

## مدلسازی ریسک و ایمنی عبور دانش آموزان در مدارس حاشیه راه

فرشیدرضا حقیقی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران  
محمد غلام‌نژاد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

E-mail: hagihighi@nit.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۳۱ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۷

### چکیده

عابرین پیاده (به‌ویژه) در کشورهای در حال رشد، یکی از آسیب‌پذیرترین گروه‌های فعال در ترافیک را تشکیل می‌دهند. در بین این گروه، کودکان به علل مختلف ریسک بالاتری دارند. در کشور ایران به دلیل وجود مدارس در حاشیه راه‌ها این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق ابتدا شرایط عبور از عرض خیابان در یک مدرسه داخل شهری درکناره خیابان به وسیله ویدیوگرافی مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل، از جنبه‌های تعارض قرارگرفته، سپس با استفاده از تکنیک‌های ریاضی با استفاده از متغیرهای استخراج شده مدلسازی تعارض و ریسک ایمنی عبور پرداخته شده است. در همین راستا ارزیابی‌های آماری عبور دانش‌آموزان از عرض خیابان نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۱۰ متغیر نظیر اندازه گروه عبور، سرعت نزدیک شدن، زمان انتظار قبل از عبور، زمان توقف و انتظار روی خط، متوسط زمان عبور، سرعت متوسط عبور، توجه به وسایل نقلیه نزدیک شونده، عقب برگشتن از مسیر، نحوه عبور، حاشیه ایمنی و نوع وسیله نقلیه بر ایمنی دانش‌آموزان مؤثر بوده که در این میان توجه به وسیله نقلیه در حال عبور از همه بیشتر و زمان انتظار پیش از عبور از هر خط کمترین تاثیر را در تصمیم‌گیری‌های عبور از عرض خیابان داشته اند.

واژه‌های کلیدی: ایمنی مدارس، عابرین پیاده، تعارض، ریسک تصادفات

## ۱. مقدمه

و عابرین سالخورده ریسک‌پذیری کمتر و زمان انتظار طولانی‌تری دارند. کلیفتون و فالنس [Clifton and Fufts, 2007] در کار خود به بررسی تصادفات عابر پیاده - وسائل نقلیه در مجاورت مدارس دولتی، شدت جراحات، و ارتباط آنها با ویژگی‌های فیزیکی و اجتماعی در نزدیکی مدارس پرداخته‌اند. در کار آنها با استفاده از مدل‌های چند متغیره مانند شدت تصادف و قرار گرفتن در معرض خطر تصادف به عنوان یک تابع از ویژگی‌های اجتماعی و فیزیکی منطقه استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که حضور یک پارکینگ مقابل ورودی و یا چرخش در ورودی مدرسه وقوع تصادف و شدت آسیب را کاهش می‌دهد. در مقابل، وجود امکانات تفریحی در مدرسه به طور مثبت با وقوع تصادف و شدت آسیب تصادفات در ارتباط است. لی و همکاران [Lee, Abdel-Atya and Chundia, 2011]، در تحقیقی، تجزیه و تحلیل فضایی-جغرافیایی و آنالیز خطی تصادفات عابر پیاده و دوچرخه سوار مربوط به کودکان سنین مدرسه را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه محل تصادفات عابر پیاده/دوچرخه مربوط به دانش‌آموزان و شرایطی را که این تصادفات بیشتر احتمال وقوع دارند را مورد بررسی قرار دادند. توزیع فضایی تصادفات با استفاده از (GIS) و احتمال وقوع تصادف با استفاده از مدل‌های خطی تخمین زده شد. نتایج نشان می‌دهد که نقش نوجوانان مدارس متوسطه و دبیرستان در تصادفات جاده‌های سرعت بالا و چند خطه، بیشتر از نقش کودکان دبستانی بوده است. همچنین سن رانندگان، جنسیت، و مصرف الکل، سن عابر پیاده/دوچرخه، تعداد خطوط، نوع میانه، محدودیت سرعت، و نسبت سرعت نیز با فراوانی تصادفات ارتباط دارد. بسیاری از مطالعات انجام شده، بخصوص در داخل کشور، به بررسی تأثیر یک یا چند تسهیلات ایمن سازی پرداخته‌اند، برای مثال به بررسی تأثیر رنگ روسازی بر ایمنی پرداخته شده است، همچنین اکثر مطالعات آماری انجام گرفته در تحقیقات گذشته، بیشتر جنبه پرسش‌نامه‌ای و امتیاز دهی از کاربران داشته‌است. از این رو در پژوهش حاضر ایمنی دانش‌آموزان بطور جامع با توجه به تجربیات فراوان کشورهای پیشرفته در این زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بررسی‌ها و تحقیقات صورت‌گرفته حاکی از این واقعیت است که ایمنی ترافیک کودکان در میان کشورهای در حال رشد در سطح غیر قابل قبولی بوده و گروه سنی ۵ تا ۱۵ سال بویژه در گروه عابرین پیاده بیشترین میزان خطرپذیری را دارا است و تصادفات به‌عنوان دومین علل آسیب‌ها و صدمات منجر به مرگ غیر عمدی در میان کودکان این گروه سنی در سراسر جهان معرفی می‌شود [Zhuang and Wu, 2011].

