Civil and Project Journal, 2023, 5(3), 11-23
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.399749.1203

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

Research Article

Assessment of The Impact of Vehicle Type on the Probability of Accidents in Road Transportation Using the Multinomial Logit Model

Ahmad Fariullah Omid[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: 29 April 2023; Revised: 18 May 2023; Accepted: 18 Mayl 2023; Published: 22 May 2023

Abstract

Road accidents pose a persistent challenge to transportation systems, costing approximately 3% of the gross national product of countries annually. In this research, a multinomial logit model (MNL) was employed to assess variables associated with accidents involving private cars, taxis, buses, motorcycles, and bicycles. Private car accidents were considered as the reference category, and the multinomial logit model was used to create a more accurate and data-driven model. The results indicated that the use of bicycles and motorcycles had a higher likelihood of accidents compared to private cars, while buses and taxis had a lower likelihood. The data used in this study were collected by the Traffic Transport Organization of Manchester, England, from the years 2010 to 2021. The statistical software SPSS was utilized for model construction, and accidents were evaluated based on the type of vehicle. Out of the total of 21 variables used, 13 variables were found to have a significant impact in the model. The Log likelihood (LL) was employed to evaluate the models, resulting in a value of 58998.662 for the first model and 80427.09 for the second model. Considering the higher Log likelihood value in the second model, it was selected as the superior model in this research. The findings revealed that variables such as deviation from the route, personal trips, and driver gender contributed the most to accidents.

Keywords:

Multinomial Logit Model (MNL), Accident Probability, Bycicle Accidents, Road Accidents, Type of Vehicle

Cite this article as: 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

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the author.

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: *fariullahomid@gmail.com*

نشریه عمران و پروژه، 1402، 5(3)، ۱۱-۲۳
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.399749.1203

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

ارزیابی تأثیر نوع وسایل نقلیه بر احتمال وقوع تصادفات در حمل‌ونقل زمینی با استفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای

احمد فری‌الله امید*[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: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ بازنگری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ خرداد۱۴۰۲

چکیده

تصادفات همواره یکی از چالش‌های حمل‌ونقل می‌باشد که سالانه به اندازه ۳ درصد از تولید ناخالص ملی کشورها هزینه دارد. در این پژوهش، از یک مدل لوجیت چند جمله‌ای برای ارزیابی متغیرهای مرتبط با تصادفات خودروهای شخصی، تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه استفاده شده‌است. در این مدل، تصادفات خودروی شخصی به عنوان مرجع در نظر گرفته شده و با استفاده از مدل لوجیت چند جمله‌ای، مدلی بهتر و متناسب با داده‌ها ایجاد شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از دوچرخه و موتور نسبت به خودروی شخصی با احتمال بیشتری منجر به تصادف می‌شود، در حالی که استفاده از اتوبوس و تاکسی با احتمال کمتری همراه است. داده‌های استفاده شده در این تحقیق مربوط به سازمان حمل‌ونقل ترافیک شهر منچستر انگلستان می‌باشد که توسط پلیس‌راه در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ جمع‌آوری شده‌است. نرم افزار آماری SPSS برای انجام مراحل ساخت مدل استفاده شده است و در هر یک از مدل‌های ساخته شده، تصادفات با توجه به نوع وسیله نقلیه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. از مجموع ۲۱ متغیر مورد استفاده، ۱۳ متغیر در مدل به شکل معناداری تأثیرگذار می‌باشد. برای ارزیابی مدل‌ها، از شاخص Log likelihood استفاده شده که در مدل اول، این شاخص برابر با ۵۸۹۹۸/۶۶۲ و در مدل دوم برابر با ۸۰۴۲۷/۰۹ است. با توجه به این نکته که شاخص در مدل دوم بالاتر است، مدل دوم به عنوان مدل بهتر در این پژوهش انتخاب می‌شود. از نتایج بر می‌آید که متغیرهای انحراف از مسیر، سفرهای شخصی و جنسیت راننده بیشترین سهم را در تصادفات دارند.

کلمات کلیدی:

مدل لوجیت دوجمله‌ای، احتمال تصادف، تصادفات دوچرخه، تصادفات جاده‌ای، نوع وسایل نقلیه

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: fariullahomid@gmail.com

۱- مقدمه

هزینه‌های تصادفات جاده‌ای سالانه در کشورها به اندازه ۳درصد از تولید ناخالص داخلی آنها برآورد می‌شود. هر ساله، تقریباً ۱.۳ میلیون نفر به دلیل تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند. علاوه بر این، بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر دیگر آسیب‌های جدی را تجربه می‌کنند، که بسیاری از این آسیب‌ها باعث معلولیت افراد می‌شود(سازمان بهداشت جهانی[1]، 2021). تعداد بزرگی از آسیب‌ها و مرگ و میر ناشی از تصادفات رانندگی، نگرانی بحران جهانی ایمنی راه‌ها را روشن می‌کند. تصادفات جاده‌ای علت دوم بروز مرگ در افراد ۵ تا ۲۹ ساله و علت سوم بروز مرگ در افراد ۳۰ تا ۴۴ ساله هستند. با افزایش سریع تعداد وسایل نقلیه در کشورهای در حال توسعه، این واگیرداری در کشورهای با درآمد کم و متوسط به سرعت بدتر می‌شود و در حال تبدیل شدن به عنوان سومین علت مرگ در سال‌های آینده است (طاهره انجمن، ۲۰۲۰).

سهم شیوه‌های مختلف حمل و نقل، از جمله سواری شخصی، تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه، در این تصادفات موردی است که باید به آن پرداخته شود. یک مطالعه در سه ایالت کشور غنا انجام شده‌است که نشان می‌دهد در بین شیوه‌های حمل و نقل مانند خودروی شخصی، موتور و دوچرخه، بیشترین تعداد تصادفات مربوط به حمل‌ونقل موتوری می‌باشد (کونکور[2]، ۲۰۲۱). همچنان در مطالعه‌ی دیگری که بر روی داده‌های تصادفات ایران صورت گرفته است نشان می‌دهد که سهم خودروی شخصی و موتور بیشتر از دیگر شیوه‌های حمل‌ونقل در تصادفات دخیل می‌باشند (اسماعیل حیاتی، ۲۰۱۱).

