

ساخت مدل تصمیم به 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

پذیرش: 95/10/17- دریافت: 96/04/15

چکیده

یکی از بخش‌های بسیار مهم مهندسی ترافیک مسئله‌ی عبورین پیاده است. به علت ویژگی‌های معمول شخصیتی، انتظار رفتار غیرمحتاطانه از عبورین 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 عبورین پیاده در کنار چنین موسساتی مکرراً مشاهده می‌گردد. بررسی اندرکنش عبورین با وسایل نقلیه و جریان ترافیک در این نواحی می‌تواند در راستای بهبود ایمنی و تسهیلات عبورین نتایج مفیدی را ارائه کند. در این پژوهش دانش‌آموزان به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین قشرهای عبورین پیاده در جاده‌های برون‌شهری مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌ها از فیلم ویدئویی ضبط شده از محل عبور دانش‌آموزان 3 مدرسه، در جاده‌ای برون‌شهری واقع در شهرستان محمودآباد استان مازندران، طی سه روز کاری هفته استخراج گردید. سپس احتمال عبور عبورین 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 عبورین از عرض جاده تاثیر بسزایی دارند. همچنین در بین متغیرهای تاثیرگذار مقدار سرفاصله بیشترین تاثیر را در احتمال عبور عبورین داشته است.

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

1- مقدمه

اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. در ایران بیش از 30 درصد تصادفات و نیز 23 درصد تلفات رانندگی را عبورین پیاده تشکیل می‌دهند، که اکثر این تصادفات به علت عدم رعایت مقررات مربوط به ترافیک از طرف عبورین پیاده و یا رانندگان اتفاق می‌افتند. براساس آمار پزشکی قانونی 38 درصد از تلفات عبورین پیاده در راه‌های برون‌شهری اتفاق می‌افتد [سازمان پزشکی قانونی ایران 1393]؛ با توجه به بالا بودن سرعت وسایل نقلیه در راه‌های برون‌شهری و مد نظر قرار دادن این نکته که در سرعت 30 کیلومتر بر ساعت،

یکی از عوامل مهم در مهندسی ترافیک، ایمنی تردد عبورین پیاده است. بررسی پارامترهای رفتاری عبورین پیاده و همچنین خصوصیات ترافیکی محل عبور عبورین در شناسایی عوامل موثر در بروز تصادفات عبورین پیاده نقش مهمی دارند با نگاهی به آمار تصادفات عبورین پیاده مشاهده می‌شود که اغلب حوادثی که برای عبورین پیاده رخ می‌دهد، معمولاً با تلفات و یا معلولیت‌های جسمی همراه می‌گردد. این رویه برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران که 25 درصد از آن را قشر جوان تشکیل می‌دهند از

احتمال آسیب‌دیدگی عابر کمتر از 10 درصد بوده در حالیکه برخورد یک وسیله نقلیه با سرعت 80 کیلومتر بر ساعت با عابر، به احتمال قریب به یقین منجر به فوت عابر خواهد شد [OECD/ECMT Transport research center, 2006] 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 سرفاصله‌ای 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.

2- مطالعات پیشین

در سال‌های اخیر بسیاری از محققان، مطالعاتی در مورد رفتار عابرین پیاده هنگام عبور از عرض خیابان انجام داده‌اند. سان و همکاران در سال 2003 در آمریکا به مدلسازی اندرکنش¹ بین عابر و وسایل نقلیه در گذرگاه‌های کنترل نشده² 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 5 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 به دست آمده از این پژوهش، در زمینه‌ی انتخاب سرفاصله‌عبور، عابرین مسن محتاط‌تر از عابرین جوان رفتار می‌کنند [Sun(et al, 2003)]. کلیفتون و فالنس در سال 2007 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 3 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 Fufts, 2007]. خاتون و همکاران در سال 2013 در هند رفتار عبور ناامن³ (عبور در فاز سبز وسایل نقلیه در تقاطعات و عدم عبور از پل عابر در اواسط جاده‌ها) 251 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، 2/2 بار بیشتر از وقتی است که عابرین گروهی حرکت می‌کنند [khatoon, tiwarri and chatterjee, 2013]. بدلی و همکاران در سال 2013 در