در بررسی مطالعات پیشین انجام گرفته برای کودکان و دانش‌آموزان ساماندهی و عبور و مرور آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لافللام و همکاران [Laflammea, Menck-ela and Aldenberg, 1998]، به تحقیقی با عنوان «الگوهای آسیب مدرسه: ابزاری برای برنامه ریزی ایمنی در سطح مدرسه و جامعه»، پرداختند؛ هدف این تحقیق آسیب شناسی تهدیدهای موجود دانش‌آموزان برای بسط و گسترش استراتژی‌های ایمنی است. نتایج این تحقیق امکان استفاده از الگوهای آسیب شناسی جهت پیشگیری از آسیب‌ها و تصادفات در مدارس را امکان پذیر می‌نماید. حامد [Hamed, 2001] رفتار عابرین را در محل خط‌کشی عابر پیاده بررسی نمود. حامد در این پژوهش متغیرهای سن، جنسیت و خصوصیات اجتماعی-اقتصادی عابر پیاده و تعداد عابرینی را که سعی دارند به صورت گروهی از محل خط‌کشی عبور کنند مد نظر قرار داد. او نتایج کار خود را به این صورت شرح داد که عابرین معمولاً با آگاهی از اینکه رانندگان تمایل ندارند توقف کنند و به آنها راه عبور دهند، در کنار جدول منتظر می‌مانند و سعی می‌کنند با حرکت‌های آرام به درون خط‌کشی و مسیر عبور، رانندگان را وادار به کاهش سرعت و توقف کنند؛ اگر ناموفق باشند به کنار جدول برگشته و دوباره سعی می‌کنند تا اینکه سرانجام موفق به عبور شوند. استفاده نکردن از سرفاصله‌های متوالی منجر به طولانی شدن زمان انتظار می‌گردد. نتایج نشان داد عابرینی که به نوعی درگیر در تصادف و یا شاهد بروز آن بوده‌اند زمان انتظار زیاد و ریسک‌پذیری کمتری دارند. همچنین عابرین خانم، عابر همراه با کودک، عابرینی که وسیله نقلیه شخصی دارند

## ۲. تعارض عابر و خودرو

سالها از آمار تصادفات به عنوان ابزاری برای سنجش ایمنی راهها استفاده می‌شد. اگر تعداد غیرمعمول و زیادی از تصادفات در یک محل رخ دهد، نشان دهنده این است که احتمالاً مسئله‌ای در ارتباط با طراحی راه و یا عملکرد سیستم ترافیک، ایمنی لازم را تأمین نمی‌کند. استفاده از این معیار با مشکلات زیادی همراه است. یکی از این مشکلات این است که همه تصادفات گزارش نمی‌شوند و نیز اینکه پیگیری عواقب و گزارش شدت تصادفات اغلب دشوار است؛ به این معنا که به عنوان مثال، تصادفی در محل به عنوان جرحی ثبت می‌گردد، در حالی که بعدتر منجر به فوت شده‌است. به علاوه گاهی در گزارش تصادفات خطاها و نواقصی اتفاق می‌افتد. همچنین تصادفات معمولاً فراوانی زیادی ندارند و پراکنده رخ می‌دهند، بنابراین زمانی طولانی مورد نیاز خواهد بود تا اطلاعات کافی و مفیدی جهت بررسی گردآوری شود. علاوه بر این آمار پلیس جنبه‌های رفتاری و موقعیتی وقایع را پوشش نمی‌دهند. با توجه به دلایل ذکر شده، نیاز به یک روش جایگزین یا مکمل برای سنجش ایمنی راهها ایجاد شد. در این راستا مهندسين ترافیک سالها به مشاهده عملکرد ترافیک پرداختند تا سرنخ‌های مفیدی برای شناسایی موقعیت‌های ناامن به دست آورند. در سال ۱۹۶۷ دو محقق در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی جنرال موتورز، رسماً مجموعه‌ای از تعریف‌ها و روندها را برای مشاهده تعارضات در تقاطع‌ها ارائه نمودند. این محققین برای بیش از ۲۰ الگوی تصادف متناظر، الگوهای تعارض ترافیکی تشخیص دادند. این روند به عنوان روش تعارض ترافیکی که ابزاری بود برای تشخیص پتانسیل تصادف، شناخته شد [Parker and Zegeer, 1989].