در مطالعات گذشته از مدل های مختلفی مانند، مدل‌های لوجیت[3]، پروبیت[4]، رگرسیون خطی[5]، رگرسیون لجستیک[6] استفاده شده است که متغیرهای مختلف مانند احتمال تصادفات، نوعیت وسایل نقلیه، وضعیت راه‌ها و تاثیر حجم ترافیک بر تصافات را ارزیابی نموده‌اند (کانگ جون لویی [7]و همکاران، ۱۹۸۸) (اف کورکو [8]و همکاران، ۲۰۱۰) (پیترا ام کوهنرت[9]،۲۰۰۰). عواملی مانند سن راننده، سن وسیله نقلیه، مانور در لحظه‌ی تصادف، موقعیت در لحظه‌ی برخورد، نوعیت تصادف، لغزش و واژگونی، موقعیت فرمان خودرو (چپ یا راست)، هدف سفر و نوعیت وسیله نقلیه را شامل می‌شود. چنانچه انواع وسایل نقلیه مختلف ممکن است تصادفات متفاوتی را متحمل شوند فلهذا مانور وسیله نقلیه می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های تصادف مورد بررسی قرار بگیرد. لغزش و واژگونی، نوع تصادف و هدف سفر با شیوه‌های حمل‌ونقل مانند خودرو، تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه از جمله متغیرهای اند که با شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل نقش متفاوتی را در احتمال اتفاق افتادن تصادفات دارد.

دلایل زیادی برای تحلیل داده‌های تصادفات وجود دارد، این امر کمک می‌کند تا عواملی که در احتمال اتفاق افتادن تصادف سهم دارند را شناسایی کنیم؛ برای همین منظور پژوهشگران دائماً در تلاش برای تحلیل داده‌های به‌روز از تصادفات می‌باشند تا بتوانند سهم خود را برای جلوگیری از فجایع که در حوزه حمل‌ونقل بوجود می‌آید اجرا کنند.

[1] World Health Organization
[2] Konkor
[3] Logit Model
[4] Probit Model
[5] Linear Regression
[6] Logistic Regression
[7] K Lui
[8] F.Crocco
[9] Ptra M Kuhnert

۲- مروری بر مطالعات پیشین

در بحث مطالعات داده‌های مرتبط با تصادفات جاده‌ای، مدل‌های آماری زیادی مورد بحث قرار داده می‌شود. انتخاب مدل مناسب وابسته به متغیرهایی است که در مدل استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، مطالعه‌ای در خصوص شدت تصادفات با در نظر گرفتن حجم ترافیک در بزرگراه‌های ایران صورت گرفته است نشان می‌دهد که شدت تصادفات را به دو دسته خسارت مالی و فوتی-جرحی با استفاده از مدل‌های دوجمله‌ای منفی [۱۰]و پواسون[۱۱] مدل‌سازی کرده‌اند (اسماعیل حیاتی و احسان عباسی،۲۰۲۱). همچنان با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، به بررسی تصادفات در سفرهای روزمره گروهی از افراد پرداخته‌اند. متغیرهای مورد استفاده شامل شیوه‌های حمل‌ونقل، محدوده سرعت، مصرف الکل، سن افراد وضعیت تحصیلی می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از موتور یا سه‌چرخه باعث افزایش احتمال تصادفات می‌شود، همچنین دانش نسبتاً ضعیف در مورد محدوده سرعت با احتمال بیشتری از تصادفات مرتبط است (کونکور، ۲۰۲۱).

چنانچه عوامل افزایش تصادف نظر به کشورهای مختلف متفاوت است، نقش مولفه‌های مختلف را در چندین کشور به بررسی گرفته‌اند، این مطالعه که در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی صورت گرفته؛ شرایط بزرگراه‌ها، نوع وسیله نقلیه، عوامل انسانی، شرایط محیطی و محدوده سرعت را به عنوان متغیرهای مهم در تصادفات بررسی نموده‌اند (شکیل احمد و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه‌ی دیگر به تاثیر عوامل مختلف در تصادفات کامیون پرداخته شده‌است. برای انجام این بررسی، یک تحلیل تجربی از عوامل مؤثر بر تصادفات کامیون در جاده‌های دوخطه شهر وایومینگ[۱۲] صورت گرفته است. با استفاده از تکنیک رگرسیون لوجیت باینری[۱۳] پس از تنظیم مدل، تأثیر هر متغیر مهم با استفاده از مفاهیم نظری و تخمین مهندسی بررسی شده است. عواملی از جمله جنسیت و سن راننده، شرایط آب و هوا، نور و شرایط جاده، تعداد منحنی‌های قله، نوع تصادف، تعداد مسیرهای رانندگی و محدوده سرعت مجاز به عنوان عوامل تأثیرگذار معرفی شده‌اند. نتایج این مطالعه درک جدیدی از اینکه چگونه عوامل شناسایی شده بر تصادفات کامیون در مسیرهای کاهشی تأثیر می‌گذارند را ارائه می‌دهد (میلهان مومن و همکاران، ۲۰۱۹).

تصادفات در حوزه حمل‌ونقل همگانی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌است؛ مطالعه‌ی انجام شده در شهر اسکوپیه کشور مقدونیه صورت گرفته نشان می‌دهد که اکثر تصادفات در تقاطع‌ها و خطوط مربوط به اتوبوس اتفاق افتاده‌است (نیکولا کریستانوسکی[۱۴]، ۲۰۱۶). در ادامه مطالعات تصادفات جاده‌ای به شدت تصادفات در کشور پاکستان پرداخته‌اند، در این مطالعه متغیرهای مانند خصوصیات راننده، جزئیات تصادف، نوع جاده‌ها و شرایط محیطی را با استفاده از مدل لوجیت[۱۵] بررسی نموده‌اند. از نتایج به وضوح دیده می‌شود که عوامل زیادی از جمله افزایش سرعت، خواب آلودگی راننده، بی‌توجهی راننده، سن کمتر از ۲۵ سال برای راننده، نوع وسیله نقلیه (کامیون، ریکشا[۱۶] و یا خودرو)، منحنی افقی [۱۷]در مسیر، خرابی آسفالت، شب بدون چراغ راهنما، ساعات اوج صبحگاهی، روز سه‌شنبه، ماه‌های مه جولای و نوامبر[۱۸]، آب و هوای ابری و سطح جاده‌های مرطوب تأثیرات جدی بر آسیب‌های ناشی از تصادفات را دارند (حنیف‌الله و همکاران، ۲۰۲۱). اما در کشورهای توسعه یافته که استفاده از حمل‌ونقل همگانی بیشتر رایج است، احتمال تصادف در اتوبوس بیشتر دیده می‌شود؛ در این زمینه مطالعه‌ی که در کشور ترکیه صورت گرفته است نوع تصادف (عابرپیاده-وسیله نقلیه، وسیله نقلیه-وسیله نقلیه) را با کمک مدل لوجیت

