



ارزیابی علت تامه تصادفات به کمک مدل انتخاب گسسته

امیر محمدیان امیری، کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه صنعتی شریف¹

کوروش نادری، دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه صنعتی امیرکبیر²

مصطفی دهقان، کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت³

¹amir_mohamadian@alum.sharif.edu+98-9125331464

²koorosh.naderi@aut.ac.ir+98-9153191021

³mostafa.dehghan@ymail.com+98-9122208201

چکیده

در سال های اخیر در بحث مدیریت ترافیک به مسأله روش های پیش بینی تصادفات توجه زیادی شده است. پیش بینی حادثه اثر بسیار زیادی در کاهش تلفات، جراحات و خسارات مالی ناشی از بروز تصادفات دارد. با توجه به اهمیت ارزیابی تصادفات در معابر درون شهری، در این پژوهش تلاش شده است که رابطه میان متغیرهای مرتبط با طرح هندسی، شرایط آب و هوایی و خصوصیات ترافیکی با علت تامه تصادف مورد بررسی قرار گیرد. از این رو در این مقاله مدل پیش بینی نوع برخورد و بررسی علت تامه تصادف بر اساس متغیرهای ذکر شده ارزیابی می شوند. در این راستا با استفاده از آمار تصادفات سال 1386 شهر مشهد، از مدل لوجیت در جهت ارزیابی علت تامه تصادفات استفاده می شود. نتایج نشان می دهد متغیرهای مورد استفاده برازش خوبی با علت تامه وقوع تصادف دارند و استفاده از این مدل برای ارزیابی رفتاری تصادفات روشی کارآمد است.

کلیدواژه: مدل لوجیت، علت تامه تصادف، مدل انتخاب گسسته، پیشبینی تصادفات

رشد سریع جمعیت و شهرها منجر به افزایش قابل توجه وسایل نقلیه و به دنبال آن افزایش تصادفات ترافیکی می‌شود. طبق آمار سازمان جهانی بهداشت در سال 2004 میلادی در سراسر دنیا، در حدود یک میلیون و دویست هزار نفر جان خود را در تصادفات رانندگی از دست داده‌اند و بیش از پنجاه میلیون نفر با مصدومیت‌های مختلف روبرو شده‌اند [1]. در ایران نیز تلفات و خسارت‌های ناشی از تصادفات رو به افزایش است. بر اساس آمار سازمان پزشکی قانونی کشور بین سال‌های 1379 تا 1388 هجری شمسی در ایران از هر 100 هزار نفر جمعیت 28/38 نفر تلفات جاده ای بوده است که این آمار در کشورهای توسعه یافته در ازای هر 100 هزار نفر 5 کشته است [2]. همچنین پژوهشکده حمل و نقل که زیر نظر وزارت راه و ترابری فعالیت می‌کند، با انتشار گزارشی درباره آمار تصادفات جاده‌ای در ایران و مقایسه آن با سایر کشورها نشان می‌دهد که ایران بین سال‌های 2002 تا 2004 میلادی جایگاه دوم جهانی را پس از کشور السالوادور از نظر "تعداد کشته به یکصد هزار نفر جمعیت" در تصادفات جاده‌ای به خود اختصاص داده است [3]. از این رو ضرورت مطالعه بیشتر در این زمینه بیش از پیش احساس می‌شود و با توجه به همین مسئله در سال‌های اخیر تحقیقات نسبتاً زیادی بر روی روش‌های مختلف پیش‌بینی حوادث رانندگی و بررسی توانایی این روش‌ها انجام گرفته است.

2 - تعریف مسأله و اهداف تحقیق

تصادفات ترافیکی در اثر عوامل مختلفی مانند وضعیت راه، شرایط محیطی، خصوصیات وسیله نقلیه و راننده و تأثیر متقابل آنها، در جاده اتفاق می‌افتد. براین اساس تاکنون تعداد زیادی از مدل‌های پیش-بینی تصادفات به منظور ارزیابی تأثیر متغیرهای مختلف بر روی میزان و نوع تصادفات، ارائه شده است. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد شناسایی چگونگی وقوع تصادفات صورت گرفته است و پیشرفت‌های زیادی هم در این مورد حاصل شده است، ولی مطالعات انجام شده در مورد رابطه بین علل تصادف و عوامل تأثیرگذار ناچیز بوده، لذا انجام تحقیقات بیشتر در این مورد ضروری به نظر می‌رسد. علت تامه تصادف یکی از مواردی است که توسط کارشناس تصادف در کروکی ذکر می‌شود و به کمک آن می‌توان درصد خاطی بودن رانندگان را تعیین نمود و منشاء تصادف را یافت. همچنین می‌توان به کمک آن اقدامات لازم برای پیشگیری از بروز تصادف را تعیین کرد. از این رو هدف اصلی این مطالعه ارزیابی این علل تامه و متغیرهای مرتبط با آن است و در این راستا در این پژوهش مدل پیش‌بینی علل تصادف بر اساس متغیرهای ذکر شده استفاده می‌شود.

