

مدل‌سازی رفتار عابرین پیاده در انتخاب زمان عبور از مقطع عرضی معابر شهری

مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندی زاده*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
میلاذ ساشورپور، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
شاهین حسنی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حمید میرزاحسین، دانشیار، گروه عمران - برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(د)، قزوین، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

صفحه ۳۴-۱۹

چکیده

بیش از یک پنجم افرادی که در سراسر دنیا جان خود را در اثر تصادفات رانندگی از دست می‌دهند، عابرین پیاده هستند. مرگ و میر و جراحات عابرین پیاده اغلب قابل اجتناب است و می‌توان با اقدامات مختلف ایمنی و پیش‌بینی برخی عوامل اصلی تأثیرگذار در رفتار عابران هنگام مواجهه آن‌ها با موقعیت‌های خطر ساز تصمیمات واکنشی‌شان را بهبود بخشید. در این مقاله به منظور پیش‌بینی رفتار عابرین پیاده شهر تهران در هنگام مواجهه با تقاطعات چراغدار و تعیین متغیرهای اصلی و تأثیرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری آن‌ها حرکت عبوری عابران به کمک دوربین‌های نظارت تصویری برداشت شد و سپس ویژگی‌های رفتاری همان عابران با پرسشنامه‌ای برداشت شد. به منظور تعیین اهمیت و تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای برداشت شده در فرآیند تصمیم‌گیری عابر، ساخت و پرداخت یک مدل لوحیت دوگانه در دستور کار قرار گرفت. همچنین در ادامه، جهت تعیین تأثیر متقابل متغیرهای آشکار و پنهان برهم و تفصیل نحوه تأثیرگذاری آنها در رفتار عابر پیاده اقدام به مدل‌سازی معادلات ساختاری گردید. نتایج مقایسه تطبیقی دو مدل نشان داد که تأثیر متغیرهای روانشناختی در مدل معادلات ساختاری خود را نشان می‌دهد و متغیرهای محیطی و ترافیکی به کمک مدل لوحیت قابل توصیف‌اند. همچنین مشخص شد که تأثیر رفتار سایر عابرین بر رفتار عابر مورد نظر در هر دو مدل بسیار با اهمیت و معنادار است.

واژه‌های کلیدی: عابر پیاده، تقاطع چراغدار، مدل انتخاب گسسته، مدل معادلات ساختاری

۱- مقدمه

مختلف ترافیکی ظاهر می‌شود که این امر در تصادفات بیش از پیش به خود رنگ گرفته است. تصادفات ترافیکی یکی از مهمترین موضوعات مطرح در حوزه سلامت عمومی بوده و یکی از اصلی‌ترین علل مرگ انسان‌ها در تمامی کشورهای جهان می‌باشد. به‌علاوه از میان تمامی گروه‌های کاربران راه، عابرین پیاده به‌دلیل نداشتن حفاظ در برابر برخورد با وسایل نقلیه، به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین گروه‌های کاربران راه به حساب می‌آیند که اغلب در تصادفات رانندگی مصدومیت‌های شدیدی را متحمل می‌شوند. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۱، سالانه ۱٫۳ میلیون نفر در سراسر جهان بر اثر تصادفات رانندگی کشته می‌شوند که در حدود ۲۲ درصد از این افراد را عابران پیاده شامل می‌شوند. همچنین پیش‌بینی می‌شود در صورت ادامه همین روند آمار تلفات سالانه در

پیاده‌روی طبیعی‌ترین شکل جابه‌جایی است و به روش بایسته باید ایمن‌ترین و راحت‌ترین آن نیز باشد. با وجود این امر مشاهده می‌شود که در شهرهایی که در تسخیر وسایل نقلیه با حداکثر تراکم ممکن هستند، پیاده‌روی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. دامنه این موضوع در حدی گسترش یافته که هویت پیاده به عنوان یکی از مهمترین ارکان سیستم حمل‌ونقل شهری مخدوش و پیاده‌روی فاقد جایگاهی مناسب و شایسته در گستره وسیعی از شهرهای امروزی شده است. از یک‌سو امکانات و تسهیلات تخصیص یافته به سیستم پیاده‌روی آنقدر ناچیز است که به هیچ وجه تناسبی، با جایگاه آن در حمل‌ونقل شهری ندارد و از سوی دیگر به علت پایین بودن سطح عمومی آموزش و آگاهی‌های ترافیکی، عابر پیاده حقوق حقه خویش را پایمال یافته و گاهی خود نیز به عنوان متخلف در صحنه‌های

گرفت. پرسشنامه ارائه شده در این پژوهش شامل دو بخش بود که بخش اول از آن سوالاتی را درخصوص ویژگی‌های فردی (سن، جنسیت، تحصیلات و ...) عابران مطرح می‌نمود. بخش دوم آن به بررسی قصد^(۱) و نیت انجام عمل، نگرش‌ها^(۲)، هنجارهای ذهنی^(۳)، و درک عابرین از توانایی انجام عمل^(۴) تخلف در عبور عرضی از محل تقاطعات چراغدار، درچارچوب نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده می‌پردازد.

بنابراین با توجه به توضیحات بیان شده و بررسی منابع، اهم اهداف این پژوهش به شرح موارد زیر می‌باشد:

- پیش‌بینی فرآیند انتخاب عابرپایاده در مواجهه با تقاطعات چراغدار شهری و شناسایی عوامل اصلی تأثیرگذار بر این انتخاب
- تعیین نحوه و میزان تأثیرپذیری متغیرهای شخصیتی و روانشناختی مؤثر بر رفتار عابرپایاده از یکدیگر و نیز از سایر متغیرها
- بررسی نحوه شکل‌گیری قصد و نیت انجام عمل تخلف برای عابرپایاده در تقاطعات چراغدار از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری^(۵).

۲- پیشینه تحقیق

در رابطه با موضوع پیاده‌روی و بررسی عابرین پیاده مطالعات و پژوهش‌هایی انجام یافته در داخل کشور جهت مدل‌سازی رفتار پیچیده آنها در برخورد با وسایل نقلیه بسیار محدود می‌باشد. شیوه پیاده به عنوان یکی از سیستم‌های حمل‌ونقل درون‌شهری نه تنها دارای گستردگی زیاد و عناصر متعدد است، بلکه در ارتباط تنگاتنگ با سایر جنبه‌های حیات شهری می‌باشد. از این رو است که می‌بایست مشکلات و مسائل مربوطه از زوایای عناصر مختلف سیستم در مطالعات انجام شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

در مطالعات گذشته جنبه‌های متعددی از جمله، شرایط ترافیکی (جریان ترافیک و ...)، مشخصات اجتماعی-اقتصادی و روانشناختی فرد و شرایط محیطی و محل عبور عوامل تعیین‌کننده‌ای برای رفتار عابران هنگام عبور از عرض معبر شناخته شده‌اند. در ادامه در جدول (۱) برخی از اهم مقالات و مطالعات موردی، پیرامون رفتار عابرین پیاده هنگام عبور از عرض معبر که در طی سالیان اخیر انجام شده، با ارائه مدل به‌کار گرفته شده در پژوهش، شیوه برداشت اطلاعات مورد نیاز و نوع هدف تعیین شده در تحقیق بیان شده است. این بررسی تا سال اخیر به پیش آمده و به خوبی نمایانگر لزوم و اهمیت مطالعه در این خصوص را نمایان ساخته است.

سال ۲۰۳۰ به بیش از ۲٫۴ میلیون نفر رسیده و تصادفات جاده‌ای به پنجمین عامل اصلی مرگ‌ومیر تبدیل شوند.

اهمیت روز افزون حوزه به حدی است که در سال ۲۰۰۴ میلادی، سازمان ملل متحد در مجمع عمومی خود قطعنامه‌ای را تصویب کرد و در آن آمادگی خود را برای همکاری با سازمان بهداشت جهانی در جهت اجرای اقدامات ایمنی اعلام نمود.

به دلیل ماهیت تغییرپذیر رفتارها و تمایلات انسانی لازم است تا مطالعاتی که در آنها عابرپایاده به عنوان یک اصل منظور شده باشد و توجه به رفتارها و ایمنی این عنصر مهم و آسیب‌پذیر از کاربران راه در دستور کار قرار گرفته باشد، به عنوان جزء لاینفک برنامه‌ریزی مدیریت حمل‌ونقل شهری و مطالعات این حوزه در طول زمان‌ها و مکان‌های مختلف تکرار شوند. براساس مطالعات انجام شده، این قبیل تحقیقات تاکنون در کشور ایران مورد بی‌توجهی قرار گرفته و مغفول مانده‌اند.

رفتار عابران هنگام عبور از عرض خیابان، تحت تأثیر پارامترهای متعددی از جمله خصوصیات فیزیکی مسیر، خصوصیات ترافیکی معبر، مشخصات روانشناختی و اجتماعی اقتصادی فرد و هدف سفر است. از سوی دیگر مرور گستره آموزش عابرین پیاده در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه نشان داده است که موفقیت آموزش در جهت تغییر رفتار نادرست هنگام عبور از عرض خیابان نیازمند شناخت و پیش‌بینی عوامل اصلی مؤثر بر رفتار عابرپایاده است.

