

高原山区重型货车驾驶人驾驶风险评估方法

覃文文¹, 臧津延¹, 鄢祺阳², 刘云贵¹, 杨震¹, 吴云鹏¹

(1. 昆明理工大学交通工程学院, 昆明 650504; 2. 重庆首讯科技股份有限公司, 重庆 400000)

摘要: 为构建具有良好泛化性和可解释性的重型货车驾驶人驾驶风险评估体系, 本文基于云南省重型货车轨迹数据, 首先, 构建涵盖驾驶风格风险、疲劳风险和驾驶环境风险三个方面的驾驶风险评估指标; 其次, 采用皮尔逊相关性分析, 从初始驾驶风险评估指标中筛选出43个关键指标; 最后, 基于CRITIC赋权法获取各类指标的特征权重, 提出重型货车驾驶人驾驶风险评估方法。结果表明: 驾驶风格风险得分在30分以下的占比约82.16%, 可见大多数高原山区重型货车驾驶人驾驶风险评估值较低; 疲劳风险评估显示42.3%的样本得分低于12分, 反映出云南省内重型货车驾驶人较少进行长途运输, 连续长时间驾驶的情况较少; 驾驶环境风险评估值在15~35分范围内分布最密集, 占比为75.46%, 表明货物运输主要依赖于风险较高的干线公路。

关键词: 交通安全; 重型货车; 驾驶风险量化; 赋权法; 相关性分析

中图分类号: X951 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5497(2025)11-3614-09

DOI: 10.13229/j.cnki.jdxbgxb.20240125

Driving risk assessment method of heavy goods vehicle drivers in plateau and mountainous areas

QIN Wen-wen¹, ZANG Jin-yan¹, YAN Qi-yang², LIU Yun-gui¹, YANG Zhen¹, WU Yun-peng¹

(1. Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China;
2. Chongqing Top-Tech Information Co., Ltd., Chongqing 400000, China)

Abstract: To construct a driving risk assessment system for heavy goods vehicle drivers with good generalization and interpretability, based on trajectory data from heavy goods vehicle in Yunnan Province, this paper establishes driving risk assessment indicators covering driving style risk, fatigue risk, and driving environment risk. It then uses Pearson correlation analysis to select 43 key indicators from the initial set of driving risk assessment indicators. Lastly, by applying the CRITIC (criteria importance though intercriteria correlation) empowerment method to determine characteristic weights of various indicators, it proposes a method for assessing the driving risk of heavy goods vehicle drivers. The findings indicate that approximately 82.16% of drivers have driving style risk scores below 30 points, suggesting that the majority of heavy goods vehicle drivers in high-altitude mountainous areas have low risk assessment values.

收稿日期: 2024-01-30.

基金项目: 国家自然科学基金项目(72461015); 云南省重大科技专项计划项目(202502AD080006); 云南省基础研究计划面上项目(202401AT070409); 云南省教育厅科学研究基金项目(2025J0086); 云南省研究生导师团队建设项目(2024); 云南省“兴滇英才支持计划”青年人才专项项目(2024).

作者简介: 覃文文(1986-), 男, 讲师, 博士. 研究方向: 交通安全. E-mail: qinww@kust.edu.cn

通信作者: 杨震(1990-), 男, 讲师, 博士. 研究方向: 道路安全评估. E-mail: 20230114@kust.edu.cn

The fatigue risk assessment reveals that 42.3% of samples score below 12 points, indicating that heavy goods vehicle drivers in Yunnan Province engage less frequently in long-distance transportation, with fewer instances of continuous long-duration driving. The driving environment risk assessment is most densely distributed in the 15 to 35 points range, accounting for 75.46%, which suggests that cargo transportation mainly depends on riskier arterial roads.

Key words: traffic safety; heavy goods vehicle; quantifying driving risks; empowerment method; correlation analysis

0 引言

驾驶风险是驾驶人行车过程中面临的,由自身因素或外界因素所带来的风险。这些风险因素包括驾驶人自身的因素(如驾驶行为、个体特征)、车辆因素、道路因素、环境因素和管理因素^[1]。研究驾驶风险有助于识别和减少上述因素,降低事故发生的可能性。受道路条件和道路线形的影响,高原山区的行车环境非常复杂且事故频发,我国道路交通事故统计数据显示^[2],高原山区公路交通事故发生率远高于平原地区,而在山区事故中重型货车占有较大比例。重型货车驾驶人作为重型货车的直接操控者,其驾驶行为是决定驾驶风险高低的直接因素,已有研究表明,驾驶人的不良驾驶行为导致了约90%的交通事故^[3],且对交通事故的严重度有显著影响^[4]。因此,对高原山区重型货车驾驶人进行驾驶风险评估研究,有助于实现重型货车驾驶人的精细化管理,提高货物运输的安全性。

