitruksa & Tarko, 2006). پیساپاتی و همکاران با مطالعه ۱۸ تقاطع نشان دادند که بیشترین همبستگی بین PET و آمار تصادفات، در مقادیر PET زیر ۱ ثانیه به وقوع می‌پیوندد (Peesapati et al., 2013). وونو و همکاران با استفاده از مدل‌های ریاضی، تعداد تداخل در تقاطع‌ها را تخمین زدند. آن‌ها تداخل‌های حرکت‌های راستگرد وسایل نقلیه با عابران پیاده را در ۹ تقاطع چراغدار بررسی کردند. برای تخمین تعداد تداخل‌ها

تقاطع‌ها اهمیت زیادی دارد. (Lu et al., 2011) زیرا تقاطع‌ها در سراسر دنیا سهم عمده‌ای از تصادفات دارند به طوری که در ایالات متحده حدود ۵۰ درصد از تصادفات خسارتی و مجموعاً سی درصد از کل تصادفات منجر به فوت در این نقاط رخ می‌دهد. این رقم در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، نزدیک به ۲۴ درصد است (Sander et al., 2017). شناسایی نقاط تصادف خیز به منظور تأمین ایمنی عابران پیاده راهی رایج بود (Chen et al., 2017). اما داده‌های مربوط به آمارهای تصادفات، مشکلاتی مانند مشخص نبودن مکان دقیق تصادف، عدم گزارش همه تصادفات و غیره دارند (Fu et al., 2016). در بسیاری از موارد مشاهدات این پایگاه‌های داده‌ای اطلاعات کافی را در رابطه با جزئیات تصادفات در اختیار نمی‌گذارند و فقط با آن‌ها می‌توان روند ایمنی را مورد بررسی قرار دهد (Muller & Haustein., 2016). این مشکلات محققان را بر آن داشت تا به منظور بررسی ایمنی عابران پیاده علاوه بر استفاده از روش‌های مبتنی بر آمار تصادفات، از روش‌های مبتنی بر تداخل‌ها به خصوص در سالیان اخیر استفاده بیشتری کنند. تداخل شرایطی را نشان می‌دهد که در صورتی که دو کاربر راه به سمت یکدیگر حرکت کنند و نوع جابه جایی آن‌ها تغییر نکند، در این صورت تصادف بسیار محتمل می‌شود (Laurshyn et al., 2010). به منظور کمی کردن مفهوم تداخل، شاخص‌هایی وجود دارند که بر پایه سرعت و بقیه ویژگی‌های حرکتی عابر پیاده و وسیله نقلیه استوار هستند. یکی از این شاخص‌ها، PET است. ایده کلی این شاخص آن است که این شاخص تفاوت بین ترک محل تداخل توسط یک کاربر و ورود کاربرد دیگر به ناحیه تداخلی را نشان می‌دهد (Peesapati et al., 2018). این شاخص عددی بر حسب ثانیه به دست می‌دهد که هرچه این عدد کمتر باشد، ایمنی عابر پیاده ای که با وسیله نقلیه تداخل دارد، کمتر خواهد بود. دلیل انتخاب این شاخص در این تحقیق این است که در بیشتر مطالعات مربوط به ایمنی عابران پیاده بر اساس روش‌های تداخلی، دو شاخص TTC و PET بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Laurshyn et al., 2016). شاخص PET، که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، پتانسیل خطر را در نظر می‌گیرد (Nadimi et al., 2016). از شاخص PET به منظور

هم نیاز به زمان بیشتری برای عکس العمل دارد و هم تمایلی برای اجازه دادن به عابر برای عبور ندارد (Fu et al., 2018). آلمودفر و همکاران زمان انتظار کوتاه عابر پیاده و ناحیه انتظار کوچک، ارتباطی قوی با تداخل عابر و وسیله در هر خط عبوری در پیاده راه های بدون چراغ و علامت دارد (Almodfer et al., 2015). تاج الدین و همکاران، تلاش کردند به صورت اتوماتیک عکس العمل ناگهانی عابر پیاده در تداخل با وسیله نقلیه را تشخیص دهند. این کار با بررسی پروفایل سرعت عابر پیاده انجام می شود. در هنگام تداخل، پروفایل سرعت عابران پیاده درجه از غیر عادی بودن را نسبت به قدم زدن آزاد و عادی نشان می دهند (Tageldin et al., 2017). همان طور که اشاره شد، در این تحقیق، هدف شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر ایمنی عابران پیاده در تداخل با وسایل نقلیه در تقاطع بدون چراغ بر اساس شاخص PET است. محققانی که این شاخص را تعریف کردند، معتقد بودند که شاخصی مانند TTC، به منظور تعریف تداخل های ترافیکی، یک شاخص غیر کامل است و نیاز به تعریف شاخص دیگری است (Allen et al., 1978). بنابراین، شاخص PET را تعریف کردند که به منظور بررسی تداخل عابر پیاده و وسیله نقلیه این شاخص با روندی که در ادامه توضیح داده می شود به دست می آید. در صورتی که Tc1 و Tc2 به عنوان زمان هایی ثبت شوند که یک وسیله نقلیه به ناحیه تداخل وارد می شود یا از آن خارج می شود و Tp1 و Tp2 هم زمان هایی باشند که عابر پیاده به ناحیه تداخل وارد و از آن خارج می شود، روش محاسبه PET به شکل ۱ خواهد بود.



شکل ۱. شمایی کلی از وسیله نقلیه و عابر پیاده به منظور محاسبه شاخص PET

PET: در صورتی که ابتدا عابر پیاده از محل تداخل عبور کند، PET از رابطه (۱) محاسبه می شود. (Ni et al., 2016)

$$PET = Tc1 - Tp2 \quad (1)$$

و اگر ابتدا وسیله نقلیه از محل تداخل عبور کند، PET از رابطه (۲) محاسبه می شود.