بنابراین، در این مقاله جهت پیش‌بینی رفتار و انتخاب عابرین پیاده در هنگام مواجهه با تقاطعات چراغدار شهری، بخشی عمده‌ای از عوامل درونی و بیرونی که تأثیرگذاری آنها بر رفتار عابر محتمل است از طریق جمع‌آوری میدانی داده‌ها برداشت شده و در ادامه دو مدل لوجیت دوگانه و مدل معادلات ساختاری جهت پیش‌بینی انتخاب عابرپایاده و تعیین متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر این انتخاب و نیز نحوه تأثیرپذیری هریک از متغیرها از یکدیگر، اعتبارسنجی و ارائه شده‌اند. استفاده هم‌زمان از داده‌های به‌دست آمده از تصاویر فیلم‌برداری و پرسشنامه، امکان بررسی طیف وسیعی از متغیرهای آشکار ترافیکی، محیطی و فردی را در کنار متغیرهای پنهان شخصیتی و روانشناختی، نگرش‌ها و ادراک عابرپایاده نسبت به پیامدهای انجام عمل تخلف عبور عرضی در تقاطعات، فراهم آورده است. همچنین می‌توان بدین وسیله تأثیرپذیری متغیرهای مختلف از یکدیگر را نیز سنجید. به همین سبب برداشت داده‌های موردنیاز به کمک ترکیبی از دو شیوه تصویربرداری از محل تقاطعات انتخاب شده و ارائه پرسشنامه به عابرانی که تصویر عبور آنها برداشته شده بود، در دستور کار قرار

جدول ۱. خلاصه مطالعات پیشین بررسی شده مرتبط با رفتار عابرین پیاده در گذر از معابر شهری

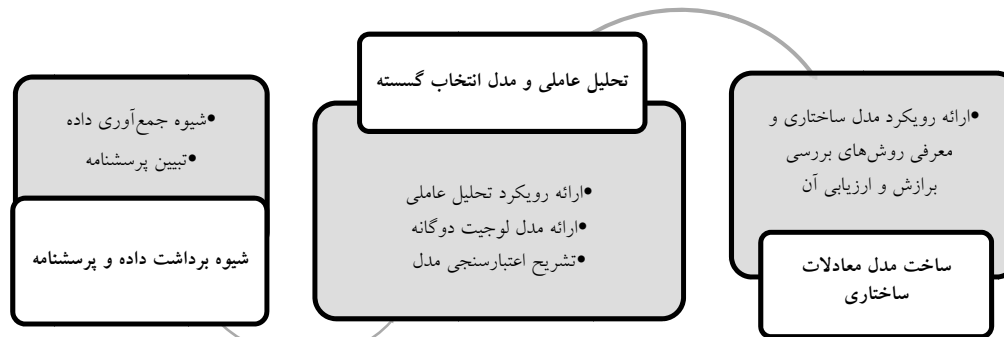
نویسندگان و سال	مدل	روش برداشت	هدف پژوهش
مانوژاک و همکاران (۲۰۰۵)	پروبیت	تصویربرداری	بررسی تأثیر تغییر توالی چراغ در رفتار عابرین پیاده و پیش‌بینی رفتار قبول فرصت آنها
ژوو و همکاران (۲۰۰۹)	رگرسیون چندگانه سلسله مراتبی	پرسشنامه	شناخت رفتار عبور عرضی عابرین و بررسی تبعیت‌پذیری از دیگران
بلوم و همکاران (۲۰۰۹)	رگرسیون لجستیک	تصویربرداری	بررسی تأثیر حرکت گروهی روی رفتار عبور عرضی عابرین
لی و فرنی (۲۰۱۰)	تحلیل واریانس	تصویربرداری و فیلم‌برداری	شنیوه رفتار عابر پیاده در تقاطع‌ها با جزیره مرکزی و تأثیر آب‌وهوای نامساعد بر میزان رعایت عابر پیاده در عبور از تقاطع
گنگرن و همکاران (۲۰۱۱)	تحلیل واریانس	پرسشنامه و تصویربرداری	واکاوی علت تخلفات عابرین و درک آنها از خطر
یانگ یانگ و همکاران (۲۰۱۳)	رگرسیون لجستیک دوگانه	پرسشنامه و تصویربرداری	بررسی رفتار عبور عابرین از چراغ قرمز شهری
تیواری و همکاران (۲۰۱۴)	تحلیل آماری بقا ^(۱)	تصویربرداری	بررسی رفتار عابرین در تقاطعات چراغدار و تحلیل زمان‌های انتظار آنها
چینگ لیو و همکاران (۲۰۱۴)	رگرسیون لجستیک	پرسشنامه فضای شبیه‌ساز	بررسی تأثیر متغیر فاصله خودرو نزدیک‌شونده و سن عابر بر رفتار عبور عرضی از خیابان
هانگمی ژو و همکاران (۲۰۱۵)	معادلات ساختاری	پرسشنامه	شناخت رفتار اظهار شده عابرین در خصوص تصمیم به تخطی از قوانین
آرمان و همکاران (۲۰۱۵)	لجیت دوگانه معادلات ساختاری	تصویربرداری	بررسی رفتار قبول فرصت عابرین در عبور عرضی از خیابان
دومس و همکاران (۲۰۱۵)	رگرسیون لجستیک	مشاهده و پرسشنامه	بررسی الگوهای رفتاری عابرین در عبور از تقاطع چراغدار
بارتون و همکاران (۲۰۱۶)	رگرسیون خطی	پرسشنامه	بررسی رفتار عبور عرضی عابرین تحت تأثیر عوامل ایجاد اختلال در تصمیم‌گیری براساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی
میلنگویچ و همکاران (۲۰۱۶)	لجستیک دوتایی	مشاهده	بررسی نقش استفاده از تلفن همراه بر رفتار غیر ایمن عابران
هاشمی پرست و همکاران (۲۰۱۶)	تحلیل عاملی	پرسشنامه	شناخت نگرش‌ها و ترجیحات عابرین نسبت به عبور غیر ایمن براساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده
پاپادیمترو و همکاران (۲۰۱۶)	تحلیل عاملی	پرسشنامه	تحلیل اجزای اصلی مؤثر بر رفتار عبور عرضی عابرین
لنون و همکاران (۲۰۱۷)	رگرسیون چندگانه سلسله‌مراتبی	پرسشنامه	بررسی تأثیر استفاده از تلفن همراه بر حواس‌پرتی هنگام عبور عرضی براساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده
زفری و همکاران (۲۰۱۹)	رویکرد سلسله‌مراتبی و TOPSIS	پرسشنامه	ارزیابی میزان خطر تصادف مرتبط با گروه‌های مختلف عابر پیاده و رفتارهای عبور آنها در تقاطع‌ها
مُشکی و همکاران (۲۰۱۹)	رویکرد GRADE	پرسشنامه	ارزیابی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده رفتار عابری پیاده در عبور از عرض معبر شهری بر اساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده
چن و همکاران	تحلیل واریانس	تصویربرداری	ارزیابی تصمیم عبور یا عدم عبور رانندگان در هنگام عبور عابرین

نویسندگان و سال	مدل	روش برداشت	هدف پژوهش
(۲۰۱۹)			پیاده از عرض خیابان
تاپرو و همکاران (۲۰۲۰)	شبیه‌سازی در دستگاه واقعیت مجازی	شبیه‌سازی	سنجش میزان تأثیر به‌هم‌ریختگی بصری شهری توسط عناصر در مجاورت معبر بر رفتار عبور عابرین پیاده از عرض معبر
آرلانا و همکاران (۲۰۲۰)	لوجیت	جمع‌آوری بانک اطلاعاتی	ارزیابی ترکیب داده‌های اولیتهی و ترجیحات آشکار عابرین پیاده برای تأثیر ویژگی فردی، ویژگی سفر، ساختار محیطی در عبور عرض معبر
آقا بیگی و همکاران (۲۰۲۱)	مدل مختلط خطی تعمیم‌یافته	پرسشنامه	بررسی تأثیر جنسیت، گروه سنی، گذر گروهی عابرین، استفاده از تلفن همراه و حمل اقلام بر رفتار عبور عابر پیاده
پاوار و پاوار (۲۰۲۲)	مدل لوجیت باینری	پرسشنامه	مدل‌سازی محدوده معضل عابرین پیاده در عبور از معابر پرسرعت (شریانی درجه ۱)
شین و همکاران (۲۰۲۲)	درخت تصمیم تقویت‌کننده گرادیان	تصویربرداری و پرسشنامه	بررسی رفتار انتظار یا رفتن عابرین پیاده از عرض معبر بر اساس داده‌های مسیر عبوری

۳- روش تحقیق

پرسشنامه‌های خوداظهاری برداشت شدند. با توجه به مطالعات پیشین انجام شده، پرسشنامه نظریه رفتار برنامه‌ریزی یک ابزار خوب و پرکاربرد برای اندازه‌گیری رفتار تخلفات در بین عابرین پیاده شناخته شد. این نظریه به بررسی تأثیر همزمان متغیرهای پنهان نگرش، هنجار و درک کنترل روی رفتار در شکل‌گیری قصد عابرین در انجام تخلفات عبور عرضی از خیابان می‌پردازد. بر اساس این نظریه، رفتار مشاهده شده فرد تحت تأثیر قصد شخص برای انجام عمل قرار می‌گیرد و نیز عوامل نگرشی، انگیزشی و درک فرد از خطر انجام یک عمل و درک وی از توانایی‌های خود برای انجام یک عمل، در نهایت تعیین‌کننده قصد وی خواهند بود.

