Civil and Project Journal, 2023, 5(6), 45-57
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.409086.1219

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Analysis and Prediction of Road Accident Severity Using Binary Logit Model: A Case Study of Road Traffic Accident Data in Canada 2019

Sayed Amin Nemati[1*], Reza Amin[2], Ali Khodaii[3]

1*- M.Sc. Student, Department of Civil & Environment, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
2- M.Sc. Graduate, Department of Civil & Environment, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
3- Professor, Department of Civil & Environment, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Received: 15 Agust 2023; Revised: 24 Agust 2023; Accepted: 15 September 2023; Published: 22 September 2023

ABSTRACT

The present study focuses on the binary logit model for predicting the probability of driver fatalities in road accidents. The study utilizes data from road traffic accidents in Canada. These data were collected by the highway police in 2019 and recorded in the National Collison Database (NCBD). The dependent variable in this model is the severity of accidents, which is a binary variable representing driver fatalities and injuries. The independent variables include vehicle types, vehicle age, days of the week, time intervals, same-direction and opposite-direction collisions, intersections, weather conditions, driver age, and gender. By analyzing the data and estimating the parameters, the model can predict up to 41% of the variations in the dependent variable. In the model validation stage, the data were divided into two parts, with 70% used for modeling and 30% for validation. McFadden's pseudo were used to evaluate the model's performance. The models were constructed using SPSS and Nlogit6.0 software. The results demonstrate that the model fits well with the data and has the capability to predict changes in accident severity. Consequently, the study indicates that variables such as road dryness, midnight time interval, and vehicle age contribute to an increase in driver fatalities, while variables such as light duty vehicles, school buses, and same-direction collisions contribute to a reduction in fatalities.

Keywords: Binary logit model; probability of accident occurrence; accident severity; road accidents; types of vehicles.

Cite this article as: Nemati, S. A., Amin, R., & Khodaii, A. (2023). Analysis and Prediction of Road Accident Severity Using Binary Logit Model: A Case Study of Road Traffic Accident Data in Canada 2019. *Civil and Project*, *5*(6), 45-57 . https://doi.org/10.22034/cpj.2023.409086.1219
ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2023 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Corresponding author E-mail address:* sayedamin.nemati1996@aut.ac.ir

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۲، ۵(۶)، ۴۵-۵۷ / نعمتی, سید امین, امین, رضا & ,خدائی, علی.
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.409086.1219

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

تحلیل و پیش‌بینی شدت تصادفات جاده‌ای با استفاده از مدل لوجیت دودویی: مطالعه موردی داده‌های تصادفات رانندگی کشور کانادا سال ۲۰۱۹

سید امین نعمتی [۱*]، رضا امین [۲]، علی خدایی [۳]

[*]۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران گرایش حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، تهران، ایران
۲- کارشناسی ارشد، مهندسی عمران گرایش حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، تهران، ایران
۳- استاد تمام و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۲۴ مرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ بازنگری: ۲ شهریور ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۴ شهریور ۱۴۰۲؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۳۱ شهریور ۱۴۰۲

چکیده

تحقیق حاضر بر روی مدل لوجیت دودویی برای پیش‌بینی احتمال مرگ رانندگان در تصادفات جاده‌ای تمرکز دارد. در این تحقیق، از داده‌های تصادفات رانندگی جاده‌ای کشور کانادا استفاده شده است. این داده‌ها در سال ۲۰۱۹ توسط پلیس راه جمع‌آوری شده‌اند و در پایگاه ملی داده‌های تصادفات ثبت شده‌اند. متغیر وابسته در این مدل شدت تصادف می‌باشد که یک متغیر دودویی است (مرگ رانندگان و مجروح شدن رانندگان). متغیرهای مستقل شامل انواع وسایل نقلیه، سن خودرو، روزها، بازه‌های زمانی، برخورد هم جهت و مخالف جهت، محل تصادف، شرایط جوی، سن و جنسیت راننده است. با تحلیل داده‌ها و تخمین پارامترها، مدل تا ۴۱ درصد تغییرات متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌تواند. در مرحله اعتبارسنجی مدل، داده‌ها به دو بخش تقسیم شده است و ۷۰ درصد آن‌ها برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد باقی‌مانده برای اعتبارسنجی مدل استفاده شده است. از شاخص آزمون عدد مک-فادن برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده شده است. ساخت مدل‌های این تحقیق به کمک نرم افزارهای SPSS و Nlogit6.0 صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که مدل به خوبی با داده‌ها تطابق دارد و توانایی پیش‌بینی تغییرات شدت تصادفات را دارد. در نتیجه، این تحقیق نشان می‌دهد که متغیرهای خشک بودن سطح جاده، بازه نیمه شب و سن وسیله نقلیه باعث افزایش مرگ افراد شده و متغیرهایی مانند وسیله نقلیه سبک، اتوبوس مدرسه و برخودر هم‌جهت تصادف منجر به مرگ را کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی:

مدل لوجیت دودویی؛ احتمال وقوع تصادف؛ شدت تصادف؛ تصادفات جاده‌ای؛ انواع وسایل نقلیه

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول : sayedamin.nemati1996@aut.ac.ir

۱- مقدمه

تصادفات وسایل نقلیه در جاده‌ها یکی از مسائل حادثه‌بار و مهم در جامعه‌های امروزی هستند. این حوادث بخشی از روزمره زندگی در شهرها و مناطق روستایی شده‌اند و به دلیل تاثیر بالای آنها بر زندگی انسان‌ها، ایجاد بحران‌هایی نیز دارند. تصادفات جاده‌ای می‌توانند علت از دست رفتن جان افراد، صدمات جسمی و روحی، خسارت‌های مالی و اقتصادی و به تعویق انداختن ترافیک باشند. هر ساله هزاران نفر در سراسر جهان در نتیجه تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند و صدها هزار نفر دیگر آسیب‌های جسمی و روانی جدی می‌بینند. بنابراین، شناخت دقیق و کامل درباره تصادفات جاده‌ای و شرایط مختلف آنها بسیار مهم است.

