



## Investigating the Impact of Driver and Vehicle Characteristics on the Risk of Red-Light Running Crashes

A. Tavakoli Kashani<sup>1,2,\*</sup>, S. Amirifar<sup>1,2</sup>, A. Mirhashemi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> School of Civil Engineering, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Road Safety Research Centre, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

**ABSTRACT:** Red-light running is one of the prevalent sights at signalized intersections that vehicles pass without caring for the light. A red-light runner ventures not only his life but also the safety of other road users. This study aims to identify the driver and vehicle characteristics affecting red-light running crash occurrence risk at signalized intersections of Iran. The study's methodology was based on the quasi-induced exposure concept and logistic regression model for ten independent variables and one binary target variable of "driver status." The statistical population included 12445 red-light running crashes from 2012 to 2016. The results demonstrated that vehicle type, residence, license type, and education level affect drivers' fault status in these crashes. Based on the logistic regression model, truck and emergency vehicles, foreign drivers, and type 2 driving licenses increase the risk of drivers being at fault. However, the academic education level of drivers decreases at-fault risk. Finally, some countermeasures were suggested for reducing the risk of red-light running crashes.

### Review History:

Received: 11/13/2020

Revised: 1/4/2021

Accepted: 2/9/2021

Available Online: 2/15/2021

### Keywords:

Quasi-induced exposure

Logistic regression

risk

Signalized intersections

## 1. INTRODUCTION

Traffic crash fatalities are among the challenges of the current human society that venture human health and impose many economic costs. According to World Health Organization (WHO), traffic incidents have been increasing and reach 1.35 million in 2016 [1]. Traffic injuries are the 8th leading cause of fatalities among different age groups. Moreover, socio-economic costs of crashes in European countries are estimated at ca. 500 billion euros, which constitute 3% of Europe's gross domestic production (GDP) [2]. According to UNICEF, traffic crashes in Iran kill 28000 people and disable more than 300000 annually [3]. Red-light running is one of the most critical traffic safety issues at signalized intersections [4]. Studies show that factors affecting traffic crashes are mainly divided into four groups: human, vehicle, road, and environment [5]. Studying these factors can lead to improving traffic safety and controlling accidents. Driver and vehicle factors have been studied in many countries due to their vital and essential role in red-light running crash occurrence. The current study has been organized in Iran to investigate these two factors (driver and vehicle). Identifying the factors affecting the risk of crashes could help determine appropriate countermeasures for reducing the number of crashes. This study used crash data to examine the effect of driver and vehicle features on the risk of being at-fault or not-at-fault in red-light running crashes.

The literature review's contribution shows that many

\*Corresponding author's email: alitavakoli@iust.ac.ir

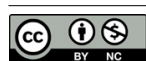
studies have been conducted in countries to analyze the factors affecting red-light running violations, and they have different results. The present study aims to fill the gap in studying driver and vehicle factors on the risk of red-light violations in Iran. Previous studies conducted in this field in Iran were on land use, intersection geometry, and traffic light scheduling. To this aim, the logistic regression model and quasi-induced exposure concept are used.

## 2. METHODOLOGY

This study used quasi induced exposure concept and a logistic regression model.

### 2.1. Quasi-induced exposure

To achieve the study's purpose, the number of accidents and the exposure index in different conditions and separately for drivers' characteristics should be available. Exposure is the number of places and times that are prone to a particular crash occurrence. The quasi-induced exposure concept is based on two assumptions: (1) in two-vehicle crashes, one driver is at fault, and the other is not-at-fault. (2) not-at-fault driver in two-vehicle crashes is a sample of total vehicles in crash time. The main advantage of the quasi-induced exposure is its ability to estimate the exposure for a specific group of drivers and vehicles, which is impossible in other methods such as vehicle kilometers. Involvement Ratio risk is therefore obtained by dividing the percentage of at-fault drivers in a group of drivers to not-at-fault drivers in the same group:



$$IR_j = \frac{F_j}{NF_j} \quad (1)$$

In which  $F_j$  and  $NF_j$  are at-fault and not-at-fault driver frequency in group  $j$ .

## 2.2. Logistic regression model

Logistic regression models are used for examining influential variables in quasi-induced exposure. This model is used when the dependent variable discrete.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Based on quasi-induced exposure concept results, drivers with 76-85 years have the highest risk and decreases in middle-age drivers. Male drivers have more risk of running the red this could be since they are driving more than women. Drivers with "special" license types have more risk than other types. The relative risk of emergency vehicles (ambulance, fire truck, and police car) is a lot more than others that could be due to their emergency usage, which cannot stop at signalized intersections. The relative risk of drivers with self-employed is more than others while drivers who are student have the lowest risk. The reason could be related to their lower kilometer traveled compared with self-employed drivers. Resident drivers have a higher risk than foreign drivers, which could be because of their route familiarity. Moreover, the relative risk of drivers decreases with increasing their driving experience. Expectedly, drivers who use seat belts have a lower risk than others. Drivers' risk rises with decreasing their educational level. Finally, vehicles' risk increases with increasing their age that could be due to their brake system failure while deciding to stop at the red signal.

According to the logistic regression results, the residence variable is statistically significant, and the odds ratio of foreign drivers is 47% more than resident drivers. In other words, foreign drivers' being at fault is 47% more than resident drivers.

In the education variable, the "academic" level of education is statistically significant. With determining "Diploma" education level as a reference category, drivers with "academic" levels are 20% less likely to be at fault. In the license type variable, the "type 2" license is significant,

and with determining "temporary license" as the reference category, the odds ratio of type 2 is 0.78, which means the probability of being at-fault in "type2" license is 30% less than "temporary" type. In-vehicle type variable, the likelihood of being at-fault in "truck" is two times, and for "ambulance," "fire truck," and "police car" is 15 times more than "trailer" as the reference category. The p-value for other variables was more than 0.05, and they were not statistically significant.

## 4. CONCLUSIONS

The current study identified driver and vehicle characteristics in the risk of the red-light running crash using quasi-induced exposure and logistic regression model. The variables related to drivers and vehicles in this study are selected based on available crash data. According to the results, drivers' residence, education level, license type, and vehicle type have a significant role in the risk of running red-light. The relative risk of men is higher than women. Also, 76-85 age group, "special" license type, ambulance, fire truck, and police car, "under diploma" education level, driving experience less than five years, vehicle age more than ten years, and "self-employed" drivers have the highest relative risk. Considering the results, some practical countermeasures like increasing the traffic knowledge of male drivers, separating educational classes according to the education level of drivers with more emphasis on driving violations in lower education levels, special arrangements for ambulances that cannot stop at red traffic signals could help prevent the occurrence of red-light violations.

## REFERENCES

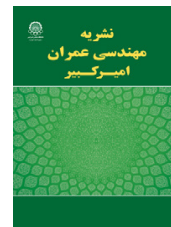
- [1] Global status report on road safety, world health organization, World Health Organization, 2018.
- [2] I.R.A. T.A. Database", International Road and Traffic Accident Database (IRTAD), Road safety annual report, 2018.
- [3] Road Traffic Injuries in Iran and their Prevention, A Worrying Picture.
- [4] FHWA, in, federal highway administration, 2017.
- [5] G. Zhang, Y. Tan, R.-C. Jou, Factors influencing traffic signal violations by car drivers, cyclists, and pedestrians: A case study from Guangdong, China, Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 42 (2016) 205-216.

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

A. Tavakoli Kashani, S. Amirifar, A. Mirhashemi, Investigating the Impact of Driver and Vehicle Characteristics on the Risk of Red-Light Running Crashes, Amirkabir J. Civil Eng., 53(1) (2021) 23-24.

DOI: 10.22060/ceej.2021.19246.7113





## بررسی اثر ویژگی‌های راننده و وسیله نقلیه بر ریسک تصادفات عبور از چراغ قرمز

علی توکلی کاشانی<sup>۱\*</sup>، سعیده امیری فر<sup>۲،۱</sup>، علی میرهاشمی<sup>۲،۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل و نقل جاده ای، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۳

بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷

### کلمات کلیدی:

عبور از چراغ قرمز

مواجهه ی شبه القایی

رگرسیون لوجستیک

ریسک نسبی

تقاطعات چراغ دار

**خلاصه:** عبور از چراغ قرمز یکی از شایع ترین انواع تخلفات در تقاطعات چراغ دار است که در آن وسایل نقلیه بدون توجه به چراغ از تقاطع عبور می کنند و ایمنی خود و سایر کاربران را در معرض خطر قرار می دهند. پژوهش حاضر به بررسی ویژگی های راننده و وسیله نقلیه که در ریسک وقوع تصادفات عبور از چراغ در کشور ایران مؤثر است می پردازد. روش مطالعه بر اساس مفهوم مواجهه شبه القایی و مدل رگرسیون لوجستیک برای ۱۰ متغیر مستقل و یک متغیر وابسته ی دوگانه ی "وضعیت تقصیر راننده" در تصادف می باشد. جامعه ی آماری مورد استفاده شامل ۱۲۴۴۵ تصادف عبور از چراغ قرمز طی سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ می باشد. نتایج نشان داد عوامل نوع وسیله نقلیه، بومی بودن، نوع گواهینامه و تحصیلات راننده بر ریسک مقصر بودن رانندگان در این نوع تصادفات تأثیر می گذارند. بر اساس مدل رگرسیون لوجستیک، وسایل نقلیه کامیون و امدادی، غیربومی بودن رانندگان و گواهینامه ی پایه ۲ موجب افزایش ریسک مقصر بودن می شود، اما تحصیلات دانشگاهی رانندگان ریسک مقصر بودن آنان را کاهش می دهد. در انتها نیز بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه برخی اقدامات پیش گیرانه به منظور کاهش ریسک تصادفات عبور از چراغ پیشنهاد شده است.

### ۱- مقدمه

سوانح ترافیکی و تلفات ناشی از آن یکی از چالش های کنونی جوامع بشری است که سلامت انسان ها را به خطر انداخته و هزینه های زیادی را بر اقتصاد کشورها تحمیل نموده است. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup>، تعداد تلفات سوانح ترافیکی روند رو به رشدی را در پیش گرفته است و در سال ۲۰۱۶ به ۱/۳۵ میلیون نفر رسیده است. مصدومیت ناشی از سوانح ترافیکی هشتمین علت مرگ و میر بین گروه های سنی مختلف می باشد. هم چنین، هزینه های اقتصادی-اجتماعی تصادفات در کشورهای اروپایی در حدود ۵۰۰ میلیارد یورو برآورد شده است که ۳٪ تولید ناخالص اروپا

1 World Health Organization (WHO)

را تشکیل می دهد [۱].

