

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.05.007

引用格式:许卉莹,瞿伟斌.轻型货车交通事故严重性影响因素分析[J].公路与汽运,2024,40(5):43-48.

Citation:XU Huiying, QU Weibin. Analysis of influencing factors of severity of light truck traffic accidents[J]. Highways & Automotive Applications, 2024, 40(5): 43-48.

轻型货车交通事故严重性影响因素分析*

许卉莹, 瞿伟斌

(公安部交通管理科学研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:根据近年轻型载货汽车(简称轻型货车)事故数据,对比分析 Logit、Probit 等模型的拟合效果,在此基础上通过二分类、多分类模型分别量化分析各因素对轻型货车事故发生及事故严重程度影响,提出轻型货车事故严重程度影响因素分析多模型比对的方法,以提高研究结果的准确性。结果表明,对轻型货车交通事故严重程度影响大的因素包括道路类型、路表状况和照明条件等。

关键词:交通安全;轻型货车;交通事故;严重程度;影响因素;Logit 算法;Probit 算法

中图分类号:U491.31

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2024)05-0043-06

轻型载货汽车(简称轻型货车)是指车长小于 6 000 mm、总质量小于 4 500 kg 的载货汽车(不包括微型载货汽车和低速汽车)。近年来,随着中国城乡货物运输需求的持续增长,特别是物流配送和快递业的迅猛发展,轻型货车以其无需道路运输证等从业审批、车长短、道路通行和停车便利等优点成为城乡货运的主力车型,其保有量快速增长,目前已超过 2 000 万辆。随着保有量的不断增加,轻型货车肇事死亡占比逐渐走高,群死群伤事故风险也十分突出。其风险主要体现在:在货运行业竞争激烈的背景下,生产企业、销售商、车主往往会铤而走险,违规生产、销售和使用“大吨小标”车辆或对车辆进行非法改装,带来严重安全隐患;驾驶人素质参差不齐,安全意识淡薄,超载、超速、疲劳驾驶等违法行为较普遍,特别是在农村地区,农忙、节假日及赶集时轻型货车违法载人的现象较普遍,易导致群死群伤的恶性交通事故;交通运输部取消了蓝牌轻型货车的货运从业资格证和车辆营运证,个人私用的轻型货车保有量迅速增长,很多私用轻型货车通过“货车帮”、“货拉拉”等互联网物流服务平台从事道路货物运输,而互联网物流服务平台主要是物流配货找车的平台,缺乏对车辆的安全监管、驾驶人安全教育等,安全隐患突出。从近年道路交通事故数据来看,轻型货车虽然在机动车保有量中占比较小,但导致

的人员死亡事故占比较高,且连年居高不下。开展轻型货车交通事故严重程度影响因素分析,可为事故预防提供技术支撑。

目前对于轻型货车交通安全问题的研究集中于碰撞安全性分析、仿真研究^[1-3]、事故致因和事故特征分析等^[4-5],对货车事故严重程度影响因素的分析集中在山区公路事故或高速公路等某一条件下,全面深入分析较少,针对轻型货车事故严重程度的影响因素分析则更少。交通事故严重程度影响因素分析方法主要有两种:一是数理统计方法,如张道文等基于对抗解释结构模型(Adversarial Interpretive Structure Modeling Method, AISM)建立事故因素拓扑层级模型,分析了事故影响因素间的作用^[6];曹瑞等结合有序 Logit 模型理论构建货车事故严重程度分析模型,分析了各显著自变量对不同等级货车事故严重程度的影响^[7];杨硕、张璇等采用灰色关联分析、贝叶斯网络模型等对重型货车交通事故特征、事故严重程度影响因素进行了研究^[8-9]。二是机器学习算法^[10],采用决策树、神经网络等算法分析交通事故主要影响因素。数理统计方法、机器学习算法均有一些相关应用,但在轻型货车交通事故严重程度影响因素分析中的应用较少。本文以近年江苏、浙江、上海地区 2 万余起轻型货车事故为例,选取多维度事故特征因素,通过 Logit、Probit 等算法

* 基金项目:科技基础研究项目(2022JC22)