امروزه از تلفیق روش تعارض ترافیکی با مطالعات رفتاری و بانکهای اطلاعاتی، می‌توان به ابزارهای کارآمدی برای تحلیل مسائل ترافیکی دست یافت. روش‌های متعددی تحت عنوان تعارض ترافیکی بوجود آمده و توسعه یافته‌اند که این روشها در تعریف اولیه تعارض و عمل گریز اتفاق نظر دارند و تفاوت

آنها در روند سنجش تعارض است. تعارض موقعیتی است که در آن دو یا چند کاربر راه از نظر زمانی و مکانی به هم نزدیک می‌شوند، تا جایی که اگر تغییری در وضعیت حرکت حداقل یکی از ایشان ایجاد نشود، برخورد آنها قریب‌الوقوع است [Archer, 2001]. اقدامی که حداقل یکی از کاربران به منظور گریز از خطر برخورد اتخاذ می‌نماید، عمل گریز نامیده می‌شود. متداول‌ترین اعمال گریز برای وسایل نقلیه شامل ترمزگیری یا تغییر زاویه حرکت، و برای عابر، توقف، کاهش چشمگیر سرعت و یا دویدن است [Archer, 2001]. مطالعات بین‌المللی و کالیبراسیون نشان می‌دهند بین روشهای مختلف تعارض ترافیکی توافق عمومی وجود دارد و نتیجه‌گیری‌های حاصل بسیار مشابه‌اند [Glauz and Migletz, 1980]. روش تعارض ترافیکی سوئدی یکی از انواع روشهای تعارض ترافیکی است که از برآوردهای زمانی و مکانی استفاده می‌کند و کامل‌ترین روش تعارض ترافیکی دانسته می‌شود [Svensson and Hyden, 2006]. پارامترهای مورد استفاده در این روش عبارتند از: سرعت تعارض<sup>۱</sup> (CS) و زمان تا تصادف<sup>۲</sup> (TA). در لحظه وقوع عمل گریز، سرعت اولیه عابر و خودرو، که به آنها سرعت تعارض می‌گویند، و همچنین امتداد مسیرهای عابر و وسیله نقلیه در لحظه شروع تعارض که به محل بالقوه برخورد منتهی می‌شود، در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس مقادیر گفته شده، و با استفاده از عبارت (۱) مقادیر زمان‌های تا تصادف عابر و وسیله نقلیه، به دست می‌آیند [Svensson and Hydén, 2006].

$$T=D/V \quad (1)$$

در عبارت (۱) T، زمان تا تصادف (مدت زمان از لحظه انجام عمل گریز تا لحظه احتمال برخورد) است؛ برخوردی که اگر کاربر جاده با همان سرعت و یا جهت اولیه حرکت کند، مطمئناً رخ خواهد داد. در شکل (۱) این مورد به صورت نموداری با در نظر گرفتن V سرعت تعارض (سرعت کاربر جاده مورد نظر درست قبل از انجام عمل گریز) و زمان تا برخورد بر اساس گراف تهیه شده توسط هایدن و اسونسون در مطالعات سال ۲۰۰۶ آنها قابل تشخیص است.

### ۳. روش شناسی و مطالعه موردی

ترافیکی سوئدی (شامل زمان تا تصادف و سرعت وسایل نزدیک شونده)، با مرور مطالعات رفتاری پیشین، متغیرهای رفتاری مطابق جدول (۱) نیز در نظر گرفته شد. معیارهای سنجش در این مطالعه قضاوت‌های دیداری، شاخص‌های طولی و زمان بودند که به همراه شاخص‌های طولی با استفاده از علائم طبیعی (ابعاد خط‌کشی، علامتهای روی روسازی و ...) و شاخصهای زمانی با بررسی فریم به فریم فیلم تعیین شدند.

#### ۲-۳ روش شناسی

در این مطالعه، از دو تکنیک رگرسیون لاجستیک برای پیش بینی احتمال درگیری عابر در تعارض، و رگرسیون خطی برای پیش‌بینی مرتبه‌ی تعارض استفاده شده است. در مدل پیش‌بینی احتمال درگیری عابر در تعارض با استفاده از رگرسیون لاجستیک با توجه به اینکه متغیر وابسته (یعنی احتمال درگیری در تعارض) دو وضعیتی است از رگرسیون لاجستیک استفاده شده است. احتمال درگیری عابرین پیاده در تعارض از عبارت (۲) به دست می‌آید [Tarko et al, 2009].