هرساله حدود ۱,۳ میلیون نفر به دلیل تصادفات رانندگی جان شیرین خود را از دست می‌دهند و آماری بین ۲۰ الی ۵۰ میلیون نفر دیگر دچار صدمات جسمی و روحی شدیدی می‌شوند(WHO[1], 2021). در مطالعه‌ای که عوامل موثر بر شدت آسیب در تصادفات تک‌خودرویی در گروه‌های مختلف سنی در تایلند را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آن نشان می‌دهد با گذشت زمان و بهبود ویژگی‌های ایمنی خودرو، احتمال عدم آسیب رسیدن به رانندگان خودروهای مسافربری افزایش می‌یابد(Se et al., 2020). در محلی که حادثه تصادف رخ می‌دهد عوامل مختلفی در تعیین شدت تصادف موثر هستند. محققان از داده‌های تصادفات بزرگراه ایالت واشنگتن برای برآورد یک مدل لوجیت مخلوط[2] استفاده کردند. این مدل اذعان می‌کند که ویژگی‌های مختلف مانند حجم ترافیک، ویژگی‌های بزرگراه و آب‌وهوا ممکن است بر شدت تصافات تاثیر بگذارد. آن‌ها نشان می‌دهند که با استفاده از این مدل، پارامترها می‌توانند به‌طور تصادفی در بخش‌های جاده‌ای متفاوت باشند تا اثرات نامرئی را که به‌طور بالقوه با ویژگی‌های جاده‌ای، عوامل محیطی و رفتار راننده مرتبط است، در نظر بگیرند(Milton et al., 2008).

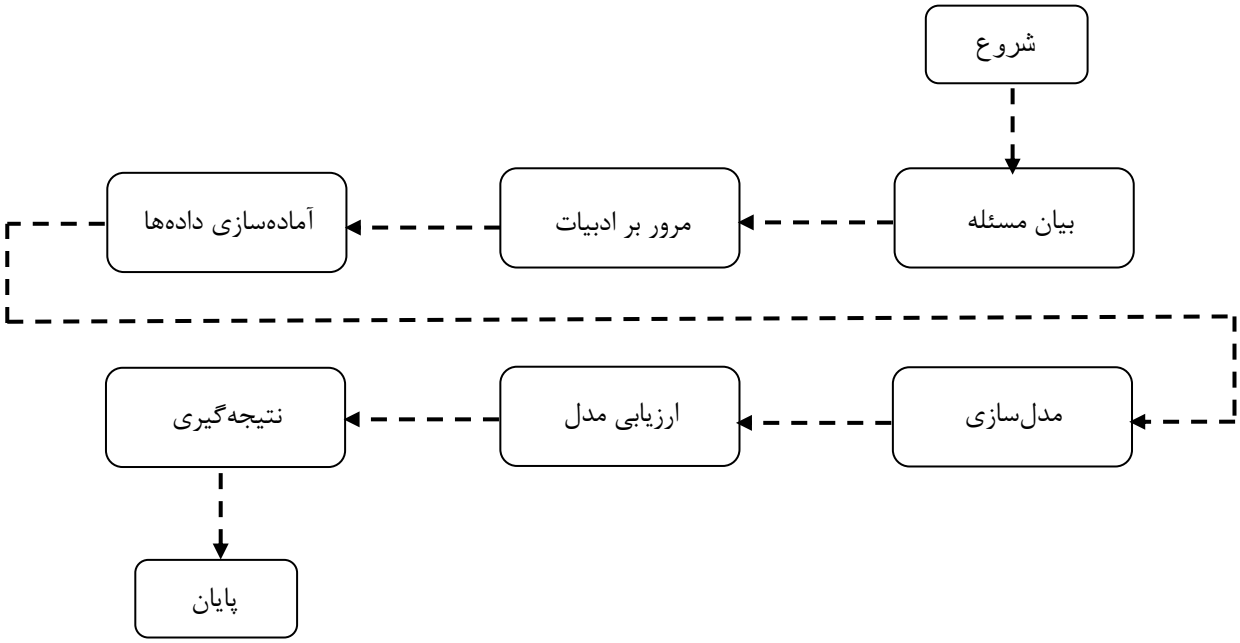
تصادفات رانندگی در شرق میانه نگرانی اصلی برای دولت‌ها و جوامع محلی در نظر گرفته شده‌اند زیرا باعث بروز تعداد زیادی از جان‌باختگان، مصدومین و از دست رفتگی‌های اقتصادی می‌شوند. عوامل مؤثر بر شدت و تکرار حوادث بیشتر به یک یا چند مورد زیر برمیگردد: ویژگی‌های راننده، ویژگی‌های بزرگراه، ویژگی‌های خودرو، ویژگی‌های تصادف، و عوامل جوی. تحقیقی در شهر ابوظبی با استفاده از یک مدل شبکه عصبی مصنوعی صورت گرفته است که تحلیل داده‌های تصادفات رانندگی پیش‌بینی شدت آسیب تصادفات را ارائه می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی مصنوعی توانایی پیش‌بینی شدت تصادفات رانندگی را با دقت ۷۴/۶٪ دارد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان دادند که این مدل می‌تواند به بهبود ایمنی ترافیک شهر ابوظبی کمک کنند(Alkheder et al., 2017).

جمع‌آوری داده‌های تصادفات به صورت کامل و منظم توسط سازمان‌های مربوطه محققان را قادر ساخته با استفاده از مدل‌های مختلف آماری این داده‌های مربوطه را تحلیل کنند. این امر سبب بهبود وضعیت ایمنی رانندگی که منجر به کاهش چشم گیری در مرگ‌ومیر و آسیب‌های شدید تصادفات رانندگی شده‌است(Behnood et al., 2014a).

به‌طور کلی تصادفات جاده‌ای می‌توانند پیامدهای جبران‌ناپذیری برای جامعه و افراد داشته باشند. درک دقیق از شرایط مختلفی که می‌تواند منجر به تصادفات جاده‌ای شود، بسیار مهم است. برخی از این شرایط شامل شرایط جوی، سرعت بیش از حد و

[1] Word Health Organization
[2] Mixed Logit Model

استفاده نامناسب از تلفن همراه و سیستم‌های ارتباطی هستند. برای جلوگیری از وقوع تصادفات جاده‌ای، رعایت مقررات رانندگی و توجه به شرایط جاده و ترافیک بسیار ضروری است. در روندنمای زیر مراحل اصلی این تحقیق به صورت واضح نشان داده شده‌است.