به منظور دستیابی به یکی از اهداف این مقاله که همان شناسایی رفتار تخلفات عابرین پیاده در تقاطعات چراغدار شهری است، اقدام به دو دسته مدل‌سازی از نوع انتخاب گسسته (لوجیت دوگانه) و مدل معادلات ساختاری گردید. بنابراین لازم بود تا داده‌های مربوط به متغیرهای مؤثر بر تخلفات عابرین پیاده برداشت شود. به همین منظور با استفاده از تصویربرداری از محل تقاطعات انتخاب شده، بخشی از عوامل مرتبط با رفتار تخلفات عابرین شامل ترافیکی، محیطی، عوامل حرکتی و ویژگی‌های عابرین برداشت گردید. بخش دیگری از متغیرهای تأثیرگذار در این دسته از رفتارها بر اساس مطالعات پیشین، ویژگی‌های فردی عابرین، نگرش‌ها، انگیزه‌ها، هنجارها و درک از توانایی‌های عابرین بود که در این مطالعه در قالب نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده، از طریق



شکل ۱. کلیات روش تحقیق

۴-۱- عملیات میدانی و آماده‌سازی بانک اطلاعاتی

در پژوهش حاضر برداشت داده‌ها به دو شیوه برداشت فیلم از محل تقاطع و ارائه پرسشنامه به عابریانی که تصویر عبور عرضی آنها برداشت شده بود، صورت پذیرفت. هدف این مقاله شناسایی پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار عابریان پیاده هنگام تردد از تقاطعات چراغدار شهری است، بدین منظور برداشت داده‌ها در محل دو تقاطع خیابان‌های ملاصدرا-شیرازی، واقع در منطقه ۳ شهر تهران و تقاطع خیابان‌های شهید قمری-سمیه، واقع در منطقه ۶ شهر تهران انجام پذیرفت. مشخصات مربوط به هر گذرگاه در جدول (۲) آمده و نیز شکل (۲) نشان‌دهنده نمایی از هر گذرگاه است. فیلم‌برداری از رفتار عبور عابریان پیاده برای دو بازه ساعتی ۹ الی ۱۲ صبح و ۱۶ الی ۱۹ بعدازظهر و در روشنایی روز در طول ۱۱ روز عادی از تیرماه و مهرماه سال ۱۴۰۰ انجام گرفت. علت انتخاب بازه زمانی ذکر شده این بود که در ساعات اوج ترافیک، عابریان به علت حجم بالای خودروهای نزدیک‌شونده فرصت تخلف کردن را پیدا نمی‌کنند و نیز در ساعاتی که حجم خودروها کم بود، به همان نسبت تعداد عابریان پیاده برای انجام پرسشگری نیز کاهش پیدا می‌یافت. پوشش ویدئویی منطقه انتظار عابریان پیاده در دو انتهای خط عابر، خط عابریان پیاده، ناحیه پشت خط عابر تا فاصله بیش از ۴۰ متری و چراغ راهنمایی را شامل می‌شد. رویکرد انتخاب شده در این مطالعه در هر دو تقاطع خیابان یکطرفه بود و اثر خودرو نزدیک‌شونده بر رفتار تخلفات عابر پیاده تنها در یک جهت بررسی گردید.

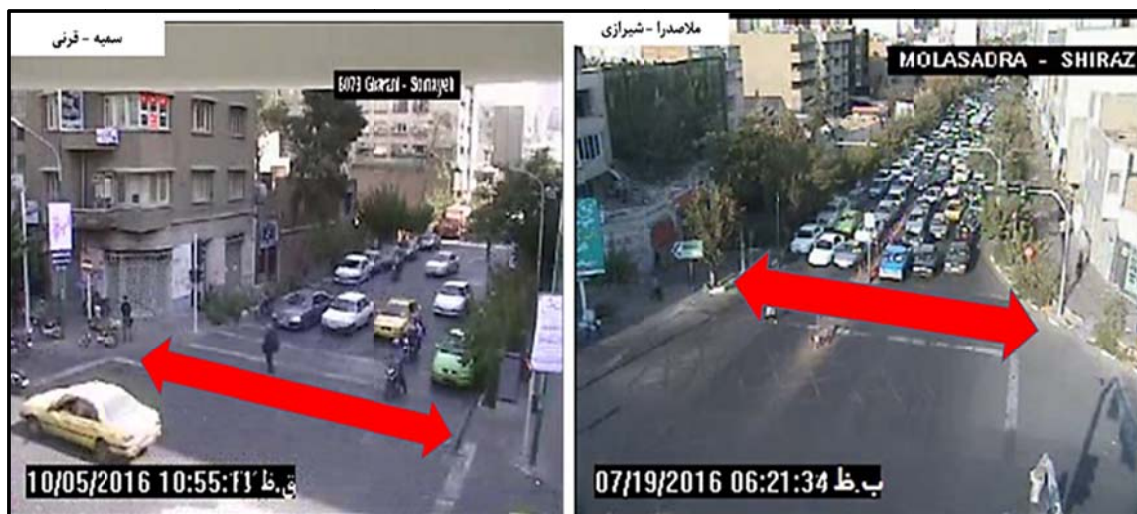
فلوجارت ارائه شده در شکل (۱) کلیات روش انجام تحقیق، شامل بخش‌های اصلی مطالعه، زیرمجموعه‌های مورد بررسی در هر بخش، و همچنین ابزار مورد استفاده برای برداشت اطلاعات هر بخش را نشان می‌دهد. جهت تحلیل داده‌های برداشت شده از رفتار عبور عرضی عابریان پیاده در تقاطعات، ابتدا سوالات پرسشنامه با استفاده از روش تحلیل عاملی به کمک نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ دسته‌بندی شده و پاسخ سوالات بر اساس این دسته‌بندی‌ها محاسبه گردید. در ادامه متغیرهای استخراج شده از پرسشنامه و تصاویر فیلم‌برداری در مدل‌سازی انتخاب گسسته با استفاده از نرم‌افزار 5 NLOGIT جهت پیش‌بینی رفتار تخلف عابریان مورد استفاده قرار گرفت؛ و در نهایت با کمک مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار IBM Amos نسخه ۲۱ به بررسی و تأییدسنجی همزمان عوامل رفتاری عابریان، ویژگی‌های نگرش و سایر سازه‌های مهم در نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده پرداخته شد.

۴- نتایج پژوهش و تفسیر آنها

در این بخش داده‌های برداشت شده به دو شیوه فیلم‌برداری و پرسشنامه از محل تقاطعات مورد نظر مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج آنها به صورت توصیفی و تحلیلی در قالب مدل‌سازی انتخاب گسسته و مدل‌سازی معادلات ساختاری در راستای تحلیل رفتار عابریان پیاده در شهر تهران در مواجهه با تقاطعات چراغدار مورد بررسی، تفسیر و مقایسه شده‌اند.

جدول ۲. مشخصات کلی دو تقاطع مورد بررسی در پژوهش

نام تقاطع	تعداد خطوط عبوری	طول عبور بیمه از گذرگاه	میانگین طول دوره چراغ راهنمایی (ثانیه)	میانگین زمان سبز چراغ راهنمایی (ثانیه)	متوسط حجم عبور وسایل نقلیه در هر ۱۵ دقیقه	متوسط حجم عبور عابر پیاده در هر ۱۵ دقیقه
تقاطع ملاصدرا	۲	۱۷/۵	۱۱۰	۵۰	۴۹۸	۷۵
تقاطع سمیه	۳	۱۳	۹۰	۴۰	۲۵۵	۱۰۰



شکل ۲. نمایی از تصویر دوربین نظارت تصویری مورد استفاده در هر کدام از دو تقاطع

۴-۲- آمار توصیفی جامعه هدف

عابرین پیاده گردید. در این قسمت نمونه آماری مورد مطالعه بصورت توصیفی مورد بررسی قرار گرفته و فراوانی‌ها و توزیع برخی شاخصه‌ها در بین اعضای نمونه در نظر گرفته شده‌اند. در جدول (۳) توزیع سنی جمعیت مورد مطالعه به تفکیک عابرین مرد و زن ارائه شده است. بر این اساس ملاحظه می‌گردد که بیشترین فراوانی سنی در بین مردان و زنان، هر دو متعلق به گروه سنی ۳۰ تا ۳۹ سال بوده است.

