

تحلیل عوامل بالقوه مؤثر در احتمال برخورد وسیله نقلیه

با عابران پیاده در محیط شهری

عباس شیخ فرد^۱، فرشیدرضا حقیقی^۲

چکیده

زمینه و هدف پژوهش: با افزایش تمایل به پیاده‌روی از سوی افراد در جوامع بشری، مسئله ایمنی محیط گذرگاه‌های عابران پیاده بیش از گذشته بایستی مورد توجه قرار گیرد. بنا بر آمار سازمان پزشکی قانونی کشور طی سالیان اخیر، یک‌چهارم کشته‌شدگان تصادفات جاده‌ای مربوط به عابران پیاده می‌باشد. لذا ارزیابی احتمال برخورد بین وسایل نقلیه و عابران پیاده در معابر شهری می‌تواند در راستای تعیین مدل‌های برخورد بین آن‌ها مفید واقع شود. مدل‌های برخورد به‌عنوان مجموعه‌ای از روابط علت و معلولی بین متغیرها، بیانگر نقش آن‌ها در به‌وجودآوردن این نوع از برخوردها می‌باشد.

روش پژوهش: در پژوهش حاضر با سنجش رفتارهای عابران پیاده و رانندگان وسایل نقلیه از طریق فیلم‌برداری در معابر شهری شهرستان بابل، احتمال برخورد وسایل نقلیه با عابران پیاده در شرایط مختلف عبور عابران پیاده مورد آکاوای قرار گرفت.

یافته‌ها: روابط علت و معلولی متغیرهای مورد ارزیابی از طریق دسته‌بندی کردن نمودارهای علیتی هر یک از نمونه‌ها شکل گرفت و در نهایت الگوهای علیتی به‌وجودآورنده احتمال برخوردها در معابر شهری معرفی شدند.

نتایج: در محل‌های خط‌کشی‌شده عواملی نظیر گوش‌دادن رانندگان به موسیقی، صحبت کردن رانندگان با سرنشینان خودرو، نبود تابلوهای هشداردهنده در خصوص محل‌های عبور عابران و در محل‌های فاقد خط‌کشی، رفتارهای غیرقابل‌پیش‌بینی عابران حین عبور و بی‌توجهی رانندگان به مسیر، احتمال وقوع برخوردهای خودرو - عابران پیاده را افزایش می‌داد.

کلیدواژه‌ها: ایمنی، تصادفات، رفتار رانندگان، رفتار عابر پیاده، الگوهای علیتی برخورد

^۱ دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل،

^۲ استادیار گروه مهندسی راه و ترابری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، نویسنده مسئول، Haghghi@nit.ac.ir

تلفات ناشی از تصادفات ترافیکی به‌عنوان یکی از عامل‌های مهم مرگ‌ومیر در جوامع بشری تلقی می‌شود و طبق آمارهای منتشرشده از سوی سازمان بهداشت جهانی، سالانه حدود ۱/۲۵ میلیون نفر بر اثر تصادفات ترافیکی جان خود را از دست داده‌اند که عابران پیاده سهم قابل توجهی از تلفات را به خود اختصاص داده‌اند (سازمان بهداشت جهانی^۱، ۲۰۱۵). در ایران بر اساس آمار چند سال اخیر سازمان پزشکی قانونی کشور و سازمان بهداشت جهانی، حدود ۲۷ درصد از کشته‌شدگان مربوط به عابران پیاده می‌باشند. تصادفات خودرو - عابر پیاده متأثر از رفتارهایی است که عمدتاً به عابر و راننده وسیله نقلیه مربوط می‌شود، هرچند نباید شرایط محیطی و ویژگی‌های مسیر را نادیده گرفت. به‌منظور جلوگیری از وقوع تصادفات آینده، بررسی علل بروز تصادفات پیشین به تعیین الگوهای به‌وجودآورنده تصادفات منجر می‌شود که با توجه به این الگوها و عوامل تأثیرگذار، می‌توان با طرح برنامه‌ها و پیشنهادهای مختلف، آمار تصادفات عابران پیاده را کاهش داد. در این پژوهش سعی شده است که علل تأثیرگذار بر روی وقوع احتمال برخورد بین خودرو و عابر، بر اساس مطالعات رفتار رانندگی طبیعی^۲ ۲۹ فرد شرکت‌کننده مورد بررسی قرار گرفته و با ارزیابی عوامل تأثیرگذار، الگوهای علیتی وقوع برخوردها تعیین شوند. با شناسایی الگوهای علیتی می‌توان با ارائه دستورالعمل‌ها و اجرای عملیات کنترل ترافیکی، احتمال وقوع برخوردها و در نتیجه آمار تصادفات عابران پیاده را کاهش داد. هدف از پژوهش حاضر، پاسخ دادن به دو سؤال زیر است:

(۱) عوامل بالقوه مؤثر در احتمال وقوع برخوردهای خودرو با عابران پیاده کدامند؟

(۲) آیا می‌توان الگوهایی علیتی برای این عوامل تعیین کرد؟

پیشینه پژوهش

مینهاس و همکارانش (۲۰۱۷) رفتارهای متقابل عابران پیاده و رانندگان وسایل نقلیه را در مکان‌های تقاطع شهری لاهور پاکستان مورد ارزیابی قرار دادند. با بهره‌گیری از فیلم‌برداری محیط تقاطع‌ها و تحلیل ۱۰۴۰ نمونه تقابل ثبت‌شده، رفتارها و مشخصه‌های عابران و رانندگان و همچنین نوع دسترسی‌ها بر احتمال وقوع تقابل‌ها مشخص شدند. بنا بر نتایج پژوهش، عابران پیاده رفتارهای ایمن‌تری را جهت عبور از خیابان در مناطق تجاری توسعه‌یافته نسبت به سایر نقاط از خود نشان دادند. همچنین رانندگان وسایل نقلیه در تقاطع‌های کنترل‌شده با چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، تمایل بیشتری در خصوص اجازه‌دادن به عبور عابران پیاده داشتند.