目前,国内外学者围绕小汽车驾驶人驾驶风险已开展大量研究,但对重型货车驾驶人驾驶风险的研究相对较少。对于货车驾驶风险的评估,当前的研究可分为基于聚类的定性评价和基于打分的定量评价。在货车驾驶风险定量评价方面,牛世峰等^[5]设计实车驾驶试验,考虑高速行驶和非高速行驶的差异,构建了一种结合组合赋权方法的营运车辆驾驶人驾驶风险评估模型,并验证了模型的鲁棒性。韩万里^[6]考虑驾驶人特性、交通心理等因素,构建重型货车驾驶人驾驶行为体系量表,提出了一种融合灰色关联度与TOSIS的驾驶行为评估方法;Niu等^[7]提出一种仅使用位置数据来评估危险品货车特定驾驶环境(例如驾驶路线)风险的方法,研究天气、行驶时间、交通流量和平均速度等对货车驾驶员的非事故里程的影响程度;Hyun等^[8]基于货车轨迹监测数据,将给定行程的平均速度与给定货车所有行程的平均速度

之间的速度差作为风险驾驶的替代指标,速度变化越小,则驾驶行为风险越低,进而实现对每个货车驾驶人的驾驶风险评估。

在货车驾驶风险定性评价方面,孙川等^[9]基于车联网数据,借助因子分析提炼出变速、超速、减速和加速4种驾驶行为特征,并通过聚类分析得到驾驶行为特征聚类结果,实现对运营车辆的驾驶安全评估;王海星等^[10]基于危险品货运车辆的轨迹数据,提取车速标准差、加速度等特征,通过降维得到急加减速、超速驾驶和变速驾驶3种行为,再使用模糊C均值聚类算法将每种驾驶行为分为4个安全等级;Wei等^[11]提取货车超速、超时驾驶、过快加速、过快减速等特征,采用Jenks自然断裂优化方法将40名货车驾驶人划分为5个驾驶风险等级;Yuan等^[12]基于人口统计属性、驾驶违规行为、车祸史和货车司机定罪记录,应用聚类分析方法,将货车司机分为驾驶风险低但车祸记录高的中老年驾驶人、驾驶风险高且事故风险高的驾驶人、不存在非法驾驶行为的驾驶人。

上述研究为评估重型货车驾驶人的驾驶风险提供了有益参考,但仍有以下局限性:①货车驾驶人驾驶风险研究涉及的数据大多数来自问卷调查、实车驾驶试验和驾驶模拟试验,基于轨迹数据的研究较少;②基于轨迹数据的货车驾驶人驾驶风险研究大多仅对某一类道路上的轨迹点开展,鲜有考虑多道路等级路网结构的驾驶风险研究;③在基于轨迹的货车驾驶风险评估研究中,多侧重于车辆的运行参数评估驾驶风险,融入环境因素、道路因素的研究相对少见。

因此,为丰富高原山区重型货车驾驶人驾驶风险评估体系,本文基于云南省重型货车轨迹数据,考虑“人-路-环境”对驾驶风险的影响,构建重型货车驾驶人驾驶风险评估指标,并利用皮尔逊相关性分析和Critic赋权法提出一种基于全路网轨迹数据的重型货车驾驶人驾驶风险评估方法,为多道路等

级路网结构的驾驶风险研究提供理论依据。

1 研究数据

1.1 轨迹数据

本文所用的重型货车轨迹数据由某全国道路货运监测平台提供,数据采集时间为2019年3月1—7日,全部为云南省范围内的重型货车低频轨

迹数据。数据样例如表1所示,包含以下6个字段:vid、lon、lat、timestamp、speed、direction,对应的属性含义为车辆编号、经度、纬度、时间戳、瞬时速度、方向角。其中,车辆编号是车辆唯一标识,经纬度精度为 10^{-6} 度,瞬时速度是当前时间戳下车辆的行驶速度,单位为0.1 km/h,方向角是顺时针下车辆行驶方向与正北方向的夹角。

表1 重型货车轨迹数据样例

Table 1 Example of heavy goods vehicle trajectory data

车辆编号	经度	纬度	时间戳	速度/(0.1 km·h ⁻¹)	方向角/(°)
8999****00	102.859 278	24.959 296	2019/3/1 0:00:09	721	277
8999****00	102.858 677	24.959 355	2019/3/1 0:00:12	734	276
8999****00	102.857 256	24.959 463	2019/3/1 0:00:19	737	274
8999****00	102.856 665	24.959 512	2019/3/1 0:00:22	712	275

对重型货车轨迹点进行采样间隔统计分析,82.5%的采样间隔都在40 s以内,且采样间隔在30~40 s范围内的数据最多,在全部轨迹点采样间隔中约占51%。进一步分析可知数据平均采样间隔约30 s,具体如图1所示。因此,该重型货车低频轨迹数据集数据质量是可靠的。

另外,本文利用Python语言编程实现对轨迹数据的预处理,包括坐标系转换、剔除云南省外的轨迹数据、处理异常数据(部分字段数据缺失、时间戳、方向角数据异常,重复记录)。

