

基于历史数据的高速公路交通事故严重程度分析

王亮¹, 杨克¹, 方涛¹, 李永建¹, 李雨润^{2*}, 刘凯², 张洁²

¹山东高速股份有限公司, 山东 济南

²山东交通学院交通与物流工程学院, 山东 济南

收稿日期: 2025年7月21日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月18日

摘要

为深入探讨高速公路交通事故严重性的内在机制及其影响因素, 本文构建了一个基于“人-车-路-环境-事故属性”多维框架的事故严重程度影响因素指标体系。首先, 利用Pearson卡方检验筛选并确立事故影响因素及其之间的相关性; 然后, 将事故清理时间和占用车道数作为衡量事故严重程度的关键指标; 最后, 结合风险矩阵法(Risk Matrix Method, RM)对事故等级进行划分, 将事故严重程度作为因变量, 将事故影响因素作为自变量, 构建有序Logit模型。论文研究发现: 受伤人数、死亡人数、车辆数量、影响车道数和处置时间增加与事故严重性概率上升相关, 而晴朗天气和非弯道事故情境则与降低严重性风险相关, 为事故管理和预防提供了科学支持。

关键词

高速公路, 事故严重度, 事故影响因素, 有序Logit模型

Analysis of Highway Traffic Accident Severity Based on Historical Data

Liang Wang¹, Ke Yang¹, Tao Fang¹, Yongjian Li¹, Yurun Li^{2*}, Kai Liu², Jie Zhang²

¹Shandong Hi-Speed Company Limited, Jinan Shandong

²School of Transportation and Logistics Engineering, Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong

Received: Jul. 21st, 2025; accepted: Aug. 8th, 2025; published: Sep. 18th, 2025

Abstract

To deeply explore the internal mechanism of the severity of freeway traffic accidents and their

*通讯作者。

文章引用: 王亮, 杨克, 方涛, 李永建, 李雨润, 刘凯, 张洁. 基于历史数据的高速公路交通事故严重程度分析[J]. 交通技术, 2025, 14(5): 642-653. DOI: 10.12677/ojtt.2025.145064

influencing factors, this study constructs an indicator system for the factors affecting accident severity based on a five-dimensional framework of “human-vehicle-road-environment-accident attribute”. Firstly, the Pearson chi-square test is used to screen and identify the accident-influencing factors and the correlations among them. Secondly, accident clearance time and the number of occupied lanes are taken as the key indicators to measure accident severity. Finally, combined with the Risk Matrix Method (RM) to classify accident levels, an ordered Logit model is established by taking accident severity as the dependent variable and accident-influencing factors as independent variables. The results of this study show that increases in the number of injured persons, the number of deaths, the number of vehicles involved, the number of affected lanes, and disposal time are associated with a higher probability of accident severity. In contrast, sunny weather and non-curved road accident scenarios are associated with a reduced risk of severity. These findings provide scientific support for accident management and prevention.

Keywords

Highway, Accident Severity, Accident Influencing Factors, Ordered Logit Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高速公路系统作为现代交通基础设施的核心要素，其交通安全状况一直是学术界和公众高度关注的议题。该系统涉及一个由驾驶员、车辆、道路环境及交通管理等多方面因素相互作用形成的复杂系统。高速公路的安全性受到这些因素的共同作用和影响。因此，针对高速公路交通事故影响因素的深入探究对保障道路交通安全具有极其重要的学术价值和实践意义。此类研究不仅能增进我们对交通事故发生机制的认识，而且为制定和实施科学的交通安全策略与干预措施提供了理论支持和实证基础。