آل‌فرووا و همکارانش (۲۰۱۷) مکان‌های خطرناک و پرحادثه وقوع تصادفات عابران پیاده در روسیه را در راستای ارائه مدل ایمن عبور عابران پیاده مطالعه کردند. با بررسی عوامل مختلف نظیر سن و جنسیت عابران و رانندگان و همچنین فاصله وسایل نقلیه از محل برخورد احتمالی، مدل نرخ سرعت عابران و وسایل نقلیه به‌منظور کاهش احتمال وقوع تصادفات ارائه گردید. آنتیک و

1. World Health Organization

2. Naturalistic Driving Study

همکارانش (۲۰۱۶) نیز رفتارهای خطرآفرین عابران پیاده در کشور صربستان را از طریق پرسشنامه ارزیابی رفتار آن‌ها مطالعه کردند. تحلیل داده‌های پر شده در پرسشنامه‌ها از سوی عابران پیاده نشان داد که عابران معمولاً رفتارهای ایمن‌تری را در فواصل طولانی پیاده‌روی از خود بروز می‌دهند. ضمناً متغیرهای سن و جنسیت نیز از جمله مؤلفه‌هایی بودند که به بروز تفاوت‌های رفتاری عابران پیاده در زمان عبور از خیابان منجر می‌شدند.

هانتز و همکارانش (۲۰۱۵) به‌منظور تعیین مدل‌های عملکردی رانندگان در محل عبور عابران پیاده در آمریکا، تعداد ۹۷۵ رویداد ثبت‌شده بین عابر و خودرو را طی روزهای آمارگیری بررسی کردند. بررسی نتایج نشان داد که احتمال انجام عملکرد از سوی رانندگان با مشاهده عابران در پی تأثیر عواملی نظیر فاصله کم خودرو تا محل خط‌کشی‌شده، سرعت کم خودرو، وجود عابر پیاده در لبه پیاده‌رو، عملکرد در مسیر مخالف عبور توسط خودرو دیگر، گروه‌بودن عابران حین عبور از محل و مشاهده عابران دانش‌آموز افزایش می‌یابد. سوچا (۲۰۱۴) با تحلیل ۱۵۸۴ نمونه احتمال برخورد بین خودرو و عابر به‌وسیله رگرسیون لجستیک، عوامل مؤثر در بروز رفتار رانندگان و عابران حین مشاهده یکدیگر را مورد بررسی قرار داد. عواملی نظیر سرعت خودرو، سرفاصله زمانی و مکانی بین خودروها و همچنین چگالی ترافیک از جمله عوامل مهم اثرگذار بر روی رفتار عابران برای عبور از عرض خیابان بودند؛ از سوی دیگر، استفاده از تلفن همراه توسط راننده، فاصله کم خودرو تا عابران و همچنین چگالی ترافیک کم باعث کاهش عملکرد راننده در خصوص تسلیم‌شدن در برابر عابران جهت عبور آن‌ها می‌شد.

نوواکوفسکی (۲۰۱۳) با تحلیل ۴۴۴۴ مورد از تصادفات خودرو - عابر در کشور لهستان، بر مبنای متغیرهایی نظیر نوع وسیله، رفتار عابر پیش از حرکت در عرض خیابان، جنسیت عابر و راننده، مصرف الکل و مواد مخدر، گروه‌بودن یا تنها بودن عابران پیش از تصادف در حین عبور از عرض خیابان و مهارت رانندگان، عوامل تأثیرگذار در بروز تصادفات را به متغیرهای سرعت زیاد، عدم عملکرد به‌موقع راننده مثل ترمز زدن دیرهنگام، بی‌توجهی به رعایت حق تقدم عابر و ورود ناگهانی عابر به درون مسیر جهت عبور از عرض خیابان مربوط دانست.

حبیبوویچ^۱ و همکارانش (۲۰۱۳) به‌منظور بررسی عوامل اثرگذار بر روی وقوع احتمال برخوردهای بین خودرو و عابران پیاده از روش خطا و قابلیت اعتبار رانندگی استفاده کردند و با مطالعه رفتار ۴۵ راننده خودرو حین بروز ۹۵ احتمال برخورد خودرو - عابر، دو الگوی علیتی به‌وجود آمدن احتمال برخوردها را تعیین کردند. لانگبروک و همکارانش (۲۰۱۲) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، اطلاعات مربوط به عملکرد و رفتار رانندگان و عابران پیاده را در بررسی ۵۹۴ احتمال برخورد خودرو - عابر تحلیل کردند؛ نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن بود که عواملی نظیر سن، جنسیت، تعداد عابران پیاده حین عبور و نوع رفتار عابران (راه‌رفتن یا دویدن حین عبور) از عمده دلایل بروز این احتمال برخوردها بودند؛ برای مثال، رانندگان زن و افراد مسن عملکرد بیشتری را هنگام مشاهده عابر از خود نشان می‌دادند. در پژوهش‌های دیگر، آوازخوانی و گوش‌دادن به موسیقی (امر و انگین، ۲۰۱۲) و سن عابران پیاده (کالوو، ۲۰۱۲) به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه با عابران پیاده در حال گذر از عرض خیابان شناخته شدند.

1 Habibovic et al.

جدول ۱. خلاصه پیشینه پژوهش

ردیف	نام نویسنده	عنوان مطلب	سال	نتایج
۱	مینهایس و همکاران	رفتارهای متقابل عابران پیاده و رانندگان وسایل نقلیه	۲۰۱۷	رفتار ایمن تر عابران پیاده حین عبور در مناطق تجاری توسعه یافته نسبت به سایر نقاط
۲	آلفرووا و همکاران	ارائه مدل ایمن عبور عابران پیاده	۲۰۱۷	ارائه مدل نرخ سرعت عابران و وسایل نقلیه به منظور کاهش احتمال وقوع تصادفات
۳	آنتیک و همکاران	رفتارهای خطر آفرین عابران پیاده	۲۰۱۶	عابران معمولاً رفتارهای ایمن تری را در فواصل طولانی پیاده روی از خود بروز می دهند.
۴	هانتر و همکاران	مدل های عملکردی رانندگان در محل عبور عابران پیاده	۲۰۱۵	تأثیر عواملی نظیر فاصله خودرو، سرعت خودرو، وجود عابر پیاده در لبه پیاده رو، عملکرد در مسیر مخالف عبور توسط خودرو دیگر، گروه بودن عابران حین عبور از محل و مشاهده عابران دانش آموز بر روی عملکرد رانندگان
۵	سوچا	عوامل مؤثر در بروز رفتار رانندگان و عابران	۲۰۱۴	تأثیر عواملی نظیر سرعت خودرو، سرفاصله زمانی و مکانی بین خودروها و همچنین چگالی ترافیک تلفن همراه از سوی راننده، فاصله کم خودرو تا عابران
۶	نوواکوفسکی	عوامل اثرگذار بر روی وقوع احتمال برخورد های بین خودرو و عابران پیاده	۲۰۱۳	عوامل تأثیرگذار در بروز تصادفات را به متغیرهای سرعت زیاد، عدم عملکرد به موقع راننده مثل ترمز زدن دیر هنگام، بی توجهی به رعایت حق تقدم عابر و ورود ناگهانی عابر به درون مسیر جهت عبور از عرض خیابان مربوط دانست.
۷	حبیبوویچ و همکاران	احتمال برخوردهای بین خودرو و عابران پیاده	۲۰۱۳	تعیین دو الگوی علیتی به وجود آمدن احتمال برخوردها
۸	لانگبروک و همکاران	عملکرد و رفتار رانندگان و عابران پیاده	۲۰۱۲	عواملی نظیر سن، جنسیت، تعداد عابران پیاده حین عبور و نوع رفتار عابران (راه رفتن یا دویدن حین عبور) از عمده دلایل بروز این احتمال برخوردها بودند.
۹	امره و انگین	عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه با عابران پیاده در حال گذر از عرض خیابان	۲۰۱۲	تأثیر آواز خوانی و گوش دادن به موسیقی بر روی عملکرد آنها
۱۰	کاوالو	عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه با عابران پیاده در حال گذر از عرض خیابان	۲۰۱۲	تأثیر سن عابران پیاده