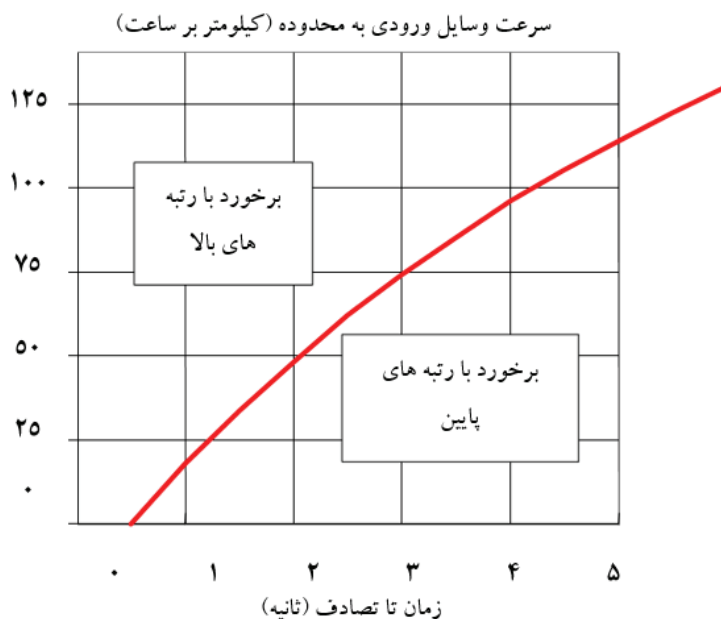
$$p = e^y / (1 + e^y) \quad (2)$$

که در آن Y از رگرسیون لاجستیک با فرض میانگین برای تمامی

هدف این مطالعه بررسی جنبه‌های رفتاری و ایمنی ریسک عبور دانش‌آموزان از عرض خیابان است؛ به این منظور شرایط عبور از عرض خیابان در یک مدرسه داخل شهری درکناره خیابان به وسیله ویدیوگرافی مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل از جنبه‌های تعارض قرارگرفته، سپس با استفاده از تکنیک‌های ریاضی و استفاده از متغیرهای استخراج شده، مدل‌سازی تعارض و ریسک ایمنی عبور انجام شده است. خیابان مورد بررسی، یک راه دو طرفه جداشده توسط میانه است که هر طرف آن متشکل از دو خط ترافیکی و یک خط برای پارک است، به این ترتیب می‌توان برای هر عابر چهار مرحله‌ی عبور متصور شد. شکل (۲) ورودی مدرسه ابتدایی و خیابان محل مطالعه در شهر را نشان می‌دهد که در روزهای شنبه ۹۳/۰۲/۱۳ و یکشنبه ۹۳/۰۲/۱۴ از ساعت ۱۲ ظهر تا ۲ بعد از ظهر فیلمبرداری انجام شده است.

#### ۱-۳ استخراج داده

این مطالعه ترکیبی از روش تعارض ترافیکی سوئدی (که در انتهای بخش دوم همین مقاله تشریح شده است) با پژوهش‌های رفتاری است؛ در واقع علاوه بر پارامترهای مربوط به روش تعارض



شکل ۱. تعیین رتبه تعارض بر اساس روش تعارض ترافیکی سوئدی

به منظور تعیین احتمال درگیری دانش آموزان در تعارض انجام می‌گردد. برای متغیرهای گسسته مربوط به عابر، مقادیر با فراوانی بیشتر، و برای متغیرهای پیوسته، مقادیر متوسط به عنوان "مورد متوسط" در نظر گرفته شد. در مورد روز و بازه زمانی نیز پرخطرترین گزینه‌ها انتخاب شدند. جدول (۲)، وضعیت متغیرهای مستقل وارد شده به مدل و عبارت (۴) شکل کلی مدل را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول (۲)، متغیرهای زمان انتظار پیش از عبور از هر خط، متوسط زمان عبور و زمان توقف و انتظار روی خط، دارای سطح معناداری بالاتر از ۰/۰۵ شده‌اند؛ و در مدلسازی حذف می‌گردند.

$$Y = -7.175 + 2.837V_a + 1.473V_c + 1.384N - 3.07A_i - 2.697B_{ck} - 2.584C_f + 2.805S_f + 2.286V_h \quad (4)$$

با توجه به عبارت (۴) و تعیین متغیر  $Y$ ، احتمال درگیری یک عابر در تعارض از عبارت (۲) به دست می‌آید. شکل (۳) ستون سمت چپ، میزان این احتمال را برای مدرسه مورد مطالعه نشان می‌دهد که نتیجتاً خط عبور شماره ۲ دارای بالاترین احتمال درگیری عابر در تعارض به میزان ۷۲٪ است. به بیان دیگر احتمال درگیری

داده‌های ورودی به دست می‌آید. رابطه میان متغیر وابسته (احتمال درگیری در تعارض) و متغیرهای مستقل (اندازه گروه عبور، سرعت نزدیک شدن، زمان انتظار قبل از عبور، زمان توقف و انتظار روی خط، متوسط زمان عبور، سرعت متوسط عبور، توجه به وسایل نقلیه نزدیک شونده، عقب برگشتن از مسیر، نحوه عبور، حاشیه‌ی ایمنی و نوع وسیله‌ی نقلیه) در تابع رگرسیون لجستیک به صورت عمومی عبارت (۳) مطرح شده است.

$$Y = A + B_1(V_a) + B_2(T_w) + \dots + B_{11}(S_f) \quad (3)$$

که در آن  $A$  عرض از مبدأ (یا مقدار ثابت)،  $B_i$  ضریب متغیرهای مستقل یا پیش‌بینی‌کننده است؛ به منظور دستیابی به مدل بهینه پیش‌بینی احتمال درگیری عابر در تعارض، تمامی ۴۸۰ مورد مشاهده شده به صورت تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS، در مدل وارد شدند و در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تحلیل قرار گرفتند.