$$PET = Tp1 - Tc2 \quad (2)$$

از مدلسازی رگرسیون خطی استفاده شد. تعداد تداخل ها با چگالی عابران پیاده در هنگام سبز بودن چراغ عابر و همچنین حجم وسایل نقلیه راستگرد ارتباط مستقیم داشت (Wonho Kim et al., 2016). السیوسکی و همکاران درباره شدت تداخل های عابر و وسیله تحقیق کردند. در این تحقیق پس از فیلم برداری از تداخل ها، کارشناسانی با مشاهده فیلم ها به شدت تداخل ها امتیاز دادند. سپس با استفاده از مدل رگرسیون خطی، عوامل موثر در شدت تداخل ها شناسایی شدند. شدت تداخل به طور غیر خطی با سرعت وسیله نقلیه رابطه مستقیم و با کمینه فاصله عابر و وسیله در حین تداخل، رابطه عکس داشت (Piotr Olszewski et al., 2016). سالیانو و همکاران، تعداد تداخل ها با استفاده از دستگاه شبیه ساز محاسبه کردند. در این مطالعه، حجم ترافیک و سرعت نزدیک شدن وسیله نقلیه پارامترهای مهمی بودند که به منظور تخمین تعداد تداخل ها در نظر گرفته شد. دو مدل ساخته شد که در یکی از آن ها حجم ترافیک و در دیگری سرعت به عنوان مهم ترین متغیرهای در نظر گرفته شده بودند. مدل دوم، معتبرتر بود و نتایج دقیق تری به دست داد. (Saulino et al., 2015). فو و همکاران چارچوب نظری جدیدی را به منظور مطالعه تداخل عابر پیاده و وسیله نقلیه پیاده راه های بدون چراغ پیشنهاد کردند. این روش بر مبنای سرعت وسیله نقلیه و فاصله تا عابر پیاده است. این چهارچوب با نتایج منطقی، رفتار تسلیم راننده را در برهم کنش با عابران پیاده به سه دسته تقسیم می کند: وسیله نقلیه بسیار به عابر پیاده نزدیک است به طوری که نمی تواند توقف کند و اجازه عبور به عابر بدهد، راننده زمان کافی دارد تا اجازه عبور به عابر پیاده بدهد و در حالت سوم نیز، راننده

### ۳- روش تحقیق

به طور خلاصه در این قسمت روش و مراحل انجام تحقیق توضیح داده می شود.

#### ۳-۱- انتخاب مکان انجام تحقیق

تقاطع خیابان های وصال شیرازی و بزرگمهر انتخاب شد. شیب مسیرهای منتهی به تقاطع صفر و زاویه تقاطع ۹۰ درجه است. هر دو خیابان دارای میانه هستند.

#### ۳-۲- فیلم برداری از تقاطع

طی دو روز در ابتدای تابستان ۹۶ و از بالای ساختمانی ۶ طبقه به ارتفاع ۱۷ و فاصله تقریبی ۳۰ متر از تقاطع فیلم برداری انجام شد. فیلمبرداری در ساعات مختلف روز و قبل از غروب آفتاب انجام شد. مجموع ساعات فیلم برداری حدود ۸ ساعت بود. در زمان فیلم برداری هوا صاف و آسفالت تقاطع خشک بود.

#### ۳-۳- یافتن لحظات وقوع تداخل بین عابر و وسیله

همه فیلمها بازبینی شدند و لحظاتی که در آنها عابر و وسیله با هم تداخل داشتند، ثبت شد. تداخل وقتی اتفاق می افتاد که یا عابر یا وسیله یا هر دو به منظور پرهیز از برخورد، تغییر سرعت یا جهت می دادند.

### ۴-۳- تکه تکه کردن فیلمها و جداسازی کلیپهای

#### تداخلات

پس از یادداشت زمان وقوع تداخل، با استفاده از یک نرم افزار، لحظات وقوع تداخل از دل فیلمها بریده شدند و تبدیل به کلیپهای چند ثانیه ای شدند. در مجموع بیش از ۵۶۰ کلیپ چند ثانیه ای تداخلی به دست آمد.

#### ۴-۵- بازبینی دوباره کلیپها

به دلیل پرهیز از خطا، کلیپهای تداخلی یک بار دیگر مورد بازبینی قرار گرفتند تا کلیپهایی که اشتباهاً به عنوان تداخل در نظر گرفته شده اند حذف شوند. در این مرحله تعدادی از کلیپها از مطالعه کنار گذاشته شدند. همچنین مشخصات مختلف عابران و وسایل نقلیه در این مرحله به طور کامل ثبت شد.

#### ۴-۶- انجام عملیات دنبال روی

کلیپهای تداخلی در نرم افزار دیگری دنبال روی شدند. مسیر حرکت عابران پیاده و وسایل نقلیه مشخص شدند. خروجی این برنامه فایل های اکسل هستند که در آنها زمان و مختصات عابر و وسیله در هر لحظه به دست می آید. بیش از ۱۱۰۰ اکسل خروجی مربوط به هم عابر و هم وسیله، به دست آمد.

### جدول ۱. معرفی متغیرها

| PET* | شاخص زمان پس از تخطی که متغیر وابسته است.   |
|------|---|
| NS   | متغیری دامی است که به عابر پیاده درگیر در تداخل مربوط است. در صورتی که عابر پیاده ای که درگیر تداخل با وسیله نقلیه ای است، به دلیل عبور وسیله نقلیه دیگری بلافاصله پس از وسیله نقلیه مربوطه مجبور به توقف مضاعف شود، مقدار این متغیر ۱ در نظر گرفته می شود. در غیر این صورت، مقدار متغیر ۰ خواهد بود.   |
| C    | متغیری است که به منظور بررسی بر هم کنش سن عابر در سرعت عابر به دست آمده است. متغیر سن، یک متغیر دامی است. در این متغیر، عابرانی که جوان و میانسال هستند، عدد ۱ و برای عابران مسن عدد صفر در نظر گرفته می شود. حال با ضرب این متغیر در متغیر سرعت متوسط عابران پیاده، در واقع می توان سرعت عابران جوان و میانسال را به طور خاص بررسی کرد. دلیل تعریف این متغیر این است که پیش بینی می شد این دسته از عابران، به دلیل بی دقتی کردن، بیشتر در خطر قرار بگیرند. به همین دلیل، متغیری به این شکل تعریف شد تا بتوان در واقع همه مشخصات این دسته عابران را در یک متغیر جمع آوری کرد و بر هم کنش سن و سرعت عابر را هم مورد موشکافی قرار داد. تشخیص سن عابران با استفاده از تصاویر ویدئویی و با توجه به وضعیت فیزیکی عابران پیاده و مشخصات ظاهری آنها، انجام شد. |
| Taxi | یک متغیر دامی است که در صورتی که وسیله نقلیه ای که با عابر پیاده تداخل دارد، تاکسی باشد، عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ می گیرد.   |
| LnV  | این متغیر لگاریتم طبیعی سرعت متوسط وسیله نقلیه است.   |
| P    | یک متغیر دامی است که در صورتی که وسیله نقلیه پژو باشد عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ می گیرد.  |
| Age  | یک متغیر دامی است که در صورتی که عابر پیاده درگیر در تداخل با وسیله نقلیه جوان و میانسال باشد، عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر است.   |
| NoP  | این متغیر تعداد عابران پیاده درگیر در تداخل را که به صورت گروهی حرکت می کنند، نشان می دهد.  |
| R    | یک متغیر ضربدری است که از حاصل ضرب متغیر سرعت متوسط عابر پیاده در متغیر دامی چپ گرد بودن یا نبودن حرکت وسیله نقلیه به دست می آید. این متغیر به منظور بررسی بر هم کنش بین عابران پیاده با وسایل نقلیه چپ گرد تعریف شده است. در واقع بر هم کنش بین عابران پیاده ای که با وسایل نقلیه ای تداخل دارند که این وسایل نقلیه به صورت چپ گرد وارد ناحیه فیزیکی تقاطع شده اند.  |
| PSV  | یک متغیر مجازی است که نشان می دهد که آیا وسیله نقلیه قبل از تداخل با عابر پیاده مد نظر با وسیله نقلیه دیگری در فضای فیزیکی تقاطع تداخل داشته است یا خیر. این تداخل باید به گونه ای باشد که باعث توقف وسیله نقلیه یا کاهش سرعت آن شود. اگر این اتفاق افتاده باشد، این متغیر عدد ۱ و در غیر این صورت این متغیر عدد ۰ را خواهد گرفت.   |

