

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده با استفاده از مدل

رگرسیون لجستیک

عباس شیخ فرد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

فرشیدرضا حقیقی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

E-mail: haghghi@nit.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۴

چکیده

با توجه به میزان زیاد آسیب پذیری عابرین پیاده در تصادفات رانندگی، با شناسایی عوامل موثر در بروز اندرکنش بین خودرو - عابر و ارائه راهکارهای مناسب در راستای حذف و یا کاهش اثرات این عوامل، می‌توان تعداد و شدت این گونه از تصادفات را کاهش داد. در تحقیق حاضر، با بررسی فیلم دوربین های نصب شده درون یک خودرو، رفتار و عملکرد ۲۹ راننده به هنگام مواجهه با ۲۸۹ مورد عابر پیاده مورد تحلیل قرار گرفت. شرکت کنندگان محدوده میدان اوقاف تا حمزه کلا و بالعکس به طول ۸ کیلومتر، در شهر بابل واقع در استان مازندران را رانندگی کردند. سپس با تحلیل این ۲۸۹ اندرکنش بین خودرو و عابر، با استفاده از مدل های رگرسیون لجستیک دوگانه و چندگانه در نرم افزار SPSS، عوامل موثر بر روی عملکرد رانندگان شناسایی شد و میزان اثر هر یک از این عوامل بر روی نوع عملکرد رانندگان تعیین گردید. بنابر نتایج، از بین ۲۵ عامل مربوط به راننده، عابرین پیاده و ویژگی محیط مسیر که حین تحلیل اندرکنش ها، مورد مطالعه قرار گرفتند، عواملی نظیر سرعت خودرو، تعداد افراد عابر، توجه راننده به مسیر، محل دیده شدن عابرین توسط رانندگان هنگام نزدیک شدن خودرو، چگونگی عبور عابرین، عملکرد راننده جلوگیری و همچنین مدت زمان اخذ گواهینامه، از مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه شدن با عابرین پیاده بودند. همچنین، مدل پیش بینی احتمال انجام عملکرد از سوی رانندگان و مدل عملکردهای متفاوت آن ها بر اساس عوامل تاثیرگذار، با استفاده از مدل لجستیک دوگانه و لجستیک چندگانه ارائه شد.

واژه های کلیدی: تصادفات عابرین، رفتار رانندگان، واکنش رانندگان، رفتار عابرین

۱. مقدمه

(۱) پارامترهای اصلی احتمال ایجاد اندرکنش بین خودرو- عابر کدامند؟ تاثیر هریک از این عوامل بر احتمال وقوع اندرکنش چگونه است؟

(۲) آیا می‌توان مدلی از عملکرد و نوع آن از رانندگان بر اساس عوامل اثرگذار در وقوع اندرکنش های خودرو- عابر تعیین کرد؟

۲. مروری بر ادبیات موضوع

هاتر و همکاران (۲۰۱۵) جهت تعیین مدل های عملکردی رانندگان در محل عبور عابرین پیاده در امریکا، تعداد ۹۷۵ رویداد ثبت شده بین عابر و خودرو را طی روزهای آمارگیری بررسی کردند. بررسی نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد که احتمال انجام عملکرد از سوی رانندگان با مشاهده عابرین در پی تاثیر عواملی مانند فاصله کم خودرو تا محل خط کشی شده، سرعت کم خودرو، وجود عابر پیاده در لبه پیاده، عملکرد در مسیر مخالف عبور توسط خودروی دیگر، گروه بودن عابرین حین عبور از محل و مشاهده عابرین دانش آموز افزایش می‌یابد [Hunter et al. 2005] نوواکوفسکی (۲۰۱۳) به منظور ارزیابی تصادفات عابرین پیاده، با استفاده از رگرسیون لجستیک، 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، گروه یا تنها بودن عابرین پیش از تصادف در حین عبور از عرض خیابان و مهارت رانندگان؛ عوامل تاثیرگذار در بروز تصادفات را به متغیرهای سرعت زیاد، عدم عملکرد به موقع راننده مثل ترمز زدن دیر هنگام، عدم توجه به رعایت حق تقدم عابر و ورود ناگهانی عابر به درون مسیر جهت عبور از عرض خیابان مربوط دانست [Nowakowska, 2013]. سوچا (۲۰۱۴) با تحلیل ۱۵۸۴ نمونه اندرکنش بین خودرو و عابر به

در میان کاربران جاده ای، عابرین پیاده آسیب پذیرترین گروه محسوب می‌شوند، زیرا تصادف یک وسیله نقلیه با عابر پیاده تقریباً به طور اجتناب ناپذیری منجر به جرح و یا فوت عابر می‌گردد [Shinar, 2012]. در ایران، بر اساس آمار ۱۰ ساله گذشته سازمان پزشکی قانونی^۱ کشور (تا پایان سال ۹۳)، حدود ۲۳۵ هزار کشته در جاده های کشور به ثبت رسیده که ۲۳/۲ درصد از کشته شدگان مربوط به عابرین پیاده هستند. تصادفات خودرو- عابر پیاده متاثر از رفتارهایی است که عمدتاً به عابر و راننده وسیله نقلیه مربوط می‌شود، هرچند که نباید شرایط محیطی و ویژگی های خود مسیر را نادیده گرفت. بررسی پارامترهای رفتاری رانندگان و عابرین پیاده به هنگام مواجهه با یکدیگر، منجر به شناسایی مجموعه ای از عوامل موثر در بروز تصادفات می‌شود که از طریق ارزیابی این عوامل و با اتخاذ سیاست های جامع و ارائه راهکارهای مناسب، می‌توان شدت و میزان اندرکنش بین خودرو و عابرین پیاده و به تبع آن، این نوع از تصادفات را کاهش داد. بنابراین مطالعه در زمینه شناخت رفتار رانندگان و وسائل نقلیه و عابرین پیاده به منظور کاهش احتمال وقوع تصادفات، به عنوان انگیزه کافی برای انجام این تحقیق محسوب می‌گردد. به این منظور، عملکرد ۲۹ راننده وسیله نقلیه به هنگام مواجهه با عابرین پیاده، با استفاده از فیلم دوربین های نصب شده درون خودرو مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس عوامل مربوط به راننده، عابر پیاده و شرایط محیطی، مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر روی عملکرد راننده و در نتیجه کاهش اندرکنش بین خودرو و عابرین پیاده شناسایی شدند.

بنابراین هدف از انجام پژوهش، پاسخ به دو پرسش زیر است:

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

عابرین، نظیر عبور از محل خط کشی نشده و عبور بدون توجه به حضور خودرو در مسیرهای دور از تقاطع را، با روش تحلیل خطا و قابلیت اطمینان رانندگی^۲ (Dream)، به عنوان عوامل اصلی بروز اندرکنش خودرو- عابر تعریف کردند [Habibovic et al. 2014]. لانگبروک و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، اطلاعات مربوط به عملکرد و رفتار رانندگان و عابرین پیاده را در بررسی ۵۹۴ اندرکنش خودرو- عابر مورد تحلیل قرار دادند که نتایج پژوهش حاکی از آن بود که عوامل نظیر سن، جنسیت، تعداد عابرین پیاده حین عبور و نوع رفتار عابرین (راه رفتن یا دویدن حین عبور) از عمده دلایل بروز این اندرکنش ها بودند، برای مثال رانندگان زن و افراد مسن عملکرد بیشتری را هنگام مشاهده عابر از خود نشان می دادند [Langbroek et al. 2012]. در پژوهش های دیگر، آوازخوانی و گوش دادن به موزیک [Emre and Engin, 2012] و سن عابرین پیاده [Cavalo et al. 2012] به عنوان عوامل تاثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده در حال گذر از عرض خیابان شناخته شد.