[10]Negative Binomial
[11]Poisson
[12]Wyoming
[13]Binary Logit Regression
[14] Nikola Krstanoski
[15]Logit
[16] Rickshaw
[17] Horizontal Curve
[18] May, july, November

باینری [19] به منظور ارزیابی ایمنی ترافیک و مدل رگرسیون شمارش داده‌ها را برای پیش‌بینی اتفاق افتادن انواع تصادف مدل سازی کرده‌اند (متین‌سنبل و همکاران،۲۰۱۹). خرابی سطح آسفالت و کم عرض بودن جاده‌ها نیز از عوامل برخی از تصادفات می‌باشد در این مورد مطالعه‌ی که بر روی داده‌های تصادفات ایران انجام شده است نشان می‌دهد که به صورت عموم ۳۶ درصد از تصادفات ناشی از نا ایمن بودن جاده‌ها می‌باشد (محدثه خلیلی و علیرضا پاک‌گهر،۲۰۱۳).

جدول ۱: مدل و متغیرهای استفاده شده در مطالعات پیشین

نویسندگان و سال تحقیق	متغیرهای وابسته	متغیرهای مستقل	نتیجه تحقیق
محدثه خلیلی و همکاران،۲۰۱۳	واژگونی یا عدم واژگونی خودرو	خرابی سطح آسفالت نبود تابلوی راهنما،عرض جاده روشنایی جاده، انحنای افقی‌جاده	خرابی‌های جاده به عنوان یکی از عوامل اساسی که باعث وقوع تصادفات می‌شوند ۳۶ درصد تاثیرگذار است.
میلهان مومن و همکاران،۲۰۱۹	نوع وسیله نقلیه	جنسیت و سن راننده شرایط آب و هوا، نور تعداد منحنی‌های قله[20]،نوع،تصادف،تعداد خطوط محدوده سرعت مجاز	نتایج این مطالعه، درک‌های جدیدی را درباره نحوه تأثیر عوامل شناسایی شده بر وقوع تصادفات کامیون‌ها در محلهای شیب‌دار ارائه می‌دهد.
متین سنبل و همکاران، ۲۰۱۹	شدت تصادفات	روز، موقعیت خودرو، نوع تصادف، تعداد خودرو درگیر در تصادف، سن راننده، جنسیت راننده	تحقیق حاضر بررسی می‌کند که چگونه محیط ساختمانی شهری بر تصادفات ترافیکی در یک کشور در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان می‌دهد که اصلاحاتی در عوامل محیطی مانند حمل و نقل عمومی، شرایط ترافیکی و تصمیمات کاربری زمین می‌تواند به کاهش تعداد تصادفات وارد شده و برای بهبود امنیت جاده‌ای مؤثر باشد.
ایرینیوس کونکور،۲۰۲۱	نوع وسیله نقلیه	محدوده سرعت مصرف الکل، سن افراد وضعیت تحصیلی	تصادفات موتور یا سه‌چرخه در منطقه مورد نظر بیشتر از سایر وسایل نقلیه می‌باشد
حنیف الله و همکاران، ۲۰۲۱	شدت تصادفات	زمان تصادف، سن راننده جنسیت راننده،نوع جاده، سرعت	عوامل مختلفی مانند افزایش سرعت، ویژگی‌های راننده، شرایط جاده و عوامل محیطی بطور قابل توجهی بر شدت صدمات در تصادفات وسایل نقلیه در جاده‌های ملی پاکستان تأثیر می‌گذارند
اسماعیل حیاتی و همکاران، ۲۰۲۱	نوع تصادف: خسارت جرحی-فوتی	حجم ترافیک: خودروی شخصی، کامیون خودروی سبک غیرسواری	تاکسی‌ها و موتورسیکلت‌ها نقش بزرگی در وقوع تصادفات در بزرگراه‌های شهری برای هر دو نوع تصادف دارند.
شکیل احمد و همکاران،۲۰۲۳	شدت تصادف	نوع وسیله نقلیه عواملهای انسانی، شرایط محیطی محدوده سرعت	عواملی مانند دسته بندی جاده و تعداد خودروهای درگیر در تصادف، تأثیر قابل توجهی در شدت آسیب وارد شده دارند.

[19] Binary logit model
[20] Number of crest curves

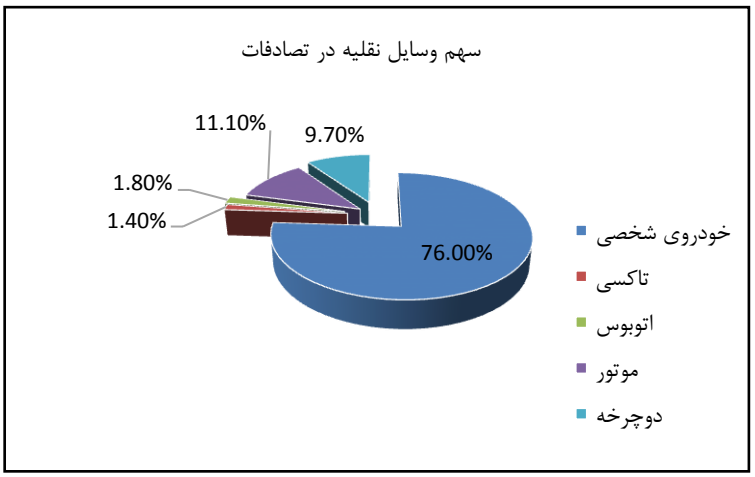
چنانچه در مطالعات قبلی دیده می‌شود عواملی که بر شدت تصادف و نوع آن تاثیر دارد نظر به کشورهای مختلف از هم تفاوت دارند، هر چند به طور قطعی نمی‌توان عامل‌های مشخصی را در وقوع تصادفات پیشنهاد کرد، اما به کمک مدل‌های آماری می‌شود بیشتری از این عوامل را تخمین و پیش‌بینی کرد.