روش خطا و قابلیت اعتبار رانندگی

روش دریم با ایجاد ارتباط بین عوامل مختلف اثرگذار بر روی هم به شناسایی علل اصلی وقوع تصادفات و اندرکنش‌های ترافیکی منجر می‌شود. روش دریم به صورت نمودار درختی شامل اتصال‌های ازپیش‌تعریف‌شده‌ای است که بر اساس چگونگی ارتباط بین عوامل اثرگذار، دلیل وقوع یک حادثه را نشان می‌دهد. نمودارهای ازپیش‌تعریف‌شده دریم، امکان دسته‌بندی نمودارهای مختلف دلایل بروز تصادفات را میسر می‌سازد تا بر اساس آن‌ها، الگوهای رایج تصادفات و احتمال برخوردها شناسایی شوند (سندین، ۲۰۰۹). روش دریم شامل سه عنصر اصلی می‌باشد که عبارتند از مدل تصادفات، طرح طبقه‌بندی و روند تحلیل.

الف) مدل تصادفات: بر اساس این بخش، وقوع تصادفات به علت نقص در عملکرد از سوی سه عامل انسانی، فناوری و سازمان اجرایی صورت می‌پذیرد. عامل انسان به عملکرد راننده نظیر مشاهده، درک و برنامه‌ریزی وی در تصمیم‌گیری به هنگام رانندگی در محیط اختصاص می‌یابد که وجود هرگونه اشتباه یا تأخیر در تصمیم و عملکردش باعث به‌وجودآمدن تصادفات می‌شود. وقوع تصادفات به دلیل هرگونه نقص و نبود بازده مناسب مربوط به وسیله نقلیه (نظیر نقص فنی خودرو) و نیز مشکلات مسیر جریان ترافیک (محدودیت‌های دید راننده، نقص سیستم روشنایی مسیر و ...) به عامل فناوری مرتبط می‌شود. عامل سازمان اجرایی شامل کلیه نهادهای ذی‌ربط در خصوص ساخت و نگهداری مسیر، وضعیت تابلوها و سیستم‌های کنترل ترافیک، طراحی خودرو و همچنین محیط اطراف مسیر جریان ترافیک می‌باشد که در صورت عدم کارکرد مناسب، احتمال وقوع تصادفات را افزایش می‌دهد.

ب) طرح طبقه‌بندی: نمودارهای دریم از دو قسمت تشکیل می‌شوند که اصطلاحاً فنوتیپ^۱ و ژنوتیپ^۲ نامیده می‌شوند. فنوتیپ‌ها رویدادهای حیاتی هستند که به وسیله ابعاد زمان، مکان، سرعت و انرژی نشان داده می‌شوند و در نتیجه هرگونه عملکرد نامناسب راننده در سازگاری با جریان طبیعی ترافیک محیط قبل از بروز تصادفات به وجود می‌آیند؛ مثل سرعت زیاد خودرو که به علت عدم کنترل راننده در هماهنگی با جریان ترافیک محیط به وقوع تصادف منجر می‌شود. ژنوتیپ‌ها عوامل مختلفی هستند که به صورت سلسله‌وار به دلیل نقص از سوی سه عامل تعریف‌شده در قسمت قبل، باعث عملکرد نامناسب راننده به صورت یک نوع فنوتیپ شده و در نهایت موجب وقوع تصادفات می‌شوند. برای آشنایی بیشتر با روش دریم، در جدول شماره ۲، فنوتیپ‌ها و در جدول شماره ۳، ژنوتیپ‌های روش دریم به صورت خلاصه آورده شده است (توضیحات کلی در خصوص نحوه تقسیم‌بندی و تعریف ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های روش دریم به همراه مثال‌ها در کتاب راهنمای آموزشی دریم به صورت مفصل وجود دارد). همچنین در صورت وجود اطلاعات کافی در خصوص ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌ها می‌توان آن‌ها را در حالت خاص مورد مطالعه قرارداد (وارمر^۳ و همکاران، ۲۰۰۸).

فنوتیپ وقوع یک تصادف بر اساس روش دریم از طریق علت‌یابی سنجیدنی است؛ به عبارت دیگر نمودار دریم هر تصادف در نهایت به یکی از فنوتیپ‌های خاص روش متصل می‌شود. نبود زمان‌بندی دقیق انجام عملکرد، کنترل نامناسب سرعت خودرو،

1 Phontype

2 Genotype

3 Warner et al

رعایت نکردن فاصله ایمن، هدایت خودرو در مسیر اشتباه، عدم به کارگیری نیروی مناسب هنگام استفاده از سیستم‌های پدال خودرو و نبود مهارت کافی در رانندگی، از فنوتیپ‌هایی هستند که رانندگان با عملکرد نامناسب باعث به وجود آمدن تصادفات می‌شوند. همانند فنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌ها نیز شامل دو دسته کلی و خاص می‌باشند که ژنوتیپ‌های خاص، دلیل به وجود آمدن ژنوتیپ‌های کلی هستند و همچنین یک ژنوتیپ کلی می‌تواند دلیل هرگونه ژنوتیپ کلی دیگر باشد. با توجه به مطالب ذکر شده، یک نمودار دریم شامل یک فنوتیپ و چند ژنوتیپ است که به صورت سلسله‌وار به یکدیگر متصل می‌شوند و دلیل وقوع یک تصادف یا احتمال برخورد را نشان می‌دهند. با دسته‌بندی کردن نمودارهای متفاوت دریم می‌توان علل تأثیرگذار وقوع تصادفات و احتمال برخوردها را شناسایی کرده و بر اساس آن‌ها، الگوی مربوط به این حوادث را تعیین کرد. ژنوتیپ‌های روش دریم مطابق با کتاب راهنمای آموزشی این روش به سه عامل انسانی، عامل فناوری و عامل سازمان‌های اجرایی تقسیم می‌شود.

