فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و سوم، شماره ۹۳، تابستان ۱۴۰۲، ص. ۸۹-۷۵

ارزیابی ریسک تخلفات عبور از چراغ‌قرمز عابران پیاده با استفاده از شاخص‌های جایگزین ایمنی

رضا توانایی، کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان

فرشیدرضا حقیقی (مسئول مکاتبات)، دانشیار، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، مازندران، ایران

E-mail: Haghighi@nit.ac.ir

عباس شیخ فرد، دکتری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، مازندران، ایران

چکیده

تخلفات عبور از چراغ‌قرمز عابران پیاده از مهم‌ترین علل وقوع تصادفات عابران در تقاطع‌ها است که هرساله جراحات و تلفات قابل‌توجهی را به این گروه آسیب‌پذیر راه تحمیل می‌کند. پژوهش حاضر تلاش می‌کند که بر اساس یک رویکرد فعال ریسک برخورد عابر پیاده و خودروها در تقاطع را در زمان تخلف عبور از چراغ‌قرمز تو سط عابر پیاده را از طریق خو شه‌بندی شاخص‌های جایگزین ایمنی ارزیابی کند. بر همین اساس تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده در دو تقاطع درون‌شهری در شهر بابل از طریق فیلم‌های ضبط شده تو سط دوربین‌های نظارتی م ستقر در م سیر به‌عنوان داده‌های تحقیق حا ضر ا ستفاده شد. تحلیل خو شه‌بندی داده‌ها با استفاده از الگوریتم کای میانگین معناداری سه سطح ریسک مختلف از تخلفات را بر اساس آستانه‌های بحرانی شاخص‌های زمان پس از تخطی (PET)، زمان مانده تا برخورد (TTC) و زمان فا صله (GT) را شنا سایی کرد. علاوه‌براین، برای هریک از سطوح ری سک مدل معادلات ساختاری متغیرهای اثرگذار بر انجام تخلف بر اساس متغیرهای مبتنی بر چهار عامل انسان، محیط، جاده و وسیله نقلیه را ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی عابران پیاده، تخلفات چراغ‌قرمز، تقاطع شهری، ریسک

۱. مقدمه

در ایران عابران پیاده حدود ۲۳ درصد از کل تلفات جاده‌ای را تشکیل می‌دهند که عمده این تصادفات در مسیرهای درون‌شهری رخ می‌دهد. در این میان، تصادفات عابران پیاده در تقاطع‌های درون‌شهری در زمان حرکت مجاز خودروها (چراغ سبز) سهم قابل‌توجهی را به خود اختصاص می‌دهد (۱). عبور عابران پیاده در زمان چراغ‌قرمز یکی از مهم‌ترین تخلفاتی است که ممکن است منجر به وقوع تصادف با خودروهای در حال حرکت گردد (٤-۲). لذا بررسی این نوع از تخلفات می‌تواند علاوه بر تعیین میزان ریسک وقوع تصادف، نقش عوامل تأثیرگذار بر انجام این‌گونه رفتارها از سوی عابران پیاده را نشان دهد. در این شرایط، شناسایی مجموعه عواملی که ممکن است بر تصمیم عابران پیاده مبنی بر عبور از تقاطع در زمان چراغ‌قرمز اثرگذار باشد می‌تواند در برنامه‌های آینده نهادهای سیاست‌گذار در زمینه‌ی ارتقای ایمنی عبور عابران پیاده ازجمله فرهنگ‌سازی رفتارهای ترافیکی آن‌ها مورداستفاده قرار گیرد.

۱-۱ تعریف مسئله و اهداف پژوهش

سالانه حدود ١٦ هزار نفر تلفات جاده‌ای در کشور ثبت می‌شود که حدود ۲۲ درصد از آن‌ها مربوط به عابران پیاده است (۵). از سوی دیگر، عمده تصادفات عابران پیاده در تقاطع‌های درون‌شهری رخ می‌دهد که عبور غیرمجاز (تخطی از چراغ‌قرمز) عابران پیاده از مهم‌ترین علل وقوع آن است. در بسیاری از کشورهای دنیا اعمال قانون در خصوص عابران پیاده متخلف در بسیاری از کشورهای دنیا در حال انجام است و در گزارش‌های متعددی تأثیر مثبت آن بر کاهش تخلفات عابران پیاده ازجمله تخلف عبور از چراغ‌قرمز گزارش شده است (٦ و ۷). علیرغم تلفات بالای عابران پیاده در ایران (بیش از ٤۰۰۰ نفر در سال)، قانون در برخورد با رفتارهای متخلفانه‌ی عابران پیاده تاکنون منفعل بوده است. با توجه به اینکه به نظر می‌رسد اجرای قانون در خصوص تخلفات عابران پیاده ازجمله عبور از چراغ‌قرمز در سال‌های آینده نیز انجام نگیرد، به نظر می‌رسد که اصلاح رفتارهای پرخطر عابران پیاده ازجمله عبور از چراغ‌قرمز از مهم‌ترین برنامه‌های فرهنگ‌سازی ترافیک برای این نوع از کاربران راه باشد. ازاین‌رو، بررسی عوامل اثرگذار بر تصمیم عابران پیاده مبنی بر ارتکاب تخلف عبور از چراغ‌قرمز می‌تواند منجر به شناسایی الگوهای علیتی بروز این تخلف حادثه‌ساز گردد (۱۰-۸). از سوی دیگر، میزان ریسک هریک از این الگوها از طریق شاخص‌های جایگزین ایمنی مانند روش‌های تعارض ترافیکی ارائه خواهد شد.

پژوهش حاضر تلاش می‌کند که بر اساس یک رویکرد فعال ریسک برخورد عابر پیاده و خودروها در تقاطع را در زمان تخلف عبور از چراغ‌قرمز توسط عابر پیاده را از طریق خوشه‌بندی شاخص‌های جایگزین ایمنی ارزیابی کند. گرچه مطالعات بسیاری تاکنون بر روی رفتارهای عابران پیاده خصوصاً تخلفات آن‌ها نظیر عبور از چراغ‌قرمز انجام شده است، بااین‌وجود میزان ریسک این نوع تخلف از طریق شاخص‌های جایگزین ایمنی موردبررسی واقع نشده است. با توجه به اینکه ریسک برخورد، ترکیبی از احتمال برخورد و شدت پیامد ناشی از آن است، استفاده از شاخص‌هایی بتواند هر دو جنبه را لحاظ کند، ضروری به نظر می‌رسد. این رویکرد می‌تواند ریسک وقوع تصادفات خودرو-عابر پیاده را از طریق عوامل مختلف اثرگذار بر روی تخلف عبور از چراغ‌قرمز (تصمیم عابر پیاده مبنی بر انجام تخلف) طور دقیق‌تر و جامع‌تری ارزیابی کند.

۲. روش پژوهش

در پژوهش تحلیل ریسک تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده از طریق ارزیابی تداخل‌های ترافیکی به وجود آمده بین خودرو و عابران پیاده انجام شده است. ابتدا، از طریق شاخص‌های جایگزین ایمنی مبتنی بر زمان وضعیت رفتاری عابران در زمان تخلف چراغ‌قرمز موردبررسی قرار می‌گیرد. داده‌های تحقیق از طریق مشاهده‌ی فیلم دوربین‌های نظارتی در محل تقاطع استخراج شده‌اند که امکان بررسی متغیرها را در فواصل زمانی مختلف میسر می‌سازد. پس از محاسبه شاخص‌ها، سطوح

مختلف ریسک تخلف چراغ‌قرمز با استفاده از شاخص‌ها و به کمک روش الگوریتم خوشه‌بندی ارائه خواهد شد. در گام آخر، مدل معادلات ساختاری برای هریک از سطوح ریسک بر اساس متغیرهای اثرگذار بر انجام تخلف چراغ‌قرمز توسط عابران پیاده مشخص خواهد شد.