۳-آماره‌های توصیفی داده‌ها

در این پژوهش، از داده‌های تصادفات شهر منچستر کشور انگلستان استفاده شده است. این داده‌ها توسط سازمان پلیس راه در صحنه‌ی تصادف جمع‌آوری شده و در اختیار سازمان حمل‌ونقل (TFGM) [۲۱] این شهر قرار گرفته‌اند (سازمان حمل‌ونقل شهر منچستر، ۲۰۲۱). شهر منچستر با داشتن ۲/۸۸۲ میلیون نفر جمعیت، پنجمین شهر پرجمعیت این کشور می‌باشد و در آخرین آمار به‌دست آمده نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۱ به تعداد۱/۴۹ میلیارد سفر در این شهر به انجام رسیده است(منچستر،۲۰۲۳). تعداد تصادفات ثبت شده در این منطقه از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ برابر با ۱۵۰۶۴۴ مورد است. پس از انجام مراحل آماده‌سازی[۲۲] و اعتبارسنجی[۲۳] داده‌ها بر اساس قواعد آماری و با حذف داده‌های پرت و نامفهوم، مجموعاً ۱۲۷۰۳۴ مورد تصادف با شیوه‌های حمل و نقل مانند خودروی شخصی، تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه آماده تحلیل قرار گرفته است.

۳-۱ وسایل نقلیه در تصادفات

با توجه به شکل۱، خودروهای شخصی با سهم ۷۶ درصد از کل تصادفات جاده‌ای، بیشترین تعداد تصادف را تشکیل می‌دهند. بنابراین، خودروهای شخصی به عنوان وسیله نقلیه اصلی بر روی جاده‌ها ممکن است در معرض بیشترین خطر قرار بگیرند. همچنین، تاکسی‌ها و اتوبوس‌ها با سهم کمتری از تصادفات به ترتیب ۱/۴۰ و ۱/۸۰ درصد در تصادفات سهم دارند. این نشان می‌دهد که تاکسی‌ها و اتوبوس‌ها در مجموع تعداد کمتری تصادف را تجربه می‌کنند و میزان خطر آن‌ها نسبتاً پایین‌تر است. علاوه بر این، موتورها و دوچرخه‌ها نیز با سهم به ترتیب ۱۱/۱۰ و ۹/۷ درصد در تصادفات جاده‌ای مشارکت دارند. حضور موتورها و دوچرخه‌ها در جاده‌ها می‌تواند خطراتی را ایجاد کند و باید به ایمنی این نوع وسایل نقلیه توجه ویژه‌ای شود.



شکل ۱: دیاگرام سهم وسایل نقلیه در تصادفات جاده‌ای

[21] Transport for Greater Manchester
[22] Data Preparation
[23] Data validation

۲-۳ متغیرهای تاثیر گذار در تصادفات

چنانچه در مطالعات پیشین متغیرهای زیادی در مدل‌های مختلف استفاده شده‌است در این مطالعه سعی شده‌است تا متغیرهای مانند؛ نوع وسیله نقلیه، موقعیت خودرو لحظه‌ی برخورد، اولین نقطه برخورد و نوع تصادف را به عنوان متغیرهای کمتر استفاده شده در مدل‌های پیشین بیشتر مورد توجه قرار بگیرد. متغیرهای استفاده‌شده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۲: درصد متغیرهای شامل در تصادفات

متغیرها	توضیحات	درصد	متغیرها	توضیحات	درصد
نوع وسیله نقلیه	خودروی شخصی	۷۶	اولین نقطه برخورد	عدم برخورد	۴/۴
	تاکسی	۱/۴		جلو	۵۱/۷
	اتوبوس	۱/۸		عقب	۱۵/۷
	موتور	۱۱/۱		سمت راست	۱۴/۸
	دوچرخه	۹/۷		سمت چپ	۱۳/۳
نوع تصادف	جلو به جلو	۱/۹	هدف سفر	سفر شخصی	۱۱/۹
	جلو به عقب	۷۴/۹		رفت/آمد از کار	۱۲/۴
	سایر	۲۳/۱		رفت/آمد از مدرسه	۱/۷
موقعیت خودرو لحظه‌ی تصادف	غیر از بزرگراه اصلی	۳/۰		سایر	۷۴/۰
	در بزرگراه اصلی	۹۷/۰	جنسیت راننده	مرد	۶۸/۲
لغزندگی و واژگونی	انحراف از جاده	۸۷/۴		زن	۳۱/۸
	لغزیدن	۹/۴	سن راننده	میانگین	۴۱/۰
	واژگونی	۳/۲	سن خودرو		۶/۰

چنانچه در جدول فوق دیده می‌شود ۷۴/۹درصد خودروها تصادف جلو به عقب داشته‌اند و تصادفات جلو به جلو کمترین نوع تصادفات می‌باشد؛ در عین حال خودروهای که از مسیر خویش منحرف شده و تصادف نموده‌اند ۳ درصد و خودروهای که در مسیر حرکت‌شان برخورد داشته اند ۹۷ درصد می‌باشد. در حدود ۸۷/۴ درصد از خودروها بعد از برخورد از مسیر خود منحرف شده و ۵۱/۷ درصد اولین نقطه برخوردشان در قسمت جلوی خودرو صورت گرفته‌است. جنسیت ۶۸/۲ درصد از افراد شامل در تصافات مردها و ۳۱/۸ درصد آن را زنان تشکیل می‌دهند، میانگین سن افراد شامل در تصادف ۴۱ سال و میانگین سن خودرو ۶ سال می‌باشد.

