

شناسایی عوامل موثر بر شدت تصادفات برون‌شهری با استفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای (MNL) (مطالعه موردی: استان ایلام)

مقاله علمی - پژوهشی

محمد کوهی*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

شاهین شعبانی، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.koochi@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۵ - پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

صفحه ۵۶-۴۵

چکیده

شناسایی عواملی که در شدت نتیجه یک تصادف سهیم هستند، به تصمیم‌گیرندگان و طراحان راه برای اجرای اقدامات اصلاحی که می‌تواند شدت جراحت و هزینه تصادف را کاهش دهد، کمک می‌کند. با توجه به این مورد، هدف از این تحقیق شناسایی عواملی است که در شدت تصادفات راه‌های برون‌شهری سهیم هستند. امروزه محققین از مدل‌سازی‌های آماری برای حل مسئله پیچیده ایمنی راه استفاده می‌کنند. در این راستا، مدل‌های انتخاب گسسته بصورت گسترده برای مدل‌سازی شدت تصادف بکار می‌روند. از این مدل‌ها، عوامل سهیم در شدت تصادفات شناسایی می‌شوند. مدل لوجیت چندجمله‌ای (MNL) متداول‌ترین مدل انتخاب گسسته برای مدل‌سازی شدت تصادف است. در این تحقیق به منظور شناسایی عوامل موثر در شدت تصادفات راه‌های برون‌شهری از مدل MNL استفاده شده است. برای مدل‌سازی، داده‌های یک دوره ۵ ساله از تصادفات برون‌شهری استان ایلام مورد استفاده قرار گرفته است. متغیرهای ورودی در مدل پس از انجام ارزیابی معناداری انتخاب شدند. این متغیرها شامل سن کم، سرعت زیاد، مصرف الکل، برخورد جلو به جلو، وجود کیسه‌هوا، پرت شدن از خودرو، بستن کمربند ایمنی، فاصله خیلی نزدیک با خودروی جلویی، جنس راننده و وقوع تصادف در قوس بود. پس از انتخاب متغیرها، دقت مدل نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای معتبر سازی مدل از نسبت لگاریتم درست‌نمایی و دقت پیش‌بینی مدل در هر سطح شدت استفاده شد. پس از ارزیابی دقت مدل در پیش‌بینی شدت تصادفات، مشخص شد که مدل برای ارزیابی شدت تصادفات نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد و مشخص شد که بجز متغیرهای قوس و فاصله نزدیک، تمامی متغیرهای انتخابی در شدت تصادفات سهیم هستند.

واژه‌های کلیدی: شدت تصادف، مدل‌سازی، لوجیت چندجمله‌ای (MNL)

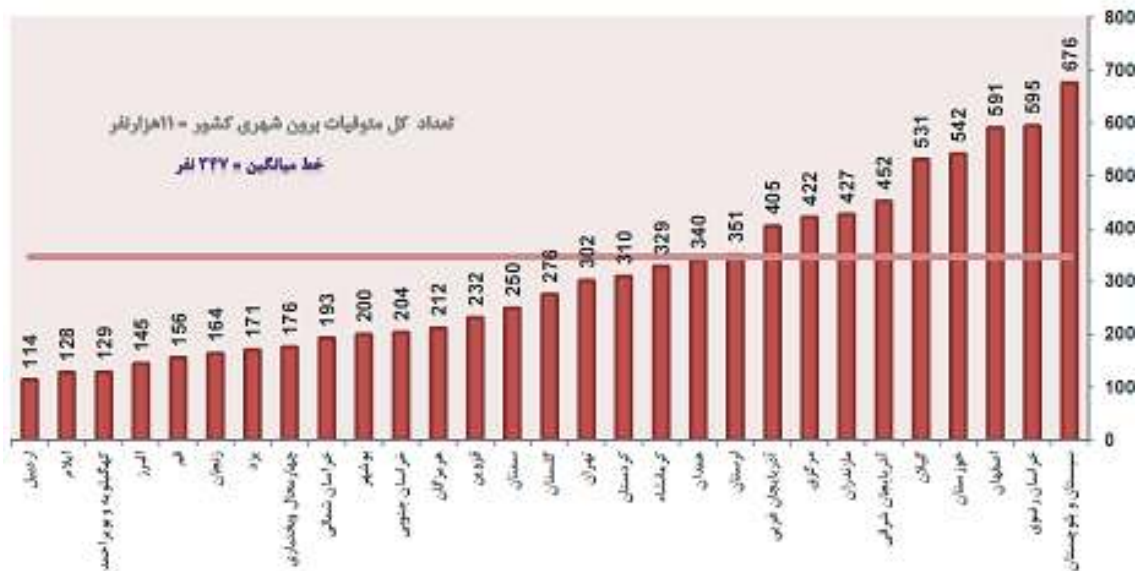
۱- مقدمه

میلیون نفر رسیده است (WHO, 2018). صدمات جاده‌ای ساده‌ترین و در عین حال بیشترین عامل مرگ و میر در ۵ دهه اخیر از زندگی انسان را بخود اختصاص داده است (WHO, 2018). در همین راستا مسئله ایمنی راه در کشور، بدلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی تصادفات، تبدیل به یک نگرانی جدی شده است. یکی از مهمترین معابر حمل و نقل جاده‌ای

از بین تمامی سیستم‌های ساخت دست بشر در زندگی روزمره، سیستم حمل و نقل جاده‌ای، بیشترین مقادیر صدمات و تلفات را به همراه داشته است. در سراسر دنیا، بیش از ۵۰ میلیون انسان در جابجایی مربوط به راه آسیب می‌بینند که در هر سال تقریباً ۱/۳ میلیون نفر از آنها می‌میرند. بنابر اعلان سازمان بهداشت جهانی، تعداد تلفات جاده‌ای در سال ۲۰۱۶ به ۱/۳۵

رانندگی در سطح کشور در سال ۱۳۹۶، ۱۶۲۰۱ نفر بوده که در این میان ۱۱ هزار نفر در تصادفات برونشهری کشته شده‌اند. شکل (۱) نمودار تلفات تصادفات برونشهری در سال ۱۳۹۶ در کشور را به تفکیک هر استان نشان می‌دهد (سالنامه آماری ۱۳۹۶، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای).