国内外学者针对交通安全事故影响因素展开了相关研究。根据因变量的不同，学者们对此选择不同的模型，针对二分类的因变量，靳文舟等人[1]运用二元 Logit 模型分析 Wayne 县直角事故，发现驾驶员、道路等因素显著，提供交通管理参考。石小林等[2]基于深圳双车事故数据，随机森林筛选变量，建立二元 Logit 模型，分析伤害程度影响因素。针对多分类的因变量，Celik 等[3]研究者将公交事故严重程度分为四类：死亡、重伤、轻伤和财产损失。采用有序 Logit 模型分析了加纳公交事故的影响因素，发现夜间行驶和交叉口等因素会让事故更严重。Reuben 等[4]研究者将公交事故严重程度分为死亡、重伤、轻伤和财产损失四类，并用随机参数模型研究了发展中国家的公交事故。他们发现夜晚和酒驾容易引起更严重的事故。顾宏艳等[5]研究者将公交事故严重程度分为致命、严重和轻伤三类，并用有序 Logit 模型分析了英国公交事故的影响因素。他们发现事故的严重程度与是否是工作日和白天等因素有显著关联。张巍等[6]将通过有序 Logit 模型分析计算了昌金高速公路的交通事故影响因素，提出改善措施从而提高安全水平。王长君等[7]以事故死亡人数为研究对象分析了道路因素对事故严重性的影响。董傲然等[8]基于电动车与汽车碰撞的视频事故数据，从人、车、路、环境四个方面选取 15 个自变量进行分析，研究表明汽车驾驶人的避险动作和违章类型、电动车驾驶人避险动作和违章类型、汽车类型、事故发生的时段、天气状况以及电动车可见时间 8 个自变量与伤害严重程度显著相关。殷豪等[9]利用潜类别 Logit 模型的两轮车骑行者头部损伤的影响因素。宗芳等[10]结合路面状况、车型及交叉口等因素分析了事故受伤人数的影响因素。周悦等[11]通过提取美国国家运输委员会的数据库，分析通用航空直升机事故后果严重性的影响因素及

其影响异质性问题。贺坤等[12]多项式 Logit 模型分析交叉口事故,发现非机动车驾驶员特征、位置、光照等七因素显著影响事故严重程度。

通过综合审视国内外学术界关于交通事故严重程度影响因素的研究成果可以发现研究者们在这一领域取得了显著进展。研究指出,驾驶员的个人特征、环境条件、道路与车辆状况,以及事故本身的特性均为影响事故严重度的关键因素。同时,对事故严重度进行精确的分类是深入探讨其影响因素的基础。尽管已有研究在事故严重度分类方面取得了一定成果,但普遍存在的一个问题是大多研究成果采用简化的定性方法进行分类(如将事故划分为致命与非致命,或者进一步细分为致命、受伤、无伤亡等类别),这种分类方法未能充分考虑到伤亡人数和财产损失的具体量化,从而在精确度上存在局限性。

鉴于此,本论文在定性分类的基础上提出了一种更为合理和精确的事故严重度量化与分类方法。这种量化方法能够综合考虑事故造成的伤亡程度、财产损失、社会影响等多个维度,以实现事故严重度的全面评估,从而为交通安全管理、政策制定和预防策略的优化提供更为科学的依据。针对此问题,本论文以山东省 3500 起高速公路交通事故为例,采用事故综合强度评价量化高速公路事故严重程度,除人员伤亡情况外,还综合考虑了车辆数量、道路清理时间、占用车道数等因素。论文运用有序 Logit 回归算法对高速公路交通事故严重程度进行建模分析,探究高速公路交通事故严重程度的显著影响因素。

2. 数据描述

2.1. 数据来源

本研究以山东省交通部门提供的 2023 年全年事故记录为数据来源,选取了经过预处理的 3500 起事故案例作为分析样本。这些样本数据涵盖了人员信息、车辆特性、道路环境特性以及事故特性等多个维度的详细信息。

2.2. 变量选取

道路系统由人、车、路和环境等多个因素组成的复杂系统。许多方面的因素都可能导致交通事故的发生。在综合相关文献研究的基础上,并考虑到高速公路的特殊性,本研究选取了人员特征、车辆特征、道路特征、环境特征和事故属性这五个方面的共计 13 个因素作为自变量。以三种事故等级为因变量。

3. 高速公路交通事故特征参数提取

高速公路交通事故的生成是多因素综合作用的后果,涉及人员、车辆、道路、环境等因素。本研究立足于五个关键维度——人、车、道路、环境以及交通属性,对交通事故的影响因素进行了系统的筛选,在此基础上,本研究进一步明确了这些因素之间的相关性,通过这一研究,为事故严重程度模型建立指标体系。

