بررسی تأثیر جهت حرکت وسیله نقلیه بر ایمنی عابر پیاده در تقاطع‌های شهری

مصطفی شفاعتی، دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امین میرزا بروجردیان*، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت مدرس،تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Boroujerdian@modares.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۶/۲۷- پذیرش: ۹۷/۰۱۱/۰۵
صفحه ۳۰۸-۲۹۹

چکیده

پایین بودن سطح ایمنی ترافیک، تبعات گسترده اجتماعی و اقتصادی دارد و هم‌چنین مانعی برای توسعه‌ی پایدار محسوب می‌شود. ایمنی عابر پیاده از اساسی ترین موضوعات مطالعات ایمنی محسوب می شود. تقاطعات بدون چراغ به دلیل آن که فاقد کنترل کننده های ترافیکی مانند چراغ راهنمای عابر و وسیله هستند و در آن ها تعداد برخوردهای ترافیکی بیشتری بین عابر و وسیله رخ می دهد، از محل هایی هستند که ایمنی عابر در آن ها به خطر می افتد. تا کنون متغیرهای مختلفی که بر شدت تداخل تأثیر گذار هستند، شناسایی شده است اما بیشتر آنها در تقاطع های چراغدار و در نوع خاصی از حرکت مثلا حرکت راستگرد یا چپ گرد مورد ارزیابی قرار گرفته اند. در این تحقیق، تأثیر نوع حرکت وسیله نقلیه (چپ گرد، راستگرد، مستقیم) بر ایمنی عابران پیاده با استفاده از شاخص های تداخلی در تقاطع های بدون چراغ، تحلیل می شود. داده های مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از روش پردازش تصاویر بدست آمده‌اند. تأثیر نوع حرکت بر شاخص های تداخلی زمان تا تصادف، فاصله زمانی و زمان پس از تخطی با استفاده از تحلیل آنووای یک طرفه انجام شد. تقاطع مورد بررسی در این تحقیق، در محل تقاطع خیابان وصال شیرازی (خیابان اصلی) به خیابان بزرگمهر (خیابان فرعی) است. در نهایت پس از انجام تحلیل‌ها مشخص شد نوع حرکت وسیله نقلیه در قابلیت اعتماد ۹۵ درصد تنها در شاخص زمان پس از تخطی تأثیر داشت. اختلاف معنادار، بین حرکت‌های راستگرد و مستقیم ملاحظه شد، این اختلاف برای لگاریتم شاخص زمان پس از تخطی ۰/۰۸ بود. در واقع این شاخص برای حرکت مستقیم نسبت به راستگرد به این میزان کمتر بود. علت این موضوع بیشتر بودن سرعت وسایل نقلیه در حرکات مستقیم نسبت به بقیه حرکت ها و ارتباط معکوس سرعت وسیله نقلیه با شاخص زمان پس از تخطی بود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی عابر پیاده، تقاطع بدون چراغ، شاخص زمان پس از تخطی، شاخص زمان تا تصادف، شاخص فاصله زمانی

۱-مقدمه

سالانه بیش از ۱/۲۵ میلیون نفر در سراسر جهان در اثر حوادث رانندگی جان خود را از دست می‌دهند. علت اصلی مرگ برای افراد در سنین بین ۱۵ تا ۲۹ سال، حوادث رانندگی است. چیزی در حدود ۹۰ درصد از تصادفات رانندگی در کشورهایی با درآمد پایین و متوسط به وقوع می‌پیوندد و این در حالی است که این کشورها، حدودا ٥٤ درصد کل وسایل نقلیه در دنیا را دارا هستند. نیمی از کشته شدگان حوادث رانندگی، کاربران آسیب‌پذیر راه شامل عابران پیاده، موتورسیکلت‌سواران و دوچرخه سواران هستند. خسارت اقتصادی حوادث رانندگی، حدود ۳ درصد تولید ناخالص داخلی کشورها است. پیش بینی می‌شود در صورت ادامه روند کنونی در رشد آمار تصادفات ترافیکی و در