پس از برداشت فیلم از محل تقاطعات و بطور همزمان ارائه پرسشنامه به عابرانی که تصویر عبورشان برداشت شده بود، تصاویر بطور کامل مورد بازبینی قرار گرفت و متغیرهایی که احتمال می‌رفت در فرآیند تصمیم‌گیری عابر پیاده در مواجهه با تقاطعات چراغدار مؤثر باشند، برای تک‌تک عابران استخراج شد. سپس پاسخ عابر به سوالات پرسشنامه نیز در کنار سایر متغیرها قرار گرفته و پس از آن اقدام به تحلیل و توصیف رفتار

جدول ۳. توزیع سنی جمعیت مورد مطالعه به تفکیک عابرین مرد و زن

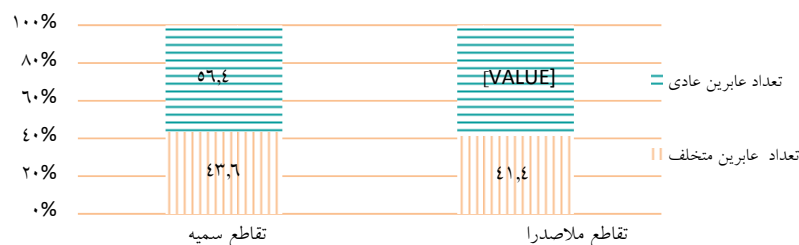
مجموع	گروه سنی					جنسیت
	۶۰ سال و بالاتر	۴۰-۵۹	۳۰-۳۹	۲۵-۲۹	۱۶-۲۴	
۲۲۰	۱۶	۶۶	۶۴	۳۸	۳۶	مرد
۸۴	۸	۱۲	۲۶	۲۰	۱۸	زن
۳۰۴	۲۴	۷۸	۹۰	۵۸	۵۴	مجموع

متخلف زن بوده و شاید بتوان گفت که در بین مردها، نسبت تخلفات بیشتری در مقایسه با زنان مشاهده گردیده است. میانگین سنی پاسخ‌دهندگان در حدود ۳۶ سال بوده که ۳,۲ درصد آنها تحصیلات زیر دیپلم یا فاقد تحصیلات، ۲۳ درصد دارای مدرک دیپلم، ۴۷,۳ درصد آنها دارای تحصیلات لیسانس و ۲۶,۳ درصد از این افراد دارای تحصیلات عالیه (فوق لیسانس و دکتری) بودند.

سایر اطلاعات برداشت شده از فرآیند آمارگیری مربوط به ترتیب ذیل می‌باشد که در ادامه بیان می‌گردد.
- بطور میانگین ملاحظه می‌گردد که نسبت زنان به مردان در نمونه آماری برداشت شده یک به سه می‌باشد.
- از میان نمونه‌های برداشت شده (۳۰۴ نفر) تعداد ۱۰۸ مرد متخلف و ۱۱۲ مرد عابر عادی مشاهده گردید. این تعداد برای زنان متخلف ۲۲ نفر و زنان عابر عادی تعداد ۶۲ نفر بوده است. بنابراین نسبت عابرین متخلف مرد بیشتر از عابرین

شده‌اند. بر اساس این شکل ملاحظه می‌گردد توزیع عابری متنخلف و عادی در هرکدام از تقاطعات و نیز در مقایسه دو تقاطع با هم تا حد زیادی هم‌سان بوده و از درصدهای مشابه هم برخوردار می‌باشند.

در میان نمونه برداشت شده ۹۵ درصد مردان گواهینامه داشتند و ۷۸ درصد زنان دارای گواهینامه و ۲۲ درصدشان فاقد تجربه رانندگی بودند. در شکل (۳) مقایسه‌ای از تعداد عابری متنخلف و تعداد عابری عادی در هرکدام از دو تقاطع مورد مطالعه آورده



شکل ۳. مقایسه تعداد عابری متنخلف با عابری عادی در دو تقاطع

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد پاسخ به سوالات مربوط به نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده در پرسشنامه

انحراف استاندارد	میانگین نمره	سوالات مربوط به پرسشنامه	مؤلفه‌های نظریه
۱,۹	۲,۶۶	قصد عابر برای انجام عمل تخلف پس از مطالعه سناریو پرسشنامه	نیت و قصد
۱,۶	۲,۳۱	قصد عابر برای انجام عمل تخلف در هفته‌های آتی	
۱۱,۳	-۴,۶۴	حفظ زمان سفر در صورت انجام عمل × اهمیت زمان برای عابر	نگرش
۱۰,۷	-۸,۹۱	عدم عصبانیت رانندگان در صورت انجام عمل × اهمیت عصبانیت رانندگان برای عابر	
۱۰,۶	-۹,۹۵	راحتی عابر در صورت انجام عمل × اهمیت راحتی	
۷,۹	-۱۱,۵	توقع خانواده عابر از وی در خصوص انجام عمل × اهمیت نظر خانواده برای عابر	هنجار ذهنی
۸,۱	-۲,۶۳	توقع دوستان عابر از وی در خصوص انجام عمل × اهمیت نظر دوستان برای عابر	
۲	۰,۵۹	آسانی انجام عمل برای عابر	درک کنترل روی رفتار
۲,۱	۰,۸۹	باور عابر از داشتن توانایی انجام عمل	

۴-۳- تحلیل عاملی و نتایج توصیفی پرسشنامه

به سوالات مربوط به پرسشنامه نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده ارائه شده است. توجه شود که برای سوالات مربوط به نگرش و هنجارهای ذهنی، میانگین نمره، برای حاصل ضرب نمره سوالات دوگانه ارائه شده است، که سوال اول آن نظر عابر در خصوص یک متغیر بوده و سوال دوم اهمیت آن متغیر برای

پرسشنامه ارائه شده در این پژوهش، بر مبنای نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده طراحی گردید و ترجمه‌ای عینی از سوالات مشابه ارائه شده در مطالعاتی بود که برای شناخت رفتار عابری پیاده در مواجهه با تقاطعات چراغدار از این نظریه استفاده نموده بودند. در جدول (۴) میانگین و انحراف استاندارد پاسخ

عابر می‌باشد. برای سوالات مربوط به نیت و قصد، مقیاس لیکرت هفت نقطه‌ای در بازه +۱ تا +۷ منظور شد، به گونه‌ای که امتیاز بیشتر در سوالات مربوط به نیت نشان‌دهنده احتمال بیشتر تخلف در صورت مواجهه با شرایط پرسشنامه بود. با توجه به جدول (۴) میانگین امتیاز نیت عابری برای انجام عمل تخلف در صورت مواجهه با شرایط سناریو در پرسشنامه، مقدار ۲,۶۶ و ۲,۳۱ بدست آمد که نشان‌دهنده آن است که عابری بطور متوسط قصد انجام عمل تخلف را ندارند.

با توجه به اینکه مقیاس لیکرت برای سوالات مربوط به نگرش، هنجار و درک کنترل روی رفتار بصورت هفت نقطه‌ای بوده و در بازه بین -۳ و +۳ قرار دارد بنابراین امتیاز منفی در پاسخ به سوالات این متغیرها در راستای عدم تمایل به انجام عمل تخلف قرار داشت و امتیاز مثبت نشان‌دهنده احتمال انتخاب عمل تخلف در صورت مواجهه با شرایط ذکر شده در سناریو پرسشنامه بود.

با توجه به این مطلب و براساس جدول (۴) ملاحظه می‌گردد که میانگین پاسخ پرسش‌شوندگان به سوالات مربوط به نگرش نسبت به انجام عمل تخلف برای هر سه دسته از سوالات منفی است. به عبارتی دیگر عابری بطور متوسط انجام عمل تخلف را منجر به حفظ زمان سفر نمی‌دانند. (میانگین = -۴,۶۴-)، آنها انجام عمل تخلف را منجر به عصبانیت رانندگان دانسته (میانگین = -۸,۹۱-) و همچنین انجام این کار را منجر به احساس راحتی نمی‌دانند (میانگین = -۹,۹۵-)، بنابراین بطور کلی عابری نگرشی منفی نسبت به انجام عمل تخلف در محل تقاطع داشته‌اند.

میانگین پاسخ به سوالات مربوط به هنجار اعداد ۱۱,۵- و ۲,۶۳- بدست آمد که نشان‌دهنده آن است که عابری، هم خانواده و هم دوستان خود را مخالف انجام عمل تخلف می‌دانند. میانگین پاسخ به سوالات مربوط به درک کنترل روی رفتار نیز اعداد مثبت ۰,۵۹ و ۰,۸۱ بدست آمدند که این موضوع بیانگر این نتیجه است که بطور متوسط عابری توانایی انجام عمل تخلف را در خود احساس می‌کنند.

جهت تشخیص مؤلفه‌های اصلی متغیرهایی که می‌توانند بصورت پنهان وارد فرآیند مدل‌سازی شوند، تحلیل عاملی اکتشافی به کمک نرم‌افزار SPSS 25 بکار رفته است. به این منظور، ۹ مؤلفه برای متغیرهای نگرش روی رفتار، هنجارهای ذهنی، کنترل درک شده روی رفتار و قصد انجام رفتار وارد نرم‌افزار شدند. برای بررسی پایایی عوامل و کفایت نمونه در انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی از آزمون KMO استفاده گردید.

مطابق با نتایج حاصل از تحلیل عاملی اکتشافی در جدول (۵) سه مؤلفه قصد انجام رفتار، هنجارهای ذهنی و کنترل درک شده روی رفتار استخراج گردیدند. اما مؤلفه‌ای برای نگرش روی رفتار بطور اختصاصی تعریف نشد. این متغیر با مؤلفه قصد انجام عمل بیشتر بار عاملی را از خود نشان داد. مقدار شاخص KMO برابر با ۰,۶۸ بدست آمد. مطابق با آنچه که در فصل سوم نیز بیان شد مقادیر بالای ۰,۶ در شاخص KMO گویای کفایت تعداد نمونه جمع‌آوری شده برای انجام تحلیل عاملی است. از طرفی مقدار شاخص معناداری نیز کوچکتر از ۰,۰۵ بدست آمده (۰,۰۰۰) است. این امر نشان‌دهنده رد فرضیه "متغیرهای ناهمبسته" است. سه عامل ذکر شده در مجموع ۵۸,۸۶ درصد از واریانس مجموع را توصیف کردند.

