Archive of SID

ساخت مدل احتمال عبور دانش‌آموزان از عرض جاده‌های برون‌شهری

فرشیدرضا حقیقی*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران
شهرام عباسی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:Haghighi@nit.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۳/۰۱- پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵
صفحه ۷۸-۶۷

چکیده

یکی از بخش های بسیار مهم مهندسی ترافیک مسئله‌ی عابرین پیاده است. به علت ویژگی‌های معمول شخصیتی، انتظار رفتار غیرمحتاطانه از عابرین نوجوان دور از ذهن نیست. همچنین در کشور ایران تعداد بسیار زیادی از مراکز تحصیلی و آموزشی که اساساً مورد استفاده‌ی نوجوانان قرار می‌گیرند در حاشیه‌ی راه‌های برون‌شهری واقع هستند و تردد عابرین پیاده در کنار چنین موسساتی مکرراً مشاهده می‌گردد. بررسی اندرکنش عابرین با وسایل نقلیه و جریان ترافیک در این نواحی می‌تواند در راستای بهبود ایمنی و تسهیلات عابرین نتایج مفیدی را ارائه کند. در این پژوهش دانش‌آموزان به عنوان یکی از آسیب پذیرترین قشرهای عابرین پیاده در جاده‌های برون‌شهری مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌ها از فیلم ویدئویی ضبط شده از محل عبور دانش‌آموزان ۳ مدرسه، در جاده‌ای برون شهری واقع در شهرستان محمودآباد استان مازندران، طی سه روز کاری هفته استخراج گردید. سپس احتمال عبور عابرین از عرض خیابان با استفاده از نرم افزار* ***spss *و مدل رگرسیون لجستیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متغیرهای زمان انتظار قبل از عبور، فاصله وسیله نقلیه خط دور و مقدار سرفاصله بر احتمال عبور عابرین از عرض جاده تاثیر بسزایی دارند. همچنین در بین متغیرهای تاثیرگذار مقدار سرفاصله بیشترین تاثیر را در احتمال عبور عابرین داشته است.***

واژه‌های کلیدی: عابرین پیاده، ایمنی، احتمال عبور، رگرسیون لجستیک، سرفاصله

۱-مقدمه

یکی از عوامل مهم در مهندسی ترافیک، ایمنی تردد عابر پیاده است. بررسی پارامترهای رفتاری عابرین پیاده و همچنین خصوصیات ترافیکی محل عبور عابرین در شناسایی عوامل موثر در بروز تصادفات عابرین پیاده نقش مهمی دارند با نگاهی به آمار تصادفات عابرین پیاده مشاهده می‌شود که اغلب حوادثی که برای عابرین پیاده رخ می‌دهد، معمولاً با تلفات و یا معلولیتهای جسمی همراه می‌گردد. این رویه برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران که ۲۵ درصد از آن را قشر جوان تشکیل می‌دهند از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. در ایران بیش از ۳۰ درصد تصادفات و نیز ۲۳ درصد تلفات رانندگی را عابرین پیاده تشکیل می دهند، که اکثر این تصادفات به علت عدم رعایت مقررات مربوط به ترافیک از طرف عابرین پیاده و یا رانندگان اتفاق می‌افتند. براساس آمار پزشکی قانونی ۳۸ درصد از تلفات عابرین پیاده در راه‌های برون شهری اتفاق می‌افتد[سازمان پزشکی قانونی ایران ۱۳۹۳]؛ با توجه به بالا بودن سرعت وسایل نقلیه در راه‌های برون‌شهری و مد نظر قرار دادن این نکته که در سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت، احتمال آسیب‌دیدگی عابر کمتر از ۱۰ درصد بوده در حالیکه برخورد یک وسیله نقلیه با سرعت ۸۰ کیلومتر برساعت با عابر، به احتمال قریب به یقین منجر به فوت عابر خواهد شد [OECD/ECMT Transport research ,2006

www.SID.ir

Archive of SID

center] و همچنین با توجه به اینکه اکثر مطالعات و تحقیقاتی که در زمینه‌ی ایمنی عابر پیاده انجام شده، مربوط به خیابان‌های درون‌شهری است؛ می‌توان نتیجه گرفت که بررسی رفتار عابرین پیاده هنگام عبور از عرض خیابان و شناسایی عوامل موثر بر رفتار آن‌ها، در جاده‌های برون‌شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در عمل اثرات متقابل بین عابر و وسایل نقلیه هنگامی اتفاق می‌افتد که عابرین در عبور از عرض خیابان در تقاطع و یا بین دو تقاطع باید سرفاصله ای مناسب را برای عبور از بین جریان ترافیک انتخاب کنند. از آن‌جایی که فرض بر آنست که عابرین پیاده در گذرگاه‌های کنترل نشده حق عبور کمتری دارند، بنابراین عابرین پیاده باید منتظر یک سرفاصله‌ی مناسب برای عبور از عرض خیابان بمانند. در عبور از جاده‌های چندخطه عابرین پیاده اغلب به صورت مرحله‌ای از هر خط عبور می‌کنند و تصمیم عبور یا عدم عبور عابرین به عوامل زیادی وابسته است. مباحث فوق اهمیت نیاز به درک رفتار عبور عابر پیاده در گذرگاه‌های کنترل نشده را تایید می‌کند. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان تسهیلات بهتر و ایمن‌تری را برای مکان‌هایی که سرفاصله کافی برای عبور عابر پیاده وجود ندارد طراحی کرد.