طبق گزارش یونسف<sup>۲</sup>، هرساله تصادفات ترافیکی در ایران جان ۲۸ هزار نفر را می گیرد و بیش از ۳۰۰ هزار نفر را معلول می کند [۲]. عبور از چراغ قرمز یکی از مسائل مهم ایمنی ترافیک در تقاطعات چراغ دار می باشد [۳]. مطالعات انجام شده نشان می دهد عوامل مؤثر بر سوانح ترافیکی عمدتاً به چهار گروه تقسیم بندی می شوند: انسان، وسیله نقلیه، راه و محیط [۴]. مطالعه و بررسی این عوامل می تواند منجر به بهبود سطح ایمنی و کنترل تصادفات گردد. عامل راننده و وسیله نقلیه به دلیل نقش مهم و اساسی آنان در وقوع تصادفات عبور از چراغ قرمز تا کنون در کشورهای بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش پیش رو در زمینه ی بررسی

2 United Nations Emergency Children's Fund (UNICEF)

\* نویسنده عهده دار مکاتبات: alitavakoli@iust.ac.ir



هر تصادف عبور از چراغ دو یا سه سناریوی برخورد دسته بندی کردند سپس با استفاده از مفهوم مواجهه ی شبه القایی، رگرسیون لوجستیک و درخت تصمیم به مقایسه ی ویژگی های آنان با یکدیگر پرداختند. نتایج بیان گر آن بود که سرعت، تعداد خطوط و سن راننده بیش از ۵۰ سال نقش بسزایی در مقصر بودن هریک از انواع تصادفات عبور از چراغ دارد. طبق نتایج این مطالعه، راهکارهای مهندسی برای کاهش تصادفات عبور از چراغ ضروری می باشد. برای طراحی تقاطع یک فاصله ی دید مناسب می تواند به کاهش زمان عکس العمل رانندگان و شناسایی به موقع چراغ راهنمایی کمک کند. هم چنین می توان از علائم هشدار برای اطلاع رسانی از وجود چراغ راهنمایی به رانندگان بخصوص در شرایط جوی نامساعد استفاده نمود [۱۰]. شریفیان و نصیری در مقاله خود در سال ۲۰۱۷ به اثرات نامطلوب عبور از چراغ در ایران اشاره کردند. هم چنین در این مطالعه، از یک دوربین برای جمع آوری داده ی مورد نیاز از تقاطعات برای بررسی اثرات نامطلوب عبور از چراغ در شهر اصفهان استفاده شد. آن ها یک شبکه ی سلولی را به نقاط درگیری وسایل نقلیه در حال گذر از فازهای متوالی اختصاص دادند، زمان رسیدن وسایل نقلیه به این سلول ها اندازه گیری شد و تأخیرهای اعمال شده به جریان سبز (زمانی که در فاز مقابل چراغ سبز است) اندازه گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد رفتار رانندگان در جریان سبز، زمان گذشته از چراغ قرمز و وجود بازه ی تمام قرمز فاکتورهایی مهمی هستند که موجب تأخیر ناشی از تخلف عبور از چراغ می شوند. علاوه براین، ملاحظه شد که در صورت عدم وجود بازه ی تمام قرمز تأخیری در حدود ۱ الی ۴/۵ ثانیه در فاز سبز بعدی رخ می دهد. هم چنین نتایج مطالعه نشان داد هنگامی که به متخلف عبور از چراغ اجازه ی عبور از تقاطع هنگام چراغ سبز داده نمی شود میزان تأخیر افزایش می یابد [۱۱].

بررسی مرور ادبیات نشان می دهد تاکنون مطالعات بسیاری برای تحلیل عوامل مؤثر بر تخلفات عبور از چراغ قرمز در کشورهای مختلف انجام شده است که نتایج مختلفی در هریک از آن ها بدست آمده است. پژوهش حاضر به منظور پر کردن خلا موجود در زمینه مطالعه عامل راننده و وسیله نقلیه بر ریسک تخلف عبور از چراغ قرمز در کشور ایران انجام شده است. زیرا مطالعات پیشین صورت گرفته در این زمینه در کشورمان بر روی تأثیرات کاربری زمین، هندسه ی تقاطعات و زمان بندی چراغ راهنمایی انجام شده است. از مدل رگرسیون لوجستیک و مفهوم مواجهه ی شبه القایی نیز برای

این دو عامل (راننده و وسیله نقلیه) در ایران ساماندهی شده است. شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک وقوع تصادفات می تواند در تعیین اقدامات مناسب برای کاهش تعداد تصادفات مفید باشد. در این پژوهش با استفاده از داده های تصادفات به وقوع پیوسته در ایران، اثر ویژگی های راننده و وسیله نقلیه بر ریسک مقصر یا غیرمقصر بودن در تصادفات عبور از چراغ قرمز مورد مطالعه قرار می گیرد.

از نظر روش تحلیل، تاکنون روش های گوناگونی جهت مدل سازی و تجزیه و تحلیل تصادفات عبور از چراغ قرمز به کار رفته است. به عنوان مثال، جنسوپاکرن و کینت پونگ<sup>۱</sup> با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک دوگانه<sup>۲</sup> فاکتورهای تأثیرگذاری که منجر به افزایش ریسک رفتار عبور از چراغ می گردد را شناسایی کردند. این فاکتورها شامل ویژگی های انسانی، شرایط فیزیکی تقاطع، عملکرد چراغ راهنمایی و شرایط ترافیکی بودند [۵]. هم چنین، یان و همکاران<sup>۳</sup> از مدل رگرسیون لوجستیک چند گانه<sup>۴</sup> و ونگ و همکاران<sup>۵</sup> [۶] از مدل پروبیت دوگانه<sup>۶</sup> استفاده نمودند. بعضی از مطالعات مانند المیتینی و همکاران<sup>۷</sup> [۷] دو مدل را با یکدیگر مقایسه کرده اند. برخی دیگر نیز از روش هایی مانند معادلات ساختاری تصمیم یافته<sup>۸</sup> یا حداقل مربعات ماشین بردار<sup>۹</sup> برای تحلیل تصادفات عبور از چراغ و مدل سازی این نوع از تصادفات استفاده کرده اند مانند مطالعات لی و همکاران<sup>۱۰</sup> [۸] و پارک و پاگ<sup>۱۱</sup> که به بررسی تأثیر تلفن همراه بر ریسک تصادفات عبور از چراغ پرداختند و اثرات طول مدت چراغ زرد، سرعت نزدیک شدن وسایل نقلیه، بیش ترین نرخ شتاب، عرض تقاطع، طول متوسط وسیله نقلیه و زمان عکس العمل راننده را نیز بر وقوع این نوع تصادفات بررسی کردند. در انتها نویسندگان پیشنهاد دادند مهندسان ترافیک یک سیستم هشداردهنده پیش از وقوع تصادف یا قبل از رسیدن به تقاطع برای سهولت تصمیم گیری رانندگان ابداع نمایند [۹]. ژنگ و همکاران<sup>۱۲</sup> در مطالعه ی خود در سال ۲۰۱۸ بوسیله ی پایگاه داده ی GES سه نوع عمده از تصادفات عبور از چراغ را شناسایی و برای

- 1 Jensupakarn, and Kanitpong
- 2 Binomial Logistic Regression Model
- 3 Yan et al.
- 4 Multiple logistic regression model
- 5 Wang et al.
- 6 Binary probit model
- 7 Elminity et al.
- 8 Generalized estimating equations
- 9 Least squares support vector machines
- 10 Li et al.
- 11 Park and pugh
- 12 Zhang et al.

دستیابی به هدف تحقیق استفاده خواهد شد.

اند. مفهوم مواجهه شبه‌القایی یکی از روش‌هایی است که در مطالعات مربوط به حوزه ی ایمنی مورد استفاده قرار گرفته است. مواجهه شبه‌القایی بر پایه دو فرض اساسی استوار است: ۱- در تصادفات دو وسیله‌ای همواره یکی از رانندگان مقصر و دیگری غیرمقصر است؛ ۲- راننده غیرمقصر در تصادف دو وسیله‌ای نمونه تصادفی از کل وسایل نقلیه و رانندگان حاضر در راه در زمان وقوع تصادف است. اولین فرض بیان گر لزوم استفاده از تصادفات دو وسیله‌ای با یک راننده مقصر و یک راننده غیرمقصر می باشد و فرض دوم نیز بیان می کند معیار مواجهه در این روش رانندگان غیرمقصر می باشد. لازم به ذکر است رانندگان مقصر کسانی هستند که بیش ترین تقصیر را در وقوع تصادفات دارند و رانندگان غیرمقصر آسیب دیدگان تصادفات هستند. بنابراین، مزیت عمده روش مواجهه شبه‌القایی توانایی آن برای برآورد مواجهه برای گروه خاصی از رانندگان و وسایل نقلیه است که این امکان در دیگر روش‌ها مانند وسیله‌کیلومتر پیموده شده به سادگی امکان‌پذیر نیست. بنابراین می توان با تقسیم درصد رانندگان مقصر در یک زیرگروه به درصد رانندگان غیرمقصر در همان زیرگروه، ریسک درگیری نسبی<sup>۳</sup> (ریسک نسبی) را به عنوان معیاری برای علت وقوع تصادفات بدست آورد.

$$IR_j = \frac{F_j}{NF_j} \quad (1)$$

که در آن،  $F_j$  و  $NF_j$  به ترتیب، فراوانی افراد مقصر و غیرمقصر درگیر در تصادف در دسته  $j$  است. از آن جایی که ریسک نسبی بدست آمده برای متغیرهای مؤثر در روش مواجهه شبه‌القایی را نمی‌توان از نظر سطح معناداری آماری آزمود، جهت نشان دادن معناداری متغیرها، نیاز به آزمودن آن با روش‌های آماری مانند یک مدل آماری (مانند رگرسیون لجستیک) است. مدل آماری علاوه بر اینکه درستی نتایج را بررسی می‌کند، داده‌ها را نیز خلاصه کرده و اثر هر متغیر بر دیگر متغیرها را نشان می‌دهد.