در پژوهش حاضر، بر اساس مطالعات صورت گرفته در زمینه پژوهشهای محققان، تاثیر احتمالی سه عامل کلی در به وجود آوردن اندرکنش بین خودرو و عابرین پیاده مورد ارزیابی قرارخواهد گرفت. رانندگان، عابرین و ویژگی مسیر مورد مطالعه عوامل کلی مورد بررسی در این پژوهش هستند که عبارتند از: الف) عوامل مربوط به راننده: سرعت خودرو، گوش دادن به موزیک، صحبت کردن با سرنشینان، توجه به مسیر، عجله و شتاب زده بودن، مدت زمان اخذ گواهینامه، تحصیلات، جنسیت، عملکرد از سوی راننده مسیر مخالف، عملکرد از سوی راننده ی جلویی، پیشرو بودن خودرو در مسیر حرکت خود، فاصله خودرو تا عابر، گروه بودن خودروها؛ ب) عوامل مربوط به عابرین پیاده: سن، جنسیت، محل عبور، کنترل محیط حین عبور، وضعیت رفتاری

وسيله رگرسیون لجستیک، عوامل موثر در بروز رفتار رانندگان و عابرین حین مشاهده ی یکدیگر مورد بررسی قرار داد. عواملی مانند سرعت خودرو، سرفاصله زمانی و مکانی بین خودرو ها و همچنین چگالی ترافیک از جمله عوامل مهم اثرگذار بر روی رفتار عابرین برای عبور از عرض خیابان بودند، از سوی دیگر استفاده راننده از تلفن همراه، فاصله کم خودرو تا عابرین و همچنین چگالی ترافیک کم، باعث کاهش عملکرد راننده در خصوص واکنش نشان دادن در برابر عابرین جهت عبور آن ها می شد [Sucha, 2014]. پژوهش سلامتی و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ۱۱۵۰ اندرکنش بین خودرو و عابر پیاده جهت پیش بینی عملکرد رانندگان در محل های عبور خط کشی شده نزدیک میدان های دو خطه به کمک مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که سرعت خودرو، محل عبور خط کشیها (نزدیک به ورودی یا خروجی میدان) و همچنین وضعیت جسمانی عابرین (همراه داشتن یا نداشتن عصا) بر روی تصمیم گیری راننده تاثیرگذار هستند [Salamaty et al. 2014]. سپین (۲۰۱۴) طی تحقیقی، رفتارهای پرت کننده آحواس رانندگان و عابرین پیاده را در زمانهای اندرکنش با یکدیگر را مورد بررسی قرار داد که نتایج مطالعه گزارشهای آماری بر اساس مدل احتمال ریاضی، نشانگر عدم عملکرد اکثر رانندگان (۸۰/۴٪) در برابر عابرین پیاده ی در حال گذر بودند. صحبت کردن با تلفن همراه و پیامک زدن، صحبت با مسافری داخل خودرو از مهم ترین رفتارهای پریشان کننده ای بود که در عدم عملکرد از سوی رانندگان نقش قابل توجهی داشتند؛ همچنین صحبت کردن با عابرین دیگر، خوردن نوشیدنی یا هرنوع مواد غذایی، استفاده از تلفن همراه، از دلایلی بود که در حواس پرتی عابرین پیاده و در نتیجه بروز رویدادهای خودرو - عابر نقش اساسی را ایفا می کردند [Seipone, 2013]. در پژوهشی دیگر، حبیبویچ و همکاران (۲۰۱۴) حواس پرت بودن راننده و موانع دید در تقاطعات و حرکات پیش بینی نشده

عباس شیخ فرد، فرشیدرضا حقیقی

عملکرد راننده (X_k) و ضریب تاثیر متغیر مستقل (β_k) است و بر همین اساس، احتمال انجام عملکرد راننده با $Y=1$ و عدم انجام آن با $Y=0$ در نظر گرفته شد.

ب) رگرسیون لجستیک چندگانه^۶

اگر متغیر وابسته بیشتر از دو حالت باشد، می‌توان از رگرسیون لجستیک چندگانه بهره گرفت. در این تحقیق، پس از تعیین اثرگذاری تعدادی از متغیرهای مستقل بر روی انجام عملکرد از سوی راننده به کمک تابع رگرسیون لجستیک دوتائی، سعی شد که میزان تاثیر و نقش متغیرهای شناسایی شده در بخش قبل را بر نوع عملکرد و تصمیم راننده مورد ارزیابی قرار دهیم. رانندگان با عملکردی مانند توقف کامل خودرو، کاهش میزان سرعت یا تغییر خط^۷ مسیر خودرو، در برابر عبور عابرین پیاده از عرض خیابان واکنش نشان شدند. فرم کلی تابع لجستیک چندگانه به صورت رابطه ی (۳) است:

$$\Pr(Y = i | x) = \frac{e^{h_i(x)}}{1 + \sum_{i=1}^n e^{h_i(x)}} \quad (3)$$

که در آن، $h_i(x)$ تابعی از پارامترهای مستقل و $\Pr(Y = i | x)$ احتمال رخ دادن حالت مورد نظر است.

در ساده ترین حالت، با در نظر گرفتن یکی از سه نوع عملکرد راننده (فرضا انتخاب توقف کامل، $Y=0$) به عنوان مبنا، می‌توان محاسبات را بر اساس روابط (۴) تا (۶) ارائه نمود.

$$P(Y=0) + P(Y=1) + P(Y=2) = 1$$

$$P(Y=0) + P(Y=1) \neq 1 \quad (5)$$

$$P(Y=0) + P(Y=2) \neq 1 \quad (6)$$

که $P(Y=0)$ احتمال توقف خودرو توسط راننده، $P(Y=1)$ احتمال کاهش سرعت خودرو توسط راننده و $P(Y=2)$ احتمال

پیش از عبور، محل دیده شدن عابر توسط راننده، اجازه عبور خواستن، عامل عامل حواس پرتی عابرین حین عبور، نحوه ی عبور عابر، سرعت عبور، تعداد افراد عابر؛ (ج) عامل مربوط به ویژگی مسیر: محدودیت دید.

۳. روش تحقیق

یکی از اهداف اولیه تحلیل رگرسیون، پیش بینی مقدار پاسخ به ازای یک مقدار داده شده برای متغیرهای مستقل است که این متغیر پاسخ همان هدف اصلی پژوهش های مبتنی بر رگرسیون است [John, Whitaker and Johnson, 2001]. رگرسیون لجستیک نیز حالت خاصی از رگرسیون است که در مواردی با متغیر پاسخ دو یا چند گزینه ای، یعنی وجود فقط دو یا چند حالت متفاوت برای متغیر پاسخ به کار می‌رود [Komarek and Moore, 2003].