۴- روش تحقیق

هدف این پژوهش، ارزیابی ارتباط تصادفات بین خودروی شخصی، تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه با تمامی عواملی که در آنها مشارکت دارند است. برای این منظور، تصادفات خودرو را با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار در این نوع تصادف، به

عنوان معیارهای تشکیل دهنده مدل‌های بعدی در نظر می‌گیریم. به این صورت توجیه اینکه، که کدام عامل در چه نوع تصادف بیشترین تأثیر را دارد صورت می‌گیرد. (ویلیام اچ. گرین[۲۴]، ۲۰۰۹). در این مطالعه از مدل لوجیت چندجمله‌ای [۲۵]استفاده شده‌است، زیرا طبیعت متغیرهای موجود نشان می‌دهد که مدل لوجیت چندجمله‌ای مناسب‌ترین گزینه با توجه به تطابق نوع متغیرها، توانایی پیش‌بینی دسته‌های مختلف و توافق با مفهوم مورد بررسی را دارد. این مدل با رابطه‌ی (۱) ارائه می‌گردد (سیمون واشنگتن و همکاران، ۲۰۲۰)

$$\ln\left[\frac{P(y=j|X)}{P(y=J|X)}\right] = \alpha_j + \sum_{k=1}^{K}\beta_{jk}x_k \qquad \text{رابطه‌ی(۱)}$$

در این مدل لجستیک چندجمله‌ای، j بیانگر دسته‌بندی متغیر وابسته است که $j = 1, 2, 3, \ldots . J$ می‌باشد. α نشان دهنده عدد ثابت گزینه jام و x_k نیز مقدار متغیر مستقل kام می‌باشد. β_{jk} ضریب jام متغیر مستقل kام که در اینجا k تعداد متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد و $k = 1, 2, 3, \ldots . K$ می‌باشد. چنانچه می‌توان مشاهده نمود که مدل لوجیت چندجمله‌ای نه تنها K-1 معادلات لوجیت و ثابت‌ها (α) را دارد، بلکه K-1 ضریب رگرسیون نیز دارد. بنابراین، معادله احتمال متغیر وابسته jام می‌تواند با استفاده از رابطه‌ی (۲) بیان شود.

$$P(y = j|X) = \frac{\exp(\alpha_j + \sum_{k=1}^{K}\beta_{jk}x_k)}{1 + \sum_{j=1}^{J}\exp(\alpha_j + \sum_{k=1}^{K}\beta_{jk}x_k)} \qquad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

۱-۴ تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، متغیر وابسته y به پنج دسته تقسیم می‌شود: y=۱ برای تصادفات خودروی شخصی، y=۲ برای تصادفات تاکسی،y=۳ برای برای تصادفات اتوبوس،y=۴ برای تصادفات موتور و y=۵ برای تصادفات دوچرخه می‌باشد.در این مطالعه ۲۱ متغیر مستقل انتخاب شده است که در جدول ۳ نشان داده شده‌است.

جدول ۳:تفکیک متغیرهای کیفی به متغیرهای مجازی

متغیرها	کُد متغیر مجازی	متغیرها	کُد متغیر مجازی
نوع وسیله نقلیه(y)	خودروی شخصی(y_1)	اولین نقطه برخورد(x_4)	عدم برخورد($x_{4.1}$)
	تاکسی(y_2)		جلو($x_{4.2}$)
	اتوبوس(y_3)		عقب($x_{4.3}$)
	موتور(y_4)		سمت راست($x_{4.4}$)
	دوچرخه(y_5)		سمت چپ($x_{4.5}$)
نوع تصادف (x_1)	جلو به جلو ($x_{1.1}$)	هدف سفر(x_5)	سفر شخصی($x_{5.1}$)
	جلو به عقب($x_{1.2}$)		رفت/آمد از کار($x_{5.2}$)
	سایر($x_{1,3}$)		سفر تحصیلی($x_{5.3}$)
لغزندگی و واژگونی(x_3)	انحراف از جاده($x_{3.1}$)		سایر($x_{5.4}$)
	لغزیدن($x_{3.2}$)	موقعیت خودرو لحظه تصادفx_2، جنسیت رانندهx_6، سن راننده x_7، سن وسیله نقلیهx_8	
	واژگونی($x_{3.3}$)		

[24] William H.Greene
[25]Multinomial Logit Model

در این ۲۱ متغیر مستقل، برخی از متغیرهای مستقل متغیرهای کیفی بودند و برخی دیگر متغیرها مانند؛ سن راننده و سن خودرو متغیرهای کمی می‌باشند. برای متغیرهای کیفی، متغیرهای مجازی[۲۶] معرفی شدند. اگر برای یک متغیر کیفی خاص m دسته وجود داشته‌باشد، در مدل لجستیک چندجمله‌ای، m-1 متغیر مجازی معرفی شده‌است.

۵- نتایج مدل

با توجه به اثر مدل، مدل لوجیت چندجمله‌ای عوامل معنادار مستقیماً مرتبط با وقوع حوادث رانندگی با وسایل نقلیه مختلف را شناسایی نموده‌است. ۱۳ عامل از جمله موقعیت خودرو لحظه برخورد، جنسیت راننده، سن راننده، سن وسیله نقلیه، انحراف از مسیر، لغزیدن، برخورد از جلو، برخورد از عقب، برخورد از راست، سفرهای کاری و سفرهای شخصی ارتباط معناداری با خطر وقوع حوادث رانندگی با شیوه سفرهای مختلف داشته‌اند (جدول ۴). ضرایب مدل نشان دهنده‌ی سهم و تاثیر هر متغیر در وقوع تصادفات می‌باشد و بدین ترتیب معناداری در مدل که سطح آن ۹۵ درصد در نظر گرفته شده‌است بیانگر اعتبار متغیرها در مدل می‌باشد. آزمون t [۲۷] برای متغیرهای مختلف نشان می‌دهند که هر واحد افزایش یا کاهش در متغیر مستقل چه تأثیری بر احتمال وقوع حادثه با هر یک از این چهار وسیله نقلیه یاد شده در مدل نسبت به خودرو خواهند داشت.