3.1. 高速公路交通事故影响因素分析

传统交通事故影响因素分析模型通常侧重于事故发生率和事故后果两个维度,然而,这种分析往往忽略了事故等级的差异,即事故率仅能表明某路段是否发生事故,而无法揭示可能发生的事故严重程度。本研究以山东省 3500 起高速公路交通事故数据为样本,通过对事故发生时间、地点与天气条件、道路状况、交通运行状态等信息进行匹配,筛选出信息完整度超过 85%的数据,最终得到 3000 起高速公路交通事故的有效样本。本研究综合考虑了多个影响因素,包括受伤和死亡人数、车辆类型和数量、是否位于交叉口、养护施工情况、影响车道数、是否在弯道、事故季节、事故时间、天气条件、事故处理时间以及

车辆碰撞类型等。

本节构建一个多维的高速公路交通事故影响因素模型指标体系，该体系涵盖“人”、“车”、“路”、“环境”及“事故属性”五个关键维度。在本研究中，天气条件、交通属性等离散变量存在众多分类，这可能导致样本观测值的高度分散，进而削弱模型变量的解释能力。针对这一问题，本研究采纳了一种处理策略，即对部分事故信息变量根据其描述性特征进行合并与分类，从而进行编码[13]，如表 1 所示，最终的交通事故影响因素指标体系如下：在“人”维度方面，包括受伤人数和死亡人数两个指标。受伤人数分为三个类别：0 人、1~3 人、3 人以上；死亡人数同样分为三个类别：0 人、1~3 人、3 人以上。在“车”维度方面，涉及车辆类型和车辆数量两个指标。车辆类型被划分为小型车、货车、客车和其他四类；车辆数量则分为 1 辆、2 辆、3 辆及 3 辆以上。在“路”维度方面，包括是否在交叉口、是否有养护施工、是否在弯道以及影响车道数四个指标。是否在交叉口分为是与否；是否有养护施工同样分为是与否；是否在弯道也分为是与否；影响车道数则分为 1 条、2 条、3 条及以上。在“环境”维度方面，涵盖了事故发生季节、事故发生时间、事故处理时间和天气条件四个指标。事故发生季节分为春季、夏季、秋季和冬季；事故发生时间分为凌晨、上午、下午和夜晚；事故处理时间分为小于 25 分钟、25~60 分钟、60 分钟以上[14]；天气条件则分为晴天、雨天、雪天和其他。在“事故属性”维度方面，包括车辆碰撞类型一个指标，分为追尾、撞护栏、侧翻和其他几类。通过上述分类，本研究构建了一个细致且具有较高解释力的交通事故影响因素模型指标体系，为后续的统计分析奠定了基础。

Table 1. Coding and assignment of influencing factors
表 1. 影响因素编码并赋值

特征参数	离散编码
受伤人数	1~3: 1, 3 人以上: 2
死亡人数	1~3: 1, 3 人以上: 2
车辆类型	小型车: 1, 货车: 2, 客车: 3, 其他: 4
车辆数量	1: 1, 2: 2, 三辆以上: 3
是否在交叉口	是: 1, 否: 2
是否有养护施工	是: 1; 否: 2
影响车道数	1: 1, 2: 2, 3 以上: 3
是否处在弯道	1: 是; 否: 2
事故发生季节	春季: 1, 夏季: 2, 秋季: 3, 冬季: 4
事故发生时间	凌晨: 1, 上午: 2, 下午: 3, 夜晚: 4
事故处理时间	小于 25 min: 1; 25~60 min: 2; 60 min 以上: 3
天气条件	晴天: 1, 雨: 2, 雪: 3, 其他: 4
车辆碰撞类型	追尾: 1 撞护栏: 2, 侧翻: 3, 其他: 4