#### ۴. نتایج مدلسازی

۴-۱ رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی احتمال تعارض با استفاده از داده‌های کدگذاری شده مدلسازی رگرسیون لجستیک



شکل ۲. نمایی از محوطه‌ی عبور دانش آموزان در جلوی درب مدرسه

جدول ۱. متغیرهای در نظر گرفته شده

منبع	توضیحات	واحد	نوع متغیر	متغیر	
همکاران ۲۰۱۱ و زوانگ و	سرعت نزدیک شدن عابر به لیه معبر یا خط‌کشی؛	m/s	پیوسته	V <sub>a</sub>	سرعت نزدیک شدن
	مدت زمان انتظار در خط مرزی، پیش از ورود به هر خط	s		T <sub>w</sub>	زمان انتظار قبل از عبور
	مدت زمان توقف و انتظار روی خط			T <sub>l</sub>	زمان توقف و انتظار روی خط
زمانی که عابر در خط عبور در حرکت بوده است	T <sub>c</sub>			زمان عبور	
همکاران ۲۰۰۷ و کلیفتون و	طولی از خط عبور که عابر در حرکت بوده است، تقسیم بر زمان عبور	m/s		V <sub>c</sub>	سرعت متوسط عبور
	عابری که (صرف نظر از جهت حرکت) همزمان در یک خط حضور دارند	-		گسسته	N
زوانگ و وو ۲۰۱۱	نگاه کردن به سمت جریان ترافیک نزدیک‌شونده خیر: ۰؛ بله: ۱	-	A <sub>t</sub>		توجه به وسایل نقلیه نزدیک شونده
	خیر: ۰؛ بله: ۱	-	اسمی- گسسته	B <sub>ck</sub>	عقب برگشتن از مسیر
	دویدن: ۰؛ راه رفتن: ۱			C <sub>r</sub>	-نحوه عبور
	سواری: ۰؛ غیره: ۱	-	V <sub>h</sub>	نوع وسیله نقلیه	
فاصله‌ی زمانی بین عبور عابر از نقطه‌ای روی خط عبور، تا زمان عبور وسیله نقلیه‌ی بعدی از آن نقطه	-	پیوسته	S <sub>f</sub>	حاشیه‌ی ایمنی	

برای بررسی رابطه‌ی بین درگیری در تعارض با متغیرهای مستقلی که توصیفی می‌باشند از متغیرهای مستقل تصنعی<sup>۳</sup> به شرح داده شده در توضیحات و با کدهای ۰ و ۱ استفاده شده است.

مطالعه صادق است و با تغییر شرایط، احتمال تغییر آن وجود دارد. بطور مثال ممکن است با حذف جزیره میانی، با توجه به اینکه افراد تمایلی برای ایستادن در محیط بدون حاشیه ایمنی نداشته و سعی می‌کنند با سرعت بالاتر و زمان کمتر از عرض خیابان عبور نمایند، احتمال تعارض در خط شماره ۲ بازم افزایش یابد. به‌منظور اعتبارسنجی و اطمینان از نتایج مطالعات از روند تحقیق در مکان دیگری در شهر، روبروی درب دانشگاه در خیابانی معادل با خیابان مورد نظر، اطلاعات عبور عابری از عرض خیابان جمع آوری و احتمال‌های تعارض در خطوط مختلف استخراج شد که در شکل (۳) ستون سمت راست این مقادیر را نشان می‌دهد که قابل مقایسه با مطالعات اصلی است؛ و بازم ضریب اهمیت خطوط به ترتیب خط‌های دوم، یکم، سوم و چهارم است.

تعارض در ۴ خط مورد مطالعه به‌ترتیب بیشترین در خط دوم، خط اول، خط سوم و خط چهارم است. بدین ترتیب که دانش آموزان در خط شماره ۱ با توجه به ورود به خیابان باید پارامترهای متفاوت را بررسی و اقدام به حرکت نماید. پس از عبور از خط شماره ۱، عبور دارای بیشترین مخاطره و احتمال آسیب است چراکه در میانه راه فرصت کافی برای ارزیابی آسیب‌های احتمالی وجود ندارد. پس از آن در خط شماره ۳ با توجه به اینکه افراد در جزیره میانی راه توقف کرده و پس از ارزیابی آسیب‌ها با سرعت مناسب حرکت می‌کنند، احتمال آسیب و درگیری تعارض نسبت به خط شماره ۲ کاهش می‌یابد. در نهایت در خط شماره ۴ با توجه به اتمام مسیر عبور احتمال درگیری در تعارض نسبت به خطوط دیگر کمتر است. این احتمالات برای شرایط نمونه مورد

