## یادداشت پژوهشی

# تعیین عوامل مؤثر در شدت تصادفات آزادراهی و طراحی مدل آنها (مطالعه موردی: آزادراه تهران – کرج)

کامران رحیم‌اف*، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
محسن صادقی کلینی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
E-mail:k.rahimof@tsml.ir
دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۱۲- پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۵

## چکیده

***با وجود پیشرفت‌های مهم در زمینه افزایش ایمنی در آزادراه‌ها، توجه به اهمیت تصادفات در آزادراه‌ها و هزینه‌های انسانی و اقتصادی ناشی از آنها، لزوم مطالعه و مدل‌سازی در زمینه تصادفات آزادراهی را برای شناخت عوامل مؤثر در شدت تصادفات اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در این تحقیق آزادراه تهران-کرج به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده است و اطلاعات مورد نیاز در خصوص تصادفات این آزادراه مربوط به سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۸۷ از سازمان‌ها و نهادهای ذیربط مختلف گردآوری شده است. با توجه به ماهیت رخداد حوادث رانندگی، پارامترهای متعددی در بروز این‌گونه حوادث و شدت آنها نقش دارند. در این تحقیق روش رگرسیون ترتیبی مورد استفاده قرار گرفته و نحوه تأثیر عوامل مختلف در شدت تصادفات با استفاده از معیارهای آماری توضیح داده شده است. برای انجام مدل‌سازی از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. براساس نتایج بررسی اثر متغیرهای مختلف بر شدت تصادف و نتایج حاصل از مدل‌های ارایه شده در این مطالعه، عواملی نظیر هوای صاف، حجم ترافیک کمتر از ٤۰۰ وسیله نقلیه در ساعت، رانندگان دارای کمتر از ۳۵ سال و عدم رعایت فاصله طولی از جمله عواملی هستند که نقش عمده‌ای در افزایش شدت تصادفات داشته‌اند.***

**واژه‌های کلیدی**: آزادراه، شدت تصادفات، عوامل انسانی، مدل‌سازی، رگرسیون ترتیبی

### ۱- مقدمه

ایمنی در تردد وسایل نقلیه، یکی از اصولی‌ترین مبانی در مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل و نقل در جهان به شمار می‌رود. عدم رعایت اصول ایمنی در طراحی راه‌ها و برنامه‌ریزی حمل و نقل و ترافیک منجر به تصادفات می‌شود که یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر و معلولیت به شمار می‌رود که علاوه بر این که افراد را دچار عوارض روانی و اقتصادی می‌گرداند، جوامع نیز نمی‌توانند از تبعات آن در امان بمانند. میزان خطرات و تلفات راه‌ها در کشورهای جهان سوم و بعضی از کشورهای در حال توسعه بسیار بالا و نگران‌کننده است. برای بررسی میزان تلفات راه‌ها، از مدل‌های تصادفات استفاده می‌شود که ابزاری برای خلاصه کردن اثرات پارامترهای تأثیرگذار بر یکدیگر، طبق اطلاعات گردآوری شده از داده‌های تصادفات به همراه قضاوت مهندسی و فرضیات تحلیلی تدوین شده می‌باشند که می‌توانند در کاهش خسارات و تلفات ناشی از تصادفات مفید واقع شوند.

مدل‌ها از آن نظر که در شرایطی که امکان تجربه مسایل به دلایل اقتصادی، سیاسی و فنی وجود ندارد، توانایی درک چگونگی رفتار سیستم را میسر می‌سازند، حائز ارزش و اهمیت می‌باشند (ملکوتی، ۱۳۸٤).

شناخت بهتر عوامل مربوط به شدت تصادفات و توسعه این‌گونه مدل‌ها برای بررسی تأثیر عوامل مورد نظر روی تصادفات،

* نویسنده مسئول

مهندسان را قادر می‌سازد تا اقدامات لازم را برای شناسایی و کاهش شدت تصادفات اعمال نمایند.

در بررسی راه‌ها در مناطق مختلف مشخص شده است که آزادراه‌ها از مکان‌های خطرناک هر منطقه به شمار می‌روند که هر ساله آمار مرگ و میر بالایی را در اثر تصادفات رانندگی به خود اختصاص می‌دهند. متأسفانه در کشور ما با توجه به روند رشد جمعیت و افزایش تولید خودرو از یک سو و ظرفیت تردد راه‌ها و روند احداث راه‌های جدید از طرفی دیگر آمار مرگ و میر بیشتر از بسیاری از کشورهای دنیاست (ضیایی، ۱۳۸٦).

بنابراین در بررسی تصادفات آزادراه‌ها، علاوه بر این که باید تعداد تصادفات را در نظر داشت، شدت تصادفات نیز عامل مهمی است که باید به دقت مورد مطالعه قرار گیرد.

بنابراین بررسی رابطه بین شدت تصادفات وسایل نقلیه با خصوصیات آزادراه‌ها و عوامل مختلف دیگر که در شدت تصادفات این‌گونه راه‌ها مؤثر می‌باشند، از اهمیت بالایی برخوردار است. از آن‌جا که مدل‌سازی، شناخت عوامل مؤثر و میزان تأثیر آنها و همچنین چگونگی ارتباط میان پارامترهای مختلف با یکدیگر را ممکن می‌سازد، باید عوامل مؤثر در شدت تصادفات به کمک مدل‌های مناسب مورد بررسی قرار گرفته و علاوه بر شناسایی آنها، میزان اثر هریک از آنها بر شدت تصادفات نیز مشخص شوند. بنابراین، در این تحقیق، هدف، به‌دست آوردن مدلی است که بتواند به بهترین شکل ممکن، تأثیر همزمان عوامل مختلف از جمله: انسان، راه، وسیله نقلیه، عوامل جوی و ویژگی‌های ترافیکی را بر شدت تصادفات آزادراه‌ها نشان دهد.

یکی از ویژگی‌های این تحقیق، گستردگی و تعداد عوامل مورد بررسی در آن است که با موارد پژوهشی مشابه که در بیشتر آنها تعداد عوامل مورد بررسی، بسیار محدود می‌باشد، تفاوت اساسی دارد. به طور مثال در تحقیق فارمر، صرفاً عامل برخورد دو وسیله نقلیه از پهلو مورد بررسی قرار گرفته است و یا در پژوهش گولوب و ریکر فقط عوامل جریان ترافیک، شرایط جوی و روشنایی مورد نظر بوده‌اند؛ در حالی که در تحقیق حاضر بیش از ده پارامتر اصلی که با احتساب زیر مجموعه‌های آنها بیش از پنجاه عامل می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. وجه تمایز دیگر این پژوهش با تحقیقات مشابه این است که بیشتر آنها تصادفات جاده‌های دوطرفه برون شهری و یا بزرگراه‌های درون شهری را مورد بررسی قرار داده‌اند، ولی با توجه به این که در خصوص تصادفات آزادراه‌ها، کار پژوهشی لازم، حداقل در داخل کشور صورت نگرفته است، این تحقیق بر این نوع راه متمرکز شده و عوامل مؤثر در شدت تصادفات در این‌گونه راه‌ها را مورد بررسی قرار داده است. همچنین استفاده از تعریف علمی و کامل از شدت تصادف که در برگیرنده تعداد مجروحان و فوتی‌ها است یکی دیگر از ویژگی‌های این تحقیق می‌باشد که بدون شک نشانگر میزان شدت تصادفات می‌باشند، که این کار را از دیگر موارد پژوهشی انجام شده، متمایز کرده است.