الف) رگرسیون لجستیک دوگانه^۸

مدل رگرسیون دوگانه برای متغیرهای وابسته دوسوئی است که متغیر وابسته (هدف) تنها شامل دو حالت است. در تحقیق حاضر، متغیر وابسته (هدف) با دو حالت عملکرد (واکنش) و عدم عملکرد (واکنش) راننده ی وسیله نقلیه از لحاظ عملکرد، به هنگام مواجهه با عابرین پیاده در حال گذر از عرض خیابان در نظر گرفته شد. این مدل به صورت روابط (۱) و (۲):

$$\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \dots + \beta_k x_{k,i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

$$\Pr(Y_i = 1 | x) = \frac{e^{\text{logit}(p)}}{1 + e^{\text{logit}(p)}} \quad (2)$$

که در آن، احتمال انجام عملکرد (واکنش) راننده با مشاهده ی عابر در i مین رخداد (Y_i)، متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر روی

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

که در آن O_j مقدار مشاهده شده، e_j مقدار پیش بینی شده، n_j مشاهدات، π_j ریسک پیش بینی شده، برای j مین دهک و J تعداد گروه می باشد. بصورت خلاصه، سطح معناداری بیشتر از ۵ درصد آزمون هاسمر- لمشو ($\text{sig} > 0.05$) نشان دهنده مناسب بودن سازگاری داده ها با مدل ساخته شده (مناسب بودن برازش مدل) است.

آزمون امنیوس از جمله آماره‌هایی است که به منظور بررسی میزان تاثیر متغیرهای مستقل بر متغیر هدف تحلیل کاربرد دارد. پس از مدل سازی که متغیرهای اثرگذار در به وجود آوردن متغیر هدف شناسایی می‌شوند، میزان ضرایب تمامی متغیرها تعیین می‌شوند. نقش هر یک از این ضرایب تعیین میزان اثر متغیر بر روی احتمال وقوع متغیر هدف است. به عبارت دیگر میزان تاثیر و همچنین نوع رابطه‌ی یک متغیر مستقل با متغیر هدف تابع، به وسیله ضریب آن متغیر مشخص می‌شود. در مراحل اولیه ساخت مدل، برخی از متغیرهای مستقل به دلیل اثرگذاری کم بر روی احتمال وقوع متغیر هدف حذف می‌شوند. پس از مدل سازی مجدد با متغیرهای اثرگذار، مدل نهایی تابع ساخته می‌شود. پس از تعیین مدل نهایی، میزان نقش متغیرهای تاثیرگذار مستقل بر روی احتمال وقوع تابع هدف از طریق آماره‌ی امنیوس قابل ارزیابی می باشد. به بیان روشن‌تر، میزان معناداری (sig) آزمون امنیوس میزان نقش ضرایب متغیرهای مستقل را بر روی متغیر هدف بررسی می کند که در واقع به معنی ارزیابی برازش کلی ضرایب متغیرهای مدل است. بنابراین اگر میزان معناداری آزمون امنیوس برای مدلی کوچکتر از ۵ صدم درصد باشد ($\text{sig} < 0.05$)، می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب متغیرهای مدل به درستی تعیین شده‌اند و برازش کلی ضرایب مقداری قابل قبول است.

تغییر خط مسیر خودرو توسط راننده جهت فرصت عبور دادن به عابرین پیاده در حال گذر از عرض خیابان بود. بنابراین احتمال هریک از سه نوع عملکرد به صورت روابط (۷) تا (۹) است (با فرض انتخاب توقف کامل از سوی راننده به عنوان مبنا):

$$\Pr(Y = 0 | x) = \frac{1}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad (7)$$

$$\Pr(Y = 1 | x) = \frac{e^{[h_1(x)]}}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad (8)$$

$$\Pr(Y = 2 | x) = \frac{e^{[h_2(x)]}}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad (9)$$

ج) آماره های ارزیابی مدل های ساخته شده

الف) یکی از آزمون‌هایی که برای خوبی برازش مدل‌های انتخاب باینری استفاده می‌شود، آزمون هاسمر لمشو است. در این آزمون معناداری کلی ضرایب رگرسیون از طریق مقایسه مقدار پیش‌بینی شده و واقعی متغیر وابسته در گروه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر اختلاف بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده متغیر وابسته زیاد باشد، نشانگر برازش ضعیف مدل است. در این آزمون مشاهدات به ۱۰ گروه تقسیم بندی می‌شوند، سپس مقادیر مشاهده شده در هر گروه با مقادیر پیش بینی شده توسط رگرسیون لجستیک مقایسه می‌شود. گروه ها بر اساس احتمال برآوردشان تقسیم بندی می‌شوند. اگر پاسخ بصورت موفقیت و شکست باشد به دو دسته تقسیم می‌شود. فراوانی مورد انتظار برای هریک از سلول ها بر اساس مدل بدست می آید. اگر مدل مناسب باشد آنگاه اکثر افراد با متغیر پاسخ موفقیت در دهک ریسک بالا و آن‌هایی که متغیر آن‌هایی که متغیر اصلی شان شکست است در دهک ریسک پایین دسته بندی می‌شوند. آماره آزمون هاسمر به صورت رابطه (۱۰) است.

$$H = \sum_{j=1}^{10} \frac{(o_j - e_j)^2}{n_j \pi_j (1 - \pi_j)} \quad (10)$$

۴. جمع آوری داده های تحقیق

الف) محل مورد بررسی

مسیر میدان اوقاف تا میدان حمزه کلا به طول ۲ کیلومتر در شهرستان بابل، با سرعت مجاز حداکثر ۳۰ کیلومتر بر ساعت و مشخصات هندسی دوطرفه با دو خط عبور در هر طرف، به دلیل وجود مدارس، دانشگاه و مراکز خرید متعدد که مسیری پرتردد برای عبور عابرین است، جهت مطالعه انتخاب شد. شکل (۱)، مسیر انتخاب شده در نرم افزار Google Earth را نشان می‌دهد.

ب) شبیه سازی رفتار رانندگان

برای انجام تحقیق از ۲۹ نفر راننده (۲۲ مرد و ۷ زن با محدوده سنی ۱۸- ۴۵ سال)، خواسته شد که از میدان اوقاف تا

میدان حمزه کلا و بالعکس اقدام به رانندگی کنند. رفتار و عملکرد شرکت کنندگان به هنگام رانندگی به وسیله ی سه دوربین نصب شده درون خودرو ثبت گردید. دوربین اول یک دوربین دوکاره با کیفیت بالا (۶۴۰*۴۸۰ پیکسل و ۲۵ فریم بر ثانیه) بود که در زیر آینه جلوی خودرو نصب شد و به طور همزمان از محیط داخل کابین و محیط بیرون خودرو (مسیر پیش روی خودرو) فیلم برداری می کرد. دوربین دیگر، با کیفیت عالی (۷۲۰*۴۸۰ پیکسل و ۳۰ فریم بر ثانیه)، در قسمت سرنشینان عقب خودرو به گونه ای نصب شده بود که امکان فیلم برداری از قسمت های مربوط به پدال خودرو را میسر می ساخت. با بررسی فیلم دوربین ها طی رانندگی شرکت کنندگان، ۲۸۹ اندرکنش بین خودرو و عابرین در حال گذر مشاهده گردید.