جدول ۴: مدل نهایی تصادفات وسایل نقلیه مختلف

متغیرها	تصادفات (تاکسی)			تصادفات (اتوبوس)			تصادفات (موتور)			تصادفات (دوچرخه)		
	ضرایب	معناداری	آزمون t	ضرایب	معناداری	آزمون t	ضرایب	معناداری	آزمون t	ضرایب	معناداری	آزمون t
ثابت	-۴/۱۶۴	۰/۰۰۰	۱۱۴/۸۰۰	-۵/۷۴۲	۰/۰۰۰	۱۸۶/۸۲۸	۳/۱۴۸	۰/۰۰۰	۱۳۳۶/۷۱۲	-۱۳/۵۸	۰/۰۰۰	**۱۹۷۳۹/۱۳۸**
موقعیت خودرو لحظه برخورد	-۰/۶۶۷	۰/۰۰۰	۲۴/۶۸۲	-۱/۸۴۷	۰/۰۰۰	۴۱۴/۸۶۸	-۰/۵۱۵	۰/۰۰۰	۸۰/۸۳۳	۱/۸۰۸	۰/۰۰۰	**۱۰۱۲/۷۷۹**
جنسیت راننده	-۲/۴۳۳	۰/۰۰۰	۳۵۵/۰۰۴	-۱/۱۲	۰/۰۰۰	۲۱۷/۷۹۰	-۱/۹۸۷	۰/۰۰۰	۳۴۴۶/۸۹۸	-۰/۸۳۵	۰/۰۰۰	**۸۵۸/۷۵۹**
سن راننده	۰/۰۳۱	۰/۰۰۰	۳۳۹/۶۸۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰	۴۳۷/۵۸۳	-۰/۰۲۳	۰/۰۰۰	۱۲۴۴/۸۲۲	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	**۱۲۶/۴۳۱**
سن وسیله نقلیه	-۰/۰۲۷	۰/۰۰۰	۳۶/۲۹۲	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۵۳/۷۷۲	-۰/۰۵۲	۰/۰۰۰	۱۰۴۰/۵۶۵	---	---	---
انحراف از مسیر	۱/۲۸۸	۰/۰۰۰	۱۶/۰۸۹	۱/۶۵۹	۰/۰۰۰	۱۸/۶۲۹	-۱/۱۱۳	۰/۰۰۰	۶۶۹/۳۵۷	-۰/۱۹۸	۰/۰۰۰	**۲۵۳/۹۳۶**
لغزیدن	۰/۴۹۵	۰/۱۵۲	۲/۰۵۱	۰/۲۹۵	۰/۴۷۷	۰/۵۰۵	-۰/۱۵۷	۰/۰۰۱	۱۰/۹۶۰	-۱/۴۷۴	۰/۰۰۰	**۴۰۶/۶۲۷**
عدم برخورد	-۰/۱۴۵	۰/۲۴۲	۱/۳۶۸	۱/۷۹۶	۰/۰۰۰	۴۸۶/۸۱۰	۰/۵۱۹	۰/۰۰۰	۱۲۴/۱۰۵	۰/۳۷۴	۰/۰۰۰	**۳۸/۵۶**
برخورد از جلو	-۰/۲	۰/۰۰۷	۷/۳۱۶	-۰/۴۱۶	۰/۰۰۰	۳۲/۰۵۵	-۰/۱۳۱	۰/۰۰۰	۲۲/۰۳۴	-۰/۲۹۵	۰/۰۰۰	**۶۹/۵۹۵**
برخورد از عقب	-۰/۱۶۷	۰/۰۴۹	۳/۸۶۵	-۱/۱۱	۰/۰۰۰	۱۰۲/۳۲۵	-۰/۸۰۱	۰/۰۰۰	۳۸۴/۹۸۰	-۰/۴۹۵	۰/۰۰۰	**۱۲۳/۰۵۵**
برخورد از راست	-۰/۰۵۵	۰/۵۴	۰/۳۷۵	-۰/۳۴۲	۰/۰۰۰	۱۳/۵۹۸	-۰/۲۲۱	۰/۰۰۰	۳۵/۹۷۵	۰/۰۵۴	۰/۱۹۹	**۱/۶۴۹**
سفر شخصی	۳/۴	۰/۰۰۰	۲۹۴۲/۱۹۰	۴/۰۴	۰/۰۰۰	۳۳۷۰/۷۸۹	۰/۳۹۱	۰/۰۰۰	۱۹۴/۹۰۵	-۰/۳۴۱	۰/۰۰۰	**۶۸/۹۹۲**
سفر کاری	۰/۶۰۴	۰/۰۰۰	۲۳/۹۹۱	-۰/۶۱۷	۰/۰۱۴	۶/۰۳۴	۰/۲۸۸	۰/۰۰۰	۱۰۸/۲۹۹	۰/۴۱۹	۰/۰۰۰	**۱۵۳/۵۳۰**
سفر تحصیلی	۰/۲۷۹	۰/۰۰۰	۲۷/۲۵۷	۲/۰۲	۰/۰۰۰	۱۱۲/۲۴۵	-۰/۹۲۱	۰/۰۰۰	۴۷/۷۳۸	-۰/۳۴۳	۰/۰۰۴	**۸/۱۳۲**

[26] Dummy Variables
[27] t- student test

ضرایب احتمال تصادف تاکسی نسبت تصادف خودروی شخصی توسط رابطه‌ی(۳) ارائه می‌شود. رابطه‌ی ۳ که برای توضیح و پیش‌بینی احتمال وقوع حادثه ناشی از تصادفات تاکسی (P_2) نسبت به تصادفات خودروی شخصی (P_1) استفاده شده‌است ضرایب متغیرها را به صورت مقایسه‌ی نشان میدهد. در این معادله، ضرایب متغیرها میزان تأثیر آنها بر احتمال وقوع حادثه را نشان می‌دهند. برای تفسیر ضرایب و علایم آنها در این معادله، به شرح زیر می‌توان پرداخت:

$$logit(P_2) = \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$= -4.164 - 0.667x_2 - 2.433x_6 + 0.031x_7 - 0.027x_8 + 1.288x_{3.1} - 0.2x_{4.2} - 0.167x_{4.3} + 3.4x_{5.1} + 0.604x_{5.2} + 1.279x_{5.3}$$

رابطه‌ی(۳)