آمریکا عوامل موثر در رفتار عبور عابرین پیاده به هنگام عبور از عرض خیابان را با استفاده از شبکه‌های بی‌سیم⁴ 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 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-Okine Lee, 2013 and]. آرمان و همکاران در سال 2014 رفتار سرفاصله‌ی قابل قبول 623 عابر پیاده را در یک تقاطع بدون چراغ و رفتار 607 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 یانینس 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 عابرین پیاده، 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, 2014]. در پژوهش دیگری که توسط یانینس و همکاران روی 243 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 عبور عابرین، 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]. پاور و پاتیل در سال 2015 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 50 و 85 درصد زمانی برای عابرین پیاده به ترتیب از 4/1 تا 4/8 ثانیه و از 5 تا 5/8 ثانیه و مقادیر سرفاصله 50 و 85 درصد مکانی به ترتیب از 67 تا 79 متر و از 82 تا 95 متر بوده است. مقادیر سرفاصله 50 و 85 درصد در محل این پژوهش کمتر از مقادیر گزارش شده در HCM⁵ 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 1381 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

است. اگر فرض کنیم تابع رگرسیون لجستیک احتمال وقوع پارامتر وابسته $P(y=1)$ را محاسبه کند. احتمال عدم وقوع پارامتر وابسته از رابطه (2) بدست می‌آید.

$$P(y=0 | x=(X_1 : X_n)) = \frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)}} \quad (2)$$

حال اگر احتمال وقوع و احتمال عدم وقوع را برهم تقسیم کنیم، به رابطه (3) خواهیم رسید.

$$\frac{P(Y=1|X=(X_1:X_n))}{P(Y=0|X=(X_1:X_n))} = e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)} \quad (3)$$

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

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

اگر از بخت پیشامد لگاریتم طبیعی بگیریم، لگاریتم بخت به دست می‌آید که به آن لاجیت می‌گویند. مقدار بخت از رابطه (4) به دست می‌آید.

$$\ln(\text{odds}) = \text{logit} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (4)$$

مقدار لاجیت یک معادله خطی است که تفسیر آن ساده شده است [حبیب‌پور و صفری 1391]. از این رابطه برای مدل‌سازی احتمال عبور در این پژوهش استفاده شده است. در صورتی می‌توان از مدل لاجیت استفاده کرد که شرایط زیر برقرار باشد:

- 1- متغیر وابسته حتما باید در سطح سنجش اسمی دو وجهی باشد.
- 2- متغیرهای مستقل می‌توانند هم در سطح کمی (فاصله‌ای یا نسبی) و هم در سطح کیفی طبقه بندی شده (اسمی یا ترتیبی) باشند.
- 3- لزوم تبعیت داده‌های متغیرهای مستقل از توزیع

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 داشته است [نصیری و ساجد 1381].

3- روش تحقیق

3-1- مدل مورد استفاده

هنگامی که هدف مدل‌سازی یک متغیر وابسته دو حالتی 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 (1) معرفی می‌شود.

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

در این فرمول y متغیر وابسته و $P(y)$ احتمال وقوع متغیر وابسته است. X بردار پارامترهای موثر بر وقوع متغیر وابسته است و β ها ضرایب پارامترها هستند. ضرایب موجود در رگرسیون لجستیک قابل تفسیر نیست، برای اینکه ضرایب این مدل مانند ضرایب مدل‌های رگرسیون خطی قابل تفسیر باشد، نیاز به تبدیل این تابع است. یکی از تبدیل‌های این تابع که در این پژوهش از آن استفاده شده، تبدیل لاجیت

نرمال ضروری نیست، اما چنانچه این متغیرها دارای توزیع نرمال باشند، در آن صورت برازش مدل بهتر خواهد بود.

4- چند هم خطی نبودن متغیرهای مستقل، از دیگر مفروضات رگرسیون لجستیک می باشد. چرا که در صورت چند هم خطی بودن این متغیرها، برآوردها دارای اریب بوده و خطاهای استاندارد نیز نوسان زیادی خواهند داشت [حبیب پور و صفری 1391].

پس از مدلسازی نیاز به بررسی دقت برازش مدل هاست که این کار با شاخص های مختلف صورت می گیرد. در این پژوهش برازش کلی مدل توسط آماره مربع کای بررسی شده است.