ج) روند کلی: نحوه اتصال بین فنوتیپ و ژنوتیپ‌ها به هنگام تحلیل علت بروز یک حادثه با توجه به چند اصل اساسی صورت می‌گیرد که اصطلاحاً قوانین توقف نامیده می‌شوند. در تحلیل یک تصادف یا احتمال برخورد، علل تأثیرگذار (ژنوتیپ) متعددی ممکن است باعث به وجود آمدن یک فنوتیپ شود که چگونگی ارتباط بین این عوامل با یکدیگر و ارتباط نهایی آن‌ها با فنوتیپ (مرحله پایان تحلیل) به وسیله اصول سه‌گانه قوانین توقف صورت می‌پذیرد که عبارتند از:

۱) اگر از چند ژنوتیپ خاص یک ژنوتیپ خاص، مهم‌ترین علت برای یک ژنوتیپ کلی باشد، فقط آن ژنوتیپ خاص انتخاب می‌شود و تحلیل پایان می‌پذیرد.

۲) اگر هیچ‌گونه ژنوتیپ کلی و خاصی به عنوان علت بروز یک فنوتیپ وجود نداشته باشد، عملیات تحلیل پایان می‌پذیرد.

۳) اگر هیچ‌گونه ژنوتیپی (کلی و خاص) برای نشان دادن علت عامل قبلی (چه ژنوتیپ و چه فنوتیپ) به آن عامل مربوط نباشد، عملیات تحلیل پایان می‌پذیرد.

به‌طور خلاصه، فنوتیپ‌های کلی عبارتند از زمان، سرعت، فاصله، جهت حرکت، نیرو و جسم در محیط که به صورت فنوتیپ‌های خاص نظیر نبود زمان بندی مناسب (زود هنگام / دیر هنگام)، سرعت نایمن (کم / زیاد)، مسافت کوتاه، جهت اشتباه، نیروی ناکافی و وجود جسم رخ می‌دهند. از سوی دیگر، ژنوتیپ‌های مربوط به عوامل انسانی، فناوری و سازمان‌های اجرایی به صورت نقص در عملکرد هریک از آن‌ها به وجود می‌آیند؛ برای مثال، ژنوتیپ کلی مشاهده و یا درک که مربوط به عامل انسانی است، اگر در شرایط حساس رانندگی به صورت عدم مشاهده به موقع و یا عدم قضاوت صحیح از وضعیت محیط (مثلاً سرفاصله زمانی) منجر شود، وقوع تصادف را در پی خواهد داشت. همچنین هرگونه نقص در شرایط استاندارد مسیر (ژنوتیپ کلی) نظیر محدودیت دید و یا عدم روشنایی مناسب (ژنوتیپ‌های خاص) به عامل فناوری مربوط می‌شوند. در خصوص نقش عامل سازمان‌های اجرایی می‌توان به طراحی نامناسب هندسی مسیر (ژنوتیپ کلی) اشاره کرد که ممکن است به اجرای نامناسب تقاطع‌ها و یا دوربرگردان‌ها (ژنوتیپ‌های خاص) بینجامد.

با توجه به اصول ذکر شده، عملیات تحلیل یک حادثه به صورت معکوس صورت می‌گیرد؛ به عبارت دیگر نمودار دریم از فنوتیپ مشاهده شده شروع شده و با به کارگیری اصول بالا ژنوتیپ‌های کلی و خاصی که علت بروز همدیگر و در نهایت فنوتیپ صورت گرفته هستند، به عامل‌های کوچک‌تر به وجود آورنده ختم می‌شوند. به منظور هماهنگی بین هدف نهایی پروژه با هدف روش دریم، انجام اصلاحاتی در خصوص ابزار تحلیل روش مذکور (با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده پروژه) باعث افزایش دقت نتایج در خصوص استفاده از روش می‌شود (حبیب‌وویچ و همکاران، ۲۰۱۴؛ وارمر و همکاران). در این پژوهش برای مطابقت اطلاعات استخراج شده از بررسی فیلم دوربین‌ها با عوامل تعریف شده در روش دریم، ژنوتیپ‌های خاص نظیر گوش دادن راننده به موسیقی، صحبت با

سرنشینان خودرو، عبور نامناسب عابران پیاده و عبور عابران پیاده بدون اجازه گرفتن تعریف شده است که به شناسایی بهتر ژنوتیپ‌های کلی نمودارهای روش مذکور منجر می‌گردد.

محل مورد بررسی

به منظور شناسایی علل تأثیرگذار بروز احتمال برخوردهای بین خودرو - عابران پیاده و همچنین تعیین الگوهای علّیتی وقوع احتمال برخوردها، مطالعات رانندگی طبیعی رفتار ۲۹ راننده وسیله نقلیه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، شرکت‌کنندگان مسیر پرتدد درون‌شهری شهر بابل واقع در استان مازندران به طول ۴ کیلومتر (میدان اوقاف تا میدان حمزه کلا و بالعکس) را در ساعات اوج جریان ترافیک رانندگی کردند.



تصویر ۱. مسیر مورد مطالعه به طول ۴ کیلومتر

جمع‌آوری داده‌های پژوهش

عملکرد رانندگان هنگام رانندگی توسط ۳ دوربین نصب‌شده درون وسیله نقلیه ثبت گردید. دوربین اول یک دوربین دوکاره با کیفیت بالا (۴۸۰*۶۴۰ پیکسل و ۲۵ فریم بر ثانیه) بود که در زیر آینه جلوی خودرو نصب شد و به‌طور هم‌زمان از محیط داخل اتاقک و محیط بیرون خودرو (مسیر پیش روی خودرو) فیلم‌برداری می‌کرد. دوربین دیگر، با کیفیت عالی (۴۸۰*۷۲۰ پیکسل و ۳۰ فریم بر ثانیه) در قسمت سرنشینان عقب خودرو به‌گونه‌ای نصب شده بود که امکان فیلم‌برداری از قسمت‌های مربوط به پدال خودرو را میسر می‌ساخت. در این پژوهش، ۲۸۹ نمونه احتمال برخورد خودرو - عابر به وقوع پیوست که در صورت عدم عملکرد به‌جا و مناسب از سوی راننده یا عابر پیاده، وقوع تصادف قابل‌انتظار بود.