۲- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر بسیاری از محققان، مطالعاتی در مورد رفتار عابرین پیاده هنگام عبور از عرض خیابان انجام داده‌اند. سان و همکاران در سال ۲۰۰۳ در آمریکا به مدلسازی اندرکنش[۱] بین عابر و وسایل نقلیه در گذرگاه‌های کنترل نشده[۲] با استفاده از مدل لجستیک پرداختند. داده‌ها از طریق فیلم برداری در یک گذرگاه روبروی یک مدرسه در ساعات اوج ترافیک و طی یک دوره ۵ روزه ضبط شد. نتایج نشان داد که حداقل سرفاصله‌ی قابل قبول عابرین با طولانی شدن زمان انتظار افزایش می‌یابد، دلیل این امر اینست که عابرینی که زمان زیادی منتظر می‌مانند، فقط سرفاصله‌های ایمن را برای عبور می‌پذیرند. همچنین طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش، در زمینه‌ی انتخاب سرفاصله‌عبور، عابرین مسن محتاط‌تر از عابرین جوان رفتار می‌کنند [Sun (et .), 2003 al]. کلیفتون و فالتس در سال ۲۰۰۷ در آمریکا به بررسی تصادفات عابر پیاده با وسایل نقلیه در نزدیکی مدارس دولتی و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و اجتماعی در نزدیکی مدارس پرداختند. داده‌های این تحقیق، آمار تصادفات وسایل نقلیه با عابرین پیاده در منطقه‌ی مورد بررسی طی مدت ۳ سال بوده است. نتایج تحقیق نشان داد که قرار گرفتن یک پارکینگ مقابل ورودی مدرسه و یا چرخش در ورودی مدرسه وقوع تصادفات و شدت صدمات را کاهش می‌دهد. در حالیکه وجود امکانات تفریحی در مدرسه موجب افزایش شدت تصادفات می‌گردد [Clifton and Fults,2007]. خاتون و همکاران در سال ۲۰۱۳ در هند رفتار عبور ناامن[۳] (عبور در فاز سبز وسایل نقلیه در تقاطعات و عدم عبور از پل عابر در اواسط جاده‌ها) ۲۵۱ عابر پیاده را مدلسازی کرده و مقایسه‌ای بین رفتار عابرین در گذرگاه با چراغ و بدون چراغ انجام دادند که برای بررسی احتمال عبور عابرین از عرض خیابان از مدل لجستیک دودویی استفاده شد؛ نتایج مدلسازی نشان داد که در گذرگاه با چراغ راهنمایی فقط متغیر سرفاصله‌ی قابل قبول و در گذرگاه بدون چراغ، متغیرهای سرفاصله‌ی قابل قبول، جنسیت، نوع حرکت (گروهی یا فردی)، نوع وسیله نقلیه و حجم ترافیک در احتمال عبور عابرین اثر گذارند. همچنین بررسی ضرایب مدل نشان داد که تمایل به عبور ناامن، وقتی که عابر پیاده تنها از خیابان عبور می‌کند، ۲/۲ بار بیشتر از وقتی است که عابرین گروهی حرکت می‌کنند [khatoon, tiwarri and chatterjee,2013]. بدلی و همکاران در سال ۲۰۱۳ در آمریکا عوامل موثر در رفتار عبور عابرین پیاده به هنگام عبور از عرض خیابان را با استفاده از شبکه‌های بیزین[۴] مدلسازی کردند. نتایج نشان داد که رفتار عبور عابر پیاده بیشتر به عوامل انسانی مانند انگیزه‌ی عابر برای رعایت علائم راهنمایی و رانندگی بستگی دارد تا به عوامل محیطی. همچنین مشخص شد که رفتار عابر به طول زمان بندی چراغ عابر در تقاطع بستگی دارد؛ زیرا در حالی که عابرین منتظر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌مانند تا در زمان چراغ سبز عابر، به طور قانونی از تقاطع عبور کنند؛ بی‌حوصله شده و به دنبال فرصت، برای عبور غیرقانونی هستند[Bedeley, Attoh- Lee,2013 and Okine]. آرمان و همکاران در سال ٢٠١٤ رفتار سرفاصله‌ی قابل قبول ٦٢٣ عابر پیاده را در یک تقاطع بدون چراغ و رفتار ٦٠٧ عابر را در یک گذرگاه در تهران بررسی کردند. نتایج حاصل از مدل لجستیک نشان داد که اگرچه اندازه‌ی سرفاصله یک عامل مهم در پذیرش یا عدم پذیرش یک سرفاصله است؛ با این حال عوامل رفتاری مانند جنسیت، استفاده از تلفن همراه و همراه داشتن کودک حین عبور تاثیر بیشتری در قضاوت عابرین برای عبور از عرض خیابان دارند که این امر در تقابل با مطالعات یانیس و همکاران است. [Arman, Rafe and Kretz, 2014]. در پژوهش دیگری در مصر رفتار عابرین پیاده مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج تحقیقات سراگ نشان داد که تصمیم عبور یا عدم عبور، به سرعت خودرو، حرکت میان وسایل نقلیه و تعداد تلاش برای عبور بستگی دارد. در این تحقیق مشخص شد که عابرین‌پیاده، سرفاصله خودروها را با توجه به سرعت قبول می‌کنند، و نه با توجه به نوع خودرو (بزرگ یا کوچک). یعنی عابرین با مشاهده خودرو سبک با سرعت بالا عبور نمی‌کنند؛ در حالیکه با مشاهده خودرو سنگین با سرعت کم شاید عبور کنند [,serag]. در پژوهش دیگری که توسط یانیس و همکاران روی ٢٤٣ مورد عبور عابر برای بررسی احتمال عبور در اواسط خیابان‌های شهری، با تصویر برداری از محل عبور عابرین انجام شد؛ نتایج آن نشان داد که احتمال عبورعابرین، به سرفاصله ترافیک، زمان انتظار، نوع وسیله نقلیه و پارکینگ‌های غیر قانونی بستگی دارد. همچنین در این تحقیق مشخص شد که پذیرش سرفاصله به شدت به فاصله از وسیله نقلیه بستگی دارد؛ و کمتر به سرعت وسیله نقلیه وابسته است. زیرا عابر فاصله را بهتر از سرعت تشخیص می‌دهد[Yannis, apadimitriou and Theofilatos,2013]. پاوار و پاتیل در سال ٢٠١٥ در هند سرفاصله قابل قبول زمانی و مکانی عابرین پیاده را در اواسط خیابان‌های کنترل نشده بررسی کردند. هدف از این مطالعه بررسی عوامل موثر بر پذیرش سرفاصله و همچنین احتمال پذیرش سرفاصله بوده است. در این پژوهش عبور از هر لین جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و از مدل رگرسیون لجستیک دودویی برای تجزیه و تحلیل سرفاصله زمانی و مکانی استفاده شده است. نتایج نشان داد که احتمال پذیرش سرفاصله مکانی با افزایش سرعت وسایل نقلیه نزدیک شونده کاهش می‌یابد، همچنین مشخص شد که عابرین در مواجهه با وسایل نقلیه کوچکتر سرفاصله‌های کوچکتری را می‌پذیرند. مقادیر سرفاصله ٥٠ و ٨٥ درصد زمانی برای عابرین پیاده به ترتیب از ٤/١ تا ٤/٨ ثانیه و از ٥ تا ٥/٨ ثانیه و مقادیر سرفاصله ٥٠ و ٨٥ درصد مکانی به ترتیب از ٦٧ تا ٧٩ متر و از ٨٢ تا ٩٥ متر بوده است.