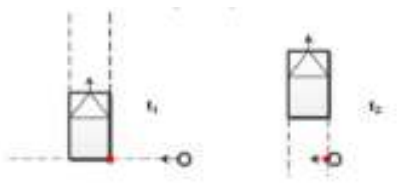
صورتی که اقدامات پایدار صورت نگیرد، تا سال ۲۰۳۰ فوت ناشی از تصادفات رانندگی، هفتمین دلیل عمده مرگ و میر در سرتاسر جهان شود (WHO, 2017). عابران پیاده آسیب پذیرترین کاربران راه هستند. در کشور چین، طبق اعلام وزارت ایمنی عمومی در سال ۲۰۱۱، سی درصد از کل تصادفات فوتی، مربوط به عابران پیاده بود (Ni.,et al 2016). این رقم در کشور لهستان ۳۵ درصد است(Olszewski et al.2016). همچنین تقاطع‌ها در سراسر دنیا سهم عمده ای از تصادفات دارند به طوری که در ایالات متحده تقریبا ۵۰ درصد از تصادفات خسارتی و مجموعا چیزی در حدود سی درصد از کل تصادفات منجر به فوت در تقاطع ها اتفاق می افتد. این رقم در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، حدود ٢٤ درصد است(Sander.et al., 2017). طبق تعریف HCM، تقاطع برون شهری یا درون شهری را می‌توان به عنوان منطقه ای عمومی تعریف کرد که در آن دو یا چند راه به یکدیگر ملحق شده یا یکدیگر را قطع می کنند. از آنجا که در تقاطع تمام کسانی که می‌خواهند از آن استفاده کنند سهیم اند باید در طراحی آن کارایی، ایمنی، سرعت، هزینه بهره برداری و ظرفیت در نظر گرفته شود (حقانی و شاه حسینی، ۱۳۹۱). به منظور بررسی ایمنی یک تقاطع معمولا از آمار تصادفات استفاده می شود. البته این روش با محدودیت هایی مواجه است. زیرا تصادف ها در دوره‌های زمانی نسبتاً طولانی و به ندرت اتفاق می‌افتند و انتظار می‌رود با بهبود یافتن وضعیت ایمنی مقدار آن در سال های آینده کمتر شود. بنابراین توسعه روش‌های جایگزین به منظور تحلیل ایمنی بر پایه تداخل‌های ترافیکی، ضروری خواهد بود. بر پایه نظر برخی محققان به ازای هر یک تصادف وسیله نقلیه با عابر، ۳۰۰۰ تداخل وجود دارد. بنابراین استفاده از این روش می تواند کارآمدی مناسبی داشته باشد(Laureshyn et al.2010). تداخل شرایطی را بیان می‌دارد که در صورتی که دو کاربر راه در محیطی مانند راه به سمت یکدیگر حرکت کنند و نوع جابجایی آن‌ها تغییر نکند، در این صورت تصادف بسیار محتمل می‌شود (Laureshyn et al 2010). در این تحقیق تلاش شده است تا تأثیر جهت حرکت وسیله نقلیه در ایمنی عابران پیاده با استفاده از شاخص های تداخلی بررسی شود. زیرا بسته به جهت حرکت وسیله نقلیه زاویه دید وسیله ها نسبت به عابر و بالعکس متفاوت است که این زاویه دید متفاوت می‌تواند در عواملی مانند سرعت وسیله نقلیه تأثیر گذار باشند. سرعت وسیله نقلیه هم طبق مطالعات پیشین بر ایمنی عابر پیاده تأثیرگذار است. بنابراین بررسی تأثیر جهت حرکت وسیله نقلیه بر ایمنی عابران پیاده ضروری به نظر می‌رسد.