جدول ۲. متغیرهای وارد شده در مدل رگرسیون لجستیک

متغیر	ضرایب استاندارد شده	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)	
$I_a$	سرعت نزدیک شدن	۲/۸۳۷	۰/۵۵۱	۲۶/۵۵۵	۰	۱۷/۰۶۲
$T_w$	زمان انتظار پیش از عبور از هر خط	-۰/۱۹۲	۰/۱۵۸	۱/۴۶۹	۰/۲۲۵	۰/۸۲۵
$T_c$	متوسط زمان عبور	۰/۴۷۷	۰/۲۹۹	۲/۵۴۴	۰/۱۱۱	۱/۶۱۱
$T_l$	زمان توقف و انتظار روی خط	-۰/۵۰۱	۰/۶۹۹	۰/۵۱۲	۰/۴۷۴	۰/۶۰۶
$V_c$	متوسط سرعت عبور	۱/۴۷۳	۰/۶۰۸	۸/۲۲۱	۰/۰۰۴	۵/۷۱۷
$N$	اندازه مورد	۱/۳۸۴	۰/۳۴۵	۱۶/۰۷۸	۰	۳/۹۹۲
$A_t$	توجه به وسایل نقلیه	-۳/۰۷	۰/۹۵۲	۱۰/۴۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶
$B_{ck}$	عقب برگشتن از مسیر	-۲/۶۹۷	۰/۶۸۷	۱۵/۴۰۷	۰	۰/۰۶۷
$C_r$	نحوه ی عبور	-۲/۵۸۴	۰/۶۷۴	۱۴/۶۹۵	۰	۰/۰۷۵
$S_f$	حاشیه ایمنی	۲/۸۰۵	۰/۴۷۲	۳۵/۲۷۴	۰	۱۶/۵۳۰
$V_h$	نوع وسیله نقلیه	۲/۲۸۶	۰/۷۲۶	۹/۹۱۸	۰/۰۰۲	۹/۸۳۵
$C$	مقدار ثابت	-۷/۱۷۵	۲/۰۳۵	۱۲/۴۳۰	۰	۰/۰۰۱

## ۴-۲ رگرسیون خطی برای پیش بینی شدت تعارض

برای بررسی رابطه بین درجه تعارض (شدت تعارض) با متغیرهای مستقل از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد که نتایج آماره‌های  $R^2$  برابر با ۰/۵۷ و آماره‌ی دوربین واتسون نیز برابر با ۱/۸۹ که مقداری نزدیک به عدد ۲ است، نشان می‌دهد مدل نتایج نسبتاً قابل استنادی را ارائه می‌دهد که ضرایب تعیین شده برای مدل رگرسیون خطی به شرح عبارت (۵) است.

$$Y = 24 + 0.648V_a - 0.317T_w + 0.793T_c + 0.277T_l \quad (5) \\ + 0.489V_c + 0.142N + 0.131B_{ck} - 0.062C_r - 0.309V_h \\ + 0.376V_v + 0.272V_p - 0.227X_v - 0.259X_p$$

براساس اطلاعات آماری خروجی SPSS ارائه شده در جدول (۵)، ملاحظه می‌گردد متوسط زمان عبور بیشترین تغییرات شدت تعارض و توجه به وسایل نقلیه نزدیک شونده کمترین تغییرات شدت تعارض را دارند.

## ۵. جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از روش ناظر محور تعارض سوئدی و نیز استفاده از روش‌های آماری آسیب‌شناسی مدارس حاشیه خیابان صورت گرفت. به این منظور پس از ویدیوگرافی و جمع‌آوری داده شاخص‌های موثر بر ایمنی دانش‌آموزان مدرسه مورد مطالعه، با استفاده از رگرسیون لجستیک، احتمال درگیری عابر در تعارض و با استفاده از رگرسیون خطی، مرتبه (درجه) تعارض پیش بینی شد. به‌منظور اعتبارسنجی و مقایسه، نتایج با شرایط مشابه در جلوی درب یک دانشگاه مقایسه شد و بطور کلی نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد، توجه به وسیله نقلیه نزدیک شونده بیشترین و شاخص زمان انتظار پیش از عبور از هر خط، کمترین تاثیر بر احتمال درگیری عابر در تعارض دارد. همچنین مشخص شد هرچه که مقادیر متغیرهای وسیله نقلیه عبوری، زمان انتظار پیش از عبور از هر خط، زمان توقف و انتظار