مقادیر سرفاصله ٥٠ و ٨٥ درصد در محل این پژوهش کمتر از مقادیر گزارش شده در HCM^{5} بوده است؛ این نشان می‌دهد که عابرین پیاده در کشور هند رفتار تهاجمی‌تر و پر خطرتری دارند [Pawar and Patil,2015]. نصیری و ساجد در سال ١٣٨١ در تهران عوامل موثر بر تصادفات عابرین پیاده و همچنین رفتار آن‌ها به هنگام عبور از عرض خیابان را مورد بررسی قرار دادند.

در این تحقیق با فیلم برداری از محل عبور عابرین پیاده و استخراج اطلاعات لازم از طریق مشاهدات ویدئویی، رفتار عابرین (عبور کامل، عدم عبور کامل و یا توقف کامل) با استفاده از مدل‌های لجیت و لجیت آشیانه‌ای مدلسازی شد.

نتایج نشان داد که فاصله وسایل نقلیه در خط‌های ترافیکی از محل عبور عابرین پیاده، تعداد و سرعت نزدیک شدن وسایل نقلیه در خط عبور به این محل، سن و جنسیت عابرین پیاده و موقعیت آن‌ها در خیابان، در تصمیم عابرین پیاده برای عبور از عرض خیابان و موفقیت در انجام این عمل نقش بسزایی داشتند [نصیری و ساجد ١٣٨١].

www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش تحقیق

۳-۱- مدل مورد استفاده

هنگامی که هدف مدلسازی یک متغیر وابسته دو حالته باشد از مدل رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود. در این تحقیق هدف، یافتن احتمال عبور یا عدم عبور عابرین از عرض جاده‌های برون‌شهری است. لذا مدلسازی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک انجام شده است. مدل رگرسیون لجستیک توسط رابطه (۱) معرفی می‌شود.

$$P=P_r(Y_i=1|X)=\frac{e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\beta_2 x_{2,i}+\cdots+\beta_k x_{k,i}}}{1+e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\beta_2 x_{2,i}+\cdots+\beta_k x_{k,i}}} \quad (۱)$$

در این فرمول y متغیر وابسته و P(y) احتمال وقوع متغیر وابسته است. X بردار پارامترهای موثر بر وقوع متغیر وابسته است و βها ضرایب پارامترها هستند. ضرایب موجود در رگرسیون لجستیک قابل تفسیر نیست، برای اینکه ضرایب این مدل مانند ضرایب مدل‌های رگرسیون خطی قابل تفسیر نیاز به تبدیل این تابع است. یکی از تبدیل‌های این تابع که در این پژوهش از آن استفاده شده، تبدیل لاجیت است. اگر فرض کنیم تابع رگرسیون لجستیک احتمال وقوع پارامتر وابسته P(y=1) را محاسبه کند. احتمال عدم وقوع پارامتر وابسته از رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$P(y=0\ |x=(X_1 : X_n))=1-\frac{e^{(\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n)}}{1+e^{(\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n)}}=\frac{1}{1+e^{(\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n)}} \quad (۲)$$