1.2 数据处理

1.2.1 行驶状态数据与轨迹数据融合

行驶状态数据在存储形式上增加了一列状态属性,记录了重型货车行驶过程中的3种状态:超速行驶、疲劳行驶、迫近行驶(碰撞报警)。行驶状态数据与轨迹数据融合指的是,为轨迹数据中的每一个轨迹点增加行驶状态属性。本文用pandas读取行驶轨迹数据中的车辆编号、时间戳和瞬时速度,再用merge函数将行驶轨迹数据同车辆编号、时间戳相等的轨迹点进行左连接。最后,将数据的属性列用中文重命名。

1.2.2 识别轨迹点所在位置

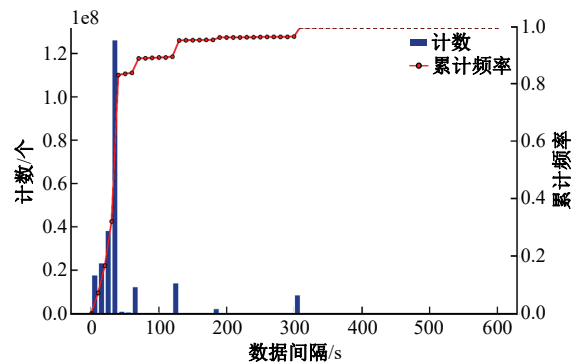


图1 重型货车轨迹数据采样间隔统计

Fig. 1 Statistics of sampling interval of heavy goods vehicle trajectory data sampling interval

通过轨迹点所在位置的识别,可以进一步分析轨迹点的空间分布特征。本文利用geopandas库中的空间连接功能,将云南省行政区划数据与云南省重型货车轨迹点融合,识别出轨迹点所在的地级市和区县。

1.2.3 为轨迹点匹配道路类型

为确定当前轨迹点所处的道路类型以及道路名称,本文利用KDTree(K-dimensional tree)算法进行轨迹点与路网的近邻匹配,通过调取Python第三方库transbigdata,实现点与线的近邻匹配。最终得到的数据样例如表2所示。

表2 数据处理后的数据样例

Table 2 Sample data after data processing

车辆编号	经度	纬度	时间戳	瞬时速度	方向角	超速行驶	疲劳行驶	碰撞报警	所属州市	所属区县	道路类型	道路名称
8999****00	102.859278	24.959296	2019/3/1 0:00:09	721	277	NAN	pilao	NAN	昆明市	呈贡区	高速公路	汕昆高速
8999****00	102.858677	24.959355	2019/3/1 0:00:12	734	276	NAN	pilao	NAN	昆明市	呈贡区	高速公路	汕昆高速
8999****00	102.857256	24.959463	2019/3/1 0:00:19	737	274	NAN	pilao	NAN	昆明市	呈贡区	高速公路	汕昆高速
8999****00	102.856665	24.959512	2019/3/1 0:00:22	712	275	NAN	pilao	NAN	昆明市	呈贡区	高速公路	汕昆高速

2 重型货车驾驶人驾驶风险量化评估

2.1 重型货车驾驶人驾驶风险评估特征筛选

为提高数据运算效率,本文以 7 d 内在 6 类道路类型上皆有行驶记录的 1 149 名重型货车驾驶人为研究对象,聚焦重型货车整个行程时间完整的轨迹链,从驾驶风格风险、疲劳风险和驾驶环境风险三个层面进行重型货车驾驶人驾驶风险评估,提出了重型货车驾驶人驾驶风险评估的 102 个指标,其中驾驶风格风险评估指标 72 个,疲劳风险评估指标 6 个,驾驶环境风险评估指标 24 个,如图 2 所示。

为防止重型货车司机的驾驶风险信息因高度相关的指标重复使用而降低评估的可行性和合理性,需要通过相关性分析来筛选评估指标。由于提取的特征都是连续型变量,故选择皮尔逊相关系数进行特征选择,其计算公式如下:

$$\rho_{ZY} = \frac{\sum_{a=1}^{\eta} (Z_a - \bar{Z})(Y_a - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{a=1}^{\eta} (Z_a - \bar{Z})^2 \sum_{a=1}^{\eta} (Y_a - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

式中: η 为样本总数; ρ_{ZY} 为变量 Y 、 Z 之间的相关程度,若 $0.8 \leq \rho_{ZY} \leq 1$,表示变量之间存在极强的相关性,因此,对于相关性大于等于 0.8 的两个特征,本文将有选择性地保留一个。