۲-۱ شاخص جایگزین ایمنی

- زمان پس از تخطی[۱] (PET)

زمان پس از تخطی یاPET یکی از این معیارهای جایگزین ایمنی است و نشان‌دهنده اختلاف‌زمانی بین یک وسیله نقلیه که از منطقه مشخص خارج می‌شود و یک وسیله نقلیه درگیر که وارد همان منطقه می‌شود. درواقع بازه زمانی بین لحظه‌ای که اولین شرکت‌کننده در ترافیک از مسیر دومین شرکت‌کننده در ترافیک خارج می‌شود و شرکت‌کننده دوم در ترافیک وارد دوره قبلی دوره اول می‌شود. PET بازه زمانی بین یک وسیله نقلیه پیشرو که از یک مکان خاص خارج می‌شود و یک وسیله نقلیه عقب‌مانده که به همان مکان می‌رسد را اندازه‌گیری می‌کند. در این سناریو، مکانی که هر دو وسیله نقلیه در آن تعامل دارند، منطقه درگیری نامیده می‌شود.

- زمان مانده تا برخورد[۲] (TTC)

در تحقیق بر روی تکنیک‌های تعارض ترافیکی، زمان تا برخورد (TTC) یک معیار مؤثر برای ارزیابی شدت درگیری‌ها ثابت شده است. در مطالعات ایمنی ترافیک TTC را این‌گونه تعریف می‌کنند: "زمان موردنیاز برای برخورد دو وسیله نقلیه اگر با سرعت فعلی خود و در همان مسیر ادامه دهند". TTC در شروع ترمز، نشان‌دهنده فضای مانور موجود در لحظه شروع عمل گریز است. حداقل TTC به‌دست‌آمده در طول نزدیک شدن دو وسیله نقلیه در مسیر برخورد (TTCmin) به‌عنوان شاخصی برای شدت برخورد در نظر گرفته می‌شود. در اصل، هرچه TTCmin کمتر باشد، خطر برخورد بیشتر است (۵۸). به‌طورکلی، زمان تا برخورد (TTC) شناخته‌شده‌ترین شاخص ایمنی مبتنی بر زمان است. TTC به زمان باقی‌مانده قبل از تصادف از عقب در صورت حفظ مسیر و سرعت وسایل نقلیه اشاره دارد. ثابت شده است که TTC یک معیار مؤثر برای تشخیص رفتارهای بحرانی از عادی در موقعیت‌های مختلف تداخل بین کاربران راه است.

- زمان فاصله[۳] (GT)

این شاخص برابر با اختلاف زمانی است که کاربر دوم پس از ترک کاربر اول به نقطه درگیری می‌رسد، اگر هر دو با همان سرعت و در مسیرهای مشابه ادامه می‌یابند. این شاخص زمان بین تکمیل تخطی توسط کاربر در حال حرکت و زمان رسیدن کاربر عبوری درصورتی‌که با همان سرعت و مسیر ادامه دهند. این تنوع تعدادی از تفاوت‌های ظریف را در مقایسه با مفهوم عمومی PET که از آن مشتق شده‌اند نشان می‌دهد. مفهوم "زمان فاصله" بر اساس زمان تخمینی رسیدن به نقطه بالقوه درگیری است تا اختلاف زمانی واقعی. این نشانگر ایمنی ازنظر ماهیت مشابه تکنیک درگیری ترافیک است و بر معیاری در نقطه‌ای که برای اولین بار اقدام گریزان انجام می‌شود، متکی است. درحالی که این موضوع تأثیر ترمز گیری توسط یک وسیله نقلیه ثانویه را نشان می‌دهد، ماهیت اولیه مفهوم اصلی PET از بین می‌رود زیرا اقدامات نیاز به منابع سرعت و مسافت در طول فرآیند استخراج داده‌ها موردنیاز است.

۲-۲ مکان موردمطالعه

در پژوهش حاضر دو تقاطع چراغ‌دار درون‌شهری شهاب نیا و امیرکبیر واقع در شهر بابل در استان مازندران مدنظر قرار گرفت. مکان‌های نامبرده در کمربندی غربی شهر بابل واقع است که از پرترددترین نواحی ترافیک موتوری و غیر موتوری در شهر است.

شکل ۱. لحظه تردد حین چراغ‌قرمز در روز توسط یک عابر پیاده (سمت چپ: چهارراه امیرکبیر؛ سمت راست: چهارراه شهاب نیا)

۲-۳ جمع‌آوری داده

فیلم‌های ضبط‌شده از دوربین‌های نظارتی نصب‌شده در مکان‌های موردمطالعه طی ۱۱ شبانه‌روز مداوم از تاریخ ۱۵ خرداد تا ۲۵ خرداد ۱۴۰۱ به‌منظور ارزیابی تخلفات تردد از چراغ‌قرمز عابران پیاده مورد تحلیل قرار گرفت. با هدف شناسایی تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده و عوامل مختلف اثرگذار در زمان ارتکاب تخلفات، فیلم‌ها چندین بار مورد بازبینی قرار گرفت. در طی این روند، با استفاده از دوربین ویدیویی با نرخ نمونه‌برداری بالا از حرکت کاربران در تقاطع موردمطالعه تصویربرداری صورت گرفت و سپس با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر موقعیت کاربران در فضای پیکسلی تعیین شد. گام بعدی، محاسبه موقعیت کاربران در فضای دوبعدی –فضای کالیبره شده، است. در این راستا با تعریف شبکه‌ای با ابعاد مشخص و از پیش اندازه‌گیری شده، فرایند تبدیل پیکسل به موقعیت مکانی برحسب طول و عرض (در واحد متر) انجام شد. در جدول ۱، لیست اولیه‌ای از متغیرهای متفاوتی دیده می‌شود که به‌عنوان متغیرهای اولیه برای مدل‌سازی در تحقیق حاضر انتخاب شده‌اند تا ارتباط عوامل انسانی، جاده‌ای و محیطی با میزان سطح ریسک تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده از محل‌های موردبررسی با دقت بالاتری انجام گیرد (جدول ۱). ارزیابی فیلم‌ها نشان داد که طی بازه موردمطالعه درمجموع تعداد ٦٢٩ تخلف چراغ‌قرمز توسط عابران پیاده در مسیرهای مختلف در هر دو تقاطع موردنظر شناسایی شد.