شکل ۱: روندنمای کلی تحقیق

۲- مروری بر مطالعات پیشین

این تحقیق نتایج بررسی‌های آماری از عوامل موثر بر شدت تصادفات وسایل نقلیه که منجر به خسارات مختلفی برای افراد جامعه شده‌اند را ارائه کرده است. در تحقیقی که از مدل لوجیت دودویی جهت بررسی شدت تصادفات با در نظر داشت متغیرهای مختلف استفاده شده‌است. داده‌های آب و هوایی و شرایط جاده به‌طور قابل توجهی بر وقوع تصادفات کامیون تأثیر می‌گذارد. متغیر عوامل جوی[3] که وضعیت سطح جاده را در حالت‌های مختلف نشان می دهد، در هر سه مدل استفاده شده در این تحقیق قابل توجه می‌باشد، که نشان می‌دهد جاده‌های یخ زده منجر به رانندگی محتاطانه تر می‌شوند و میزان تصادفات را کاهش می‌دهند (Young & Liesman, 2007).

همچنان در یک تحقیق دیگر با استفاده از مدل لوجیت دودویی[4] شدت تصادفات را برای برخورد یک وسیله نقلیه به موانع مختلف و با در نظر داشت دسته بندی افراد به گروه‌های مختلف سنی بررسی‌های خود را انجام داده‌اند که در نتیجه به نتایج مهمی دست یافته‌اند؛ رانندگان مسن تر نسبت به رانندگان جوان‌تر و میانسال، ویژگی‌ها و رفتارهای خطرناک‌تری را نشان می‌دهند. رانندگان جوان که وسایل نقلیه‌شان از جاده خارج شده و به اشیاء ثابت برخورد کرده‌اند، احتمالا به شدت آسیب بیشتری رسیده‌اند. درمقابل، برای رانندگان میانسال، انواع خاصی از تصادفات رخ داده است مانند سوار شدن به جزایر ترافیکی یا فرار از جاده که منجر به کاهش

[3] Road surface conditions
[4] Binary Logit Model

احتمال مرگ و میر شده است. علاوه بر این، ویژگی‌های تصادف در تمام گروه‌های سنی به‌طور قابل توجهی متفاوت است. به‌عنوان مثال، استفاده از کمربند ایمنی به‌طور قابل توجهی تاثیر تصادفات را در میان تمام گروه‌های سنی به جز رانندگان جوان به دلیل احتمال بالقوه رفتار رانندگی تهاجمی کاهش می‌دهد(Se et al., 2020).

از جمله عواملی که در رخ داد تصادفات نقش اساسی را بازی میکند درصد وسایل نقلیه سنگین عبوری می‌باشد. در تحقیقی دیگر که از مدل لوجیب ترکیبی استفاده نموده‌اند و اثر حجم ترافیک را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ نتایج آن تحقیق نشان می‌دهد شدت آسیب در مکان‌های مختلف جغرافیایی متفاوت است و نمی‌توان تاثیر یکنواخت ترافیک بر شدت آسیب در همه مکان‌ها را فرض نمود. به‌طور مثال، وجود وسایل نقلیه سنگین مانند کامیون‌ها در عملکرد آسیب احتمالی تصادفات قابل توجه می‌باشد، به این معنی که درصد وجود کامیون‌ها نسبت آسیب احتمالی تصادفات را کاهش یا افزایش می‌دهند(Milton et al., 2008). در ادامه یک تحقیق دیگر که بررسی‌های آماری آن با استفاده از مدل لوجیب آشیانه‌ای صورت گرفته است. متغیرهای مختلفی چون سن راننده، جنسیت، نوع دستگاه کنترل کننده ترافیک، متغیرهای قابل توجهی هستند که احتمال تصادف وسایل نقلیه شخصی به قسمت عقب کامیون‌های سبک را افزایش می‌دهد. این مطالعه نشان می‌دهد که مشکلات بیشتری هنگام رانندگی یک وسیله نقلیه شخصی در پشت کامیون‌های سبک رخ می‌دهد. همچنان راننده‌های جوان وسایل نقلیه شخصی که در عقب کامیون‌های سبک رانندگی می‌کنند احتمال تصادف آن‌ها به نسبت دیگر افراد با کامیون مورد نظر بیشتر است(Abdel-Aty & Abdelwahab, 2004).

برخورد وسایل نقلیه مختلف با یکدیگر یکی از موضوعات مهمی است که برای پیش‌بینی شدت تصادفات و یا فراوانی تصادفات، مدل‌های مختلفی از آن‌ها ساخته شده است. در تحقیقی دیگری که نوع وسایل نقلیه در تصادفات را ارزیابی نموده‌اند؛ با استفاده از مدل لوجیت چند جمله‌ای متغیرهایی چون نوع تصادف، موقعیت خودرو در لحظه برخورد، لغزندگی و واژگونی، نقطه برخورد، هدف سفر، جنسیت راننده، سن خودرو و سن راننده را ارزیابی نموده‌اند. در مدل متذکره مشخص گردیده‌است که استفاده از دوچرخه و موتور نسبت به خودروی شخصی بیشتر در معرض تصادفات قرار می‌گیرند(Fariullah Omid et al., 2023).

برای ارزیابی و ساخت مدل‌های بهتر و رسیدن به یک جواب منطقی نیازمند داده‌های دقیق و منظمی هستیم. در مقاله تحقیقاتی دیگر که با استفاده از مدل لوجیت آشیانه‌ای شدت تصادفات مدل شده است. عدم گزارش بخشی از داده‌ها که منجر به آسیب‌های شدید، آسیب‌های جزئی و یا عدم آسیب شده‌اند. می تواند نتایج غیر منطقی در مطالعاتی که از نمونه گیری تصادفی استفاده شده است، تولید کند. بعد از بررسی‌ها در این تحقیق پیشنهاد شده است که مطالعات آینده برای بالا بردن دقت نتایج و یافته‌های خود باید مقدار خطای ممکن در نمونه گیری را هنگام کار با مجموعه داده‌های تصادفات در نظر بگیرند و برای داده‌هایی با گزارشات ناقص از پارامتر اصلاحی که توسط بیرلایری و همکاران در سال ۲۰۰۸ معرفی شده است استفاده نمود. (Patil et al., 2012). در جدول ۱ خلاصه‌ی از مطالعات پیشین ارائه شده‌است.