3-2- 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، دوطرفه ای جدا شده توسط میانه ای به عرض $3/2$ متر است که در هر طرف آن دوخط عبور $4/5$ متری وجود دارد که در شکل (1) محدوده مورد بررسی، موقعیت مدارس و محل نصب دوربین در گوگل ارث نشان داده شده است

3-3- جمع آوری داده ها

داده های رفتار عبوری عابرین از طریق فیلم برداری از محل مورد بررسی جمع آوری شد. به این منظور یک دوربین با کیفیت بالا (30 فریم بر ثانیه) در طبقه ی هفتم ساختمان

مشرف بر محل مورد مطالعه نصب شد. فیلم برداری از ساعت 7:15 تا 8 صبح در سه روز شنبه نهم، یکشنبه دهم و دوشنبه یازدهم اسفند 1393 انجام شد که در طول روزهای فیلم برداری شرایط آب و هوایی صاف و آفتابی بوده است. برای اندازه گیری دقیق متغیرها در مقطع مورد مطالعه 120 متر از طول جاده با استفاده از رنگ به صورت مخفی علامت گذاری شد، به نحوی که در فیلم ها برای اندازه گیری فواصل قابل تشخیص باشد.

3-4- استخراج داده ها

در این پژوهش براساس تحقیقات پیشین عواملی که انتظار می رود احتمال عبور عابرین را تحت تاثیر قرار دهد به شرح جدول (1) مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که به نظر می رسد عابر عبور از هر خط را به عنوان یک مرحله عبور مستقل در نظر می گیرد [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 می کنند یک مورد در نظر گرفته شد.

فیلم های ضبط شده، توسط نرم افزار tracker فریم به فریم مورد بررسی قرار گرفت. در استخراج داده های مدل احتمال عبور، سرفاصله های رد شده ی 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 318 مورد سرفاصله ی پذیرفته شده، 100 مورد سرفاصله ی رد شده که با انتخاب عابر بوده، ثبت گردید. یک مورد استخراج داده از فیلم ضبط شده که در شکل (2) نشان داده شده است.