حال اگر احتمال وقوع و احتمال عدم وقوع را برهم تقسیم کنیم، به رابطه (۳) می‌رسیم.

$$\frac{P(Y=1|X=(X_1:X_n))}{P(Y=0|X=(X_1:X_n))}=e^{(\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n)} \quad (۳)$$

در این رابطه $\frac{p(y=1)}{p(y=0)}$ نسبت احتمال وقوع به عدم وقوع است، که به آن نسبت بخت می‌گویند.

$$Odds=e^{(\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n)}$$

اگر از بخت پیشامد لگاریتم طبیعی بگیریم، لگاریتم بخت بدست می‌آید که به آن لاجیت می‌گویند. مقدار بخت از رابطه (٤) به دست می‌آید.

$$\ln(odds)=logit=\beta_0+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n \quad (٤)$$

مقدار لاجیت یک معادله خطی است که تفسیر آن ساده شده است [حبیب‌پور و صفری ۱۳۹۱]. از این رابطه برای مدلسازی احتمال عبور در این پژوهش استفاده شده است. در صورتی می‌توان از مدل لجیت استفاده کرد که شرایط زیر برقرار باشد:

۱- متغیر وابسته حتما باید در سطح سنجش اسمی دو وجهی باشد.

۲- متغیرهای مستقل می‌توانند هم در سطح کمی (فاصله‌ای یا نسبی) و هم در سطح کیفی طبقه بندی شده (اسمی یا ترتیبی) باشند.

۳- لزوم تبعیت داده‌های متغیرهای مستقل از توزیع نرمال ضروری نیست، اما چنانچه این متغیرها دارای توزیع نرمال باشند، در آن صورت برازش مدل بهتر خواهد بود.

٤-چند هم خطی نبودن متغیرهای مستقل، از دیگر مفروضات

www.SID.ir

Archive of SID

رگرسیون لجستیک می‌باشد. چرا که در صورت چند هم خطی بودن این متغیرها، برآوردها دارای اریب بوده و خطاهای استاندارد نیز نوسان زیادی خواهند داشت [حبیب‌پور و صفری ۱۳۹۱]. پس از مدلسازی نیاز به بررسی دقت برازش مدل‌هاست که این کار با شاخص‌های مختلف صورت می‌گیرد. در این پژوهش برازش کلی مدل توسط آماره مربع کای بررسی شده است.

۳-۲- محل مورد بررسی

محل مورد مطالعه مقطعی از یک بزرگراه در شهرستان محمودآباد استان مازندران است که سه دبیرستان پسرانه مجاور هم در حاشیه آن واقع شده است. این راه، دوطرفه‌ی جدا شده توسط میانه‌ای به عرض ۳/۲ متر است که در هر طرف آن دوخط عبور ٤/٥ متری وجود دارد که در شکل (۱) محدوده مورد بررسی، موقعیت مدارس و محل نصب دوربین در گوگل ارث نشان داده شده است.

شکل ۱. محدوده مورد بررسی در گوگل ارث

۳-۳- جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های رفتار عبوری عابرین از طریق فیلم برداری از محل مورد بررسی جمع‌آوری شد. به این منظور یک دوربین با کیفیت بالا (۳۰ فریم بر ثانیه) در طبقه‌ی هفتم ساختمان مشرف بر محل مورد مطالعه نصب شد. فیلم برداری از ساعت ۷:۱۵ تا ۸ صبح در سه روز شنبه نهم، یکشنبه دهم و دوشنبه یازدهم اسفند ۱۳۹۳ انجام شد که در طول روزهای فیلم برداری شرایط آب و هوایی صاف وآفتابی بوده است. برای اندازه گیری دقیق متغیرها در مقطع مورد مطالعه ۱۲۰ متر از طول جاده با استفاده از رنگ به صورت مخفی علامت گذاری شد، به نحوی که در فیلم‌ها برای اندازه گیری فواصل قابل تشخیص باشد.

۳-٤- استخراج داده‌ها

در این پژوهش براساس تحقیقات پیشین عواملی که انتظار می‌رود احتمال عبور عابرین را تحت تاثیر قرار دهد به شرح جدول (۱) مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که به نظر می‌رسد عابر عبور از هر خط را به عنوان یک مرحله عبور مستقل در نظر می‌گیرد [Brewer(et al.),2006]؛ بنابراین هرخط از مسیر برای هر مورد جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین هر تک عابر یا گروهی از عابرین که با هم از عرض راه عبور می‌کنند یک مورد در نظر گرفته شد.