۲- پیشینه تحقیق

در این زمینه مطالعات زیادی انجام شده است که در ادامه مطالعات مهم آورده می‌شود. لورد و همکاران داده‌هایی را از ۸ تقاطع در شهرهای همیلتون و اونتاریو در کانادا جمع‌آوری کردند و به منظورتحلیل رابطه بین تعداد تداخل‌ها و تصادف‌ها مدلی آماری پرداخت کردند. محققان درجه ایمنی عابر پیاده و وسیله نقلیه را در تقاطع‌های سه راهی و چهار راهی مقایسه کرد. بر اساس این تحقیق تعداد تداخل‌ها و تصادف‌ها به صورت مثبت و موثری با یکدیگر همبستگی داشتند. (Lord et al, 1996). آکین و همکاران داده های مربوط به تداخل‌های عابر پیاده و وسیله نقلیه را در ۳ تقاطع چراغدار در میشیگان ایالات متحده جمع آوری کردند. یک پیاده راه در هر تقاطع در دوره زمانی ای به میزان ۳ تا ٤ ساعت در یک روز فیلم برداری شدند. حجم عابران پیاده، حجم وسایل نقلیه چپ گرد و تداخل‌های عابر پیاده و وسیله نقلیه در هر ۳۰ دقیقه برداشت شدند. در این مطالعه فرکانس تداخل ها به طور خطی با حجم ساعتی وسایل چپ گرد و حجم ساعتی عابران پیاده مرتبط است. به طور مثال، در یک دوره ٢٤ ساعته تعداد تداخل‌ها، معادل حجم چپگرد است. به طور ویژه هنگامی که متوسط حجم وسایل نقلیه چپ گرد برابر ۱۰۰ وسیله بر ساعت است و حجم عابران پیاده برابر ۵۰ عابر در ساعت در طول هشت ساعت و برابر ۱۵ عابر بر ساعت در طول بقیه ساعات باقیمانده باشد، حدود ٦٠ تداخل در هر روز به وقوع می پیوندد. اگر حجم عابران پیاده دو برابر شود، ۱۲۰ تداخل در هر روز رخ می‌دهد. (Akin et al., 2007) چنگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ به منظور تخمین تعداد تداخل‌های عابر و وسیله در حرکت‌های چپ گرد و همچنین میزان خطرناک بودن آن ها و در نهایت ایمنی عابرپیاده در تقاطع از مدل های رگرسیون استفاده کردند. آنان در نهایت دریافتند حجم عابران پیاده و تعداد وسایل نقلیه چپ گرد و نسبت جمعیت عابران پیاده‌ای که شرایط به

خصوصی دارند مثلا مسن هستند و از خیابان عبور می کنند بیشترین نقش را در مطالعه تداخل‌های وسیله نقلیه و عابر پیاده در تقاطع‌های چراغدار دارند. (Cheng et al., 2014). سالیون و همکاران روشی را پیشنهاد کردند که بر مبنای این روش تعداد تداخل ها با استفاده از دستگاه شبیه ساز به دست می آید. در مطالعه آن ها، حجم ترافیک و سرعت نزدیک شدن وسیله نقلیه پارامترهای مهمی بودند که به منظور تخمین تعداد تداخل ها در نظر گرفتند. 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. مقایسه ای بین این دو مدل انجام شد. این مقایسه نشان داد که مدل دوم، معتبرتر است و نتایج دقیق تری به دست می دهد. (Saulino et al., 2015). یاگیل و همکاران نتیجه گرفتند که مردان نسبت به زنان دارای نرخ تداخل و تصادف بالاتری هستند (Yagil et al. 2000). طی مطالعه ای که در سال ۲۰۰۱ در دانشگاه فلوریدای آمریکا انجام شد، مشخص شد که با افزایش عرض خطوط عبوری، میزان نرخ برخوردها برای حرکت گردش به چپ افزایش اندکی می‌یابد (Greenwald et al.2001). وونهو و همکاران با استفاده از مدل های ریاضی، تعداد تداخل در تقاطع‌ها را تخمین زدند. به این منظور آن ها به بررسی ۹ تقاطع چراغدار و بررسی تداخل های حرکت های راستگرد وسایل نقلیه با عابران پیاده پرداختند. در این تقاطع‌ها حرکت راستگرد در هنگام چراغ قرمز مجاز بود. به منظور تخمین تعداد تداخل‌ها از مدلسازی رگرسیون خطی استفاده کردند. در نهایت 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). السیوسکی و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی شدت تداخل‌های عابر و وسیله پرداختند. در این تحقیق پس از ضبط تداخل‌ها با استفاده از دوربین فیلم برداری از کارشناسان خواسته شد تا با مشاهده فیلم‌ها به تداخل‌ها امتیاز دهند. سپس با استفاده از مدل رگرسیون خطی، عوامل موثر در شدت تداخل ها شناسایی شدند. مشاهده شد که شدت تداخل به طور غیر خطی با سرعت وسیله نقلیه افزایش می یابد. شدت تداخل با کمینه فاصله عابر و وسیله در حین تداخل نیز رابطه عکس داشت (Piotr Olszewski et al.,2016).