3 - مطالعات گذشته

متغیرهای مستقلی که بر روی فراوانی تصادفات تأثیر می‌گذارند، متغیرهایی مانند جریان ترافیک¹، طول معبر، خصوصیات طرح هندسی، شرایط سطح روسازی، رفتار راننده و شرایط آب و هوایی و روشنایی هستند. تخمین مقدار برخی از این متغیرها، روند نسبتاً دشواری دارد و همچنین ممکن است که تأثیر بعضی از این متغیرها دارای اهمیت نباشد. در سال‌های اخیر جریان ترافیک و خصوصیات طرح هندسی به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار در میزان تصادفات شناخته شدند [4].

تاکنون مطالعات زیادی در مورد تأثیر ازدحام² ترافیکی بر روی میزان تصادفات جاده ای انجام شده است. ازدحام و تصادفات هر دو تأثیر منفی بر جامعه می‌گذارند و کاهش این تأثیرات تا حد ممکن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شیفر و همکارش در سال 1997 به این نتیجه رسیدند که ممکن است رابطه ای معکوس بین ازدحام ترافیکی و میزان تصادفات وجود داشته باشد. بر اساس تحقیقات آنها، در جاده ای با ازدحام کمتر سرعت حرکت وسایل نقلیه بالا است، در نتیجه امکان اینکه تصادفات از نوع جرحی و یا فوتی باشد بیشتر است و از سویی دیگر در یک شبکه معابر پر ازدحام، ترافیک آهسته‌تر بوده و به دنبال آن، احتمال وقوع تصادفات فوتی و یا جرحی کمتر است. این افزایش ازدحام ممکن است منجر به تصادفات بیشتر در اثر افزایش حجم ترافیک شود که این تصادفات شدت کمتری دارند، زیرا با سرعت کمتری اتفاق می‌افتند. آنها برای اندازه‌گیری میزان ازدحام از نسبت حجم به ظرفیت (V/C) استفاده کردند [5]. از دید وانگ و همکارانش، چگالی³ نمی‌تواند معرف مناسبی برای خصوصیات ازدحام باشد. زیرا ازدحام و تراکم ترافیکی، مفاهیم معادلی ندارند. افزایش ازدحام الزاماً منجر به افزایش چگالی ترافیکی نمی‌شود و مشخص نیست چگونه می‌توان سطوح ازدحام را به وسیله چگالی ترافیکی، تعریف کرد [6].

لُرد در سال 2000 مطالعه‌ای با هدف ایجاد ابزاری برای تخمین تصادفات ترافیکی بر اساس شبکه حمل و نقل دیجیتالی و کامپیوتری شده، انجام داد. برای رسیدن به این هدف، او مدل پیش‌بینی تصادفات ترافیکی برای دو شبکه دیجیتالی نمونه ارائه داد و برای این کار از نرم‌افزار EMME/2 استفاده کرد. نتایج نشان داد که می‌توان برای ساخت مدل پیش‌بینی تصادفات، از شبکه‌های حمل و نقل دیجیتالی استفاده کرد، اما دقت آن کاملاً به دقت خروجی نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی حمل و نقل مانند EMME/2 وابسته است [7]. در این راستا هدایقی در سال 2003 مطالعاتی را در رابطه با ساخت مدل‌های پیش‌بینی تصادفات در سطوح ماکروسکوپی انجام داد. مدل او شامل مدل‌های ناحیه‌ای که معمولاً در برنامه‌ریزی حمل و نقل درون‌شهری استفاده می‌شوند، بود. او برای این کار از

¹ Traffic Flow

² Congestion

³ Density



اطلاعات شهر تورنتو استفاده کرد و مدل‌هایی را پیشنهاد داد که میزان تصادفات را برای هر ناحیه تخمین می‌زند. این ناحیه‌بندی بر اساس مشخصات و خصوصیات ترافیکی انجام گرفت. مدل‌های ساخته شده بر اساس اطلاعات مرتبط با مسیرهای شریانی فرعی و اصلی در هر ناحیه، ارائه شدند [8]. وانگ در سال 2006 رابطه بین شدت تصادف و نوع برخورد را با عوامل مختلف تأثیرگذار مورد بررسی قرار داد. او بر اساس شیوه برخورد، تصادفات را به هفت نوع تقسیم کرد. این هفت نوع شامل موارد زیر بودند:

- یک وسیله نقلیه منفرد¹
- برخورد جلو به عقب
- برخورد از روبرو²
- برخورد عقب به عقب
- برخورد زاویه دار³
- برخورد پهلو به پهلو در جهت یکسان
- برخورد پهلو به پهلو در جهت مخالف