事故等级包括事故车辆数量、事故清理时间、占用车道数。其中事故车辆数量分为 1 辆、2 辆、3 辆及以上；事故清理时间分为小于 10 min、10~30 min、30~60 min、60 min 以上。样本数据经过处理后均为离散型变量，研究变量符号如表 2 所示。

Table 2. Variable symbols table
表 2. 变量符号表

变量	变量符号	变量分类	变量符号
人	R	受伤人数	R1
		死亡人数	R2
车	C	车辆数量	C1
		车辆类型	C2
路	L	是否在交叉口	L1
		是否有养护施工	L2
		影响车道数	L3
		是否处在弯道	L4
环境	H	事故发生季节	H1
		事故发生时间	H2
		事故处理时间	H3
		天气条件	H4
事故属性	S	车辆碰撞类型	S1

3.2. 高速公路交通事故影响因素相关性分析

本研究旨在探究变量间的相关性，并筛选出与事故严重等级具有显著相关性的变量作为评价指标。在传统学术探究中，皮尔逊相关系数常被用来量化连续变量间的线性相关性，尽管如此，当处理离散型变量时，该方法的适用性受到限制，因为这通常要求将离散变量转换为哑变量(dummy variables)以适应分析框架。随着变量分类的增加，所需的虚拟变量数量也相应增多，这不仅增加了分析的复杂性，还可能引入多重共线性问题[15]。因此，本研究采纳了 Pearson 卡方检验作为分析离散数据的方法，Pearson 卡方检验适用于判断两个离散变量是否相互独立，在分类数据的分析中，相较于皮尔逊相关系数，它提供了更为严格的统计检验，通过实施 Pearson 卡方检验，本研究有效地对离散变量间的关联性进行了评估，并在此过程中规避了因引入虚拟变量而可能引起的分析复杂性。皮尔逊卡方检验是一种统计方法，旨在量化两个分类变量之间的相关性强度，计算公式如下：

$$x^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

式中： x^2 表示皮尔逊卡方统计量，其作用是量化观察频数与在独立性假设下预期频数之间的差异程度； f_o 代表实际观察到的频数，即特定影响因素类别的观测次数，而 f_e 则是对应类别的期望频数。当卡方检验的显著性 p 值低于 0.05 的阈值时，可以推断“两个因素相互独立”的假设不成立，进而认为这两个因素之间存在统计学上的关联性。通过这一过程，本研究确定了具有统计学相关性的变量，具体如表 3 所示。

由表 3 可知，除是否有养护施工、事故发生季节等均与交通事故影响车道数、事故处理时间指标相关。通过 Person 卡方检验法，最终选取受伤人数、死亡人数、车辆类型、车辆数量、是否在交叉口、影响车道数、是否在弯道、事故发生时间、天气条件、事故处理时间、车辆碰撞类型作为事故严重程度的影响因素。

Table 3. Results of correlation variable analysis
表 3. 相关性变量分析结果

变量	变量符号	变量	变量符号
H3	R1	L3	R1
	R2		R2
	C1		C1
	L1		L1
	L3		S1
	L4		L4
	H2		H2
	C2		H3
	H4		H4
	S1		C2

4. 基于 RM 的高速公路交通事故等级分析

目前，我国道路交通事故等级划分标准，根据事故发生造成的损失程度或损害后果而划分(如表 4 所示)，该标准仅考虑事故带来的损失程度和损害后果，并未综合考虑对人、车、路、环境与通行能力的影响。

Table 4. Classification standards for road traffic accidents
表 4. 道路交通事故等级划分标准

	损失程度	损害后果
轻微事故	1~2 人轻伤	仅有财产损失的交通事故
一般事故	1~2 人重伤或 3 人轻伤	仅有人员受伤或者既有人员受伤又有财产损失的交通事故
重大事故	3~11 人重伤、1 人死亡且重伤 8 人以上、2 人死亡且重伤 8 人以上	仅人员死亡或人员既有死亡又有受伤且财产损失的交通事故