جدول ۱. متغیرها

عامل	کد	متغیر	بعد	توصیف
انسان (عابر)	GRP	حرکت در یک دسته	تعداد	عبور با هم
انسان (عابر)	P.SPD	سرعت	متر بر ثانیه	سرعت تردد
انسان (عابر)	P.A	توجه به ترافیک	بله: ۱، خیر: ۰	به سمت ترافیک نگاه می‌کند
انسان (عابر)	T.C	سبک عبور		می‌دود:۰، قدم می‌زند:۱
انسان (عابر)	TRJY	مسیر عبور		مستقیم:۱، زیگزاگی یا قطری:۰
وسیله نقلیه	V.TYPE	نوع خودرو		سنگین:۱، سبک:۰
محیط	Time	زمان		۱۸-۱۲: ۱، ۱۲-٦: ۰ ٦-۲٤: ۳، ۲٤-۱۸: ۲
انسان (عابر)	P.G	جنسیت		مرد:۱، زن:۰
جاده	P.L	موقعیت عابر	میانه: ۰، لبه:۱	در لحظه مواجه‌شدن با خودرو
جاده	R.L	تعداد خط		سه خط:۰، چهار خط:۱، پنج خط:۲

عامل	کد	متغیر	بعد	توصیف
جاده	R.O	محدودیت دید	بله:۱، خیر:۰	خودروی پارک شده
انسان (عابر)	P.W	توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر	بله:۱، خیر:۰	قبل از تردد
انسان (عابر)	P.D	استفاده از تلفن همراه	بله:۱، خیر:۰	
انسان (راننده)	SPDING	سرعت غیرمجاز	بله:۱، خیر:۰	اینکه سرعت راننده بیشتر از حد مجاز مسیر است
وسیله نقلیه	PIONR	پیشگام بودن		جلوتر از سایر خودروها
انسان (عابر)	P.REQ	تقاضای عبور		درخواست از راننده با دست
وسیله نقلیه	V.GROUP	حرکت خودروها در دسته		عبور با هم
انسان (عابر)	RED.L.V	عبور عابر در زمان چراغ‌قرمز		تخلف چراغ‌قرمز

۳. تحلیل داده‌ها

۳-۱ خوشه‌بندی سطح ریسک

با هدف تعیین سطح ریسک تخلفات از روش خوشه‌بندی کای میانگین استفاده شد و داده‌ها در نرم‌افزار متلب با استفاده از روش مذکور تحلیل شدند. از روش silhouette (نیم‌رخ) برای اعتبارسنجی خوشه‌بندی داده‌ها استفاده شد.

امتیاز silhouette در محدوده [۱، ۱-] قرار می‌گیرد. امتیاز ۱ به این معنی است که خوشه‌ها بسیار متراکم هستند و به‌خوبی از هم جدا شده‌اند. نمره ۰ به این معنی است که خوشه‌ها همپوشانی دارند. امتیاز کمتر از ۰ به این معنی است که داده‌های متعلق به خوشه‌ها ممکن است اشتباه / نادرست باشند. درواقع این آماره بهترین تعداد یا سطح را برای گروهی از داده‌ها به کمک تحلیل‌های درون داده‌ای ارائه می‌دهد. مقادیر بیش از هفت دهم بیانگر ساختار قوی، مقادیر بین نیم تا هفت دهم بیانگر ساختار معقول و مقادیر زیر مقدار نیم بیانگر ساختار ضعیف خوشه‌بندی است. در تحقیق حاضر خوشه‌بندی به چند کلاس مختلف انجام شد و درنهایت با توجه به مقدار آماره ۰/۸۱ برای شاخص نیم‌رخ، تعداد سه کلاس متفاوت و مجزا به‌عنوان سه سطح ریسک مختلف برای داده‌ها تعیین شد. این سه سطح مختلف بر اساس آستانه‌های سه شاخص جایگزین ایمنی در جدول ۲ نشان داده شده است.

سطح ریسک زیاد یا پرخطر که معرف خوشه اول است مقادیر زمانی کمتر از ۱/۵ ثانیه را برای هر سه شاخص GT، TTC و PET را معرفی می‌کند. در این سطح، با توجه به بازه زمانی کم تا وقوع برخورد بین عابر پیاده و خودروی نزدیک شونده به وی، بررسی فیلم‌ها نشان داد که هر دو کاربر راه مجبورند در شرایط فعلی حرکتی خود تغییر به وجود بیاورند. رانندگان از طریق تغییر مسیر حرکت و یا عملکردهایی نظیر کاهش سرعت و یا اقدام به توقف نسبت به تغییر وضعیت رفتاری خود واکنش نشان دادند. از سوی دیگر، عبور به‌صورت قطری و یا زیگزاگی نسبت به حرکت مستقیم در مسیر حرکت برای عبور از خیابان، تغییراتی بود که عابران در رفتار خود به وجود آوردند.

سطح ریسک متوسط یا خوشه دسته دوم ریسک پایین‌تری نسبت به خوشه اول دارد به‌طوری‌که در این دسته، تغییر در رفتار یکی از دو کاربر درگیر حین تخلف چراغ‌قرمز، یعنی عابر و راننده، می‌تواند احتمال وقوع برخورد را کاهش دهد. مقایسه آستانه بحرانی شاخص‌ها در خوشه دوم نسبت به آستانه‌های آن‌ها در خوشه اول نشان می‌دهد که ضرایب تقریباً دو برابر افزایش یافتند که می‌تواند به‌نوعی بیانگر افزایش سطح ایمنی تردد عابر باشد گرچه ریسک وقوع برخورد همچنان بالا است. بررسی فیلم‌ها نشان داد که در زمان تخلف چراغ‌قرمز از سوی عابر پیاده، تغییر عملکرد راننده و یا عابر می‌تواند به میزان قابل‌توجهی میزان ریسک وقوع را کاهش دهد.

خوشه سوم که بیانگر سطح ریسک کم تخلف عابران پیاده است

ایمن‌ترین آستانه شاخص‌ها را برای جلوگیری از وقوع تصادف عابر پیاده ارائه می‌دهد. مقادیر هر سه شاخص جایگزین ایمنی بیشتر از ۲/۶۳ ثانیه است که سطح ریسک پایین‌تری به نسبت دو سطح اول ارائه می‌دهد. بررسی فیلم‌ها نشان داد که در پر ریسک‌ترین حالت این دسته، تغییر رفتار یکی از دو کاربر می‌تواند منجر به تردد ایمن عابر پیاده گردد. در بسیاری از داده‌های این گروه نیز که شاخص‌های ایمنی مقادیر بزرگ‌تری بودند، عدم‌تغییر رفتار ضرورتی نداشته و ایمنی تردد عابر پیاده را به خطر نمی‌اندازد.

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس خوشه‌بندی سطوح ریسک تخلفات بر اساس آستانه شاخص‌ها

خوشه	شاخص	سطح ریسک	توصیف
اول	GT ⩽۱/۰۹ TTC ⩽۱/۳۷ PET ⩽۱/۵۵	زیاد	راننده و عابر هر دو باید جهت پیشگیری از تصادف در شرایط رفتاری خود تغییر به وجود آورند
دوم	۱/۰۹<GT≤۲/۶۳ ۱/۳۷<TTC≤۲/۷۲ ۱/۵۵<PET≤۲/۹۶	متوسط	حداقل یکی از آن‌ها باید در شرایط رفتاری خود تغییر به وجود آورد
سوم	GT>۲/۶۳ TTC>۲/۷۲ PET>۲/۹۶	کم	حداکثر یکی از آن‌ها باید در شرایط رفتاری خود تغییر به وجود آورد

۳-۲ مدل معادلات ساختاری

در پژوهش حاضر از نرم‌افزار SmartPLS برای تحلیل SEM استفاده شده است. در مرحله اول، متغیرهای اسمی به‌منظور کاهش متغیرهای موردبررسی از تحلیل عاملی داده‌ها در نرم‌افزار SmartPLS استفاده شد. پیش از مدل‌سازی در نرم‌افزار، تمامی متغیرها به حالت دوگانه یا باینری تقسیم شدند تا بررسی نقش هریک از حالات مختلف متغیرها با دقت بالاتری انجام گیرد. بر همین اساس، متغیرهای تعداد خط (R.L) و زمان وقوع تخلف (Time) از طریق ساخت متغیرهای مجازی (dummy variable) به ترتیب به ۳ و ٤ متغیر مجزا تقسیم شدند. در مرحله بعد با استفاده از تحلیل عاملی از طریق چرخش واریماکس بر روی داده‌ها مدل‌سازی انجام شد که نتایج آزمون KMO (۰/۸۱) و Bartlett (sig=0.01) بیانگر مناسب بودن داده‌ها برای مدل‌سازی با روش تحلیل عامل بود. در گام بعد تحلیل عاملی برای متغیرهای تحقیق متناسب با سه خوشه تعریف‌شده با استفاده از الگوریتم کای میانگین که معرف سطوح مختلف ریسک تردد عابران پیاده است، انجام شد. از تکنیک چرخش واریماکس برای تعیین میزان اثر (بار عاملی) هریک از متغیرها استفاده شد.