فیلم‌های ضبط شده، توسط نرم افزار tracker فریم به فریم مورد بررسی قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. معرفی متغیرهای مدل احتمال عبور

نماد متغیر	متغیر	نوع متغیر	واحد یا کد متغیر	توضیحات
STCROSS	مرحله عبور	گسسته	خط نزدیک:۰ ؛ خط دور:۱	
NOBSER	تعداد مشاهدات عابر		تعداد	تعداد مشاهدات عابر در خطوط مرزی برای قبول سرفاصله مناسب
GRSIZE	اندازه مورد			تعداد عابرین حین عبور
VTYPE	نوع وسیله نقلیه		سبک:۰ ؛ سنگین:۱	
CROSSING	عبور کردن عابر		خیر:۰ ؛ بله:۱	
FATM	تعداد تلاش برای عبور		تعداد	تعداد تلاش عابر برای قبول سرفاصله‌ی مناسب برای عبور
NVEHSPEED	سرعت وسیله نقلیه خط نزدیک	پیوسته	کیلومتر برساعت	
FVEHSPEED	سرعت وسیله نقلیه خط دور			
NDISTANCE	فاصله وسیله نقلیه خط نزدیک		متر	
FDISTANCE	فاصله وسیله نقلیه خط دور			
WTIME	زمان انتظار قبل از عبور		ثانیه	مدت زمانی که هر عابر در محدوده‌ی خطوط مرزی منتظر می‌ماند تا یک سرفاصله را بپذیرد.
TEGAPAC	سرفاصله پذیرفته شده			اختلاف زمانی بین لحظه‌ای که عابر آماده عبور از عرض خیابان است و لحظه‌ای که جلوی وسیله نقلیه از خط مجازی عبور عابر می‌گذرد.

در استخراج داده‌های مدل احتمال عبور، سرفاصله‌های رد شده‌ی دارای زمان صفر (سرفاصله هایی که همزمان با رسیدن عابر به لبه جاده، وسیله نقلیه نیز به روبروی عابر رسیده است) به دلیل دخیل نبودن تصمیم عابر در رد آن، حذف شدند. در این مدل، علاوه بر ۳۱۸ مورد سرفاصله‌ی پذیرفته شده،۱۰۰ مورد سرفاصله‌ی رد شده که با انتخاب عابر بوده، ثبت گردید. یک مورد استخراج داده از فیلم ضبط شده در شکل نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۲. یک نمونه استخراج داده از فیلم ضبط شده در داخل نرم افزار tracker

٤- مدلسازی

٤-١- ساخت مدل

به منظور مدلسازی و شناسایی عوامل موثر بر احتمال عبور عابرین پیاده از عرض جاده‌های برون‌شهری، از نرم افزار spss و مدل رگرسیون لجستیک دو وجهی مطابق معادله عمومی (١) استفاده شده است. از آن‌جا که یکی از فرضیات مدل رگرسیون لجستیک همانند مدل خطی نبود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل است، بنابراین جهت جلوگیری از همبستگی بین متغیرهای مستقل (هم خطی) و تاثیر منفی آن بر روی متغیر وابسته، از آزمون همبستگی پیرسون برای متغیرهای کمی و از آزمون کای دو برای متغیرهای اسمی استفاده شد. با بررسی نتایج ملاحظه گردید که در بین متغیرهای کمی متغیر تعداد تلاش برای عبور با تعداد مشاهدات عابر، سرفاصله‌ی پذیرفته شده با فاصله‌ی وسیله نقلیه خط نزدیک، تعداد مشاهدات عابر با زمان انتظار، تعداد تلاش برای عبور با زمان انتظار، فاصله‌ی وسیله نقلیه خط دور با سرعت وسیله نقلیه خط دور و سرعت وسیله نقلیه خط نزدیک با سرعت وسیله نقلیه خط دور رابطه داشته و در بین متغیرهای اسمی نیز متغیر مرحله‌ی عبور با متغیر نوع وسیله نقلیه رابطه دارد. از بین متغیرهایی که دو به دو با هم رابطه (هم خطی) داشتند، متغیرهای تعداد تلاش برای عبور، فاصله وسیله نقلیه خط نزدیک، تعداد مشاهدات عابر، سرعت وسیله نقلیه خط دور و مرحله‌ی عبور را به دلیل اینکه ضریب همبستگی کمتری با متغیر وابسته داشتند حذف و سپس فرایند مدلسازی با استفاده از متغیرهای مستقل باقی مانده انجام شد. در مدل اولیه‌ی رگرسیون لجستیک، با استفاده از نرم افزار SPSS، همه‌ی متغیرها (به جز متغیرهایی که با هم رابطه داشتند) با روش همزمان مورد بررسی قرار گرفتند.، سپس متغیرهایی که تاثیـــر ناچیزی بر روی متغیر هدف مدل (قبول یا رد سرفاصله) داشتند ($sig > 0.05$)، از مدل کنـار گذاشته شدند. در گام بعدی، مدل سازی با متغیرهای باقیمانده مجدداً انجام شد که مدل با بهترین برازش تعیین گردید و ضرایب متغیرهای مستقل و مقدار ثابت آنها محاسبه شدند. بنابراین احتمال عبورعابرین از عرض خیابان به صورت معادله (٥) می‌باشد.