综上所述，未考虑事故发生后对通行能力的影响。本研究提出一种交通事故严重程度评估模型，风险矩阵分析法(Risk Matrix, RM)作为一种定量风险评估办法，RM 以其客观性特征而受到认可，专门用于风险级别的量化评定。考虑到事故处理所需时间反映了事故处理的复杂度，而车道占用数量则可以作为事故损失严重性的间接指标，本研究通过 RM 技术整合了这两个关键指标，以此来鉴定高速公路交通事故的严重性等级。计算公式如下：

$S = H3 \times S1$

公式中：S 为事故等级；H3 事故处理时间；S1 为占用车道数。

RM 法首先利用影响因素相关性，计算潜在事故处理时长以及占用车道数的概率。再通过构建的二维风险矩阵，即可生成风险等级矩阵表(如表 5 所示)。根据事故风险等级的分级管理策略，事故风险等级被划分为三个级别：I 级、II 级、III 级，依次代表风险由低至高，并通过红色、橙色、黄色三种颜色加以区分和标识。综合考虑相关文献划分方法，本文定义了风险矩阵的判定规则。

(1) 当占用车道数为 1 级时，若事故处理时间为 1、2 级，则事故严重程度判定为 I 级；若事故处理

时间为 3 级，则事故严重程度判定为 II 级。

(2) 当占用车道数为 2 级时，若事故处理时间为 1、2 级，则事故严重程度判定为 II 级；若事故处理时间为 3 级，则事故严重程度判定为 III 级。

(3) 当占用车道数为 3 级时，若事故处理时间为 1 级，则事故严重程度判定为 II 级；若事故处理时间为 2、3 级，则事故严重程度判定为 III 级。

Table 5. Accident severity determination matrix
表 5. 事故严重程度判定矩阵

事故处理时间	占用车道数		
	1	2	3
1	I	II	II
2	I	II	III
3	II	III	III

由表 5 可知，事故严重程度由 I 到 III 级逐级升高，表明在高速公路上，事故处置时间越长、占用车道数越多，事故等级越大，为后续方便计算分析重大事故下，哪些因素更影响事故等级，需对不同事故等级进行赋值，并将结果用于有序 Logistic 模型的因变量中，如表 6 所示。

Table 6. Value assignment for accident levels
表 6. 事故等级取值

事故等级	赋值
I	1
II	2
III	3

5. 基于有序 Logit 回归模型的高速公路交通事故严重程度分析

5.1. 有序 Logit 回归模型

选择恰当的 Logit 回归模型对于深入分析高速公路交通事故严重性的影响因素至关重要。与其他 Logit 模型相比，有序 Logit 模型特别考虑了因变量的顺序性。在第 4 节中，我们将高速公路交通事故的严重程度划分为三个类别，这一分类使得事故严重程度呈现出明显的顺序性。基于这一特点，有序 Logit 模型成为构建高速公路交通事故严重程度分析模型的理想选择，它能够有效地分析各种因素如何影响高速公路交通事故的严重程度。有序 Logit 模型的应用如下：

$$P_j = P(y \leq j | x) = \begin{cases} \frac{\exp(\alpha_j + \beta x)}{1 + \exp(\alpha_j + \beta x)}, & 1 \leq j < 3 \\ 1, & j = 3 \end{cases}$$
$$\ln \left(\frac{P_j}{1 - P_j} \right) = \alpha_j + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$$

式中： x_i 为第 i 个影响因素； y 为高速公路交通事故严重程度； P_j 为 y 取值小于等于 j 的概率； α_j 为 y 取值为 j 的回归常数项； β_i 为 x_i 的回归系数； β 为 β_i 构成的向量； x 为 x_i 构成的向量； k 为影响因素

的个数。

由于本研究将事故严重程度分为 3 类，因此模型为：

$$P(y=1|x)=\frac{\exp(\alpha_j+\sum_{i=1}^k\beta_ix_i)}{1+\exp(\alpha_j+\sum_{i=1}^k\beta_ix_i)}$$
$$P(y=2|x)=P(Y\leq 2|x)-P(Y\leq 1|x)$$
$$P(y=3|x)=1-P(Y\leq 2|x)$$