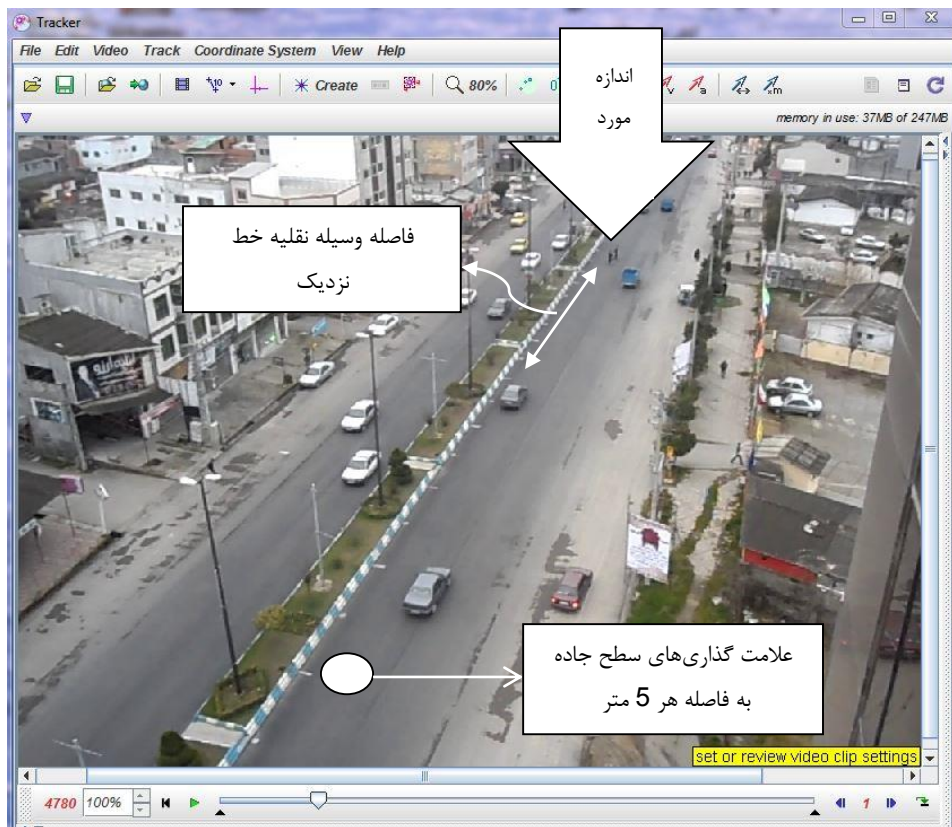


شکل 1. محدوده مورد بررسی در گوگل ارت

جدول 1. معرفی متغیرهای مدل احتمال عبور

نماد متغیر	متغیر	نوع متغیر	واحد یا کد متغیر	توضیحات
STCROSS	مرحله عبور	گسسته	خط نزدیک: 0؛ خط دور: 1	
NOBSER	تعداد مشاهدات عابر		تعداد مشاهدات عابر در خطوط مرزی برای قبول سرفاصله مناسب	
GRSIZE	اندازه مورد		تعداد	تعداد عابری که در حین عبور
VTYPE	نوع وسیله نقلیه		سبک: 0؛ سنگین: 1	
CROSSING	عبور کردن عابر		خیر: 0؛ بله: 1	
FATM	تعداد تلاش برای عبور		تعداد تلاش عابر برای قبول سرفاصله مناسب	
NVEHSPEED	سرعت وسیله نقلیه خط نزدیک		پیوسته	کیلومتر بر ساعت
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 محدوده خطوط مرزی منتظر می ماند تا یک سرفاصله را بپذیرد. اختلاف زمانی بین لحظه ای که عابر آماده عبور از عرض خیابان است و لحظه ای که جلوی	
TEGAPAC	سرفاصله پذیرفته شده			

وسيله نقلیه از خط مجازی عبور عابر می‌گذرد.				
--	--	--	--	--



شکل 2. یک نمونه استخراج داده از فیلم ضبط شده در داخل نرم افزار tracker

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

4- مدلسازی

4-1- 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 (1) 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

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.

4-2- ارزیابی مدل

در جدول (2) نتایج آزمون اومنیوس مربوط به ارزیابی کل مدل رگرسیونی لجستیک و آزمون هاسمر-لمشو که نشان دهنده تطابق بین تعداد موارد مشاهده شده و مورد انتظار برای دو طبقه عبور یا عدم عبور می‌باشد، آورده شده است.

جدول 2. آزمون اومنیوس و هاسمر-لمشو

سطح معناداری	کای دو	آزمون
0/00	182/494	امنیوس
0/947	2/794	هاسمر-لمشو

آزمون اومنیوس به بررسی این موضوع می‌پردازد که مدل تا چه اندازه قدرت تبیین و کارایی دارد [حبیب‌پور و صفری 1391]؛ که با توجه به نتایج حاصل از آزمون اومنیوس، برازش مدل قابل قبول و در سطح خطای کوچک‌تر از 0/01 معنی‌دار است. همچنین سطح معناداری بیشتر از 5 درصد آزمون هاسمر-لمشو ($\text{sig} > 0.05$)، نشان دهنده‌ی مناسب بودن برازش مدل نهایی می‌باشد.

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 تاثیر ناچیزی بر روی متغیر هدف مدل (قبول یا رد سرفاصله) داشتند ($\text{sig} > 0.05$)، از مدل کنار 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 عبور عابرین از عرض خیابان به صورت معادله (5) می‌باشد.

$$(5) \quad \text{احتمال عبور از عرض خیابان} = \frac{e^U}{1+e^U}$$

$$U = -5.534 - .052 * \text{WTIME} + .034 * \text{FDISTANCE} + 1.254 * \text{TEGAPAC}$$

برای بیان صریح‌تر و روشن‌تر مدل بدست آمده، یک مثال ارائه می‌شود. با توجه به شکل (3) اگر فرض شود یک عابر پیاده مدت زمان دو ثانیه برای عبور از عرض خیابان منتظر بماند و در یک لحظه سرفاصله‌ای به اندازه 2/25 ثانیه در خط نزدیک به عابر بوجود بیاید و همزمان وسیله نقلیه‌ای با فاصله‌ی 42 متر از عابر در خط دور از عابر قرار داشته باشد، بر اساس مدل بدست آمده و جایگذاری مقادیر در معادله (5) این عابر با احتمال 19/96 درصد با این شرایط از خیابان عبور خواهد کرد. با استفاده از مدل (5) می‌توان