مقدار ثابت (۴/۱۹۴-) نشان می‌دهد که در شرایط پایه (هنگامی که مقادیر سایر متغیرها صفر باشند) لگاریتم احتمال وقوع حادثه تاکسی نسبت به تصادف با خودروی شخصی برابر با (۴/۱۹۴-) است. ضریب متغیر موقعیت خودرو لحظه برخورد (x_2) با مقدار (۰/۶۶۷-) نشان می‌دهد که وقوع تصادفات تاکسی از قسمت جلو به احتمال کمتری منجر می‌شود. ضریب متغیر جنسیت راننده (x_6) با مقدار (۲/۴۳۳-) بیان می‌کند که جنسیت راننده تأثیر قابل توجهی بر احتمال وقوع حادثه دارد و وقوع حادثه تاکسی برای راننده‌هایی که جنسیت‌شان مرد نمی‌باشد با احتمال کمتری اتفاق می‌افتد. به طور کلی، متغیرهای موقعیت وسیله نقلیه در مسیر حرکت، جنسیت راننده، سن وسیله نقلیه، برخورد از جلو و برخورد از عقب، عواملی هستند که برای احتمال وقوع تصادف در تاکسی نسبت به خودروی شخصی در نظر گرفته می‌شوند. همچنین، سن راننده، انحراف از مسیر، سفرهای شخصی، کاری و تحصیلی، عواملی هستند که احتمال وقوع حادثه با تاکسی نسبت به خودرو را افزایش می‌دهند. با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد باید متغیرها در آزمون t قیمت کمتر از ۰/۰۵ را داشته باشند، بناً لغزیدن، عدم برخورد خودرو و برخورد از راست از جمله متغیرهای اند که در مدل معنا دار نشده‌اند.

همچنان برای مقایسه تصادفات اتوبوس با تصادفات خودروی شخصی در رابطه‌ی (۴) پرداخته شده‌است که P_3 نشان دهنده احتمال تصادف اتوبوس و P_1 نشان دهنده احتما تصادف خودروی شخصی می‌باشد.

$$logit(P_3) = \ln\left(\frac{P_3}{P_1}\right)$$

$$= -5.742 - 1.847x_2 - 1.12x_6 + 0.036x_7 + 0.029x_8 + 1.65x_{3.1} + 1.796x_{4.1} - 0.416x_{4.2} - 1.11x_{4.3} - 0.342x_{4..4} + 4.04x_{5.1} - 0.617x_{5.2} + 2.02x_{5.3}$$

رابطه‌ی (۴)

در این مدل دیده می‌شود که متغیرهای بیشتری معنی دار شده‌اند، از جمله متغیرهای برخورد از عقب، برخورد از جلو، برخورد از راست و چپ از جمله متغیرهای اند که در تصادفات اتوبوس نسبت به تصادفات خودروی شخصی تاثیر گزار بوده‌اند. چنانچه دیده می‌شود علامت متغیر عدم برخورد و سفر کاری مثبت شده‌اند که نشان‌دهنده کاهش احتمال تصادفات در اتوبوس می‌باشد. در نهایت، مدل سوم و چهارم که به ترتیب نشان دهنده‌ی تصادفات موتور و دوچرخه می‌باشد بیشتر متغیرها معنا دار شده‌اند، به این ترتیب دیده می‌شود که سفرهای تحصیلی در این دو مدل تاثیر کاهشی در احتمال تصادفات داشته و متغیر برخورد از راست در مدل چهارم معنادار نشده‌است. با توجه به علایم و ضرایب متغیرها در مدل، می‌توان نتیجه گرفت که

احتمال وقوع تصادفات به ترتیب اولویت، بیشترین سهم را دوچرخه ، موتور، اتوبوس و تاکسی در مقایسه با خودروی شخصی داشته‌اند. برای ارزیابی برازش مدل از شاخص‌های چون Log Likelihood و آزمون کای-مربع که در جدول ۵ نشان داده شده‌است استفاده می‌شود.

	معیارهای تطابق مدل			آزمون Log likelihood		
مدل	AIC	BIC	Log likelihood	آزمون کای-مربع	درجه آزادی	معناداری
اولی	۵۹۰۸۶/۶۶۹	۵۹۵۱۵/۷۶۷	۵۸۹۹۸/۶۶۲	۵۴۳۶۲/۳۲۵	۶۰	۰/۰۰۰
نهایی	۸۰۳۷۵/۰۹	۸۰۹۹۹/۲۳	۸۰۲۴۷/۰۹	۶۵۸۸۳/۲۱	۶۰	۰/۰۰۰

جدول ۵: اطلاعات مربوط به تطبیق مدل

جدول۵، اطلاعاتی درباره معیارهای تطابق مدل و آزمون Log likelihood " مدل اولی " و "نهایی" را ارائه می‌دهد. شاخص AIC[۲۸] معیار تطابق مدل را ارزیابی می‌کند و مدل‌هایی که تعداد پارامتر بیشتری دارند را جریمه می‌کند. مقادیر کمتر AIC به معنای تطابق بهتر مدل با داده‌ها هستند و در عین حال BIC[۲۹] علاوه بر تعداد پارامترها، اندازه‌گیری کننده میزان تطابق مدل با داده‌ها می‌باشد و نیز مقدار بیشتر BIC به معنای تطابق بهتر مدل با داده‌ها در نظر گرفته می‌شود. Log likelihoodنشان می‌دهد که مدل به چه اندازه خوب با داده‌ها هماهنگ است(جیاوی وی و لیاژو، ۲۰۱۰). مقادیر بیشتر به معنای هماهنگی بهتر مدل با داده‌ها هستند که در مقایسه دو مدل، مشخص است که مدل "نهایی" مقادیر AIC، BIC و Log likelihood بیشتر را دارند. این نشان می‌دهد که مدل "نهایی" نسبت به مدل " مدل اولی" با داده‌ها بهتر هماهنگ می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این مطالعه به تحلیل داده‌های تصادفات با استفاده از مدل لوجیت دوجمله‌ی پرداختیم، هدف مدل‌سازی تصادفات انجام شده با تاکسی، اتوبوس، موتور و دوچرخه در مقایسه با تصادفات خودروی شخصی می‌باشد، این مدل به ما این اجازه را می‌دهد تا یکی از انتخاب‌ها را به حیث مرجع در نظر گرفته و بقیه را بر اساس آن مدل کنیم، تا دیده شود هر یک از وسایل نقلیه در مقایسه با خودروی شخصی به چه اندازه احتمال تصادف شان بیشتر است. با استفاده از این مدل مشخص گردید که دوچرخه بیشترین میزان تصادفات را در میان شیوه‌های حمل‌ونقل داشته‌است؛ موتور، اتوبوس و تاکسی شیوه سفرهایی می‌باشند که به‌ترتیب بعد از دوچرخه در مقایسه با خودروی شخصی احتمال تصادف بیشتر را دارند. از ۲۱ متغیر استفاده شده در مدل اولیه، مدل نهایی را با ۱۳ متغیر معنادار بدست آوردیم، ضرایب و معناداری هر متغیر بررسی شده و دیده می‌شود که در مدل اولی ۷ متغیر معنی دار نشده و با در نظر گرفتن بقیه معیارهای تطابق مدل و استفاده از شاخص Log likelihood