۳-۷- برنامه نویسی متلب

به منظور محاسبه شاخص PET، برنامه نویسی متلب دقیقی انجام شد. همچنین این برنامه علاوه بر شاخص PET، شاخص های TTC، GT، سرعت متوسط، کمینه و بیشینه عابر و وسیله تا لحظه انتهای فرآیند تداخل و غیره را به دست می دهد.

محاسبات، اعتبارسنجی ها و تفسیرها از مدلسازی رگرسیون خطی، تحلیل آنوای یک طرفه و آزمون مقایسه ای t استفاده شدند.

۴-۱- نتایج و تحلیل داده ها

در این قسمت نتایج حاصل از تحلیل ها آورده می شود.

۳-۸- آماده سازی داده ها برای انجام محاسبات آماری

بیش از ۵۰۰ مشاهده که هر کدام شامل مشخصات عابر و وسیله، سرعت متوسط، PET و غیره بود، به صورت مرتب شده ای آماده انجام محاسبات آماری شدند.

۴-۱- معرفی متغیرها

متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق در جدول ۱، معرفی شده اند.

۴-۲- مدل رگرسیون خطی با قابلیت اعتماد ۹۵ درصد

این مدل در جدول (۲) مشاهده می شود.

۳-۹- انجام محاسبات آماری

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای STATA و SPSS انجام شد. به دلیل ماهیت و نوع متغیرها، در

جدول ۲. مدل رگرسیون خطی با درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد

| تعداد کل مشاهدات= 519 |       |                |       | F (6,512) = 11/89     |                       |       |
|-----------------------|-------|----------------|-------|-----------------------|-----------------------|-------|
| منبع                  | Ss    | Df             | Ms    | Prob > f = 0/0000     |                       |       |
| حالت ۱                | 7/00  | 6/00           | 1/17  | R-squared= 0/1223     |                       |       |
| باقیمانده             | 50/24 | 512/00         | 0/09  | Adj R-squared= 0/1120 |                       |       |
| مجموع                 | 57/24 | 518/00         | 0/11  | Root MSE= /31327      |                       |       |
| LogPET                | ضریب  | خطای استاندارد | T     | p> t                  | (۹۵ درصد) بازه اعتماد |       |
| C                     | 0/14  | 0/04           | 2/91  | 0/00                  | 0/05                  | 0/23  |
| Taxi                  | -0/08 | 0/03           | -2/13 | 0/03                  | -0/15                 | -0/01 |
| NS                    | 0/38  | 0/05           | 7/26  | 0/00                  | 0/27                  | 0/47  |
| LnV                   | -0/13 | 0/03           | -3/69 | 0/00                  | -0/19                 | -0/06 |
| P                     | 0/07  | 0/03           | 2/09  | 0/04                  | 0/00                  | 0/14  |
| age                   | -0/13 | 0/07           | -2/09 | 0/04                  | -0/27                 | -0/01 |
| ثابت                  | 0/04  | 0/06           | 0/66  | 0/51                  | -0/08                 | 0/16  |

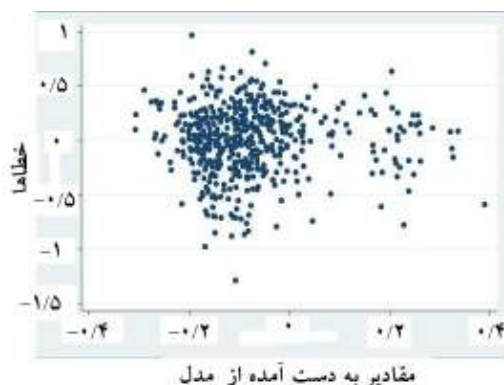
جدول ۳. ضریب همبستگی بین خطا و متغیرهای مستقل مدل

| ----- | Res   | C     | taxi  | NS    | LnVV  | pejo  | age   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Res   | 1/00  | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| C     | -0/00 | 1/00  | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Taxi  | 0/00  | -0/07 | 1/00  | ----- | ----- | ----- | ----- |
| NS    | -0/00 | -0/19 | -0/03 | 1/00  | ----- | ----- | ----- |
| LnV   | 0/00  | -0/06 | -0/12 | 0/04  | 1/00  | ----- | ----- |
| P     | 0/00  | -0/01 | 0/46  | -0/04 | -0/05 | 1/00  | ----- |
| Age   | -0/00 | 0/77  | -09   | 0/003 | -0/05 | -0/01 | 1/00  |

خطی بودن پارامترها: در این مدل پارامترها خطی هستند زیرا در برنامه استاتا، مدل رگرسیون خطی ساخته شده است. در مدل رگرسیون خطی پارامترها یعنی ضرایب متغیرهای مستقل، به صورت غیرخطی محاسبه نمی شوند. تصادفی

۴-۲-۱- اعتبار سنجی مدل با درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد  
به منظور نا اریب بودن مدل باید شرایطی به شرح زیر در مدل برقرار باشند.

همبستگی خطاهای مدل (Res) با متغیرهای مستقل دیده می‌شود. همان طور که ملاحظه می‌شود، همه این ضرائب صفر هستند. این نشان می‌دهد خطاها با هیچ کدام از متغیرهای مستقل رابطه‌ای ندارند. ممکن است خطاها با ترکیب‌های خطی یا غیر خطی متغیرهای مستقل رابطه داشته باشند و بدین ترتیب باعث اربب شدن مدل شود. به منظور کنترل این مشکل، می‌توان از شکل ۲ استفاده کرد. این شکل، نمودار خطاها در مقابل مقادیر به دست آمده از مدل را نشان می‌دهد. در صورتی که نقاط، شکل منظمی را نشان ندهند و نسبت به خط  $y=0$  متقارن باشند، این مدل ناریب خواهد بود. همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، هر دوی این شرایط برقرار است. بنابراین، با این روش هم ناریب بودن این مدل اثبات می‌شود.