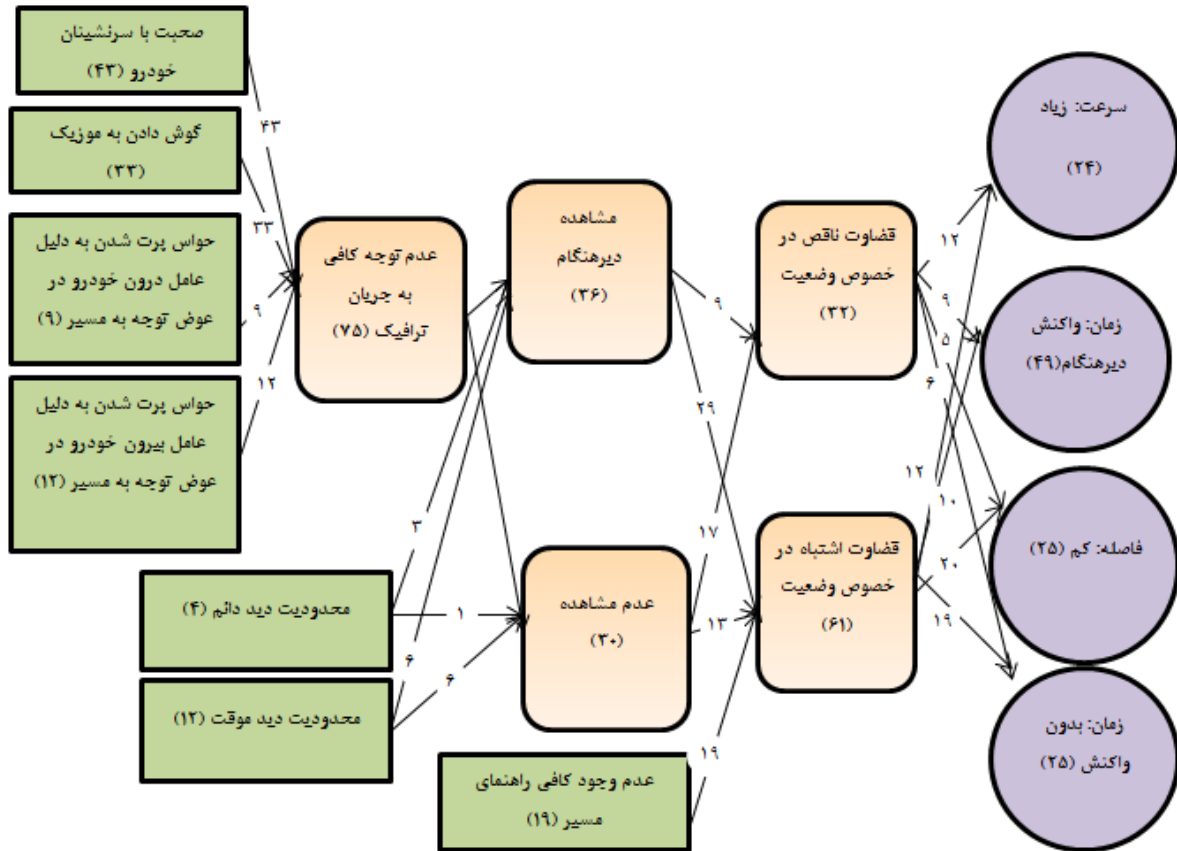
یافته‌های پژوهش

ساخت نمودارهای دریم

در تحلیل احتمال برخوردهای به‌وجودآمده بین عابران و وسایل نقلیه، احتمال برخورد چند عابر با خودرو که به‌صورت هم‌زمان با یکدیگر در حال عبور از عرض خیابان بودند، به‌عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد. از بین ۲۸۹ نمونه احتمال برخورد بین خودرو - عابر حین مطالعات رفتاری رانندگان، ۹۳ نمونه از احتمال برخوردها در محل‌های خط‌کشی‌شده و ۱۹۶ نمونه در محل‌های خط‌کشی‌نشده مسیر مورد مطالعه شناسایی شد که به‌منظور تعیین دقیق عوامل تأثیرگذار در بروز احتمال برخوردها و همچنین ارائه الگوی علیتی وقوع آن‌ها، احتمال برخوردهای به‌وجودآمده در دو گروه، در محل‌های خط‌کشی‌شده و در محل‌های خط‌کشی‌نشده مورد پژوهش و بررسی قرار گرفت.