进行拟合度对比,量化分析各因素对事故严重程度影响的显著性,分析轻型货车交通事故影响因素,并提出轻型货车交通安全管理改进建议。

1 轻型货车事故特性分析

1.1 事故严重性分析

以事故伤亡人数作为衡量事故严重程度的指标,按事故严重程度将事故分为三类,分别为伤人及财损事故、死亡 1~2 人事故、死亡 3 人以上事故。

选取 2019—2022 年江苏、浙江、上海 2 万余起轻型货车事故数据进行分析,包括事故发生时间、事

故地点、事发路段情况、事发时天气状况、事故车辆情况、事故发生原因、事故发生后果等数据。按事故严重程度将 20 693 起事故划分为三类,其中伤人及财损事故 14 424 起,死亡 1~2 人事故 6 257 起,死亡 3 人以上事故 12 起。

由于事故影响因素较多,先通过专家人工筛选,从时间、空间、道路、环境四方面选取 8 个因素进行事故严重程度影响分析,因素编码及占比见表 1。

1.2 时间特征分析

轻型货车事故在工作日和周末的时段分布规律基本一致,均呈“早晚高峰”。事故发生概率最高的

表 1 事故严重程度影响因素、编码及占比

| 因素类型 | 子因素 | 各类事故占比/% | | | 因素类型 | 子因素 | 各类事故占比/% | | |
|--------|-------|----------|------------|------------|------|--------------|----------|------------|------------|
| | | 伤人及财损事故 | 死亡 1~2 人事故 | 死亡 3 人以上事故 | | | 伤人及财损事故 | 死亡 1~2 人事故 | 死亡 3 人以上事故 |
| 路口路段类型 | 路口路段 | 67.91 | 32.01 | 0.08 | 路表状况 | 干燥 | 69.70 | 30.23 | 0.07 |
| | 普通路段 | 73.82 | 26.16 | 0.02 | | 潮湿 | 70.42 | 29.58 | 0.00 |
| 道路线形 | 平直 | 70.21 | 29.73 | 0.06 | | 积水、漫水、冰雪、泥泞等 | 60.19 | 39.81 | 0.00 |
| | 弯道 | 63.76 | 36.24 | 0.00 | 时间 | 白天 | 71.76 | 28.18 | 0.06 |
| | 坡道 | 66.83 | 33.17 | 0.00 | | 夜晚 | 65.43 | 34.51 | 0.06 |
| | 弯坡组合 | 57.83 | 41.74 | 0.43 | 天气 | 正常 | 69.74 | 30.19 | 0.07 |
| 事故形态 | 车辆间事故 | 72.11 | 27.82 | 0.07 | | 恶劣天气 | 69.43 | 30.57 | 0.00 |
| | 单车事故 | 68.46 | 31.54 | 0.00 | 照明条件 | 照明良好 | 71.27 | 28.69 | 0.04 |
| 其他 | 其他 | 58.53 | 41.44 | 0.03 | | 无照明 | 53.77 | 46.01 | 0.22 |
| 工作日/周末 | 工作日 | 69.89 | 30.04 | 0.07 | | | | | |
| | 周末 | 69.22 | 30.75 | 0.03 | | | | | |

时段依次为 17:00—18:00、16:00—17:00、6:00—7:00、9:00—10:00。在 16:00—18:00 时段,无论是周末还是工作日,居民出行需求均较大,事故发生概率较高。周末因为早高峰相较工作日有所延后,事故高发时段较工作日相应滞后。图 1 为工作日/周末各时段事故概率密度分布,图 2 为事故严重程度与时段的概率密度分布。

从图 2 可看出:相较于伤人及财损事故,死亡事故存在更明显的“早晚高峰”特点,在 5:00—6:00、17:00—18:00 时段死亡事故发生概率更高。

1.3 空间特征

(1) 从路口路段分布来看,路口的死亡事故占比高于普通路段。其原因可能是路口车流量大,机动车、非机动车、行人混行,交通冲突多等,事故多发且后果严重。

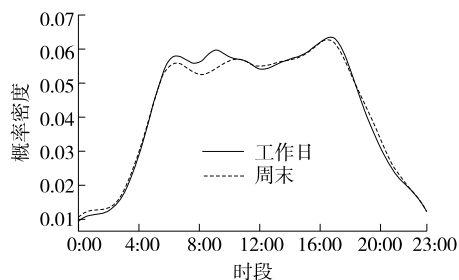


图 1 工作日/周末各时段事故概率密度分布

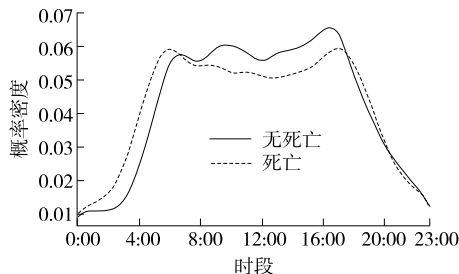


图 2 事故严重程度与时段的概率分布

(2) 从道路线形分布来看,弯道路段的死亡事故占比高于平直路段。其原因可能是弯道路段驾驶人容易出现强超强会、占用对向车道、超速行驶等违法行为,也易出现车辆冲出道路等情况,事故后果加重。