عامل اول با عنوان قصد انجام عمل دو سوال اول پرسشنامه در خصوص اینکه عابر پس از مطالعه سناریو چه احتمالی را برای تخلف خود متصور خواهند بود، را شامل می‌شود.

این عامل ۲۶,۷۱ درصد از کل واریانس را توضیح می‌دهد. همچنین سوالات مربوط به نگرش روی رفتار که به تنهایی نتوانستند مؤلفه‌ای را به خود اختصاص دهند با این عامل بیشترین بارهای عاملی را داشتند. (آلفا کرونباخ = ۰,۸۴۵).

عامل دوم بیانگر هنجارهای ذهنی عابر است که می‌تواند در تصمیم نهایی وی برای انجام یا عدم انجام عمل تخلف در عبور عرضی از تقاطع مؤثر باشد. این عامل سوالات ۹ تا ۱۲ پرسشنامه، مربوط به هنجارهای ذهنی از سوی خانواده و دوستان عابر را شامل می‌شود. ۱۹,۰۱ واریانس کل توسط این عامل تبیین گردید. (آلفا کرونباخ = ۰,۶۷۴)

عامل سوم بیانگر کنترل درک شده روی رفتار و میزان احساس توانایی عابر برای انجام عمل تخلف است. این عامل نیز سوالات ۱۳ و ۱۴ از پرسشنامه را شامل می‌شد و توانست ۱۳,۱۴ درصد از کل واریانس را تبیین نماید.

(آلفا کرونباخ = ۰,۷۹۸).

نتایج بررسی ساختار عاملی در برخی مطالعات پیشین نیز موید ساختاری بود که در آنها چهار عامل قصد، نگرش، هنجار ذهنی و درک کنترل روی رفتار تفکیک شدند. از این میان سه عامل قصد، هنجار ذهنی و درک کنترل روی رفتار که در پژوهش استخراج شده‌اند، در آنها عیناً تکرار شدند.

جدول ۵. نتایج تحلیل عاملی

بار مؤلفه‌ای			شاخص
سوم	دوم	اول	
۰,۰۲۹	۰,۰۴۹	۰,۸۶۷	احتمال انجام تخلف در صورت مواجهه با شرایط سناریو
۰,۱۹۴	۰,۱۳۵	۰,۸۵۲	احتمال انجام تخلف در هفته‌های آتی
۰,۱۱۷	۰,۲۹۴	۰,۴۸۴	نگرش عابر نسبت به تأثیر تخلف در زود رسیدن به مقصد × اهمیت سریع‌تر رسیدن برای عابر
-۰,۱۲۱	-۰,۲۳۷	۰,۵۸۶	نگرش عابر نسبت به تأثیر عمل تخلف در عصبانیت رانندگان × اهمیت عصبانی نشدن رانندگان از دید عابر
۰,۱۷۲	۰,۰۱۷	۰,۳۲۷	نگرش عابر نسبت به راحتی ناشی از عبور متخلفانه × اهمیت راحتی هنگام عبور از عرض خیابان برای عابر
۰,۷۶۸	-۰,۰۰۷	۰,۰۰۷	هنگام ذهنی عابر در خصوص عمل تخلف که از طرف خانواده به وی وارد است × اهمیت نظر خانواده برای عابر
۰,۷۹۳	-۰,۰۴۹	۰,۱۲۶	هنگام ذهنی عابر در خصوص عمل تخلف که از طرف دوستان به وی وارد است × اهمیت نظر دوستان برای عابر
-۰,۱۱۳	۰,۸۸۹	۰,۰۴۲	آسانی انجام عمل تخلف برای عابر
۰,۰۲۶	۰,۸۹۴	۰,۰۰۴	تصور عابر از داشتن توانایی جسمی برای انجام عمل تخلف
۱۳,۱۴	۱۹,۰۱	۲۶,۷۱	درصد واریانس توصیف شده

بودند. در کنار این متغیرها، متغیرهای پنهان مستخرج از بخش دوم پرسشنامه این پژوهش (براساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده) پس از اعمال تحلیل عاملی، بصورت عوامل سه گانه استخراج شده و وارد مدل‌سازی گردیدند.

جدول (۶) نتایج مدل انتخاب گسسته لوجیت دوگانه برای تصمیم عابر در خصوص تخلف یا عدم تخلف در تقاطع چراغدار را بر مبنای متغیرهای آشکار و پنهان مستخرج از پرسشنامه و تصاویر فیلم‌برداری از محل تقاطع نشان می‌دهد.

۴-۴- مدل‌سازی انتخاب گسسته و تحلیل نتایج آن

در این بخش به مدل‌سازی و نتایج پرداخت مدل انتخاب گسسته لوجیت دوگانه در راستای تحلیل رفتار عابران پیاده تهرانی، در انتخاب تخلف یا عدم تخلف هنگام مواجهه با چراغ قرمز در تقاطعات چراغدار شهری پرداخته شده است. متغیرهای استفاده شده در مدل لوجیت دوگانه در دو بخش کلی خلاصه شدند. گروه اول متغیرهایی که وارد فرآیند مدل‌سازی شدند، شامل متغیرهای ترافیکی، محیطی و فردی

جدول ۶. نتایج مدل لوجیت دوگانه انتخاب یا عدم انتخاب رفتار تخلف در عبور از چراغ قرمز برای عابر

مقدار احتمال	خطای استاندارد	پارامتر	متغیر	گزینه
۰,۰۰۰۲	۰,۳۹۲۷	۱,۴۵۷۶ ***	ME***	تخلف از چراغ راهنمایی
۰,۰۰۱۴	۰,۰۸۵۲	-۰,۲۷۳ ***	SPEED1***	
۰,۰۳۳	۰,۵۰۸	۱,۰۸۲ **	DAGEGRP2**	
۰,۰۰۹	۰,۲۳۸	-۰,۷۸۸ ***	WAITER***	
۰,۰۸۱۴	۰,۳۷۳	۰,۶۵۰ *	BADPED*	
۰,۰۶۲	۰,۰۹۱۷	-۰,۱۷۱ *	SPEED3*	
$-2(LL\odot - LL(\beta)) = 77.6$			۳۰۴	تعداد کل مشاهدات
$-2(LL\odot - LL(\beta)) = 77.6$			- ۱۰۸,۸۱	$LL(\beta)$
$\rho^2 = 0.263$			- ۱۴۷,۶۴	$LL(0)$
معنی‌داری در سطوح به ترتیب ۱٪، ۵٪، ۱۰٪ = ***, **, *				

نتایج مدل نشان می‌دهد:

-جنسیت به عنوان متغیری مؤثر در رفتار تخلفات عابرین پیاده در تقاطعات شناسایی گردید. بر این اساس مردها در مقایسه با زنان، متخلف‌ترند و احتمال تخلف برای آنها بیشتر می‌باشد.

-متغیر سن، که در مطالعات گذشته نیز به عنوان یکی از عوامل فردی تأثیرگذار در فرآیند تصمیم‌گیری عابرپیاده شناخته شده بود در مدل‌سازی وارد گردید. از میان گروه‌های سنی مختلف، گروه سنی دوم (سنین ۲۵ تا ۲۹ سال) با علامت مثبت در احتمال بروز تخلف عابر در تقاطع چراغدار، معنادار شناخته شد. این بدان معناست که عابرین ۲۵ تا ۲۹ سال نسبت به سایر عابرین با احتمال بیشتری متخلف خواهند بود.

-سرعت خودرو نزدیک‌شونده در هرکدام از سه خط عبور محاسبه گردیده و سپس به طور مجزا برای هر کدام از خطوط به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. طبق نتایج مدل لوجیت دوگانه، سرعت خودرو نزدیک‌شونده در خطوط عبوری اول (نزدیک‌ترین خط به عابر پیاده) و سوم (دورترین خط نسبت به عابر پیاده) به عنوان متغیری تأثیرگذار بر انتخاب عابر پیاده شناسایی گردیدند. ضریب این متغیرها هر دو منفی بوده و بدین معناست که با افزایش سرعت خودرو نزدیک‌شونده در نزدیک‌ترین خط عبور خیابان به عابر پیاده، احتمال تخلف عابر کاهش خواهد یافت. به عبارتی دیگر عابر احتیاط بیشتری را در دستور کار خود قرار می‌دهد.

-هر دو متغیر فاصله خودرو از عابر و سرعت خودرو برای هرکدام از خطوط عبوری خیابان، در مدل‌سازی در نظر گرفته شدند که بین آنها متغیر سرعت خودرو نزدیک‌شونده معنادار شد. این موضوع را شاید بتوان اینگونه تعبیر نمود که افراد معمولاً براساس سرعت خودرو نزدیک‌شونده تصمیم‌گیری می‌کنند.

-براساس نتایج مدل انتخاب گسسته لوجیت دوگانه نیز متغیر حضور سایر عابرین منتظر با ضریب منفی معنادار بود و به عبارتی دیگر با حضور سایر عابرین منتظر در کناره راه، احتمال تخلف عابر پیاده در تقاطع نیز کاهش می‌یابد.

-حضور عابر متخلف نیز متغیری معنادار در مدل لوجیت دوگانه شناسایی گردید. ضریب این متغیر در مدل مثبت بوده و به عبارتی دیگر وجود عابر متخلف در لحظه رسیدن و انتظار عابر پیاده می‌تواند، احتمال انجام عمل تخلف توسط وی را افزایش دهد.