شکل ۱. مسیر انتخاب شده جهت مطالعه

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....



شکل ۲. نمایی از درون و بیرون وسیله نقلیه از نگاه دوربین های اول و دوم



شکل ۳. نمای درون وسیله نقلیه از نگاه دوربین سوم

گیری راننده، به هنگام مشاهده عابرین پیاده تاثیر بگذارد، مطابق جدول شماره (۱) تهیه شد. لازم به ذکر است که عبور عابرین از عرض خیابان بصورت گروهی در یک زمان نیز همانند عبور عابرین از عرض خیابان بصورت انفرادی، یک نمونه در نظر گرفته شد.

۵. ساخت مدل

الف) متغیرهای مورد بررسی

در این مطالعه براساس تحقیقات پیشین، مجموعه ای از متغیرهایی که انتظار می رود بر روی عملکرد و رفتار راننده و نیز نوع تصمیم

عباس شیخ فرد، فرشیدرضا حقیقی

جدول ۱. فهرست متغیرها

نشانه کد	متغیر	نوع متغیر	واحد یا کد متغیر	توصیف
SPD	سرعت خودرو		کیلومتر بر ساعت	سرعت نزدیک شدن خودرو به عابر
DISTANCE	فاصله خودرو تا عابر		متر	
MUP	تعداد افراد عابر	پیوسته	تعداد	تعداد عابرین حین عبور
LICENCE	مدت زمان اخذ گواهینامه		سال	
P.SPD	سرعت عابر		متر بر ثانیه	سرعت عبور کردن از عرض خیابان
P.C.L	محل عبور عابر		خط کشی شده: ۱، خط کشی نشده: ۰؛ خط کشی نشده: ۰	
P.BEH	وضعیت رفتاری عابر پیش از عبور		عبور با کنترل وضعیت: ۱ عبور با بی دقتی: ۰	توجه کردن یا نکردن به وضعیت چریان ترافیک
P.AGE	سن عابر		زیر ۳۰ سال: ۱، ۳۰-۶۰ سال: ۲ بالای ۶۰ سال: ۳	بر مبنای قضاوت بر اساس ظاهر
H.CROSS	نحوه ی عبور عابر		دویدن: ۰، راه رفتن: ۱	
D.GENDER	جنسیت راننده		مرد: ۱، زن: ۰	
P.GENDER	جنسیت عابر			
P.SEEN	محل دیده شدن عابر توسط راننده		در میانه ی مسیر: ۰، در لبه پیاده رو: ۱	لحظه ی نزدیک شدن خودرو
P.POST	وضعیت رفتاری عابر حین عبور		در حال حرکت: ۱، منتظر: ۰	وضعیت پیش از عبور از عرض
P.SECWORK	عامل حواس پرتی عابرین حین عبور		تلفن همراه: ۰، صحبت با دیگران: ۱ بدون عامل: ۲	
MUSIC	موزیک			گوش دادن راننده به موزیک
D.CONSERV	صحبت کردن راننده با سرنشینان	گسسته		
D.ATT	توجه راننده			توجه به جریان ترافیک مسیر
LV	محدودیت دید راننده			موانع دیدن عابر نظیر: ساختمان
HURRY	عجله و شتاب زده بودن راننده			سرعت بیشتر از محدوده مجاز
PLT	پیشرو بودن خودرو در مسیر حرکت		بلی: ۱ خیر: ۰	تنها بودن خودرو در مسیر حرکت خود
ALLOW	اجازه عبور خواستن			درخواست اجازه عبور توسط عابر
MUV	گروه بودن خودروها			
ADY	انجام عملکرد از سوی راننده مسیر مخالف			اندرکنش با عابر مورد نظر
PREV	انجام عملکرد از سوی راننده جلویی			اندرکنش با عابر مورد نظر
EDUCATION	تحصیلات راننده		دیپلم و زیردیپلم: ۰؛ فوق دیپلم و لیسانس: ۱؛ فوق لیسانس و دکتری: ۲	

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

لمشو^۲ و آزمون امپینوس^۳ در راستای کنترل مناسب بودن برازش مدل و ضرایب آن استفاده گردید.

۶. نتایج ساخت مدل

الف) مدل رگرسیون لجستیک دوگانه

در مدل اولیه رگرسیون، با استفاده از نرم افزار SPSS، همه متغیرها مورد بررسی قرار گرفتند، سپس متغیرهایی که تاثیر ناچیزی بر روی متغیر وابسته (عملکرد راننده) داشتند ($\text{sig} > 0.05$)، از مدل کنار گذاشته شدند. در گام بعدی، متغیرهای باقیمانده از مرحله ی قبل (متغیرها با تاثیر زیاد) مجدداً مورد تحلیل قرار گرفتند و با توجه به نتایج خروجی نرم افزار، مدل نهایی تعیین گردید. نتایج حاصل از تحلیل اندرکنش های بین خودرو و عابر، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک دوتائی، نشان داد که از بین متغیرهای در نظر گرفته شده، با توجه به سطح معناداری کوچکتر از ۵ درصد، عواملی نظیر سرعت خودرو، تعداد افراد عابر، وضعیت رفتاری عابر پیش از عبور، توجه راننده به مسیر، درخواست اجازه عبور توسط عابرین، محل دیده شدن عابر توسط راننده، چگونگی عبور عابرین، عملکرد راننده خودروی جلویی، جنسیت راننده و همچنین مدت زمان اخذ گواهینامه، بر روی عملکرد از سوی رانندگان، به هنگام مواجهه شدن با عابرین پیاده، تاثیرگذارند. نتایج حاصل از آزمون پیرسون برای بررسی اثر مشترک متغیرهای پیوسته بر روی یکدیگر و آزمون مجذور کای برای متغیرهای گسسته، نشان داد که متغیرهای مستقل اثر مشترکی بر روی همدیگر ندارند و مدل نهایی فاقد اثر مشترک بین آن است. مشخصات مدل در جداول ۲ تا ۴، آورده شده است:

در خصوص مدل سازی برخی از متغیرها در نرم افزار SPSS (به عنوان مثال متغیر حواس پرتی عابرین حین عبور) که حالات مختلفی داشتند و بررسی رابطه هرکدام از آنها با متغیر هدف مورد نیاز بود، از متغیرهای دامی در روند انجام پژوهش استفاده شد. همچنین، متغیر فاصله خودرو تا عابر بر اساس ضرب میزان سرعت خودرو (نشان داده شده توسط دوربین نصب شده درون خودرو، شکل ۲) در مقدار زمان رسیدن خودرو به عابر بدست آمد. متغیر سرعت عابرین نیز بر اساس تقسیم میزان پهنای عرض خیابان بر زمان عبور شدن عابرین محاسبه گردید. تمامی متغیرهای برداشت شدن از فیلم سه دوربین نصب شده درون خودرو، با مشاهده مکرر و فریم به فریم آنها صورت گرفت.