به طوری که در اغلب پژوهش‌های انجام شده پیشین، شدت تصادف با توجه به این که تصادف منجر به فوت و یا جرح بوده، تعریف شده است و تعداد مجروحان و فوتی‌ها هیچ تأثیری در میزان شدت تصادف نداشته‌اند؛ در حالی که در این تحقیق با توجه به بخش‌های آتی، تعداد مجروحان و فوتی‌ها در میزان شدت تصادف مؤثر در نظر گرفته شده است. با توجه به موارد تمایز ذکر شده در بالا، جنبه نوآوری این تحقیق نسبت به تحقیقات پیشین آشکار می‌گردد.

## ۲- مروری بر تحقیقات پیشین

تحقیقات در خصوص شدت تصادفات، چند دهه‌ای است که ادامه دارد و مدل‌سازی و بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات تاکنون موضوع تحقیقات زیادی بوده است. در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام شده در مورد شدت تصادفات، اشاره می‌شود و سپس مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آنجل و هیکمن[1] در سال ۲۰۰۸ عوامل مؤثر بر شدت تصادفات دو وسیله‌ای را مورد بررسی قرار داده است که در آن یک آنالیز مفهومی از اثرات متغیرهای محیطی، انسانی و وسیله نقلیه بر شدت تصادفات که بین دو وسیله نقلیه رخ می‌دهد را در ایالت یوتا ارایه کرده‌اند. آنها در نتایج بررسی خود، ایجاد روشنایی در شب را باعث کاهش ۵۰ درصدی تلفات جانی می‌دانند (Angel and Hickman, 2008).

جیانمینگ و کوکیلمن[2] در سال ۲۰۰٦ مطالعه‌ای تحت عنوان "مدل شدت و تواتر تصادفات با استفاده از اطلاعات خوشه‌ای در ایالت واشنگتن" انجام دادند که در آن ارتباط بین تواتر تصادفات و شدت آنها با طراحی جاده و کاربرد آنها را با به‌کار بردن فواید داده‌های خوشه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه، تصادفات در شیب‌های قوس‌های قائم را از شدت کمتری

برخوردار دانسته و بیان می‌دارد که محدودیت سرعت اثر چندان مهمی بر شدت تصادفات ندارد ولی می‌تواند تصادفات فوتی را افزایش دهد (Jianming and Kockelman, 2006).

دانل و کانر[3] در سال ۲۰۰۵ تحقیقی را با عنوان "پیش‌بینی شدت صدمات ناشی از تصادفات وسایل نقلیه با استفاده از مدل‌های چند گزینه‌ای ترتیبی" در این زمینه انجام داده‌اند. آنها احتمال وقوع چهار سطح از جراحت را براساس تابعی از خصوصیات راننده بررسی کرده و در این زمینه به مقایسه مدل‌های لاجیت و پرابیت پرداخته‌اند. آنها دریافتند که شدت تصادفات با سرعت، عمر وسیله نقلیه، سن سرنشینان، جنسیت، سطح الکل بالا در خون، عدم استفاده از کمربند ایمنی و برخوردهای از جلو، افزایش می‌یابد و نشستن در موقعیت‌های مختلف خودرو بیشترین و جنسیت راننده، کمترین ارتباط را با شدت تصادفات دارد (Donnel and Conner, 2005).

فارمر[4] در سال ۱۹۹۷ اثر تصادف دو وسیله نقلیه از پهلو و ارتباط بین شدت تصادف با خصوصیات وسیله نقلیه را با استفاده از مدل‌های رگرسیون دو جمله‌ای مورد مطالعه قرار داده و تأثیر مشخصات وسیله نقلیه و نوع برخورد را در شدت جراحات وارده در مورد تصادفاتی که دو وسیله از پهلو به هم برخورد می‌کنند، بررسی کرده است. او در تحقیق خود بیان می‌دارد که رانندگان بیش از ٦٥ سال برای صدمات شدید، از خطر بیشتری برخوردار هستند و کامیون‌های سبک بیشتر از ماشین‌های دیگر احتمال غلتیدن دارند (Farmer, 1997).

کوکیلمن و کواون[5] در سال ۲۰۰۲ تحقیقی را با عنوان "کاربرد مدل‌های پرابیت ترتیبی جهت شدت صدمات رانندگان" در مورد شدت تصادفات، انجام داده‌اند که در آن مدل‌هایی را برای تصادفات به طور جداگانه ارایه و بررسی کرده‌اند. این مطالعه شدت تصادف را برای تمام تصادفات اعم از تصادفات تک وسیله‌ای و دو وسیله‌ای مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج این تحقیق بیان می‌دارد که حالت برخورد، تعداد وسایل نقلیه در تصادف، سرعت زیاد، جنسیت راننده، سن زیاد، نوع وسیله نقلیه، مانور سبقت و استفاده الکل توسط راننده، واژگونی و برخوردهای جلو به جلو، نقش اساسی در شدت تصادفات دارند (Kockelman and Kweon , 2002).

گولوب و ریکر[6] در سال ۲۰۰۱ طی تحقیقی با عنوان "ارتباط بین تصادفات آزادراه‌های درون شهری با جریان ترافیک، شرایط جوی و روشنایی" با استفاده از آنالیز چند متغیره خطی و غیر خطی، انواع تصادفاتی که در آزادراه‌های کالیفرنیای جنوبی اتفاق افتاده بود را مورد بررسی قرار دادند. هدف این تحقیق، تعیین ارتباط بین نوع تصادفات ترافیکی در آزادراه‌های درون شهری با وضعیت جریان ترافیکی، شرایط جوی و وضعیت روشنایی می‌باشد. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که شدت تصادفات با حجم ترافیک، رابطه معکوس دارد و همچنین اظهار می‌دارند که با کنترل شرایط جوی و روشنایی، شدت تصادف نسبت به سرعت، بیشتر از حجم تأثیر می‌پذیرد (Golob and Recker , 2001).

شیخ‌الاسلامی در سال ١٣٨٤ تحقیقی را در خصوص شدت تصادفات با عنوان "مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران" انجام داده است که در آن به بررسی عوامل تأثیرگذار در شدت تصادفات موتورسیکلت پرداخته شده است. در این تحقیق اصول مدل‌سازی به روش رگرسیون لاجستیک تشریح شده و روش‌های جایگزین آن نیز مورد بررسی مقایسه‌ای قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحقیق شیخ‌الاسلامی بیانگر این است که انطباق نتایج حاصل از کاربرد مدل‌های لاجیت و پرابیت در مورد پیش‌بینی شدت تصادفات موتورسیکلت تقریباً یکسان و دارای اعتبار آماری است. در نتایج این تحقیق مشخص شده است که وقوع تصادف بین ساعت ٤ تا ٦ صبح، دخیل بودن مینی‌بوس یا اتوبوس در تصادف، وقوع تصادف در بزرگراه یا کمربندی، برخورد با وسایل نقلیه سنگین و وجود نقص در علایم، عواملی هستند که باعث افزایش شدت تصادفات موتورسیکلت می‌شوند (شیخ‌الاسلامی، ١٣٨٤).