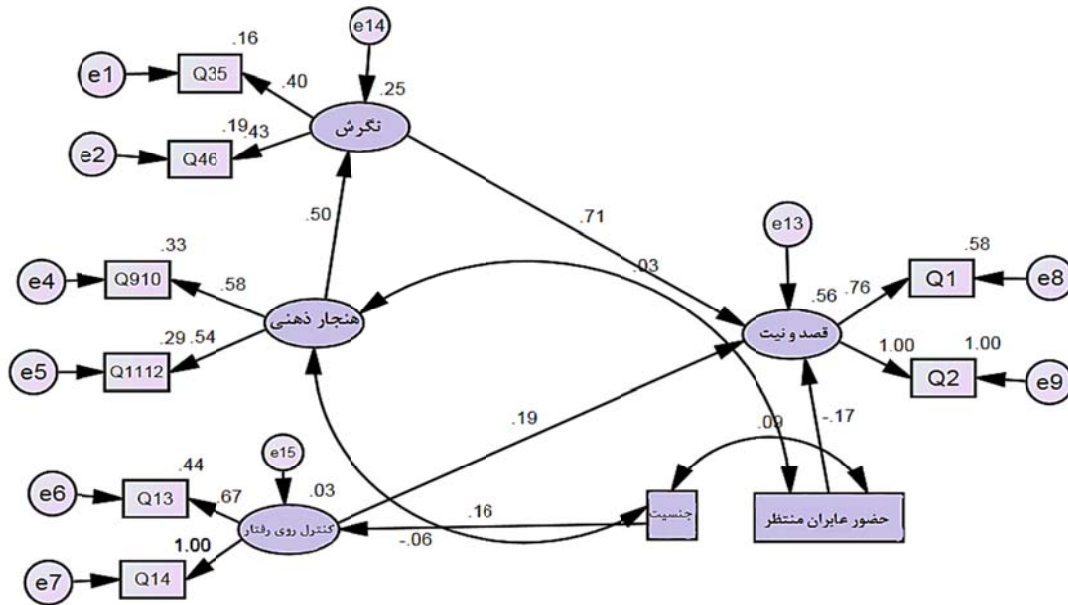
متغیرهای پنهان که براساس پاسخ عابرین به سوالات پرسشنامه نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده و در نتیجه تحلیل عاملی به عنوان عوامل سه‌گانه قصد و نیت، هنجار ذهنی و درک کنترل روی رفتار بدست آمده بودند نیز وارد مدل لوجیت دوگانه شدند که البته هیچ یک از آنها معنادار نبودند. به همین منظور جهت استخراج روابط بین متغیرهای روانشناختی و ذهنی عابر با یکدیگر و سایر متغیرها و نیز تأثیر آنها در رفتار و تصمیم نهایی عابر پیاده در مواجهه با تقاطع چراغدار، اقدام به مدل‌سازی معادلات ساختاری گردید.

۴-۵- مدل‌سازی معادلات ساختاری و تحلیل نتایج آن

در این بخش از پژوهش نتایج حاصل از مدل‌سازی معادلات ساختاری برای رفتار تخلفات عابر پیاده در تقاطعات چراغدار شهری با محوریت تأثیر متغیرهای نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده (نگرش‌ها، هنجارهای ذهنی و درک کنترل روی رفتار) در کنار سایر متغیرهای فردی و ترافیکی بر روی یکدیگر و در نهایت بر شکل‌گیری قصد و نیت انجام عمل تخلف برای عابر پیاده ارائه شده است.

براساس مطالعاتی که تاکنون بر مبنای اثر متغیرهای نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده در شکل‌گیری قصد و نیت عابر پیاده برای انجام عمل تخلف حین عبور از تقاطعات چراغدار، انجام گرفته است، فرض است که قصد و نیت انجام عمل، خود متأثر از نگرش‌ها، هنجارهای ذهنی و درک کنترل روی رفتار است. همچنین رفتار واقعی مشاهده شده از عابر پیاده نیز خود تحت تأثیر قصد عابر برای انجام عمل قرار دارد.

شکل (۴) نشان‌دهنده مدل ساختاری رابطه‌ی بین عوامل و متغیرهای مورد مطالعه است.



شکل ۴. مدل ساختاری نهایی در حالت استاندارد

-هنجارهای ذهنی عابر نه بطور مستقیم بلکه با اثرگذاری بر روی نگرش عابر پیاده، بطور غیرمستقیم در شکل‌گیری قصد و نیت انجام عمل خود تأثیر می‌گذارند. براساس نتایج مدل هنجارهای ذهنی در نگرش عابر نسبت به سود و زیان انجام عمل تخلف تأثیر می‌گذارند.

-تأثیر عامل درک کنترل روی رفتار بر روی قصد و نیت مثبت بوده و این بدان معناست که هرچه عابر احساس کنترل و توانایی بیشتری برای انجام عمل داشته باشد، قصد انجام عمل تخلف در وی تقویت شده و با توجه به رابطه مستقیم بین قصد انجام عمل و رفتار واقعی، احتمال انجام عمل تخلف نیز افزایش خواهد یافت.

-مشابه نتیجه‌ای که از مدل لوجیت دوگانه پیش از این بدست آمد، علامت تأثیر حضور عابران منتظر در کناره خیابان بر روی قصد و نیت انجام عمل تخلف، منفی است. این بدان معناست که با حضور سایر عابرین منتظر در کناره راه، احتمال تخلف عابر پیاده در تقاطع نیز کاهش می‌یابد.

-از میان عوامل تأثیرگذار بر روی قصد عابر پیاده برای انجام تخلف، نگرش بیشتر وزن را داشته و به عنوان مهمترین عامل تعیین‌کننده شناخته شده است.

جدول (۷) کلیه روابط معنادار استخراج شده از مدل معادلات ساختاری اعم از وزن‌دهی متغیرها برای مدل ساختاری استاندارد شده، وزن‌دهی متغیرها برای مدل ساختاری استاندارد نشده و نیز واریانس هریک از متغیرهای بیرون‌زا را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود کلیه روابط در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشند.

نتایج مدل معادلات ساختاری برای شکل‌گیری قصد انجام عمل تخلف در عابر پیاده عبارتند از:

-با توجه به نتایج قصد انجام عمل بطور مستقیم متاثر از متغیرهای نگرش عابر پیاده نسبت به سود و زیان انجام عمل، درک وی از میزان داشتن کنترل روی رفتار، و نحوه حضور سایر عابرین در هنگام رسیدن و حضور وی در محل تقاطع است. همچنین قصد بطور غیرمستقیم نیز تحت تأثیر هنجارهای ذهنی عابر و نیز جنسیت وی قرار می‌گیرد.

-جنسیت بطور مستقیم بر روی درک کنترل روی رفتار و به شکل غیرمستقیم بر روی قصد انجام عمل تأثیر می‌گذارد. بدین صورت که مردان نسبت به زنان احساس کنترل بیشتری بر روی انجام عملشان حین ارتکاب به تخلف دارند.

جدول ۷. روابط معنادار استخراج شده از مدل معادلات ساختاری

وزن‌های غیراستاندارد				
وزن‌های رگرسیونی	ضریب مسیر	خطای استاندارد	CR	سطح معناداری
هنجار ذهنی ←←←←← نگرش	۰,۴۹۶	۰,۲۵۴	۱,۹۵	۰,۰۵
جنسیت ←←←←← درک کنترل روی رفتار	۰,۴۷۷	۰,۲۴۲	۱,۹۷۱	۰,۰۴
نگرش ←←←←← قصد	۰,۲۳۵	۰,۰۶۸	۳,۴۴	۰,۰۰
درک کنترل روی رفتار ←←←←← قصد	۰,۲۲	۰,۰۸۶	۲,۵۶۳	۰,۰۱
حضور عابر منتظر ←←←←← قصد	-۰,۲۲۷	۰,۰۹۷	۲,۳۳۴-	۰,۰۲
وزن‌های استاندارد شده				
وزن‌های رگرسیونی	ضریب مسیر استاندارد			
هنجار ذهنی ←←←←← نگرش	۰,۴۹۸			
جنسیت ←←←←← درک کنترل روی رفتار	۰,۱۶۱			
نگرش ←←←←← قصد	۰,۷۰۶			
درک کنترل روی رفتار ←←←←← قصد	۰,۱۹۳			
حضور عابر منتظر ←←←←← قصد	-۰,۱۷۵			
واریانس متغیرهای برونزا				
واریانس	آماره	خطای استاندارد	C.R	سطح معناداری
هنجارهای ذهنی	۱۵,۸۳۷	۸,۸۹	۱,۷۸	۰,۰۷۵
حضور عابر منتظر	۱,۳۵	۰,۱۵۶	۸,۶۸۹	۰,۰۰
جنسیت	۰,۲	۰,۰۲۳	۸,۶۸۹	۰,۰۰
شاخص‌های نیکویی برازش مدل ساختاری				
شاخص	مقدار	شاخص		
مجدور کای دو بر درجه آزادی	۱,۴۳۶	TLI		
CFI	۰,۹۵۱	GFI		
RMSEA	۰,۰۵۴	AGFI		