ب) مدل سازی

مدل سازی به منظور تعیین عوامل تاثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان وسائل نقلیه به هنگام مواجهه شدن با عابرین پیاده در حال گذر از عرض خیابان است. به منظور تعیین عوامل تاثیرگذار بر روی عملکرد راننده و تهیه مدل پیش بینی احتمال عملکرد راننده بر اساس آنها، مدل های رگرسیون لجستیک دوگانه و چندگانه در نرم افزار SPSS^۸ (نسخه ۲۰) بکار گرفته شد. برخی از متغیرهای مورد بررسی به دلیل اثر کم ضریب اهمیت و سطح معناداری^۹ پایین بر روی متغیر هدف مدل ($\text{sig} > 0.05$)، از مدل حذف شدند. در گام بعدی، مدل سازی با متغیرهای باقیمانده مجدداً انجام شد، مدل با بهترین برازش تعیین گردید و ضرایب متغیرهای مستقل و مقدار ثابت آنها محاسبه شدند. جهت جلوگیری از اثر مشترک دو متغیر (بررسی همبستگی بین متغیرها) بر روی متغیر هدف و در نتیجه مدل نهایی از آزمون همبستگی پیرسون^{۱۰} برای متغیرهای پیوسته و آزمون مجذور کای^{۱۱} برای متغیرهای گسسته، همچنین از آزمون هاسمر-

عباس شیخ فرد، فرشیدرضا حقیقی

جدول ۲. برآورد ضرایب مدل لوجیت

مدل نهایی		مدل مرحله اول		متغیر	نشانه متغیر
سطح معادله	ضریب B	سطح معادله	ضریب B		
۰/۰۱	-۰/۰۵۴	۰/۰۰۹	-۰/۱۰۴	سرعت خودرو	SPD
-	-	۰/۲۸۲	۰/۰۲۲	فاصله خودرو تا عابر	DISTANCE
۰/۰۰	۰/۶۹۸	۰/۰۱۸	۰/۶۹۶	تعداد افراد عابر	MUP
۰/۰۰	-۰/۲۱۹	۰/۰۰	-۰/۲۹۸	مدت زمان اخذ گواهینامه	LICENCE
-	-	۰/۶۲۷	۰/۲۶۹	سرعت عابر	P.SPД
-	-	۰/۲۵	۰/۴۶۴	محل عبور عابر	P.C.L
۰/۰۱۹	-۰/۹۹۳	۰/۰۴۷	-۰/۹۴۱	وضعیت رفتاری عابر پیش از عبور	P.BEH
-	-	۰/۱۸۱	-۰/۳۹۷	سن عابر	P.AGE
۰/۰۰	-۱,۳۵۵	۰/۰۰۷	-۱,۵۳	نحوه ی عبور عابر	H.CROSS
۰/۰۱۷	۱/۰۹۳	۰/۰۳۹	۰/۸۷۸	جنسیت راننده	D.GENDER
-	-	۰/۴۸	-۰/۲۸۶	جنسیت عابر	P.GENDER
۰/۰۰	-۱/۹۶۶	۰/۰۰	-۲/۰۱	محل دیده شدن عابر توسط راننده	P.SEEN
-	-	۰/۶۱۹	۰/۳۷	وضعیت رفتاری عابر حین عبور	P.POST
-	-	۰/۵۹۹	-۰/۱۷۵	عامل حواس پرتی عابری حین عبور	P.SECWORK
-	-	۰/۲۸۷	۲/۴۲	موزیک	MUSIC
-	-	۰/۳۶۶	۰/۴۰۶	صحبت کردن راننده با سرنشینان	D.CONSERV
۰/۰۱	۱/۱۵	۰/۰۴۵	۱/۰۷۸	توجه راننده	D.ATT
-	-	۰/۲۹۷	-۰/۵۴۵	محدودیت دید راننده	LV
-	-	۰/۲۳	۰/۸۴	عجله و شتاب زده بودن راننده	HURRY
-	-	۰/۵۳۲	۰/۵۳۸	پیشرو بودن خودرو در مسیر حرکت خود	PLT
۰/۰۴۵	۰/۸۶۱	۰/۰۵۸	۰/۸۹۵	اجازه عبور خواستن	ALLOW
-	-	۰/۷۶۱	۰/۲۶۳	گروه بودن خودروها	MUV
-	-	۰/۴۵۶	۰/۴۴۲	انجام عملکرد از سوی راننده مسیر مخالف	ADY
۰/۰۰	۲/۳۶۸	۰/۰۰	۲/۶۵۲	انجام عملکرد از سوی راننده جلوئی	PREV
۰/۰۰	-۰/۲۱۹	۰/۰۰	۰/۳۲۸	تحصیلات راننده	EDUCATION
۰/۰۳۳	۲/۳۷۴	۰/۰۴	۳/۰۰۵	عدد ثابت	Constant

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

جدول ۳. خلاصه مدل

مجدور R ناگل کرک ^{۱۴}	مجدور R کاکس - اسنل ^{۱۵}	۲- لاگ لای احتمال ^{۱۶}
۰/۶۶۴	۰/۴۷۱	۲۱۲/۳۱۵

جدول ۴. آزمون ها

آزمون	کای دو	سطح معناداری (sig)
هاسمر - لمشو	۴/۵۹۵	۰/۸۰
امینوس	۱۸۴/۰۴	۰/۰۰

با توجه به آماره ناگل کرک، همبستگی بین متغیرهای مستقل و متغیر هدف از مقدار قابل قبولی برخوردار است. سطح معناداری بیشتر از ۵ درصد آزمون هاسمر- لمشو ($\text{sig} > 0.05$)، نشان دهنده ی مناسب بودن برازش مدل نهایی است، ضمناً سطح معناداری کوچکتر از ۵ درصد آزمون امینوس) برازش ضرایب مدل) مقداری قابل قبول است ($\text{sig} < 0.05$). با توجه به ضرایب، سرعت زیاد احتمال عملکرد از سوی راننده را کاهش داد. دويدن و عبور بدون توجه به جریان ترافیک از سوی عابر، به دلیل فرصت کم جهت انجام عملکرد، باعث افزایش اندرکنش بین خودرو و عابر شد. رانندگان با مشاهده تعداد بیشتر افراد عابر، درخواست اجازه عبور عابرین، انجام عملکرد از سوی خودروی جلویی و حضور عابرین در میانه راه، تمایل بیشتری برای واکنش از خود نشان دادند. مدل احتمال انجام عملکرد (واکنش) رانندگان به صورت رابطه زیر تعریف شد:

$$\Pr (Y_i = 1 | x) = \frac{e^{\text{logit}(p)}}{1 + e^{\text{logit}(p)}} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{logit}(p) = & 2.374 - 0.054 * \text{SPD} - 0.993 * \text{P. BEH} \\ & + 1.15 * \text{D. ATT} - 1.966 \\ & * \text{P. SEEN} + 0.698 * \text{MUP} \\ & + 0.861 * \text{ALLOW} - 1.355 * \text{H. CROSS} + 2.368 \\ & * \text{PREV} + 1.093 * \text{D. GENDER} \\ & - 0.219 * \text{LICENCE} \end{aligned}$$

مدل تعیین شده احتمال انجام عملکرد رانندگان را با دقت ۸۴/۱٪ پیش بینی می نماید.