## ۲-۲- مدل رگرسیون لجستیک

همان‌طور که اشاره شد، مدل‌های رگرسیون لجستیک جهت بررسی معناداری متغیرهایی استفاده می‌شوند که در روش مواجهه

در ادامه، به مروری بر مفهوم مواجهه ی شبه‌القایی و مدل رگرسیون لجستیک پرداخته خواهد شد سپس به روش جمع‌آوری داده و ساخت مدل اشاره خواهد شد و در نهایت متغیرهای معنادار تعیین و بحث خواهند شد.

## ۲- روش تحقیق

در این مطالعه از مفهوم مواجهه ی شبه‌القایی و مدل رگرسیون لجستیک به منظور بررسی داده‌های تصادفات و تحلیل ریسک عوامل مؤثر استفاده شده است که به تفصیل توضیح داده خواهند شد:

### ۲-۱- مواجهه ی شبه‌القایی

برای رسیدن به هدف این مطالعه که بررسی اثر عوامل مختلف بر ریسک تصادفات ناشی از عبور از چراغ قرمز است، باید تعداد تصادفات و شاخص مواجهه<sup>۱</sup> در شرایط مختلف و به تفکیک مشخصات رانندگان موجود باشد. مواجهه مفهومی است که تا کنون استفاده ی فراوانی در مطالعات ایمنی ترافیک داشته است. برخی مواجهه را تکرار رخدادهای ترافیکی تعریف کرده اند که منجر به وقوع تصادف می شود. برخی نیز مواجهه را بعنوان معیاری برای شرایط وقوع تصادف بیان نموده اند [۱۲]. بر اساس تعاریف ارائه شده، می توان نتیجه گرفت که بطور کلی، مواجهه شماری از مکان‌ها و زمان‌های مستعد برای رخ دادن نوع خاصی از تصادفات است. ریسک تصادف نسبتی از تعداد تصادفات به شاخصی از مواجهه است [۱۳]. داده‌های تعداد تصادفات در گزارشات پلیس موجود می باشد، اما مشکل عمده در بررسی ریسک تصادفات تعیین شاخص مواجهه است. این مشکل به خصوص زمانی که قصد داشته باشیم ریسک تصادف را برای گروه خاصی از رانندگان و یا شرایط محیطی خاصی تعیین کنیم، بیشتر نمایان می‌شود. به عنوان مثال اگر از شاخص وسیله کیلومتر پیموده شده<sup>۲</sup> جهت بررسی اثر سن راننده در وقوع تصادف استفاده کنیم، باید علاوه بر اطلاعات حجم ترافیک، اطلاعات مسافت پیموده شده برای گروه‌های مختلف سنی رانندگان نیز در اختیار داشته باشیم، که در عمل دسترسی به چنین داده‌هایی بسیار مشکل خواهد بود. به این جهت محققان همواره سعی در شناسایی راه‌حلی جهت رفع این مشکل داشته

1 Exposure

2 Vehicle Kilometers Traveled

3 Involvement Ratio Risk (IR)

اساس فرمول (۵) و از طریق تقسیم دو بخت بر همدیگر محاسبه می‌شود:

$$OR = \frac{\frac{1}{P_1}}{\frac{1}{P_0}} = \frac{P_0}{P_1} \quad (5)$$

که در آن  $P_1$  برابر احتمال وقوع یک پیامد با فرض عضویت در گروه اول و  $P_0$  احتمال وقوع یک پیامد با فرض عضویت در گروه دوم است. در مدل‌های رگرسیون لجستیک نسبت بخت‌ها برای هر متغیر برابر  $Exp(\beta_i)$  است. پس از محاسبه نسبت بخت‌ها سه حالت مختلف ممکن است رخ دهد:

- ۱- هرگاه نسبت بخت‌ها بزرگ‌تر از عدد ۱ باشد، تغییر متغیرهای مستقل و وابسته مثبت و هم‌جهت است. یعنی با افزایش مقدار متغیر مستقل، مقدار متغیر وابسته نیز افزایش می‌یابد.
- ۲- هرگاه نسبت بخت‌ها کوچک‌تر از عدد ۱ باشد، تغییر متغیرهای مستقل و وابسته منفی و در جهت خلاف هم است. یعنی با افزایش مقدار متغیر مستقل، مقدار متغیر وابسته کاهش می‌یابد.
- ۳- هرگاه نسبت بخت‌ها برابر ۱ باشد، متغیر مستقل تأثیر معناداری بر متغیر وابسته ندارد.

در مدل رگرسیون لجستیک از روش حداکثر درست‌نمایی<sup>۲</sup> (ML) جهت برآورد تابعی که بیش‌ترین توانایی در پیش‌بینی احتمال متغیر وابسته بر اساس متغیرهای مستقل را داشته باشد، استفاده می‌شود. هم‌چنین، از ضرایب تعیین‌پزودو جهت نشان دادن این که متغیرهای مستقل تا چه میزان توانسته‌اند واریانس متغیر وابسته را تبیین کنند، استفاده می‌شود. تعداد ضرایب تعیین‌پزودو بسیار زیاد است، اما دو ضریب شناخته شده‌تر از بین آن‌ها ضریب تعیین کاکس و نل<sup>۳</sup> و ضریب تعیین نیجل کرک<sup>۴</sup> می‌باشند. ضریب کاکس و نل مطابق رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$R_{C\&C}^2 = 1 - EXP\left(-\frac{2}{N}(LL(B) - LL(0))\right) \quad (6)$$

که در این رابطه  $N$  برابر حجم نمونه،  $LL(B)$  برابر لگاریتم حداکثر درست‌نمایی برای مدل و  $LL(0)$  برابر لگاریتم درست‌نمایی

شبه القایی مؤثر شناخته شده‌اند. این مدل زمانی قابل‌استفاده می‌باشد که متغیر وابسته دارای مقادیر گسسته باشد. احتمال رخداد یکی از حالت‌ها در صورتی که متغیر وابسته تنها دو حالت داشته باشد مطابق معادله (۲) بدست می‌آید.

$$prob(event) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2)$$

که در این حالت  $Z$  ترکیب خطی می‌باشد از متغیرهای مورد بررسی مطابق معادله (۳) است.

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_NX_N \quad (3)$$

که در آن  $B_N$  ضرایب مدل که از روش حداکثر درست‌نمایی<sup>۱</sup> بدست می‌آیند و  $X_N$  متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل هستند. در مدل‌های رگرسیون لجستیک، آماره والد معنی‌دار بودن حضور هر متغیر مستقل در معادله را نشان می‌دهد. مقدار آماره والد از فرمول (۴) محاسبه می‌شود:

$$wald(x_i) = \left[ \frac{\beta_i}{S.E.\beta_i} \right]^2 \quad (4)$$

که در آن  $\beta_i$  ضریب متغیر  $x_i$  و  $S.E.$  خطای استاندارد آن است. در واقع آماره والد، فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب رگرسیون ( $\beta$ )ها) برای یک متغیر مستقل در مدل را می‌آزماید. در صورت رد این فرض در سطح اطمینان مورد نظر ( $0.05 > sig$ )، می‌توان گفت حضور متغیر مستقل مورد نظر در مدل معنادار است. هم‌چنین، در رگرسیون لجستیک، جهت تعیین میزان تأثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، از آماره‌ای به نام نسبت شانس ( $OR$ ) استفاده می‌شود. نسبت شانس، در واقع نسبت دو بخت به یک دیگر است و به معنای نسبت احتمال وقوع یک پیامد با فرض عضویت در گروه اول به احتمال وقوع آن پیامد با فرض عضویت در گروه دوم می‌باشد. به عبارتی، نسبت شانس نشان‌دهنده یک واحد تغییر در بخت‌های وقوع یک پیامد به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل است. از این رو، نسبت شانس را می‌توان معادل  $\beta$  در رگرسیون خطی دانست که بر

2 Maximum Likelihood (ML)

3 Cox & Snell R Square

4 Nagelkerke R Square

1 Maximum-likelihood method



جدول ۱. ارزیابی طبقه بندی مدل

Table 1. Classification table of the model

مشاهده شده	پیش‌بینی شده	
	مثبت	منفی
مثبت	TP	FP
منفی	FN	TN

(۸) و (۹) بدست می‌آیند. مساحت زیر منحنی ROC که همواره مقداری بین ۰/۵ و ۱ دارد، معیاری مناسب جهت ارزیابی مدل در طبقه‌بندی نمونه‌ها است.

$$TPR = \frac{TP}{P} \quad (۸)$$

$$FPR = \frac{FP}{N} \quad (۹)$$

در مطالعه‌ی حاضر، باتوجه به اینکه متغیر وابسته دوگانه و اسمی می‌باشد (نوع تقصیر راننده)، از مدل رگرسیون لجستیک برای بررسی معناداری متغیرهای مؤثر استفاده شده است. متغیرهای مستقل نیز عبارتند از سن راننده، جنسیت، بومی بودن، استفاده از کمربند ایمنی، میزان تحصیلات، شغل، میزان تجربه رانندگی، نوع گواهینامه، نوع وسیله نقلیه و سن وسیله نقلیه.