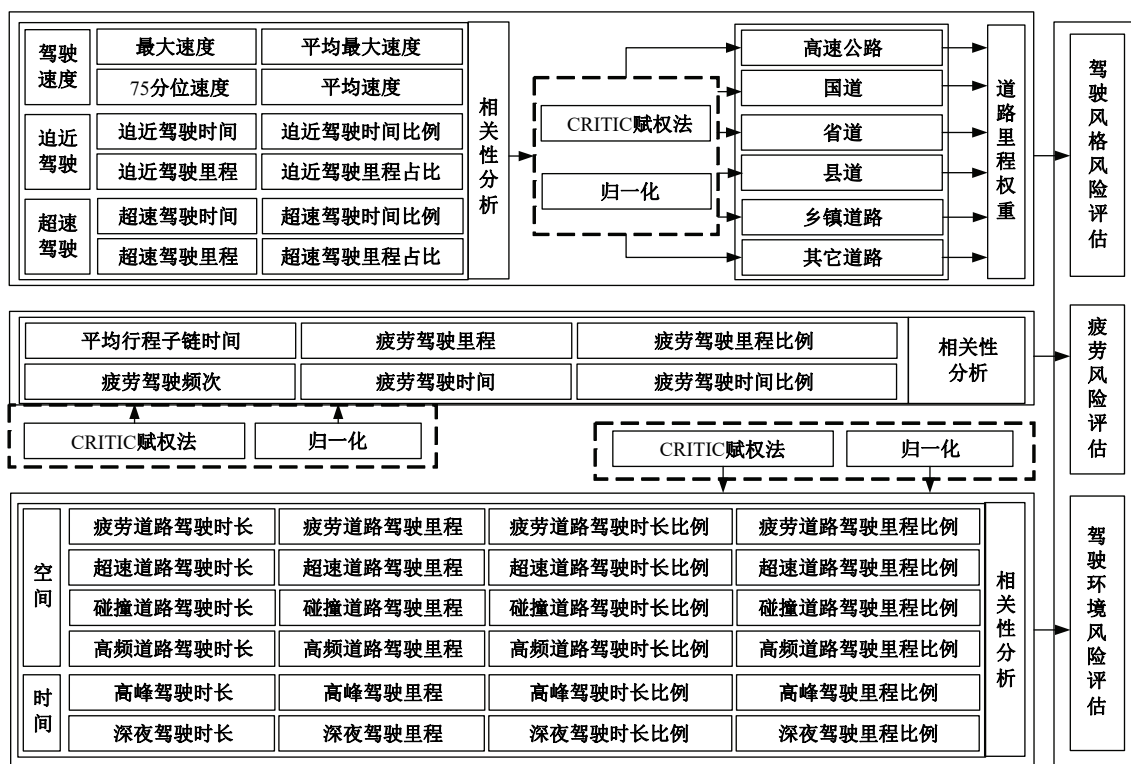


图 2 重型货车驾驶人驾驶风险量化评估流程图

Fig. 2 Flow chart of quantitative assessment of driving risk of heavy goods vehicle drivers

根据式(1)分别计算各道路类型下驾驶风格风险特征间的相关系数、疲劳风险特征间的相关系数、驾驶环境风险特征间的相关系数,最终筛选出 43 个风险评估指标,如表 3 所示。

2.2 重型货车驾驶人驾驶风险特征赋权方法

CRITIC 赋权法是同时考虑评价特征之间波动性和相关性的一种客观赋权方法^[13]。对于有 m 个特征的 n 个评价对象,其评价矩阵可以表示为:

$$R = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

使用 CRITIC 赋值法获得重型货车驾驶人驾驶风险特征权重的计算步骤如下:

步骤 1 驾驶风险特征标准化处理。对驾驶风险特征进行标准化处理的目的在于消除各特征之间量纲的差异,本文提取的重型货车驾驶人驾驶风险特征都是正向的,标准化公式如下:

表 3 驾驶人驾驶风险评估特征指标

Table 3 Characteristic indicators for driving risk assessment

类型	指标项		
驾驶风格风险指标	高速平均速度	高速 75 分位速度	高速平均最大速度
	高速超速驾驶里程	高速超速驾驶里程比例	高速迫近驾驶里程比例
	国道最大速度	国道 75 分位速度	国道超速驾驶里程
	国道迫近驾驶里程	国道超速驾驶里程比例	国道迫近驾驶里程比例
	省道最大速度	省道 75 分位速度	省道超速驾驶里程
	省道迫近驾驶里程	省道超速驾驶里程比例	省道迫近驾驶里程比例
	县道最大速度	县道 75 分位速度	县道超速驾驶里程
	县道超速驾驶里程比例	县道迫近驾驶里程比例	
	乡道最大速度	乡道 75 分位速度	乡道超速驾驶里程
	乡道超速驾驶里程比例	乡道迫近驾驶里程比例	
	其他平均最大速度	其他超速驾驶里程	其他超速驾驶里程比例
	其他迫近驾驶时间比例	其他迫近驾驶里程比例	
疲劳风险指标	平均行程子链时长	疲劳驾驶时长比例	疲劳行驶次数
驾驶环境风险指标	疲劳高发道路驾驶里程	碰撞报警高发道路驾驶时长	高峰驾驶里程
	疲劳高发道路驾驶时长比例	碰撞报警高发道路驾驶里程比例	深夜驾驶里程比例
	高峰驾驶里程比例		