ب) مدل رگرسیون لجستیک چندگانه:

به منظور تعیین نوع واکنش چندگانه رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده در حال گذر از عرض خیابان، از مدل رگرسیون لجستیک چندگانه استفاده شد. بنابر مطالب گفته شده، رانندگان با سه نوع واکنش توقف خودرو، کاهش سرعت و تغییر خط مسیر، در برابر عابرین پیاده واکنش نشان دادند تا عابرین بتوانند از عرض خیابان رد شوند. پس از تعیین مدل احتمال انجام واکنش رانندگان دوگانه (بر اساس پارامترهای اثرگذار شناسایی شده) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، تعیین مدلی که بتواند نوع عملکرد رانندگان به هنگام انجام واکنش را مشخص کند، مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور، متغیرهایی که در مرحله ی تعیین مدل احتمال انجام واکنش اثرگذار تشخیص داده شدند، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندگانه در نرم افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفتند. در گام نخست، پس از وارد کردن متغیرها در نرم افزار، یکی از سه نوع واکنش رانندگان را به منظور تحلیل داده ها، به عنوان مبنای واکنش در نظر میگیریم. در گام

عباس شیخ فرد، فرشیدرضا حقیقی

بعدی، مدل های دو نوع واکنش دیگر در مقایسه با واکنش مبنای در نظر گرفته شده، ارزیابی می شود و در نهایت توابع احتمالاتی

جدول ۵. ضرایب مدل های تعیین نوع واکنش بر اساس لجستیک چندگانه

تابع احتمال واکنش به صورت		تابع احتمال واکنش به صورت		متغیر	نشانه متغیر
تغییر خط $h_2(x)$		کاهش سرعت $h_1(x)$			
سطح معنادری	ضریب B	سطح معنادری	ضریب B		
۰/۰۰	۰/۱۴۲	۰/۰۲	۰/۰۷۶	سرعت خودرو	SPD
۰/۰۴	۰/۳	۰/۰۲۹	-۰/۱۵۹	تعداد افراد عابر	MUP
۰/۰۳	-۰/۰۷۹	۰/۰۰	-۰/۰۶۳	مدت زمان اخذ گواهینامه	LICENCE
۰/۰۱	۱/۳۶۵	۰/۰۴	۰/۸۴۷	وضعیت رفتاری عابر پیش از عبور	P.BEH
۰/۰۱۱	۲/۶۸۷	۰/۰۰	۳/۱۸۸	نحوه ی عبور عابر	H.CROSS
۰/۰۰	۰/۲۷۷	۰/۰۰	۰/۷۶۸	جنسیت راننده	D.GENDER
۰/۰۱۳	۱/۶۲۳	۰/۰۱	۰/۴۹۹	محل دیده شدن عابر توسط راننده	P.SEEN
۰/۰۳	-۰/۱۶۵	۰/۰۱	-۲/۵۲	توجه راننده	D.ATT
۰/۰۲	۱/۳۳۸	۰/۰۴	۰/۶۷۳	اجازه عبور خواستن	ALLOW
۰/۰۰	-۰/۸۳۱	۰/۰۰	-۰/۴۳۹	انجام عملکرد از سوی راننده جلویی	PREV
۰/۰۳	-۶/۹۷۷	۰/۰۳۳	-۳/۸۲۸	عدد ثابت	Constant

رانندگان را بر اساس متغیرهای اثرگذار بر روی انجام واکنش تعیین کرد. به عنوان مثال و با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۵، رانندگان به هنگام مواجهه با عابری که با دیدن در حال عبور از عرض خیابان بودند، بیشتر تمایل داشتند که واکنش خود را به صورت کاهش سرعت اتخاذ کنند، بنابراین آنها سرعت خود را تا حدی کم می کنند تا عابر بتواند از خیابان عبور کند. همچنین، به دلیل اینکه سرعت بالا مانع از انجام واکنش مناسب مانند توقف خودرو توسط رانندگان می شد، لذا رانندگان در این شرایط با کاهش سرعت و تغییر خط مسیر حرکت خود (تغییر لین) از

انواع واکنش های رانندگان بر اساس متغیرهای تعریف شده در نرم افزار، تعیین می شوند. جدول ۵ متغیرها و ضرایب مربوط به آنها را برای دو تابع احتمال واکنش نشان می دهد. در پژوهش حاضر، واکنش به صورت توقف خودرو به عنوان واکنش مبنای در نرم افزار تعریف شد سپس توابع احتمالی دو واکنش دیگر در مقایسه با واکنش مبنای تعریف شدند.

با توجه به جدول ۵، مدل احتمال انجام هر یک از سه حالت واکنش رانندگان در روابط ۱۱ تا ۱۲ آورده شده است. بنابر نتایج تحلیل رگرسیون لجستیک چندگانه می توان احتمال نوع واکنش

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

کاهش سرعت را به عنوان نوع واکنش انتخاب کردند. ضمناً با توجه به سطح معناداری بزرگ‌تر از ۰/۰۵ آماره برازش^{۱۷} ($\text{sig} > 0.05$)، مشاهده شد که مدل تعیین شده از برازش قابل قبولی برخوردار است. آماره برازش اختلاف میزان بین موارد مشاهده شده در پژوهش و موارد پیش‌بینی شده از طریق معادله مدل را بررسی می‌کند. در صورتیکه سطح معناداری آزمون بیشتر از ۰/۰۵ ($\text{sig} > 0.05$) باشد، مدل سازی انجام شده قابل اعتماد بوده و در نتیجه مدل دارای برازش قابل قبولی است. طبق جدول ۷، با توجه به آماره Pseudo R-Square، مقادیر ناگل کرک و کاکس-اسنل (بیشتر از ۰/۵) بیانگر همبستگی مناسب بین متغیرهای مستقل و متغیر هدف مدل است. بنابر جدول ۸، دقت مدل پیش‌بینی شده لجستیک چندگانه برابر با ۷۵/۶۴٪ است.

خود واکنش نشان دادند که با افزایش هر چه بیشتر سرعت، احتمال انجام واکنش به صورت تغییرخط بیشتر می‌شد. بیشتر رانندگان با مشاهده‌ی عابرین حاضر در میانه‌ی راه، با تغییر خط حرکت خود به منظور عبور عابرین واکنش شدند. از طرفی دیگر، عواملی نظیر افزایش تعداد عابرین، اجازه عبور خواستن عابرین از رانندگان جهت عبور از خیابان و همچنین انجام عملکرد از سوی راننده‌ی خودروی جلو، احتمال اتخاذ واکنش به صورت توقف خودرو توسط رانندگان را افزایش داد. بر اساس نتایج تحقیق، جنسیت رانندگان نیز باعث ایجاد تفاوت در نوع انتخاب واکنش از سوی رانندگان شد به طوری که رانندگان مرد به هنگام مواجهه با عابرین پیاده تمایل بیشتری به انجام واکنش از نوع توقف خودرو داشتند در حالی که رانندگان زن در بسیاری از موارد،