شکل ۲. نمودار خطا در مقابل مقادیر به دست آمده از مدل در درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد

در صورتی که عدد VIF کمتر از ۱۰ و عدد شرط کمتر از ۱۰۰ باشد، مشکل هم خطی چندگانه در مدل وجود ندارد. همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، متوسط VIF برابر  $1/67$  است و همچنین عدد شرط برابر  $12/18$  است. بنابراین، هم شرط سوم کنترل شده است و هم مشکل هم خطی چندگانه وجود ندارد. همین طور مشکل ثابت نبودن واریانس خطاها به ازای متغیرهای مستقل که در طی آن واریانس خطاها به ازای مقادیر مختلف متغیرهای مستقل یکسان نیست، نیز وجود ندارد. به منظور کنترل عدم وجود این مشکل در مدل از آزمون بروس-پاگان استفاده شده است. نتیجه این آزمون در جدول ۵ آورده شده است.

بودن انتخاب نمونه: دومین شرط آن است که انتخاب نمونه‌ها باید تصادفی باشد. در داده‌های این تحقیق که شامل بیش از ۵۰۰ مشاهده است، همه داده‌ها تصادفی هستند زیرا در برداشت داده‌ها، همه تداخل‌ها برداشت شدند و شانس انتخاب همه آن‌ها کاملاً یکسان بود. شرط سوم آن است که هیچ رابطه‌ای به هیچ شکل نباید بین خطاهای مدل و متغیرهای مستقل وجود داشته باشد. به عبارتی دیگر رابطه ۳ باید همیشه برقرار باشد:

$$E(u|x)=0 \quad (3)$$

شرط چهارم آن است که هیچ رابطه یا معادله دقیقی نباید بین متغیرهای مستقل برقرار باشد. در صورت وجود داشتن این چهار شرط، مدل ساخته شده، ناریب خواهد بود. یک روش برای کنترل کردن شرط سوم، استفاده از جدول همبستگی مطابق جدول ۳ است. در این جدول ضرائب

ناریب بودن مدل اثبات شده است. اما لازم است در این جا شرط سوم هم به طور دقیق‌تر کنترل شود. این شرط هم عدم وجود رابطه دقیق بین متغیرهای مستقل است. جدول (۴) نتیجه کنترل این شرط است. در جدول (۴)،  $R^2$  ها از رگرسیون هر کدام از متغیرهای مستقل بر سایر متغیرهای مستقل به دست می‌آید. اگر هر کدام از این  $R^2$  ها مساوی عدد ۱ باشند، این شرط نقض می‌شود اما همه آن‌ها کمتر از ۱ هستند. باید یادآوری شود که این جدول به منظور کنترل هم خطی چندگانه در مدل‌های رگرسیون خطی به کار برده می‌شود. در صورتی که این مشکل در مدل وجود داشته باشد، مدل اربب نمی‌شود اما می‌تواند از قدرت مدل بکاهد.

جدول ۴. کنترل هم خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل

| متغیر     | VIF  | جذر VIF | تحمل | R-squared |
|-----------|------|---------|------|-----------|
| C         | 2/73 | 1/65    | 0/36 | 0/63      |
| Taxi      | 1/29 | 1/14    | 0/08 | 0/22      |
| NS        | 1/10 | 1/05    | 0/91 | 0/09      |
| LnV       | 1/02 | 1/01    | 0/98 | 0/09      |
| P         | 1/27 | 1/13    | 0/79 | 0/21      |
| Age       | 2/64 | 1/62    | 0/38 | 0/62      |
| متوسط VIF |      | 1/67    |      |           |

|                 | Eigenval | Cond index |
|-----------------|----------|------------|
| 1               | 4/43     | 1/00       |
| 2               | 1/02     | 2/08       |
| 3               | 0/88     | 2/24       |
| 4               | 0/40     | 3/31       |
| 5               | 0/18     | 4/88       |
| 6               | 0/04     | 10/51      |
| 7               | 0/03     | 12/18      |
| عدد شرط 12/1869 |          |            |

جدول ۵. نتیجه آزمون بروش پاگان برای مدل

|   |
|---|
| Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity |
| H0: constant variance                                     |
| Variables: fitted value of LogTTC                         |
| Chi2 (1) = 0/67   |
| Prob >chi2 = 0/4115                                       |

جدول ۶. نتیجه آزمون t برای مدل اول

| تفاوت دو دسته   |            |      |          |          |                        |                  |         |
|---|------------|------|----------|----------|------------------------|------------------|---------|
| بررسی معناداری تفاوت ها در درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد |            |      |          |          |                        |                  |         |
| معناداری  | درجه آزادی | t    | حدبالایی | حدپایینی | میانگین خطای استاندارد | انحراف استاندارد | میانگین |
| 0/98  | 518        | 0/02 | 0/03     | -0/03    | 0/14                   | 0/31             | 0/00    |

در صورتی که تفاوت بین میانگین‌ها معنادار باشد، مدل از اعتبار ساقط خواهد شد. در این آزمون حاصل  $p$  value ستون آخر جدول، ۰/۹۸ است که با ۰/۰۵ فاصله زیادی دارد. بنابراین اختلاف معنادار نیست و مدل معتبر است. نتیجه این آزمون برای مدل اول در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

یک راه مناسب دیگر به منظور اعتبار سنجی مدل، استفاده از آزمون  $t$  است. از این روش در تحقیق (Kim et al., 2016). به منظور اعتبار سنجی مدل رگرسیون خطی ساخته شده استفاده شده است. در این روش میانگین متغیر وابسته محاسبه شده از مدل و متغیر وابسته مشاهده شده با هم مقایسه می‌شوند.

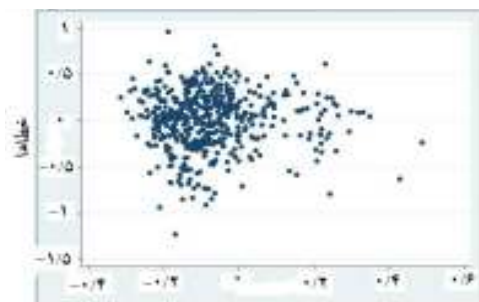
۴-۳- مدل رگرسیون خطی با درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد

تحقیق، تنها به ارایه نمودار خطها در مقابل مقادیر به دست آمده از مدل بسنده می‌شود. همان طور که ملاحظه می‌شود در این مدل هم، نمودار مربوطه اولاً شکل دقیقی ندارد و ثانیاً نسبت به خط  $y=0$  متقارن است.

در درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد، نتایج مدلسازی مطابق جدول (۷) خواهد بود. در این مدل هم مانند مدلی که در درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد ساخته شده است، تمامی شروط نا اریب بودن برقرار است. به منظور خلاصه‌کردن

جدول ۷. مدل رگرسیون خطی در درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد

| 519 = تعداد کل مشاهدات |       |                |       | F (9,509) = 9/09      |                        |       |
|------------------------|-------|----------------|-------|-----------------------|------------------------|-------|
| منبع                   | Ss    | Df             | Ms    | Prob > F = 0/0000     |                        |       |
| حالت ۱                 | 7/93  | 9/00           | 0/88  | R-squared= 0/1385     |                        |       |
| باقیمانده              | 49/31 | 509/00         | 0/09  | Adj R-squared= 0/1233 |                        |       |
| مجموع                  | 57/24 | 518/00         | 0/11  | Root MSE= /31128      |                        |       |
| LogPET                 | ضریب  | خطای استاندارد | T     | p> t                  | بازه اطمینان (۹۵ درصد) |       |
| C                      | 0/16  | 0/05           | 3/34  | 0/00                  | 0/07                   | 0/27  |
| NS                     | 0/38  | 0/05           | 7/34  | 0/00                  | 0/28                   | 0/48  |
| PSV                    | -0/05 | 0/03           | -1/94 | 0/05                  | -0/11                  | 0/00  |
| LnV                    | -0/12 | 0/04           | -3/57 | 0/00                  | -0/19                  | -0/06 |
| NoP                    | 0/04  | 0/02           | 1/83  | 0/07                  | 0/00                   | 0/09  |
| Age                    | -0/18 | 0/07           | -2/61 | 0/01                  | -0/31                  | -0/04 |
| R                      | -0/29 | 0/17           | -1/76 | 0/08                  | -0/63                  | 0/03  |
| P                      | 0/07  | 0/35           | 2/08  | 0/04                  | 0/00                   | 0/14  |
| Taxi                   | -0/07 | 0/04           | -1/86 | 0/06                  | -0/14                  | 0/00  |
| -cons                  | 0/01  | 0/07           | 0/20  | 0/84                  | -0/12                  | 0/16  |



شکل ۳. نمودار خطا در مقابل مقادیر به دست آمده از مدل در درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد

فاصله زیادی دارد. بنابراین در این جا هم اختلاف معنادار نیست.

در این مدل نیز، نتیجه حاصل از آزمون t در جدول ۸ ارایه می‌شود. p value اختلاف مقادیر به دست آمده از مدل و مقادیر مشاهده شده برای logPET، ۰/۹۹ است که با ۰/۰۵

جدول ۸. نتیجه آزمون t برای مدل دوم

| تفاوت دو دسته   |            |       |          |          |                        |                  |         |
|---|------------|-------|----------|----------|------------------------|------------------|---------|
| بررسی معناداری تفاوت‌ها در درصد قابلیت اعتماد ۹۵ درصد |            |       |          |          |                        |                  |         |
| معناداری  | درجه آزادی | t     | حدبالایی | حدپایینی | میانگین خطای استاندارد | انحراف استاندارد | میانگین |
| 0/99  | 518        | -0/01 | 0/03     | -0/03    | 0/14                   | 0/31             | 0/00    |



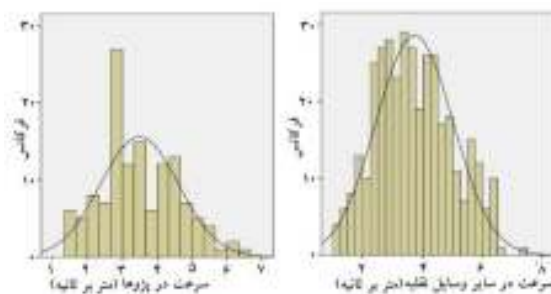
## ۴-۴- تفسیر و بحث درباره نتایج

نشان می‌دهد که تصادف با عابران پیاده در تاکسی‌ها بیشتر از بقیه انواع وسایل نقلیه است. همچنین به دلیل وجود مسافران در داخل تاکسی و برخی از تجهیزات الکترونیکی خاص موجود در تاکسی‌ها، شرایط حواس پرتی برای رانندگان بیشتر پیش می‌آید. (Stewart et al., 2005). متغیر NS، بیان می‌کند که آیا بعد از تداخل عابر با وسیله نقلیه مربوطه، باز هم این عابر با وسیله نقلیه دیگری تداخل دارد یا خیر. در صورتی که این تداخل وجود داشته باشد، عدد متغیر ۱ خواهد بود. این متغیر دارای تأثیر مثبت در PET است. این نتیجه منطقی است زیرا هنگامی که عابر بعد از عبور وسیله نقلیه مربوطه می‌ایستد و منتظر عبور وسیله نقلیه دیگری می‌شود و با تأخیری بیش از سایر عابران پیاده از محل عبور وسیله نقلیه عبور می‌کند، شاخص PET افزایش می‌یابد. در شکل ۵ نمونه‌ای از این گروه از عابران پیاده مشاهده می‌شود. عابر پیاده با وسیله نقلیه شماره ۱ تداخل دارد، اما به دلیل آن که وسیله نقلیه شماره ۲ بلافاصله پس از وسیله شماره ۱ عبور می‌کند، این عابر ناچار است، توقف کند تا این وسیله نقلیه عبور کند. این توقف بیشتر به توجه به مفهوم و روش محاسبه شاخص PET، منجر به افزایش معنادار این شاخص برای این دسته از عابران پیاده در تداخل با وسیله نقلیه دارای تداخل می‌شود. متغیر LN سرعت متوسط وسیله نقلیه هم با شاخص PET رابطه عکس دارد که این موضوع، منطقی است زیرا هرچه سرعت متوسط وسیله نقلیه بیشتر باشد، وسیله نقلیه احتمالاً زودتر از ناحیه تداخل عبور می‌کند و PET کمتر می‌شود. نتیجه به دست آمده در رابطه با تأثیر سرعت بر ایمنی عابر پیاده در این تحقیق با تحقیقات بسیاری انطباق دارد. مثلاً السوزکی و همکاران نیز به این نتیجه رسیدند که هرچه سرعت وسیله نقلیه در تداخل با عابر پیاده بیشتر باشد، ریسک برای عابر پیاده بیشتر می‌شود. (Olszewski et al., 2016). نهایتاً ملاحظه می‌شود که متغیر P رابطه مستقیم با شاخص PET دارد که این مسأله به این دلیل است که این متغیر با سرعت رابطه عکس دارد یعنی اگر هم بستگی این متغیر با سرعت متوسط وسیله نقلیه بررسی شود، دریافته می‌شود که در این نمونه مشاهدات، پژوها دارای سرعت کمتری هستند و از آنجایی که سرعت متوسط وسیله نقلیه با PET رابطه عکس