که تبدیل به یک مسئله نگران کننده برای مسئولین مربوطه گشته، راه‌های برونشهری هستند. دلیل مهم بودن راه‌های برونشهری تعداد زیاد تلفاتی است که هر ساله در اثر تصادفات رانندگی در این معابر رخ می‌دهد. طبق آمار سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور، تعداد تلفات ناشی از تصادفات



شکل ۱. تعداد متوفیات ناشی از تصادفات برون شهری کشور در سال ۹۶ (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۹۶)

راه بدلیل قابلیت بالای آنها در یک بیان جامع برای هر پارامتر است (Hughes et al., 2015). با توجه به آمار هر ساله تلفات زیاد ناشی از تصادفات برونشهری در کشور، هدف محققان در این تحقیق، شناسایی عوامل موثر بر شدت تصادفات با استفاده از مدل‌های آماری پیشبینی شدت تصادف است. بدین منظور تحلیل تصادفات برونشهری استان ایلام انتخاب شد تا با استفاده از مدل‌های آماری، عوامل موثر در شدت تصادفات برونشهری این استان شناسایی شود.

تعداد زیاد تلفات ناشی از تصادفات رانندگی برونشهری، به خوبی نیاز پرداختن به تجزیه و تحلیل شدت تصادفات در این معابر را نشان می‌دهد. یافتن عواملی که منجر به تصادفات فوتی و جرحی می‌شوند، یکی از دغدغه‌های مهم محققین در سال‌های اخیر بوده است. این دغدغه سبب شده است که محققین به جای پرداختن به تحلیل فراوانی تصادف، میل بیشتری به تحلیل شدت تصادفات داشته باشند. شدت تصادف عاملی مهم در تجزیه و تحلیل ایمنی راه است، چرا که تصادفات فوتی و جرحی هزینه‌های زیادی را در پی خواهند داشت و علاوه بر آن سبب کشته شدن افراد، آسیب روحی بازماندگان و در نتیجه تاثیر منفی بر سلامت جامعه خواهند شد. شدت تصادفات را به روش‌های مختلفی می‌توان تحلیل کرد، یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های آماری شدت تصادف است (Chiou & Fu, 2013; Jung et al., 2014; Mooren et al., 2014). مدل‌های شدت تصادف، شدت جراحت رانندگان و سرنشینان درگیر در تصادفات را پیشبینی می‌کنند. استفاده از مدل‌های آماری در مطالعات ایمنی

۲- پیشینه تحقیق

یکی از روش‌های تحلیل شدت تصادفات، استفاده از مدل‌های پیشبینی شدت تصادف است. مدل‌های انتخاب گسسته به شکلی گسترده برای مدلسازی شدت تصادفات استفاده می‌شوند. از نتایج مدل‌ها برای شناسایی عوامل سهم در شدت جراحات یا تاثیر داشتن متغیرهای خاص بر شدت تصادفات

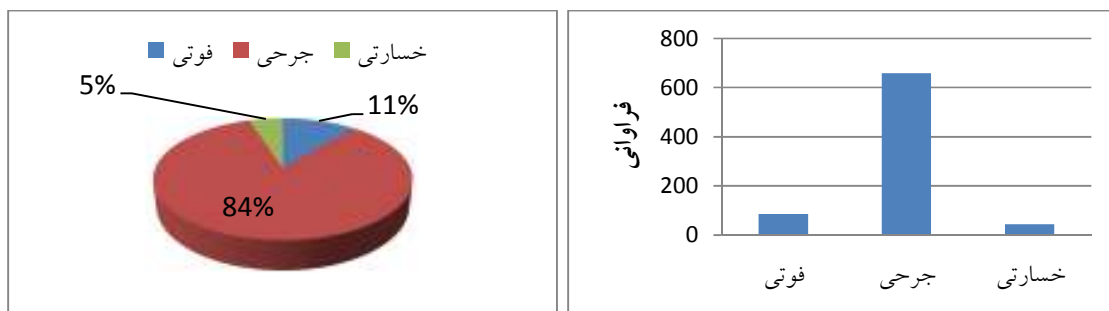
دانگ و همکاران (Dong et al., 2015) از یک مدل MNL برای تحلیل تاثیرات ترافیک، راننده، محیط، و ویژگی‌های هندسی راه بر شدت جراحات در تصادفات کامیون استفاده کردند. بررسی نسبت‌های ریسک در این تحقیق نشان داد که حجم ترافیک کمتر با درصد بیشتر کامیون با تصادفات شدیدتر همراه خواهد بود. پنمستا و پولوگرتا (Penmetsa and Pulugurtha, 2017) دو مدل MNL در خصوص ریسک خطر ناشی از نقض قوانین ترافیکی توسط رانندگان توسعه دادند و تاثیر آن را بر شدت تصادفات تجزیه و تحلیل کردند. نتایج مطالعه نشان داد که تجاوز از سرعت مجاز در مقایسه با عدم توجه به چراغ راهنما، به احتمال زیاد منجر به تصادف شدیدتری می‌شود. با این حال، حرکت در جهت اشتباه (برای مثال ورود ممنوع) در مقایسه با موارد دیگر نقض قوانین منجر به تصادفات شدیدتری خواهد شد. با بررسی ادبیات موضوع، مشخص شد که مدل MNL مدلی است که بصورت گسترده برای شناسایی عوامل موثر بر شدت تصادف و یا بررسی تاثیر عواملی خاص در شدت تصادف به کار می‌رود. با توجه به این موضوع، در این تحقیق از مدل MNL برای شناسایی عوامل موثر در شدت تصادفات برونشهری استفاده خواهد شد.