## ۳- متغیرهای مستقل و وابسته

در پژوهش حاضر متغیر وابسته در مدل‌سازی شدت تصادفات، یک متغیر دارای ساختار رتبه‌بندی بوده و بیانگر درجه اهمیت شدت تصادف از کمترین میزان به بیشترین حد موجود می‌باشد. شدت تصادف به عنوان متغیر وابسته از رابطه نسبت تعداد کشته‌شدگان به تعداد تصادفات به‌دست می‌آید و با در نظر گرفتن ضرایب شاخص‌های تصادفات که مورد استفاده مراجع معتبر می‌باشند (احمدی‌نژاد، ١٣٨١)، سه مجروح معادل یک کشته در نظر گرفته شده است و طبق جدول ١ اعداد حاصل برای شدت‌های مختلف تصادفات محاسبه و در نظر گرفته شده‌اند.

همچنین متغیرهای مستقل مورد نظر در این تحقیق شامل ۱۱ متغیر می‌باشند که در واقع وضعیت و ابعاد مختلف تصادفات وسایل نقلیه را نشان می‌دهند. این عوامل همراه با زیرشاخه‌های مربوطه، مطابق جدول ۲ می‌باشند.

**جدول ۱. شدت تصادف و توضیحات مربوطه**

| شدت تصادف | توضیح |
|---|---|
| صفر | تصادف صرفاً خسارتی بدون فوتی و مجروح |
| ۰/۳۳ | تصادفی که فقط منجر به یک مجروح شود |
| ۰/۶۷ | تصادفی که فقط منجر به دو مجروح شود |
| یک | تصادفی که منجر به سه مجروح یا یک فوتی و یا بیشتر شود |

**جدول ۲. عوامل مؤثر بر شدت تصادف و علامت اختصاری آنها در مدل‌سازی**

| عامل | توضیح | کد عامل در مدل | علامت اختصاری | عامل | توضیح | کد عامل در مدل | علامت اختصاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| علت تامه (ELT) | عدم رعایت فاصله طولی | ۱ | ELT1 | شرایط جوی (SJ) | صاف | ۱ | SJ1 |
| | عدم رعایت فاصله عرضی | ۲ | ELT2 | | بارانی یا برفی | ۲ | SJ2 |
| | عدم توجه به جلو | ۳ | ELT3 | | ابری ، غبار آلود یا مه آلود | ۳ | SJ3 |
| | عدم مهارت در رانندگی و کنترل وسیله نقلیه | ٤ | ELT4 | سن راننده (SEN) | کمتر و مساوی ۲۵ سال | ۱ | SEN1 |
| | تغییر مسیر ناگهانی | ٥ | ELT5 | | بین ۲۵ تا ۳۵ سال | ۲ | SEN2 |
| | عدم رعایت حق تقدم | ٦ | ELT6 | | بین ۳۵ تا ٤٥ سال | ۳ | SEN3 |
| | سایر | ۷ | ELT7 | | بین ٤٥ تا ٥٥ سال | ٤ | SEN4 |
| تحصیلات راننده (TR) | زیر دیپلم | ۱ | TR1 | | بیش از ٥٥ سال | ٥ | SEN٥ |
| | دیپلم و فوق دیپلم | ۲ | TR2 | سرعت متوسط ساعتی (SS) | کمتر از ٥٠ کیلومتر در ساعت | ۱ | SS1 |
| | کارشناسی و بالاتر | ۳ | TR3 | | ٥٠ تا ٦٠ کیلومتر در ساعت | ۲ | SS2 |
| | نا مشخص | ٤ | TR4 | | ٦٠ تا ۷٠ کیلومتر در ساعت | ۳ | SS3 |
| استفاده از کمربند (KB) | استفاده کرده | ۱ | KB1 | | ۷٠ تا ۸٠ کیلومتر در ساعت | ٤ | SS4 |
| | استفاده نکرده | ۲ | KB2 | | ۸٠ تا ۹٠ کیلومتر در ساعت | ٥ | SS5 |
| | نا مشخص | ۳ | KB3 | | ۹٠ تا ۱٠٠ کیلومتر در ساعت | ٦ | SS6 |
| جنسیت راننده (JR) | مرد | ۱ | JR1 | | ۱٠٠ تا ۱۱٠ کیلومتر در ساعت | ۷ | SS7 |
| | زن | ۲ | JR2 | | ۱۱٠ تا ۱۲٠ کیلومتر در ساعت | ۸ | SS8 |
| نوع برخورد (NB) | دو وسیله‌ای | ۱ | NB1 | | بیش ۱۲٠ کیلومتر در ساعت | ۹ | SS9 |
| | چند وسیله‌ای | ۲ | NB2 | حجم تردد ساعتی (HT) | کمتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ۱ | HT1 |
| | برخورد با شئ ثابت | ۳ | NB3 | | ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ۲ | HT2 |
| | سایر | ٤ | NB4 | | ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ۳ | HT3 |
| شرایط روشنایی (SR) | روز | ۱ | SR1 | | ۳۰۰۰ تا ٤۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ٤ | HT4 |
| | شب | ۲ | SR2 | | ٤۰۰۰ تا ٥۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ٥ | HT5 |
| | هنگام طلوع یا غروب | ۳ | SR3 | | ٥۰۰۰ تا ٦۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ٦ | HT6 |
| روز هفته (ROZ) | روز کاری | ۱ | ROZ1 | | ٦۰۰۰ تا ۷۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ۷ | HT7 |
| | روز تعطیل | ۲ | ROZ2 | | بیش از ۷۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت | ۸ | HT8 |