جدول ۱: مدل و نتایج آن‌ها در مطالعات پیشین

نویسندگان و سال تحقیق	مدل	متغیرهای موجود	نتیجه تحقیق
یانگ و میسمن، ۲۰۰۷	لوجیت دودویی	سرعت باد درجهت‌های مختلف، عوامل جوی، طول سفر، واژگونی	می‌توان از داده‌های ایستگاه هواشناسی جهت پیش‌بینی تصادفات کامیون‌ها استفاده نمود.
سی و همکاران، ۲۰۲۰	لوجیت دودویی	جنسیت، سن، کمربند ایمنی، نوع وسیله نقلیه، وضعیت آب‌وهوا	درجاده یخ زده به دلیل سرعت کم و رانندگی محتاطانه احتمال تصادف کمتری وجود دارد.
میلتون و همکاران، ۲۰۰۸	لوجیت ترکیبی	سرعت متوسط روزانه، درصد کامیون‌ها، تعداد تقاطعات در مایل، محدودیت سرعت، تعداد قوس‌های افقی، متوسط حجم روزانه کامیون‌ها	افزایش حجم کامیون‌ها باعث کاهش درصد قابل ملاحظه‌ای در شدت تصادفات شده است.
محمد عبدال و حسن عبدالوهاب، ۲۰۰۴	لوجیت آشیانه‌ای	سال، عوامل جوی، روزهفته، وسایل کنترل ترافیک، سرعت درلحظه تصادف، سن راننده، جنسیت، تست مصرف الکل، وضعیت روشنایی، وضعیت آب‌وهوا	احتمال تصادف با رانندگان مرد به نسبت زن کمتر است. رانندگان جوان تصادفات بیشتری به نسبت رانندگان مسن انجام داده‌اند.
فری الله امید و همکاران، ۲۰۲۳	لوجیت چند جمله‌ای	نوع وسیله نقلیه، سن راننده، جنسیت، نوع تصادف، هدف سفر، لغزندگی، واژگونی، سن خودرو، نقطه برخورد وسایل نقلیه با یکدیگر	استفاده از دوچرخه و موتور نسبت به خودروی شخصی بیشتر در معرض تصادفات قرار می‌گیرند.
پتیل و همکاران، ۲۰۱۲	لوجیت آشیانه‌ای	تعداد تقاطعات، وضعیت روسازی، وضعیت روشنایی، تصادف هم‌جهت، برخورد با یک وسیله نقلیه، خیابان‌های مجزا، کلاه ایمنی، سن راننده موتور، برخورد با یک زاویه	پارامتر اصلاحی خطای موجود در داده‌های ناقص جمع‌آوری شده مدل ساخته شده را بهبود بخشید و آزمون Log likelihood در مدل‌های آشیانه‌ای و چندجمله‌ای را تایید کرد.

عوامل موثر در شدت تصادفات در نقاط مختلف جغرافیایی از یکدیگر متمایز هستند. یعنی به‌صورت دقیق نمی‌توان گفت که کدام عامل به‌طور مستقیم در شدت تصادفات نقش اساسی را بازی می‌کند. زیرا هر عامل در مکان‌های مختلف با داشتن وضعیت آب‌وهوایی مختلف به‌صورت کاملا مستقلی تاثیر داشته‌اند.

۳- آماره‌های توصیفی داده‌ها

این تحقیق با استفاده از داده‌های تصادفات رانندگی جاده‌ای کشور کانادا که در سال ۲۰۱۹ جمع‌آوری شده است صورت گرفته است. پایگاه ملی داده‌های تصادفات [5] به صورت سالانه این داده‌ها را که به وسیله پلیس راه گزارش می‌شوند جمع‌آوری نموده و در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد(National Collision Database., 2019).

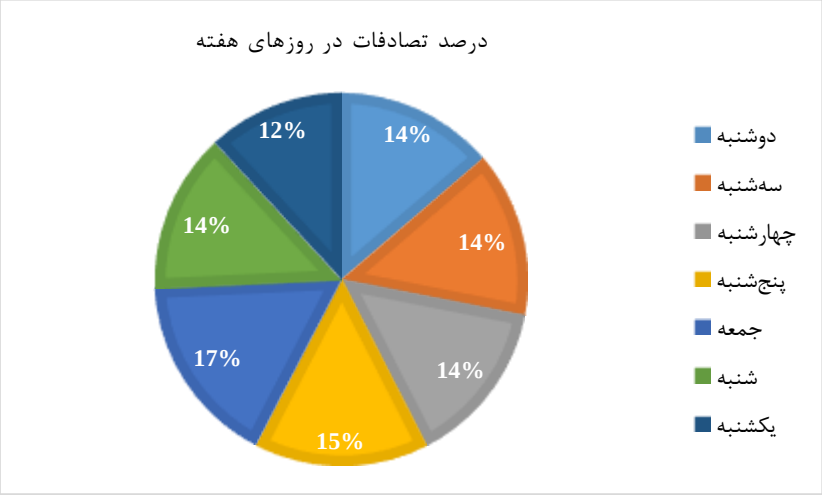
[5] National Collison Database (NCBD)

جدول ۲ نشان دهنده‌ی سهم متغیرهای مختلف در تعیین شدت تصادفات می‌باشند.