اسماعیل و همکاران رخدادهای ترافیکی عابر پیاده و وسیله نقلیه را به سه دسته تداخل‌های ترافیکی، رخدادهای مهم و عبورهای بدون وقفه تقسیم و تصریح کردند در تحلیل ایمنی عابر پیاده، شاخص PET می‌تواند به عنوان مهم ترین شاخص در شناسایی تداخل‌های ترافیکی و رخدادهای مهم باشند. (Ismail et al, 2010). هدف در این مطالعه آن است تا با استفاده از روش‌های آماری، تأثیر جهت حرکت وسیله نقلیه بر ایمنی عابر پیاده مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورتی که Tc1 و Tc2 به عنوان زمان‌هایی ثبت شوند که یک وسیله نقلیه به ناحیه تداخل وارد می شود یا از آن خارج می شود 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 نقطه ای باشد در بازه [t0, min(Tc,Tp)]، و همچنین dc(i) هم فاصله جلوی وسیله نقلیه تا نقطه برون یابی 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، GT و PET به صورت زیر است:



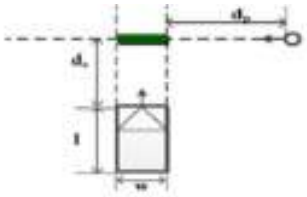
شکل ۱. شمایی کلی از وسیله نقلیه و عابر پیاده به منظور محاسبه شاخص زمان تخطی

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

$$PET=Tc1-Tp2 \quad (۱)$$

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

$$PET=Tp1-Tc2 \quad (۲)$$



شکل ۲. شمایی کلی از وسیله نقلیه و عابر پیاده به منظور محاسبه شاخص‌های زمان تا تصادف و فاصله زمانی

TTC: اگر ابتدا عابر پیاده عبور کند در این صورت TTC از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Ni et al., 2016).

$$TTC(i)=\max\left(\frac{dp(i)+w}{vp(i)},\frac{dc(i)}{vc(i)}\right) \quad (۳)$$

اگر ابتدا وسیله نقلیه عبور کند، آن گاه TTC از رابطه (٤) محاسبه خواهد شد.

$$TTC(i)=\max\left(\frac{dp(i)}{vp(i)},\frac{dc(i)}{vc(i)}\right) \quad (٤)$$

در نهایت TTCmin از رابطه (۵) به دست می آید.

$$TTCmin=\min(TTC(i)) \quad (۵)$$

GT: اختلاف زمانی بین زمانی که اولین کاربر راه، ناحیه تداخل را ترک می کند و دومین کاربر به ناحیه تداخل می رسد. اگر ابتدا عابر عبور کند، شاخص GT از رابطه (٦) محاسبه می شود(Ni et al., 2016).

$$GT(i)=\left|\frac{dp(i)+w}{vp(i)}-\frac{dc(i)}{vc(i)}\right| \quad (٦)$$

در صورتی که ابتدا وسیله نقلیه عبور کند، شاخص GT از رابطه (۷) به دست می آید.

$$GT(i)=\left|\frac{dp(i)}{vp(i)}-\frac{dc(i)+l}{vc(i)}\right| \quad (۷)$$

$$GTmin=\min(GT(i)) \quad (۸)$$

در این تحقیق با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و مدل رگرسیون خطی به بررسی اثر جهت حرکت وسیله نقلیه در شاخص‌های تداخلی پرداخته می شود.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش تقاطع بدون چراغی با چهار رویکرد، بررسی شده است. این چهارراه در واقع تقاطع خیابان های وصال شیرازی و بزرگمهر در تهران است. از مزایای انتخاب این تقاطع بالا بودن تعداد تداخل‌های بین وسیله و عابر پیاده و هم‌چنین فراهم بودن امکان فیلم‌برداری است. شیب چهار مسیر منتهی به تقاطع صفر و زاویه تقاطع ۹۰ درجه است. برای انجام عملیات فیلم‌برداری، دوربین بر روی یک ساختمان شش طبقه به ارتفاع حدود ۱۷ متر و فاصله تقریبی ۳۰ متر از تقاطع نصب گردید. در این تقاطع خیابان اصلی خیابان وصال شیرازی هست که دارای سه خط عبوری هست؛ و چراغ چشمک زن زرد دارد؛ و خیابان فرعی خیابان بزرگمهر هست. که دارای دو خط عبوری و چراغ چشمک زن قرمز است. شایان ذکر است که هر دو خیابان دارای میانه هستند. در شکل ۳ موقعیت خیابان‌های وصال و بزرگمهر مشخص شده‌اند. برداشت داده‌ها در هفته ابتدایی تیر ماه سال ۹٦ 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. پس از مسیریابی وسیله نقلیه و عابر پیاده با استفاده از نرم افزار کینووا، مختصات زمانی و مکانی عابر و وسیله توسط این نرم افزار به صورت خروجی در فایل های اکسل موجود

بودند. پس از این مرحله خروجی‌های برنامه کینووا (مختصات مکانی و زمانی وسیله نقلیه و عابر) که برای تداخل مورد نظر بدست آمد به نرم افزار مهندسی ریاضی (MATLAB) انتقال داده شد و در این برنامه کد نویسی به منظور به دست آوردن هر کدام از شاخص ها و بقیه خروجی های مورد نیاز انجام شد. در نهایت شاخص زمان تا تصادف (TTC)، شاخص زمان پس از تخطی (PET)، شاخص فاصله زمانی (GT) و اطلاعات دیگری مانند سرعت متوسط عابر و وسیله و غیره به دست آمدند. در شکل (٤) می‌توان نمایی از برنامه متلب و کینووا را مشاهده کرد.