**جدول ۳. میزان همبستگی متغیرهای مستقل با یکدیگر**

| همبستگی | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نوع برخورد | شرایط جوی | شرایط روشنایی | علت تامه | جنسیت | تحصیلات راننده | سن راننده | روز هفته | حجم تردد | سرعت متوسط |
| Kendall's tau_b | نوع برخورد | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۵٤ ** | ۰/۰۸۹ ** | ۰/۱۰۱ ** | ۰/۱٤۹ ** | -۰/۰٤۸** | -۰/۰۰٤ | -۰/۰۳۳** | ۰/۰۱۸ |
| | شرایط جوی | ۰/۰۰۸ | ۱/۰۰۰ | -۰/۰٤٤** | -۰/۰۸۰** | ۰/۰۰۸ | -۰/۰۲۲* | -۰/۰۰۸ | -۰/۰۱۵ | -۰/۰۵۳** | -۰/۸۰۵ |
| | شرایط روشنایی | ۰/۰۵٤** | -۰/۰٤٤** | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۲۸ ** | ۰/۰٤۹ ** | -۰/۰۷۳ | -۰/۰۲۲* | ۰/۰٦۸ ** | -۰/۰۵۵۲** | ۰/۰۳۵** |
| | علت تامه | ۰/۰۸۹ ** | -۰/۰۸۰** | ۰/۰۲۸ ** | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۹۵ ** | ۰/۰۷٦ ** | -۰/۰۲۸** | -۰/۷۰٤** | -۰/۰٤۸** | ۰/۷٤۱** |
| | جنسیت | ۰/۱۰۱ ** | ۰/۰۰۸ | ۰/۰٤۹ ** | ۰/۰۹۵ ** | ۱/۰۰۰ | ۰/۰٤۳ ** | ۰/۱۱۵** | -۰/۰۱۲ | -۰/۰۲۸** | ۰/۰۰۲ |
| | تحصیلات | ۰/۱٤۹ ** | -۰/۰۲۲* | ۰/۰۷۳ ** | ۰/۰۷۸ ** | ۰/۰٤۳ ** | ۱/۰۰۰ | ۰/۱٤۸** | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۳۲** | ۰/۰۲۲* |
| | سن راننده | -۰/۰٤۸** | -۰/۰۰۸ | -۰/۰۲۲* | -۰/۰۲۸** | -۰/۱۱۵** | -۰/۱٤۸** | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱٦ | -۰/۷۰۷ |
| | روز هفته | -۰/۰۰٤ | -۰/۰۱۵ | ۰/۰۸۸ ** | -۰/۷۰٤** | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۲ | ۱/۰۰۰ | ۰/۱۷۳** | -۰/۰۰۳ |
| | حجم تردد | -۰/۰۳۳** | -۰/۰۵۳** | -۰/۵۲۲** | -۰/۰٤۸** | ۰/۰۲۸** | -۰/۰۳۲** | ۰/۰۱٦ | ۰/۱۷۳ ** | ۱/۰۰۰ | -۰/۸۷۹** |
| | سرعت متوسط | ۰/۰۱۸ | -۰/۸۰۵ | ۰/۰۳۵ ** | ۰/۷٤۱ ** | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۲۲ * | -۰/۷۰۷ | -۰/۰۰۳ | -۰/۸۷۹** | ۱/۰۰۰ |
| همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۱ ** | | | | | | | | | | | |
| همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۵ * | | | | | | | | | | | |

برای بررسی میزان ارتباط و همبستگی بین پارامترهای مورد نظر این تحقیق، توسط نرم‌افزار آماری مورد استفاده در این پژوهش، از روش کندال[۷] استفاده گردیده و نتایج حاصل از آن در جدول ۳ آورده شده است.

مطابق نتایج حاصل از این بررسی، ملاحظه می‌گردد که عامل سرعت با چندین عامل از جمله حجم تردد، شرایط جوی، سن راننده و علت تامه در ارتباط زیاد می‌باشد (قدر مطلق ضریب همبستگی بیش از ۰/۷) که نشان‌دهنده وابستگی این عوامل با عامل سرعت می‌باشد که در صورت در نظر گرفتن تمام این عوامل با یکدیگر، در تخمین میزان اثر هر پارامتر، بخشی از ضرایب این پارامتر به پارامترهای دیگر انتقال می‌یابد. بنابراین برای برآورد اثر خالص متغیرها که براساس ضرایب آنها در مدل به‌دست می‌آیند، عامل سرعت از مجموعه عوامل مورد نظر حذف شده است و همچنین عامل روز هفته با علت تامه تصادفات دارای ارتباط بیش از حد بوده که در ادامه روند تحقیق و مدل‌سازی از این عامل نیز صرف‌نظر شده است.

## ٤- روش مدل‌سازی

امروزه، استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد پیشینه یک رخداد، برای مدل‌سازی جهت پیش‌بینی آیندهٔ وقوع رخداد مورد نظر، کاربردی متداول یافته است. این امر به ویژه در مواردی مانند مطالعات تصادفات که انجام آزمون‌های کنترل شده در مورد آنها هزینه‌های قابل توجهی را به همراه دارد، از جایگاه مهمی برخوردار است. مدل‌سازی شدت تصادفات با بهره‌گیری از اطلاعات گردآوری شده، با روش‌های مختلف قابل انجام است.

معمولاً مدل‌های مورد استفاده در این زمینه، مدل‌های رگرسیون لاجستیک یا مشتقات آن هستند. مدل‌های پرابیت و لاجیت چندگانه، در شرایطی که متغیر وابسته یک متغیر دسته‌بندی شده باشد، در مطالعات ایمنی بیشترین کاربرد را داشته‌اند. در مواردی که دسته‌بندی متغیر وابسته، ساختار ترتیبی داشته باشد، یعنی دسته‌بندی از رتبه پایین‌تر به رتبه بالاتر، بر حسب شدت یا درجه اهمیت یک پارامتر صورت گرفته باشد، انتخاب طبیعی به عنوان مدل برتر، مدل‌های رگرسیون لاجستیک ترتیبی است (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸٤). شکل کلی این مدل‌ها به صورت رابطه ۱ می‌باشد که با به دست آوردن ضرایب $\beta$، رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل به‌دست می‌آیند.

$$Ordinal\ (\theta_i) = c + \beta_1 x1 + \beta_2 x2 + \dots + \beta_n xn \qquad (۱)$$

در فرمول ۱ احتمال وقوع تصادفات ($\theta_i$) با شدت‌های مختلف، به کمک رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$\theta_i = \frac{e^{\{c+\sum \beta_i x_i\}}}{1+e^{\{c+\sum \beta_i x_i\}}} \qquad (۲)$$

دیگر پارامترها عبارتند از:

C: مقدار ثابت

$x_i$: متغیرهای مستقل

$\beta_i$: ضرایب متغیرهای مستقل

در این تحقیق از برنامه SPSS که یک نرم‌افزار قوی در زمینه‌های تحلیل‌های آماری بوده و در علوم مختلف و مطالعات علمی به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته و نیز از قابلیت‌های زیادی برای به دست آوردن مدل‌های مختلف آماری برخوردار می‌باشد، استفاده شده است. در این نرم‌افزار روش رگرسیون ترتیبی، در اصل تعمیم مدل خطی عمومی به داده‌های ترتیبی می‌باشد. در این نرم‌افزار پنج تابع انتقالی، با توجه به تقسیم‌بندی پارامترها مشخص می‌شوند که برای برازش مدل‌های پرابیت و لاجیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. تابع انتقال[۸] یا تابع پیوند، تابعی است از احتمالاتی که ناشی از مدل خطی پارامترها می‌باشد. این تابع سمت چپ معادله را تعریف کرده و رابطه‌ای بین مؤلفه‌های تصادفی سمت چپ معادله و مؤلفه‌های سیستماتیک و منظم سمت راست می‌باشد. این تابع به‌صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود (Neil, 2006):

$$\ln\left(\frac{\text{احتمال}(\text{پیشامد})}{1-\text{احتمال}(\text{پیشامد})}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k$$

پنج تابع انتقال قابل استفاده در روند رگرسیون ترتیبی در نرم‌افزار SPSS وجود دارد که در جدول ٤ نشان داده شده‌اند که در آنها ($\gamma$) میزان احتمالی که یک پیشامد اتفاق می‌افتد را نشان می‌دهد.