در جدول ۳ نتایج تحلیل عاملی بر اساس چرخش واریماکس برای هر سه سطح ریسک معرفی‌شده در بخش قبلی آورده شده است. بر اساس نتایج مدل، از بین کلیه متغیرهای بررسی‌شده تنها ۱۳ متغیر بر روی سطح ریسک تخلف چراغ‌قرمز عابر پیاده اثرگذار است. عامل انسان با شش متغیر اولین عامل ازنظر تعداد متغیر اثرگذار بر سطح ریسک است که مهم‌ترین این عوامل عبارت‌اند از: حرکت در یک دسته (GRP)، توجه به ترافیک (P.A)، مسیر عبور (TRJY)، جنسیت (P.G)، توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر (P.W)، استفاده از تلفن همراه (P.D). عامل وسیله نقلیه دومین عامل ازنظر تعداد متغیرهای اثرگذار با تعداد ۳ متغیر مستقل است که در هر سه سطح ریسک متأثر از متغیرهای نوع خودرو (V.TYPE)، پیشگام بودن خودرو (PIONR)، حرکت خودروها در دسته

(V.GROUP) است. از سوی دیگر، گرچه عامل جاده دارای ۵ متغیر اثرگذار بر روی سطوح ریسک تخلفات است اما ۳ متغیر آن مربوط به یک متغیر اصلی (تعداد خط) است. بر اساس جدول ۳ متغیرهای موقعیت عابر در میانه (P.L)، تعداد سه خط در مسیر (R.L*D1)، تعداد چهار خط در مسیر (R.L*D2)، تعداد پنج خط در مسیر (R.L*D3) و محدودیت دید (R.O) اثرگذارترین متغیرهای بر سطح ریسک تخلفات چراغ‌قرمز است که مبتنی بر عامل جاده‌اند. بر اساس نتایج جدول ۳ متغیرهای مبتنی بر عامل زمان که به کمک متغیر مجازی تعریف شده بودند، بر سطح ریسک اثرگذار هستند که هریک از این بازه‌های شش‌ساعته در طول شبانه‌روز زمان (۱۲-۶)، زمان (۱۸-۱۲)، زمان (۲۴-۱۸) و زمان (۰۶-۲۴) به ترتیب با کدهای Time*D1،Time*D2، Time*D3 و Time*D4 در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل عاملی بر اساس چرخش واریماکس

کد	متغیر	عامل انسان			عامل جاده			عامل وسیله نقلیه			عامل محیط		
		خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم
GRP	حرکت در یک دسته (بله)	-۰/۶۲	۰/۳۷	۰/۵۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.A	توجه به ترافیک (بله)	-۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۵۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRJY	مسیر عبور (مستقیم)	-۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۴۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.G	جنسیت (مرد)	-۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۶۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.W	توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر (بله)	-۰/۷۶	۰/۴۲	۰/۵۹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.D	استفاده از تلفن همراه (بله)	۰/۸۳	۰/۵۹	-۰/۳۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.L	موقعیت عابر (میانه)	-	-	-	۰/۵۲	۰/۳۲	-۰/۳۹	-	-	-	-	-	-
R.L*D1	تعداد خط (سه)	-	-	-	-۰/۴۴	-۰/۳۶	۰/۲۰	-	-	-	-	-	-
R.L*D2	تعداد خط (چهار)	-	-	-	۰/۴۸	۰/۳۱	-۰/۲۳	-	-	-	-	-	-
R.L*D3	تعداد خط (پنج)	-	-	-	۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۲۴	-	-	-	-	-	-
R.O	محدودیت دید	-	-	-	۰/۵۸	۰/۳۸	-۰/۲۸	-	-	-	-	-	-

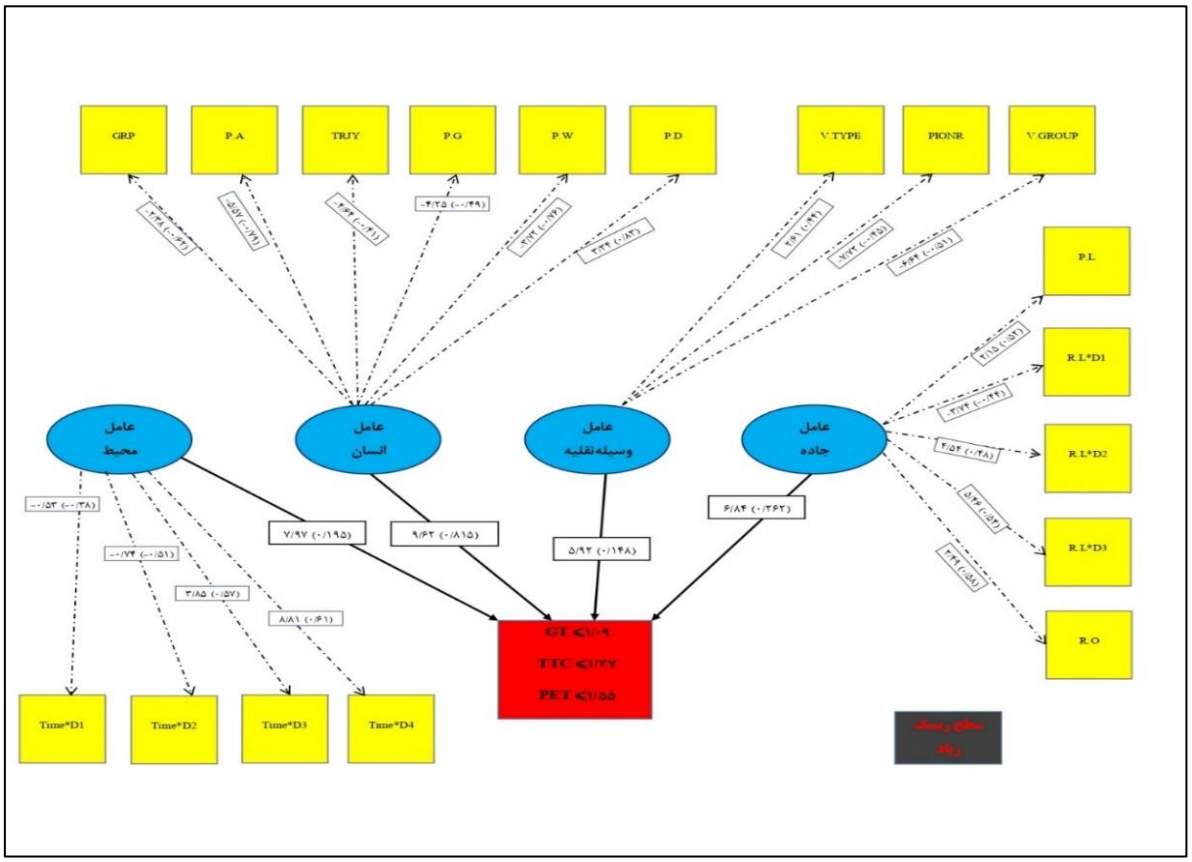
کد	متغیر	عامل انسان			عامل جاده			عامل وسیله نقلیه			عامل محیط		
		خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم
V.TYPE	نوع خودرو (سنگین)	–	–	–	–	–	–	۰/٤٤	۰/۳۲	-۰/۳۷	–	–	–
PIONR	پیشگام بودن خودرو (بله)	–	–	–	–	–	–	-۰/٤٥	-۰/۲۹	۰/۳۲	–	–	–
V.GROUP	حرکت خودروها در دسته (بله)	–	–	–	–	–	–	-۰/٥۱	-۰/۳۹	۰/۳۸	–	–	–
Time*D1	زمان (۱۲-٦)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-۰/۳۸	-۰/۲٤	۰/۳۷
Time*D2	زمان (۱۸-۱۲)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-۰/٥۱	-۰/۳۳	۰/۳٥
Time*D3	زمان (۲٤-۱۸)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/٥۷	۰/۳٥	-۰/۲۸
Time*D4	زمان (۰٦-۲٤)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/٦۱	۰/٤٤	۰/۳۰