(3) 从路表状况分布来看,积水、漫水、冰雪、泥泞等路面死亡事故占比高于干燥、潮湿路面。积水、漫水等路面因道路具体情况不明,安全风险较高,驾驶人如果注意力不集中、操控车辆失误等,则易发生事故且事故后果严重。

2 模型构建与检验

2.1 模型构建

建立 Logit、Probit 二分类回归模型分析各因素对因变量(事故中是否有人死亡)的影响,构建 Poisson、有序 Logit、有序 Probit 模型分析各因素对事故严重程度影响的差异性。考虑到各因素之间可能会出现交互作用,通过方差分析检验、逐步回归方法计算各因素之间的交互作用并筛选出变量。

(1) Logit 模型。Logit 回归模型是一种用于预测二元响应变量概率的回归模型,它能处理多个预测变量,且能给出预测变量对响应变量概率的影响。其回归方程为:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad (1)$$

式中: p 为二分类因变量在样本中的占比; β_0 、 β_1 为回归系数; x_i 为第 i 个自变量; ϵ_i 为回归误差。

(2) Probit 模型。Probit 模型是一种正态分布概率单位模型,可用于预测二元响应变量的概率。与 Logit 回归模型不同的是,Probit 模型使用正态分布函数来建模,它对变量的尺度变化预测较稳定。其回归方程为:

$$\Phi^{-1}(p_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \epsilon_i \quad (2)$$

式中: $\Phi(\cdot)$ 为标准正态分布的累积概率密度函数。

(3) Poisson 模型。由于道路交通事故起数在各路段的分布具有随机性,同时事故发生是小概率事件,将某一地区或路段在一段时间间隔内发生的交通事故次数视作一个服从泊松分布的随机变量,用泊松分布模型来描述。表达式为:

$$P(Y=y_i) = e^{-\lambda_i} \frac{\lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (3)$$

式中: $P(Y=y_i)$ 为发生 y_i 起事故的概率; λ_i 为泊松分布参数,即事故起数的期望。

(4) 有序 Logit 模型。当定性因变量 y 取值大于两个值时,基本 Logit 回归模型不再适用,若此时因变量存在先后顺序,其取值与每个类别的概率仍与一组自变量有关,对于这样的数据,可采用有序回归模型进行分析,其中有序 Logit 模型较常用。有序 Logit 模型中定性因变量有 k 个顺序类别,其模型结构常使用位置结构模型,表达式见式(4)。当 $\text{link}(\gamma) = \ln[\gamma/(1-\gamma)]$ 时,回归模型为有序 Logit 模型,可应用于各类别均匀分布,其概率按式(5)计算。

$$\text{link}(\gamma_{ij}) = \theta_j - (\beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip}) \quad (4)$$

式中: $\text{link}(\cdot)$ 为联系函数; γ_{ij} 为第 i 个样本 $\leq j$ 的累积概率即 $P(y_i \leq j)$; θ_j 为类别界限值。

$$P(y_i \leq j) = \frac{\exp(\alpha + \mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha + \mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta})} \quad (5)$$

(5) 有序 Probit 模型。当 $\text{link}(\gamma) = \Phi^{-1}(\gamma)$ 时,有序回归模型为有序 Probit 模型,可应用于各类别正态分布。其表达式为:

$$P(y_i \leq j) = \Phi(\alpha + \mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}) \quad (6)$$

2.2 模型检验

2.2.1 AIC 与 BIC 准则

赤池信息准则(Akaike Information Criterion, AIC)是广泛使用的拟合优度检验指标,其值 V_{AIC} 按式(7)计算。其值越小,模型的拟合效果越好。

$$V_{\text{AIC}} = -2\ln L + 2p \quad (7)$$

式中: L 为拟合模型的最大似然值; p 为模型中自由参数的个数。

若所选参数使 V_{AIC} 达到极小,则该组参数为符合 AIC 准则的最优参数选择。

贝叶斯信息准则(Bayesian Information Criterion, BIC)也是用于检验模型拟合优度的重要指标,其值 V_{BIC} 按式(8)计算。其值越小,模型的拟合效果越好。

$$V_{\text{BIC}} = -2\ln L + p \ln N \quad (8)$$

式中: N 为模型样本数。

采用 AIC 与 BIC 信息准则,对比 Logit 模型、Probit 模型、Poisson 模型、有序 Logit 模型、有序 Probit 模型的拟合优度, V_{AIC} 、 V_{BIC} 越小,则模型的拟合效果越好。