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

步骤 2 计算驾驶风险特征的变异性。标准差可用来说明数据的离散情况。驾驶风险特征的标准差越大,表示该特征值的波动越大,蕴含的信息越多,相应赋予的权重也越大。计算公式如下:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中: S_j 为第 j 个特征的特征变异性; $\bar{x}_j$ 为第 j 个特征的平均值。

步骤 3 计算驾驶风险特征的冲突性。相关系数可以反映数据之间的相关程度。驾驶风险特征之间的相关系数越大,表示各特征间的信息冲突性越小,特征间蕴含的重复信息就越多,相应赋予的权重应越小。计算公式如下:

$$A_j = \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij}) \quad (5)$$

式中: A_j 为第 j 个特征的特征冲突性; r_{ij} 表示特征之间的相关系数。

步骤 4 计算驾驶风险特征的信息量。将计算得到的特征变异性与特征冲突性相乘,即该驾驶风险特征的综合信息量。综合信息量越大,该驾驶风险特征赋予的权重也越大。计算公式如下:

$$C_j = S_j R_j \quad (6)$$

式中: C_j 为第 j 个特征蕴含的综合信息量。

步骤 5 计算驾驶风险特征的权重。驾驶风险特征的权重反映为该驾驶风险特征综合信息量在全部特征信息量中的比例。第 j 个特征的权重可以表示为:

$$\omega_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (7)$$

2.3 重型货车驾驶人驾驶风险量化评估方法

由图 2 所示的重型货车驾驶人驾驶风险量化评估流程图可知,疲劳风险评估、驾驶环境风险评估与驾驶风格风险评估的步骤类似。故在此以驾驶风格风险量化评估为例,介绍驾驶风险量化评估方法。其基本评价过程为:把特征筛选后得到的特征作为驾驶风格风险量化评估的二级指标,分别归一化后乘以各类型道路下指标的权重,按道路类型累加得到驾驶风格风险量化评估的一级指标,即驾驶风格风险在高速公路、国道、省道、县道、乡镇道路和其他道路条件下的风险评估值。再结合重型货车在各类型道路上的行驶里程比例,最终确定重型货车驾驶人的驾驶风格风险。评估值越高,说明该驾驶人驾驶风格风险水平越高,驾驶风险量化评估具体计算方法如下:

$$H = 100 \sum_{\phi=1}^{\rho} P_{\phi} H_{\phi} \quad (8)$$

式中: H 为重型货车驾驶人的驾驶风格风险评估值, $H \in [0, 100]$; ρ 为道路类型的类数; ϕ 的取值

分别对应高速公路、国道、省道、县道、乡镇道路和其他道路; H_ψ 为第 ψ 种道路类型条件下的驾驶风格风险的评估值; P_ψ 为第 ψ 种道路类型的驾驶风格风险权重, $P_\psi \in [0, 1]$,计算公式如下:

$$P_\psi = \frac{D_\psi}{\sum_{\psi}^{\rho} D_\psi}$$

(9)

式中: D_ψ 为重型货车驾驶人在第 ψ 种道路类型上的驾驶里程。

H_ψ 的计算公式为:

$$H_\psi = \sum_{\psi=1}^{\rho} \sum_{\xi=1}^{\zeta} M_{\psi\xi} \omega_{\psi\xi}$$

(10)

式中: ζ 为某道路类型下驾驶风格风险评估指标的总数, ξ 的取值分别对应经过评估指标筛选后的特征; $\omega_{\psi\xi}$ 为第 ψ 种道路类型第 ξ 个特征的权重, $\omega_{\psi\xi} \in [0, 1]$; $M_{\psi\xi}$ 为第 ψ 种道路类型第 ξ 个指标的归一化取值, $M_{\psi\xi} \in [0, 1]$,计算公式如下:

$$M_{\psi\xi} = \frac{N_{\psi\xi} - \min(N_{\psi\xi})}{\max(N_{\psi\xi}) - \min(N_{\psi\xi})}$$

(11)

式中: $N_{\psi\xi}$ 为第 ψ 种道路类型第 ξ 个评估指标值。

3 方法应用和结果分析

3.1 基于CRITIC赋权法的特征权重分析

3.1.1 驾驶风格风险特征权重

利用CRITIC赋权方法,分别计算出重型货车驾驶人在高速公路、国道、省道、县道、乡镇道路和其他道路条件下的驾驶风格风险特征权重。从表4可知,经过皮尔逊相关性分析,剔除了相关性强的冗余变量,不同特征之间的冲突性值差异较小,因此,特征变异性对特征权重的影响更大。

3.1.2 疲劳风险特征权重

受运输任务的影响,重型货车驾驶人在实际的运输活动中,OD行程存在明显的差异。但运输过程中,在货物安全准时送达的前提下,重型货车驾驶人可以自主安排中途休息时间,即自主决定行程子链时长。平均行程子链时长越长,驾驶人的疲劳风险性越高。从表5来看,平均行程子链时长权重最大,反映出本文引入的行程子链行驶时长在疲劳风险评估中具备良好的评估和分析能力。