سطح ریسک زیاد (۱/۰۹≤ GT ؛ ۱/۳۷≤ TTC ؛ ۱/٥٥≤ PET)

در شکل ۲ مدل ساختاری سطح ریسک زیاد یا پرخطر که بیانگر خوشه دسته اول است نمایش داده شده است. ضرایب بار عاملی در داخل پرانتز و ضرایب آزمون تی برای هریک از متغیرها در شکل مذکور قابل‌مشاهده است. به‌طورکلی متغیرها با ضریب بار عاملی مثبت آن دسته از متغیرهایی است که هرگونه افزایش در مقدار آن‌ها و یا وقوع آن‌ها منجر به افزایش سطح ریسک وقوع تصادف در زمان تخلف عبور از چراغ‌قرمز توسط عابر پیاده می شود. به‌عبارت‌دیگر رابطه بین متغیرها با ریسک وقوع تصادف به‌صورت مستقیم است. در سوی مقابل، متغیرها با ضریب بار عاملی منفی آن دسته از متغیرهایی است که رابطه معکوس با سطح ریسک داشته و درنتیجه هرگونه افزایش در مقدار آن‌ها و یا وقوع آن‌ها منجر به کاهش سطح ریسک وقوع تصادف می شود. با توجه به این توضیحات، در خوشه اول متغیرهایی که با سطح ریسک نسبت مستقیم دارند به ترتیب بیشترین مقدار تأثیر (بار عاملی) عبارت‌اند از: استفاده از تلفن همراه (بار عاملی: ۰/۸۳)، زمان وقوع در بازه ساعات ۱۲ بامداد تا ٦ صبح (بار عاملی: ۰/٦۱)، محدودیت دید (بار عاملی: ۰/٥۸)، زمان وقوع در بازه ساعات ۱۸ تا ۲٤ (بار عاملی: ۰/٥۷)، تعداد پنج خط در مسیر (بار عاملی: ۰/٥٤)، موقعیت عابر (بار عاملی:۰/٥۲)، تعداد چهار خط در مسیر (بار عاملی: ۰/٤۸) و خودروی سنگین (بار عاملی: ۰/٤٤). از سوی دیگر، متغیرهایی که با سطح ریسک نسبت معکوس دارند به ترتیب بیشترین مقدار تأثیر (بار عاملی) عبارت‌اند از:

توجه عابر به ترافیک (بار عاملی: -۰/۷۹)، توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر (بار عاملی: -۰/۷٦)، حرکت عابران در یک دسته (بار عاملی: -۰/٦۲)، حرکت خودروها در دسته (بار

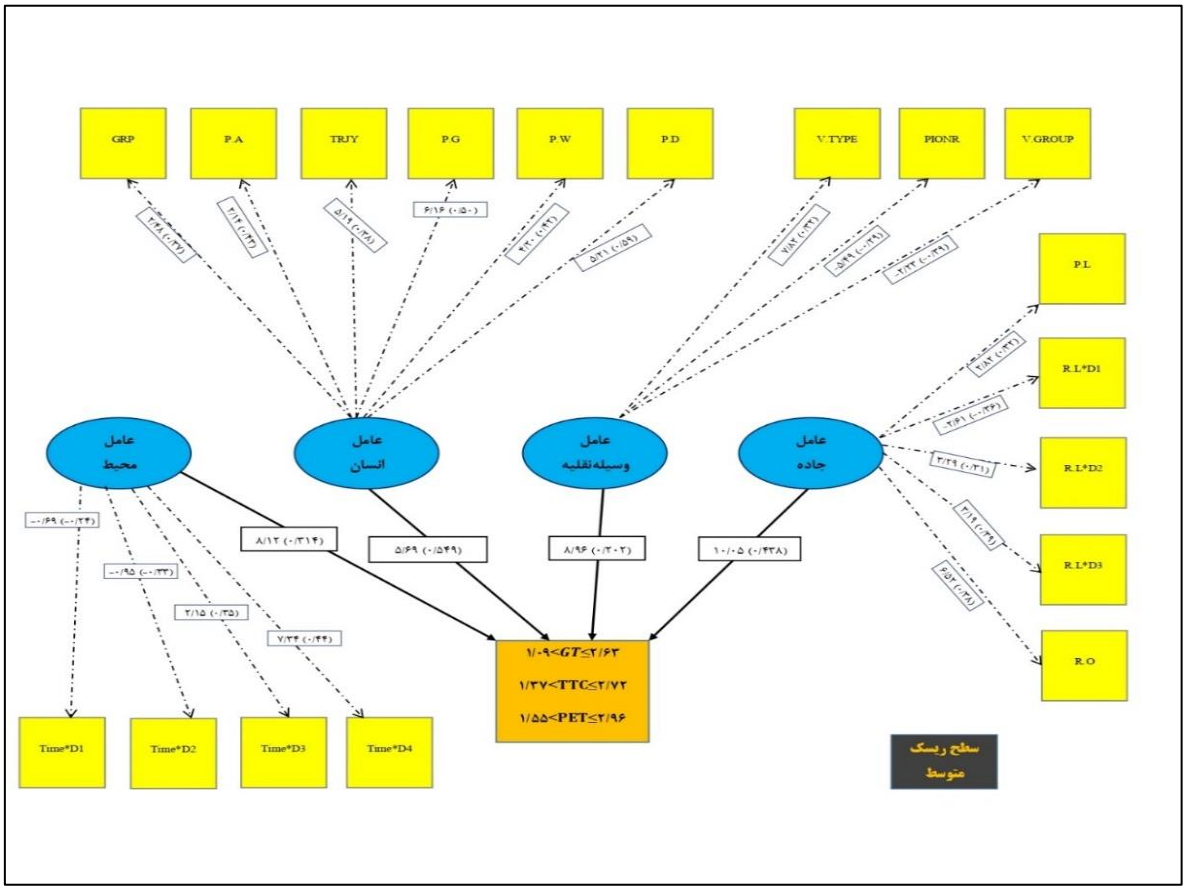
عاملی: ۰/۵۱-)، جنسیت مرد (بار عاملی: ۰/٤۹-)، پیشگام بودن خودرو (بار عاملی: ۰/٤٥-)، تعداد سه خط در مسیر (بار عاملی: ۰/٤٤-) و مسیر عبور مستقیم (بار عاملی: ۰/٤۱-).