**جدول ٤. توابع انتقال در مدل‌سازی رگرسیون ترتیبی (Neil, 2006)**

| موارد کاربرد | شکل | تابع |
|---|---|---|
| دسته‌های پراکنده | $\ln(\frac{\gamma}{1-\gamma})$ | لاجیت |
| دسته‌های بالاتر با احتمال بیشتر | $\ln(-\ln(1-\gamma))$ | مکمل لگاریتمی |
| دسته‌های پایین‌تر با احتمال بیشتر | $-\ln(-\ln(\gamma))$ | لگاریتم منفی |
| تحلیل با متغیر دارای توزیع نرمال ساده | $\phi^{-1}(\gamma)$ | پرابیت |
| خروجی با چندین مقدار انتهایی(کرانی) | $\tan(\pi(\gamma-0.5)$ | کاچیت (معکوس کاچی) |

## ۵- جمع‌آوری اطلاعات

برای ساخت مدل نیاز به یکسری آمار و اطلاعات می‌باشد. برای همین منظور در این تحقیق آزادراه تهران - کرج به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده و اطلاعات لازم طی مراحل زیر گردآوری شده‌اند:

۱- گردآوری اطلاعات ترافیکی مانند حجم ترافیک عبوری و سرعت جریان درمقاطع زمانی مختلف در آزادراه

۲- جمع‌آوری داده‌های مربوط به آمار تصادفات در آزادراه مورد نظر

برای بررسی میزان تأثیر عوامل مختلف بر شدت تصادفات در آزادراه‌ها، آمار و اطلاعات در خصوص تصادفات از قبیل نحوه تصادف، نوع برخورد وسایل نقلیه و همچنین ویژگی‌های رانندگان مانند سن، جنسیت، تحصیلات و نحوه عملکرد رانندگان شامل استفاده آنها از کمربند ایمنی و نیز شرایط محیطی شامل وضعیت روشنایی، زمان تصادف که در برگیرنده روز و شب می‌باشد و نیز شرایط جوی هنگام تصادف، شامل شرایط جوی صاف، بارانی و برفی مربوط به تصادفات سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۸۷ آزادراه تهران - کرج به عنوان نمونه مطالعاتی، از مرکز فرماندهی و کنترل ترافیک پلیس راه ناجا (مرفوک) و همچنین مشخصات ترافیکی شامل حجم ترافیک، سرعت جریان و عوامل احتمالی دیگر این آزادراه مربوط به زمان‌های وقوع تصادفات در سال‌های ذکر شده از سازمان راهداری و حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی جمع‌آوری شده‌اند.

در ابتدا تمامی داده‌ها که مربوط به بیش از ۱۹۵۰۰ مورد تصادف بود، در یک بانک اطلاعاتی واحد جمع‌آوری شدند تا داده‌هایی که با توجه به جمع‌آوری اطلاعات از مراجع متفاوت، با یکدیگر همپوشانی لازم را ندارند، حذف و همچنین داده‌هایی که در آنها احتمال خطا و اشتباه وجود دارد، شناسایی و از بانک اطلاعاتی خارج شوند. در نهایت، آمار جمع‌آوری شده به ۱۰٦۱۳ مورد تصادف تقلیل یافت که از این تعداد ۱۱٦ مورد تصادفات فوتی، ٦٤۰ مورد تصادفات جرحی و مابقی آنها تصادفات منجر به خسارت مالی تنها می‌باشند. برای به‌کارگیری پارامترها در روند مدل‌سازی به‌عنوان متغیرهای مستقل، همه عوامل کدگذاری شدند

که این امر شامل عوامل کمّی مانند حجم تردد، سن رانندگان و سرعت وسایل نقلیه می‌شود که با دسته‌بندی‌های لازم، مطابق جدول ۲ می‌باشد. لازم به ذکر است که در این پژوهش مدل‌های ارایه شده براساس آمار سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۸٦ ایجاد شده و با آمار مربوط به سال ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## ٦- ارایه مدل‌های تحقیق

پس از تعریف چگونگی متغیر وابسته و مشخص کردن عوامل گوناگون به‌عنوان متغیرهای مستقل و تعیین آنها به کمک آزمون‌های آماری، با توجه به اینکه اطلاعات تصادفات از نوع گسسته بوده و همچنین شدت تصادفات به عنوان متغیر وابسته با پارامترهای گوناگونی به عنوان متغیرهای مستقل در ارتباط می‌باشد و نیز متغیر وابسته ($\theta_i$) دارای ساختار رتبه‌بندی بوده که بیانگر اهمیت شدت تصادفات از کمترین میزان به بیشترین حد ممکن می‌باشد، بنابراین مدل رگرسیون ترتیبی به‌صورت معادله ٤ در نظر گرفته شده است که با به‌دست آوردن ضرایب $\beta$، رابطه بین متغیر وابسته یعنی شدت تصادف و متغیرهای مستقل که همان عوامل مؤثر در میزان شدت تصادف می‌باشند به‌دست می‌آید.

$$Ordinal(\theta_i) = c + \beta_1 * ELT + \beta_2 * TR + \beta_3 * KB + \beta_4 * JR + \beta_5 * NB + \beta_6 * SR + \beta_1 * SJ + \beta_8 * ROZ + \beta_9 * SEN + \beta_{10} * SS + \beta_{11} HT \quad (4)$$

که در آن :

C : مقدار ثابت

ELT : علت تامه

TR : تحصیلات راننده

KB : کمربند ایمنی

JR : جنسیت راننده

NB : نوع برخورد

SR : شرایط روشنایی

SJ : شرایط جوی

ROZ : روز هفته

SEN : سن راننده

SS : سرعت متوسط ساعتی

HT : حجم تردد

در مدل ٤، احتمال وقوع تصادفات ($\theta_i$) با شدت‌های مختلف، از رابطه ۲ و با استفاده از پارامترهای مورد استفاده در رابطه ٤ محاسبه می‌گردد.

مدل‌سازی به روش رگرسیون ترتیبی با شیوه‌های مختلفی قابل انجام می‌باشد. با کاربرد پارامترهای مندرج در جدول ۵، مدل‌سازی با استفاده از توابع انتقال مختلف صورت گرفته است تا اختلاف میزان انطباق نتایج در هر مورد قابل مقایسه باشد. لازم به ذکر است که اعتبار مدل‌های آماری در رگرسیون ترتیبی، توسط تست آماری نسبت درست‌نمایی سنجیده می‌شود (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸٤).

کلیه مدل‌های مندرج در جدول ۵ براساس تست آماری مزبور در سطح اطمینان ۰/۹۵ دارای اعتبار می‌باشند (سطح معناداری[9] آنها کمتر از ۰/۰۵ است). مقایسه نتایج، ثابت می‌کند که اختلاف نتایج مدل‌های مختلف قابل توجه نیست، و مدل‌های ترتیبی لاجیت، پرابیت، کاچیت، لگاریتمی و لگاریتمی منفی دارای توانایی ارایه نتایج صحیح بوده‌اند که در این پژوهش با توجه به نحوه دسته‌بندی و کدگذاری متغیرها از مدل ترتیبی پرابیت استفاده شده است.

با استفاده از روش رگرسیون ترتیبی که نتایج آن در جدول ٦ ارایه گردیده، با کمک جداول آماری توزیع مربوطه، سطح معناداری آماری متغیرها در مدل محاسبه شده است. معمولاً سطح معناداری آماری کمتر از ۰/۰۵ را ملاک تشخیص حضور یک متغیر در مدل قرار می‌دهند. در این صورت، تست آماری این‌گونه تعبیر می‌شود که حداقل با ۹۵ درصد اطمینان از نظر آماری می‌توان حضور متغیر مورد نظر را در مدل، معتبر دانست.