### ۳- داده‌های تصادفات

داده‌های این مطالعه مربوط به گزارشات تصادفات ترافیکی ۵ ساله، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در ایران می‌باشد. داده‌ها از فرم گزارشات پلیس ایران که با نام کام ۱۱۴ شناخته می‌شود استخراج شده است. این فرم دارای اطلاعات کاملی از تصادفات شامل مشخصات راننده و وسیله نقلیه مانند سن، جنسیت، نوع گواهینامه، نوع تقصیر و نوع کاربری وسیله نقلیه، مشخصات تصادف مانند زمان تصادف و نوع برخورد، مشخصات سرنشینان مصدوم و متوفی مانند جنسیت، سن، محل صدمه دیده و وضعیت کمربند ایمنی و مشخصات عابرین پیاده حاضر در تصادفات مانند جنسیت، سن، تحصیلات و شغل است. داده‌ها در چهار جدول جداگانه با نام‌های مشخصات راننده-وسیله نقلیه، مشخصات تصادف، مشخصات سرنشین و تصادف با عابر است. به منظور کاهش خطا در داده‌ها جهت انتخاب تصادفات دو

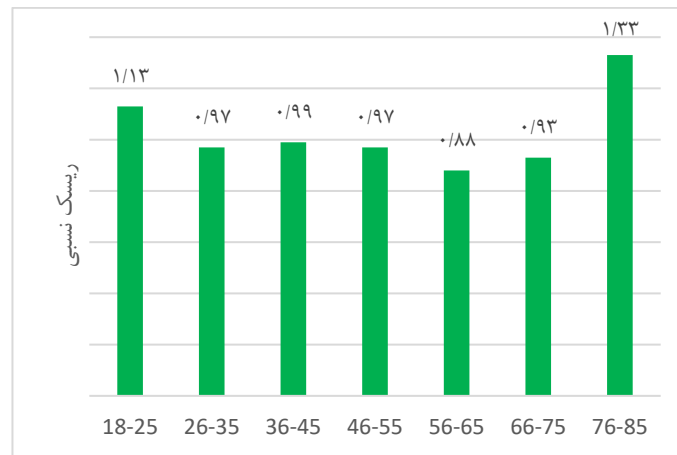
در حالت فرض صفر (همه ضرایب مدل برابر صفر) می‌باشد. حداکثر مقدار این ضریب کوچکتر از یک است و قضاوت قطعی با توجه به این ضریب نمی‌توان انجام داد. به این جهت ضریب تعیین نیجل کرک معرفی شد، که در واقع اصلاح شده این ضریب بوده و مقدار آن بین صفر و یک تغییر می‌کند.

ضریب تعیین نیجل کرک مطابقت رابطه (۷) می‌باشد که مقادیر آن بین صفر و یک تغییر می‌کند:

$$R_N^2 = \frac{R_{C\&S}^2}{1 - \text{EXP}\left(2(N^{-1})LL(0)\right)} \quad (۷)$$

که در این رابطه  $R_{C\&S}^2$  ضریب کاکس و نل،  $N$  برابر حجم نمونه و  $LL(0)$  برابر لگاریتم درست‌نمایی در حالت فرض صفر (همه ضرایب مدل برابر صفر) می‌باشد.

یکی از معتبرترین روش‌های ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک استفاده از منحنی ROC می‌باشد. در صورتی که هدف مدل تقسیم‌بندی متغیر وابسته در دو سطح به طور مثال مثبت و منفی باشد، مدل بر اساس احتمال پیش‌بینی شده برای هر نمونه و نقطه برش تعیین شده، نمونه‌ها را در این دو گروه طبقه‌بندی می‌کند. در این حالت ممکن است چهار وضعیت پیش‌آید که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. در جدول  $TP$  برابر تعداد نمونه‌های مثبت و  $TN$  برابر تعداد نمونه‌های منفی است که توسط مدل به درستی پیش‌بینی شده‌اند،  $FP$  برابر تعداد نمونه‌های مثبت و  $FN$  برابر تعداد نمونه‌های منفی است که به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند. نمودار ROC نموداری دوبعدی است که در آن محور افقی برابر  $FPR$  (نسبت نمونه‌های مثبت اشتباه طبقه‌بندی شده) و محور عمودی برابر  $TPR$  (نسبت نمونه‌های مثبت درست طبقه‌بندی شده) می‌باشد و مطابق روابط



شکل ۱. ریسک نسبی تصادف بر اساس گروه سنی رانندگان  
 Fig. 1. Relative risk of accidents based on drivers' age group

نتایج مطالعات نشان می دهد ریسک نسبی گروه های سنی رانندگان بصورت U شکل تغییر می کند. بطوری که رانندگان با سن کم و زیاد بیش ترین ریسک را دارند. مطالعه ی استاماتیادیس بیان می کند که ریسک نسبی U شکل گروه سنی رانندگان بیان گر ایمنی نسبی رانندگان میان سال می باشد. رانندگان جوان به دلیل عواملی از قبیل تجربه ی رانندگی کم، ریسک پذیری بالا و سایر عوامل شناختی و نوع رانندگی آنان بخصوص در شب عملکرد ضعیفی دارند. رانندگان مسن نیز به علت ضعف فیزیکی و شناختی و پرهیز از رانندگی در شرایط نیازمند عملکرد بالا نسبت به رانندگان میان سال عملکرد ضعیفی دارند [۱۵]. مطالعات هوانگ و ژنگ نیز با تایید نتایج فوق بیان نمودند کم بودن ریسک رانندگان میان سال می تواند به علت شرایط فیزیکی بهتر آنان، تجربه ی رانندگی و آشنایی بیش تر با عملکردهای ترافیکی در تقاطعات چراغ دار باشد. هم چنین، رانندگان مسن شرایط فیزیکی ضعیفی دارند و توانایی درک و عکس العمل شان پایین تر است [۱۶] و [۱۰]. بنابراین، ریسک عبور از چراغ قرمز در گروه های مختلف متفاوت است و نتایج بدست آمده با مطالعات پیشین سازگار است.

ویژگی مهم دیگری از رانندگان که بر رفتار رانندگی و تصادفات ناشی از آن تأثیرگذار است متغیر جنسیت است. با توجه به شکل ۲ ریسک نسبی رانندگان مرد بیش تر از زنان می باشد.

بررسی متغیر جنسیت در مطالعات مختلف نیز نشان می دهد رانندگان مرد بیش تر از زنان مرتکب تخلفات عبور از چراغ قرمز می شوند. یکی از دلایل محتمل می تواند به علت آن باشد که رانندگان مرد در مقایسه با رانندگان زن مقدار کیلومتر از بیش تری

وسایله ای ابتدا از جدول مشخصات تصادف تنها تصادفاتی که علت تامه ی آن ها عبور از چراغ قرمز (نقض ماده ۱۰۱ آیین نامه راهور) بوده است، انتخاب شده سپس بعد از مرتبط کردن این جدول با جدول مشخصات راننده-وسایله نقلیه، جهت بکارگیری روش مواجهه شبه القایی تنها تصادفاتی که در آن مشخصات دو راننده غیر یکسان ثبت شده است، انتخاب گردید. جهت اصلاح سن راننده ها، سنین بین ۱۸ تا ۸۵ سال انتخاب شدند و بقیه سنین به دلیل غیرموجه بودن حذف گردیدند. هم چنین، تقسیم بندی سنین رانندگان بر اساس مطالعات پیشین صورت گرفت [۱۴]. تصادفاتی که در آن ها یکی از رانندگان از مشروبات الکلی استفاده کرده بود نیز از تحلیل حذف شدند. در نهایت، با انجام تمام اصلاحات بر روی داده ها تعداد ۲۴۸۹۰ وسیله نقلیه درگیر در تصادف جهت تحلیل انتخاب شده اند.

لازم به ذکر است که در این مطالعه متغیر وابسته وضعیت تقصیر رانندگان می باشد. رانندگانی که عبور از چراغ آن ها منجر به حادثه شده است "مقصر" و در غیر این صورت "غیرمقصر" شناخته شده اند.

#### ۴- نتایج و بحث

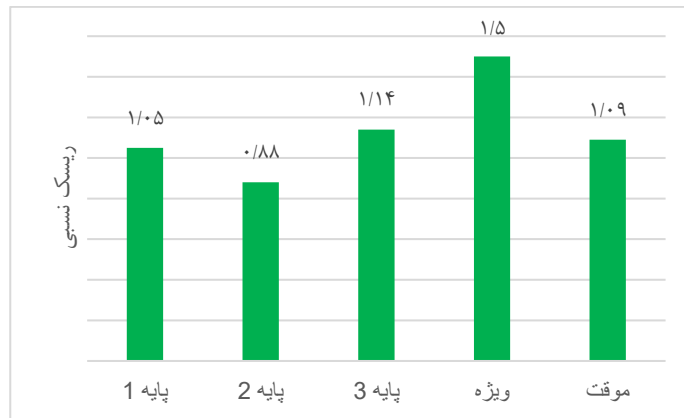
در این بخش، ابتدا نمودارهای ریسک بدست آمده از روش مواجهه شبه القایی برای دسته های هر متغیر آورده شده است که با نتایج مطالعات پیشین مقایسه شده اند. سپس، نتایج مدل رگرسیون لوجستیک ارائه شده است.

بر اساس شکل ۱، در تصادفات عبور از چراغ قرمز، رانندگان ۷۶-۸۵ سال و سپس رانندگان ۱۸-۲۵ مقدار ریسک بالایی دارند.





شکل ۲. ریسک نسبی تصادف بر اساس جنسیت رانندگان  
Fig. 2. Relative risk of accidents based on drivers' gender



شکل ۳. ریسک نسبی تصادف بر اساس نوع گواهینامه رانندگان  
Fig. 3. Relative risk of accidents based on drivers' license type

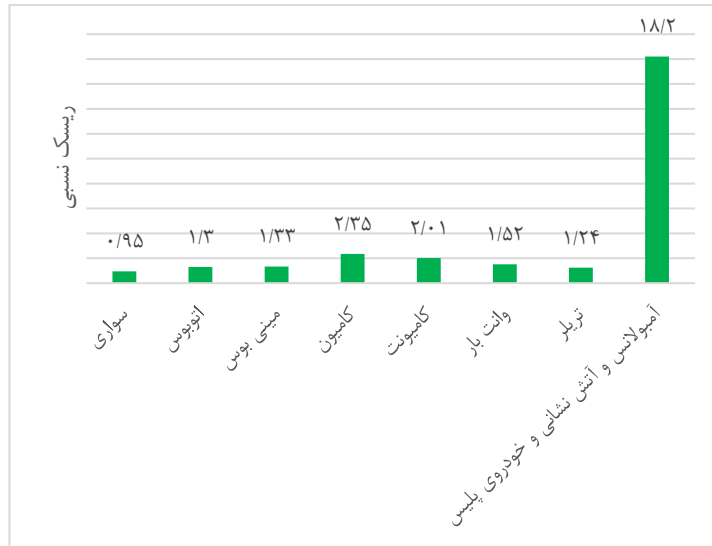
کمترین میزان ریسک را دارند. بعد از گواهینامه ی ویژه، بالاترین ریسک مربوط به دارندگان گواهینامه پایه ۳ می باشد که اغلب رانندگان خودروهای سواری هستند. سپس دارندگان گواهینامه موقت بیشترین ریسک را دارند. گواهینامه موقت مربوط به رانندگانی است که به تازگی گواهینامه اخذ نموده اند و تجربه و مهارت کافی در رانندگی را ندارند.