نمودار دریم احتمال برخورد در محل‌های خط‌کشی‌شده

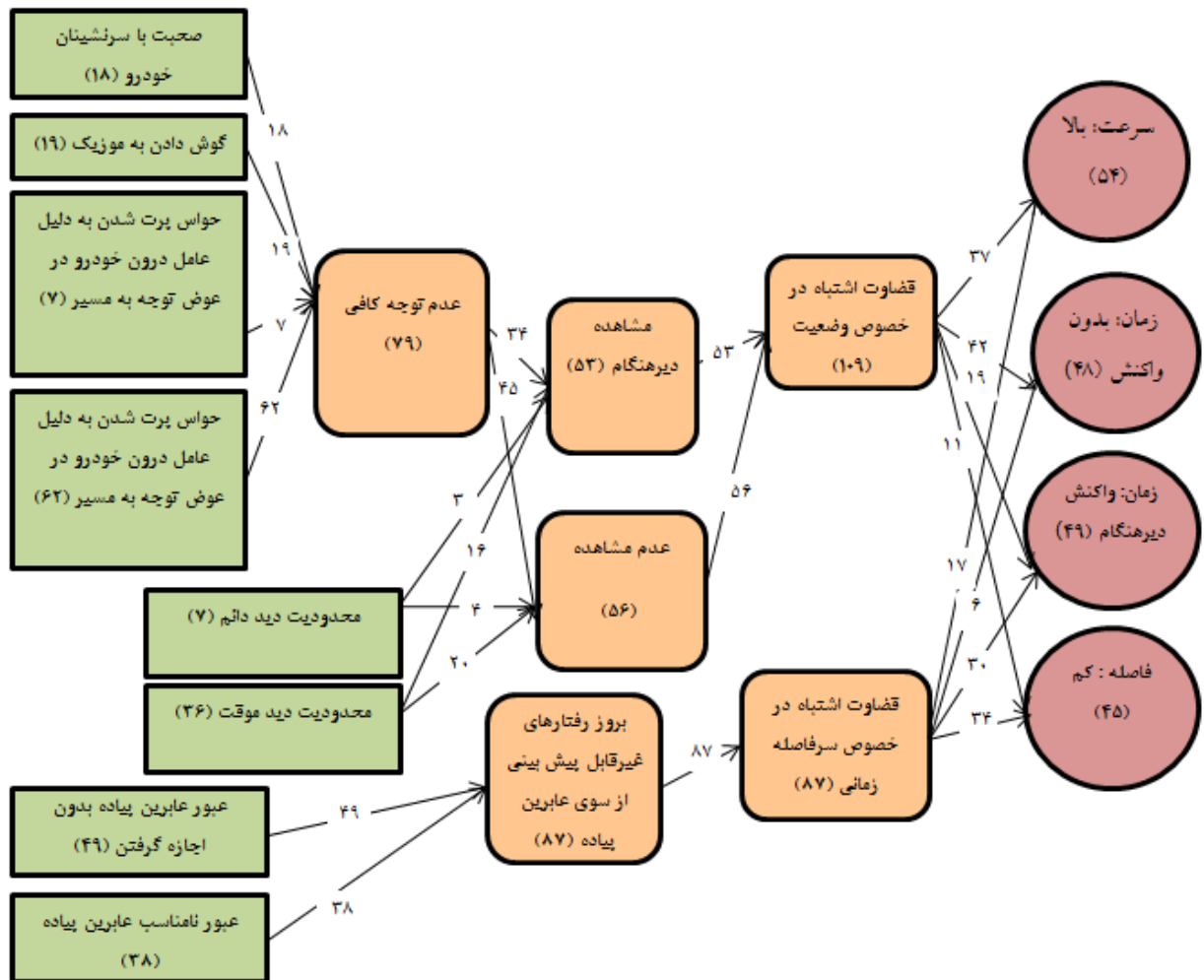
۹۳ نمونه احتمال برخورد به‌وجودآمده در محل‌های مختلف خط‌کشی‌شده در مسیر مطالعه به‌وسیله مشاهده فیلم دوربین‌های نصب‌شده درون خودرو شناسایی شد که با استفاده از کتاب راهنمای دریم و با توجه به رویه روش مذکور، ابتدا فنوتیپ‌های به‌وجودآورنده احتمال برخوردها و سپس فنوتیپ‌های کلی و خاصی که در حادث‌شدن فنوتیپ شناسایی‌شده به‌طور سلسه‌وار و درختی تأثیرگذار بودند، مشخص شدند. ۹۳ نمودار جداگانه برای تمام احتمال برخوردها ترسیم شد و پس از مشخص شدن آن‌ها، عوامل مؤثر نمودارها با یکدیگر ادغام شده و نمودارها دسته‌بندی شدند. در تصویر ۲، نمودار دریم نتایج کلی تحلیل علل احتمال برخوردهای به‌وجودآمده در محل‌های خط‌کشی‌شده با توجه به الگوی علیتی وقوع آن‌ها نشان داده شده است. توجه شود که عدد داخل پرانتز کنار هریک از فنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های الگوهای علیتی، تعداد دفعات تکرار آن‌ها به هنگام وقوع احتمال برخوردها را نشان می‌دهد.



تصویر ۲. الگوی علیتی ۱۹۳ احتمال برخورد عابر - خودرو در محل های خط کشی شده

نمودار دریم احتمال برخورد در محل های خط کشی نشده

نمودار دریم دسته بندی شده برای ۱۹۶ احتمال برخورد به وجود آمده در محل های فاقد خط کشی در تصویر ۳ آورده شده است.



تصویر ۳. الگوی علیتی ۱۹۶ احتمال برخورد عابر - خودرو در محل های خط کشی نشده

تفسیر نمودارهای روش خطا و قابلیت اعتبار رانندگی

با توجه به نمودار تصویر ۲، گفتگوی رانندگان با سرنشینان خودرو و همچنین گوش دادن رانندگان به موسیقی (ژنوتیپ های خاص)، از جمله عوامل تأثیرگذاری بودند که با منحرف کردن تمرکز رانندگان به هنگام رانندگی در مسیر باعث بی توجهی آن ها (ژنوتیپ کلی) می شود که این بی توجهی باعث می شود که رانندگان به دلیل مشاهده دیر هنگام و گاهاً عدم مشاهده (ژنوتیپ های کلی) حضور عابران در محل نتوانند قضاوت کاملی از وضعیت حاکم در محیط (ژنوتیپ کلی) داشته باشند و در نتیجه به دلیل سرعت زیاد خودرو و عکس العمل دیر هنگام (فنوتیپ های خاص) سبب به وقوع پیوستن احتمال برخورد با عابران پیاده گردند. نبود ادوات کنترلی و راهنمای مسیر (ژنوتیپ کلی) نظیر تابلوی هشدار دهنده محل عبور عابران پیاده (ژنوتیپ خاص) نیز باعث شد که رانندگان در تصمیم گیری و قضاوت مناسب دچار اشتباه شوند (ژنوتیپ کلی) و نتوانند در زمان مناسب با کاهش سرعت و رعایت فاصله ایمن تا محل عبور عابران (فنوتیپ های خاص) از وقوع احتمال برخوردها جلوگیری کنند.