در مجموع، ٤٥٢ و ٤٦٤ مشاهده برای شاخص های TTC و GT و ٥٠١ مشاهده برای شاخص PET به دست آمدند.

انجام محاسبات آماری نیز، با استفاده از نرم افزار آماری STATA انجام شد.

٤- نتایج و تحلیل داده‌ها

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

٤-١- معرفی متغیرها

١- حرکت چپ گرد، ٢= حرکت راستگرد، ٣= حرکت مستقیم، logTTC= لگاریتم شاخص TTC، GT= شاخص GT، logPET= لگاریتم شاخص PET، VV= سرعت وسیله نقلیه، moving= نوع حرکت.

٤-٢-کنترل شروط تحلیل آنووای یکطرفه

به منظور انجام تحلیل آنووای یک طرفه وجود شش شرط الزامی است:

١-متغیر وابسته باید به صورت پیوسته باشد. در این تحقیق، متغیرهای وابسته، شاخص‌های تداخلی هستند که همگی پیوسته اند.

٢-متغیر مستقل باید شامل شامل حداقل دو گروه مستقل و دسته بندی شده باشند. در این تحقیق متغیر مستقل، نوع حرکت وسیله نقلیه است و شامل سه دسته چپ گرد، راستگرد و مستقیم است. بنابراین این شرط هم برقرار است.

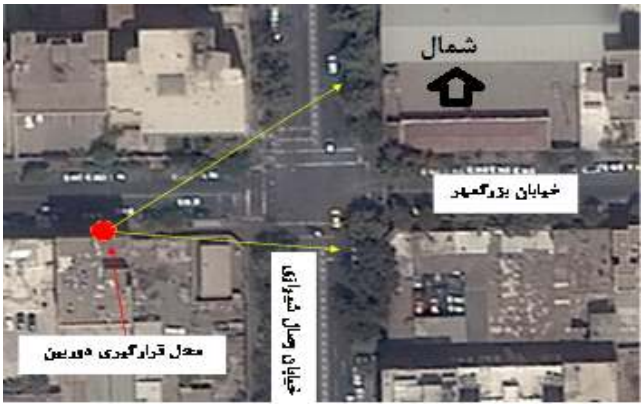
٣-مشاهدات باید مستقل از هم باشند یعنی به طور مثال نباید چندین وسیله نقلیه وجود داشته باشند که در همه گروه‌ها وجود داشته باشند که چنین چیزی در این مطالعه رعایت شده است.

٤-نباید مشاهداتی وجود داشته باشند که دارای داده‌های outlier هستند. در این داده ها، مشاهداتی که دارای داده های outlier هستند شناسایی شده و از روند مطالعه کنار گذاشته شدند. به طور مثال در مشاهدات مربوط به PET، مشاهده ای وجود داشت که در آن شاخص PET چیزی در حدود ٦ ثانیه بود. با توجه به این که از میانگین خیلی فاصله داشت و عددی غیر عادی بود از مطالعه کنار گذاشته شد. همچنین درباره داده های خیلی کوچک هم این کار انجام شد. داده های غیر منطقی عموما به دلیل خطاهای موجود در عملیات دنباله روی به وجود می آیند.

٥-داده‌ها در هر گروه باید به طور تقریبی توزیع نرمال داشته باشند. در صورتی که این شرط اندکی نقض شود، مشکل خاصی پیش نمی آید زیرا تحلیل واریانس یکطرفه حساسیت کمی نسبت به نرمال نبودن توزیع دارد. در داده های پیش رو در برخی از گروه‌ها این شرط برقرار است اما در برخی دیگر از گروه‌ها این شرط اندکی نقض شده است که با توجه به توضیحات منابع موجود، این نقض مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند. به دلیل خلاصه کردن، نتایج مربوط به بررسی نرمال بودن آورده نمی‌شود.