با توجه به شکل ۴، ریسک نسبی وسایل نقلیه آمبولانس و آتش نشانی بسیار بیش تر از سایر گروه ها است. این می تواند به دلیل شرایط عملکرد اضطراری و عدم توقف آنان در تقاطعات باشد. پس از آن نیز کامیون و کامیونت بیشترین ریسک را دارند. هم چنین مقدار ریسک نسبی خودروهای سواری کم تر از تمامی وسایل نقلیه می باشد. مطالعه ی العمری<sup>۱</sup> بیان کرد رانندگان کامیون بیشترین ریسک

رانندگی می کنند [۱۰]. هم چنین، رفتار رانندگی مردان و زنان به وضوح متفاوت از هم می باشد. عکس العمل ناگهانی مردان هنگام وقوع رخداد، عصبانیت آنان و تمایل شان برای ثابت نمودن مهارت در رانندگی منجر به وقوع چنین تصادفاتی می شود. بطوری که مقدار جریمه شدن رانندگان مرد و تمایل آنان به تخلفات ترافیکی بیش از زنان می باشد. بنظر می رسد این نتیجه به علت رفتار رانندگی پرخطر مردان می باشد [۱۷]. نتایج پژوهش هوانگ و چین بیان کرد ۹۳/۵ درصد از مواجهه ی تصادفات در تقاطعات مربوط به رانندگان مرد می باشد که این ممکن است به دلیل رانندگی بیش تر مردان در مقایسه با زنان باشد [۱۶].

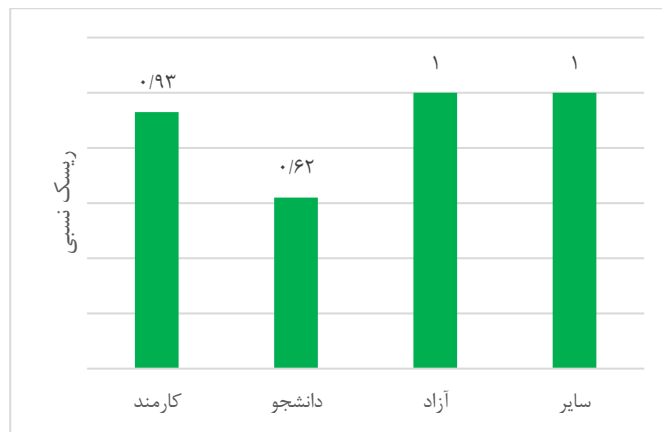
در شکل ۳، افراد دارای گواهینامه از نوع ویژه که مربوط به رانندگی با ادوات کشاورزی، عمرانی و کارگاهی می باشد بالاترین ریسک را به خود اختصاص داده اند و دارندگان گواهینامه پایه ۲

1 Al-omari



شکل ۴. ریسک نسبی تصادف بر اساس وسیله نقلیه

Fig. 4. Relative risk of accidents based on drivers' vehicle type



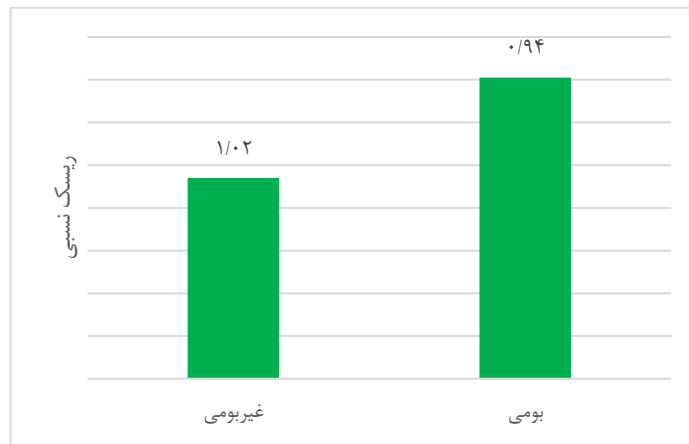
شکل ۵. ریسک نسبی تصادف بر اساس شغل راننده

Fig. 5. Relative risk of accidents based on drivers' occupation

که بالا بودن ریسک کامیون و کامیونت ها ممکن است به دلیل حمل بار سنگین، توانایی ترمزگیری ضعیف و فشارکاری آنان باشد [۲۰]. در شکل ۵، ریسک نسبی رانندگان به تفکیک شغل نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود، ریسک نسبی رانندگان با شغل آزاد و سایر با یکدیگر برابر و بیش از سایر مشاغل می باشد. هم چنین، رانندگانی که دانشجو هستند کم ترین مقدار ریسک نسبی را دارند. نکته قابل توجه آن است که شغل رانندگان می تواند با میزان کیلومترهای طی شده توسط آنان مرتبط باشد. بطوری که رانندگان با مشاغل آزاد و کارمند عموماً نسبت به افرادی که دانشجو هستند روزانه کیلومترهای بیشتری را در سفرهای کاری طی می کنند که می تواند در ریسک نسبی آنان تأثیرگذار باشد.

تخلف عبور از چراغ را داشته اند (۱۸/۲٪) و پس از آن خودروهای شخصی (۱۲/۹٪) و اتوبوس (۶/۹٪) قرار دارند [۱۸]. ژنگ<sup>۱</sup> در مطالعه ی خود وسایل نقلیه را به چهار دسته ی سواری، خودروی سبک، خودروی سنگین و سایر طبقه بندی نمود و اذعان کرد وسایل نقلیه ی سنگین به علت ساختار پیچیده و نیاز به عملکرد سریع معمولاً نیاز به فاصله ی توقف طولانی تری دارند که می تواند منجر به ترغیب راننده به عبور از چراغ بجای توقف شود [۱۰]. به علاوه، نیاز به زمان طولانی وسایل سنگین به شتاب گرفتن پس از توقف نیز می تواند منجر به عبور از چراغ این دسته شود [۱۹]. مطالعه ی واشبورن نیز در بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات عبور از چراغ بیان کرد

1 Zhang



شکل ۶. ریسک نسبی تصادف بر اساس بومی بودن رانندگان

Fig. 6. Relative risk of accidents based on drivers' residence

و [۲۸] بیان کردند رانندگان آشنا به مسیر و بومی کم تر مستعد تخلفات ترافیکی هستند و رانندگان غیربومی بیش تر مرتکب تخلفات خواهند بود. یان و همکاران<sup>۲</sup> در مطالعه ی خود برای بررسی تصادفات عبور از چراغ قرمز بومی بودن رانندگان را نیز در نظر گرفتند و نتایج نشان داد با کاهش میزان آشنایی رانندگان با محیط، احتمال مرتکب شدن آنان به تخلف عبور از چراغ افزایش می یابد [۲۹].

مقایسه ی ریسک نسبی رانندگان با توجه به تجربه ی رانندگی آنان در شکل ۷ نشان می دهد با کاهش تجربه ی رانندگی ریسک تخلف رانندگان افزایش می یابد. این نتیجه می تواند به دلیل آن باشد که رانندگان کم تجربه تر معمولاً با سرعت بالاتری رانندگی می کنند و اغلب از گوشه ی همراه در حین رانندگی استفاده می کنند. شواهد نشان می دهد بطور کلی، رانندگان باتجربه در موقعیت یکسان با رانندگان کم تجربه، محتاط تر عمل می کنند. مطالعاتی مانند مطالعه ی لیو و همکاران<sup>۳</sup> بیان کرده اند رانندگان با تجربه بیش تر مستعد مرتکب شدن به تخلفات ترافیکی از قبیل عبور از چراغ قرمز یا تندرانی هستند [۱۷]. در مقابل، مطالعاتی مانند مطالعه ی مارتینز رویزا و همکاران<sup>۴</sup> نتیجه گرفتند که تجربه ی رانندگی دارای رابطه ی معکوس با ریسک تصادف می باشد. که به دلیل عدم آشنایی کافی با قوانین ترافیکی و عدم درک کافی از ریسک تصادف می باشد [۳۰]. شکل ۸ به بررسی ریسک نسبی تصادفات عبور از چراغ قرمز با در نظر گرفتن متغیر کمربند یمنی می پردازد

نتایج پژوهش جنسوپاکارن نشان داد رانندگانی که شغل شان کارمند یا آزاد است نسبت به سایر مشاغل تمایل بیش تری به عبور از چراغ قرمز دارند [۵]. ژنگ و همکاران در مطالعه ی خود مشاغل رانندگان را در ۵ دسته ی "کشاورز"، "کارمند"، "کارگران مهاجر"، "مدیر" و "سایر" طبقه بندی نمودند و نتایج نشان داد شغل راننده در عبور از چراغ قرمز موتورسیکلت سواران تأثیر معناداری دارد، بطوری که کارگران مهاجر و کارمندان بیش ترین ریسک عبور از چراغ را داشتند [۴].