در نهایت پس از حذف متغیرهایی که حضور آنها در مدل رگرسیون غیر معنادار می‌باشند، معادلات رگرسیون ترتیبی برای شدت تصادفات با درجات مختلف، براساس متغیرهای مستقلی که در جدول ۲ نشان داده شده است، به صورت مدل‌های مندرج در جدول ۷ به‌دست آمده‌اند.

**جدول۵. مقایسه مدل‌های مختلف رگرسیون ترتیبی برای شدت تصادفات**

| روش مدل‌سازی | معیار سنجش میزان صحت انطباق مدل | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chi-squar | df | Cox& snell | Neglekereke | Mc Fadden | سطح معناداری |
| پرابیت | ۱۹۱۶/۵۱۴ | ۲۶ | ۰/۲۰۴ | ۰/۴۱۹ | ۰/۳۴۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| لاجیت | ۲۰۶۴/۸۷۷ | ۲۶ | ۰/۲۱۸ | ۰/۴۷۷ | ۰/۳۶۸ | ۰/۰۰۰۱ |
| کاچیت | ۲۰۳۶/۶۴ | ۲۶ | ۰/۲۱۶ | ۰/۴۴۲ | ۰/۳۶۳ | ۰/۰۰۰۱ |
| Log-log | ۱۶۲۲/۴۴۳ | ۲۶ | ۰/۱۷۶ | ۰/۳۶۰ | ۰/۲۸۹ | ۰/۰۰۰۱ |
| Nlog-log | ۲۱۵۷/۷۴۶ | ۲۶ | ۰/۲۲۷ | ۰/۴۶۵ | ۰/۳۸۴ | ۰/۰۰۰۱ |

**جدول ۶. ضرایب نهایی پیش‌بینی رگرسیون**

| | ضریب متغیر | انحراف معیار | wald | درجه آزادی | سطح معناداربودن آماری | فاصله اطمینان ۹۵ درصد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | حد پایین | حد بالا |
| SHT=0/00 | -۰/۲۱۹ | ۰/۲۴۶ | ۶/۵۸ | ۱ | ۰/۰۰۳ | -۰/۷۱۲ | ۰/۳۲۴ |
| SHT = 0/33 | ۰/۷۱۸ | ۰/۲۴۶ | ۸/۳۱۶ | ۱ | ۰/۰۰۶ | ۰/۲۱۵ | ۱/۳ |
| SHT = 0/67 | ۱/۰۶۵ | ۰/۲۶۸ | ۱۷/۵۱۲ | ۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۷۲۵ | ۱/۲۹۴ |
| SHT = 1/00 | ۱/۴۸۶ | ۰/۲۷۵ | ۳۳/۶۰۹ | ۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۴۷ | ۱/۹۸۷ |
| نوع برخورد=۱ | -۰/۷۸۴ | ۰/۷۱۰ | ۱۲۲/۵۷۴ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۰/۸۳۶ | -۰/۵۶۴ |
| نوع برخورد=۲ | -۰/۵۲۶ | ۰/۰۸۸ | ۳۵/۵۵۰ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۰/۶۹۹ | -۰/۴۲۳ |
| نوع برخورد=۳ | -۰/۷۲۷ | ۰/۱۱۷ | ۳۸/۶۴۶ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۰/۸۹۶ | -۰/۵۲۶ |
| شرایط جوی=۱ | -۰/۲۳۵ | ۰/۰۵۷ | ۱۷/۱۳۰ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۰/۳۵۵ | -۰/۱۰۴ |
| علت تامه=۱ | -۰/۲۶۴ | ۰/۰۸۷ | ۹/۳۱۲ | ۱ | ۰/۰۰۲ | -۰/۴۶۸ | -۰/۰۸۵ |
| جنسیت راننده=۱ | -۱/۱۳۱ | ۰/۰۶۳ | ۳۱۸/۱۲۵ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۱/۳۵۵ | -۱/۱۲۵ |
| تحصیلات راننده =۱ | -۰/۹۴۴ | ۰/۰۷۵ | ۱۵۷/۲۸۵ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۱/۱۱۶ | -۰/۸۲۷ |
| تحصیلات راننده =۲ | -۱/۰۹۸ | ۰/۰۷۱ | ۲۴۰/۸۵۲ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۱/۲۳۵ | -۰/۹۷۰ |
| تحصیلات راننده =۳ | -۱/۳۱۶ | ۰/۱۳۶ | ۹۳/۲۴۹ | ۱ | ۰/۰۰۰ | -۱/۸۵۵ | -۱/۰۵۷ |
| سن راننده =۱ | ۰/۳۴۶ | ۰/۱۶۲ | ۴/۶۲۵ | ۱ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۳۲ | ۰/۷۰۲ |
| سن راننده =۲ | ۰/۳۴۳ | ۰/۱۵۷ | ۴/۸۸۰ | ۱ | ۰/۰۲۹ | ۰/۱۱۴ | ۰/۷۲۸ |
| حجم تردد=۱ | ۰/۵۴۴ | ۰/۲۰۳ | ۷/۶۳۲ | ۱ | ۰/۰۰۷ | ۰/۱۴۹ | ۰/۹۵۲ |
| حجم تردد=۲ | ۰/۵۴۵ | ۰/۲۰۰ | ۷/۴۴۰ | ۱ | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۵۵ | ۰/۸۳۵ |
| حجم تردد=۳ | ۰/۳۹۸ | ۰/۱۹۶ | ۴/۱۲۵ | ۱ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۸۳۷ |
| حجم تردد=۴ | ۰/۴۳۵ | ۰/۱۷۶ | ۶/۰۸۵ | ۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۹۸ | ۰/۸۷۰ |

جدول ۷. نمایش مدل‌های به‌دست آمده به‌صورت خلاصه

| شماره مدل | مدل‌ها |
|---|---|
| ۱ | $Ordinal\ (SHT\ (0)) = -.219 + NB_b + SJ_c + ELT_e + JR_f + TR_g + SEN_h + HT_i$ |
| ۲ | $Ordinal\ (SHT\ (0.33)) = 0.718 + NB_b + SJ_{c,d} + ELT_e + JR_f + TR_g + SEN_h + HT_i$ |
| ۳ | $Ordinal\ (SHT\ (0.67)) = 1.065 + NB_b + SJ_c + ELT_e + JR_f + TR_g + SEN_h + HT_i$ |
| ٤ | $Ordinal\ (SHT\ (1)) = 1.486 + NB_b + SJ_c + ELT_e + JR_f + TR_g + SEN_h + HT_i$ |

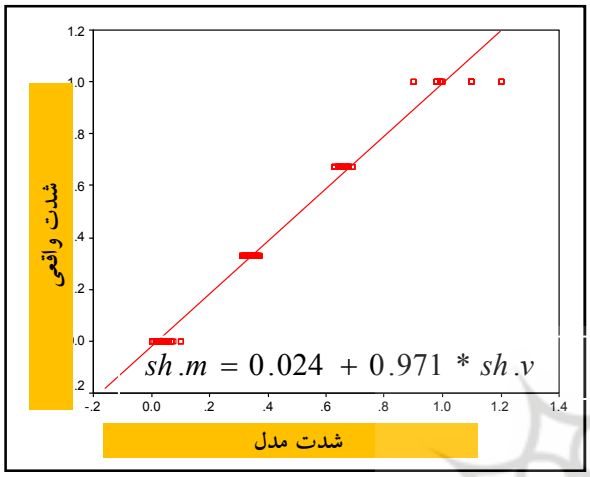
## ۷- ارزیابی مدل‌ها

همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد مدل‌سازی، براساس اطلاعات ترافیکی و آمار تصادفات مربوط به سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۸٦ صورت گرفته و باید مدل‌های ساخته شده با آمار و اطلاعات سال ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گیرند. به این منظور با توجه به خروجی‌های نرم‌افزار SPSS، مقادیر شدت تصادفات حاصل از مدل‌های به‌دست آمده با مقادیر واقعی آنها، مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مربوط به آن در جدول ۸ درج شده است.