28Akaike Information Criterion
[29]Bayesian Information Criterion

عدد۵۸۹۹۸/۶۶۲ را نشان می‌دهد که در مقایسه با مدل دومی که این شاخص عدد ۸۰۲۴۷/۰۹را نشان می‌دهد مقدار کمتری دارد. از نتیجه چنین استنباط می‌شود که مدلی با داشتن Log likelihood بالاتر مدل بهتری می‌باشد، بنا مدل دومی که در جدول ۴ نشان داده شده‌است بهتر از مدل اولی شناخته شده‌است. همچنان در مدل تصادفات تاکسی دیده می‌شود که در مقایسه با خودروی شخصی تصادفات از راست و چپ معنادار نشده اند، از مدل تصادفات اتوبوس جدول ۴ بر می‌آید که هیچگونه تصادفی در اتوبوس‌ها به اثر لغزیدن صورت نگرفته‌است. در مدل تصادفات دوچرخه به وضوح دیده می‌شود که سن تاثیری بر تصادفات دوچرخه ندارد و این متغیر از مدل حذف شده است.

سپاسگزاری

در این بستر، پژوهش حاضر نمایانگر مطالعات و تحقیقات مکثفی است که با همکاری صمیمانه و پشتوانه ارزنده افرادی چون دکتر علی شفاعت، دکتر امیر گل‌رو ، مهندس سید امین نعمتی و بقیه دوستان که به طور مستقیم و غیر مستقیم در تکمیل این پژوهش نقش داشته‌اند. بدون همراهی، همت و انگیزه شما، انجام این پژوهش و نگارش این مقاله واقعا کار مشکلی بود. این مقاله تقدیم می‌گردد بر روح پر فتوح برادر عزیزم که در یکی از تصادفات رانندگی جان خود را از دست داد. به امید اینکه دیگر هیچ کسی قربانی تصادفات جاده‌ای نباشد.

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

Accident Information . (2023). Retrieved from Transport of Greater Manchester : https://tfgm.com/commercial/transport-surveys-research/accident-information

Esmaeel Ayati, E. A. (2011). Investigation on the role of traffic volume in accidents on urban highways. *Journal of safety research, 42*(3), 209-214.

F. Crocco, S. De Marco & D. W. E. Mongelli. (2010). An Integrated Approach For Studying The Safety Of Road Networks: Logistic Regression Models Between Traffic Accident Occurrence And Behavioural, Environmental And Infrastructure Parameters. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 142*, 526-536.

Hanif Ullah, Asim Farooq, Akhtar Ali Shah. (2021). An empirical assessment of factors influencing injury severities of motor vehicle crashes on national highways of Pakistan. *Journal of advanced transportation*, 1-11.

Jiawei Wei, Lan Zhou. (2010). Model selection using modified AIC and BIC in joint modeling of paired functional data. *Statistics & probability letters, 80*(23-24), 1918-1924.

K Lui, D McGee, P Rhodes, D Pollock. (1988). An Application of Conditional Logistic Regression to Study the Effects of Safety Belts, the Principal Impact Points, and Car Weights on Drivers' Fatalities. *J Safety Research, 19*, 197-203.

Konkor, I. (2021). Examining the relationship between transportation mode and the experience of road traffic accident in the upper west region of Ghana. *Case studies on transport policy, 9*(2), 715-722.

Milhan Moomen, Mahdi Rezapour, Khaled Ksaibati. (2019). An Investigation of Influential Factors of Downgrade Truck Crashes: A Logistic Regression Approach. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 6*(2), 185-195.

Mohadeseh Khalili, Alireza Pakgohar. (2013). Logistic Regression Approach in Road Defects. *Journal of emerging technologies in web intelligence, 5*(2), 132-135.

Nikola Krstanoski, Ile Gjorgievski. (2016). Analysis of traffic accident caused by public transport drivers in Skopje. researchgate.

Ömür Kaygisiz, Metin Senbil, Ahmet Yildiz. (2017). Influence of urban built environment on traffic accidents: The case of Eskisehir (Turkey). *Case Studies on Transport Policy*.

Petra M Kuhnert, Kim-Anh Do, Rod McClure. (2000). Combining non-parametric models with logistic regression: an application to motor vehicle injury data. *Computational Statistics & Data Analysis, 34*(3), 371-386.

Shakil Ahmed, Md Akbar Hossain, Sayan Kumar Ray, Md Mafijul Islam Bhuiyan, Saifur Rahman Sabuj. (2023). A study on road accident prediction and contributing factors using explainable machine learning models: analysis and performance. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 19*, 100814.

Simon Washington, Matthew Karlaftis. Fred Mannering, Panagiotis Anastaspoulos. (n.d.). Multinomial Logit Model. In S. Washington, *Statistical and Econometrics Methods for Transportation Data Analysis.* CHAPMAN & HALL/CRC.

Tahera Anjuman, S. H.-E.-R. (2020). Road traffic accident: A leading cause of the global burden of public health injuries and fatalities. *InProc. Int. Conf. Mech. Eng. Dhaka Bangladesh*, (pp. 29-31).

Transport. (2021). Retrieved from find open data: https://www.data.gov.uk/dataset/25170a92-0736-4090-baea-bf6add82d118/gm-road-casualty-accidents-full-stats19-data

William H. Greene, David A. Hensher. (2009). In W. H. Greene, *Modeling Ordered Choices* (pp. 1-278).