

高速公路货运司机综合信用评价方法研究

范文东¹, 石强¹, 张雷¹, 李炜¹, 刘梦茹^{2*}, 杨丽平², 刘凯²

¹山东高速数智科技有限公司, 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: 2026年2月5日; 录用日期: 2026年5月21日; 发布日期: 2026年5月29日

摘要

针对现有司机信用评价维度单一、权重确定主观性强的问题, 本文构建了一套面向高速公路运行场景的货运司机综合信用评价指标体系。该体系从信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行四个维度选取12项指标, 包括事故发生频次、事故多发路段通行占比等。在此基础上, 提出一种基于层次分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)与熵权法相结合的组合赋权方法, 通过引入群决策一致性约束降低专家主观判断偏差, 并利用熵权法反映指标数据差异性特征, 从而获得更加合理的指标权重。最后, 以山东省某高速公路货运司机数据为例开展实例分析, 结果表明, 所构建的指标体系能够从多个方面对货运司机综合信用特征进行有效刻画, 不同赋权方法在指标权重分布上呈现出明显差异, 而组合赋权结果能够有效平衡主观经验与客观数据特征, 使指标权重分配更加科学合理。研究成果可为高速公路货运司机信用评价、分级管理及差异化服务提供方法支撑。

关键词

高速公路, 货运司机, 综合信用评价, 指标体系, AHP-熵权法

Research on a Comprehensive Credit Evaluation Method for Highway Freight Drivers

Wendong Fan¹, Qiang Shi¹, Lei Zhang¹, Wei Li¹, Mengru Liu^{2*}, Liping Yang², Kai Liu²

¹Shandong Hi-Speed Digital Intelligence Technology Co., Ltd., Jinan Shandong

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

Received: February 5, 2026; accepted: May 21, 2026; published: May 29, 2026

*通讯作者。

文章引用: 范文东, 石强, 张雷, 李炜, 刘梦茹, 杨丽平, 刘凯. 高速公路货运司机综合信用评价方法研究[J]. 交通技术, 2026, 15(3): 380-392. DOI: 10.12677/ojtt.2026.153034

Abstract

To address the problems of limited evaluation dimensions and strong subjectivity in weight determination in existing driver credit evaluation methods, this study constructs a comprehensive credit evaluation indicator system for freight drivers from the perspective of highway operation scenarios. The system comprises 12 indicators selected from four dimensions, namely credit behavior, driving behavior, risk exposure, and travel stability, including accident frequency and the proportion of travel through accident-prone road sections. On this basis, a combined weighting method integrating the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the entropy weight method is proposed. By introducing group decision-making consistency constraints, the subjectivity of expert judgments is reduced, while the entropy weight method is employed to reflect the variability of indicator data, thereby yielding more reasonable indicator weights. Finally, a case study based on freight driver data from a highway in Shandong Province is conducted. The results demonstrate that the proposed indicator system can effectively characterize freight drivers' comprehensive credit features from multiple perspectives, and that different weighting methods exhibit distinct patterns in weight distribution. The combined weighting approach effectively balances subjective experience and objective data characteristics, resulting in a more scientific and rational allocation of indicator weights. The findings provide methodological support for freight driver credit evaluation, hierarchical management, and differentiated service strategies on highways.

Keywords

Highway, Freight Drivers, Comprehensive Credit Evaluation, Indicator System, AHP-Entropy Method

Copyright © 2026 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

货运司机是高速公路的高频使用群体，其行为的合规性与诚信度深刻影响着路网运行的公平与效率。然而，现实中假冒“绿通”、通行费漏缴乃至恶意逃费等违规行为仍时有发生，这不仅反映出部分司机诚信意识的淡薄，更凸显出当前行业治理中精细化信用管理工具的缺失，给高速公路运营监管带来持续压力。在此背景下，构建科学有效的高速公路货运司机信用评价体系，已成为学者与管理人员共同关注的焦点，旨在为精准监管与长效信用激励提供理论依据与实践支撑。

围绕司机个体信用评价与行为特征分析，国内外学者已从信用风险模型、驾驶行为能力、服务质量与平台治理等多个角度开展了较为系统的研究。都珂珂等人[1]对个人信用风险评估模型的应用研究进行了系统梳理，为个体信用评价研究提供了方法参考。部分研究将服务质量和履约能力纳入司机信用评价框架。CWS Chen [2]等将物流服务成本、物流服务柔性、物流服务质量、业务处理能力和延迟到货率等因素引入司机信用评价指标体系；魏攀一等人[3]从道路商品属性和卡车司机享用道路服务的角度构建司机道路忠诚度评价指标体系。这类研究强调服务属性与信用表现之间的关系。近年来，随着高速公路收费系统、路网运行监测体系及出行服务平台持续向数字化、智能化升级，通行记录、缴费行为、车辆轨迹乃至外部环境状态等多源、多维度数据不断积累与融合，为开展货运司机信用评价提供了日益坚实的数据基础。在此背景下，基于多源数据进行司机信用评价的相关研究也逐渐增多。杨洋等人[4]基于网络货运平台驾驶行为记录，从服务质量和运输风险两个维度构建司机信用评价体系，为平台运输风险控制