2.2.2 方差分析

方差分析是用来检验一个或多个分类变量对因变量影响的方法,其基本原理是通过比较不同组的

观测值与它们各自预期均值的差异程度评估这些组之间的统计显著性,适用于研究回归变量间的交互效应。通过方差分析,可确定变量之间是否存在显著的交互效应,有助于深入理解自变量对因变量的影响机制。

2.2.3 逐步回归

当可供选择的变量较多时,计算所有可能的回归结果很困难。逐步回归将变量逐一引入并逐个检验,剔除因新引入变量而变得不再显著的原变量,反复进行这一过程,直到既无显著性自变量选入回归方程,也无不显著自变量从回归方程中剔除为止,保证最后得到的回归子集最优,是一种能有效挑选回归变量的方法。

3 模型分析

采用混合逐步回归分析方法对轻型货车交通事故数据进行分析。利用极大似然估计法拟合,分别计算 Logit 模型、Probit 模型、Poisson 模型、有序 Logit 模型、有序 Probit 模型的参数及 V_{AIC} 、 V_{BIC} ,并以其作为模型拟合度检验标准。分析结果见表 2。

表 2 各模型拟合度计算结果对比

| 模型 | 对数似然函数值 | V_{AIC} | V_{BIC} |
|--------------|------------|-----------|-----------|
| Logit 模型 | -12 430.02 | 24 878.03 | 24 949.47 |
| Probit 模型 | -12 429.61 | 24 877.22 | 24 948.65 |
| Poisson 模型 | -13 973.10 | 27 964.20 | 28 035.64 |
| 有序 Logit 模型 | -12 516.91 | 25 053.82 | 25 133.20 |
| 有序 Probit 模型 | -12 517.38 | 25 054.75 | 25 134.13 |

从表 2 可以看出:Probit 模型与有序 Logit 模型的拟合效果较好;Logit 模型与 Probit 模型的结果相近,有序 Probit 模型与有序 Logit 模型的结果相近,拟合效果也较好;Poisson 模型的拟合效果较差。

3.1 二分类回归模型分析

针对因变量(事故是否造成人员死亡),分别利用 Logit 模型、逐步回归后的 Logit 回归模型及 Probit 模型对事故数据进行拟合,结果见表 3。对是否为恶劣天气与照明条件、路面状况等可能有交互作用的变量进行方差分析,结果见表 4。

表 3 二分类模型参数拟合结果

| 自变量 | 各模型拟合结果 | | | 自变量 | 各模型拟合结果 | | |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | Logit 模型 | 逐步回归后的 Logit 模型 | Probit 模型 | | Logit 模型 | 逐步回归后的 Logit 模型 | Probit 模型 |
| 是否为路口 | -1.747*** | -1.774*** | -1.096*** | 是否为碰撞运 | -0.550*** | -0.554*** | -0.339*** |
| | (0.539) | (0.538) | (0.324) | 动车辆事故 | (0.039) | (0.039) | (0.024) |
| 是否为普通路段 | -1.578*** | -1.603*** | -0.994*** | 是否为单车 | -0.453*** | -0.454*** | -0.278*** |
| | (0.538) | (0.538) | (0.324) | 事故 | (0.103) | (0.103) | (0.063) |
| 是否为恶劣天气 | 0.085 | | | | 0.029 | | |
| | (0.074) | | | 是否为周末 | (0.034) | | |
| 路面是否干燥 | 0.136* | 0.067 | 0.041 | | 0.045 | | |
| | (0.071) | (0.044) | (0.027) | 是否为夜间 | (0.037) | | |
| 路面是否有积水积雪 | 0.437*** | 0.415*** | 0.251*** | 照明是否不良 | 0.664*** | 0.698*** | 0.429*** |
| | (0.152) | (0.151) | (0.093) | | (0.057) | (0.050) | (0.031) |
| 是否为弯道 | 0.310*** | 0.329*** | 0.200*** | 常数项 | 0.996* | 1.115** | 0.691** |
| | (0.063) | (0.061) | (0.037) | | (0.544) | (0.540) | (0.325) |
| 是否为坡道 | 0.151 | | | | | | |
| | (0.106) | | | | | | |