با توجه به تصویر ۳ مشاهده می‌شود که در بسیاری از احتمال برخوردهای به‌وجودآمده، منحرف‌شدن نگاه رانندگان به محیط بیرون نظیر فروشگاه‌ها یا مواردی از این قبیل (ژنوتیپ خاص) باعث بی‌توجهی (ژنوتیپ کلی) آن‌ها شده و همین عامل به همراه محدودیت‌های دید موقت (ژنوتیپ خاص) نظیر پارک خودروهای دیگر و یا تابلوهای تبلیغاتی کنار مسیر باعث می‌شوند که رانندگان به دلیل مشاهده دیر هنگام و در مواردی عدم مشاهده (ژنوتیپ‌های کلی) دقیق محیط نتوانند به هنگام رویارویی با عابران پیاده قضاوت درستی (ژنوتیپ کلی) در خصوص محیط داشته باشند و در نتیجه نداشتن کاهش سرعت و عکس‌العمل مناسب و به‌موقع (ژنوتیپ‌های خاص) باعث به‌وجودآوردن احتمال برخورد با عابران پیاده گردد. از سوی دیگر، رفتارهای خطرآفرین عابران به هنگام عبور در محل‌های فاقد خط‌کشی نظیر دویدن‌های ناگهانی در عرض خیابان، عبور بدون گرفتن اجازه از رانندگان خودروهای نزدیک‌شونده به آن‌ها و همچنین عبور بدون توجه به جریان ترافیک مسیر قبل و هنگام عبور (ژنوتیپ‌های خاص)، از جمله رفتارهایی (ژنوتیپ کلی) هستند که رانندگان وسایل نقلیه قادر به پیش‌بینی آن‌ها نبوده (ژنوتیپ کلی) و این عوامل سبب می‌شوند که رانندگان نتوانند قضاوت صحیحی را در خصوص سرفاصله زمانی مناسب برای عبور ایمن عابران اتخاذ کنند (ژنوتیپ کلی) که در نهایت عکس‌العمل دیر هنگام و فاصله کم تا عابران باعث عدم عملکرد به‌موقع رانندگان می‌شود.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در محل‌های خط‌کشی‌شده عابران، عواملی نظیر گوش‌دادن رانندگان به موسیقی و صحبت کردن آن‌ها با سر نشینان خودرو به علت تأثیر منفی بر روی عملکرد مناسب آن‌ها سبب بروز احتمال برخوردها می‌شود که این نتیجه در راستای پژوهش‌های امره^۱ و انگین (۲۰۱۲) و سیپن^۲ (۲۰۱۳) قرار دارد. این نتیجه از آن جهت توجیه‌شدنی است که انجام این عوامل توسط رانندگان به حواس‌پرتی آن‌ها نسبت به وضعیت جریان مسیر منجر شده و خطر احتمال بروز احتمال برخورد و در نتیجه تصادفات خودرو و عابر را افزایش می‌دهند. تحلیل نمودارهای دریم احتمال برخوردها در محل‌های فاقد خط‌کشی نشان می‌دهد که عدم پیش‌بینی صحیح راننده از فاصله زمانی کافی تا عابر برای عبور ایمن به دلیل رفتارهای غیرمنتظره عابران نظیر دویدن در مسیر، اجازه‌نگرفتن از رانندگان پیش از عبور و بی‌توجهی به جریان ترافیک قبل و هنگام حرکت در عرض خیابان از جمله دلایل اصلی وقوع احتمال برخوردها بودند. در این پژوهش، عابران با کسب اجازه عبور به وسیله حرکات دست موجب می‌شوند که رانندگان عملکرد بیشتری از خود نشان دهند که این عامل همانند پژوهش وو^۳ و جیانگ لینگ (۲۰۱۴)، احتمال بروز احتمال برخورد را کاهش داد. در پژوهش حاضر، بی‌توجهی عابران به وضعیت جریان ترافیک به هنگام عبور از خیابان، احتمال وقوع احتمال برخورد را در پی داشت که این عامل در پژوهش لنارد^۴ و هیل (۲۰۰۴) به‌عنوان عامل مؤثر در وقوع احتمال برخوردهای خودرو - عابر معرفی شد. از دیگر نتایج پژوهش، تأثیر عامل بی‌توجهی راننده به مسیر بر روی افزایش احتمال وقوع احتمال برخوردها بود که این عامل مطابق با پژوهش نیل^۵ و همکاران (۲۰۱۱) از علل اصلی به‌وجودآورنده احتمال برخورد بین خودرو - عابر می‌باشد (تصویر ۴).

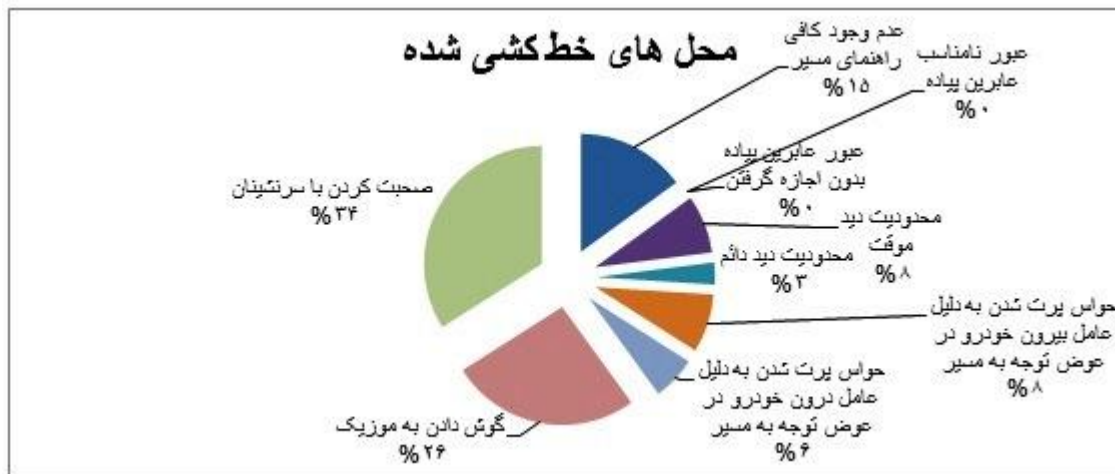
1 Emre and Engin

2 Seipone

3 Wu and Xiangling

4 Lenard and Hill

5 Neale et al



تصویر ۴. علل به وجود آورنده احتمال برخوردهای خودرو - عابر

نتیجه گیری و پیشنهادها

با شناسایی عوامل تأثیرگذار و تعیین الگوهای علیتی وقوع احتمال برخوردهای خودرو - عابر می توان با طرح برنامه ها و عملیات اجرایی مختلف در زمینه کاهش تلفات و جراحات عابران پیاده و در نهایت افزایش ایمنی آنها در تصادفات ترافیکی، اقداماتی انجام داد. با توجه به احتمال بروز خطا هنگام ثبت و برداشت داده های مربوط به پایگاه های اطلاعات تصادفات و همچنین نبود اطلاعات جامع در خصوص علل وقوع تصادفات، مطالعات رانندگی طبیعی (NDS) در سال های اخیر بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در مطالعات رانندگی طبیعی، امکان بررسی تمامی اطلاعات قبل و هنگام تصادفات و یا احتمال برخوردها توسط فیلم دوربین ها و حس گرهای نصب شده درون خودرو میسر می باشد. روش های متعددی به منظور تعیین الگوهای علیتی بروز تصادفات و احتمال برخوردهای ترافیکی توسط پژوهشگران در پژوهش های ایمنی ترافیک به کار گرفته می شود که روش دریم به دلیل سرعت پردازش بالا و دقیق اطلاعات، از جمله روش های پر کاربرد و مفید در این زمینه است. در پژوهش حاضر به وسیله مطالعات از طریق