$$\text{احتمال عبور از عرض خیابان} = \frac{e^{U}}{1+e^{U}} \qquad (٥)$$

www.SID.ir

Archive of SID

U= -5.534 - .052* WTIME+ .034* FDISTANCE + 1.254* TEGAPAC

برای بیان صریح‌تر و روشن‌تر مدل بدست آمده، یک مثال ارائه می‌شود. با توجه به شکل (۳) اگر فرض شود یک عابر پیاده مدت زمان دو ثانیه برای عبور از عرض خیابان منتظر بماند و در یک لحظه سرفاصله‌ای به اندازه ۲/۲۵ ثانیه در خط نزدیک به عابر بوجود بیاید و همزمان وسیله نقلیه‌ای با فاصله‌ی ٤٢ متر از عابر در خط دور از عابر قرار داشته باشد، بر اساس مدل بدست آمده و جایگذاری مقادیر در معادله (٥) این عابر با احتمال ١٩/٩٦ درصد با این شرایط از خیابان عبور خواهد کرد. با استفاده از مدل (٥) می‌توان احتمال عبور عابرین از عرض خیابان را در مکان‌های مشابه محاسبه کرد و در صورتی که عابرین با احتمال بالایی در سرفاصله‌های غیر ایمن از خیابان عبور می‌کنند، با استفاده از تسهیلات مناسب، از عبور عابرین از سطح راه جلوگیری به عمل آورد.

شکل ۳. مثال مدل احتمال عبور

جدول ۲. آزمون اومنیبوس و هاسمر- لمشو

آزمون	کای دو	سطح معناداری (**sig**)
امبینوس	١٨٢/٤٩٤	٠/٠٠
هاسمر- لمشو	٢/٧٩٤	٠/٩٤٧

٤-٢- ارزیابی مدل

درجدول (۲) نتایج آزمون اومنیبوس مربوط به ارزیابی کل مدل رگرسیونی لجستیک و آزمون هاسمر-لمشو که نشان زمون اومنیبوس به بررسی این موضوع می‌پردازد که مدل تا چه اندازه قدرت تبیین وکارایی دارد[حبیب‌پور و صفری ١٣٩١]؛ که با توجه به نتایج حاصل از آزمون اومنیبوس، برازش مدل قابل قبول و در سطح خطای کوچک‌تر از ٠/٠١ معنی‌دار است. همچنین سطح معناداری بیشتر از ٥ دهنده‌ی تطابق بین تعداد موارد مشاهده شده و مورد انتظار برای دو طبقه عبور یا عدم عبور می‌باشد، آورده شده است. درصد آزمون هاسمر- لمشو (**sig > 0.05**)، نشان دهنده ی مناسب بودن برازش مدل نهایی می باشد.

جدول (۳) نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست نمایی و ضریب تعیین پزودو (شامل ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نگل‌کرک) را نشان می‌دهد. این ضرایب،

www.SID.ir

Archive of SID

تقریب‌های ضریب تعیین ($\mathbf{R}^2$) در رگرسیون خطی هستند که در این‌جا در رگرسیون لجستیک استفاده می‌شوند. در رگرسیون لجستیک، چون محاسبه‌ی دقیق مقدار ضریب تعیین دشوار است، بنابراین از مقادیر آماره‌های فوق برای این کار استفاده می‌شود تا مشخص گردد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند تا چه میزان از واریانس متغیر وابسته را تبیین کنند. مقادیر آماره‌های ضریب تعیین پزودو بین ۰ تا ۱ نوسان دارد و هر چه مقدار این آماره‌ها به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد که نقش متغیرهای مستقل در تبیین واریانس متغیر وابسته زیاد است و برعکس، مقادیر نزدیک به ۰ دلالت بر نقش ضعیف متغیرها در این امر دارد. با توجه به اینکه از نظر خاتون و همکاران مقدار ۰/٤۱۷ برای ضریب تعیین نگل کرک مدل احتمال عبور کافی است [Khatoon, Tiwari and Chatterjee, 2013]. بنابراین با توجه به جدول (۳) و مقدار نگل کرک ۰/۵۳۰ می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مستقل این مدل از قدرت تبیین مناسبی در خصوص واریانس و تغییرات متغیر وابسته‌ی احتمال عبور برخوردارند.

در جدول ٤ صورت توافقی نسبت‌های پاسخ مشاهده شده در طبقات متغیر وابسته (قبول یا رد سرفاصله) را به پاسخ مورد انتظار در همان طبقات نشان می‌دهد. این جدول به ما کمک می‌کند تا میزان عملکرد پیش‌بینی‌پذیری مدل را ارزیابی کنیم. همانطور که در جدول ملاحظه می‌شود، درصد صحت پیش‌بینی مدل ۸۵/۹ درصد است. این مقدار صحت پیش‌بینی نشان می‌دهد که با اطمینان ۸۵/۹ درصد می‌توانیم بگوییم با استفاده از مجموع ۳ متغیر مستقل در این تحقیق، قادریم تغییرات متغیر وابسته‌ی عبور یا عدم عبور را تبیین کنیم. ضمن‌آن‌که اشتباه پیش‌بینی بدین صورت بوده است که ٤۳ مورد سرفاصله‌ی رد شده به اشتباه در گروه سرفاصله‌های قبول شده و ١٦ مورد از سرفاصله‌های قبول شده به اشتباه در گروه سرفاصله‌های رد شده قرار گرفته‌اند.