٦-واریانس باید در تمام گروه‌ها هموژنیزه باشد. یعنی به عبارتی واریانس داده‌ها در تمام گروه‌ها باید با هم برابر باشند. این کار با استفاده از تست لون انجام می‌شود. در همه گروه‌های داده‌ها این شرط برقرار است. لازم به توضیح است که در ابتدا این شرط برقرار نبود، سپس با لگاریتمی کردن داده‌ها این شرط برقرار شد. شاخص‌های TTC و PET لگاریتمی شدند و پس از لگاریتمی شدن استفاده شدند.(lard,2018)

در ادامه نتیجه حاصل از این تست برای همه متغیرها آورده می‌شود.



شکل ۳. تقاطع وصال به بزرگمهر

شکل ٤ برنامه کینووا به منظور دنباله روی عابر و وسیله نقلیه

جدول ۱. نتایج آزمون لون برای متغیر logPET

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	-0/0833	0/312	100
2	-0/0014	0/298	100
3	-0/0856	0/294	301
Total	-0/0683	0/300	501
W0= 0/5779		Df(2,498)	Pr>F=0/561
W50= 0/5762		Df(2,498)	Pr>F=0.562
W10= 0.5772		Df(2,498)	Pr>F=0.562

جدول ۲. نتایج آزمون لون برای متغیر logTTC

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	0/26	0/163	87
2	0/249	0/195	69
3	0/266	0/167	296
Total	0/262	0/171	452
W0= 1/223		Df(2,449)	Pr>F=0/295
W50= 1/184		Df(2,449)	Pr>F=0/307
W10= 1/186		Df(2,449)	Pr>F=0/306

جدول ۳. نتیجه آزمون لون برای متغیر GT

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	0/419	0/434	87
2	0/461	0/474	72
3	0/323	0/459	305
Total	0/362	0/459	464
W0= 0/733		Df(2,461)	Pr>F=0/481
W50= 0/866		Df(2,461)	Pr>F=0/422
W10= 1/037		Df(2,461)	Pr>F=0/355

مقادیر Pr>F در صورتی که بیشتر از ۰/۰۵ باشند، نتیجه مطلوب از این تست به دست می آید و می‌توان نتیجه گرفت، واریانس ها با هم برابر هستند. در جدول‌های ۲ و ۳، نتایج تست به ترتیب برای شاخص TTC و GT آورده می‌شود.

٤-۳- نتایج محاسبات

در تحلیل آنووا می توان اختلاف چند دسته از مشاهدات را از نظر آماری بررسی نمود. این تحلیل مشخص می‌کند که آیا تفاوت بین دسته های مختلف از نظر آماری معنادار است یا خیر. تحلیل برای هر سه شاخص انجام می‌شود. در جدول (٤)، نتایج تحلیل‌ها برای شاخص TTC ملاحظه می‌شود.

جدول ٤. تحلیل آنووا برای شاخص TTC

Summary of logTTC

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	0/26	0/163	87
2	0/249	0/195	69
3	0/266	0/167	296
Total	0/262	0/171	452

Analysis of variance

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Between groups	0/0144	2	0/007	0/25	0/7815
Within groups	13/115	449	0/0292		
total	13/129	451	0/0291		

در ستون آخر جدول، Prob>F از ۰/۰۵ بیشتر شده است و این یعنی در بین گروه‌های مختلف در شاخص TTC تفاوتی وجود ندارد. بنابراین جهت حرکت، تأثیری در افزایش یا کاهش این شاخص ندارد. نتایج تحلیل‌ها برای شاخص GT در جدول (۵) ملاحظه می‌شود.

جدول ۵. تحلیل آنووا برای شاخص GT

Summary of GT

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	0/419	0/434	87
2	0/461	0/474	72
3	0/323	0/459	305
Total	0/362	0/459	464

Analysis of Variance

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Between groups	1/45	2	0/729	3/48	0/0315
Within groups	96/427	461	0/209		
total	97/884	463	0/211		

در ستون آخر جدول، عدد Prob>F کوچکتر از ۰/۰۵ است و احتمال وجود تفاوت بین گروه‌ها وجود دارد. در این حالت بایستی نتیجه آزمون توکی مورد بررسی قرار گیرد تا گروه ها به صورت دوتایی با هم مقایسه شوند. این تحلیل در جدول (٦) موجود است.