3.1.3 驾驶环境风险特征权重

根据表6可知,空间维度上的驾驶环境风险

表4 各道路类型下驾驶风格风险的特征权重

Table 4 Characteristic weight of driving style risk under different road types

特 征	冲突性	变异性	信息量	权重
高速平均速度	3.233	0.177	0.571	0.233
高速75分位速度	2.956	0.143	0.423	0.173
高速平均最大速度	3.187	0.168	0.537	0.219
高速超速驾驶里程	3.114	0.100	0.311	0.127
高速超速驾驶里程比例	3.394	0.121	0.410	0.168
高速迫近驾驶里程比例	4.670	0.042	0.196	0.080
国道最大速度	3.433	0.134	0.459	0.229
国道75分位速度	3.218	0.148	0.475	0.238
国道超速驾驶里程	3.319	0.080	0.264	0.132
国道迫近驾驶里程	4.341	0.032	0.140	0.070
国道超速驾驶里程比例	3.183	0.134	0.426	0.213
国道迫近驾驶里程比例	4.265	0.055	0.236	0.118
省道最大速度	3.495	0.144	0.503	0.277
省道75分位速度	3.489	0.135	0.470	0.259
省道超速驾驶里程	3.418	0.047	0.160	0.088
省道迫近驾驶里程	4.290	0.035	0.148	0.082
省道超速驾驶里程比例	3.213	0.092	0.296	0.163
省道迫近驾驶里程比例	4.223	0.057	0.240	0.132
县道最大速度	2.620	0.136	0.357	0.270
县道75分位速度	2.781	0.150	0.418	0.316
县道超速驾驶里程	2.668	0.047	0.126	0.095
县道超速驾驶里程比例	2.645	0.100	0.266	0.200
县道迫近驾驶里程比例	3.797	0.041	0.157	0.119
乡道最大速度	2.213	0.161	0.356	0.247
乡道75分位速度	2.095	0.190	0.398	0.276
乡道超速驾驶里程	2.383	0.067	0.158	0.110
乡道超速驾驶里程比例	1.943	0.173	0.336	0.233
乡道迫近驾驶里程比例	3.936	0.049	0.192	0.133
其他平均最大速度	3.105	0.158	0.490	0.369
其他超速驾驶里程	2.865	0.077	0.219	0.165
其他超速驾驶里程比例	2.854	0.132	0.376	0.283
其他迫近驾驶时间比例	3.330	0.043	0.143	0.108
其他迫近驾驶里程比例	3.321	0.030	0.101	0.076

表5 疲劳风险的特征权重

Table 5 Characteristic weight of fatigue risk

特 征	冲突性	变异性	信息量	权重
平均行程子链时长	1.368	0.121	0.166	0.413
疲劳驾驶时长比例	0.989	0.092	0.091	0.228
疲劳行驶次数	0.930	0.155	0.144	0.359

表6 驾驶环境风险的特征权重

Table 6 Characteristic weight of driving environment risk

特 征	冲突性	变异性	信息量	权重
疲劳高发道路驾驶里程	3.891	0.139	0.540	0.092
碰撞报警高发道路驾驶时长	3.690	0.160	0.592	0.101
高峰驾驶里程	4.905	0.161	0.792	0.135
疲劳高发道路驾驶时长比例	4.577	0.102	0.469	0.080
碰撞报警高发道路驾驶里程比例	3.905	0.261	1.018	0.174
深夜驾驶里程比例	7.051	0.181	1.277	0.218
高峰驾驶里程比例	6.287	0.186	1.168	0.199

特征的累计权重为0.447,时间维度上驾驶环境风险特征的权重为0.553。具体地,驾驶环境风险特征之间的冲突性值差异较变异性值的差异更大,权重的大小更受特征冲突性值大小的影响。由于碰撞报警高发的道路可能同时也是疲劳高发的道路,故疲劳高发道路行驶里程、碰撞报警高发道路行驶时长、疲劳高发道路驾驶时长比例和碰撞报警高发道路驾驶里程比例之间存在一定的相关性,特征冲突性较小,而货车出行的高峰时段和深夜驾驶时段完全不同,特征冲突性较大。

3.2 重型货车驾驶人驾驶风险量化评估结果

3.2.1 驾驶风格风险量化评估结果

利用3.1节提出的评估方法,计算出不同重型货车驾驶人的驾驶风格风险值,并绘制驾驶风格风险分布图(见图3)。图3中的曲线为概率密度曲线,等距的柱子反映出驾驶风格风险评估值的分布情况。从图3中可知,驾驶风格风险得分高于30分的约17.84%,在30分以下的占比约82.16%,其中在18~25分的比值较大,约52.48%。可见,就驾驶风格风险评估值而言,大多数重型货车驾驶人驾驶风险评估值较低,这与相关研究中不良风格驾驶人在总体中占比较低的结论一致^[14-18]。