جدول۳. خلاصه مدل

ضریب تعیین نگل کرک	ضریب تعیین کاکس و نل	لگاریتم درست‌نمایی
۰/۵۳۰	۰/۳٥٤	۲۷۷/٤٦۹

جدول٤. دقت پیش‌بینی مدل احتمال عبور

مشاهده شده		پیش‌بینی شده		
		قبول یا رد سرفاصله		درصد درست
		رد	قبول	
قبول یا رد سرفاصله	رد	۵۷	٤۳	۵۷
	قبول	١٦	۳۰۲	۹۵
درصد کلی				۸۵/۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٥. ضرایب مدل اولیه‌ی رگرسیون لجستیک

نشانه متغیر	متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی والد	سطح معنی داری	نسبت بخت
WTIME	زمان انتظار	-٠/٠٥٣	٠/٠٢٨	٣/٤٦٥	٠/٠٦٣	٠/٩٤٩
FDISTANCE	فاصله وسیله نقلیه خط دور	٠/٠٣٣	٠/٠٠٥	٤٧/٥٩٣	٠/٠٠٠	١/٠٣٣
TEGAPAC	سرفاصله قابل قبول	١/٢٧١	٠/١٦٠	٦٣/٠٨٠	٠/٠٠٠	٣/٥٦٤
GRSIZE	اندازه گروه	-٠/٠٥٩	٠/٢٤٩	٠/٠٥٧	٠/٨١١	٠/٩٤٢
VETYPE	نوع وسیله نقلیه	١٨/٩٤١	١٠٢٢٢/١٦٦	٠/٠٠٠	٠/٩٩٩	١/٦٨٣E٨
NSPEED	سرعت وسیله نقلیه خط نزدیک	-٠/٠٢٣	٠/٠١٦	٢/٠٨٨	٠/١٤٨	٠/٩٧٨
Constant	مقدار ثابت	-٣/٨٢٢	١/٣٨٥	٧/٦١٩	٠/٠٠٦	٠/٠٢٢

جدول ٦. ضرایب مدل نهایی رگرسیون لجستیک

نشانه متغیر	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	آماره‌ی والد	سطح معنی داری	نسبت بخت
WTIME	زمان انتظار	-٠/٠٥٢	٠/٠٢٨	٣/٣٣٠	٠/٠٥٨	٠/٩٤٩
FDISTANCE	فاصله وسیله نقلیه خط دور	٠/٠٣٤	٠/٠٠٤	٦٠/٢١٣	٠/٠٠٠	١/٠٣٥
TEGAPAC	سرفاصله قابل قبول	١/٢٥٤	٠/١٥٨	٦٣/٢٦٧	٠/٠٠٠	٣/٥٠٥
Constant	مقدار ثابت	-٥/٥٣٤	٠/٧١٧	٥٩/٦٤٥	٠/٠٠٠	٠/٠٠٤

٥- تفسیر نتایج مدلسازی

جدول (٥) ضرایب متغیرهای مستقل را در مدل اولیه‌ی رگرسیون لجستیک و جدول (٦) ضرایب متغیرهای مستقل را در مدل نهایی رگرسیون لجستیک نشان می‌دهند. این جدول، مهم‌ترین جدول در تفسیر نتایج مربوط به معنی داری و میزان تاثیر هر متغیر مستقل بر منغیر وابسته می‌باشد. نتایج حاصل از مدل نهایی جدول (٦) نشان داد که از بین متغیرهای در نظرگرفته شده، با توجه به سطح معناداری کوچکتر از ٥ درصد، متغیرهای زمان انتظار، فاصله وسیله نقلیه خط دور و مقدار سرفاصله بر احتمال عبور عابرین از عرض جاده تاثیر گذارند. از جدول (٦) و نسبت بخت می‌توان مشاهده کرد که سرفاصله قابل قبول بیشترین اثر را در احتمال عبور عابرین پیاده دارد. نسبت بخت این متغیر برابر با ٣/٥٠٥ است که نشان می‌دهد با افزایش مقدار سرفاصله، احتمال عبور عابرین به اندازه ٣/٥٠٥ برابر و یا بیش از سه و نیم برابر افزایش می‌یابد که این نتیجه با مشاهدات یانیس و همکاران (٢٠١٣)، خاتون و همکاران (٢٠١٣) و سراگ (٢٠١٤) نیز همخوان

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد. دومین عامل موثر بر احتمال عبور عابرین فاصله وسیله نقلیه خط دور، از عابرین می‌باشد که نسبت بخت این متغیر ۱/۰۳۵ می‌باشد، یعنی با افزایش فاصله وسیله نقلیه خط دور از عابر احتمال عبور عابر به اندازه ۱/۰۳۵ و بیش از یک برابر افزایش می‌یابد که مشاهدات نصیری و ساجد (۱۳۸۱) نیز در همین راستا بوده است. اما متغیری که کم‌ترین تاثیر را بر احتمال عبور دارد، زمان انتظار قبل از عبور می‌باشد که با افزایش زمان انتظار، احتمال عبور عابرین کاهش می‌یابد که این نتیجه در تحقیقات سان و همکاران (۲۰۰۳) و یانیس و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشاهده گردید. در حالیکه بدلی و همکاران (۲۰۱۳) معتقدند با افزایش زمان انتظار، عابرین بی‌حوصله شده و احتمال عبور غیر قانونی آن‌ها افزایش می‌یابد.