۴-۶- مقایسه تطبیقی مدل لجیت و مدل معادلات

ساختاری

مطالعات تطبیقی را می‌توان در چهار سطح مورد بررسی قرار داد. در سطح نخست، نظریه‌های مورد استفاده در مدل‌های رفتار عابر در حالت کلی و کلان مورد بررسی قرار می‌گیرد. موضوع اصلی تطبیق در این مرحله نظریه‌ی مدل است و مدل‌های تهیه شده در رویکردهای مختلف از نظر نظریه‌های مورد استفاده در هر فرآیند مدل مورد بررسی قرار می‌گیرند. در سطح دوم مطالعات تطبیقی، نوع مدل ریاضی مورد استفاده در هر روش مدل‌سازی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این سطح نیز مانند سطح اول دید جزئی‌نگری نداشته و به شکل

کلی مطرح می‌شود. برخلاف سطوح ابتدایی، سطوح سوم و چهارم مطالعات تطبیقی با جزئیات بیشتری انجام می‌شود. در این سطوح، با فرض یکسان بودن نظریه و نوع مدل ریاضی رویکردها، فرم تابع (متغیرهای مدل) و ضرایب‌های مدل مورد توجه قرار می‌گیرد. بدیهی است در این بخش به سطوح ابتدایی (اول/دوم) مطالعات تطبیقی برای دو رویکرد مدل انتخاب گسسته و مدل معادله ساختاری پرداخته می‌شود. اما در ابتدا متغیرهای مورد استفاده در دو رویکرد مدل‌سازی برای شیوه‌های سفر تحصیلی به صورت کلی ارائه می‌شود. در مدل لجیت دوگانه متغیر وابسته، رفتار واقعی مشاهده شده عابر پیاده و احتمال انجام عمل تخلف در تقاطع چراغدار

بود، در مدل معادلات ساختاری متغیر وابسته قصد انجام عمل تخلف در تقاطع چراغدار بود.

متغیرهای پنهان مربوط به نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده در مدل لججیت دوگانه معنادار نشدند. اما این متغیرها به کمک مدل‌سازی معادلات ساختاری توانستند به خوبی قصد انجام عمل تخلف را توصیف کنند.

متغیرهای محیطی و ترافیکی در تابع مطلوبیت گزینه‌های مدل‌سازی لججیت و متغیرهای روانشناختی در مدل‌سازی معادله ساختاری چشمگیرتر است.

از سوی دیگر تأثیر رفتار سایر عابرین بر انتخاب عابر مورد نظر در هر دو مدل معنادار شد و نتایج بدست آمده حاکی از کاهش احتمال انجام عمل تخلف در صورت حضور عابرین منضبط و نیز افزایش احتمال عمل تخلف در صورت حضور عابرین متخلف بود. این نتایج همانگونه که ذکر شد در هر دو مدل یکسان و معنادار بودند.

۴-۷- جمع‌بندی نتایج مدل‌سازی

در این بخش از تحقیق حاضر پس از اعمال تحلیل عاملی و شناسایی عوامل اصلی پرسشنامه، متغیرهای آشکار و پنهان همگی در مدل لججیت دوگانه وارد شدند و از میان آنها متغیرهای جنسیت، سن (گروه سنی ۲۵-۲۹ سال)، سرعت خودرو نزدیک‌شونده در خطوط اول و سوم خیابان، وجود عابران منتظر در کنار راه و وجود عابر متخلف در زمان حضور عابر در تقاطع به عنوان متغیرهای معنادار شناسایی شدند. جهت اعتبارسنجی مدل، با ۷۰ درصد داده‌ها مدل آموزشی ساخته و پرداخته شد و با ۳۰ درصد از داده‌ها درصد صحت پیش‌بینی آن مورد برآزش قرار گرفت. صحت پیش‌بینی برای مدل آموزشی ۷۳،۹۹ و برای مدل آزمایشی ۷۴،۵ درصد بود که حاکی از اختلاف کم دو مدل بود. اما از آنجا که متغیرهای پنهان ذهنی و روانشناختی مربوط به نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده در این مدل معنادار نبودند، با توجه به وجود رابطه مستقیم بین قصد انجام عمل و رفتار واقعی مشاهده شده از عابر اقدام به مدل‌سازی معادلات ساختاری گردید تا به کمک آن کلیه روابط بین متغیرهای آشکار و پنهان استخراج گردند. نتایج نشان داد که نگرش، درک کنترل روی رفتار و حضور سایر عابرین منتظر بطور مستقیم بر قصد انجام رفتار تخلف در تقاطعات مؤثرند. همچنین جنسیت بطور مستقیم بر روی درک

کنترل روی رفتار و بطور غیر مستقیم بر قصد انجام رفتار مؤثر بود. بررسی هنجار ذهنی نیز حاکی از تأثیر این متغیر بطور مستقیم بر روی نگرش عابر پیاده نسبت به سود و زیان انجام عمل تخلف بود. جهت بررسی برآزش خوب مدل معادلات ساختاری از شاخص‌های شش‌گانه مطابق با جدول (۶) استفاده گردید که همگی حاکی از قابل قبول بودن مدل ساخته شده بودند. برخی نتایج مدل‌سازی بطور خلاصه بشرح ذیل بودند:

نتایج مدل لججیت دوگانه نشان داد که:

- مردان نسبت به زنان با احتمال بیشتری تخلف می‌کنند.

- احتمال انجام عمل تخلف برای گروه سنی ۲۵ تا ۲۹ سال نسبت به سایر گروه‌ها سنی بیشتر است.

- بررسی متغیر سرعت خودرو نزدیک‌شونده برای هر یک از خطوط عبور خیابان نشان داد که با افزایش سرعت خودرو نزدیک‌شونده در خطوط اول و سوم عبوری، احتمال انجام عمل تخلف کاهش می‌یابد.

- مقایسه نتایج مدل برای دو متغیر فاصله خودرو نزدیک‌شونده تا عابر و سرعت خودرو نزدیک‌شونده نشان داد که افراد معمولاً براساس سرعت خودرو نزدیک‌شونده تصمیم‌گیری می‌کنند.

- با حضور سایر عابرین منتظر در کنار راه که تخلف نمی‌کنند، احتمال تخلف عابر پیاده در تقاطع نیز کاهش می‌یابد.

- وجود عابر متخلف در لحظه رسیدن و انتظار عابر پیاده می‌تواند، احتمال انجام عمل تخلف توسط وی را افزایش دهد.

نتایج مدل معادلات ساختاری نشان داد که :

- قصد انجام یک عمل بطور مستقیم متاثر از متغیرهای نگرش عابر پیاده نسبت به سود و زیان انجام عمل، درک وی از میزان داشتن کنترل روی رفتار، و نحوه حضور سایر عابرین در هنگام رسیدن و حضور وی در محل تقاطع است.

- جنسیت بطور مستقیم بر روی درک کنترل روی رفتار و به شکل غیرمستقیم بر روی قصد انجام عمل تأثیر می‌گذارد.

- هنجارهای ذهنی عابر نه بطور مستقیم بلکه با اثرگذاری بر روی نگرش عابر پیاده، بطور غیرمستقیم در شکل‌گیری قصد و نیت انجام عمل تأثیر می‌گذارند.

- هر چه عابر احساس کنترل و توانایی بیشتری برای انجام عمل داشته باشد، قصد انجام عمل تخلف در وی تقویت شده و با توجه به رابطه مستقیم بین قصد انجام عمل و رفتار واقعی، احتمال انجام عمل تخلف نیز افزایش خواهد یافت.

پیش‌بینی آن به کمک مدل آزمایشی که با ۳۰ درصد باقیمانده از داده‌ها ساخته شده بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از اختلاف کم در صحت پیش‌بینی دو مدل بود. به منظور شناسایی روابط بین متغیرها و میزان تأثیرگذاری آنها بر روی یکدیگر و نیز تأثیر آنها در رفتار تخلفات عابرپایه مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شد. برای این مدل نیز از شاخص‌های نیکویی برازش شش‌گانه استفاده شد که در تمامی موارد شاخص‌ها در محدوده مورد قبول قرار گرفتند. از نوآوری‌های پژوهش اخیر که در کشور برای اولین بار صورت گرفت و باعث متمایز ساختن آن با مطالعات گذشته شده است می‌توان به ساخت و پرداخت مدل معادلات ساختاری جهت بررسی دقیق نحوه اثرگذاری متغیرهای آشکار و پنهان در شکل‌گیری تصمیم انجام عمل تخلف در عابر و نیز بررسی نحوه اثرگذاری هر کدام از متغیرها بر دیگری، ارائه همزمان پرسشنامه نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده به عابر در کنار استفاده از اطلاعات استخراج شده از تصاویر عبور عرضی همان عابر از تقاطع و همچنین مقایسه نتایج دو مدل انتخاب گسسته و مدل معادلات ساختاری از بعد تفسیر نحوه اثرگذاری متغیرها در تصمیم انجام عمل تخلف در تقاطعات نیز اشاره کرد. نکته شایان توجه این بود که هر دو مدل ساخته شده اثبات کردند که با حضور سایر عابرین منتظر احتمال انجام عمل تخلف برای عابرین با احتمال تخلف کاهش می‌یابد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Intention
- 2- Attitude
- 3- Subjective Norm
- 4- Perceived Behavior Control
- 5- Structural Equation Modeling (SEM)
- 6- Survival Analysis

۷- مراجع

- Aghabayk, K., Esmailpour, J., Jafari, A., Shiwakoti, N. (2021). Observational-Based Study to Explore Pedestrian Crossing Behaviors at Signalized and Unsignalized Crosswalks. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 151.
- Arellana, J., Faenandez, S., Figueroa, M., Cantillo, V. (2020). "Analyzing pedestrian behavior when crossing urban roads by combining RP and SP data", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 85, 259-285.