جدول ۲: مشخصات آماری تصادفات و تلفات آن

متغیرها	مجروح	مرگ	تصادف
مرد (راننده)	۵۷۵۴۴	۱۱۴۴	۵۸۶۸۸
زن (راننده)	۴۸۶۹۵	۱۰۱۲	۴۹۷۰۷
بین دو تقاطع	۴۸۱۳۲	۱۱۴۹	۴۹۲۸۱
تقاطع	۵۷۶۶۱	۴۸۲	۵۸۱۴۳
پل	۹۵۲	۱۹	۹۷۱
وسایل نقلیه سبک	۹۷۱۴۳	۱۲۸۷	۹۸۴۳۰
اتوبوس مدرسه	۱۱۶۱	۳	۱۱۶۴
اتوبوس داخل شهری	۲۵۰۹	۹۵	۲۶۰۴
برخورد هم جهت ۲ وسیله نقلیه	۴۳۴۰۷	۳۲۴	۴۳۷۳۱
برخورد مخالف جهت ۲ وسیله نقلیه	۴۴۱۵۶	۷۷۶	۴۴۹۳۲
خشک (سطح جاده)	۷۸۱۲۸	۱۲۶۲	۷۹۳۹۰
مرطوب (سطح جاده)	۱۸۲۱۲	۲۰۲	۱۸۴۱۴
برفی (سطح جاده)	۴۶۵۰	۵۶	۴۷۰۶
یخ زده (سطح جاده)	۵۷۵۵	۱۳۰	۵۸۸۵

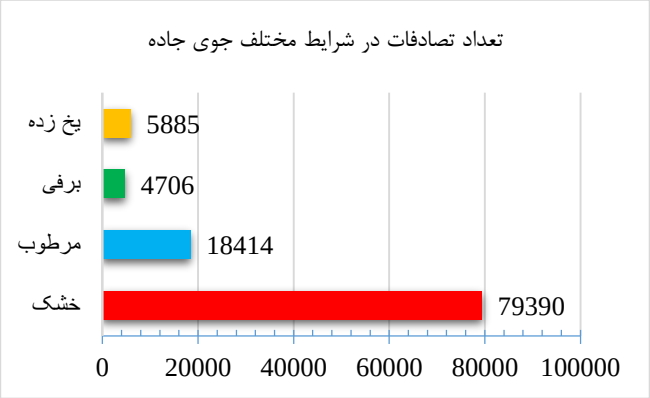
۴۶ ٪ رانندگان زن و ۵۴ ٪ دیگر آن مرد بودند. حدود ۲٪ این افراد از اثر تصادف جان شیرین خود را از دست داده‌اند. بیشترین تعداد تصادف ساعت ۴ عصر و کم‌ترین تعداد آن ساعت ۴ صبح رخ داده‌است. بیشترین تعداد تصادف روز آخر هفته کاری (جمعه) اتفاق افتاده است که منجر به کشته شدن ۲۷۸ نفر و کم‌ترین تعداد تصادف روز تعطیل اخر هفته (یکشنبه) که منجر به کشته شدن ۲۲۴ نفر شده‌است.



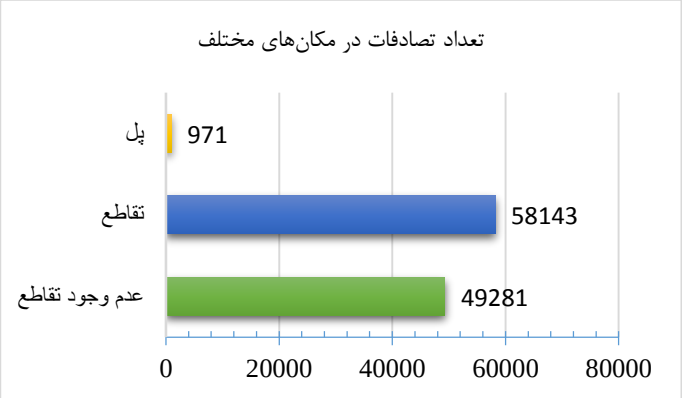
شکل ۲: سهم تصادفات در روزهای هفته

برای شرح بیشتر آمار توصیفی داده‌های موجود با رسم نمودارهای مختلف، فراوانی هریک از متغیرهای موثر در مدل مورد نظر نمایش داده شده‌است.

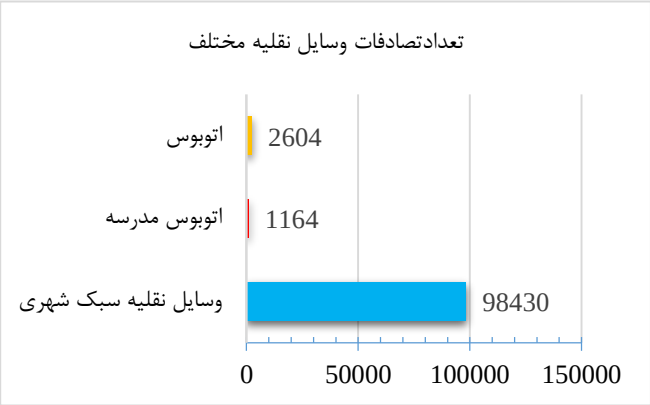
در شکل۲ دیده می‌شود که بیشترین تصادفات در شرایط خشک جاده‌ها و کمترین تصادفات در مواقع باریدن برف رخ داده‌است که نشان می‌دهد رانندگان در شرایط بارندگی دقت بیشتری در رانندگی دارند. همچنان، از شکل۳ می‌توان استنباط کرد که موجودیت تقاطع عامل بیشتر تصادفات است. از جمله وسایل نقلیه سهیم در تصادفات (شکل۴) بیشتر آن مربوط وسایل نقلیه سبک (خودروی شخصی، تاکسی، ون و وانت) و کمترین تعداد تصادفات به اتوبوس تعلق می‌گیرد. در نهایت، شکل۵ نشان می‌دهد که نوع برخوردها در یک مسیر و مسیرهای مخالف جهت تقریبا تعداد مشابه را نشان می‌دهد.