۳- داده‌ها

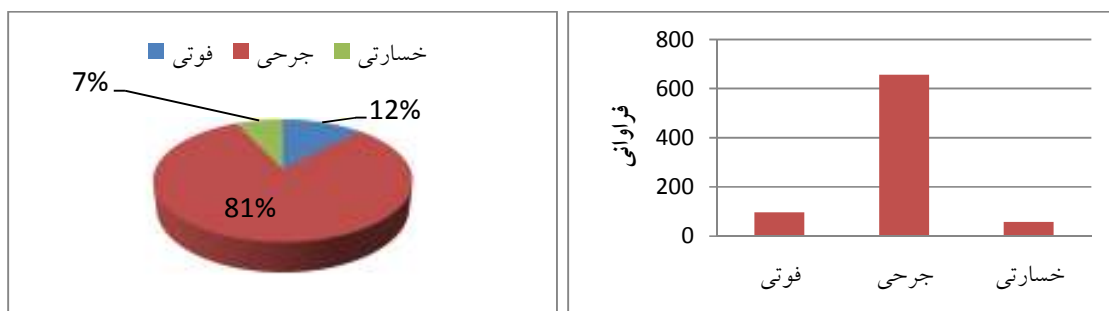
به منظور مطالعه موردی این تحقیق، استان ایلام در نظر گرفته شد و به منظور ایجاد مجموعه داده تصادف، محققین اقدام به جمع آوری داده‌های تصادفات رخ داده در راه‌های برونشهری این استان کردند. AASHTO بیان می‌کند که حداقل داده‌های یک دوره سه ساله برای پیشبینی تصادفات مورد نیاز است (AASHTO, 2010). در نتیجه برای تحقیق حاضر یک دوره ۵ ساله برای جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آنها در نظر گرفته شده است. تعداد کلی ۱۰۰۴۶ تصادف در راه‌های برونشهری این استان طی دوره ۵ ساله شناسایی شد. داده‌های تصادف در نظر گرفته شده در این تحقیق مربوط به دوره ۵ ساله از ابتدای ۱۳۹۲ تا انتهای ۱۳۹۶ است. تحلیل اولیه داده‌های تصادفات در شکل‌های (۲) تا (۶) نشان داده شده است.

استفاده می‌شود. در میان مدل‌های آماری مختلف، محققان بیشتر از مدل‌های لوجیت^۱ و پروبیت^۲ استفاده می‌کنند. ساوولاینن (Savolainen et al., 2011) با مطالعه تحقیقات انجام شده در زمینه مدلسازی شدت تصادفات با استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته، دریافت که برجسته‌ترین مدل انتخاب گسسته، مدل لوجیت چندجمله‌ای^۳ (MNL) است. محققان متعددی از مدل MNL برای مدلسازی شدت تصادفات استفاده کرده‌اند. برخی از این مطالعات شامل تحقیقات صورت گرفته توسط مالیشکیانا و مانرینگ (Malyskhina and Mannering, 2010)، گیدپالی و همکاران (Geedipally et al., 2011)، اشنايدر و ساوولاینن (Schneider and Savolainen, 2011)، زی و همکاران (Xie et al., 2012)، دانگ و همکاران (Dong et al., 2015)، یی و لرد (Ye and Lord, 2014)، و پنمستا و پولوگرتا (Penmetsa and Pulugurtha, 2016) هستند. کارسون و مانرینگ (Carson and Mannering, 2001) اثربخشی تابلوهای هشدار یخزدگی را در کاهش شدت تصادف آزمودند. در این مطالعه از مدل MNL استفاده شد. یافته‌های آنها هیچ کاهش را در شدت تصادفات حتی با وجود تابلوهای هشدار یخزدگی نشان نداد.

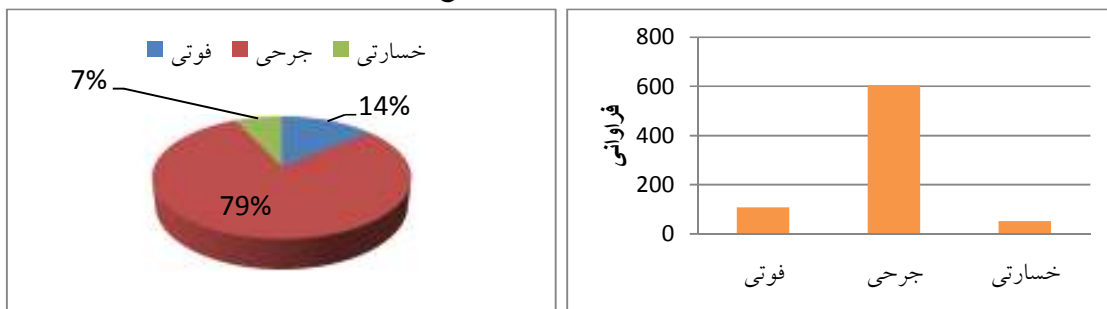
عبدالعطیه و عبدالوهاب (Abdel-Aty and AbdelWahab, 2004) تاثیر اندازه خودروی جلویی در تصادفات جلو به عقب را تحلیل کردند. یک مدل MNL و یک مدل لوجیت آشیانه‌ای نیز توسعه داده شد. متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل سن راننده، جنس راننده، نوع وسیله نقلیه، مانور وسیله نقلیه، شرایط روشنایی، قابلیت دید راننده و سرعت بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که قابلیت دید و توجه راننده بزرگترین تاثیر را در وقوع یک تصادف جلو به عقب دارد. گیدپالی و همکاران (Geedipally et al., 2011) تصادفات موتورسیکلت در تگزاس را با استفاده از مدل MNL تجزیه و تحلیل کردند. این مطالعه به تفکیک تصادفات شهری و برونشهری بود. نتایج این مطالعه نشان داد که الکل، قوس‌های عمودی و افقی، سن و روشنایی بصورت قابل توجهی بر شدت تصادفات تاثیر دارند.