شکل 3. مثال مدل احتمال عبور

لگاریتم درست‌نمایی	ضریب تعیین کاکس و نل	ضریب تعیین نگل کرک
277/469	0/354	0/530

جدول (4) به 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 85/9 درصد است. این مقدار صحت پیش‌بینی نشان می‌دهد که با اطمینان 85/9 درصد می‌توانیم بگوییم با استفاده از مجموع 3 متغیر مستقل در این تحقیق، قادریم تغییرات متغیر وابسته‌ی عبور یا عدم عبور را تبیین کنیم. ضمن آن‌که اشتباه پیش‌بینی بدین صورت بوده است که 43 مورد سرفاصله‌ی رد شده به اشتباه در گروه سرفاصله‌های قبول شده و 16 مورد از سرفاصله‌های قبول شده به اشتباه در گروه سرفاصله‌های رد شده قرار گرفته‌اند.

جدول 4. دقت پیش‌بینی مدل احتمال عبور

پیش‌بینی شده		مشاهده شده
درصد درست	قبول یا رد سرفاصله	

جدول (3) نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمایی و ضریب تعیین پژوهی (شامل ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نگل کرک) را نشان می‌دهد. این ضرایب، تقریب‌های ضریب تعیین (R2) 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 پژوهی بین 0 تا 1 نوسان دارد و هر چه مقدار این آماره‌ها به عدد 1 نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد که نقش متغیرهای مستقل در تبیین واریانس متغیر وابسته زیاد است و برعکس، مقادیر نزدیک به 0 دلالت بر نقش ضعیف متغیرها در این امر دارد. با توجه به اینکه از نظر خاتون و همکاران مقدار 0/417 برای ضریب تعیین نگل کرک مدل احتمال عبور کافی است [Khatoun, Tiwari and Chatterjee, 2013]. بنابراین با توجه به جدول (3) و مقدار نگل کرک 0/530 می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مستقل این مدل از قدرت تبیین مناسبی در خصوص واریانس و تغییرات متغیر وابسته‌ی احتمال عبور برخوردارند.

جدول 3. خلاصه مدل

5- تفسیر نتایج مدل‌سازی

جدول (5) ضرایب متغیرهای مستقل را در مدل اولیه‌ی رگرسیون لجستیک و جدول (6) 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 متغیر وابسته می‌باشد.

	قبول	رد		
57	43	57	رد	قبول یا رد سرفاصله
95	302	16	قبول	
85/9			درصد کلی	

جدول 5. ضرایب مدل اولیه‌ی رگرسیون لجستیک

نسبت بخت	سطح معنی داری	آماره‌ی والد	خطای استاندارد	ضریب	متغیر	نشانه متغیر
0/949	0/063	3/465	0/028	-0/053	زمان انتظار	WTIME
1/033	0/000	47/593	0/005	0/033	فاصله وسیله نقلیه خط دور	FDISTANCE
3/564	0/000	63/080	0/160	1/271	سرفاصله قابل قبول	TEGAPAC
0/942	0/811	0/057	0/249	-0/059	اندازه گروه	GRSIZE
1/683E8	0/999	0/000	10222/166	18/941	نوع وسیله نقلیه	VETYPE
0/978	0/148	2/088	0/016	-0/023	سرعت وسیله نقلیه خط نزدیک	NSPEED
0/022	0/006	7/619	1/385	-3/822	مقدار ثابت	Constant

جدول 6. ضرایب مدل نهایی رگرسیون لجستیک

نسبت بخت	سطح معنی داری	آماره‌ی والد	خطای استاندارد	ضریب B	متغیر	نشانه متغیر
0/949	0/058	3/330	0/028	-0/052	زمان انتظار	WTIME
1/035	0/000	60/213	0/004	0/034	فاصله وسیله نقلیه خط دور	FDISTANCE
3/505	0/000	63/267	0/158	1/254	سرفاصله قابل قبول	TEGAPAC
0/004	0/000	59/645	0/717	-5/534	مقدار ثابت	Constant