和司机分级管理提供了方法参考；徐旖旎[5]从身份认证、运输行为、履约行为和服务质量等角度衡量货运司机信用；张华[6]基于违章、事故、驾考和基本属性等交警历史数据构建司机信用评价指标体系；平怀君[7]从个人特征、个人记录、服务反馈和服务质量等方面构建网约车司机诚信评价指标体系；叶子[8]则从司机个体描述、车辆完备性描述、历史运单统计及服务评价等方面构建司机信用评价体系。上述研究主要聚焦司机的信用评价，也有研究关注道路运输实际承运人的信用评价[9]。在指标赋权方法方面，层次分析法、熵权法等方法被用于关于其他对象(如大学生和高科技中小企业)的信用评价中[10]-[13]，为构建考虑不同指标影响差异的货车信用评价方法奠定了基础。此外，雷皓安[14]、刘利兵等人[15]基于历史通行数据和联网收费数据，对高速公路驾驶员逃费及假冒绿通车偷逃费行为开展建模与分析，为高速公路收费监管和信用风险识别提供了参考。

总体来看，学者们已围绕司机信用评价方法开展了有益探索，为本课题的开展奠定了坚实的基础。然而，现有关于高速公路司机信用的评估指标体系，缺乏考虑驾驶行为和长期运行特征等维度，导致构建的指标体系难以刻画司机的综合信用水平，且现有研究对不同指标的影响差异考虑也不充分。基于此，本文拟开展基于 AHP 与熵权法高速公路货运司机综合信用评价方法研究。

基于此，本文面向高速公路运行管理需求，构建了一套货运司机综合信用评价指标体系，包含信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行四个维度。在此基础上，提出一种基于 AHP 与熵权法相结合的组合赋权方法，通过引入群决策一致性约束降低主观赋权偏差，并利用熵权法刻画指标的数据差异性特征，从而获得更加合理的指标权重。最后以山东省某高速公路为实例，对所构建的指标体系和赋权方法进行验证，为高速公路货运司机信用评价及精细化管理提供方法支撑。

2. 使用须知

货运司机综合信用是对其在高速公路长期运行过程中所表现出的通行合规性、安全性、风险特征及出行稳定性的综合刻画。与单一违法或缴费行为评价不同，综合信用评价需要从多维度对司机行为特征进行系统分析，以反映其在不同运行场景和时间尺度下的整体表现。因此，构建科学合理的评价指标体系是开展货运司机综合信用评价的基础。

结合高速公路运行管理需求及现有数据条件，本文在文献调研和行业实践经验分析的基础上，从信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行四个方面选取 12 个指标构建货运司机综合信用评价指标体系。如图 1 所示。

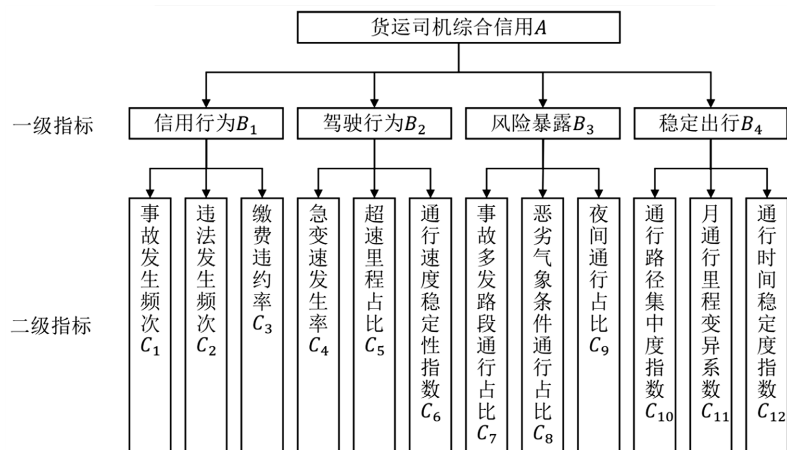


Figure 1. Comprehensive credit evaluation indicator system for freight drivers
图 1. 货运司机综合信用评价指标体系