او در مطالعه خود نشان داد که برخورد از نوع یک وسیله نقلیه منفرد 30 درصد کل تصادفات و 60 درصد تصادفات فوتی در جاده‌های دوخطه بین‌شهری ایالت‌های شمالی آمریکا را شامل می‌شود. تصادفات جلو به جلو با وجود اینکه تنها حدود 2 درصد کل تصادفات آمریکا را در بر می‌گیرد، اما یک پنجم تصادفات فوتی از این نوع هستند. شدت تصادف در وسایل نقلیه‌ای که برخورد جلو به جلو و یا برخورد از نوع یک وسیله نقلیه منفرد را داشتند، از سایر انواع تصادف بیشتر است [9].

4 - توضیح داده‌ها

در این پژوهش مدل‌هایی در جهت ارزیابی رابطه بین علل تامه تصادفات در معابر درون شهری و سایر متغیرهای مرتبط پیشنهاد می‌شود. در جهت شناسایی تأثیرات مشخصات هندسی و ترافیکی راه بر علل وقوع تصادفات نیاز به پایگاه اطلاعاتی دارای آمار تصادفات و مشخصات هندسی و ترافیکی محل وقوع تصادف در یک دوره مشخص زمانی است.

در این پژوهش از آمار تصادفات سال 1386 در شهر مشهد استفاده شد. این آمار پس از هماهنگی از طریق سازمان کنترل ترافیک شهر مشهد که وابسته به شهرداری است در دسترس قرار گرفت. در این آمار به ازای هر تصادف، اطلاعاتی مانند نوع برخورد، نحوه برخورد، زمان دقیق برخورد، شرایط آب و

¹ Single Vehicle Crash

² Head on Crash

³ Angle Crash

هوایی، شرایط روشنایی، علت تامه تصادف، مکان تقریبی برخورد و شدت برخورد وجود دارد. همچنین برای تمامی معابر درون شهری مشهد، خصوصیات طرح هندسی شامل تعداد خط عبور در جهت رفت و برگشت، شیب معبر، نوع روسازی، عرض معبر، وضعیت پارکینگ در جهت رفت و برگشت، عرض سواره رو در جهت رفت و برگشت، وضعیت میانه و طول معبر در دسترس هستند [10].

اطلاعات ترافیکی توسط نرم افزار EMME/2 برای ساعت اوج سال 1386 در شهر مشهد حاصل شد. این اطلاعات، شامل داده‌هایی مانند سرعت متوسط، حجم ساعتی و زمان سفر برای هر معبر است. نرم افزار EMME/2 اطلاعات ترافیکی را بر اساس میزان سفر انجام شده در ساعت اوج برای شهر مشهد ارائه می‌دهد. دقت خروجی‌های این نرم افزار به میزان قابل قبول بوده و سازمان حمل و نقل شهر مشهد، برنامه‌ریزی حمل و نقل خود را بر اساس این نتایج انجام می‌دهد [10].

متغیر وابسته مدل‌های تحت مطالعه در این بخش از پژوهش، علل تامه تصادفات است. در انتخاب متغیرهای مستقل از میان متغیرهای بکار رفته در تحقیقات گذشته، از متغیرهایی استفاده گردید که اطلاعات آنها قابل دسترسی بوده است. جدول 1 متغیرهای انتخابی اولیه را نشان می‌دهد.

جدول 1: متغیرهای اولیه بانک اطلاعاتی پژوهش

واحد	توصیف متغیر	عنوان متغیر	نوع متغیر
---	نسبت حجم به ظرفیت معبر در ساعت اوج	V/C	ازدحام
Veh.Km	وسیله نقلیه کیلومتر سفر در معبر در ساعت اوج	VKT	شدت
Km/h	سرعت متوسط در معبر در ساعت اوج	Speed	سرعت
---	وضعیت پارک در معبر	Parking	پارکینگ
---	وضعیت میانه در معبر	Middle	میانه
meter	عرض سواره رو در معبر	Riding	سطح مقطع راه
---	نوع راه	Arterial2	نوع راه شریانی درجه 2
---	نوع راه	Arterial1	نوع راه شریانی درجه 1
---	نوع راه	Freeway	نوع راه آزادراه
---	نوع راه	Collector	نوع راه جمع کننده

5 - تحلیل تک متغیره

برای محاسبه آماره‌های اصلی تک‌متغیره بانک اطلاعاتی پژوهش از نرم افزار SPSS استفاده گردید. نتایج محاسبات صورت گرفته در جدول 2 آمده است:

جدول 2: نتایج تحلیل تک متغیره

عنوان متغیر	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانگین	چولگی	کشیدگی
V/C	2/09	0/03	0/42	0/52	1/61	2/87
VKT	$2/33 \times 10^7$	900	$2/92 \times 10^6$	$1/42 \times 10^6$	5/46	34/87
Speed	68/17	5/84	15/30	34/97	0/29	-0/63
Riding	27/60	3/25	5/53	14/91	-0/01	-0/78

این آمارها به ترتیب زیر هستند:

میانگین¹: از تقسیم مجموع داده‌ها بر تعداد آن بدست می‌آید.