جدول ۸ . نتایج مقایسه شدت تصادفات حاصل از مدل و وضع موجود توسط نرم‌افزار SPSS

| همبستگی | | | |
|---|---|---|---|
| | | شدت واقعی | شدت مدل |
| شدت واقعی | همبستگی پیرسون | ۱ | ۰/۸۸۳** |
| | سطح معناداری | | ۰/۰۵ |
| | تعداد | ۸۱۲ | ۸۱۲ |
| شدت مدل | همبستگی پیرسون | ۰/۸۸۳** | ۱ |
| | سطح معناداری | ۰/۰۰۰ | |
| | تعداد | ۸۱۲ | ۸۱۲ |
| **همبستگی در تراز ۰/۰۱ معنادار می‌باشد. | | | |

با توجه به جدول ۸ ارتباط بین شدت تصادف حاصل از مدل و شدت تصادف واقعی ۰/۸۸۳ می‌باشد که با توجه به سطح معناداری آن (۰/۰۵) این ارتباط در سطح اطمینان ۹۵ درصد قابل اطمینان می‌باشد. که بیانگر مناسب بودن و صحت مدل‌های رگرسیون به‌دست آمده برای پیش‌بینی شدت تصادفات است، این ارتباط در نمودار پراکندگی شکل ۲ نیز نشان داده شده است.




شکل ۲. پراکندگی شدت تصادفات حاصل از مدل و وضع موجود و میزان همبستگی آنها

از بررسی‌ها و ارزیابی‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های به‌دست آمده از میزان کارآمد بودن و صحت کافی برای پیش‌بینی شدت تصادفات برخوردار بوده و مناسب می‌باشند.

همان‌گونه که در بخش‌های گذشته بیان شد، برای به‌دست آوردن عوامل مؤثر در شدت تصادفات آزادراهها ۱۱عامل در نظر گرفته شدند که پس از بررسی‌های لازم و حذف عواملی که تأثیر چندانی بر شدت تصادفات نداشتند، ۷ متغیر باقی ماند که برای به‌دست آوردن میزان تأثیر تغییر این عوامل بر تابع هدف که در واقع میزان حساسیت شدت‌های مختلف تصادفات نسبت به عوامل گوناگون می‌باشند، بررسی‌های لازم صورت گرفت که نتایج آن در قالب جدول ۹ نشان داده شده است.

شایان ذکر است که علامت منفی بیانگر این است که وجود عامل مورد نظر در ترکیب مدل‌ها، باعث کاهش میزان احتمال شدت مربوطه می‌گردد.

**جدول ۹. نتایج تحلیل حساسیت مدل‌ها نسبت به تغییرات پارامتریک عوامل**

| | مدل با شدت | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ۰ | ۰/۳۳ | ۰/۶۷ | ۱ |
| نوع برخورد | -۱/۰۵۶ | -۰/۸۸۳ | -۰/۱۹۶ | -۰/۶۹۶ |
| شرایط جوی | -۰/۲۳۸ | -۰/۲۱۱ | -۰/۱۹۶ | -۰/۱۷۷ |
| علت تامه | -۰/۲۷۱ | -۰/۲۳۹ | -۰/۲۲۳ | -۰/۲۰۰ |
| جنسیت راننده | -۱/۶۸۱ | -۱/۳۴۹ | -۱/۲۰۵ | -۱/۰۲۴ |
| تحصیلات راننده | -۷/۹۰۱ | -۵/۲۶۹ | -۴/۳۱۶ | -۳/۲۷۳ |
| سن راننده | ۰/۴۱۸ | ۰/۳۹۱ | ۰/۳۷۶ | ۰/۳۸۳ |
| حجم تردد | ۰/۷۱۱ | ۰/۶۸۹ | ۰/۶۷۵ | ۰/۶۵۳ |

## ۸- نتایج تحقیق

مدل‌های ارایه شده در این تحقیق نشان‌دهنده رابطه بین شدت تصادفات در آزادراه‌ها و متغیرهای ترافیکی شامل حجم ترافیک و عوامل انسانی، وسیله نقلیه و عوامل محیطی اعم از شرایط جوی هستند. مدل‌های ارایه شده در این تحقیق، این امکان را به وجود می‌آورد که تأثیر تمام متغیرها به‌صورت همزمان بررسی شود. براین اساس این مدل‌ها می‌توانند مدل‌های مناسبی برای شناسایی عوامل مؤثر در شدت تصادفات باشند.

در این تحقیق مدل‌هایی برای پیش‌بینی شدت تصادفات در آزادراه‌ها که تطابق قابل قبولی با واقعیت دارند، ارایه شده است که احتمال وقوع تصادفات منجر به شدت‌های متفاوت را در آزادراه‌ها به‌صورت کمّی بیان می‌کنند.

براساس نتایج حاصل از این تحقیق متغیرهای سن راننده شامل گروه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال و کمتر از ۲۵ سال، در میان دیگر متغیرهای مربوط به گروه‌های مختلف سنی، دارای بیشترین اثر بر شدت تصادفات در آزادراه می‌باشند و میزان تأثیر آنها بر میزان احتمال شدت تصادفات از ۳۸ تا ۴۱ درصد است.

متغیر دیگری که در افزایش شدت تصادفات مؤثر است، حجم تردد وسایل نقلیه می‌باشد. از میان گروه‌های مختلف حجم تردد، چهار گروه اول، میزان حجم تردد کمتر از ۴۰۰۰ خودرو در ساعت را نشان می‌دهد و با توجه به ضرایب مندرج در جداول مربوطه، ملاحظه می‌شود که هر چه میزان حجم تردد کاهش می‌یابد، میزان اثر متغیر حجم تردد در شدت تصادف بیشتر شده است و این میزان بین ۶۵ تا ۷۱ درصد است.

متغیر دیگری که در مدل‌های ارایه شده از معنی‌دار بودن لازم برخوردار می‌باشد، تحصیلات راننده است که ضرایب به‌دست آمده، حاکی از آن است که هر چه سطح سواد رانندگان افزایش می‌یابد، تصادفات از شدت کمتری برخوردار هستند؛ به گونه‌ای که گروه رانندگانی که دارای سطح تحصیلات کارشناسی و بالاتر می‌باشند اثر بیشتری در کاهش شدت تصادفات نسبت به گروه‌هایی با سطح تحصیلات دیپلم و فوق دیپلم و نیز تحصیلات زیر دیپلم دارند. این عامل میزان احتمال شدت تصادفات را از ۳/۲۷ تا ۷/۹ برابر کاهش می‌دهد.