کمترین عدد P-value، متعلق به مقایسه بین گروه‌های ۳ و ۲ است اما این عدد هم از ۰/۰۵ بیشتر شده است. بنابراین، در این شاخص هم بین گروه‌ها تفاوت معناداری ملاحظه نمی‌شود. در جدول (۷)، نتیجه آنالیز آنووای یک طرفه برای logPET آورده شده است.

جدول ٦. نتیجه آزمون توکی برای شاخص GT

GT	Contrast	Std.err	T	p>|t|	[95 conf	.Interval]
2 vs 1	0/041	0/073	0/56	0/842	-0/131	0/212
3 vs 1	-0/097	0/056	-1/74	0/190	-0/228	0/034
3 vs 2	-0/138	0/059	-2/30	0/057	-0/278	0/003

جدول ۷. تحلیل آنووا برای logPET

Summary of logPET

Moving	mean	Std. Dev.	Freq.
1	-0/083	0/312	100
2	-0/001	0/299	100
3	-0/086	0/294	301
Total	-0/068	0/300	501

Analysis of Variance

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Between groups	0/5602	2	0/2801	3/14	0/0442
Within groups	44/444	498	0/0892		
total	45/005	500	0/0900		

همانطور که ملاحظه می‌شود، عدد ستون آخر جدول بالا برابر ۰/۰٤ است و این یعنی احتمالا تفاوتی معنی دار بین گروه ها وجود دارد. در صورتی که تحلیل توکی انجام شود، این تفاوت معنادار بین حرکت‌های ۲ و ۳ ملاحظه خواهد شد.

جدول ۸ تحلیل توکی برای logPET

logPET	Contrast	Std.err	T	p>|t|	[95 conf	.Interval]
2 vs 1	0/0819	0/0422	1/94	0/129	-0/017	0/181
3 vs 1	-0/002	0/0345	-0/07	0/998	-0/083	0/079
3 vs 2	-0/084	0/0345	-2/44	0/040	-0/165	-0/003

همان طور که ملاحظه می شود تفاوت معنی داری بین گروه های ۲ و ۳ وجود دارد. یعنی شاخص PET در حرکت های مستقیم نسبت به حرکت های راستگرد، کمتر است و این تفاوت از نظر آماری معنادار است، زیرا P-value برابر با ۰/۰٤ است.

جدول ۹. همبستگی بین logPET وسرعت وسیله نقلیه

	Log PET	VV
Log PET	1/0000	
VV	-0/1383	1/0000

بحث درباره نتایج

همان طور که مشاهده شد، در شاخص TTC و GT نوع حرکت هیچ تأثیری بر افزایش یا کاهش شاخص ندارد اما در شاخص PET این تأثیر دیده می‌شود. برخی از محققان اعتقاد دارند، مهم ترین شاخص به منظور بررسی تداخل عابر و وسیله، شاخص PET است(Ismael et al. 2010). بنابراین می توان این نتیجه را گرفت که در مهمترین شاخص که از آن به منظور تحلیل ایمنی عابر پیاده با استفاده از تداخل استفاده می شود، نوع حرکت وسیله نقلیه بر کاهش ایمنی عابر موثر است. به عبارتی دیگر، در صورتی که حرکت وسیله نقلیه مستقیم باشد و با عابر تداخل داشته باشد، ایمنی عابر بیشتر به خطر می‌افتد. می‌توان گفت دلیل عمده این پدیده سرعت وسیله نقلیه است. سرعت وسیله نقلیه با شاخص PET ارتباط معکوس دارد. جدول ۹ این ارتباط معکوس را با استفاده از همبستگی نشان می‌دهد. می‌توان نتیجه گرفت هر چه سرعت وسیله نقلیه بالاتر باشد، شاخص PET کمتر خواهد بود. در صورتی تحلیل آنووا بین سرعت‌های وسیله نقلیه و نوع حرکت انجام شود، این نتیجه به دست می‌آید که حرکت‌های مستقیم دارای سرعت بیشتری هستند. لازم به توضیح است در این جا هم به دلیل آن که شرط ششم تحلیل آنووای یک طرفه ارضا شود، از لگاریتم سرعت استفاده شد. در جدول (۱۰) می‌توان نتیجه تحلیل توکی را مشاهده کرد.