جدول ۶. آزمون برازش مدل

آزمون	کای دو	سطح معناداری
برازش	۱۷۸/۶۰۸	۰/۴۳۱

جدول ۷. خلاصه آماره Pseudo R-Square

ناگل کرک	کاکس-اسنل	مک فادن
۰/۶۶۶	۰/۶۰۸	۰/۵۷۴

جدول ۸. درصد پیش‌بینی مدل لجستیک چندگانه

مشاهده شده	پیش‌بینی شده با مدل		
	توقف خودرو	کاهش سرعت	تغییر خط مسیر
توقف خودرو	۳۸	۸	۵
کاهش سرعت	۱۱	۵۶	۴
تغییر خط مسیر	۹	۱۴	۶۴
درصد کل			۷۵/۶۴

$$h_1(x) = -3.828 + 0.076 * SPD + 0.847 * P. BEH - 2.52 * D. ATT + 0.499 * P. SEEN - 0.159 * MUP + 0.673 * ALLOW + 3.188 * H. CROSS - 0.439 * PREV + 0.768 * D. GENDER - 0.063 * LICENCE \quad (11)$$

$$h_2(x) = -6.977 + 0.142 * SPD + 1.365 * P. BEH - 0.165 * D. ATT + 1.623 * P. SEEN + 0.3 * MUP + 1.338 * ALLOW + 2.687 * H. CROSS - 0.831 * PREV + 0.277 * D. GENDER - 0.079 * LICENCE \quad (12)$$

$$Pr(Y = 0 | x) = \frac{1}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad P(Y=0): \text{احتمال توقف خودرو توسط راننده}$$

$$Pr(Y = 1 | x) = \frac{e^{[h_1(x)]}}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad P(Y=1): \text{احتمال کاهش سرعت خودرو توسط راننده}$$

$$Pr(Y = 2 | x) = \frac{e^{[h_2(x)]}}{1 + e^{[h_1(x)]} + e^{[h_2(x)]}} \quad P(Y=2): \text{احتمال تغییر خط مسیر خودرو توسط راننده}$$

۷. بحث و نتیجه گیری

در خصوص انجام واکنش از خود نشان دادند که این نتیجه نیز در راستای پژوهش لنارد و هیل [Lenard and Hill, 2004] قرار دارد. احتمال عبور عابری که قبل از شروع حرکت از رانندگان خودروی نزدیک شونده به آنها اجازه عبور خواستند، به دلیل پذیرفته شدن توسط رانندگان از طریق انجام واکنش افزایش یافت که این یافته در تحقیق وو و جیانگ لینگ [Wu and Xiangling, 2014] نیز مشاهده گردید. بنابر نتایج تحقیق حقیقی و شجاعی [Haghigh and Shojaei, 2015]، سرعت کم خودرو بر احتمال پذیرش گپ از سوی عابر جهت عبور از عرض خیابان موثر است که در پژوهش حاضر نیز، این عامل افزایش احتمال انجام واکنش رانندگان را در پی داشت. از دیگر نتایج پژوهش می توان به تاثیر حضور عابری در میانه خیابان اشاره کرد. در واقع، رانندگان تمایل بیشتری در خصوص انجام واکنش در هنگام مواجهه با عابری که قسمتی از مسیر عرض خیابان را طی کرده بودند، داشتند که این نتیجه در یافته های پژوهش اسچرودر و گروشات [Schroeder and Geruschat, 2009] نیز گزارش شده است. مشابه با نتایج تحقیق جیانگ لینگ و ژانگ وو [Xiangling and Changxu Wu, 2011] در پژوهش حاضر نیز، چگونگی عبور عابر بر روی به وجود آمدن اندرکنش خودرو و عابر موثر بود. به عبارت دیگر دویدن عابر پیاده جهت عبور از عرض خیابان منجر به عدم

با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات صورت گرفته در سایر کشورها، می توان چگونگی نقش هر یک از عوامل شناسایی شده را در به وجود آوردن اندرکنش های بین خودرو و عابری پیاده بهتر ترسیم کرد.

یکی از عوامل شناسایی شده در به وجود آوردن اندرکنش خودرو-عابر، عدم توجه رانندگان به مسیر مورد استفاده خود بود که سبب می شد رانندگان نسبت به انجام واکنش مناسب در خصوص حضور احتمالی عابری پیاده در مسیر، غفلت ورزند. عامل عدم توجه رانندگان، بیشتر در تحقیقات نیل و همکاران [Neale et al. 2011] و جیا، فونسکا و فالکمر [Xia, fonseka and Falkmer, 2011] گزارش شده است. در پژوهش حاضر، رانندگان به هنگام مشاهده عابر تنها تمایل کمتری برای انجام واکنش به منظور عبور عابری از خیابان نشان دادند. بررسی بیشتر فیلم ها حاکی از آن بود که با افزایش تعداد عابری خواستار عبور از خیابان، احتمال انجام واکنش توسط رانندگان افزایش می یافت که این عامل در تحقیق بروسینا و همکاران [Brosseau et al. 2013] نیز شناسایی شده است. همچنین، رانندگان با مشاهده عابری که بدون توجه به جریان ترافیک، اقدام به حرکت در عرض خیابان کردند، تمایل بیشتری

مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده....

کنندگان مسیری به طول ۴ کیلومتر در شهر بابل واقع در استان مازندران را رانندگی کردند، سپس با مشاهده فیلم سه دوربین نصب شده درون خودرو، رفتار و عملکرد رانندگان مورد بررسی قرار گرفت. با تحلیل داده های تحقیق با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک دوگانه و چندگانه در نرم افزار SPSS، عوامل موثر در بروز اندرکنش خودرو- عابر مشخص شد و میزان اثر هر یک از این عوامل بر روی نوع عملکرد راننده تعیین گردید. از بین ۲۵ عامل در نظر گرفته شده حین تحقیق که مربوط به راننده، عابرین پیاده و ویژگی محیط مسیر بودند، عواملی نظیر سرعت خودرو، تعداد افراد عابر، رفتار عابرین حین عبور، توجه راننده به مسیر، درخواست اجازه ی عبور توسط عابرین، محل دیده شدن عابرین هنگام نزدیک شدن خودرو توسط رانندگان، چگونگی عبور عابرین، عملکرد راننده ی جلویی، جنسیت راننده و همچنین مدت زمان اخذ گواهینامه، مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر روی عملکرد رانندگان به هنگام مواجهه شدن با عابرین پیاده بودند. با توجه به عوامل موثر تعیین شده، انتظار می رود با ارائه راهکارهایی در خصوص عملکرد و توجه بیشتر رانندگان و عابرین پیاده ی در حال گذر از عرض خیابان به مسیر حرکت خود، وقوع اندرکنش بین خودرو- عابر و در نتیجه تصادفات عابرین پیاده کاهش یابد. به طور مثال در این تحقیق، با توجه به اهمیت بالای سرعت و توجه راننده در بروز عملکرد و جلوگیری از وقوع اندرکنش خودرو و عابر، که افزایش وقوع احتمال تصادفات را در صورت عدم عکس العمل مناسب از سوی راننده و عابر در پی دارد، نصب تابلوهای هشدار دهنده ی محل عبور عابر و حق تقدم عبور عابر توصیه می شود. با احداث سرعت گیر^{۱۸} و سرعت کاه^{۱۹} در مسیر نیز می توان باعث کاهش سرعت خودروها و افزایش ایمنی عبور عابرین گذرنده از عرض خیابان شد. در نهایت، مدل پیش بینی احتمال عملکرد از سوی رانندگان و