انحراف معیار²: شاخص پراکندگی داده‌ها حول میانگین هستند. مقدار کمتر آن نشان می‌دهد که داده‌ها نزدیک میانگین هستند و مقدار بزرگتر آن نشان می‌دهد که داده‌ها حالت پراکنده‌تری دارند. در واقع اگر شکل داده‌ها رسم شود، نشان داده می‌شود که منحنی متغیری که انحراف معیار کمتری دارد، باریکتر و منحنی متغیری که انحراف معیار بزرگتری دارد، ضخیم‌تر است.

چولگی³: این آماره برای هر متغیر میزان تقارن داده‌ها نسبت به میانگین را نشان می‌دهد. اگر چولگی صفر باشد، به این معنی است که توزیع متقارن است. مقدار مثبت نشان می‌دهد که تعداد بیشتری داده با مقدار کمتر در متغیر وجود دارد و مقدار منفی نشان می‌دهد که تعداد بیشتری داده با مقادیر بزرگتر در متغیر وجود دارد.

کشیدگی⁴: این آماره توزیع داده‌ها را نسبت توزیع نرمال نشان می‌دهد. مقدار نزدیک به صفر نشان می‌دهد که شکل توزیع شبیه به نرمال است. مقدار منفی نشان می‌دهد که توزیع داده‌ها کشیده‌تر از توزیع نرمال است و مقدار مثبت نشان می‌دهد که شکل توزیع تخت‌تر از شکل توزیع نرمال است. اگر این مقدار بیش از حد بزرگ باشد، دیگر توزیع از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند.

6 - ساختار مدل

عدم کارایی مدل‌های خطی برای بسیاری از کاربردهای اجتماعی-اقتصادی، موجب گرایش پژوهشگران به استفاده از مدل‌های انتخاب که سابقه طولانی در علوم اقتصادی، اجتماعی و حمل‌ونقل

¹ Average

² Standard Deviation

³ Skewness

⁴ Kurtosis



دارند، شده است. مهمترین ویژگی این روش‌ها ماهیت رفتاری آنها است. در این پژوهش از مدل انتخاب گسسته برای ارزیابی احتمال وقوع هر یک از علل تامه تصادف استفاده شده است. مدل‌های انتخاب گسسته¹ بیانگر ارتباط بین یک متغیر گسسته، Y ، که نشان‌دهنده وقوع یک اتفاق یا یک تصمیم با یک یا چند متغیر توصیف کننده، X ، است. مدل‌سازی فرآیند انتخاب وسیله سفر (مانند وسیله شخصی، اتوبوس، مترو، و ...)، خرید اتومبیل و یا وقوع حالات مختلف تصادف از جمله موارد کاربرد این گونه مدل‌ها است. مدل‌های انتخاب گسسته با توجه به فرضیاتی که در آنها بکار رفته است به‌عنوان مدل‌های رفتاری شناخته می‌شوند. در ادامه برخی از انواع این مدل معرفی می‌گردد [11]. ساختار مدل مورد استفاده این مطالعه از نوع لوجیت چندگانه است. صورت کلی مدل لوجیت چندگانه به صورت رابطه 1 است:

$$Pr_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \quad (1)$$

که در آن $Pr_n(i)$ احتمال وقوع حالت i ، V_{in} بخش قابل اندازه‌گیری مطلوبیت حالت i و V_{jn} بخش قابل اندازه‌گیری مطلوبیت حالت j است. C_n نیز مجموعه گزینه‌های موجود است.

هدف از پرداخت مدل‌های لوجیت یافتن ضرایب متغیرهای توصیفی تابع مطلوبیت و تعیین میزان اهمیت هر یک از متغیرهاست. با توجه به آنکه رابطه بین متغیرهای توصیفی و مطلوبیت به صورت خطی است ($U=BX$) که در آن X بردار ستونی متغیرها و B بردار سطری ضرایب است)، تفسیر ضرایب پرداخت شده مشابه مدل‌های روندگرایی خطی است. از جمله روشهای مرسوم برای برآورد ضرایب، روش برآورد درست‌نمایی بیشینه² است. در این روش تابع احتمال (L) مطابق رابطه 2 نمایش داده می‌شود:

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in S} Pr_n(i)^{y_{in}} \quad (2)$$

که در آن N تعداد مشاهدات در نمونه مورد نظر، $Pr_n(i)$ احتمال انتخاب گزینه $i \in S$ (مجموعه گزینه‌ها) توسط فرد n است.