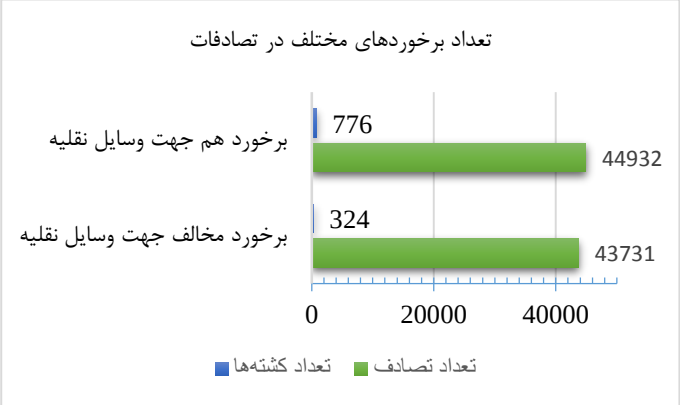
شکل ۳: تعداد تصادفات در شرایط مختلف جوی جاده



شکل ۴: تعداد تصادفات در مکان‌های مختلف



شکل ۵: تعداد تصادف وسایل نقلیه مختلف



شکل ۶:تعداد برخوردهای مختلف در تصادفات

۳-۱ متغیرهای تاثیرگذار در شدت تصادفات

همان گونه که در مطالعات پیشین متغیرهای مختلفی را در تعیین شدت تصادفات با استفاده از مدل‌های مختلف آماری مورد ارزیابی قرار داده‌اند؛ در این تحقیق نیز متغیرهای مختلفی را به بررسی می‌گیریم. به صورت کلی به تعداد ۸ متغیر در مدل استفاده شده‌اند که با احتساب متغیرهای ساختگی[6] این مقدار به ۱۵ متغیر میرسد.

جدول ۳: متغیرهای مستقل تاثیر گزار در تعیین شدت تصادفات

شماره	متغیرها	ماهیت متغیر	تعداد	درصد	شماره	متغیرها	ماهیت متغیر	تعداد	درصد
۱	روزهای هفته	دوشنبه	۱۴۸۸۹	۱۳/۷	۴	عوامل جوی روی جاده	خشک	۷۹۳۸۷	۷۳/۲
		سه شنبه	۱۵۵۴۰	۱۴/۳			مرطوب	۱۸۴۱۲	۱۷
		چهارشنبه	۱۵۶۰۲	۱۴/۴			برفی	۴۷۰۶	۴/۳
		پنج شنبه	۱۶۴۳۵	۱۵/۲			یخ زده	۵۸۸۵	۵/۴
		جمعه	۱۸۰۲۶	۱۶/۶	۵	نوع وسیله نقلیه	سبک	۹۸۴۲۴	۹۰/۸
		شنبه	۱۵۰۳۵	۱۳/۹			اتوبوس مدرسه	۱۱۶۴	۱/۱
		یک شنبه	۱۲۸۶۳	۱۱/۹			اتوبوس شهری	۲۶۰۴	۲/۴
۲	بازه‌های روز	نیم شب	۵۴۰۵	۵	۶	محل تصادف	دیگر	۴۹۲۸۱	۴۵,۵
		صبح	۲۷۶۸۵	۲۵,۵			تقاطع	۵۸۱۳۸	۵۳,۶
		ظهر	۵۰۶۶۶	۴۶/۷			پل	۹۷۱	۰/۹
		شب	۲۴۶۳۴	۱۵/۹	۷	جنسیت	مرد	۵۸۶۸۵	۵۴/۱
۳	برخورد وسایل نقلیه	هم جهت	۴۳۷۳۱	۴۰/۳			زن	۴۹۷۰۵	۴۵/۹
		مخالف جهت	۴۴۹۲۷	۴۱/۴					

جدول ۳ توصیف آماری متغیرهای موثر در تعیین شدت تصادفات کشور کانادا را نشان می‌دهد. طبق این آمار بیشترین تعداد تصادفات توسط وسایل نقلیه سبک شهری صورت گرفته است که سهم آن ۹۰/۸٪ از کل آمارموجود در این تصادفات می‌باشد که منجر به کشته شدن ۱۲۸۷ نفر شده‌است. همچنین بیشترین تعداد تصادفات حدود ۴۶/۷٪ از کل آمار در بازه زمانی ظهر (۱۲:۰۰-۱۷:۵۹) و کمترین آن در بازه زمانی نیم شب (۰۰:۰۰-۵:۵۹) رخ داده‌است. حدود ۷۳/۲٪ تصادفات زمانی اتفاق افتاده است که عوامل جوی بر سطح جاده تاثیر نداشته‌اند یعنی جاده کاملا خشک بوده و رانندگان به صورت عادی مشغول رانندگی بودند. این حالت نیز باعث کشته شدن ۱۲۶۲ راننده شده‌است. میانگین سن وسایل نقلیه موجود در این آمار ۸/۹ سال می‌باشد.

[6] Dummy

۴- روش تحقیق

مدل استفاده شده در این تحقیق مدل لوجیت دودویی است. این مدل برای پیش‌بینی احتمال وقوع یک رویداد استفاده می‌شود. در این مدل، متغیر وابسته، شدت تصادف[۷] نام دارد که یک متغیر دودویی است با مقادیر صفر و یک(Washington et al., 2020). صفر به معنی مرگ رانندگان در تصادف و یک به معنی تنها مجروح شدن رانندگان می‌باشد. فرم کلی این مدل به‌صورت رابطه‌ی (۱) می‌باشد.

$$P = \frac{\exp^{(\beta)}}{1 + \exp^{(\beta)}} \qquad (۱)$$

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k$$

در این فرمول، (P) احتمال وقوع مرگ رانندگان است. $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k$ ضرایبی هستند که عملکرد هر متغیر مستقل را تعیین می‌کنند. $X_1, X_2, \ldots, X_k$ متغیرها مستقل مدل هستند. با افزایش مقدار β به‌صورت مثبت، احتمال وقوع مرگ (P) به سمت یک میل می‌کند که نشان می‌دهد احتمال مرگ رانندگان در اثر تصادف افزایش می‌یابد.