شکل ۲. مدل ساختاری تخلفات چراغ‌قرمز عابر پیاده با سطح ریسک زیاد

سطح ریسک متوسط (۱/۰۹<GT≤۲/٦۳؛ ۱/۳۷<TTC≤۲/۷۲؛ ۱/۵۵<PET≤۲/۹٦)

مدل معادلات ساختاری در سطح ریسک متوسط با استفاده از متغیرهای اثرگذار مشخص‌شده در خوشه دوم تعیین شد که این ساختار در شکل ۳ نمایش داده شده است. در این شکل مشابه با سطح ریسک زیاد، مجموعه‌ای از متغیرها با بار عاملی مثبت و متغیرها با بار عاملی منفی قابل‌تمییز است. در سطح ریسک متوسط مهم‌ترین متغیرهای افزایش‌دهنده سطح ریسک که ممکن است منجر به وقوع تصادف شوند عبارت‌اند از: استفاده از تلفن همراه (بار عاملی: ۰/٥۹)، جنسیت مرد (بار عاملی: ۰/٥۰)، زمان وقوع در بازه ساعات ۱۲ بامداد تا ٦ صبح (بار عاملی: ۰/٤٤)، توجه به ترافیک (بار عاملی: ۰/٤۳)، توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر (بار عاملی: ۰/٤۲)، تعداد پنج خط در مسیر (بار عاملی: ۰/۳۹)، محدودیت دید (بار عاملی: ۰/۳۸)، مسیر عبور مستقیم (بار عاملی: ۰/۳۸)، حرکت عابر در یک دسته (بار عاملی: ۰/۳۷)، زمان وقوع در بازه ساعات ۱۸ تا ۲٤ (بار عاملی: ۰/۳٥)، وسیله نقلیه سنگین (بار عاملی: ۰/۳۲)، موقعیت عابر در میانه (بار عاملی: ۰/۳۲) و تعداد چهار خط در مسیر (بار عاملی: ۰/۳۱). متغیر با ضرایب بار عاملی منفی به ترتیب اثرگذارترین بر روی سطح ریسک خوشه دوم نیز به شرح زیر است: حرکت خودروها در دسته (بار عاملی: ۰/۳۹-)، تعداد سه خط در مسیر (بار عاملی: ۰/۳٦-) و پیشگام بودن خودرو (بار عاملی: ۰/۲۹-).



شکل ۳. مدل ساختاری تخلفات چراغ‌قرمز عابر پیاده با سطح ریسک متوسط

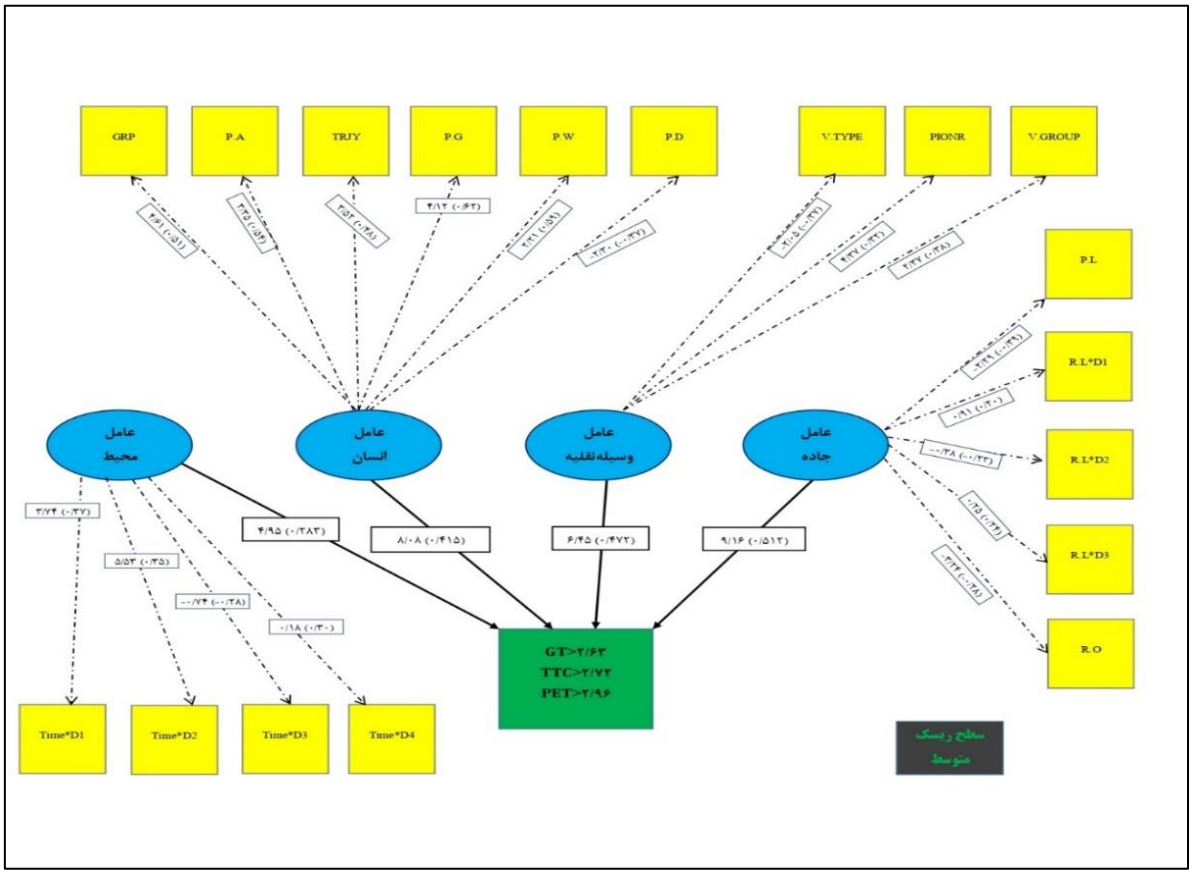
سطح ریسک کم‌خطر (PET>۲/۶۳ ؛GT> ۲/۷۲ ؛TTC>۲/۹۶)

شکل ٤ مدل ساختاری سطح ریسک کم‌خطر تخلفات را بر اساس متغیرهای اثرگذار نشان می‌دهد. مهم‌ترین متغیرهای با بار عاملی مثبت عبارت است از:

جنسیت مرد (بار عاملی: ۰/٦۲)، توقف عابر قبل از شروع حرکت در مسیر (بار عاملی: ۰/۵۹)، توجه به ترافیک (بار عاملی: ۰/٥٤)، حرکت عابر در یک دسته (بار عاملی: ۰/۵۱)، مسیر عبور مستقیم (بار عاملی: ۰/٤۸)، حرکت خودروها در دسته (بار عاملی: ۰/۳۸)، زمان وقوع در بازه ساعات ٦ تا ۱۲ (بار عاملی: ۰/۳۷)، زمان وقوع در بازه ساعات ۱۲ تا ۱۸ (بار عاملی: ۰/۳۵)، پیشگام بودن خودرو (بار عاملی: ۰/۳۲).

به همین ترتیب مهم‌ترین متغیرهای با بار عاملی منفی عبارت است از:

موقعیت عابر (بار عاملی:۰/۳۹-)، استفاده از تلفن همراه (بار عاملی: ۰/۳۷-)، خودروی سنگین (بار عاملی: ۰/۳۷) و محدودیت دید (بار عاملی: ۰/۲۸-).