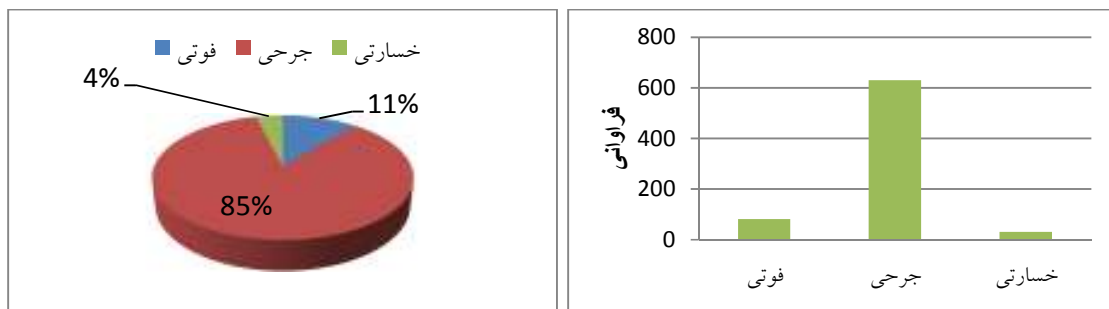
شکل ۲. نمودارهای فراوانی و درصد فراوانی مربوط به انواع شدت تصادفات سال ۱۳۹۲



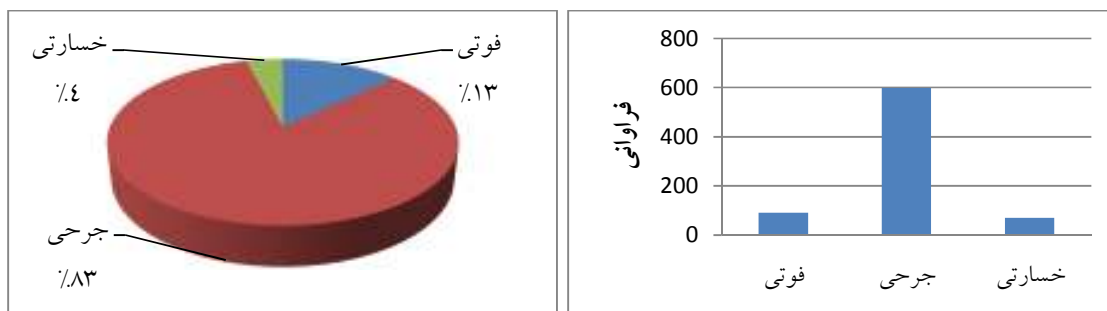
شکل ۳. نمودارهای فراوانی و درصد فراوانی مربوط به انواع شدت تصادفات سال ۱۳۹۳



شکل ۴. نمودارهای فراوانی و درصد فراوانی مربوط به انواع شدت تصادفات سال ۱۳۹۴



شکل ۵. نمودارهای فراوانی و درصد فراوانی مربوط به انواع شدت تصادفات سال ۱۳۹۵



شکل ۶. نمودارهای فراوانی و درصد فراوانی مربوط به انواع شدت تصادفات سال ۱۳۹۶

۴- روش تحقیق

فرمولاسیون روش لوجیت چندگانه (MNL) توسط لانگ (Long, 1997) شرح داده شده است. اگر y متغیر پاسخ با خروجی‌های عبارت z (یعنی دسته‌بندی شده) باشد (که تعداد محدودی از مقادیر ممکن را می‌گیرد)، فرض مدل لوجیت چندگانه این است که دسته ۱ در کل z ها ترتیبی نیست (یعنی مرتب شده بصورت صعودی یا نزولی). همچنین باید در نظر گرفت که $\Pr(y = m|x)$ احتمال مشاهده نتیجه m متغیر مستقل x باشد. مدل برای y بصورت زیر ساخته می‌شود:

فرض می‌شود که $\Pr(y = m|x)$ یک ترکیب خطی $x\beta_m$ و بردار $\beta_m = (\beta_{0m} \dots \beta_{km} \dots \beta_{km})$ شامل ثابت β_{0m} و ضرایب β_{km} برای تاثیرات x_k در خروجی m است. برای اطمینان از غیرمنفی بودن احتمالات، توان $x\beta_m$ استفاده می‌شود.

برای جمع شدن احتمالات با ۱، $\exp(x\beta_m)$ به $\sum_{j=1}^J \exp(x_i\beta_j)$ تقسیم می‌شود.

$$\Pr(y_i = m|x_i) = \frac{\exp(x_i\beta_m)}{\sum_{j=1}^J \exp(x_i\beta_j)} \quad (1)$$

اگرچه جمع احتمال ۱ است، اما مجموعه پارامترهایی که احتمالات را تولید می‌کنند شناسایی نمی‌شود زیرا بیش از یک مجموعه از پارامترها می‌توانند احتمالات مشابه تولید کنند. بمنظور شناسایی مجموعه‌ای از پارامترها که احتمالات را تولید می‌کنند، یک ثابت باید به کار رود. با اعمال یک پارامتر تخمین برابر با صفر ($\beta_1 = 0$)، مدل را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\Pr(y_i = 1|x_i) = \frac{1}{1 + \sum_{j=2}^J \exp(x_i\beta_j)} \quad (2)$$

$$\Pr(y_i = m|x_i) = \frac{\exp(x_i\beta_m)}{1 + \sum_{j=2}^J \exp(x_i\beta_j)} \quad m > 1 \quad (3)$$

تخمین‌های پارامتر با استفاده از تخمین‌های درستنمایی بیشینه تعیین می‌شود. اگر مشاهدات مستقل هستند، درستنمایی معادله (۴) بصورت زیر است:

$$(\beta_2, \dots, \beta_j | y, x) = \prod_{i=1}^N P_i \quad (4)$$

که P_i احتمال مشاهده این است که آیا مقادیر y بصورت دقیق برای مشاهده i ام مشاهده می‌شود یا خیر. با ترکیب معادله (۱) و (۴)، معادله درستنمایی (۵) را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$L(\beta_2, \dots, \beta_j | y, x) = \prod_{m=1}^J \prod_{y_i=m} \frac{\exp(x_i\beta_m)}{\sum_{j=1}^J \exp(x_i\beta_j)} \quad (5)$$

که $\prod_{y_i=m}$ در تمام مواردی که y_i برابر با m باشد، تولید می‌شود. با گرفتن لگاریتم‌ها، ما ممکن است تابع لگاریتم درستنمایی را به دست بیاوریم، که می‌تواند با روش‌های عددی برای تخمین β ها بیشینه شود. برازش کلی مدل را می‌توان با استفاده از مدل‌های لگاریتم درستنمایی در همگرایی با لگاریتم درستنمایی یک مدل ساده (مدل با تمام ضرایب برابر با صفر که برای اختصاص دادن احتمال برابر برای تمام خروجی‌ها، معادل است) آزمود. همچنین ممکن است با یک مدل تنها با ثابت‌های جایگزین (تخصیص احتمال به خروجی‌های برابر با

(Tay et al., 2011; Eluru, 2013; Ye & Lord, 2014; Wu et al. 2016).