5.2. 模型因子检验

在考虑交通事故严重度影响因素时，由于所涉及的因素众多，这些因素之间可能存在较强的相关性，这种共线性可能会对统计模型的预测精度产生不利影响。因此，进行共线性诊断是模型构建过程中的一个必要步骤。方差膨胀因子(Variance Inflation Factor, VIF)是识别和评估多重共线性严重程度的一种标准统计方法。在本研究中，采用 SPSS26 软件对选定的 13 个自变量进行了多重共线性检验，检验结果如表 7 所示。通过对 VIF 值的分析，可以判断自变量间是否存在严重的共线性问题。VIF 值大于 10 通常被认为是共线性严重的标志。

Table 7. Multicollinearity test
表 7. 多重共线性检验

变量	容差	VIF
受伤人数	0.815	1.756
死亡人数	0.817	1.225
车辆类型	0.928	1.078
车辆数量	0.834	1.200
是否在交叉口	0.658	1.521
是否有养护施工	0.601	1.663
影响车道数	0.677	1.477
是否处在弯道	0.712	1.405
事故发生季节	0.715	1.398
事故发生时间	0.741	1.349
处置时长	0.668	1.496
天气条件	0.804	1.244
车辆碰撞类型	0.620	1.612

研究指出，当方差膨胀因子(VIF)的值达到或超过 10 时，可以认为变量间存在显著的多重共线性问题。根据表的结果显示，所检验的 13 个自变量的 VIF 值均显著低于 10，这意味着这些变量之间并未出现多重共线性现象，因此均可用作模型的自变量。

5.3. 模型拟合优度

将事故综合强度分类结果作为因变量进行有序 Logit 回归建模，采用 SPSS26 对模型进行求解，利用 brant 进行平行线假设检验，检验得到 $P=0.23>0.05$ ，表明符合平行线假设检验，因此有序 Logit 模型可

以应用于事故数据分析。并计算模型的拟合优度，结果如表 8 所示，Person (皮尔逊相关系数)显著性明显，说明模型拟合优度好。

Table 8. Model goodness-of-fit test
表 8. 模型拟合优度检验

指标	显著性
Person	1
偏差	0.8

5.4. 模型参数估计

每个自变量的回归参数结果如表 9 所示。当显著性水平 P 值小于 0.05 时，表示该自变量对高速公路交通事故严重程度具有显著影响； β 值为正表明该自变量能增大因变量的值， β 值为负表明该自变量能减小因变量的值。将事故综合强度分类法的结果作为因变量的有序 Logit 回归结果显示，受伤人数、死亡人数、车辆类型、车辆数量、影响车道数、是否在弯道、事故发生时间、处置时长、车辆碰撞类型等因素是影响高速公路交通事故严重程度的显著因素。

Table 9. Regression parameter results
表 9. 回归参数结果

变量		β	P 值
受伤人数	1~3	0.012	0.839
死亡人数	1~3	0.006	0.132
车辆类型	小型车	0.090	0.783
车辆数量	1	0.041	0.000
是否在交叉口	是	-2.731	0.000
是否有养护施工	是	1.025	0.000
影响车道数	1	-0.011	0.069
是否处在弯道	1	0.021	0.332
事故发生季节	春季	-0.350	-0.186
事故发生时间	凌晨	0.187	0.400
处置时长	小于 10 min	0.021	0.863
天气条件	晴天	2.936	0.234
车辆碰撞类型	追尾	0.062	0.341

6. 高速公路交通事故严重程度影响因素分析

为进一步分析以上显著因素对高速公路交通事故严重程度的具体影响力度，我们使用了边际系数的计算方法来评估各因素的平均影响。具体来说，我们计算了每个显著因素对事故严重程度的平均边际效应，详细结果如表 10 所示。这一分析有助于我们更深入地理解各因素在影响事故严重性方面的相对重要性。

受伤人数和死亡人数增多严重程度为 2、3 的高速公路交通事故的发生概率，增大的概率分别为 11.62%、9.95%和 20.03%、29.16%；由于事故等级随人员的伤亡人数增加而增大，因此交通管理部门应