معمولاً جهت سادگی محاسبات ریاضی در تحلیل‌ها، از لگاریتم L که با L^* نشان می‌دهند استفاده می‌شود. برای بیشینه کردن L^* باید مشتقات جزئی آن را نسبت به هر یک از ضرایب برابر صفر قرار داد. به این ترتیب مقادیر ضرایب (b ها) از حل دستگاه معادلات حاصل می‌شود. مقدار L^* در حالتی که توابع مطلوبیت فاقد متغیرهای توصیفی هستند و تمام ضرایب برابر صفر باشد، به صورت $L^*(0)$ نمایش داده می‌شود. در این حالت احتمال انتخاب همه گزینه‌ها یکسان است و به آن مدل فرضی صفر می‌گویند. مطابق تعریف تابع بیشینه درست‌نمایی $L^*(0)$ ، یک عدد بزرگ منفی است. مقدار تابع L^* را به ازای ضرایب پرداخت شده با $L^*(b)$ نشان می‌دهند که $L^*(0) < L^*(b)$ است. در صورتی

¹ Discrete Choice Models

² Maximum Likelihood Estimation



که در توابع مطلوبیت تنها ضریب ثابت وجود داشته باشد، در این حالت احتمال انتخاب گزینه‌ها برابر فراوانی نسبی آنها است که به آن مدل "سهم بازار" اطلاق می‌گردد. این مقدار با $L^*(c)$ نشان داده می‌شود و در گستره $L^*(b) < L^*(c) < L^*(0)$ قرار می‌گیرد [11].

تعیین اهمیت هر متغیر توصیفی مدل در بازه اطمینان مشخص، مشابه روش متداول در مدل‌های روندگرا از طریق آماری t صورت می‌گیرد. جهت ارزیابی مدل‌های چندگانه و دوگانه از آزمون مربع کای (c^2) استفاده می‌شود. برای سنجش برازندگی مدل، مشابه مدل‌های روندگرای خطی که دارای شاخص R^2 هستند، از شاخص r^2 استفاده می‌شود [11]:

$$\rho_0^2 = 1 - \frac{L^*(b)}{L^*(0)} \quad (3)$$

و یا:

$$\rho_c^2 = 1 - \frac{L^*(b)}{L^*(c)} \quad (4)$$

با توجه به آن که تابع r^2 ، تابعی غیر نزولی از تعداد X ها است (مشابه R^2 در مدل‌های روندگرا، یعنی با افزایش تعداد متغیرها r^2 بهبود می‌یابد)، برای حذف اثر افزایش متغیرها می‌توان از شاخص برازندگی تصحیح شده که با \bar{r}^2 نشان داده می‌شود، استفاده کرد:

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{L^*(b) - df}{L^*(0)} \quad (5)$$

با توجه به روابط مطرح شده مقدار \bar{r}^2 بین 0 و 1 قرار دارد و هر چه به سمت 1 نزدیک‌تر باشد، برازش بهتر مدل را می‌رساند [11].

7 - ساخت مدل پیش بینی علت تامه تصادف

بر مبنای گزارشهای بدست آمده مهمترین علت‌های تامه تصادف مربوط به رعایت نکردن حق تقدم، بی‌توجهی به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، تغییر مسیر ناگهانی، حرکت با دنده عقب، عدم توانایی در کنترل وسایل نقلیه و رعایت نکردن فاصله عرضی بوده است که از مجموع تصادفات به وقوع پیوسته در 7 ماهه سال 1388 رعایت نکردن حق تقدم و بی‌توجهی به جلو به ترتیب با 29 و 25/48 درصد بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند، در ضمن با توجه به این آمار عامل انسانی درصد بالایی از علل تصادفات را به خود اختصاص داده است [12].



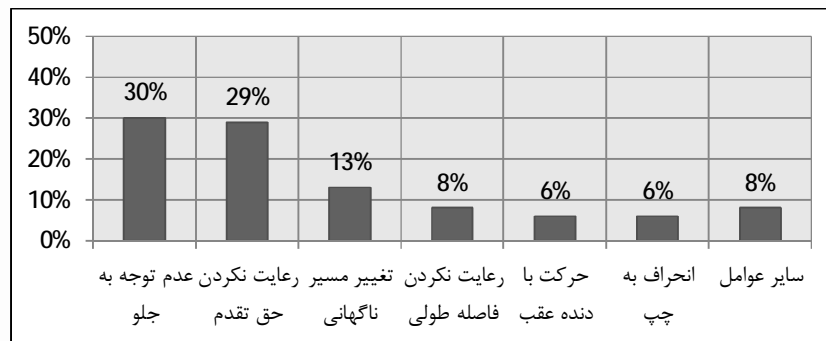
جدول 3: علل تامه تصادفات در 7 ماهه اول سال 1388 [12]