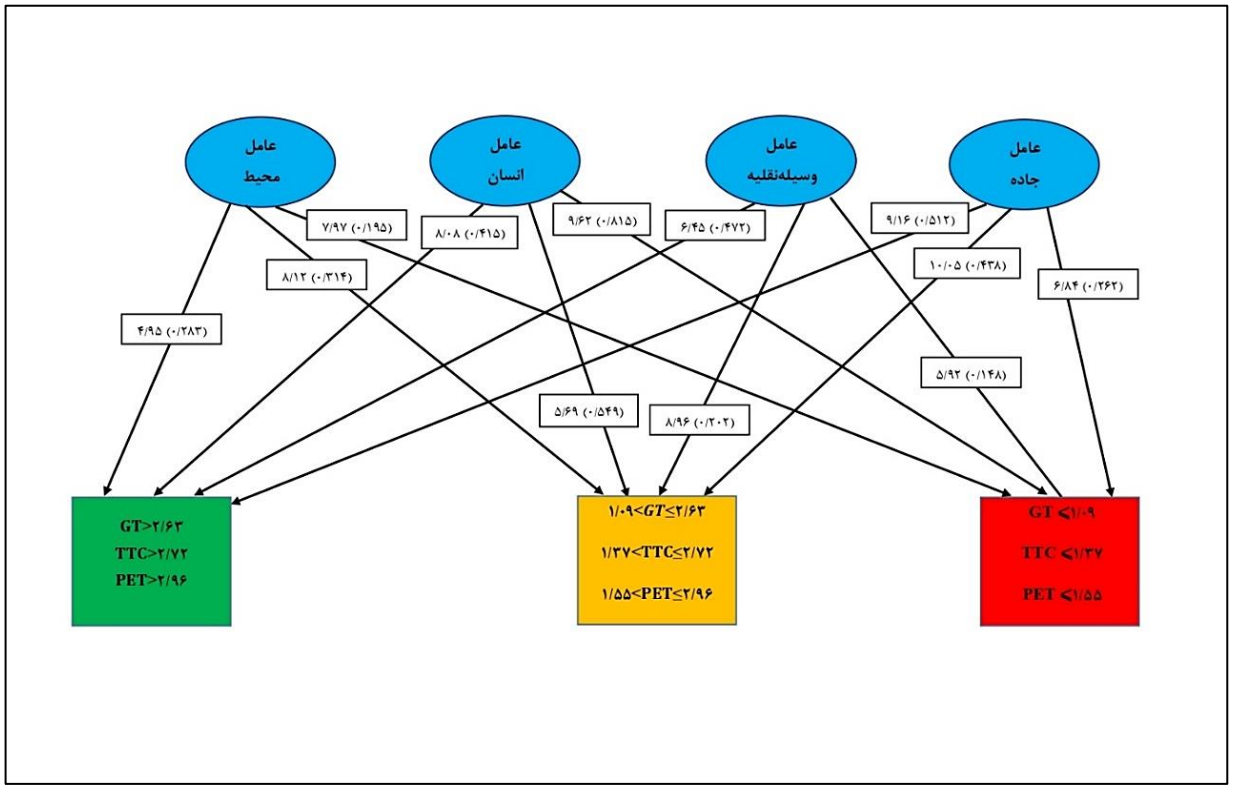
شکل ٤. مدل ساختاری تخلفات چراغ‌قرمز عابر پیاده با سطح ریسک کم

۳-۳ بحث در خصوص نتایج پژوهش

نتایج اثرگذاری متغیرها بر روی سطح ریسک تخلفات در بخش قبلی به‌طور مفصل نشان داده شد. در این بخش نتایج مورد تفسیر قرار می‌گیرد تا اطلاعات جامع‌تری در این خصوص ارائه گردد. متغیر حرکت عابر در یک دسته در تحقیق حاضر در تعارض‌های خودرو- عابر با ریسک خطر زیاد (خوشه اول) اثرگذاری معکوسی دارد که بیانگر آن است که حرکت دسته‌جمعی عابران در مسیر، منجر به افزایش ایمنی تردد آن‌ها می‌شود. در این شرایط، بررسی فیلم‌ها نشان داد که در بیش از ۵۰ درصد از تعارض‌ها، رانندگان پیش از رسیدن به محل احتمالی برخورد سرعت خودرو را به یکباره کاهش دادند. مشابه با این وضعیت، متغیرهایی مانند توجه عابر به ترافیک، عبور از مسیر به‌طور مستقیم و نیز توقف پیش از شروع به عبور از خیابان منجر به کاهش ریسک تعارض‌ها می‌شود. بررسی فیلم‌ها نشان داد که در این شرایط، عابران با انتخاب سرفاصله‌های زمانی بزرگ‌تری حرکت خود را آغاز می‌کنند اگرچه همچنان آن‌ها تمایل به عبور در زمان چراغ‌قرمز دارند. این موضوع بر عملکرد رانندگان وسایل نقلیه نزدیک شونده نیز اثرگذار است چراکه آن‌هایی در فواصل دورتری نسبت به عابر هستند فرصت زمانی بیشتری برای اتخاذ عملکردهای گریزی از تصادفات خواهند داشت. در مقابل، عاملی مانند استفاده از تلفن همراه به‌شدت منجر به افزایش ریسک تردد می‌شود زیرا با حواس‌پرت کردن عابر نسبت به وضعیت محیط، احتمال برخورد با خودروهای عبوری را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، ریسک تخلفات در معابر با تعداد خطوط بیشتر، افزایش می‌یابد. در این شرایط، به دلیل عواملی نظیر افزایش مسافت پیاده‌روی عابر و بعضاً چرخه زمانی کوتاه‌مدت چراغ، عابران بیش از معابر کم‌عرض در معرض ترافیک عبوری قرار دارند و درنتیجه تعارض‌های بیشتری رخ می‌دهد که می تواند منجر به برخورد شود. عواملی نظیر محدودیت دید که

عمدتاً به دلیل پارک خودروها در کنار خیابان پارک شده‌اند و همچنین وجود خودروی سنگین در مسیر منجر به افزایش احتمال تخلفات چراغ‌قرمز از سوی عابران پیاده می‌شود. سرعت پایین خودروهای سنگین عمدتاً این حس را در عابران القا می کنند که می‌توانند از سرفاصله زمانی بزرگ‌تری نسبت به حضور یک خودروی سبک بهره‌مند شوند و درنتیجه احتمال عبور را افزایش دهند. این عامل گرچه در واقعیت ممکن است وجود داشته باشد ولی حضور سایر خودروهای سبک دیگر در خطوط دیگر مسیر را بررسی نمی‌کند و همین ممکن است منجر به وقوع تصادف عابر در خطوط دورتر از لبه خیابان شود. در سوی مقابل، عواملی مانند حرکت خودروها در یک دسته منجر به کاهش ریسک تخلفات عابران پیاده می‌شود. دو دلیل عمده در این خصوص وجود دارد، نخست آنکه در این شرایط سرعت جریان ترافیک به دلیل حجم ترافیک بیشتر، کاهش می‌یابد و سرفاصله ایمن‌تری در اختیار عابران پیاده قرار می‌گیرد. دوم، بررسی فیلم‌ها نشان داد که در برخی از موارد عابران با مشاهده حرکت دسته‌جمعی رانندگان، رفتارهایی مانند افزایش سرعت و حتی دویدن در مسیر را از خود نشان می‌دهند که این عامل به‌خودی خود منجر به کاهش زمان تردد عابران در مسیر می‌شود و درنتیجه عابر پیش از ورود دسته خودروها به ناحیه تعارض از خیابان عبور می‌کنند. پیشگام بودن خودرو یک عامل دیگر کاهش‌دهنده ریسک تخلفات چراغ‌قرمز است. در این شرایط، عابران محدوده دید بیشتری نسبت به خودروی نزدیک شونده به وی که احتمال وقوع برخورد دارد، در اختیار خواهند داشت و درنتیجه این موضوع آن‌ها را در مورد تغییرات لازم رفتاری برای عبور ایمن‌تر حین تخلف کمک می‌کند. زمان وقوع تخلف دیگر عاملی است که بر روی ریسک می‌تواند اثرات کاهشی و یا افزایشی داشته باشد. بر اساس نتایج، در بازه‌های زمانی که حجم ترافیک عبوری خودروها کمتر است و البته روشنایی مسیر کمتر می‌شود، ریسک تخلفات افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند متأثر از افزایش سرعت خودروها (به دلیل کاهش حجم ترافیک) و یا کاهش محدودیت دید راننده و عابر (به دلیل تاریکی هوا) باشد.