خروجی‌های مشترک مشاهده شده در مجموعه داده) مقایسه شود.

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (6)$$

که $LL(\beta)$ نماینده لگاریتم درستنمایی در همگرایی مدل و $LL(0)$ نماینده لگاریتم درستنمایی یک مدل ساده (بدون اطلاعات) هستند. مقدار ρ^2 از صفر (برای هیچ بهبودی در لگاریتم درستنمایی) تا ۱ برای یک برازش عالی تغییر می‌کند. یک مقدار بیش از ۰/۱ برای ρ^2 نشان‌دهنده بهبود معنادار است (Long, 1997).

تاثیر حاشیه‌ای را می‌توان با گرفتن مشتق معادله (۱) با توجه به x_k بمانند معادله (۷)، تعیین کرد.

$$\frac{\partial Pr(y = m|x)}{\partial x_k} = Pr(y = m|x) \left[\beta_{km} - \sum_{j=1}^J \beta_{kj} Pr(y = j|x) \right] \quad (7)$$

تاثیرات حاشیه‌ای، شیب منحنی x_k مربوط به $Pr(y = m|x)$ ، با نگر داشتن ثابت متغیرهای دیگر است. گرچه محاسبه تغییر در احتمال، برای تفسیر تاثیرات مدل لوجیت چندجمله‌ای مهم است، اما محدودیت‌هایی دارد. اولاً، تغییرات گسسته نشان می‌دهد که تغییر برای یک مجموعه ویژه از مقادیر متغیرهای مستقل، تغییرات متفاوت خواهند بود. محدودیت دوم این است که تغییر گسسته را اندازه‌گیری می‌کند، و تغییرات در میان خروجی وابسته را به دلیل تغییرات بی‌نهایت کوچک در متغیرهای مستقل نشان نمی‌دهد (Long, 1977). در این مطالعه، متغیر وابسته شدت تصادفات است که به سه دسته فوتی، جرحی و خسارتی دسته‌بندی شده است. با در نظر گرفتن ماهیت دسته‌بندی شده متغیر وابسته، استفاده از مدل رگرسیون لوجیت چندجمله‌ای مناسب است. این مدل بصورت گسترده توسط محققان در ایمنی راه برای مدل‌سازی متغیرهای وابسته با بیش از دو خروجی استفاده شده است

۴-۱- معیار جمع آوری و انتخاب متغیرهای مستقل

به منظور یافتن رابطه بین شدت تصادفات و متغیرهای مستقل مربوط به راه‌های برونشهری، فهرستی از متغیرهای مستقل قابل اندازه‌گیری و قابل سنجش آماده شد. معیار ما برای جمع آوری متغیرها بر اساس موارد زیر بود:

-متغیرهای استفاده شده مطالعات پیشین و یافتن معناداری آنها (مطالعات ذکر شده در بخش پیشینه مقاله)

۱- آسان بودن درک و تفسیر متغیر

۲- عملی بودن جمع آوری داده‌های متغیر

با توجه به نکات فوق، اطلاعات تعدادی از متغیرها جمع آوری شد. اگر چه اطلاعات در مورد بسیاری از متغیرها جمع آوری شد، اما تنها متغیرهای ارایه شده در جدول (۱) با توجه به معیارهای انتخاب و جمع آوری داده‌ها معنادار تلقی شدند. معیار معناداری متغیرهای مستقل منتخب معنادار بودن ضریب آن بر اساس نتیجه آزمون آماری است. در مورد متغیرهای مستقل از تست آماری wald برای تعیین معنی دار بودن آماری ضریب پارامترها بهره گرفته شده است. در این روش برای بررسی معنادار بودن آماری یک ضریب خاص (مثلاً β_j) در مدل، تست آزمون $H_0: \beta_j = 0$ در نظر گرفته می‌شود. فرض صفر بودن مقدار ضریب پارامتر مورد نظر (مثلاً X_j) دارد و به معنی آن است که پارامتر مزبور از نظر آماری اختلاف معناداری با صفر ندارد.

متغیرهای مستقل منتخب در این تحقیق شامل سن و جنس راننده، سرعت وسیله نقلیه، مصرف الکل، بستن کمربند ایمنی، مجهز بودن وسیله نقلیه به کیسه هوا، فاصله نزدیک وسیله نقلیه با خودروی جلویی، رخ دادن تصادف در قوس، برخورد جلو به جلو، و پرت شدن سرنشینان به بیرون از خودرو هستند. جدول (۱) متغیرهای منتخب و شیوه تعریف آنها در مجموعه داده را ارایه می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، در میان ۱۰ متغیر، تنها سن و سرعت متغیرهای بدون کد هستند و بعنوان متغیرهای ساختگی در نظر گرفته می‌شوند. ماتریس همبستگی ۱۰ متغیر منتخب در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۱. متغیرهای منتخب

متغیرهای مستقل	تعریف
سن	سن راننده
کیسه هوا	وجود کیسه هوا (۱ = بله و ۰ = خیر)
الکل	مصرف الکل توسط راننده (۱ = بله و ۰ = خیر)
قوس	وقوع تصادف در قوس (۱ = بله و ۰ = خیر)
پرت شدن	پرت شدن راننده به بیرون از خودرو (۱ = بله و ۰ = خیر)
فاصله نزدیک	فاصله نزدیک خودرو به خودروی جلویی (۱ = بله و ۰ = خیر)
جنس	جنس راننده (۱ = مرد و ۰ = زن)
جلو به جلو	تصادف از نوع جلو به جلو (۱ = بله و ۰ = خیر)
کمربند ایمنی	استفاده از کمربند ایمنی توسط راننده (۱ = بله و ۰ = خیر)
سرعت	سرعت وسیله نقلیه