2.1. 信用行为评价维度

信用行为评价维度用于刻画货运司机在高速公路运行过程中对交通法规、收费管理制度及运营规范的遵守程度，是驾驶主体显性信用表现的直接反映。该维度强调驾驶人在制度约束下的合规运行能力与履约可靠性，体现其对交通安全规则与收费秩序的持续遵守水平。从信用理论角度看，事故与违法等结果行为不仅是安全风险的表现，更是制度信用约束失效的具体体现，而缴费违约行为则反映驾驶主体在经济履约层面的信用稳定性。因此，信用行为类指标构成信用评价体系中的核心结果型维度，是衡量驾驶人信用状况的基础性依据。基于上述考虑，本文选取事故发生频次、违法发生频次和缴费违约率作为信用行为维度的二级评价指标。

(1) 事故发生频次 C_1 : 事故发生频次用于衡量货运司机在评价周期(一年)内发生交通事故的次数，反映其整体交通安全表现水平。该指标值越高，表明司机通行安全风险越大。

(2) 违法发生频次 C_2 : 违法发生频次表示货运司机在评价周期(一年)内发生交通违法行为的次数，用于刻画其对交通法规和运行管理要求的遵守程度，是衡量合规性的重要指标。

(3) 缴费违约率 C_3 : 缴费违约率用于反映货运司机在评价周期(一年)内高速公路通行过程中发生通行费未缴、漏缴或异常缴费行为的比例，体现其在收费环节的信用履约水平。

2.2. 驾驶行为评价维度

驾驶行为评价维度用于刻画货运司机在高速公路运行过程中具体驾驶操作方式及其行为强度特征，是连接显性信用结果与风险环境背景之间的关键过程性维度。该维度强调驾驶人在实际操作层面的规范程度、风险偏好倾向及行驶控制能力，体现其在微观驾驶行为层面的安全意识与操作稳定性。从风险生成机理角度看，事故与违法等结果型信用事件往往源于驾驶过程中的超速、急变速及行驶不平稳等行为特征，因此，驾驶行为指标能够在结果发生之前反映潜在安全风险，是信用风险的重要前兆变量。基于上述考虑，本文选取急变速发生率、超速里程占比和通行速度稳定性指数作为驾驶行为维度的二级评价指标。

(1) 急变速发生率 C_4 : 急变速发生率用于衡量货运司机在相邻路段间平均速度变化超过设定阈值的事件比例，反映其驾驶操作的激烈程度和行驶稳定性。其中，相邻 ETC 之间为一个路段。

(2) 超速里程占比 C_5 : 超速里程占比表示货运司机在评价周期内超速行驶里程占总行驶里程的比例，用于刻画超速行为的程度及其持续性。

(3) 通行速度稳定性指数 C_6 : 通行速度稳定性指数用于衡量货运司机在评价周期内路段平均行驶速度波动程度，反映其驾驶行为的平稳性与一致性，指数值越高表明驾驶行为越稳定。

2.3. 风险暴露评价维度

风险暴露评价维度用于刻画货运司机在高速公路运行过程中所承载的外部交通风险环境特征，反映其在事故多发路段、不利气象条件及特定时段等情境下的风险暴露水平与风险承载状态。需要说明的是，风险暴露类指标并非对客观环境条件进行简单惩罚性扣分，而是用于识别驾驶主体在复杂环境中的长期风险暴露结构。虽然恶劣天气、夜间通行等因素具有一定外部性，但其发生频率往往与驾驶人的路线选择策略、运营组织方式及风险规避意识密切相关，因此在一定程度上体现了驾驶主体的风险管理能力与风险承载特征。基于上述理论定位，本文选取事故多发路段通行占比、恶劣气象条件通行占比和夜间通行占比作为风险暴露维度的二级评价指标，用以刻画驾驶人在高风险环境中的暴露强度与风险结构特征，为信用评价体系提供环境风险背景信息与风险分层依据。

(1) 事故多发路段通行占比 C_7 : 事故多发路段通行占比用于描述货运司机在评价周期内通过历史事

故高发路段的通行次数或里程占比，反映其在空间维度上的交通安全风险暴露水平。

(2) 恶劣气象条件通行占比 C_8 : 恶劣气象条件通行占比表示货运司机在降雨、雾、强风等不利气象条件下通行的比例，用于刻画其在复杂外部环境中的运行风险暴露程度。