注:括号外数字为回归系数估计值,括号内数字为回归系数标准差;*表示 $p<0.1$,**表示 $p<0.05$,***表示 $p<0.01$ 。表 5 相同。

表 4 方差分析结果

| 自变量 | 自由度 | 方差和 | 均方差 | F 分布值 | p 值 |
|-------------------|-----|-------|-------|---------|-------------------------|
| 是否为恶劣天气 | 1 | 0.023 | 0.023 | 0.109 | 0.741 |
| 照明是否不良 | 1 | 51.44 | 51.44 | 246.447 | $<2\times 10^{-16}$ *** |
| 是否为恶劣天气:照明是否不良 | 1 | 0.002 | 0.002 | 0.01 | 0.921 |
| 是否为恶劣天气 | 1 | 0.023 | 0.023 | 0.108 | 0.743 |
| 路面是否有积水积雪 | 1 | 1.859 | 1.859 | 8.808 | 0.003 ** |
| 是否为恶劣天气:路面是否有积水积雪 | 1 | 0.348 | 0.348 | 1.649 | 0.199 |

从表 3、表 4 可以看出:是否为恶劣天气与照明条件、路面状况等可能有交互作用的变量之间不存在交互作用。考虑各变量对于模型的显著性,是否为恶劣天气、路面是否干燥、是否为周末、是否为夜间等变量对轻型货车事故是否造成死亡没有显著的相关性,在逐步回归模型中剔除。是否为路口、是否为普通路段、路面是否有积水积雪、是否为弯道、是否为碰撞运动车辆事故、是否为单车事故、照明是否

不良在所有回归模型中均显著,其中路面积水积雪、道路为弯道、照明条件不良与因变量(事故是否造成人员死亡)正相关,说明在路面积水积雪、弯道路段、照明不良条件下,轻型货车更容易发生交通事故。

3.2 多分类模型分析

分别利用有序 Logit、有序 Probit 模型对轻型货车交通事故数据进行拟合,并采用逐步回归方法筛选回归变量,结果见表 5。

表 5 多分类模型参数拟合结果

| 自变量 | 模型拟合结果 | | 自变量 | 模型拟合结果 | |
|-----------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| | 有序 Logit 模型 | 有序 Probit 模型 | | 有序 Logit 模型 | 有序 Probit 模型 |
| 是否为路口 | -1.762 68 *** | -1.049 00 *** | 是否为碰撞运动车辆事故 | -0.552 20 *** | -0.333 00 *** |
| | (0.533 7) | (0.324 0) | | (0.039 0) | (0.024 0) |
| 是否为普通路段 | -1.591 02 *** | -0.945 00 *** | 是否为单车事故 | -0.453 20 *** | -0.276 00 *** |
| | (0.533 1) | (0.324 0) | | (0.103 0) | (0.063 0) |
| 路面是否干燥 | 0.068 50 * | 0.043 00 * | 照明是否不良 | 0.700 10 *** | 0.430 00 *** |
| | (0.044 4) | (0.027 0) | | (0.050 1) | (0.031 0) |
| 路面是否有积水积雪 | 0.413 70 *** | 0.248 00 *** | 常数项 1 | -1.101 00 *** | -0.637 00 ** |
| | (0.151 0) | (0.093 0) | | (0.535 0) | (0.325 0) |
| 是否为弯道 | 0.329 80 *** | 0.199 00 *** | 常数项 2 | 5.565 00 *** | 2.166 00 *** |
| | (0.061 0) | (0.037 0) | | (0.607 0) | (0.607 0) |

从表 5 可以看出:是否为路口、是否为普通路段、路面是否有积水积雪、是否为弯道、是否为碰撞运动车辆事故、是否为单车事故、照明是否不良在所有模型中均显著,其中路面积水积雪、道路为弯道、照明不良与事故严重程度正相关。照明不良变量在有序 Logit、有序 Probit 模型中均呈显著正影响,说明在照明不良的情况下,轻型货车事故严重程度相应增加。路面积水积雪变量在两个模型中均呈显著正影响,说明在路面有积水积雪的情况下,轻型货车事故严重程度相应增加。弯道变量在两个模型中均