متغیر اول، C است که حاصل ضرب سرعت متوسط عابر پیاده در متغیر سن عابر است. این متغیر تأثیر مثبت در PET دارد و باعث بالا رفتن آن می‌شود. از طرف دیگر، ضریب متغیر سن، منفی است و این متغیر تأثیر منفی بر PET دارد. متغیر سن به این صورت است که در صورتی که عابر جوان و میانسال باشد، عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ را به خود می‌گیرد. بنابراین اگر عابر جوان و میانسال باشد، شاخص PET کمتر می‌شود اما با مقایسه این متغیر با متغیر C، نتیجه می‌شود که در صورتی که عابر جوان و میانسال و سرعت آن از ۱ متر بر ثانیه بیشتر باشد، سرعت عابر، با PET رابطه مستقیم خواهد داشت. به عبارتی دیگر، در چنین مواقعی، هرچه سرعت عابر پیاده افزایش یابد، شاخص PET هم افزایش می‌یابد. در ۴۴۹ مشاهده از ۵۱۹ مشاهده، سرعت عابران پیاده بیشتر از ۱ متر بر ثانیه و عابر جوان و میانسال است. این بدین معنی است که در بیش از ۸۵ درصد مشاهدات، جوان بودن عابران پیاده منجر به افزایش شاخص PET خواهد شد. بنابراین، به‌عنوان نتیجه‌ای کلی در صورتی که عابران پیاده جوان و میانسال باشند، بر اساس شاخص PET، ایمنی آن‌ها بیشتر خواهد بود. در بسیاری از مطالعات به ایمنی عابران مسن پرداخته شده است. مثلاً، چنگ و همکاران، به منظور تخمین ایمنی عابران پیاده در تقاطع‌های چراغدار مدلی ریاضی ساختند که در این مدل ریاضی، مسن بودن عابران پیاده، تأثیر منفی در ایمنی آن‌ها داشت. (Cheng et al., 2014). نتیجه‌ای که از مدل ساخته شده در این تحقیق به دست آمد نیز نشان می‌دهد کاربران جوان‌تر، ایمنی بیشتری دارند که به نوعی نتیجه‌ای مشابه با تحقیق چنگ و همکاران به دست می‌دهد. متغیر taxi تأثیر منفی بر شاخص PET دارد. نتیجه به دست آمده مبنی بر این که تاکسی‌بودن وسیله نقلیه ایمنی عابر پیاده را به خطر می‌اندازد، در مطالعات ایمنی عابر پیاده مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعات بیشتر با روش‌های آنالیز داده‌های تصادف انجام شده‌اند. مثلاً، استوارت و همکاران نشان دادند که احتمال نقض مقررات راهنمایی رانندگی توسط تاکسی‌ها بیشتر است زیرا رانندگان تاکسی سعی دارند عابران پیاده را به موقع به مقصد برسانند. چنین رفتاری منجر می‌شود که احتمال تصادف تاکسی‌ها با عابران پیاده بیشتر شود. بررسی‌ها

آنوار، مشاهداتی که دارای داده‌های خارج از محدوده هستند شناسایی شده و از روند مطالعه کنار گذاشته شدند. ۵- داده‌ها در هر گروه باید به طور تقریبی توزیع نرمال داشته باشند. در صورتی که این شرط اندکی نقض شود، مشکل خاصی پیش نمی‌آید زیرا تحلیل واریانس یکطرفه حساسیت کمی نسبت به نرمال نبودن توزیع دارد. در داده‌های پیش رو این شرط طبق شکل ۴ برقرار است. ۶- در صورتی که توزیع مقادیر در گروه‌ها نرمال باشد و شرط ششم نقض شود، بایستی از تحلیل آنوای ولش استفاده شود. (statisticshowto,2018) ۷- با توجه به این که در این مشاهدات این شرط نقض شده است، بنابراین از این تحلیل استفاده می‌شود. در ادامه نتایج حاصل از تحلیل آنوای ولش آورده می‌شود.

دارد. بنابراین، می‌توان این نتیجه را مشاهده کرد که این متغیر تأثیر مثبت بر PET دارد. اثبات این رابطه عکس با استفاده از آزمون آنوای یکطرفه امکان پذیر است. به منظور استفاده از این نوع تحلیل آماری، بایستی شش شرط اصلی برقرار باشد: ۱- متغیر وابسته باید به صورت پیوسته باشد. در این تحقیق، متغیر وابسته، سرعت وسایل نقلیه است که پیوسته است. ۲- متغیر مستقل باید شامل حداقل دو گروه مستقل و دسته بندی شده باشند. در این تحقیق متغیر مستقل، نوع وسیله نقلیه و شامل دو دسته است. بنابراین این شرط هم برقرار است. ۳- مشاهدات باید مستقل از هم باشند یعنی به طور مثال، نباید چندین وسیله نقلیه وجود داشته باشند که در همه گروه‌ها وجود داشته باشند که چنین چیزی در این مطالعه رعایت شده است. ۴- نباید مشاهداتی وجود داشته باشند که دارای داده‌های خارج از محدوده هستند. در این داده‌ها به منظور انجام تحلیل



شکل ۴. توزیع نرمال سرعت وسیله در گروه‌ها

جدول ۹. نتیجه حاصل از آزمون لون

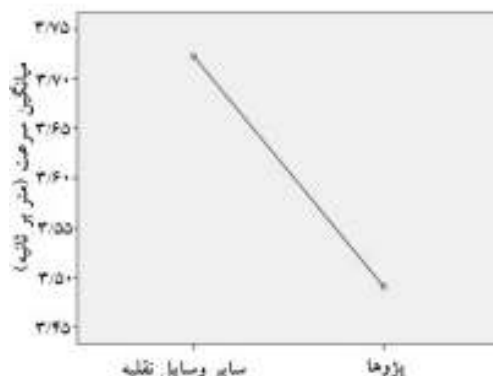
| معناداری | درجه آزادی ۲ | درجه آزادی ۱ | آماره لون | متغیر وابسته |
|----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| ۰/۰۴     | ۴۹۸          | ۱            | ۲/۲۴۵     | V            |

جدول ۱۰. نتیجه آزمون آنوای یک طرفه کلاسیک و ولج

| آنوار                               |              |              |            |              |                |
|-------------------------------------|--------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| معناداری                            | F            | متوسط مربعات | درجه آزادی | مجموع مربعات | متغیر وابسته V |
| 0/07                                | 3/331        | 5/176        | 1          | 5/176        | بین گروه‌ها    |
|                                     |              | 1/554        | 498        | 773/744      | در گروه‌ها     |
|                                     |              |              | 499        | 778/920      | مجموع          |
| آزمون قدرتمند برای تساوی میانگین‌ها |              |              |            |              |                |
| معناداری                            | درجه آزادی ۲ | درجه آزادی ۱ | آماره      |              |                |
| 0/05                                | 261/276      | 1            | 3/815      | آنوای ولش    |                |

متوسط در دو دسته موجود با هم معنادار هستند. شکل ۵ میانگین سرعت‌ها را در دو گروه نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۱۰ ملاحظه می‌شود، نتیجه حاصل از تحلیل آنوای ولش، نشان می‌دهد اختلاف بین سرعت