شکل ۳. مقادیر احتمال خطر و تعارض در مطالعات اعتبارسنجی و مطالعات اصلی

افزایش می‌یابد. درمقابل ژوانگ و همکاران [Zhuang and Wu, 2011] نیز دریافتند گروه عبور کوچک‌تر حین عبور حاشیه ایمنی کمتری دارد که بیشتر به نتایج این مطالعات نزدیک است و از آن منظر قابل توجه است که با کاهش اندازه گروه عابرین تعداد تصمیم‌گیریها بین گروهها عابرین کاهش می‌یابد و یک عابر مجبور به پیروی از شرایط تصمیم‌گیری تعداد کمتری از عابرین همراه خود است که در نتیجه تصمیم‌گیری آسان‌تر شده و ایمنی افزایش می‌یابد. برابر با نتایج همان مطالعات، توجه به وسایل نقلیه در جریان ترافیک، عقب‌برگشتن از مسیر، ایمنی عبور را افزایش می‌دهد و در مقابل عابر با دويدن، زمان عکس‌العمل راننده را محدود می‌کند و به این ترتیب دويدن ایمنی عبور را کم می‌کند.

۳- شماره خطی که عابر، قصد عبور از آنرا دارد، بر احتمال درگیری در تعارض تأثیر معناداری دارد. در این پژوهش خط دوم در رتبه نخست احتمال تعارض با عابر جای دارد و پس از آن به ترتیب خط اول، خط سوم و خط چهارم با ضرایب اهمیت به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۴۸، ۰/۴۰ و ۰/۲۷ جای دارند؛ در مقایسه با اندازه‌گیریهایی که به منظور اعتبارسنجی انجام شد، در مقابل دانشگاه نیز ضرایب اهمیت خطها در رتبه تعارض با همان ترتیب خط دوم، اول، سوم و چهارم با ضرایب ۰/۴۵، ۰/۲۲، ۰/۴۰ و ۰/۲۷

روی خط افزایش یابند، سبب افزایش ایمنی می‌گردند؛ اما در مقابل، متغیرهای سرعت نزدیک شدن وسیله نقلیه، متوسط زمان عبور، متوسط سرعت عبور، اندازه گروه عبوری دانش‌آموزان، حاشیه ایمنی سبب کاهش ایمنی می‌گردند. برای بررسی بیشتر و اعتبارسنجی نتایج حاصل، نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعات پیشین و اندازه‌گیریهای جدید که در "مورد عبور دانشجویان از عرض خیابان در جلوی درب دانشگاه" است مقایسه انجام شده است که در ادامه اشاره شده است.

۱- نتایج این پژوهش نشان می‌دهند زمان انتظار پیش از عبور و زمان توقف-انتظار روی راه، ایمنی را افزایش می‌دهند. حامد [Hamed, 2001] نیز نتیجه گرفت زمان انتظار بیشتر پیش از عبور به منزله احتیاط بیشتر است و ایمنی عبور را افزایش می‌دهد؛ این موضوع مورد انتظار محقق نیز بوده است؛ به دلیل آنکه با افزایش این زمانها امکان بررسی احتمالات و تجزیه و تحلیل برای عابرین فراهم است که در نتیجه انتخاب با ایمنی بالاتر صورت می‌گیرد.

۲- بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعداد بیشتر (اندازه گروه عابرین) ایمنی را کاهش می‌دهد، اما زو و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان دادند هرچه اندازه گروه عبور بزرگ‌تر شود، ایمنی عابرین