با حضور سایر عابرین منتظر احتمال انجام عمل تخلف کاهش می‌یابد.

از میان عوامل تأثیرگذار بر روی قصد عابرپایه برای انجام تخلف، نگرش بیشتر وزن را داشته و به عنوان مهمترین عامل تعیین‌کننده شناخته شد.

نتایج مقایسه تطبیقی دو مدل ساختاری و لوجیت دوگانه نشان داد که تأثیر متغیرهای روانشناختی در مدل معادلات ساختاری توصیف شد درحالی که متغیرهای نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده در مدل لوجیت دوگانه معنادار نشدند. از سوی دیگر تأثیر رفتار سایر عابرین بر انتخاب عابر مورد نظر در هر دو مدل معنادار شد. بطور کلی متغیرهای ترافیکی و محیطی در مدل لوجیت دوگانه و متغیرهای روانشناختی و رفتاری در مدل معادلات ساختاری معنادار شدند.

۵- نتیجه‌گیری

شناخت انتخاب و رفتار عابرپایه در هنگام مواجه با تقاطعات چراغدار شهری در این مقاله بررسی شد. مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که تصمیم عابر در خصوص انجام یا عدم انجام عمل تخلف به هنگام عبور عرضی از خیابان در محل تقاطعات متأثر از متغیرهای ترافیکی، محیطی، فردی و روانشناختی متعددی است. به همین جهت متغیرهایی که احتمال می‌رفت در فرآیند تصمیم‌گیری عابر تأثیرگذار باشند به کمک دو شیوه فیلم‌برداری و ارائه پرسشنامه برداشت شیوه برداشت بدین صورت بود که ابتدا تصویر عبور عابر برداشت شده و پس از کامل شدن عبور، ارائه پرسشنامه به وی در دستورکار قرار گرفت.

پرسشنامه طراحی شده شامل دو بخش بود که بخش اول آن مشخصات فردی عابر را مورد پرسش قرار داده و بخش دوم آن ترجمه‌ای عینی از سوالات مربوط به نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده برای عابرپایه بود که در مطالعات پیشین مورد استفاده قرار گرفته بودند. پس از استخراج داده‌ها ابتدا عوامل اصلی پرسشنامه‌ای به کمک تحلیل عاملی شناسایی شدند. ضریب آلفا کرونباخ برای بررسی اعتبار پرسشنامه استخراج گردید که برای هر سه عامل استخراج شده قابل قبول بودند. سپس ساخت و پرداخت یک مدل لوجیت دوگانه در دستور کار قرار گرفت. جهت اعتبارسنجی مدل لوجیت دوگانه، مدل آموزشی با ۷۰ درصد از داده‌ها ساخته و پرداخته شده و صحت

- Peden, M. (2011). World Report on Road Traffic Injury Prevention. *World Health Organization Geneva*.
- Pešić, D. (2016). The Effects of Mobile Phone Use on Pedestrian Crossing Behaviour at Unsignalized Intersections—Models for Predicting Unsafe Pedestrians. *Behaviour & Safety Science*. Issue 82, 1-8.
- Ren, G. (2011). Crossing Behaviors of Pedestrians at Signalized Intersections: Observational Study and Survey in China. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 65-73.
- Rosenbloom, T., (2009). Crossing At a Red Light: Behaviour of Individuals and Groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol 12(5).389-394.
- Tapiro, H., Oron-Gilad, T., Parmet, Y. (2020). Pedestrian Distraction: The Effects of Road Environment Complexity and Age on Pedestrian's Visual Attention and Crossing Behavior. *Journal of Safety Research*, Vol. 72, 101-109.
- Tiwari, G. (2007). Survival Analysis: Pedestrian Risk Exposure at Signalized Intersections. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.10(2), 77-89.
- Xin, X., Jia, N., Ling, S., He, Z. (2022). "Prediction Of Pedestrians' Wait-Or-Go Decision Using Trajectory Data Based on Gradient Boosting Decision Tree. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*. Vol. 10, Issue 1, 693-717.
- Yang, Y. Sun, J. (2013). Study On Pedestrian Red-Time Crossing Behavior: Integrated Field Observation and Questionnaire Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 117-124.
- Zafri, N., Rony, A., Rahman, H., Adri, N. (2019). Comparative Risk Assessment of Pedestrian Groups and Their Road-Crossing Behaviours at Intersections in Dhaka, Bangladesh. *International Journal of Crashworthiness*. Vol. 27, Issue 22, 581-590.
- Zhou, H., Romero, S.B. (2015). An Extension of The Theory of Planned Behavior to Predict Pedestrians' Violating Crossing Behavior Using Structural Equation Modeling. *Accident Analysis & Prevention*.
- Zhou, R., Horrey, W., Yu, R. (2009), "The Effect of Conformity Tendency on Pedestrians' Road-Crossing Intentions in China: An Application of The Theory of Planned Behavior. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 3, Issue 3, 491-497.
- Arman, M.A., Rafe, A., Kretz, T. (2015). Pedestrian Gap Acceptance Behavior, A Case Study: Tehran. *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*.
- Barton, B.K., S.M. Kologi, A. Siron. (2015). Distracted Pedestrians in Crosswalks: An Application of the Theory of Planned Behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Vol.37, 129-137.
- Chen, W., Zhuang, X., Cui, Z., Ma, G. (2019). Drivers' Recognition of Pedestrian Road-Crossing Intentions: Performance and Process. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 64, 552-564.
- Das, S., Manski, C.F., M.D. Manuszak, (2005), Walk or Wait? An Empirical Analysis of Street Crossing Decisions. *Journal Of Applied Econometrics*. Vol. 20(4), 529-548.
- Dommes, A. (2015), Red Light Violations by Adult Pedestrians and Other Safety-Related Behaviors at Signalized Crosswalks. *Accident Analysis & Prevention*, Issue 80, 67-75.
- Hashemiparast, M. (2016). Pedestrian Road Crossing Behavior (PEROB): Development and Psychometric Evaluation. *Traffic Injury Prevention*. 1-5.
- Lennon, A., O. Oviedo-Trespalacios, S. Matthews. (2017). Pedestrian Self-Reported Use of Smart Phones: Positive Attitudes and High Exposure Influence Intentions to Cross the Road While Distracted. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 338-347.
- Li, Y., Fernie, G. (2010). Pedestrian Behavior and Safety on A Two-Stage Crossing with A Center Refuge Island and The Effect of Winter Weather on Pedestrian Compliance Rate. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 42, Issue 4, 1156-1163.
- Liu, Y., Tung, C. (2014). Risk Analysis of Pedestrians' Road-Crossing Decisions: Effects of Age, Time Gap, Time of Day, And Vehicle Speed. *Safety Science*. Vol.6. 77-82.
- Moshki, M., Khajavi, A., Sadeghi-Ghyassi, F. (2019). Measurement Properties of Self-Report Pedestrians' Road Crossing Behavior Questionnaires Constructed Based on The Theory of Planned Behavior. *Protocol for a Systematic Review*. Syst Rev 8, Vol.192.
- Papadimitriou, E., S. Lassarre, G. Yannis, (2017). Human Factors of Pedestrian Walking and Crossing Behaviour.
- Pawar, D., Yadav, A. (2022). Modelling The Pedestrian Dilemma Zone at Uncontrolled Midblock Sections, *Journal of Safety Research*, Vol. 80. 87-96.

Modeling the Behavior of Pedestrians in Choosing the Time to Cross Urban Intersections

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Milad Sashourpour, M.Sc., Grad., School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Shahin Hassani, M.Sc., Grad., School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Hamid Mirzahosseini, Associate Professor, Department of Civil - Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-mail: zargari@iust.ac.ir

Received: June 2023- Accepted: November 2023

ABSTRACT

This paper outlines the behavior of pedestrians in crossing signalized intersections and finds the main and effective variables that influence violation behavior in Tehran. For that purpose, required data was collected by recording pedestrian behavior then asking them to complete questionnaires. A binary logit (BL) model was developed to determine the influence and significance of each collected variable in the decision-making process. A structural equation model (SEM) was used to determine the interaction between observed and hidden variables and describe how they influence behavioral intention. After collecting the questionnaires and removing the false ones, 304 valid questionnaires remained. The structural model results showed that attitude, perceived behavior control, and the presence of other pedestrians directly influence behavior intention. As a result, when a pedestrian believes that breaking the law will save time or be a convenient way out, the chance of breaking the law increases. It also increases when they perceive more control over the behavior. Subjective norms and sex, on the other hand, have an indirect influence on intention. Since men feel more control over their behavior, they are more likely to violate it. The binary logit model results showed that the violation probability is higher among men than women. It is also more probable that pedestrians aged 25 to 29 violate the law more often at intersections. The existence of other pedestrians waiting for the green light can reduce the violation probability, and the presence of other violators can increase it. Increasing the speed of the approaching vehicle will decrease the violation probability. A comparison between the two models showed that SEM could describe the impact of psychological variables better, and BL could better define traffic and condition-related variables. On the other hand, the effect of other pedestrians on behavior is significant in both models.

Keyword: Pedestrian, Signalized Intersection, Binary Logit (BL) Model, Structural Equation Modeling (SEM)