شکل ۵. نمودار میانگین سرعت برای دو گروه مورد بررسی

منعکس کننده میزان اعتماد به نفس عابران پیاده به منظور عبور از پیاده راه است (Kaparias et al., 2016). یعنی می‌توان گفت در صورتی که میزان این کمیت برای عابر پیاده بیشتر باشد، عابر پیاده با احتیاط بیشتری عبور می‌کند. در صورتی که عابران پیاده مجبور شوند در TGA کمتری عبور کنند، ریسک عبور آن‌ها افزایش می‌یابد. (Petzoldt., 2014) در تحقیقی که در سال ۲۰۱۷ توسط مولی و همکاران انجام شد، آن‌ها دریافتند که حرکت گروهی عابران پیاده، tga را به طور معناداری افزایش می‌دهد. (Muley et al., 2017). این بدین معنی است که عابران پیاده‌ای که به صورت گروهی حرکت می‌کنند، محتاط‌تر در عبور از پیاده راه حرکت می‌کنند. این رفتار محتاطانه می‌تواند منجر به افزایش ایمنی عابران پیاده شود. همان‌طور که در نتایج به دست آمده در این مطالعه هم مشاهده می‌شود، در صورتی که عابران پیاده به صورت گروهی و بیش از یک نفر باشند و با وسایل نقلیه تداخل داشته باشند، ایمنی آن‌ها افزایش یافته است. زیرا این دسته از عابران PET بالاتری دارند. متغیر جدید دیگری که به مدل اضافه شده است، متغیر R است که حاصل ضرب لگاریتم سرعت عابر پیاده در حرکت چپ گرد است. این متغیر به منظور بررسی بر هم کنش بین عابران پیاده و وسایل نقلیه چپ گرد تعریف شده است. این متغیر ضرب منفی دارد که بدین معنی است که در این تقاطع، حرکت‌های چپ گرد، شاخص PET کمتری دارند. دلیل این نتیجه آن است که بیشتر وسایل نقلیه موجود در حرکت چپ

اما در مدلی که در درصد قابلیت اعتماد ۹۰ درصد ساخته شده است، ملاحظه می‌شود متغیرهای دیگری هم در ایمنی عابر پیاده بر اساس شاخص PET، تأثیرگذار هستند. یکی از متغیرهای جدیدی که به مدل اضافه شد، متغیر PSV است. این متغیر باعث کاهش PET شده است. این متغیر، نشان می‌دهد که آیا وسیله نقلیه قبل از عبور از خط عابر و در تقاطع، با وسایل نقلیه دیگر تداخل داشته است که این تداخل منجر به کاهش سرعت آن شود، یا خیر. در مدل مشاهده می‌شود وجود این ویژگی در مشاهده مربوطه موجب کاهش PET می‌شود. دلیل این موضوع می‌تواند این باشد که در صورتی که وسیله نقلیه قبل از تداخل با عابر پیاده تداخل یا تداخل‌هایی با وسایل نقلیه دیگر در تقاطع داشته باشد، این مسأله ممکن است منجر به کم حوصلگی و کلافگی راننده شود لذا راننده سعی می‌کند زودتر و با عجله تر از خط عابر عبور کند که همین موضوع می‌تواند منجر به کاهش PET شود. متغیر بعدی، متغیر NoP است که دارای ضریب مثبت است. یعنی هرچه تعداد عابران پیاده ای که با هم عبور می‌کنند و با وسیله نقلیه تداخل دارند، بیشتر باشد، ایمنی عابران کمتر به خطر می‌افتد. در واقع در این حالت عابران می‌توانند عبور ایمن تری داشته باشند. در مبحث ایمنی عابران پیاده، مفهومی به نام پذیرش فاصله زمانی (TGA) وجود دارد که بیان کننده فاصله زمانی مناسب بین عبور دو وسیله نقلیه است که در این فاصله وسیله نقلیه تصمیم به عبور از گذرگاه می‌کند. این مفهوم به نوعی

آن‌ها تداخل دارند، می‌شوند. بنابراین چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست. نکته دیگری که وجود دارد، آن است که در این نوع حرکات، دید وسایل نقلیه نسبت به عابران پیاده مختل شود. به این صورت که عابر پیاده طبق شکل ۶ عابر پیاده برای وسیله ناپدید شود. این عدم دید مناسب، منجر به کاهش ایمنی عابر پیاده می‌شود.



شکل ۶. مختل شدن دید وسیله نقلیه نسبت به عابران پیاده (wnyc.,2015)

گرد، تاکسی هستند و تاکسی‌ها هم شاخص PET کمتری دارند. در ۱۰۴ مشاهده، وسیله نقلیه‌ای که با عابر پیاده تداخل داشته است، به صورت چپ گرد وارد تقاطع شده است. در این ۱۰۴ مشاهده، ۶۰ وسیله نقلیه تاکسی هستند. یعنی حدود ۶۰ درصد از وسایل نقلیه چپ گرد دارای تداخل تاکسی هستند. با توجه به اینکه اثبات شد تاکسی‌ها بر اساس شاخص PET، منجر به کاهش ایمنی عابران پیاده ای که با

#### ۵- نتیجه گیری

- هرچه سرعت وسیله نقلیه بالاتر باشد، ایمنی عابران بر اساس شاخص PET کمتر می‌شود (ضریب متغیر  $LnV$ ، ۰/۱۲- است).  
 - در صورتی که وسیله نقلیه پیش از تداخل با عابران پیاده، با وسایل نقلیه دیگری در فضای فیزیکی تقاطع تداخل داشته باشد، به گونه‌ای که مجبور که به کاهش سرعت یا توقف کامل شود، ایمنی عابر پیاده کاهش خواهد یافت (ضریب متغیر  $PSV$ ، ۰/۰۵- است).  
 - در صورتی که عابران پیاده درگیر تداخل با وسایل نقلیه، به صورت گروهی حرکت کنند، ایمنی آن‌ها بر اساس شاخص PET افزایش خواهد یافت. هرچه تعداد اعضای گروه بیشتر باشد، این افزایش ایمنی بیشتر خواهد بود (ضریب متغیر  $NoP$ ، ۰/۰۴- است).  
 - چپ گرد بودن وسیله نقلیه منجر به کاهش ایمنی عابر پیاده خواهد شد.

در این تحقیق، متغیرهایی که بر اساس شاخص PET، منجر به کاهش یا افزایش ایمنی عابران پیاده در تداخل با وسایل نقلیه می‌شدند، شناسایی شدند. آن دسته از متغیرهایی که به ویژگی‌های عابر و وسیله مرتبط بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. به طور خلاصه، مهم‌ترین نتایجی که به دست آمده از این تحقیق در ادامه آورده می‌شود:  
 - تاکسی بودن وسیله نقلیه ای که با عابر پیاده تداخل دارند، منجر می‌شود ایمنی عابران پیاده بر اساس شاخص PET کاسته شود (ضریب تاکسی در مدل رگرسیون خطی، ۰/۰۸- است).  
 - در صورتی که عابران پیاده جوان و میانسال باشند، ایمنی آن‌ها بر اساس شاخص PET افزایش خواهد داشت.  
 - در صورتی که عابران پیاده به دلیل عبور وسیله نقلیه دیگری بلافاصله بعد از وسیله نقلیه دارای تداخل، مجبور به توقف بیشتری شود، ایمنی عابر بر اساس شاخص PET افزایش می‌یابد (ضریب متغیر  $NS$ ، ۰/۳۸- است).  
 - در این نمونه از مشاهدات، وسایل نقلیه‌ای که پژو هستند، ایمنی عابران پیاده، بر اساس PET افزایش می‌یابد (ضریب متغیر  $P$ ، ۰/۰۸- است).