از عواملی که بر شدت تصادفات تأثیر می‌گذارند شرایط جوی است که طبق نتایج حاصله از مدل‌ها، در شرایطی که در هوای صاف، تصادف رخ دهد از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد که این مقدار بین ۱۷ تا ۲۳ درصد است.

براساس نتایج حاصل از مدل‌ها، متغیر دیگری که در شدت تصادفات نقش دارد، علت تامه تصادفات می‌باشد که طبق نتایج به‌دست آمده، متغیر عدم رعایت فاصله طولی در میان علل تامه مختلف دیگر دارای معنی بوده و اثری بین ۲۰ تا ۲۷ درصد بر میزان احتمال شدت تصادفات دارد.

آخرین متغیر معنی‌داری که مورد بررسی قرار گرفته، متغیر نوع برخورد می‌باشد که همان‌طور که از نتایج حاصل از مدل‌ها مشاهده می‌شود، نوع برخورد چندوسیله‌ای نسبت به برخورد دو وسیله‌ای از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد که این میزان بین ۶۹ تا بیش از ۱۰۰ درصد بر میزان احتمال شدت مختلف تصادفات مؤثر می‌باشد و بیانگر این نکته است که افزایش تعداد وسیله نقلیه درگیر در تصادف، باعث افزایش تعداد کشته و زخمی ناشی از تصادف می‌گردد که با افزایش این تعداد، شدت تصادف نیز افزایش می‌یابد. تعدادی از متغیرها مانند شرایط روشنایی و روز هفته از سطح معنی‌داری لازم برخوردار نبودند که می‌توان اظهار داشت این عوامل اثر قابل ملاحظه‌ای در شدت تصادفات آزادراه مورد مطالعه ندارند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش که تعیین عوامل مؤثر و میزان اثر آنها در شدت تصادفات آزادراه‌ها بوده است، می‌توان امید داشت که با استناد به نتایج آن، روش‌های علمی و اقتصادی

برای کنترل شدت تصادفات و افزایش ایمنی به منظور کاهش تلفات ناشی از تصادفات وسایل نقلیه در همه آزادراه‌های کشور که شرایط مشابه با مورد مطالعاتی این تحقیق دارند، شناسایی شوند. به عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که با استفاده از مدل‌های به‌دست آمده، عوامل و پارامترهایی که در شدت تصادفات آزادراه‌ها دخیل می‌باشند، شناسایی شده و می‌توان با استفاده از راهکارهای علمی و مناسب از میزان خسارات و تلفات ناشی از تصادفات در این‌گونه راه‌ها کاست.

برای جلوگیری از آمار فزاینده تلفات ناشی از تصادفات آزادراه‌ها باید به انجام برنامه‌ریزی ایمنی در حمل و نقل و اجرای آنها اقدام کرد. در این راستا می‌توان پیشنهادات مطالعات آتی را به‌صورت اجمال در ادامه مطرح کرد:

- بررسی وضعیت روسازی و شرایط سطح معبر آزادراه به عنوان پارامتری قابل توجه و میزان اثر آن در شدت تصادفات آزادراه‌ها.
- بررسی عامل وسیله نقلیه از جمله نوع سیستم، کاربری وسیله نقلیه، عمر آن در زمینه مدل‌سازی شدت تصادفات آزادراه‌ها.
- بررسی علل تامه‌ای که در این تحقیق به‌صورت جداگانه مورد تحلیل قرار نگرفته‌اند، مانند خستگی و خواب‌آلودگی راننده، شتاب بی مورد، استعمال مواد مخدر و ... .

## ۹- پی‌نوشت‌ها

1. Alegandro Angel & Mark Hickman
2. Jianming Ma & Kara Kokelman
3. Donnel & Conner
4. Farmer
5. Kara Maria Kockelman & Young-Jun Kweon
6. Thomas F. Golob & Wilfred W.Recker
7. Kendall's tau_b
8. Link Function
9. Signification Level

## ۱۰- مراجع


- احمدی‌نژاد، م، (۱۳۸۱)، "ایمنی تصادفات جاده‌ای"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
- شیخ‌الاسلامی، ع، (۱۳۸٤)، "مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال سوم، شماره اول، بهار ۱۳۸۵، ص ۱۳ - ۲٦.
- ضیایی، س، (۱۳۸٦)، "نقش پارامترهای فردی و محیطی بر پدیده نگریستن بدون ادراک بصری به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در تصادفات رانندگی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- ملکوتی، م، (۱۳۸٤ )، "مدل ریاضی تصادفات جاده‌های دوخطه برون‌شهری استان بوشهر با توجه به ویژگی‌های رویه راه"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره دو، سال اول، بهار ۱۳۸٤، ص ۱ — ۱۳.
- نعمت‌الهی، ن، (۱۳۸۷)، "آمار و احتمالات مهندسی"، انتشارات دالفک.
- Angel Alejandro & Hickman Mark– (2008) "Analysis of the factors affecting the severity of two-vehicle crashes", Transportation Engineering, Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, University of Arizona.
- Golob Thomas F., Recker Wilfred W.–(2001) "Relationships Among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather and Lighting Conditions", California Partners for Advanced Transit and Highways, University of California, Irvine.
- Kockelman Kara Maria & Kweon Young-Jun (2002 )"Driver injury severity: an application of ordered probit models" -The University of Texas at Austin, 6.9 E. Cockrell Jr. Hall, USA – website : www.elsevier.com/locate/aap.
- Ma Jianming and Kockelman Kara -(2006) "Crash Frequency and Severity Modeling Using Clustered Data from Washington State" - IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Toronto, Canada, - September 2006.
- Neil Willits, (2006) "The Pragmatist' guide to statistics: Logistic Regression". USA, UC Davis Department of Statistics.

# Research Note

## Development of a Model Considering Effective Factors on the Severity of Freeway Accidents (Case Study of the Tehran- Karaj Freeway)

*K. Rahimof, Assistant Professor, Islamic Azad University, Sciences & Researches Branch, Tehran, Iran.*

*M. Sadeghi Koleini, M.Sc. Student, Islamic Azad University, Sciences & Researches Branch, Tehran, Iran.*

*E-mail:k.rahimof@tsml.ir*

## ABSTRACT

Although there have been considerable progressions in increasing the safety of the freeway, the importance of freeway accidents and their human and economic costs have made study and modeling of freeway accidents imperative for recognition of the effective factors on their severity. The severity modeling of freeway accidents enables researchers to survey and analyze the effective factors with regards to their severity.

In this research, the Tehran – Karaj freeway is used as a case study, and incident information from 1384 to 1387 has been collected from associated organizations. With attention to the nature of driving accidents, many different parameters are effective in causing these accidents and their severity. In this research, ordinal profit regression modeling is employed for analysis to understand the influence of the variables associated with an accident. This study also uses SPSS software to develop the prediction model.

The results indicate that the severity of accidents is related to the driver's age, meaning that drivers under 35 years old are factors that increase the severity of crashes. Accident severity is also influenced by traffic volume, where a traffic volume less than 4000 VPH has an impact on increasing severity of accidents. Another conclusion is also presented, where it is shown that nonconformity to following distances has a significant impact on the severity of accidents on the freeway.

**Keywords**: Freeway, Severity of Accident, Human Factors, Modeling, Ordinal Regression Modeling