فیلم برداری، رفتار ۲۹ راننده به هنگام وقوع ۲۸۹ مورد احتمال برخورد با عابران پیاده در مسیر درون شهری شهر بابل واقع در استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت. با بررسی فیلم دوربین ها و با به کارگیری روش دریم، دو الگوی علّیتی وقوع احتمال برخوردها در محل های خط کشی شده و محل های فاقد خط کشی عابران پیاده به همراه علل تأثیرگذار به وجود آورنده آنها مشخص گردید. در محل های خط کشی شده عواملی نظیر گوش دادن رانندگان به موسیقی، صحبت کردن رانندگان با سرنشینان خودرو و نبود تابلوهای هشداردهنده در خصوص محل های عبور عابران باعث به وجود آمدن احتمال برخوردهای خودرو - عابر در مسیر مورد مطالعه بود. در محل های فاقد خط کشی، رفتارهای غیرقابل پیش بینی عابران حین عبور و بی توجهی رانندگان به مسیر، احتمال وقوع برخوردها را افزایش می داد. دویدن ناگهانی، عبور از خیابان بدون اجازه گرفتن از راننده و عبور بدون توجه و نگاه به مسیر توسط عابران، از جمله رفتارهای غیرقابل انتظاری بود که باعث عدم عملکرد مناسب رانندگان می شد.

با توجه به نتایج پژوهش، نصب تابلوهای هشداردهنده درباره محل های خط کشی شده به منظور عبور عابران، نصب تابلو و سیستم های تبلیغاتی در خصوص خطرات صحبت کردن رانندگان با سرنشینان خودرو و همچنین توجه ناکافی رانندگان در زمان رانندگی و در نهایت احداث گذرگاه عبور عابران در محل های پرتردد فاقد خط کشی در مسیر مورد مطالعه، از جمله راهکارهایی هستند که می توانند باعث کاهش احتمال وقوع احتمال برخورد خودرو - عابر و تصادفات و در نتیجه افزایش ایمنی عبور عابران پیاده شوند.

- Antić, Boris; Pešić, Dalibor; Milutinović, Nenad; Maslač, Marko. (2016). Pedestrian behaviours: Validation of the Serbian version of the pedestrian behaviour scale. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Volume 41, Part A, August, Pages 170-178, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847816000243
- Cavallo, V; Dommessa, A; Vienne, F and Aillerie, I. (2012). Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 44, pp. 42– 47, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457510003891>
- Emre, O. and Engin, E. (2012). Driver Status Identification from Driving Behavior Signals. Digital signal processing for in-vehicle systems and safety, pp. 31-55, http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4419-9607-7_3#page-1
- Habibovic, A. Tivesten, E. Uchida, N. Bargman, J. Ljung Aust, M. (2013). Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM). *Accident Analysis and Prevention*, Vol.50, pp. 554– 565, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22749319>
- Hunter, E. Salamati, K. Elefteriadou, L. Sisiopiku, V. Roupail, N. Phillips, B. and Schroeder, B. (2015). Driver Yielding at Unsignalized Midblock Crossings. *Proceedings of the 94th Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C. www.ltrc.lsu.edu
- Alferova, Irina; Polyatsko, Vladimir; Gorodokin, Vladimir. (2017). Method of Hazard Occurrence Moment Definition in the Event of Pedestrian Knockdown Accident (Pedestrian Crossing the Road out of Walkway). *12th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in Large Cities "*, SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. *Transportation Research Procedia* 20; 14 – 20, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517300042>
- Minhas, Khurram Shahid; Batool, Zahara; Zia Malik, Bilal; Sanaullah, Irum; Tahir Ali Akbar. (2017). Pedestrian environment and behavior in Lahore. Pakistan, *Journal of Transport & Health*, Volume 7, Part B, December, Pages 181-189, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140517300932>
- Langbroek, J. Ceunynck, T. Daniels, S. Åse Svensson, Aliaksei Lareshyn, Tom B, Geert Wets. (2012). Analyzing interactions between pedestrians and motor vehicles at two-phase signalized intersections-an explorative study combining traffic behaviour and traffic conflict observations in a cross-national context. Lunds University. www.ictct.org
- Nowakowska, M. (2012). Random forests in the evaluation of threat for pedestrian accidents in towns", faculty of management and computer modeling. *Kielce University of Technology*, pp. 25-345, http://www.ictct.org/migrated_2014/ictct_document_nr_831_24th
- Warner, H, Sandin, J. (2010). The inter coder agreement when using the Driving Reliability and Error Analysis Method in road traffic accident investigations. *Accident Analysis and Prevention*, Vol 48, pp. 527–536, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092575351000007X>
- WHO. (2015). Global Status Report on Road Safety. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/
- Wu, C, Xiangling, Z. (2014). Pedestrian gestures increase driver yielding at uncontrolled mid-block road crossings. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 70, pp. 235–244. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457513005125>

**Analysis of potential factors affecting the risk of vehicle collision
with pedestrians in urban areas**

A.Sheykhfard¹, F.R.Haghighi²

Abstract

With the increasing tendency of walking by people in human societies, the issue of the safety of pedestrian crossings is more than ever to be considered. According to statistics from the country's forensic medicine, in recent years, one-fourth of road deaths are attributed to pedestrians. Therefore, the assessment of the probability of collision between vehicles and pedestrians in urban roads can be used to determine the collision models between them. Collision models as a set of causal relationships between variables indicate their role in generating this kind of collision.

In the present study, the probability of pedestrian -vehicles collisions through evaluating behaviors of them was assessed by filming in city streets of Babol. The cause and effect relationships the evaluated variables were formed by categorizing the alert graphs of each sample, and ultimately, the causal patterns of the probability of collisions were introduced in urban areas

Keywords: Safety, Accident, Driver Behavior, Pedestrians Behavior, Casual Pattern of Collision.

1. Ph.D. student in Road & Transportation, Babol Noshirvani University of Technology, A.Sheykhfard@stu.nit.ac.ir

2. Assistant Professor Department of Road and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Haghighi@nit.ac.ir