به‌طورکلی، چهار عامل انسان، محیط، جاده و وسیله نقلیه اثرگذاری معناداری در سطح ۹۵ درصد بر روی سطح ریسک تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده دارند که این موضوع در شکل ۵ در زیر نیز به‌صورت گرافیکی نمایش داده شده است. شکل ۵ بیانگر آن است که عامل انسان نسبت به سایر عوامل دیگر می تواند اثرگذاری بیشتری بر روی سطح ریسک داشته باشد و این اثرگذاری در شرایط با ریسک زیاد بیش‌ازپیش افزایش می‌یابد. عامل جاده و عامل محیط دو عامل دیگری است که در شرایط با ریسک متوسط عوامل تعیین‌کننده‌تری نسبت به عامل وسیله نقلیه است و می‌تواند سطح ریسک تخلفات را دست‌خوش تغییر قرار دهد. درنهایت، عامل وسیله نقلیه نسبت به سایر عوامل در رتبه نهایی قرار دارد که سطح ریسک تخلفات متأثر از شرایط و متغیرهای مبتنی بر آن می‌تواند باشد. در شکل ۵، ضرایب رگرسیونی هر عامل در بیانگر بار عاملی است در داخل پرانتز قابل‌مشاهده است و ضرایب آزمون t نیز نشان داده شده است.



شکل ۵. ارتباط عوامل مختلف با سطوح ریسک تخلفات چراغ‌قرمز عابر پیاده

٤. نتیجه‌گیری

در بخش نتایج میزان اثر احتمالی هریک از عوامل مختلف بر روی سطح ریسک تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری بر روی‌داده‌های پژوهش نشان داده شد. گرچه اهمیت هریک از اقدامات در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار شناخته شد، بااین‌وجود، مدل‌سازی انجام‌شده بیانگر اثرگذاری بیشتر برخی از عوامل نسبت به سایرین است. بر اساس مدل‌سازی انجام‌شده عامل انسان به‌ویژه خود عابر پیاده نقش مهمی بر کاهش سطح ریسک تخلفات دارد. بر همین اساس، تمرکز بر عامل انسان با هدف ارزیابی عملکرد و در صورت نیاز اصلاح رفتار ترافیکی آن می‌تواند نقش به سزایی در ارتقای وضعیت ایمنی کاربران جاده و به‌خصوص ایمنی عابران پیاده در معابر داشته باشد. به‌طورکلی رویکردهای اساسی و عملی با هدف مواجهه، مقابله و مرتفع نمودن آسیب‌های ناشی از نامطلوب بودن فرهنگ ترافیک که تخلف چراغ‌قرمز عابران پیاده از مهم‌ترین مشکلات مربوط به گروه عابران پیاده است را می‌توان در دسته‌بندی‌های زیر ارائه داد:

– کسب دانش و درک قوانین و موقعیت‌های بحرانی رانندگی، پیاده‌روی و سایر انواع سفرهای شهری.

– تقویت و/یا تغییر نگرش‌ها و انگیزه‌های درونی نسبت به رفتار جامعه‌پذیر (همیارانه)، آگاهی از خطر، ایمنی شخصی و ایمنی سایر کاربران جاده به‌منظور کمک به فرهنگ ترافیک.

از سوی دیگر بررسی و شناخت شاخص‌های فرهنگ ایمنی ترافیک و استراتژی‌های مقابله با مشکلاتی مانند رفتارهای پرخطر ازجمله تردد در زمان چراغ‌قرمز از سوی عابران پیاده مستلزم آگاهی از مؤلفه‌های مختلفی است که به خصوصیات فردی و محیط زندگی کاربر راه وابسته است؛ بنابراین، برای مطالعات آینده در زمینه تخلفات چراغ‌قرمز عابران پیاده موضوعات زیر پیشنهاد می‌شود که می‌تواند به درک بهتری از ساختار علیتی وقوع این‌گونه تخلفات منجر گردد:

- مؤلفه‌های زمینه‌ای و فرهنگی تخلفات عابران پیاده

• هنجارهای شخصی و اجتماعی مربوط به تخلفات عابران پیاده

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Post Encroachment Time
2. Time to collision
3. Gap Time

٦. مراجع

– Iranian Legal Medicine Organization. Iranian Legal Medicine Organization [Internet]. 2018 [cited 2020 Jan 1]. Available from: http://www.lmo.ir/web_directory/53999-%D8%AA%D8%B5%D8%A7%D8%AF%D9%81%D8%A7%D8%AA.html

– Dommes A, Granié MA, Cloutier MS, Coquelet C, Huguenin-Richard F. Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. Accident Analysis & Prevention [Internet]. 2015 Jul 1 [cited 2022 Jun 3];80:67–75. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145751500130X

– Hashemi H, Bargegol I, Hamedi GH. Using logistic regression and point-biserial correlation, an investigation of pedestrian violations and their opportunities to cross at signalized intersections. IATSS Research [Internet]. 2022 May 30 [cited 2022 Jun 3]; Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111222000334

– Raoniar R, Maurya AK. Pedestrian red-light violation at signalised intersection crosswalks: Influence of social and non-social factors. Safety Science [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2022 Jun 3];147:105583. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521004252

– WHO | Global status report on road safety 2018 [Internet]. WHO. [cited 2019 Dec 19]. Available from: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/

– Muley D, Kharbeche M, Ghonim O, Madkoor A, Mohamed Y. Does Pedestrian Penalty Affect Pedestrian Behavior? A Case of State of Qatar. Procedia Computer Science [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2022 Jun 3];184:234–41. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705092100661X

– Savolainen PT, Gates TJ, Datta TK. Implementation of Targeted Pedestrian Traffic Enforcement Programs in an Urban Environment. Transportation Research Record [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2022 Jun 3];2265(1):137–45. Available from: https://doi.org/10.3141/2265-15

– Dommes, A., Granié, M. A., Cloutier, M. S., Coquelet, C., & Huguenin-Richard, F. (2015). Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. Accident Analysis & Prevention, 80, 67-75. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.002

– 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), 1-13. https://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00004-8

– Shaaban, K., Muley, D., & Mohammed, A. (2018). Analysis of illegal pedestrian crossing behavior on a major divided arterial road. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 54, 124-137. https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.01.012

Risk Assessment of pedestrian Red-light Violations through surrogate safety measures

Reza Tavanaei, Msc Student, Aryan Institute of Science and Technology
Farshidreza Hghighi, Associate Professor, Babol Noshirvani University of Technology, Mazandaran, Iran
Abbas Sheykhfard, Associate Professor, Babol Noshirvani University of Technology, Mazandaran, Iran

E-mail: Haghighi@nit.ac.ir

Abstract

Pedestrian red light violation is one of the crucial causes of pedestrian crashes at urban intersections, which cause considerable injuries and casualties to this vulnerable road group every year. The objective of this study is to evaluate the risk of pedestrian-vehicle collisions by clustering the pedestrians' red-light violations using surrogate safety measures. The present study utilized surveillance camera footage for the purpose of collecting data on pedestrians' red light violations at two urban intersections in Babol city. Based on the critical thresholds of post-encroachment time (PET), time to collision (TTC), and gap time (GT), the Chi-means algorithm identified three different risk levels of violations. Moreover, structural equation models were developed for each of the risk levels based on the variables influencing the variables of humans, environment, road, and vehicles. Lastly, an initial framework regarding the promotion of traffic safety culture was proposed with emphasis on the human factor due to its greater influence.

Keywords: Pedestrian safety, red light violations, urban intersection, risk