3.2.2 疲劳风险量化评估结果

图4为重型货车驾驶人疲劳风险值的频次分布以及累积分布情况。其中,疲劳风险评估值低于12分的占据42.3%的累积概率,反映出大多数重型货车驾驶人能够合理安排行程,避免疲劳驾驶。此外,由于本文的研究对象是仅在云南省域内出行的重型货车驾驶人,其在省内的长途运

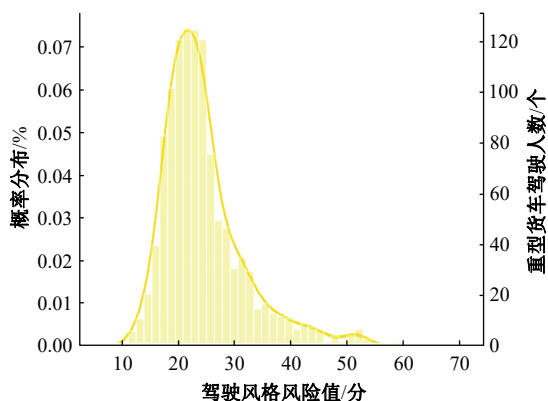


图3 驾驶风格风险评估值的概率分布

Fig. 3 Probability distribution of driving style risk assessment value

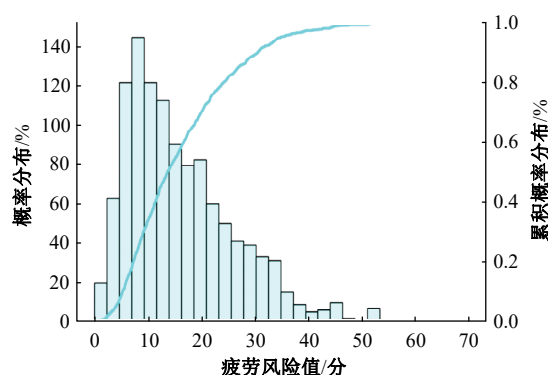


图4 疲劳风险评估值的总体分布

Fig. 4 Overall distribution of fatigue risk assessment value

输任务相对较少,长时间的连续驾驶行为较少,故大多数重型货车驾驶人的疲劳风险评估值较低。

3.2.3 驾驶环境风险量化评估结果

从图5所示的驾驶环境风险评估值的总体分布情况来看,驾驶环境风险评估值在15~35分范围内分布最密集,占比为75.46%,中位数为25.4分。由于重型货车驾驶人驾驶环境风险在空间层面的特征表现为驾驶人在高风险道路上的驾驶里程和驾驶时长,且这些重型货车驾驶人在执行干线运输任务时很大程度上依赖于这些风险较高的干线公路。因此,驾驶环境风险评估值在一定范围内呈现密集分布特征。

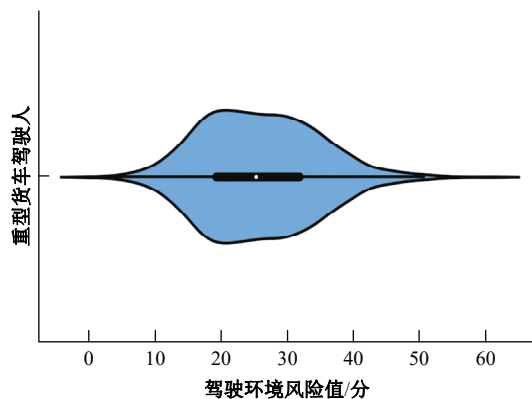


图5 驾驶环境风险评估值的总体分布

Fig. 5 Overall distribution of driving environment risk assessment value

4 结 论

(1)为协助高原山区重型货车驾驶人准确评估自身驾驶风险程度,本文基于云南省重型货车轨迹数据,进一步考虑道路类型、驾驶人以及驾驶环境对驾驶风险的影响,提出涵盖驾驶风格风险、疲劳风险和驾驶环境风险三个方面的重型货车驾

驶人驾驶风险评估方法,并验证了方法的可行性。

(2)重型货车驾驶人特征权重计算结果显示:①驾驶风格风险在各种道路条件下的特征权重,剔除相关性强的冗余变量后发现,特征变异性对驾驶风格风险特征权重的影响更大;②疲劳风险特征权重中引入的平均行程子链时长权重最大,说明其在疲劳风险评估中具备良好的评估能力;③驾驶环境风险特征之间的冲突性值差异超过其变异性值差异,因此,特征权重更多地受到其冲突性值的影响。

(3)重型货车驾驶人驾驶风险量化评估结果表明:①超过80%的重型货车驾驶人驾驶风格风险评估值较低,证明不良风格驾驶人在总体中占比较低;②大多数重型货车驾驶人的疲劳风险评估值较低,说明省内的长途运输任务相对较少,长时间的连续驾驶行为较少;③驾驶环境风险评估值呈现集中分布特征,表明重型货车驾驶人在执行运输任务时主要依赖风险较高的干线公路。