جدول ۲. همبستگی میان متغیرهای مستقل منتخب

سن	سرعت	الکل	جلو به جلو	کیسه هوا	پرت شدن	کمربند ایمنی	فاصله نزدیک	جنس	قوس
سن	۰/۰۶۸	-۰/۰۳۹	۰/۰۰۷	-۰/۰۵۵	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	-۰/۰۴۴	۰/۰۳۴	-۰/۰۱۱
سرعت	۱	۰/۱۲۸	-۰/۰۳۱	۰/۱۱۹	۰/۰۵۸	-۰/۰۸۱	-۰/۱۴۲	۰/۰۹۱	۰/۱۸۳
الکل	۱	۱	۰/۰۶۸	۰/۱۰۸	۰/۰۵۸	-۰/۱۷۶	-۰/۰۵۳	۰/۰۶۹	۰/۰۶۶
جلو به جلو	۱	۱	۱	۰/۰۳۹	۰/۰۱۷	-۰/۱۰۶	-۰/۰۳۳	-۰/۰۵۶	۰/۰۴۲
کیسه هوا	۱	۱	۱	۱	-۰/۰۲۸	-۰/۰۶۳	-۰/۰۳۱	۰/۰۷۱	۰/۰۳۶
پرت شدن	۱	۱	۱	۱	۱	-۰/۲۹۸	-۰/۰۳۱	-۰/۰۴۹	-۰/۰۵۲
کمربند ایمنی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۸	-۰/۰۷۵
فاصله نزدیک	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	-۰/۰۰۷	-۰/۰۷۶
جنس	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۰۶۸
قوس	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

۵- نتایج تخمین مدل

معناست که احتمال یک تصادف در سطح شدت، کمتر از احتمال بودن آن در گروه مرجع است. برای مثال ضریب استفاده از کمربند ایمنی یک مقدار مثبت ۲/۹۴ برای سطح شدت خسارتی است، و نشان دهنده این است که اگر کمربند ایمنی استفاده شود، احتمال اینکه یک تصادف، خسارتی باشد بیشتر از احتمال منجر شدن به یک تصادف فوتی یا جرحی است.

جدول (۳) نتایج تخمین مدل را ارائه می‌دهد. بجز دو متغیر از ۱۰ متغیر منتخب (فاصله نزدیک و قوس)، سایر متغیرها یک تاثیر معنادار در شدت تصادف دارند. ضرایب تخمینی مدل را می‌توان بصورت زیر تفسیر کرد. یک ضریب معنادار مثبت در یک متغیر نشان می‌دهد که متغیر همراه با یک احتمال بیشتر از بودن در گروه انتخابی نسبت به گروه مرجع قرار دارد. پیامد این است که احتمال یک تصادف در سطح شدت، بیشتر از احتمال بودن آن در گروه مرجع است. علامت منفی بدین

جدول ۳. نتایج تخمین مدل

احتمال $Y = 3$		احتمال $Y = 2$		احتمال $Y = 1$		
P-value	ضریب	P-value	ضریب	P-value	ضریب	
۰/۰۰	۷/۰۶	۰/۰۰	۵/۷۱	۰/۰۰	۳/۳۶	ثابت
۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۵۲	-۰/۰۲	سن
۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	سرعت
۰/۰۰	-۱/۴۳	۰/۰۱	۱/۲۹	۰/۲۵	۰/۷۱	الکل
۰/۰۰	-۱/۵۸	۰/۰۶	۱/۱۹	۰/۳۹	۰/۵۳	جلوبه جلو
۰/۰۶	۰/۸۷	۰/۰۲	-۰/۷۹	۰/۰۸	-۰/۹۵	کیسه هوا
۰/۰۴	-۲/۲۴	۰/۰۱	۱/۱۸	۰/۴۹	۰/۶۸	پرت شدن
۰/۰۰	۲/۸۳	۰/۰۰	-۱/۷۸	۰/۰۰	-۱/۳۹	کمربند ایمنی
۰/۰۳	-۰/۸۶	۰/۱۴	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۲۵	جنس

۵-۱- تاثیرات حاشیه‌ای

و جراحی می‌شوند، اما احتمال کمی دارد که منجر به تصادف خسارتی شوند. استفاده از کمربند ایمنی شانس درگیر شدن راننده در یک تصادف فوتی و جراحی را کاهش می‌دهد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که رانندگان مرد نسبت به رانندگان زن، احتمال بیشتری دارد که در یک تصادف فوتی و جراحی درگیر شوند. نتایج نشان می‌دهد که مدل یک علامت منطقی و یکنواخت در تمام سطوح شدت تصادف دارد. برای مثال سرعت زیاد احتمال تصادفات فوتی و جراحی را افزایش (علامت مثبت ضریب) و احتمال تصادف خسارتی را کاهش می‌دهد (علامت منفی ضریب). بصورت مشابه پرت شدن از وسیله نقلیه به احتمال زیاد منجر به تصادف فوتی و یا جراحی خواهد شد و احتمال کمی وجود دارد که منجر به تصادف خسارتی شود. باز شدن کیسه هوا و بستن کمربند ایمنی احتمال وقوع تصادف فوتی و جراحی را کاهش داده و منجر به تصادف خسارتی خواهد داشت.