#### ۶- پی‌نوشت‌ها

##### 1. Post Encroachment Time

- 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.
- Kraay, J. H., van der Horst, A. R. A., & Oppe., S., (2013), "Manual conflict observation technique DOCTOR". SWOV, IZF-TNO and Foundation Road safety for all, The Netherlands, Foundation Road safety for all Report, 1.
- Laureshyn, A., Johnsson, C., De Ceunynck, T., Svensson, A. 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.
- Laureshyn, A., Svensson, A. & Hydén, C., (2010), "Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioral data: Theoretical framework and first implementation". *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), pp.1637-1646.
- Lee, J., Abdel-Aty, M., & Shah, I., (2018), "Evaluation of surrogate measures for pedestrian trips at intersections and crash modeling". *Accident Analysis & Prevention*.
- 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.
- Møller, M., & Haustein, S., (2016), "Factors contributing to young moped rider accidents in Denmark. *Accident Analysis & Prevention*, pp.87, pp.1-7.
- Muley, D., Kharbeche, M., Alhajyaseen, W., & Al-Salem, M., (2017), "Pedestrians' Crossing Behavior at Marked Crosswalks on Channelized Right-Turn Lanes at Intersections". *Procedia computer science*, 109, pp.233-240.
- Allen, B. L., Shin, B. T., & Cooper, P. J., (1978), "Analysis of traffic conflicts and collisions (No. HS-025 846)".
- 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 behavior*, 42, pp.468-478.
- Chen, P., Zeng, W., Yu, G., & Wang, Y., (2017), "Surrogate safety analysis of pedestrian-vehicle conflict at intersections using unmanned aerial vehicle videos". *Journal of advanced transportation*.
- Combs, T. S., Sandt, L. S., Clamann, M. P., & McDonald, N. C., (2018), "Automated vehicles and pedestrian safety: exploring the promise and limits of pedestrian detection". *American journal of preventive medicine*.
- Fu, T., Miranda-Moreno, L., & Saunier, N., (2018), "A novel framework to evaluate pedestrian safety at non-signalized locations". *Accident Analysis & Prevention*, 111, pp.23-33.
- 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.
- Ismail, K., Sayed, T., & Saunier, N., (2010), "Automated analysis of pedestrian-vehicle: conflicts context for before-and-after studies". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), pp.52-64.
- Kaparias, I., Hirani, J., Bell, M. G., & Mount, B., (2016), "Pedestrian gap acceptance behavior in street designs with elements of shared space". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2586), pp.17-27.

## Archive of SID

- 94th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, DC, USA, pp. 11-15.
- Small, K. A., Verhoef, E. T., & Lindsey, R., (2007), "The economics of urban transportation Routledge.
  - Songchitruksa, P., & Tarko, A. P., (2006), "The extreme value theory approach to safety estimation. Accident Analysis & Prevention, 38(4), pp.811-822.
  - Stewart, D. H., Biggs, H. C., & Davey, J. D., (2005), "Rushing ruins livelihoods: Road safety in the taxi industry".
  - Tageldin, A., Zaki, M. H., & Sayed, T., (2017), "Examining pedestrian evasive actions as a potential indicator for traffic conflicts". IET Intelligent Transport Systems, 11(5), pp.282-289.
  - Ultich Sander, (2017), "Opportunities and limitations for intersection collision intervention- A study of real world left turn across path accidents" Accident Analysis and Prevention, 99, pp.342-355.
  - Welch's ANOVA: Definition, Assumptions. [www.statisticshowto.datasciencecentral.com/welchs-anova](http://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/welchs-anova).
  - Why left-turns are so deadly/[www.wnyc.org/story/left-turns](http://www.wnyc.org/story/left-turns).
  - 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 Behavior, 3(1), pp.1-13.
  - 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.
  - National Highway Traffic Safety Administration, (2018), "Pedestrians: 2014 Data (Traffic Safety Facts. Report No. Dot Hs 812 270)". Accessed 5 July, 2016 01:18 UTC. <https://rashstats/nhtsa/dot/gov/Api/Public/ViewPublication/812270>.
  - 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.
  - Olszewski, P., Buttler, I., Czajewski, W., Dąbkowski, P., Kraśkiewicz, C., Szagała, P., & Zielińska, A., (2016), "Pedestrian safety assessment with video analysis". Transportation Research Procedia, 14, pp.2044-2053.
  - 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).
  - Peesapati, L. N., Hunter, M. P., & Rodgers, M. O., (2013), "Evaluation of post encroachment time as surrogate for opposing left-turn crashes. Transportation research record, 2386(1), pp.42-51.
  - Peesapati, L. N., Hunter, M. P., & Rodgers, M. O., (2018), "Can post encroachment time substitute intersection characteristics in crash prediction models?" Journal of Safety Research.
  - Petzoldt, T., (2014), "On the relationship between pedestrian gap acceptance and time to arrival estimates. Accident Analysis & Prevention, 72, pp.127-133.
  - 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

# **Assessing the Effective Factors on Conflicts between Vehicles and Pedestrians based on the Post Encroachment Time (Case Study: Vesal-Bozorgmehr Intersection)**

*Mostafa Shafaati, Ph.D., Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*

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

*E-mail: Boroujerdian@modares.ac.ir*

Received: August 2019-Accepted: February 2020

## **ABSTRACT**

Paying attention to the effective causes of pedestrian safety is one of the components of urban transportation. Non-signalized intersections are considered a place with having high levels of risk because of happening many different conflict situations between vehicles and pedestrians. In this paper, the variables which are influential on the pedestrian safety based on the Post Encroachment Time are assessed. Such an assessing is done by linear regression models. For this purpose, the data was extracted observing a non-signalized intersection in Tehran called Vesal Shirazi-Bozorgmehr. The results demonstrate that the variables such as the vehicle, being a taxi and the pedestrians having unusual stops are effective in PET, having coefficients  $-0/08$  and  $0/38$  respectively in 95 percent of reliability. Also, the number of pedestrians and vehicle's previous conflicts with other vehicles in the physical area of the intersection are effective, having coefficients equal to  $0/04$  and  $-0/05$  respectively in 90 percent of reliability.

**Keywords:** Pedestrian Safety, Non-Signalized Intersections, Conflicts between Pedestrians and Vehicles, Post Encroachment Time