۵- نتایج مدل

در این مطالعه، متغیرهای مستقلی که جهت پیش‌بینی احتمال مرگ رانندگان تاثیر داشتند عبارت‌اند از؛ انواع وسایل نقلیه، روزهای(سه‌شنبه، شنبه، یکشنبه)، بازه‌های(نیم شب، صبح)، برخورد هم جهت وسایل نقلیه، برخورد مخالف جهت، تقاطع، شرایط جوی(خشک بودن سطح جاده، یخزدگی سطح جاده)، سن وسایل نقلیه و جنسیت راننده بوده‌اند. این مدل به صورت ریاضی نشان می‌دهد که چگونه این متغیرها می‌توانند احتمال مرگ رانندگان را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۴: نتایج تخمین مدل لوجیت دودویی

متغیرها	exp(β)	معناداری	آزمون t	خطای استاندارد	ضرایب
سه‌شنبه	۰/۷۴۹	۰/۰۰۰	۱۲/۳۵۹	۰/۰۸۲	-۰/۲۹۸
شنبه	۰/۷۶۳	۰/۰۰۱	۱۱/۲۶۷	۰/۰۸۱	-۰/۲۷۱
یکشنبه	۱/۱۹۱	۰/۰۱۴	۶/۰۲۰	۰/۰۷۱	۰/۱۷۵
نیم شب	۱/۵۵۷	۰/۰۰۰	۲۷/۵۶۳	۰/۰۸۴	۰/۴۴۳
صبح	۰/۶۵۶	۰/۰۰۰	۳۹/۹۴۶	۰/۰۶۷	-۰/۴۲۲
برخورد هم جهت	۰/۳۲۳	۰/۰۰۰	۲۷۳/۰۵۷	۰/۰۷۳	-۱/۱۳۰
برخورد مخالف جهت	۱/۳۶۳	۰/۰۰۰	۲۳/۱۲۶	۰/۰۶۴	۰/۳۱۰
تقاطع	۰/۲۶۵	۰/۰۰۰	۴۶۳/۵۴۷	۰/۰۶۲	۰/۱
خشک (سطح جاده)	۱/۵۶۱	۰/۰۰۰	۴۰/۶۲۰	۰/۰۷۰	۰/۴۴۵

[۷] Crash Severity

https://doi.org/10.22034/cpj.2023.409086.1219

جدول ۵: نتایج تخمین مدل لوجیت دودویی (ادامه)

متغیرها	exp(β)	معناداری	آزمون t	خطای استاندارد	ضرایب
یخزده (سطح جاده)	۱/۵۸۱	۰/۰۰۰	۱۷/۲۸۶	۰/۱۱۰	-/۴۵۸
وسیله نقلیه سبک	۰/۳۳۷	۰/۰۰۰	۲۲۹/۶۹۳	۰/۰۷۲	-۱/۰۸۷
اتوبوس مدرسه	۰/۰۶۶	۰/۰۰۰	۲۱,۷۲۵	۰/۵۸۳	-۲/۷۱۶
اتوبوس شهری	۰/۵۸۲	۰/۰۰۰	۱۸,۱۱۲	۰/۱۲۷	-۰/۵۴۱
سن وسیله نقلیه	۱/۰۱۸	۰/۰۰۰	۲۲,۱۴۴	۰/۰۰۴	۰/۰۱۸
جنسیت راننده (زن)	۰/۶۳۹	۰/۰۰۰	۶۵,۱۷۳	۰/۰۵۶	-۰/۴۴۸
ضریب ثابت مدل	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰	۳۳۱,۳۸۵	۰/۱۲۴	-۲/۲۶۵

جدول ۴و ۵ نتایج تخمین مدل لوجیت دودویی را نشان می‌دهد. متغیرهای موجود در این مدل در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار شده‌اند و مقدار t-value نیز برای متغیرهای موجود از مقدار t-critical (بحرانی ۱/۹۶) بیشتر بوده که اعتبار متغیرهای موجود در مدل را نشان می‌دهد(Behnood et al., 2014b).

تابع احتمال مرگ رانندگان با استفاده از رابطه‌ی (۲) بدست می‌آید.

$$Y_f = -2.265 - 0.298X_{1.1} - 0.271X_{1.2} + 0.175X_{1.3} + 0.443X_{2.1} - 0.442X_{2.2} - 1.130X_{3.1} + 0.310X_{3.2} + 0.1X_{4.1} + 0.445X_{5.1} - 0.458X_{5.2} - 1.087X_{6.1} - 2.716X_{6.2} - 0.541X_{6.3} + 0.018X_{7.1} - 0.448X_{8.1} \quad (۲)$$

رابطه‌ی (۲) تابع احتمال برای تعیین شدت تصادفات مدل مورد نظر می‌باشد. متغیرهاییکه علامت آن‌ها مثبت بدست آمده‌است بیانگر این است که با افزایش مقدار آن در مدل احتمال مرگ رانندگان میل به یک می‌کند و با کاهش مقدار آن احتمال مرگ رانندگان میل به صفر می‌کند. متغیرهاییکه علامت آن‌ها منفی بدست آمده است؛ این مطلب را بیان می‌کنند که با افزایش مقدار آن در مدل احتمال مرگ رانندگان میل به صفر می‌کند و با کاهش آن احتمال مرگ رانندگان به یک میل می‌کند. به‌طورمثال ضریب متغیر سن وسایل نقلیه مثبت بدست آمده است که بیان کننده این است؛ با افزایش سن وسیله نقلیه احتمال مرگ رانندگان در تصادفات به یک میل می‌کند.

۶- اعتبار سنجی مدل

ابتدای کار داده‌های خود را به ۲ دسته ۷۰٪ و۳۰٪ تقسیم نمودیم که از ۷۰ ٪ آن برای مدل‌سازی و از ۳۰ ٪ دیگر آن برای اعتبار سنجی مدل استفاده شده‌است. در مدل‌های تعیین شدت تصادفات، اعتبار سنجی مدل‌ها به دو روش انجام می‌شود (Pongsapukdee & Kumsri, 2006a). یک روش شاخص خوبی برازش مدل است که از آزمون کای-مربع و دومی محاسبه

عدد مک-فادن[8] می‌باشد(Washington et al., 2020). در رابطه ۳ $LL(\beta)$ نشان دهنده Loglikelihood متغیرهای مستقل در تعداد مشاهدات موجود می‌باشد، $LL(0)$ در صورتی محاسبه می‌گردد که تاثیر متغیرهای مستقل در مدل مد نظر نباشد، به این ترتیب در مشاهدات تاثیر هیچ‌کدام از ۱۵ متغیر در نظر گرفته نمی‌شود.