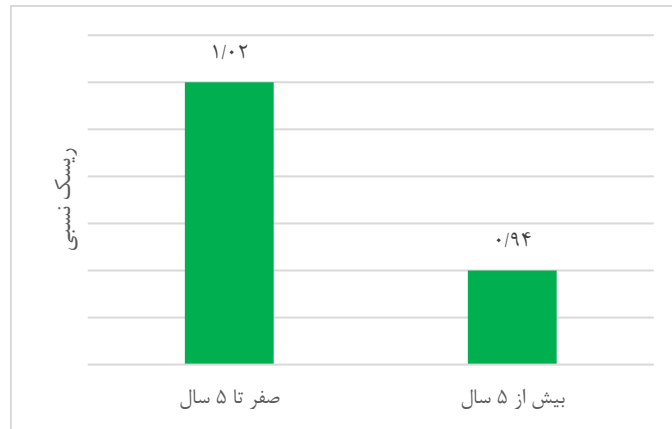
شکل ۶ تأثیر بومی بودن راننده را بر عبور از چراغ قرمز نشان می دهد. مطابق این شکل، رانندگان غیربومی بیش از رانندگان بومی دچار تخلف عبور از چراغ قرمز می شوند و ریسک بالاتری دارند. رانندگان بومی با محیط آشنا هستند. آشنا بودن راننده نیاز به توجه کم تری دارد (مسیر یابی مکان های آشنا). ناآشنا بودن نیز با هوشیاری راننده در ارتباط است که نیازمند توجه بسیار به یافتن مکان های ناآشنا دارد (رانندگی برای اولین بار، جهت یابی در محیط های ناآشنا یا انجام مانورهای نادرست). این تفاوت بین رانندگان بومی و غیربومی "فرآیند آشنایی"<sup>۱</sup> نامیده می شود که طی آن رانندگان ناآشنا با محیط آشنا می شوند [۲۱]. رابطه ی بین بومی بودن و تأثیر آن بر ایمنی ترافیک در مطالعات پیشین بررسی شده است. نتایج بدست آمده از مطالعات در دو دسته قرار می گیرند. برخی مطالعات مانند [۲۲]، [۲۳] و [۲۴] دریافتند بومی بودن رانندگان منجر به افزایش رفتارهای پرخطر آنان و افزایش ریسک وقوع تصادفات می شود. از طرفی، مطالعاتی مانند [۲۵]، [۲۶]، [۲۷]

2 Yan et al.

3 Liew et al.

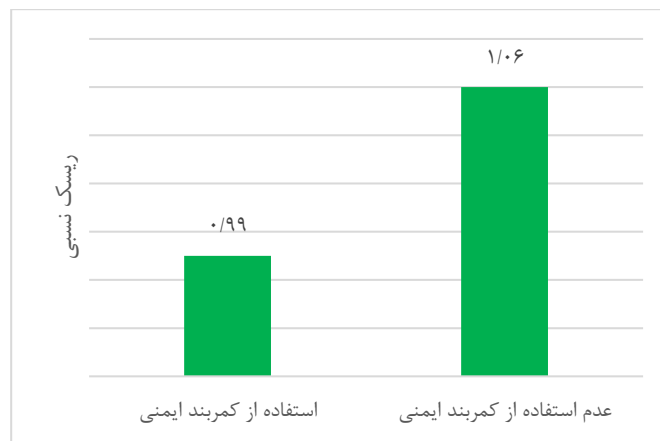
4 Martinez-Ruiza et al.

1 Habituation process



شکل ۷. ریسک نسبی تصادف بر اساس تجربه ی رانندگی

Fig. 7. Relative risk of accidents based on drivers' experience



شکل ۸. ریسک نسبی تصادف بر اساس استفاده از کمربند ایمنی

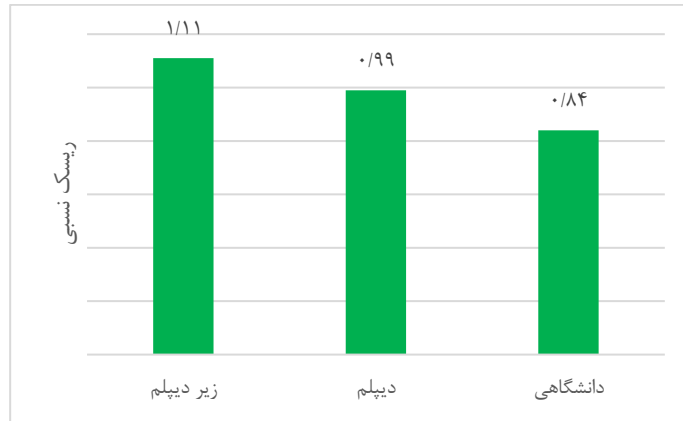
Fig. 8. Relative risk of accidents based on using seatbelt

مطابق شکل ۹، با افزایش تحصیلات رانندگان، میزان ریسک آنان کاهش می یابد. این نتیجه با مطالعه ی انجام شده توسط حیدری و خسری مطابقت دارد که بیان می کند تحصیلات، شغل، طبقه ی اجتماعی و بسیاری موارد دیگر می تواند نشان دهنده ی موقعیت اجتماعی افراد باشد. افرادی که دارای موقعیت اجتماعی بالاتری هستند، احساس هم نوایی بیش تری نسبت به قوانین اجتماعی جامعه دارند و در واقع رانندگی را هم بخشی از زندگی خود دانسته، به طوری که رعایت حقوق اجتماعی را نیز در هنگام رانندگی یا هر فعالیتی در حوزه ی ترافیک تسری می دهند و با چنین نگرشی کم تر دچار ناهنجاری رفتاری از جمله نادیده گرفتن قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی می شوند [۳۲]. سازمان بهداشت جهانی نیز در گزارش خود بیان می کند طبق شواهد، هرچه سطح تحصیلات راننده کاهش یابد شانس درگیری در تصادفات ترافیکی افزایش می یابد [۳۳].

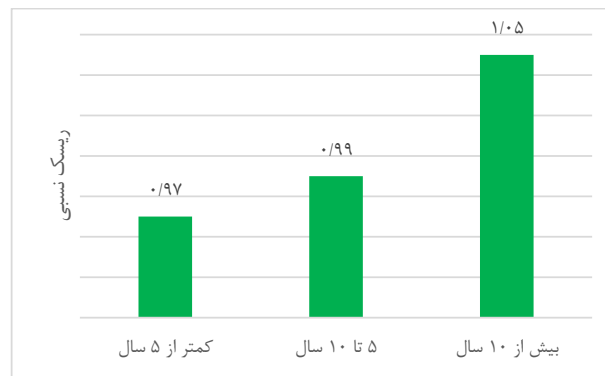
که مطابق با آن رانندگانی که از کمربند ایمنی استفاده نمی کنند ریسک تصادف بیش تری دارند. استفاده از کمربند ایمنی توسط رانندگان می تواند معیاری از رعایت قوانین رانندگی باشد. این متغیر در مطالعات پیشین عبور از چراغ قرمز نیز بررسی شده است. برای مثال جنسوپاکارن و همکاران در سال ۲۰۱۸ نتیجه گرفتند رانندگانی که از کمربند ایمنی استفاده می کنند کم تر محتمل تخلف عبور از چراغ قرمز هستند [۵]. هم چنین، پژوهش ووژانیک و همکاران<sup>۱</sup> بیان نمود کمیته ی مجامع اروپایی<sup>۲</sup> عبور از چراغ قرمز، سرعت بالا و عدم استفاده از کمربند ایمنی را به عنوان مسائلی مهم در ایمنی راه ها معرفی کرده است [۳۱].

1 Vujanic et al.

2 The commission of European communities



شکل ۹. ریسک نسبی تصادف بر اساس میزان تحصیلات راننده  
 Fig. 9. Relative risk of accidents based on drivers' education



شکل ۱۰. ریسک نسبی تصادف بر اساس سن وسیله نقلیه  
 Fig. 10. Relative risk of accidents based on vehicle's age

نقطه برش بهینه برای گروه‌بندی سطوح متغیر وابسته محاسبه شده و در نهایت مدل نهایی با استفاده از متغیرهای شناسایی شده و نقطه برش بهینه، با روش هم‌زمان به داده‌ها برازش داده می‌شود. مدل نهایی جهت پیش‌بینی احتمال مقصر بودن رانندگان در تصادفات ناشی از عبور از چراغ با توجه به جدول ۲ مطابق رابطه ی (۱۰) می‌باشد؛

شکل ۱۰ ریسک نسبی وسایل نقلیه را بر اساس سن آن‌ها نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش سن وسیله نقلیه ریسک عبور از چراغ آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند به دلیل ضعف در عملکرد سیستم ترمز وسایل نقلیه ی مستهلک هنگام ترمز در تقاطعات چراغ‌دار باشد. پژوهش‌های مارتینز رویزا و همکاران نیز نتیجه ی فوق را تأیید می‌کند [۳۰].

$$LN(P) = -0/137 + [0/386 \times (\text{رانندگان غیربومی})] + [0/179 \times (\text{رانندگان با تحصیلات دانشگاهی})] + [0/242 \times (\text{گواهینامه پایه ۲})] + [0/721 \times (\text{کامیون})] + [2/740 \times (\text{پلیس})] \text{ یا } [0/721 \times (\text{آمبولانس، آتش‌نشانی، خودروی پلیس})] \quad (10)$$

با توجه به جدول ۲، متغیر بومی بودن راننده معنادار شده است و نسبت بخت رانندگان غیربومی ۴۷ درصد بیش از رانندگان بومی

#### ۲-۴- مدل رگرسیون لجستیک

جهت مدل‌سازی (برای ۷۰ درصد داده‌ها) ابتدا با استفاده از روش هم‌زمان<sup>۱</sup> تمام متغیرهای مربوط در مدل لحاظ می‌شوند. در روش هم‌زمان ورود متغیرها به تحلیل در یک مرحله انجام می‌شود. هم‌چنین با رسم منحنی ROC برای احتمالات پیش‌بینی شده اولیه،

1 Enter

جدول ۲. مدل رگرسیون لجستیک برای تصادفات عبور از چراغ قرمز  
Table 2. Logistic regression model for red light running crashes