تاثیرات حاشیه‌ای بصورت مشتق احتمال با توجه به داشتن معنای رفتاری حقیقی یک متغیر مستقل تعریف می‌شود، و برای توضیح نقش هر پارامتر در ادامه ارائه شده است. برای متغیرهای پیوسته، تاثیر حاشیه‌ای، تاثیر یک تغییر واحد در یک متغیر توصیفی است که بر احتمال انتخاب یک خروجی ویژه دارد. برای متغیرهای ساختگی، تاثیرات حاشیه‌ای، مشتق احتمال مفروض یک تغییر در متغیر ساختگی است و بنابراین نماینده تاثیر تغییر متغیر بر احتمال انتخاب یک خروجی مفروض است. تاثیرات حاشیه‌ای هر متغیر توصیفی برای هر سه سطح شدت برای مدل در جدول (۴) ارائه شده است. مصرف الکل توسط راننده یک تاثیر مثبت در تصادفات فوتی و جراحی داشته اما یک تاثیر منفی بر تصادفات خسارتی دارد. این نشان می‌دهد که مصرف الکل احتمال تصادفات فوتی و جراحی را افزایش خواهد داد. تصادفات جلو به جلو و پرت شدن از وسیله نقلیه به احتمال زیاد منجر به یک تصادف فوتی

جدول ۴. تاثیرات حاشیه‌ای متغیرهای معنادار در مدل

خسارتی	جراحی	فوتی	
-۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۲	سن کم
-۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۳	سرعت زیاد
-۰/۰۱۱۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۵	مصرف الکل
-۰/۱۱۰۵	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱۴	تصادف جلو به جلو
۰/۲۰۱۲	-۰/۰۴۸۶	-۰/۰۰۰۵	باز شدن کیسه هوا
-۰/۵۶۰۷	۰/۱۴۷۸	۰/۰۰۳۱	پرت شدن از وسیله نقلیه
۰/۳۹۵۴	-۰/۱۲۱	-۰/۰۰۳۳	بستن کمربند ایمنی
-۰/۰۸۵۴	۰/۰۲۸۷	۰/۰۰۰۹	جنس (راننده مرد)

۵-۲- خوبی برازش و عملکرد پیشبینی

دو روش برای آزمون خوبی برازش مدل استفاده شد: نسبت درستنمایی و درصد پیشبینی دقیق توسط مدل در هر سطح شدت. نسبت درستنمایی طبق معادله (۸) محاسبه می‌شود.

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (8)$$

که $LL(\beta)$ نماینده لگاریتم درستنمایی در همگرایی مدل و $LL(0)$ نماینده لگاریتم درستنمایی یک مدل ساده (بدون اطلاعات) هستند. مقدار ρ^2 از صفر (برای هیچ بهبودی در لگاریتم درستنمایی) تا ۱ برای یک برازش عالی تغییر می‌کند. یک مقدار بیش از ۰/۱ برای ρ^2 نشان‌دهنده بهبود معنادار است (Long, 1997). نسبت درستنمایی برای مدل بصورت ۰/۵۷ محاسبه شد که نشان دهنده یک برازش خوب است. آزمون دوم نسبت دقت پیشبینی هر سطح شدت توسط مدل است. در جدول (۵) نسبت تصادفات مشاهده شده در مجموعه داده بر

اساس شدت با نسبت‌های پیشبینی شده مدل و درصد دقت آن مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که پیشبینی‌های مدل به مقادیر مشاهده شده در مجموعه داده نزدیک است و در واقع مقادیر پیشبینی شده مدل قابل قبول است. از آنجایی که تصادفات خسارتی پیشبینی شده توسط مدل بیش از مقادیر مشاهده شده است، نمی‌توان از تخمین مدل برای تصادفات خسارتی مطمئن بود. اما مقادیر پیشبینی شده تصادفات فوتی و جرحی، درصد بالایی از تطبیق با تصادفات مشاهده شده را نشان می‌دهد. ۸۳ درصد دقت پیشبینی تصادفات فوتی و ۹۶ درصد دقت پیشبینی تصادفات جرحی توسط مدل MNL نشان از دقت مدل در تخمین نتایج می‌دهد. با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که متغیرهای در نظر گرفته شده برای پیشبینی شدت تصادفات مدل، همگی تاثیر چشمگیری بر تصادفات فوتی و جرحی دارند.

جدول ۵. مقایسه تصادفات پیشبینی شده مدل و تصادفات مشاهده شده در مجموعه داده

مشاهده شده	پیشبینی شده	درصد دقت
فوتی ۱۲ درصد	۱۰ درصد	۸۳ درصد
جرحی ۸۲ درصد	۷۹ درصد	۹۶ درصد
خسارتی ۶ درصد	۱۱ درصد	۰*

*مقادیر پیشبینی شده بیش از مقادیر مشاهده شده هستند.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Logit
2. Probit
3. Multinomial Logit Model
4. Nested Logit Model

۷- نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق شناسایی عوامل سهیم در شدت تصادفات راه‌های برونشهری بود. بمنظور شناسایی این عوامل از روش مدل‌سازی شدت تصادفات با استفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای (MNL) استفاده شد. روش MNL متداولترین روش مدل‌سازی شدت تصادف در بین محققین است. برای داشتن یک مجموعه داده کامل جهت استفاده در مدل MNL،

از داده‌های تصادفات راه‌های برونشهری استان ایلام در یک بازه زمانی ۵ ساله از سال ۹۲ تا ۹۶ استفاده شد. ۳ معیار برای جمع‌آوری و انتخاب متغیرهای مدل استفاده شد: (۱) متغیرهای استفاده شده مطالعات پیشین و یافتن معناداری آنها (۲) آسان بودن درک و تفسیر متغیر (۳) عملی بودن جمع‌آوری داده‌های متغیر. در نهایت تعداد ۱۰ متغیر انتخاب شد. متغیرهای انتخابی شامل سن کم، سرعت زیاد، مصرف الکل، برخورد جلو به جلو، وجود کیسه هوا، پرت شدن از خودرو، بستن کمربند ایمنی، فاصله خیلی نزدیک با خودروی جلویی، جنس راننده و وقوع تصادف در قوس بود. پس از آزمون همبستگی میان متغیرهای مستقل و تشکیل ماتریس همبستگی، عدم همبستگی میان متغیرها تایید شد. تخمین مدل نشان داد که بجز رخ دادن تصادف در قوس و فاصله نزدیک بین دو وسیله نقلیه،

crashes”, International journal of injury control and safety promotion, 22(2), pp.116-126.

-Eluru, N., (2013), “Evaluating alternate discrete choice frameworks for modeling ordinal discrete variables”, Accident Analysis & Prevention, 55, pp.1-11.

-Geedipally, S., Turner, P., Patil, S., (2011), “Analysis of motorcycle crashes in Texas with multinomial logit model”, Transportation Research Record, 2265, pp.62-69.

-Global Status Report on Road Safety, World Health Organization, (2018).