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)-k}{LL(0)} \qquad (۳)$$

$$\rho^2 = 1 - \frac{-4569.544-15}{-7793.219} = 0.41$$

همانگونه که مشاهده می‌شود مقدار عدد مک-فادن برابر با ۰,۴۱ بدست آمده است. این عدد نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل انتخاب شده در مدل لوجیت دودویی توانایی پیش‌بینی ۴۱٪ تغییرات متغیر وابسته (شدت تصادفات) را دارند. این عدد بیانگر قدرت و تاثیر متغیرهای مستقل در تبیین و پیش‌بینی رخداد تصادفات است. هرچقدر مقدار این شاخص به یک نزدیک باشد، نشان دهنده این است که متغیرهای مستقل انتخاب شده در مدل، توانایی بالاتری در پیش‌بینی تغییرات شدت تصادفات را دارند (Pongsapukdee & Kumsri, 2006b).

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

مدل لوجیت دودویی برای مدل‌سازی شدت تصادفات یک روش محبوب در زمینه آمار و مدل‌سازی است. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های تصادفات رانندگی کشور کانادا شدت تصادفات مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که کدام عوامل در تعیین شدت تصادفات تاثیرگزار هستند. در این مدل با استفاده از داده‌های مشاهده شده، بهترین پارامترها برای مدل تعیین شده‌اند، تا احتمال رخداد شدت تصادفات را به خوبی تخمین بزنند. از ۲۸ متغیر استفاده شده در این مدل ۱۵ متغیرآن در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار شده و برای پیش‌بینی شدت تصادفات این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدل متغیرهای روزهای سه‌شنبه و شنبه، بازه زمانی صبح، برخورد هم جهت وسایل نقلیه بایکدیگر، سطح یخزده جاده، وسایل‌نقلیه سبک(تاکسی، خودروی شخصی، ون و وانت)، اتوبوس مدرسه، اتوبوس شهری و جنسیت زن راننده دارای علامت منفی هستند که باعث کاهش تابع احتمال مرگ و میر افراد شده که در نتیجه سبب کاهش احتمال مرگ رانندگان در تصادفات جاده‌ای کشور کانادا می‌شوند. متغیرهای روزیکشنبه، بازه زمانی نیمه شب، برخوردمخالف جهت وسایل نقلیه بایکدیگر، خشک بودن سطح جاده و سن وسیله نقلیه دارای علامت مثبت هستند که منجره به افزایش تابع احتمال مرگ و میر شده و درنتیجه باعث افزایش احتمال مرگ رانندگان در تصادفات جاده‌ای کشور کانادا می‌شوند.

در نهایت، متغیرهای اتوبوس مدرسه و برخورد هم جهت وسایل نقلیه با یکدیگر بیشترین تاثیر را در کاهش احتمال مرگ افراد در تصادفات جاده‌ای و متغیرهای بازه نیمه شب و خشک بودن سطح جاده بیشترین تاثیر را در افزایش احتمال مرگ رانندگان در تصادفات جاده‌ای کشور کانادا دارند.

[8] McFadden

سپاسگزاری

با تمام تواضع، سپاس خداوند مهربان را که به من این توانایی و اراده را بخشیده است تا این مقاله را به اتمام برسانم. از اعماق قلبم به پدر و مادر عزیزم که با حمایت بی‌دریغ و تلاش‌های بی‌وقفه‌تان همواره پشتیبان و الهام‌بخش فرزندتان بوده‌اید، ارج می‌گزارم. از آقایان دکتر علی خدایی، مهندس رضا امین، دکتر میقات حبیبیان و مهندس فری الله امید ، که با همکاری و یاری بی‌دریغ‌شان در تکمیل این مقاله به من کمک کردند، صمیمانه سپاسگزارم. بدون زحمات و همکاری این افراد عزیز، من قادر به انجام این پژوهش نبودم.

مراجع

(WHO), W. H. (2022, june 20). Road traffic injuries. Retrieved from World Health Organization (WHO): https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

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 and Prevention*, *36*(3), 447–456. https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00040-X

Alkheder, S., Taamneh, M., & Taamneh, S. (2017). Severity Prediction of Traffic Accident Using an Artificial Neural Network. *Journal of Forecasting*, *36*(1), 100–108. https://doi.org/10.1002/for.2425

Behnood, A., Roshandeh, A. M., & Mannering, F. L. (2014). Latent class analysis of the effects of age, gender, and alcohol consumption on driver-injury severities. *Analytic Methods in Accident Research*, *3–4*, 56–91. https://doi.org/10.1016/j.amar.2014.10.001

Omid, A. F., Amin, R., & Khodaii, A. (2023). Assessment of The Impact of Vehicle Type on the Probability of Accidents in Road Transportation Using the Multinomial Logit Model. *Civil and Project*, *5*(3), 11-20. doi: 10.22034/cpj.2023.399749.1203

Milton, J. C., Shankar, V. N., & Mannering, F. L. (2008). Highway accident severities and the mixed logit model: An exploratory empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, *40*(1), 260–266. https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.06.006

Patil, S., Geedipally, S. R., & Lord, D. (2012). Analysis of crash severities using nested logit model - Accounting for the underreporting of crashes. *Accident Analysis and Prevention*, *45*, 646–653. https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.034

Pongsapukdee, V., & Kumsri, T. (2006a). *Goodness-of-fit Tests for Logit Models Based on Probability Levels of Response Categories* (Vol. 4). http://statassoc.or.th

Pongsapukdee, V., & Kumsri, T. (2006b). *Goodness-of-fit Tests for Logit Models Based on Probability Levels of Response Categories* (Vol. 4). http://statassoc.or.th

Se, C., Champahom, T., Jomnonkwao, S., Banyong, C., Sukontasukkul, P., & Ratanavaraha, V. (2020). Hierarchical binary logit model to compare driver injury severity in single-vehicle crash based on age-groups. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, *28*(1), 113–126. https://doi.org/10.1080/17457300.2020.1858113

Washington, S., Karlaftis, M., Mannering, F., & Anastasopoulos, P. (n.d.). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. https://www.crcpress.com/go/ids

Young, R. K., & Liesman, J. (2007). Estimating the relationship between measured wind speed and overturning truck crashes using a binary logit model. *Accident Analysis and Prevention*, *39*(3), 574–580. https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.10.002