注意事故发生时，及时派遣救护人员到达事故现场，减少事故伤亡人员的数量。

车辆数量增多会增大严重程度为 3 的高速公路交通事故的发生概率，增大的概率为 10.94%；车辆数量在三辆及三辆以上时的事故发生概率占比达到 60%。由于影响车辆数量增多，高速道路容量有限，会增加二次事故的风险并且严重降低了道路通行效率。

影响车道数增多严重程度为 3 的高速公路交通事故的发生概率会增大，增大的概率为 22.99%。若影响车道数过多，会导致车辆无法正常通行，造成严重的拥堵，因此，交通部门应及时将无关车辆疏通，事故车辆转移到应急车道，并设置警示牌。

是否在弯道会减少严重程度为 3 的高速公路交通事故的发生概率，减少的概率 20.79%，车辆在弯道行驶过程中，由于驾驶员的操作不当或注意力分散等因素，可能会削弱其对道路状况的感知能力以及在紧急情况下的反应能力，从而增加了发生更为严重事故的风险。据此，建议为降低事故发生的严重程度，应当强化对驾驶员的培训和教育，确保其在驾驶过程中保持高度专注。此外，还需关注驾驶员的休息安排，以合理规划驾驶周期，从而提升驾驶安全。

处置时长增多会增大严重程度为 3 的高速公路交通事故的发生概率，增大的概率为 17.01%，处置时长增加将会导致道路通行能力下降，进而延长交通拥堵的持续时间。这种现象会加剧交通压力。

天气条件会减少严重程度为 3 的高速公路交通事故的发生概率，减少的概率为 30.68%。在晴朗的天气条件下，道路表面状况通常较为理想，从而降低了发生严重交通事故的可能性。相反，在恶劣的气象条件下，如雨天、雾天和雪天，道路表面的摩擦系数会降低，能见度也会受到影响，这些因素均可能导致交通事故的严重程度增加。因此，驾驶员在这些不利天气条件下行驶时，应当提高警觉性，采取更为谨慎的驾驶行为，以减少交通事故的发生风险。

Table 10. Result analysis diagram

表 10. 结果分析图

因素	严重程度	边际值	标准差	z	P > z
受伤人数	1	-0.2157	0.0313	-3.7	0
	2	0.1162	0.0525	3.93	0
	3	0.0995	0.0484	4	0
死亡人数	1	-0.4919	0.029	-3.69	0
	2	0.2003	0.0269	3.72	0.001
	3	0.2916	0.0276	3.31	0
车辆数量	1	0.1071	0.0418	2.56	0.019
	2	-0.2165	0.0418	-2.34	0.009
	3	0.1094	0.0473	2.61	0
影响车道数	1	-0.2376	0.0468	5.74	0
	2	-0.1023	0.0493	5.11	0
	3	0.2299	0.0509	-4.52	0
是否在弯道	1	-0.0363	0.056	-5.19	0
	2	0.2216	0.0426	5.2	0
	3	-0.2079	0.0456	-4.56	0

续表

处置时长	1	-0.4299	0.0469	-4.04	0
	2	0.2598	0.0491	4.88	0
	3	0.1701	0.0322	-4.92	0
天气条件	1	-0.1713	0.0394	-3.77	0
	2	0.1355	0.0354	3.83	0
	3	-0.3068	0.042	4.08	0

7. 结论与展望

7.1. 结论

本文构建了一个针对高速公路交通事故影响因素模型指标体系,该体系基于“人、车、路、环境、事故属性”五个维度进行构建,为确定高速公路交通事故的影响因素并明确它们之间的相互关系,本研究采用了 Pearson 卡方检验法,在本研究中,事故处理时间和占用车道数被选定为判定交通事故等级的关键指标,通过风险矩阵法,确定了事故的严重等级,并将其作为因变量。鉴于事故严重等级是一个有序变量,本研究采用了有序 Logistic 模型进行进一步分析,以探究各事故影响因素对事故严重程度的影响。通过上述方法,本研究旨在实现对交通事故严重程度的准确判定,有序 Logistic 模型的应用不仅有助于揭示不同影响因素的作用力度,而且为制定针对性的交通事故预防措施和救援策略提供了量化支持。获得以下结论:(1) 受伤人数、死亡人数、车辆数量、影响车道数、处置时长的增多会增大严重高速公路交通事故的概率。(2) 晴天、不在弯道会减小发生严重高速公路交通事故的概率。