-Hughes, B, Newstead, S, Anund, A, Shu, CC & Falkmer, T., (2015), “A review of models relevant to road safety”, Accident Analysis & Prevention, 74, pp.250-270.

-Jung, S, Jang, K, Yoon, Y & Kang, S., (2014), “Contributing factors to vehicle to vehicle crash frequency and severity under rainfall”, Journal of Safety Research, 50, pp.1-10.

-Long, S, J., (1977), “Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables”, Sage Publications. Thousand Oaks, CA.

-Malyshkina, N. V., Mannering, F. L., (2010), “Empirical assessment of the impact of highway design exceptions on the frequency and severity of vehicle accidents”, Accident Analysis & Prevention. 42(1), pp.131-139.

-Mooren, L, Grzebieta, R, Williamson, A, Olivier, J & Friswell, R., (2014), “Safety management for heavy vehicle transport: A review of the literature”, Safety Science, 62, pp.79-89.

-Penmetsa, P., Pulugurtha, S. S., (2017), “Risk drivers pose to themselves and other drivers by violating traffic rules”, Traffic Injury Prevention. DOI:10.1080/15389588.2016.1177637.

-Savolainen, P. T., Mannering, F. L., Lord, D., Quddus, M. A., (2011), “The statistical

تمام ۸ متغیر دیگر تأثیری معنادار در شدت تصادف دارند. برای ارزیابی دقت مدل از دو معیار نسبت لگاریتم درستی و درصد پیشبینی دقیق توسط مدل در هر سطح شدت، استفاده شد. مقدار ۰/۵۷ نسبت درستی نشان از برازش خوب مدل داشت. همچنین مقایسه تخمین‌های مدل و مقادیر مشاهده شده در مجموعه داده نشان از دقت نسبتاً بالای مدل در پیش‌بینی شدت تصادفات داشت. مقادیر پیشبینی شده تصادفات فوتی و جرحی، درصد بالایی از تطبیق با تصادفات مشاهده شده را نشان داد. ۸۳ درصد دقت پیش‌بینی تصادفات فوتی و ۹۳ درصد دقت پیشبینی تصادفات جرحی توسط مدل MNL نشان از دقت مدل در تخمین نتایج دارد. با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که متغیرهای در نظر گرفته شده برای پیشبینی شدت تصادفات مدل، بجز متغیرهای رخ دادن تصادف در قوس و فاصله نزدیک بین دو وسیله نقلیه، همگی تأثیر چشمگیری بر وقوع تصادفات فوتی و جرحی دارند.

۸-مراجع

-سالنامه آماری، (۱۳۹۶)، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.

-AASHTO, (2010), “Highway Safety Manual (HSM)”.

-Abdel-Aty, M., Abdelwahab, H., (2004), “Modeling rear-end collisions including the role of driver’s visibility and light truck vehicles using a nested logit structure”, Accident Analysis & Prevention, 36(3), pp.447-456.

-Carson, J., Mannering, F., (2001), “The effect of ice warning signs on ice-accident frequencies and severities”, Accident Analysis & Prevention, 33(1), pp.99-109.

-Chiou, YC & Fu, C., (2013), “Modeling crash frequency and severity using multinomial generalized Poisson model with error components”, Accident Analysis & Prevention, 50, pp.73-82.

-Dong, C., Richards, S. H., Huang, B., Jiang, X., (2015), “Identifying the factors contributing to the severity of truck-involved

multinomial logit model-based driver injury severity analyses for teenage and adult drivers in intersection-related crashes”, *Traffic Injury Prevention*, 17(4), pp.413-22.

-Xie, Y., Zhao, K., Huynh, N., (2012), Analysis of driver injury severity in rural single-vehicle crashes, *Accident Analysis & Prevention*, 47, pp.36-44.

-Ye, F., Lord, D., (2014), “Comparing three commonly used crash severity models on sample size requirements: multinomial logit, ordered probit and mixed logit models” *Analytic methods in accident research*, 1, pp.72-85.

analysis of highway crash-injury severities: A review and assessment of methodological alternatives”, *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), pp.1666-1676.

-Schneider IV, W., Savolainen, P., (2011), “Comparison of motorcyclist injury severity among various crash types”, *Transportation Research Record*, 2265, pp.70-80.

-Tay, R., (2016), “Comparison of the binary logistic and skewed logistic (Scobit) models of injury severity in motor vehicle collisions”, *Accident Analysis & Prevention*, 88, pp.52-5.

-Wu Q, Zhang G, Ci Y, Wu L, Tarefder RA, Alcántara AD., (2016), “Exploratory

Identifying Factors Affecting Rural Crash Severity Using Multinomial Logit (MNL) Model (Case Study: Ilam Province)

*Mohammad Koochi, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Payam Noor University
(PNU), Tehran, Iran.*

*Shahin Shabani, Department of Civil Engineering, Payam Noor University (PNU),
Tehran, Iran.*

E-mail: m.koohhi@gmail.com

Received: October 2021- Accepted: May 2022

ABSTRACT

Identifying the factors that contribute to injury as a result of crashes will help policy makers and road designers implement countermeasures, which could reduce crash injury severity, and cost. In result, objective of this study is identifying factors are more likely to contribute to crashes severity. Today, Researchers have utilized mathematical and statistical modeling-schemes to solve this complex road-safety problem. For this, discrete choice modeling is widely used to model injury severity of the crash. From the models, factors contributing to the injury severity are identified. MNL is the most prominent discrete choice model for modeling crash severity. For modeling, the data of a 5-year period of crashes occurred at the rural roads of Ilam province has been used. The input variables of the model were selected after a significance evaluation test. These variables included Age, Speed, Alcohol, Head-on, Airbag, Ejection, Seatbelt, following too Close, Gender, and Curved. After selecting the variables, the accuracy of the model was also studied. To validate the model, the likelihood ratio and the percent correctly predicted by the model at each crash severity level were used. After evaluating the model accuracy in the prediction of accidents severity, it was found that the model provides acceptable results for evaluating crashes severity, and it was found that except curve and following too close variables, all selected variables contributing in crashes severity.

Keywords: Crashes Severity, Modeling, Multinomial Logit (MNL)