به طور خلاصه، احتمال عبور عابرین زمانی بیشتر است که :

۱- سرفاصله‌ی موجود بیش‌تر باشد

۲- فاصله‌ی وسیله نقلیه خط دور از عابر بیش‌تر باشد.

۳- زمان انتظار عابر قبل از عبور کم‌تر باشد.

٦- نتیجه‌گیری

در این پژوهش عوامل موثر بر احتمال عبور دانش آموزان از عرض جاده‌های برون شهری برای ۳ مدرسه در شهرستان محمودآباد استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت که برای شناسایی عوامل موثر در احتمال عبور دانش آموزان از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای در نظرگرفته شده، با توجه به سطح معناداری کوچکتر از ۵ درصد، متغیرهای زمان انتظار، فاصله وسیله نقلیه خط دور و مقدار سرفاصله بر احتمال عبور عابرین از عرض جاده تاثیر گذارند؛ همچنین بر اساس نتایج مدلسازی مشخص شد که از بین متغیرهای معنادار، سرفاصله قابل قبول بیشترین تاثیر و زمان انتظار قبل از عبور کمترین تاثیر را در احتمال عبور عابرین داشته است. در این پژوهش مشخص شد که احتمال عبور عابرین از عرض خیابان به مقدار سرفاصله وابسته است و نه به سرعت وسایل نقلیه. دلیل این رفتار را می‌توان این‌گونه بیان کرد که عابرین پیاده در سرعت‌های بالای عبور وسایل نقلیه قادر به تشخیص سرعت نبوده و بر اساس سرفاصله موجود، تصمیم به عبور از عرض خیابان می‌گیرند. با توجه به اینکه عابرین پیاده هنگام عبور از عرض خیابان قادر به تشخیص سرعت وسایل نقلیه نیستند و این امر خطرات جدی را برای جان دانش آموزان در پی دارد می‌توان با مکان یابی صحیح تابلوها و سرعت کاه‌ها و همچنین آرام سازی ترافیک در حوالی مدارس، به نحوی که سرفاصله‌ی بیشتری برای عبور دانش‌آموزان فراهم شود؛ رفتار پر خطر دانش آموزان را به مقدار قابل توجهی کاهش داد.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Interaction
2. Uncontrolled Mid-block Crosswalks
3. Unsafe road crossing
4. Bayesian networks
5. Highway Capacity Manual

۸- مراجع

-سازمان پزشکی قانونی ایران، (۱۳۹۳)، "گروه آمار سازمان پزشکی قانونی کشور"،www.lmo.ir.

-حبیب‌پور، ک.، صفری، ر. (۱۳۹۱)،"راهنمای جامع کاربرد **SPSS** در تحقیقات پیمایشی، متفکران، تهران.

-نصیری، ح. ساجد عموقین، ی.، (۱۳۸۱)، "بررسی و شناسایی عوامل موثر بر تصادف عابرین پیاده در ایران و مدلسازی رفتار آن‌ها به هنگام عبور از عرض خیابان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

- Arman, M. A., Rafe, A. and Kretz, T. (2014), "Pedestrian Gap Acceptance Behavior, A Case Study: Tehran, Conference: Annual Meeting of the

www.SID.ir

Archive of SID

OECD/ECMT Transport research center. Speed management report. Paris, (2006).

-Pawar, D. and Patil, G. (2015), “Pedestrian temporal and spatial gap acceptance at mid-block street crossing in developing world”, Journal of Safety Research, Volume 52, pp.39–46.

-Serag, M.S. (2014), "Modeling pedestrian road crossing at uncontrolled mid-block locations in developing countries". International Journal of civil and structural Engineering, ISSN. 0976 – 4399, Volume 4, No 3.

-Sun, D., Ukkusuri, S.V.S.K., Benekohal, R. F. and Waller, S. T. (2003), “Modeling of Motorist-Pedestrian Interaction at Uncontrolled Mid-block Crosswalks”, 82nd Annual Transportation Research Board Meeting.

-Yannis, G. Papadimitriou, E. and Theofilatos, A. (2013), "Pedestrian gap acceptance for mid-block street crossing". Transportation Planning and Technology, Vol. 36, No. 5, pp.450-462.

Transportation Research Board", At Washington DC, Volume, 94.

- Bedeley, R.T., Attoh-Okine, N.O. and Lee, E.R. (2011), “Modeling pedestrian crossing behavior using Bayesian networks, Proceedings of the Institution of Civil Engineers- transport”, Volume 166, Issue TR5, ISSN: 0965-092X.

- Brewer M. A., Fitzpatrick K., Whitacre J. A. and Lord, D. (2006), “Exploration of pedestrian gap-acceptance behavior at selected locations”, Transportation research record 1982, Journal of the transportation research board, Washington D.C., pp. 132-140.

- Clifton, K. J. and Fults, K. (2007), “An examination of the environmental attributes associated withpedestrian–vehicular crashes near public schools, Accident Analysis and Prevention, Volume 39, Issue 4, pp. 708–715.

- Khatoon, M., Tiwari, G. and Chatterjee, N. (2013), "Modeling of pedestrian unsafe road crossing behavior: A comparison at a signalized and a non-3 signalized crosswalk, In TRB 92nd Annual Meeting" (No. 13-4086).

www.SID.ir