7.2. 研究局限性与论文展望

尽管本研究提出的改进模型在预测性能上达到了预期目标,展现了其应用价值,但受限于研究条件与数据范畴,仍存在若干可进一步深化的方向,具体如下:(1) 在研究维度的广度上,本研究的分析框架仍有拓展空间。当前模型主要聚焦于环境因素对事故严重程度的影响,而未能全面整合社会经济层面的考量,例如事故引发的直接与间接经济损失、社会公众心理影响等。(2) 在模型构建的精度上,对变量间复杂关系的刻画尚显不足。在实际数据集中,部分解释变量之间并非完全独立,而是存在着微弱但不可忽视的交互效应或共线性关系。

基金项目

山东省工业和信息化厅: 202350100829,空地一体智慧高速综合立体运营服务平台关键技术研发及示范应用;山东省交通运输厅: 2023B74,空地一体智慧高速综合立体运营服务平台关键技术研发及示范应用;山东高速股份有限公司: SDGS-2023-0281,空地一体智慧高速综合立体运营服务平台关键技术研发及示范应用。

参考文献

- [1] 靳文舟,裴晓航,汤左淦,等. 考虑碰撞角色的双车事故驾驶伤害程度研究[J]. 深圳大学学报(理工版), 2022, 39(2): 230-236.
- [2] 石小林,李涵,黄子富. 基于二元 Logit 模型的直角事故受伤严重程度分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2020, 18(1): 106-110.
- [3] Sam, E.F., Daniels, S., Brijs, K., Brijs, T. and Wets, G. (2018) Modelling Public Bus/Minibus Transport Accident Severity in Ghana. *Accident Analysis & Prevention*, **119**, 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.008>

-
- [4] Tamakloe, R., Lim, S., Sam, E.F., Park, S.H. and Park, D. (2021) Investigating Factors Affecting Bus/Minibus Accident Severity in a Developing Country for Different Subgroup Datasets Characterised by Time, Pavement, and Light Conditions. *Accident Analysis & Prevention*, **159**, Article 106268. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106268>
- [5] 顾宏艳, 沈金星, 于淼, 等. 公交车单车事故严重程度影响因素分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(33): 14401-14407.
- [6] 张巍, 武艳, 张春波. 基于有序 Logit 模型的山区高速公路事故影响因素分析[J]. 青海交通科技, 2016(3): 115-117.
- [7] 陈昭明, 徐文远, 曲悠扬, 等. 基于混合 Logit 模型的高速公路交通事故严重程度分析[J]. 交通信息与安全, 2019, 37(3): 42-50.
- [8] 董傲然, 王长帅, 景云超, 等. 基于 Logit 模型的电动自行车驾驶人受伤严重程度影响因素研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(2): 243-247.
- [9] 殷豪, 林淼, 王鹏, 等. 基于潜类别 Logit 模型的两轮车骑行者头部损伤影响因素研究[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(1): 43-52.
- [10] 宗芳, 许洪国, 张慧永. 基于 Ordered Probit 模型的交通事故受伤人数预测[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2012, 40(7): 41-45.
- [11] 周悦, 蒋维安, 付川云, 等. 考虑因素异质影响的直升机事故严重性分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2024, 24(2): 323-332.
- [12] 贺昆. 基于多项式 Logit 模型的道路交叉口机非事故影响因素分析[J]. 交通工程, 2024, 24(1): 61-66.
- [13] 李泽文. 危险品运输多目标路径优化方法研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东交通学院, 2023.
- [14] 胡骥, 闫章存, 卢小钊, 等. 基于有序 Logit 与 Probit 模型的交通事故严重性影响因素分析[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(3): 836-843.
- [15] 郝翊. 基于多源数据的公交驾驶风险等级判别方法研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2021.