جدول ۱۰. تحلیل توکی به منظور بررسی تفاوت سرعت‌های وسیله نقلیه در گروه‌های مختلف

logVV	Contrast	Std.err	T	p>|t|	[95 conf	.Interval]
2 vs 1	-0/0597	0/0215	-2/77	0/016	-0/110	-0/0090
3 vs 1	0/1390	0/0176	7/91	0/000	0/0977	0/1804
3 vs 2	0/1987	0/0176	11/30	0/000	0/157	0/2401

همانطور که ملاحظه می‌شود، با مقایسه دو به دوی سرعت گروه‌های مختلف، می‌توان نتیجه گرفت سرعت گروه ۳، از بقیه بیشتر است. (سرعت گروه ۱ از ۲ بیشتر است، سرعت گروه ۳ از ۱ و ۲ بیشتر است، بنابراین سرعت گروه ۳ از همه گروه‌ها بیشتر است). بنابراین با توجه به این که سرعت وسیله نقلیه با شاخص PET ارتباط معکوس دارد، می توان نتیجه گرفت که مستقیم بودن حرکت موجب کاهش این شاخص می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

- سرعت وسایل نقلیه‌ای که مستقیم حرکت می‌کنند از راستگرد و چپ گرد بیشتر است.
- نوع حرکت تأثیری بر شاخص‌های TTC و GT ندارد.
- نوع حرکت بر شاخص PET تأثیرگذار است.
- در تحلیل آنووا، contrast لگاریتم PET وسایل نقلیه ای که به طور مستقیم حرکت می کنند، نسبت به وسایل نقلیه راستگرد به میزان ۰/۰۸٤ کمتر است.
- دلیل تأثیر نوع حرکت در شاخص PET، بیشتر بودن میزان سرعت وسایل نقلیه مستقیم و وجود ارتباط معکوس بین سرعت وسایل نقلیه و شاخص PET بود.

٦- مراجع

- حقانی، م.، شاه حسینی، ز.، (۱۳۹۰)، "برنامه‌ریزی حمل و نقل و مهندسی ترافیک به همراه مروری بر آمار و احتمالات، انتشارات آوا.

-Aliaksei Laureshyn, Ase Svensson, Christer Hyden. (2010), “Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioral data: Theoretical framework and first implementation”. Accident Analysis and Prevention, 42, pp.1637-1646.

-Darcin Akin and Virginia P. Sisiopiku. (2007), “Modeling interactions between pedestrians and turning-vehicles at signalized crosswalks operating under combined pedestrian-vehicle interval”.

-Greenwald, M., & Boarnet, M. 1112, (2016), “built environment as determinant of walking behavior: Analyzing nonworking

-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.

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

- Wonho Kim, Gur-joong Kim and Dongmin Lee, (2016), "Estimating potential conflicts between right-turn-on-red vehicles and pedestrians at crosswalks", International Journal of Urban Science, 20:2, pp.226-240.

-Wei, Cheng, Ning Zhang, Wei Li, and Jianfeng Xi., (2014), "Modeling and Application of Pedestrian Safety Conflict Index at Signalized Intersections: Discrete Dynamics in Nature and Society", Vol. Article ID 314207, pp.6.

-Yagil, D. 1111, (2016), "Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians' self-reported behavior at signal-controlled crossings". Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 3. 2, pp.2-23.

-Ying Ni, Menglong Wang, Jian Sun and Keping Li. (2016), "Evaluation of pedestrian safety at intersections: A theoretical framework based on pedestrian-vehicle interaction patterns". Accident Analysis and Prevention, 96, pp.118-129.

pedestrian travel in Portland, Oregon". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2481, pp.33-72.

-Ismail, K., Sayed, T., Saunier, N., (2010), "Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts: context for before-and-after studies". Transportation Research Record. J. Transportation Research Board 2198, pp.52-64.

-Lord, D., (1996), "Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.

-One Way ANOVA in SPSS Statistics-://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php.

- Piotr Olszewski, Ilona Buttler, Witold Czajewski, Pawel Dabkowski, Cezary Kraskiewicz, Piotr Szagala and Anna Zielinska. (2016), "Pedestrian safety assessment with video analysis", 6th Transport Research Arena April, pp.18-21.

-Piotr Olszewski, Beata Osinska, Przemyslaw Skocynski, Anna Zielinska, (2016), "Review of current study methods for VRU safety, chapter 3". Project No. 635895_ lnDev, HORIZON 2020- the Framework Programme for Research and Innovation.

-Saulino G., Persaud, B., and Bassani, M., (2015), "Calibration and application of crash prediction models for safety assessment of roundabouts based on simulated conflicts". Washington, DC: Transportation Research Board 94th annual meeting (No. 15-4968).

-"Submitted for presentation and publication at 86th Annual Meeting of Transportation Research Board, (2007), 21-27 January, Washington, D.C.