参考文献:

- [1] 张旭欣,王雪松,马勇,等. 驾驶行为与驾驶风险国际研究进展[J]. 中国公路学报, 2020, 33(6): 1-17.
Zhang Xu-xin, Wang Xue-song, Ma Yong, et al. International research progress on driving behavior and driving risks[J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33(6): 1-17.
- [2] Gsul M, 胡予红,周旋,等. 道路交通安全发展报告(2017)[J]. 中国应急管理, 2018, 12(2): 48-58.
Gsul M, Hu Yu-hong, Zhou Xuan, et al. Road traffic safety development report(2017)[J]. China Emergency Management, 2018, 12(2): 48-58.
- [3] Petridou E, Moustaki M. Human factors in the causation of road traffic crashes[J]. European Journal of Epidemiology, 2000, 16(9): 819-826.
- [4] Cho S H, Kim D K, Kho S Y. Latent factors of severity in truck-involved and non-truck-involved crashes on freeways[J]. International Journal of Transport and Vehicle Engineering, 2017, 11(7): 920-927.
- [5] 牛世峰,李贵强,张士伟. 卫星定位数据驱动的营运车辆驾驶人驾驶风险评估模型[J]. 中国公路学报, 2020, 33(6): 202-211.
Niu Shi-feng, Li Gui-qiang, Zhang Shi-wei. Driving risk assessment model of commercial drivers based on satellite-positioning data[J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33(6): 202-211.
- [6] 韩万里. 重型货车驾驶员驾驶行为特征及安全风险评估[D]. 西安: 长安大学汽车学院, 2021.
Han Wan-li. Study on driving behavior characteristics and safety risk of heavy truck drivers[D]. Xi'an: School of Automobile, Chang'an University, 2021.
- [7] Niu S, Ukkusuri S V. Risk assessment of commercial dangerous-goods truck drivers using geo-location data: a case study in china[J]. Accident Analysis & Prevention, 2020, 137: 1-14.
- [8] Hyun K K, Jeong K, Tok A, et al. Assessing crash risk considering vehicle interactions with trucks using point detector data[J]. Accident Analysis & Prevention, 2019, 130: 75-83.
- [9] 孙川,吴超仲,褚端峰,等. 基于车联网数据挖掘的营运车辆驾驶速度行为聚类研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15(6): 82-87.
Sun Chuan, Wu Chao-zhong, Chu Duan-feng, et al. Driving speed behavior clustering for commercial vehicle based on connected vehicle data mining[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15(6): 82-87.
- [10] 王海星,王翔宇,王招贤,等. 基于数据挖掘的危险货物运输风险驾驶行为聚类分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(1): 183-189.
Wang Hai-xing, Wang Xiang-yu, Wang Zhao-xian, et al. Dangerous driving behavior clustering analysis for hazardous materials transportation based on data mining[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2020, 20(1): 183-189.
- [11] Wei C H, Lee Y, Luo Y W, et al. Incorporating personality traits to assess the risk level of aberrant driving behaviors for truck drivers[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(9): 1-18.
- [12] Yuan Y, Yang M, Guo Y, et al. Risk factors associated with truck-involved fatal crash severity: analyzing their impact for different groups of truck drivers[J]. Journal of Safety Research, 2021, 76: 154-165.
- [13] Chen F, Zhu Y, Zu J, et al. Appraising road safety attainment by critic-electre-fcm: a policymaking support for southeast asia[J]. Transport policy, 2022, 122: 104-118.
- [14] Zhou T, Zhang J. Analysis of commercial truck driv-

- ers' potentially dangerous driving behaviors based on 11-month digital tachograph data and multilevel modeling approach[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2019, 132: 1-11.
- [15] Zhu Y, Ma Y, Chen S, et al. Identifying potentially risky intersections for heavy-duty truck drivers based on individual driving styles[J]. *Applied Sciences*, 2022, 12(9): 1-21.
- [16] 徐婷, 张香, 张亚坤, 等. 基于 AdaBoost 算法的货车驾驶人安全倾向性分类[J]. *安全与环境学报*, 2019, 19(4): 1273-1281.
- Xu Ting, Zhang Xiang, Zhang Ya-kun, et al. Truck driver safety tendency classification based on the AdaBoost algorithm[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2019, 19(4): 1273-1281.
- [17] 郑留洋. 基于车联网数据的货车出行风险画像与影响因素分析[D]. 北京: 北京交通大学交通运输学院, 2019.
- Zheng Liu-yang. Truck's risk assessment and influencing factors based on vehicular networking data[D]. Beijing: School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, 2019.
- [18] 覃文文, 鄢祺阳, 谷金晶, 等. 重载货车驾驶人驾驶风格识别与量化研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2022, 22(4): 137-148.
- Qin Wen-wen, Yan Qi-yang, Gu Jin-jing, et al. Driving style recognition and quantification for heavy-duty truck drivers[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2022, 22(4): 137-148.