واکنش مناسب به دلیل عدم فرصت زمان کافی از سوی رانندگان می شد. همچنین، رانندگان زن نسبت به رانندگان مرد تمایل بیشتری در خصوص انجام واکنش به منظور عدم برخورد با عابرین را از خود نشان دادند که این نتیجه در تحقیق لانگبروک و همکاران [Langbroek et al. 2012] نیز مشاهده گردید. احتمال عملکرد رانندگانی که زمان کمتری از اخذ گواهینامه آن ها می گذشت، نسبت به رانندگان باتجربه تر (مدت زمان بیشتر)، بالاتر بود که در راستای توجیه این عمل، می توان عامل ترس از بروز تصادف با عابرین پیاده و محافظه کار بودن به دلیل تجربه ی کمتر را به عنوان دلایل اصلی این موضوع عنوان کرد. نتایج تحقیق همچنین نشان می دهد که احتمال انجام واکنش از سوی رانندگان به هنگام مشاهده واکنش از سوی راننده خودروی جلوتر در برابر عابرین، افزایش یافت، در حالی که در تحقیق اسچرودر و رووفیل [Schroeder and Roupail, 2011]، این عامل اثر ناچیزی بر روی انجام عملکرد رانندگان داشت که دلیل این امر، می تواند سرعت پایین تر خودروها در تحقیق حاضر باشد؛ عاملی که احتمال انجام واکنش راننده را بیشتر می کند.

۸. جمع بندی

آمار بالای کشته شدگان عابرین پیاده در تصادفات رانندگی طی سال های اخیر، نیاز به مطالعه بیشتر در جهت کاهش شدت و تعداد این نوع از تصادفات را، بیشتر از گذشته نمایان می کند. با شناسایی عوامل موثر بر روی اندرکنش های بین خودرو و عابر، با ارائه راهکار و پیشنهاد های مناسب در خصوص جلوگیری از وقوع آنها، می توان تعداد و شدت تصادفات عابرین پیاده را کاهش داد. در تحقیق حاضر، با مطالعه رفتار و عملکرد ۲۹ راننده وسیله نقلیه، ۲۸۹ مورد از اندرکنش های به وجود آمده بین خودرو و عابر، حین عبور عابرین از عرض خیابان شناسایی شد. شرکت

۹. پی نوشتها

- Cavallo, V., Dommesa, 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

- 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.

- Habibovic, A., Tivesten, E., Uchida, N., Bargman, J. and 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.

- 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

- John, J. A., Whitaker, D. and Johnson, D. G. (2001) "Statistical thinking for managers", Chapman & Hall, CRC.

- Komarek, P. and Moore, A. (2003) "Fast robust logistic regression for large sparse datasets with binary outputs", In Artificial Intelligence and Statistics, no specifications.

- Langbroek, J., Ceunynck, T., Daniels, S., Åse Svensson, Aliaksei Lareshyn and Tom Brijs, 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

- 1 Legal Medicine Organization
- 2 Distractive
- 3 Driving Reliability and Error Analysis Method
- 4 Binary Logistic Regression
- 5 Yield
- 6 Multinomial Logistic Regression
- 7 Lane
- 8 Statistical Package for the Social Sciences
- 9 Significance
- 10 Pearson
- 11 Chi-Square
- 12 Hosmer- Lemeshow goodness-of-fit
- 13 Omnibus tests for model coefficients
- 14 Nagelkerke R square
- 15 Cox & Snell R square
- 16 -2 log likelihood
- 17 Goodness-of- fit
- 18 Bump
- 19 Hump

۱۰. مراجع

- حقیقی، فرشیدرضا و شجاعی، محمدحسین (۲۰۱۵) " بررسی رفتار عابرین پیاده در زمینه ی انتخاب گپ مناسب حین عبور از عرض خیابان: مطالعه موردی در مقابل درب اصلی یک دانشگاه"، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، ۱۵ تا ۱۷ اردیبهشت.

- Brosseau, M ., Zangenehpour, S., Saunier, N. and Miranda-Moreno, L. (2013) " The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: A case study in Montreal", Transportation Research Part F, Vol. 21, pp. 159–172

behaviour at zebra/pedestrian crossings in Gaborone, Botswana”, *British Journal of Arts and Social Sciences*, Vol. 13 , No. I. pp. ?????

- Schroeder, B. and Geruschat, D. (2009) “When and why do drivers yield and what does this mean for pedestrians who are blind?” , *Research Synthesis on Driver Yielding Behavior* , International Mobility Conference Marburg, Germany, Wednesday, July 15. itre.ncsu.edu

- Sucha, M. (2014) “Pedestrians and drivers: their encounters at zebra crossings”, 8th. International Traffic Expert Congress. 8 to 9 May, Warsaw. psych.upol.cz

- Shinar, S. (2012) “Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists, and motorcyclists”, *Accident Analysis & Prevention* , Volume 44, Issue 1, pp. 1–2

- Wu, C. and Xiangling, Z. (2014) “Pedestrian gestures increase driver yielding at uncontrolled mid-block road crossings”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 70, pp. 235–244

- Xia, J., Fonseka, J. and Falkmer, T. (2011) “Driver and pedestrian characteristics of pedestrian vehicle crashes in metropolitan Perth”, *PATREC Research Forum* –13 September, Page 1. www.cage.curtin.edu.au

- Xiangling, Z. and Changxu, Wu.(2011) “ Pedestrians’ crossing behaviors and safety at unmarked roadway in China”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 1927–1936

- Lenard, J. and Hill, J. (2004) “ Interaction of road environment, vehicle and human factors in the causation of pedestrian accidents”, *Proceedings of International Conference On Esar* (expert symposium on accident research), 3-4 september. Hannover, Germany. www.lboro.ac.uk

- Neale, V., Dingus, T., Klauer, S. H . Sudweeks, J. and Goodman, M. (2011) “An overview of the 100-car naturalistic study and findings”, Virginia Tech Transportation Institute, National Highway Traffic Safety Administration, United States, pp. 05-0400

- Nowakowska. M. (2012) "Random forests in the evaluation of threat for pedestrian accidents in towns", *Faculty of Management and Computer Modelling*, Kielce University of Technology, Vol. 2, pp. 1-6

- Schroeder, B. and Roupail, M. (2011) “Empirical behavioral models to support alternative tools for the analysis of mixed-priority pedestrian-vehicle interaction in a highway capacity context”, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 16, pp. 653–663

- Salamaty, K., Schroeder, B., Duane, R., Geruschat, D. and Roupail, N. (2014) “Event based modelling of driver yielding behavior to pedestrians at two-lane roundabout approaches”, *Transp Res Rec*, Vol. 2389, pp. 1–11

- Seipone, B. and Mphele, M. (2013) “Who owns the road? Exploring driver and pedestrian

عباس شیخ فرد، فرشیدرضا حقیقی

عباس شیخ فرد، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران- سازه را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه صنعتی جندی شاپور و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل اخذ نمود. در حال حاضر دانشجوی دکتری رشته راه و ترابری در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه نامبرده مدل‌سازی رفتاری، روان‌شناختی کاربران راه، آرام‌سازی جریان ترافیک و ممیزی ایمنی راه‌ها است.



فرشیدرضا حقیقی، درجه کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل و درجه کارشناسی ارشد و دکتری خود در رشته مهندسی برنامه ریزی حمل‌ونقل را در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی در حمل‌ونقل، سیستم حمل‌ونقل هوشمند و مدیریت ترافیک است. وی در حال حاضر عضو هیئت‌علمی با مرتبه استادیاری در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل است.