95% CI for Exp(B) Upper lower		EXP(B) (Odds ratio)	sig	df	Wald	S.E	B	دسته‌بندی	متغیر
		۱		۱				مرد(مرجع)	جنسیت
۱/۰۱۳	۰/۸۷۰	۰/۹۳۹	۰/۱۰۳	۱	۲/۶۵۹	۰/۰۳۹	-۰/۰۶۳	زن	
۱/۱۵۵	۰/۷۸۱	۰/۹۴۹	۰/۶۰۳	۱	۰/۲۷۱	۰/۱۰۰	-۰/۰۵۲	۲۵-۱۸	سن
۱/۰۷۵	۰/۷۴۰	۰/۸۹۲	۰/۲۳۰	۱	۱/۴۴۴	۰/۰۹۵	-۰/۱۱۵	۳۵-۲۶	
۱/۱۴۰	۰/۷۸۲	۰/۹۴۴	۰/۵۴۹	۱	۰/۳۵۹	۰/۰۹۶	-۰/۰۵۸	۴۵-۳۶	
۱/۱۶۰	۰/۷۹۰	۰/۹۵۷	۰/۶۵۴	۱	۰/۲۰۱	۰/۰۹۸	-۰/۰۴۴	۵۵-۴۶	
۱/۱۱۲	۰/۷۳۷	۰/۹۰۶	۰/۳۴۵	۱	۰/۸۹۰	۰/۱۰۵	-۰/۰۹۹	۶۵-۵۶	
		۱						۷۵-۶۶(مرجع)	
۲/۲۱۳	۰/۹۴۱	۱/۴۴۳	۰/۰۹۳	۱	۲/۸۲۴	۰/۲۱۸	۰/۳۶۷	۸۵-۷۶	
		۱						بومی(مرجع)	بومی بودن
۱/۵۷۹	۱/۳۷۲	۱/۴۷۲	۰/۰۰۰	۱	۱۱۶/۵۹۷	۰/۰۳۶	۰/۳۸۶	غیربومی	
		۱						استفاده(مرجع)	کمر بند ایمنی
۱/۰۹۷	۰/۹۴۴	۱/۰۱۸	۰/۶۴۰	۱	۰/۲۱۹	۰/۰۳۸	۰/۰۱۸	عدم استفاده	
		۱						زیر دیپلم(مرجع)	تحصیلات
۱/۰۰۹	۰/۸۸۶	۰/۹۴۶	۰/۰۹۲	۱	۲/۸۳۳	۰/۰۳۳	-۰/۰۵۶	دیپلم	
۰/۹۴۲	۰/۷۴۲	۰/۸۳۶	۰/۰۰۳	۱	۸/۶۰۷	۰/۰۶۱	-۰/۱۷۹	دانشگاهی	
۴/۰۲۵	۰/۸۸۲	۱/۸۸۴	۰/۱۰۲	۱	۲/۶۷۳	۰/۳۸۷	۰/۶۳۳	کارمند	شغل
۳/۸۲۰	۰/۸۴۵	۱/۷۹۷	۰/۱۲۸	۱	۲/۳۱۹	۰/۳۸۵	۰/۵۸۶	آزاد	
		۱						دانشجو(مرجع)	
۳/۶۹۸	۰/۸۱۶	۱/۷۳۷	۰/۱۵۲	۱	۲/۰۵۴	۰/۳۸۵	۰/۵۵۲	سایر	
۱/۰۴۹	۰/۹۲۹	۰/۹۸۷	۰/۶۷۹	۱	۰/۱۷۱	۰/۰۳۱	-۰/۰۱۳	۰ تا ۵ سال	تجربه رانندگی
		۱						بیش از ۵ سال(مرجع)	
۶/۱۸۶	۰/۳۸۵	۱/۵۴۳	۰/۵۴۰	۱	۰/۳۷۵	۰/۰۷۲	-۰/۳۳۵	پایه ۱	نوع گواهینامه
۰/۸۵۴	۰/۷۲۲	۰/۷۸۵	۰/۰۰۰	۱	۳۱/۵۷۶	۰/۰۴۳	-۰/۲۴۲	پایه ۲	
۱/۱۴۲	۰/۹۶۷	۱/۰۵۶	۰/۱۷۲	۱	۱/۸۶۱	۰/۰۴۰	۰/۰۵۵	پایه ۳	
۱/۱۸۶	۰/۳۸۵	۱/۵۴۳	۰/۵۴۰	۱	۰/۳۷۵	۰/۷۰۸	۰/۴۳۴	ویژه	
		۱						موقت(مرجع)	



ادامه جدول ۲. مدل رگرسیون لجستیک برای تصادفات عبور از چراغ قرمز  
Continued Table 2. Logistic regression model for red light running crashes

95% CI for Exp(B) Upper lower		EXP(B) (Odds ratio)	sig	df	Wald	S.E	B	دسته‌بندی	متغیر
۱/۳۰۹	۰/۴۰۱	۰/۷۲۴	۰/۲۸۵	۱	۱/۱۴۲	۰/۳۰۲	-۰/۳۲۳	سواری	نوع وسیله نقلیه
۲/۲۷۷	۰/۶۳۶	۱/۲۰۴	۰/۵۶۹	۱	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۰/۱۸۵	اتوبوس	
۲/۲۵۹	۰/۵۶۲	۱/۱۲۷	۰/۷۳۶	۱	۰/۱۱۴	۰/۳۵۵	۰/۱۲۰	مینی‌بوس	
۳/۸۴۸	۱/۱۰۰	۲/۰۵۷	۰/۰۲۴	۱	۵/۰۹۴	۰/۳۲۰	۰/۷۲۱	کامیون	
۳/۱۰۹	۰/۸۴۲	۱/۶۱۸	۰/۱۴۹	۱	۲/۰۸۴	۰/۳۳۳	۰/۴۸۱	کامیونت	
۲/۱۲۵	۰/۶۳۹	۱/۱۶۵	۰/۶۱۹	۱	۰/۲۴۸	۰/۳۰۷	۰/۱۵۳	وانت‌بار	
		۱						تریلر(مرجع)	
۴۵/۴۸۷	۵/۲۷۷	۱۵/۴۹۴	۰/۰۰۰	۱	۲۴/۸۷۲	۰/۵۴۹	۲/۷۴۰	آمبولانس و آتش‌نشانی و خودروی پلیس	
		۱						کم‌تر از ۵ سال(مرجع)	سن وسیله نقلیه
۱/۰۹۱	۰/۹۷۲	۱/۰۳۰	۰/۳۲۴	۱	۰/۹۷۴	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	بین ۵ تا ۱۰ سال	
۱/۱۰۲	۰/۹۵۸	۱/۰۲۷	۰/۴۵۳	۱	۰/۵۶۴	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	بیش از ۱۰ سال	
		۰/۰۸	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۷۴	۰/۵۰۲	-۰/۱۳۷		ثابت

برابر می‌باشد. ضرایب سایر متغیرها در مدل مقدار  $P_{value}$  بیش‌تر از ۰/۰۵ داشتند و از لحاظ آماری معنادار نشدند.

#### ۳-۴- ارزیابی و اعتبارسنجی مدل رگرسیون لجستیک

نتایج ارزیابی مدل در جداول ۳ تا ۶ نشان داده شده است. مطابق جدول ۳ مدل نهایی (برای ۷۰ درصد داده‌ها) ۷۳/۲ درصد از رانندگان غیرمقصر و ۶۸/۴ درصد از رانندگان مقصر و در مجموع ۷۰/۸ درصد از کل رانندگان را درست طبقه‌بندی کرده است. هم‌چنین مطابق این جدول دقت طبقه‌بندی برای داده‌های تست (نزدیک به ۳۰ درصد داده‌ها) تفاوت اندکی با داده‌های آزمایشی دارد، از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت مدل از اعتبار لازم جهت پیش‌بینی برخوردار است. مطابق جدول ۴، مساحت زیر نمودار ROC برای مدل نهایی با ۰/۵ تفاوت

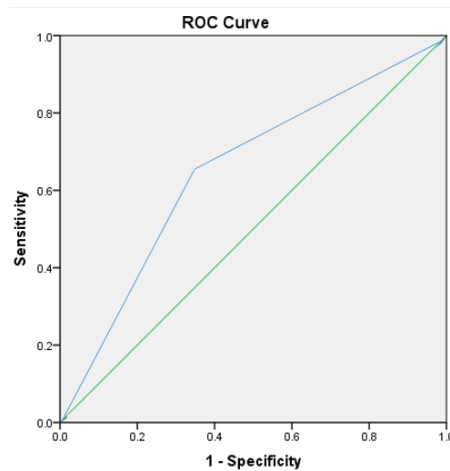
می‌باشد. به بیان دیگر، احتمال مقصر بودن رانندگان غیربومی نسبت به رانندگان بومی ۴۷ درصد بیش‌تر است.

در متغیر تحصیلات راننده، تنها سطح تحصیلات دانشگاهی معنادار شده است و با مرجع قرار دادن تحصیلات زیردیپلم، احتمال مقصر بودن رانندگان با تحصیلات دانشگاهی حدود ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. متغیر بعدی معنادار شده نوع گواهینامه می‌باشد که تنها نوع گواهینامه‌ی پایه ۲ معنادار شده است و با مرجع قرار دادن گواهینامه‌ی موقت نسبت بخت آن ۰/۷۸ می‌باشد یعنی احتمال مقصر بودنشان حدود ۳۰ درصد کم‌تر است. در متغیر نوع وسیله نقلیه، کامیون، آمبولانس و آتش‌نشانی و خودروی پلیس معنادار شدند که با مرجع قرار دادن تریلر، احتمال مقصربودن کامیون ۲ برابر و احتمال مقصر بودن آمبولانس و آتش‌نشانی و خودروی پلیس ۱۵

جدول ۳. طبقه‌بندی داده‌ها برای مدل آزمایشی و تست در مدل رگرسیون لجستیک

Table 3. Data classification results in logistic regression model

درصد پیش-بینی	داده‌های نوع تقصیر	
۷۰٪	غیرمقصر	نوع تقصیر
	مقصر	
	مجموع کلی	
۷۰/۸		
۳۰٪	غیرمقصر	نوع تقصیر
	مقصر	
	مجموع کلی	
۷۰/۵۵		



شکل ۱۱. منحنی COR حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

Fig. 11. ROC curve of logistic regression model

جدول ۴. مساحت زیر نمودار و انحراف استاندارد آن برای مدل نهایی رگرسیون لجستیک

Table 4. Area under curve and standard error for logistic regression model

95% Confidence Interval		Asymptotic Sig.	Std. Error	Area	۷۰ درصد داده‌ها
Upper	Lower				
۰/۶۹۷	۰/۶۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۶۹۴	

در مدل می‌شوند. جدول ۶ مربوط به خلاصه مدل است که شامل سه آماره است. آماره  $2\loglikelihood$  میزان ضعف پیش‌گویی مدل را می‌سنجد و برای مقایسه‌ی دو مدل استفاده می‌گردد. با توجه به این که روش مدل‌سازی بصورت هم‌زمان بوده است، مقدار این آماره در مدل حاضر نسبت به مدل ابتدایی بهبود یافته است. بنابراین افزودن متغیرهای مستقل موجب بهبود پیش‌بینی مدل شده‌اند. دو آماره دیگر جدول یعنی ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین

معناداری دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طبقه‌بندی رانندگان با استفاده از مدل با شانس تفاوت معناداری دارد. منحنی ROC در شکل ۱۱ نشان داده شده است. جدول ۵ مربوط به آزمون کلی نگر می‌باشد و فرض معنادار بودن متغیرهای مستقلی که وارد مدل می‌شوند را می‌آزماید. مطابق این جدول، در سطح معناداری ۰/۰۵ فرض صفر رد می‌شود و می‌پذیریم متغیرهای مستقل افزوده شده به مدل از نظر آماری تأثیرگذار بوده و موجب بهبود مقادیر پیش‌بینی

جدول ۵. آزمون Omnibus ضرایب مدل

Table 5. Omnibus test results

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	۱۱۹۳۸/۰۴	۲۹	۰/۰۰۰
	Block	۱۱۹۳۸/۰۴	۲۹	۰/۰۰۰
	Model	۱۱۹۳۸/۰۴	۲۹	۰/۰۰۰

جدول ۶. خلاصه‌ی مدل

Table 6. Model summary

-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
۱۰۱۷۶/۱۳۸	۰/۱۳۱	۰/۰۹۶

سیستم ترمز آن‌ها و نصب دوربین در تقاطعات چراغ دار می‌تواند از جمله راه کارهای عملی مؤثر در جهت پیش‌گیری از وقوع تخلف عبور از چراغ قرمز باشد. پیشنهادات زیر برای تحقیقات آتی ارائه می‌گردد:

- تهیه و توزیع پرسشنامه در میان رانندگان برای بررسی متغیرهای رفتارشناسی رانندگان (DBQ)
- استفاده از سایر روش‌ها برای اندازه‌گیری مواجهه مانند وسیله کیلومتر طی شده
- بررسی اثر سرنشین در افزایش یا کاهش وقوع تخلف عبور از چراغ قرمز

### مراجع

- [1] I.R.a.T.A. Database, International Road and Traffic Accident Database (IRTAD), Road safety annual report, 2018
- [2] Road Traffic Injuries in Iran and their Prevention, A Worrying Picture, in.
- [3] FHWA, in, federal highway administration, 2017
- [4] G. Zhang, Y. Tan, R.-C. Jou, Factors influencing traffic signal violations by car drivers, cyclists, and pedestrians: A case study from Guangdong, China, Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 42, 216-205 (2016)
- [5] A. Jensupakarn, K. Kanitpong, Influences of motorcycle rider and driver characteristics and road environment on red light running behavior at signalized intersection,

نیج‌کرک نیز میزان تغییرپذیری مدل در رابطه با متغیرهای مستقل را محاسبه می‌کنند.

### ۵- نتیجه‌گیری

این مطالعه به شناسایی ویژگی‌های رانندگان و وسایل نقلیه مقصر در ریسک تصادفات عبور از چراغ قرمز با استفاده از مفهوم مواجهه‌ی شبه‌القایی و مدل رگرسیون لوجستیک می‌پردازد. متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه بر اساس داده‌های موجود انتخاب شده و شامل ویژگی‌های رانندگان و وسایل نقلیه است. مطابق نتایج، بومی بودن راننده، میزان تحصیلات، نوع گواهینامه و نوع وسیله نقلیه در مقصر بودن رانندگان در تصادفات عبور از چراغ قرمز نقش بسزایی دارند. به طوری که ریسک نسبی مردان بیش‌تر از زنان است و گروه سنی ۷۶-۸۵ سال، گواهینامه‌ی نوع ویژه، وسایل نقلیه‌ی آمبولانس و آتش‌نشانی و خودروی پلیس، سطح تحصیلات زیر دیپلم، تجربه‌ی رانندگی کم‌تر از ۵ سال، سن وسیله‌ی نقلیه بیش‌تر از ده سال و شغل آزاد بیش‌ترین میزان ریسک نسبی را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نتایج فوق و در راستای پیش‌گیری و کاهش این نوع تخلفات، اقداماتی مانند افزایش آگاهی رانندگان مرد، برگزاری کلاس‌های آموزشی به تفکیک سطح تحصیلات رانندگان با تأکید بیش‌تر بر تخلفات رانندگی در سطوح تحصیلات پایین‌تر، ایجاد تمهیداتی ویژه برای وسایل نقلیه‌ی امدادی که در شرایط اضطرار قادر به توقف در تقاطعات چراغ‌دار نیستند، تأکید بر معاینه‌ی فنی وسایل نقلیه‌ی با سن بیش‌تر از ده سال در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر برای بررسی وضعیت

- on Red Light Running Crashes Using Quasi-Induced Exposure Method, *Journal of transportation engineering* .(2009)
- [17] S. Liew, R. Hamidun, N.F.M. Soid, Differences of driving experience and gender on traffic offences among Malaysian motorists, in: *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, 2017, pp. .08016
- [18] B.H. Al-Omari, H.R. Al-Masaeid, Red light violations at rural and suburban signalized intersections in Jordan, *Traffic injury prevention*, .172-169 (2003) (2)4
- [19] Z.R. Doerzaph, R. Bhagavathula, Identification of factors related to violation propensity: mining the data of the Franklin intersections, *Virginia Tech Transportation Institute: Blacksburg*.(2011) ,
- [20] S.S. Washburn ,K.G. Courage, Investigation of Red Light Running Factors, *Southeast Transportation Center The University of Tennessee Knoxville, Tennessee, Department of Civil and Coastal Engineering University of Florida*, .2004
- [21] P. Intini, P. Colonna, E.O. Ryeng, Route familiarity in road safety: A literature review and an identification proposal, *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, .671-651 (2019) 62
- [22] P. Intini, N. Berloco, P. Colonna, V. Ranieri, E. Ryeng, Exploring the relationships between drivers' familiarity and two-lane rural road accidents. A multi-level study, *Accident Analysis & Prevention*, .296-280 (2018) 111
- [23] J. Wu, H. Xu, The influence of road familiarity on distracted driving activities and driving operation using naturalistic driving study data, *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, -75 (2018) 52 .85
- [24] C. Liu, T.J. Ye, Run-off-road crashes: An on-scene perspective, .2011
- [25] G. Yannis, J. Golias, E. Papadimitriou, Accident risk of foreign drivers in various road environments, *Journal of safety research*, .480-471 (2007) (4)38
- [26] K. Yoh, T. Okamoto, H. Inoi, K. Doi, Comparative study on foreign drivers' characteristics using traffic violation and accident statistics in Japan, *IATSS research*, (2)41
- Accident Analysis and Prevention.(2018) ,
- [6] J. Wang, H. Huang, P. Xu, S. Xie, S. Wong, Random parameter probit models to analyze pedestrian red-light violations and injury severity in pedestrian-motor vehicle crashes at signalized crossings, *Journal of Transportation Safety & Security*, (.20-1 (2019
- [7] N. Elmitiny, X. Yan, E. Radwan, C. Russo, D. Nashar, Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation, *Accident Analysis and Prevention*, .(2009)
- [8] M. Li, X. Chen, X. Lin, D. Xu, Y. Wang, Connected vehicle-based red-light running prediction for adaptive signalized intersections, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, .243-229 (2018) (3)22
- [9] H. Park, N. Pugh, Generalized Estimating Equation Model Based Recursive Partitioning: Application to Distracted Driving, *Journal of Advanced Transportation*, 2018 .(2018)
- [10] Y. Zhang, X. Yan, X. Li, J.W. 3, V.V. Dixit, Red-Light-Running Crashes' Classification, Comparison, and Risk Analysis Based on General Estimates System (GES) Crash Databas, *Environmental research and public health*.(2018) ,
- [11] V. Sharifianjazi, H .Nassiri, Adverse effect of red light violation (RLV) in urban signalized intersections in Iran, *International Journal of Civil Engineering*, (2017) (8)15 .1116-1107
- [12] A.C. Wolfe, The concept of exposure to the risk of a road traffic accident and an overview of exposure data collection methods, *Accident Analysis & Prevention*, .(1982) (5)14
- [13] D.J.T.R.R. Lord, Application of accident prediction models for computation of accident risk on transportation networks, .26-17 (2002) (1)1784
- [14] N. Stamatiadis ,J. Deacon, Quasi induced exposure:Methodology and insight, *Accident Analysis and Prevention* .(1996) 29
- [15] N. Stamatiadis, J.A. Deacon, Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity, *Accident Analysis & Prevention*, .459-443 (1995) (4)27
- [16] H. Huang, H.C. Chin, Disaggregate Propensity Study

- [30]V. Martínez-Ruiza, P. Lardelli-Clareta, E. Jiménez-Mejías, C. Amezcua-Prieto, J.J. Jiménez-Moleóna, J.d.D.L.d. Castillo, Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method, *Accident Analysis and Prevention*, .(2012)
- [31]M. Vujanić, D. Pešić, B. Antić, N. Marković, selection and assessment of the relevant data for reducing the number of red-light running.(2016) ,
- [32]H. heydari, M. khosravi, Investigating the relationship between socioeconomic status and respect for traffic rules, *Rahvar*, .155-129 (1395) (35)13
- [33]Global status report on road safety, world health organization, World Health Organization, .2018
- .105-94 (2017)
- [27]A.H. Young, A.K. Mackenzie, R.L. Davies, D. Crundall, Familiarity breeds contempt for the road ahead: The real-world effects of route repetition on visual attention in an expert driver, *Transportation research part F :traffic psychology and behaviour*, .9-4 (2018) 57
- [28]W. Jin, Y. Deng, H. Jiang, Q. Xie, W. Shen, W. Han, Latent class analysis of accident risks in usage-based insurance: Evidence from Beijing, *Accident Analysis & Prevention*, .88-79 (2018) 115
- [29]X. Yan, E. Radwan, E. Birriel, Analysis of Red Light Running Crashes Based on Quasi-Induced Exposure and Multiple Logistic Regression Method, *Transportation Research Board*.(2005) ,

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

A. Tavakoli Kashani, S. Amirifar, A. Mirhashemi, *Investigating the Impact of Driver and Vehicle Characteristics on the Risk of Red-Light Running Crashes*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(1) (2021) 89-106.

DOI: [10.22060/ceej.2021.19246.7113](https://doi.org/10.22060/ceej.2021.19246.7113)