درصد وقوع	تعداد تصادف	علت تامه تصادف
29	97724	رعایت نکردن حق تقدم
25/48	83241	عدم توجه به جلو
10/84	35415	رعایت نکردن فاصله طولی
7/22	23574	تغییر مسیر ناگهانی
4/78	15629	حرکت با دنده عقب
3/34	10923	ناتوانی در کنترل وسایل نقلیه
10	10006	انحراف به چپ
3/09	10104	رعایت نکردن فاصله عرضی
2/17	7074	گردش غلط

در این بخش به رابطه بین علت تامه و خصوصیات ترافیکی و طرح هندسی پرداخته می شود و علل تصادفات به هفت دسته تقسیم می شوند. این هفت دسته شامل:

- انحراف به چپ
- تغییر مسیر ناگهانی
- حرکت با دنده عقب
- عدم توجه به جلو
- رعایت نکردن حق تقدم
- رعایت نکردن فاصله طولی
- سایر علل

توزیع تصادفات ساعت اوج در سال 86 با توزیع تصادفات کل کشور در سال 1388 کمی متفاوت است. شکل 1 چگونگی توزیع علل وقوع تصادفات را در معابر شهر مشهد در سال 1386 نشان می دهد. این آمار شامل تصادفات در تقاطعها نیست.



شکل 1: توزیع تصادفات بر اساس علت در مشهد سال 1386



در این پژوهش برای پیش‌بینی علل وقوع تصادفات از مدل لوجیت استفاده شده است. در مطالعات گذشته از مدل لوجیت برای پیش‌بینی شدت برخورد و نوع برخورد استفاده شده بود. دلیل استفاده از این مدل برای پیش‌بینی علل برخورد این است که این مدل قابلیت ارزیابی خصوصیات رفتاری تصادف را دارد و می‌تواند چگونگی وقوع تصادف را پیش‌بینی کند. در ادامه با توجه به متغیرهای موجود از یک مدل لوجیت در جهت پیش‌بینی علل تصادف استفاده می‌شود و نتایج آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در ساخت مدل برای هر یک از علل تصادف تابع مطلوبیت جداگانه‌ای ارائه می‌شود. در این مدل‌سازی سایر علل وقوع تصادفات به عنوان تابع مبنا در نظر گرفته می‌شود و سایر توابع بر اساس آن تعریف می‌شوند. متغیرها به صورت جداگانه به مدل اضافه می‌شوند. در صورتی که در نوع تصادف تأثیرگذار باشند و از اهمیت مورد نظر برخوردار باشند و همچنین کیفیت مدل را بالا ببرند، در مدل حفظ می‌شوند. در غیر این صورت از مدل حذف می‌شوند. این روند چندین بار تا رسیدن به بهترین مدل تکرار می‌شود. ساخت مدل توسط نرم‌افزار Limdep صورت گرفته است. تابع مطلوبیت مدل برای هر یک از علل تصادف در جدول 4 آمده است.

جدول 4: توابع مطلوبیت مدل برای هر یک از علل تصادف

علل تصادف	تابع مطلوبیت
سایر علل	0
انحراف به چپ	$A_1 \times V/C + A_2 \times RIDING + A_3 \times ARTERIAL2$
تغییر مسیر ناگهانی	$B_1 \times SPEED + B_2 \times FREEWAY + B_3 \times ARTERIAL1 + B_4 \times PARKING$
حرکت با دنده عقب	$C_1 \times V/C + C_2 \times RIDING$
عدم توجه به جلو	$D_1 \times SPEED + D_2 \times RIDING + D_3 \times FREEWAY + D_4 \times COLLECTER$
رعایت نکردن حق تقدم	$E_1 \times V/C + E_2 \times ARTERIAL2 + E_3 \times COLLECTR$
رعایت نکردن فاصله طولی	$F_1 \times V/C + F_2 \times SPEED$

ضرایب توابع مطلوبیت مدل به صورت جدول 5 محاسبه شده است.

جدول 5: ضرایب توابع مطلوبیت مدل

P-value	b/a	انحراف معیار (a)	ضرایب (b)	متغیر
0/004	2/292	0/14	0/32	A ₁
0/006	2/085	0/02	-0/04	A ₂
0/000	6/688	0/17	1/21	A ₃
0/009	1/862	0/02	0/03	B ₁
0/001	4/146	0/26	1/01	B ₂
0/000	5/321	0/21	1/25	B ₃
0/004	2/970	0/56	1/43	B ₄
0/052	1/759	0/24	0/42	C ₁
0/064	1/412	0/06	-0/09	C ₂
0/148	1/381	0/01	0/01	D ₁
0/000	3/214	0/02	0/06	D ₂
0/001	-3/196	0/41	-1/24	D ₃
0/072	1/783	0/26	0/50	D ₄
0/005	2/66	0/62	1/71	E ₁
0/000	5/012	0/31	1/55	E ₂
0/000	5/219	0/32	1/67	E ₃
0/006	2/214	0/22	0/57	F ₁
0/108	1/418	0/01	0/02	F ₂
-987/99				لگاریتم درست نمایی
0/23				ρ^2
0/24				ρ^2 تنظیم شده