جدول ۳. ضرایب تعیین شده برای مدل رگرسیون خطی

آماره‌های هم خطی		Sig.	t	ضرایب استاندارد شده	متغیر	
VIF	Tolerance					
		۰/۲۹۱	- ۱/۰۶	۲۴	مقدار ثابت	C
۲/۴۴۷	۰/۴۰۹	۰	۷/۲۰۴	۰/۶۴۸	سرعت نزدیک شدن	V <sub>a</sub>
۷/۹۲۹	۰/۱۲۶	۰/۰۵۲	- ۱/۹۵۷	- ۰/۳۱۷	زمان انتظار پیش از عبور از هر خط	T <sub>w</sub>
۶/۷۳۵	۰/۱۴۸	۰	۵/۳۱۹	۰/۷۹۳	متوسط زمان عبور	T <sub>c</sub>
۶/۹۳۹	۰/۱۴۴	۰/۰۷	۱/۸۲۹	۰/۲۷۷	زمان توقف و انتظار روی خط	T <sub>l</sub>
۵/۷۵۲	۰/۰۶۳	۰/۰۳۴	۲/۱۴۴	۰/۴۸۹	متوسط سرعت عبور	V <sub>c</sub>
۱/۳۶۶	۰/۷۳۲	۰/۰۳۶	۲/۱۱۸	۰/۱۴۲	اندازه مورد	N
۱/۴۳۱	۰/۶۹۹	۰/۷۱۳	- ۰/۳۶۹	- ۰/۰۲۵	توجه به وسایل نقلیه	A <sub>t</sub>
۱/۲۹۲	۰/۷۷۴	۰/۰۴۷	۲/۰۰۱	۰/۱۳۱	عقب برگشتن از مسیر	B <sub>ck</sub>
۱/۲۲۸	۰/۸۱۴	۰/۳۲۹	- ۰/۹۷۹	- ۰/۰۶۲	نحوه عبور	C <sub>r</sub>
۱/۵۳۶	۰/۶۵۱	۰/۴۱۳	۰/۸۲۱	۰/۰۵۸	حاشیه ایمنی	S <sub>f</sub>
۱/۴۹۰	۰/۶۷۱	۰	- ۴/۶۸۷	- ۰/۳۰۹	نوع وسیله نقلیه	V <sub>h</sub>
۶/۱۲۸	۰/۱۲۳	۰/۰۲۳	۲/۲۹۵	۰/۳۷۶	سرعت در زمان تصادف وسیله نقلیه	V <sub>v</sub>
۶/۰۴۸	۰/۱۶۵	۰/۰۵۷	۱/۹۲۱	۰/۲۷۲	سرعت در زمان تصادف عابر پیاده	V <sub>p</sub>
۳/۴۰۲	۰/۲۹۴	۰/۰۳۴	- ۱/۱۴۲	- ۰/۲۲۷	امتداد مسیر وسیله نقلیه	X <sub>v</sub>
۴/۷۲۵	۰/۲۱۲	۰/۰۴	- ۲/۰۷۱	- ۰/۲۵۹	امتداد مسیر عابر پیاده	X <sub>p</sub>

نحوه عبور، نوع وسیله نقلیه، امتداد مسیر وسیله نقلیه و امتداد مسیر عابر پیاده، شدت درگیری در تعارض را کاهش می‌دهد.

۰/۲۲ به‌دست آمد که البته اختلاف بین خط دوم و اول از حالت جلوی درب مدرسه بسیار کمتر بوده است.

و در نهایت، نتایج حاصل از پیش بینی شدت تعارض با استفاده از رگرسیون خطی در مدل اصلی و مدل اعتبارسنجی نشان می‌دهد، حساسیت رتبه و شدت تعارض در مورد متغیرهای متوسط زمان عبور و سرعت نزدیک شدن بیشترین و در مورد متغیرهای توجه به وسایل نقلیه نزدیک شونده کمترین مقدار هستند؛ همچنین با افزایش مقدار متغیرهایی مانند سرعت نزدیک شدن، متوسط زمان عبور، زمان توقف و انتظار روی خط، متوسط سرعت عبور، اندازه مورد، عقب برگشتن از مسیر، اندازه حاشیه ایمنی، سرعت در زمان تصادف وسیله نقلیه و سرعت در زمان تصادف عابر پیاده، شدت درگیری در تعارض نیز افزایش می‌یابد. در مقابل افزایش متغیرهایی مانند زمان انتظار پیش از عبور از هر خط، توجه به وسایل نقلیه،

## ۶. پی نوشتها

1. Conflicting Speed (CS)
2. Time to Accident (TA)
3. Dummy

## ۷. منابع

-Archer, J. (2001) "Traffic conflict technique, Historical to current State-of-the-Art", Institutionen för Infrastruktur KTH, Stockholm, pp. 2-3.

- Cliftona, K. J. and Kremer-Fults, K. (2007) "An examination of the environmental attributes associ-

- Lee, C., Abdel-Atya, M. and Chundia, S. S. (2011) "Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children", *Journal of Safety Research*, Volume 38, Issue 5, pp. 571–579.
- Parker, M. R. and Zegeer, C. V. (1989) "Traffic conflict techniques for safety and operations: engineers guide"
- Svensson, A. and Hydén, C. (2006) "Estimating the severity of safety related behaviour", *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, pp. 379-385.
- Tarko, A., Davis, G., Saunier, N., Sayed, T. and Washington, S. (2009) "Surrogate measures of safety", White paper, ANB20 (3) Subcommittee on Surrogate Measures of Safety.
- Zhuang, X. and Wu, C. (2011) "Pedestrians' crossing behaviors and safety at unmarked roadway in China", *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, pp. 1927-1936
- ated with pedestrian–vehicular crashes near public schools", *Accident Analysis & Prevention*, Volume 39, Issue 4, pp. 708–715
- Glauz, W. D. and Migletz, D. J. (1980) "Application of traffic conflict analysis at intersections", 0077-5614.
- Hamed, M. M. (2001) "Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings", *Safety Science*, vol. 38, pp. 63-82.
- Hyden, C. (2011) "Traffic conflict techniques theory and practise", *Road Safety Researchers Warsaw, Poland*, 25th of October.
- Laflamme, L., Menckela, E. and Aldenberg, E. (1998) "School-injury determinants and characteristics: developing an investigation instrument from a literature review", *Accident Analysis & Prevention*, Volume 30, Issue 4, pp. 481–495