نتایج حاصل از مدل نهایی جدول (6) نشان داد که از بین متغیرهای در نظر گرفته شده، با توجه به سطح معناداری کوچکتر از 5 درصد، متغیرهای زمان انتظار، فاصله وسیله نقلیه خط دور و مقدار سرفاصله بر احتمال عبور عابرین از عرض جاده تاثیر گذارند. از جدول (6) و نسبت بخت می توان مشاهده کرد که سرفاصله قابل قبول بیشترین اثر را در احتمال عبور عابرین پیاده دارد. نسبت بخت این متغیر برابر با $3/505$ است که نشان می دهد با افزایش مقدار سرفاصله، احتمال عبور عابرین به اندازه $3/505$ برابر و یا بیش از سه و نیم برابر افزایش می یابد که این نتیجه با مشاهدات یانیس و همکاران (2013)، خاتون و همکاران (2013) و سراگ (2014) نیز همخوان می باشد. دومین عامل موثر بر احتمال عبور عابرین فاصله وسیله نقلیه خط دور، از عابرین می باشد که نسبت بخت این متغیر $1/035$ می باشد، یعنی با افزایش فاصله وسیله نقلیه خط دور از عابر احتمال عبور عابر به اندازه $1/035$ و بیش از یک برابر افزایش می یابد که مشاهدات نصیری و ساجد (1381) نیز در همین راستا بوده است. اما متغیری که کمترین تاثیر را بر احتمال عبور دارد، زمان انتظار قبل از عبور می باشد که با افزایش زمان انتظار، احتمال عبور عابرین کاهش می یابد که این نتیجه در تحقیقات سان و همکاران (2003) و یانیس و همکاران (2013) نیز مشاهده گردید. در حالیکه بدلی و همکاران (2013) معتقدند با افزایش زمان انتظار، عابرین بی حوصله شده و احتمال عبور غیر قانونی آن ها افزایش می یابد.

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

- 1- سرفاصله‌ی موجود بیش تر باشد
- 2- فاصله‌ی وسیله نقلیه خط دور از عابر بیش تر باشد.
- 3- زمان انتظار عابر قبل از عبور کم تر باشد.

از عرض جاده‌های برون شهری برای 3 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 نظر گرفته شده، با توجه به سطح معناداری کوچکتر از 5 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 مدل سازی 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 می توان این گونه بیان کرد که عابرین پیاده در سرعت های بالای عبور وسایل نقلیه قادر به تشخیص سرعت نبوده و بر اساس سرفاصله موجود، تصمیم به عبور از عرض خیابان می گیرند. 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 می توان با مکان یابی صحیح تابلوها و سرعت کاه ها و همچنین آرام سازی ترافیک در حوالی مدارس، به نحوی که سرفاصله‌ی بیشتری برای عبور دانش آموزان فراهم شود؛ رفتار پر خطر دانش آموزان را به مقدار قابل توجهی کاهش داد..

7- پی نوشت ها

1. Interaction
2. Uncontrolled Mid-Block Crosswalks
3. Unsafe Road Crossing
4. Bayesian Networks
5. Highway Capacity Manual

8- مراجع

- سازمان پزشکی قانونی ایران، (1393)، گروه آمار سازمان

6- نتیجه گیری

در این پژوهش عوامل موثر بر احتمال عبور دانش آموزان

- examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools”, *Accident Analysis and Prevention*, Volume 39, Issue 4, pp. 708–715.
- Khatoon, M., Tiwari, G. and Chatterjee, N. (2013), Modelling 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).
 - OECD/ECMT (2006), Transport research center. Speed management report. Paris.
 - 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), Modelling pedestrian road crossing at uncontrolled mid-block locations in developing countries. *International Journal of civil and structural Engineering*, ISSN 0976 – 4399, Vol. 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.
- پزشکی قانونی کشور، www.lmo.ir.
- حبیب‌پور، ک.، صفری، ر.، (1391)، "راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی، متفکران، تهران.
 - نصیری، ح.، ساجد عموقین، ی. (1381)، "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 Transportation Research Board, At Washington DC, Vol., 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, Journal of the transportation research board", Washington D.C., pp. 132-140.
 - Clifton, K. J. and Fults, K. (2007), "An