مقدار P-value میزان اهمیت متغیر در مدل را نشان می‌دهد و هرچه میزان آن بیشتر شود، تأثیر متغیر در مدل تأثیر بیشتری می‌شود. در این پژوهش متغیرهایی که P-value آنها نسبتاً بزرگ است، اما نیاز وجود آنها در مدل احساس می‌شود، از مدل کنار گذاشته نشده‌اند. بررسی نتایج تحلیل مطالعات گذشته نشان می‌دهد حتی متغیرهایی که P-value آنها برابر با 0/15 بوده است، در مدل باقی



مانده اند. مقدار ρ^2 پیشنهادی مدل برابر با 0/24 است که در مقایسه با نتایج مطالعات قبلی نسبتاً قابل قبول است. نهایتاً توابع احتمال علل وقوع تصادفات بصورت زیر در می آید:

$$P(Y=\text{سایر علل})=1/M \quad (6)$$

$$P(Y=\text{چپ به چپ})=EXP(0/32 \times V/C - 0/04 \times RIDING + 1/21 \times ARTERIAL2)/M \quad (7)$$

$$P(Y=\text{تغییر مسیر ناگهانی})=EXP(0/03 \times SPEED + 1/01 \times FREEWAY + 1/25 \times ARTERIAL1 + 1/43 \times PARKING)/M \quad (8)$$

$$P(Y=\text{حرکت با دنده عقب})=EXP(0/42 \times V/C - 0/09 \times RIDING)/M \quad (9)$$

$$P(Y=\text{عدم توجه به جلو})=EXP(0/01 \times SPEED + 0/06 \times RIDING - 1/24 \times FREEWAY + 0/5 \times COLLECTER)/M \quad (10)$$

$$P(Y=\text{رعایت نکردن حق تقدم})=EXP(1/71 \times V/C + 1/55 \times ARTERIAL2 + 1/67 \times COLLECTR)/M \quad (11)$$

$$P(Y=\text{رعایت نکردن فاصله طولی})=EXP(0/57 \times V/C + 0/02 \times SPEED)/M \quad (12)$$

$$M=1+EXP(0/32 \times V/C - 0/04 \times RIDING + 1/21 \times ARTERIAL2)+EXP(0/03 \times SPEED + 1/01 \times FREEWAY + 1/25 \times ARTERIAL1 + 1/43 \times PARKING)+EXP(0/42 \times V/C - 0/09 \times RIDING)+EXP(0/01 \times SPEED + 0/06 \times RIDING - 1/24 \times FREEWAY + 0/5 \times COLLECTER)+EXP(0/57 \times V/C + 0/02 \times SPEED)+EXP(1/71 \times V/C + 1/55 \times ARTERIAL2 + 1/67 \times COLLECTR) \quad (13)$$

8 - تفسیر مدل لوجیت

همانطور که در رابطه 7 مشاهده می شود برای علت تامه انحراف به چپ متغیرهای مؤثر، ازدحام، عرض معبر و نوع راه هستند. بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش ازدحام و کاهش عرض معبر احتمال بروز تصادف به دلیل انحراف به چپ افزایش می یابد که قابل پیشبینی است. اثرگذارترین نوع راه نیز شریانی درجه 2 تعیین شده است. رابطه 8 متغیرهای مؤثر در احتمال بروز تصادف به دلیل تغییر مسیر ناگهانی را نشان می دهد. وجود پارکینگ و خارج شدن وسایل نقلیه از محل پارک ممکن است باعث بروز چنین تصادفی شود. همانطور که مشاهده می شود یکی از متغیرهای مؤثر وجود یا عدم وجود پارکینگ در معبر است. این تصادف می تواند ناشی از سرعت بالا و عدم کنترل راننده بر وسیله نقلیه باشد و بنابراین در معابر با سرعت بالا نظیر آزادراه و شریانی درجه 1 اتفاق افتد که با نتایج بدست آمده همخوانی دارد. در رابطه 9 متغیرهای مؤثر بر احتمال بروز تصادف به دلیل حرکت با دنده عقب مشاهده می شود. سرعت و عرض معبر در احتمال بروز این تصادف عوامل تعیین کننده می باشند. با توجه به رابطه 10 عدم توجه به جلو ناشی از سرعت بالا، عرض معبر بیشتر و وجود تقاطع بیشتر در



معبر است. می‌توان انتظار داشت که در معابری که تقاطع بیشتری وجود دارد و میزان ازدحام نیز بالاتر است رعایت نکردن حق تقدم دلیل بیشتر تصادفات باشد که این فرضیه نیز با رابطه 11 همخوانی دارد. بر اساس رابطه 12 افزایش سرعت و ازدحام باعث افزایش احتمال بروز تصادف به دلیل رعایت نکردن فاصله طولی می‌شود.