呈显著正影响,对于事故严重程度的影响弱于照明条件与路面积水积雪等变量,但仍较显著,说明在弯道路段,轻型货车事故严重程度相应增加。路口路段变量对事故严重程度有较强的负影响,说明路口路段虽然事故较多,但轻型货车事故严重程度反而不如非路口路段。

根据上述分析结果,提出以下事故风险管控建议:1) 对于公路,针对公路机动车流量大、碰撞风险高、平交路口缺少交通控制、交通安全设施不完善、恶劣天气影响等问题,进一步加强道路安全设施的

提档升级,包括重点路段特别是公路流量大、事故多发路段及弯坡路段等设置中央隔离设施,平交路口完善“一灯一带”设施,长下坡路段完善限速标志和减速设施,夜间事故多发路段完善主动发光设施等。针对积水、潮湿及冰雪等路面的高风险,在易受雨雪结冰影响的路段及事故多发路段完善相关危险警示标志等。2)对于城市道路,加强交叉口精细化设计,通过交叉口信号灯控制、物理隔离设施设置等优化交通组织,减少机动车、非机动车、行人混合交通的冲突点。因地制宜设置非机动车和行人过街设施、大型车辆右转安全警示区等,推动实施大型货车右转必停让行的措施。在有条件的地区,在城区路口、路段及公路穿村过镇路段增设照明设施,增强夜间视认性。对城区内易积水路段进行排查,在大量降水时采取封路或分流等管控措施,同时利用提前布控的排水单元及时排除道路积水,保持道路畅通。

4 结语

本文以近年江苏、浙江、上海 2 万余起轻型货车交通事故为例,分析轻型货车事故的严重程度分布、时间及空间分布特性,从时间、空间、道路、环境四方面选取 8 个因素,应用五类回归模型进行对比分析,基于 AIC、BIC 准则得出有序 Logit 模型与有序 Probit 模型的拟合度较好。采用有序 Logit 模型与有序 Probit 模型对轻型货车交通事故严重程度影响因素进行定量分析,获得各因素的影响显著性、差异性,并根据模型分析结果提出道路交通安全管理改善建议,为交通管理部门有效预防轻型货车交通事故、降低其事故严重程度提供参考,为促进轻型货车安

全风险改善、提升事故预防水平提供决策依据。在未来研究中,可增加事故样本量和事故特征因素,以提高模型的准确性,进一步完善轻型货车交通事故影响因素分析。

参考文献:

- [1] 王晓峰,王健.轻型货车碰撞安全性改进设计[J].汽车技术,2008(7):31-34.
- [2] 赵强.轻型货车正面碰撞安全性能分析与优化研究[D].太原:中北大学,2016.
- [3] 万远航,邵毅明.货车挂挡下坡速度变化特征仿真研究[J].公路与汽运,2019(1):1-5.
- [4] 李硕,马玉坤,韩晖,等.山区高速公路货车事故严重度致因及随机参数分析[J].公路交通科技,2023,40(4):228-236.
- [5] 陈芑.货车交通事故的特征分析及相关对策研究[J].科技视界,2018(13):268-273.
- [6] 张道文,李敏,庞劭荣,等.重型货车与二轮车事故致因及其拓扑层级分析[J].汽车安全与节能学报,2023,14(2):157-164.
- [7] 曹瑞,戴晓峰,覃文文.考虑车型与道路线形的山区公路货车事故严重程度影响因素辨识[J].公路交通科技,2022,39(12):171-178.
- [8] 杨硕.重型货车交通事故严重程度影响因素及对策研究[D].北京:中国人民公安大学,2020.
- [9] 张璇,温惠英.基于贝叶斯空间有序 logit 模型的高速公路货车事故严重程度分析[J].甘肃科学学报,2022,34(6):78-84.
- [10] 李青.基于机器学习的严重交通事故典型场景识别及影响因素研究[D].西安:长安大学,2022.
- [11] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.
- [12] 李二培.普通国省干线公路平面交叉口安全评价[D].西安:长安大学,2014.
- [13] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选[M].2版.北京:清华大学出版社,2008.
- [14] 交通运输部公路司,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.
- [15] 北京交科公路勘察设计研究院有限公司.小交通量农村公路工程技术标准:JTG 2111—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.
- [16] 张译文.城市无控平面交叉口安全分析与评价研究[D].西安:长安大学,2012.

收稿日期:2023-09-15

收稿日期:2023-07-07