بایستی توجه داشت که داده‌های موجود از دقت کافی برخوردار نبودند، زیرا موقعیت دقیقی از مکان وقوع تصادفات در پایگاه اطلاعاتی وجود نداشت. همچنین باید به این نکته توجه شود که داده‌های برخی از متغیرها که در فراوانی تصادفات تأثیرگذار هستند، در دسترس نبود.

9 - نتیجه‌گیری

- 1- نتایج تحقیق در رابطه با استفاده مدل لوجیت در پیش‌بینی متغیرهای مؤثر بر علل تامه تصادفات نشان می‌دهد که متغیرهای مورد استفاده برازش خوبی با علل تامه دارند و استفاده از مدل لوجیت برای ارزیابی تصادفات روشی کارآمد است.
- 2- می‌توان دقت مدل را با وارد کردن متغیرهای فرضی و یا حذف کردن داده‌هایی که باعث افزایش پراکندگی در مدل می‌شود، بهبود بخشید. در این پژوهش بیشتر به روش مدل‌سازی توجه شده است.
- 3- با توجه به رابطه موجود بین شدت و علت تامه تصادف و با توجه به اینکه می‌توان احتمال بروز تصادف به هر یک از علل تامه را محاسبه کرد می‌توان نقاط حادثه خیز شبکه را پیدا کرد.
- 4- می‌توان به کمک این مدل و یافتن احتمال بروز تصادف به هر یک از علل تامه اقدامات لازم مانند حذف پارکینگ یا افزایش عرض معبر را به منظور پیشگیری از بروز تصادف به علت مربوطه تعیین کرد.

10 - مراجع

- 1 Peden, M., et al., *World report on road traffic injury prevention*, 2004, World Health Organization Geneva.
- 2 سازمان پزشکی قانونی کشور، تصادف بزرگترین عامل مرگ و میر، دوماهنامه "ارش" 1390.
- 3 ترابران، برآورد پژوهشکده حمل و نقل درباره هزینه تصادفات جاده‌ای ایران، ترابران 1389، شرکت بهسامان تدبیر.
- 4 Akgüngör, A.P. and O. Yıldız, *Sensitivity analysis of an accident prediction model by the fractional factorial method*. Accident Analysis & Prevention, 2007. **39**(1): p. 63-68.
- 5 Shefer, D. and P. Rietveld, *Congestion and safety on highways: towards an analytical model*. Urban Studies, 1997. **34**(4): p. 679-692.
- 6 Wang, C., M.A. Quddus, and S.G. Ison, *Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England*. Accident Analysis & Prevention, 2009. **41**(4): p. 798-808.
- 7 Lord, D., *The prediction of accidents on digital networks, characteristics and issues related to the application of accident prediction models*. 2000.
- 8 Hadayeghi, A., A.S. Shalaby, and B.N. Persaud, *Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2003. **1840**(-1): p. 87-95.
- 9 Wang, C., *Fatal crash trends and analysis in southeastern states*. 2006.
- 10 سازمان حمل و نقل ترافیک شهرستان مشهد، اطلاعات آمار تصادفات شهرستان مشهد، 1386: ایران.
- 11 Moore, D.N., *Mixed Multinomial Logit Analysis of Bicyclist Injury-severity in Single Motor Vehicle Crashes Based on Intersection and Non Intersection Locations*, 2009, University of Akron.
- 12 احمدی، ف.، علل وقوع تصادفات در معابر شهری. شهرداریها، 1388. شماره 96.



Evaluating the cause of accidents using discrete choice model

Amir Mohamadian Amiri, Graduate Student of Transportation and Highway Engineering

Koorosh Naderi, PhD Student of Transportation and Highway Engineering

Mostafa Dehghan, Graduate Student of Transportation and Highway Engineering

Abstract

In recent years, there has been a great attention to accident prediction methods in traffic management. The importance of predicting an accident is because of its enormous effect on reducing casualties, injuries, property damages and delays. The main objective in this study was to evaluate the cause of accidents based on variables associated with geometric design and traffic characteristics. Therefore, the 2007 traffic accident statistics of city of Mashhad in Iran along with logit model are used to evaluate the cause of accidents. Volume to capacity ratio (V/C) and average speed of traffic flow are the traffic related variables. Furthermore, whether parking is permitted on the right lane of roadway, median on the middle of roadway and width of roadway are other variables. Logit function is used to evaluate probability of cause of accidents. Results showed good accuracy in determining effective variables.

Keywords: *Logit function, cause of accident, discrete choice model, crash prediction*