(3) 夜间通行占比 C_9 : 夜间通行占比用于衡量货运司机在夜间时段通行的比例，反映其运行时段特征及潜在的疲劳驾驶和安全风险。

2.4. 稳定出行评价维度

稳定出行类特征用于刻画货运司机在高速公路运行过程中的行为一致性与规律性特征，反映其在通行路径选择、出行强度安排及时段分布等方面的长期稳定程度。与事故频次、违法次数等结果型指标不同，稳定出行特征属于过程型与结构型指标，强调驾驶行为的持续性、可预测性与波动程度。从信用理论角度看，信用不仅体现为是否发生违章或事故等显性失信行为，还体现为行为模式的稳定性与履约能力的持续性。稳定的出行模式通常意味着驾驶决策相对规范、风险暴露程度可控，且驾驶人具备较强的路线熟悉度与运营计划性；而路径频繁变动、出行强度剧烈波动或时间选择高度离散，则可能反映运营管理混乱或驾驶行为不稳定，从而在一定程度上增加交通风险的不确定性。因此，稳定性可以视为信用风险的重要前置信号，是对驾驶可靠性的重要补充刻画维度。基于上述理论逻辑，本文选取通行路径集中度指数、月通行里程变异系数和通行时间稳定度指数作为稳定出行维度的二级评价指标，三项指标共同构成对驾驶行为一致性与可预测性的综合刻画，为信用评价提供结构层面的补充信息。

(1) 通行路径集中度指数 C_{10} : 通行路径集中度指数用于衡量货运司机在评价周期内通行路径分布的集中程度，反映司机对固定运输线路的依赖程度，指数值越高表示通行路径越集中。

(2) 月通行里程变异系数 C_{11} : 月通行里程变异系数用于刻画货运司机在不同统计周期内通行里程的离散程度，衡量出行强度的波动性，数值越大表示通行行为波动越明显。

(3) 通行时间稳定度指数 C_{12} : 通行时间稳定度指数用于衡量货运司机在评价周期内通行时间分布的集中程度，刻画出行时间分布的规律性，指数值越高表示通行时间越稳定。

2.5. 指标相关性分析

在构建高速公路货运司机综合信用评价指标体系时，本文从信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行四个方面选取 12 项二级指标。其中，信用行为类指标(事故发生频次、违法发生频次、缴费违约率)反映驾驶人显性失信行为；驾驶行为类指标(急变速发生率、超速里程占比、通行速度稳定性指数)刻画驾驶操作规范程度；风险暴露类指标(事故多发路段通行占比、恶劣气象条件通行占比、夜间通行占比)用于表征驾驶环境背景与潜在风险承载水平；稳定出行类指标(通行路径集中度指数、月通行里程变异系数、通行时间稳定度指数)则反映驾驶行为的规律性与一致性。从信用理论角度看，信用不仅体现为是否发生违章或事故等显性结果行为，还体现为行为模式的持续稳定性与可预测性。稳定出行特征作为过程型与结构型指标，有助于刻画驾驶人行为的一致性与风险可控程度，是对结果型信用指标的重要补充。因此，将稳定出行纳入信用评价体系具有理论合理性。

为避免指标之间存在高度冗余或信息重复问题，本文对 12 项二级指标进行相关性分析。考虑指标数据存在一定偏态特征，采用 Pearson 相关系数构建相关矩阵。Pearson 相关系数计算公式为 $r_{ij} = Cov(X_i, X_j) / (\sigma_i \sigma_j)$ 。其中， $Cov(X_i, X_j)$ 为指标 X_i 和 X_j 的协方差， σ_i 和 σ_j 分别为其标准差。一般认为，当 $|r_{ij}| > 0.8$ 时，表明两个指标之间存在较强相关关系，可能存在信息重叠。

相关性分析结果表明，各指标之间的相关系数绝对值均未超过 0.80，整体处于低至中等相关区间。部分行为类指标之间存在一定程度相关性，例如超速里程占比与违法发生频次之间存在正相关关系，但

两者分别反映驾驶行为特征与违规结果特征，物理含义不同，因而予以保留。

3. 基于 AHP-熵权法的综合信用指标权重计算

货运司机综合信用评价涉及多个维度和多类指标，不同指标在评价体系中的重要程度存在差异。指标权重的确定直接影响综合信用评价结果的科学性与合理性。若仅依赖专家经验进行赋权，容易受到主观判断偏差影响；若仅采用客观数据驱动的赋权方法，则可能忽视高速公路运行管理中的业务经验和关注重点。为此，本文采用 AHP 与熵权法相结合的方式，对货运司机综合信用评价指标进行主客观组合赋权。

3.1. 基于 AHP 的主观指标权重计算

层次分析法(AHP)是一种系统分析方法，基本原理在于将复杂的问题分解为多层次的有序递阶结构，在此基础上进行定量计算。它是将人的决策思维进行层次化、模型化和量化的过程，适用于多目标因素结构复杂、且需要根据决策者的经验进行量化分析的问题。AHP 主要分为 4 个步骤：建立层次结构模型、构建判断矩阵、计算权重向量和一致性检验。

第 1 步：建立递进层次结构模型

根据图 1，将货运司机综合信用作为目标层，将 4 个一级指标信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行作为准则层，将 12 个二级指标作为指标层，即可构建货运司机综合信用递进层次结构模型。

第 2 步：构建融合判断矩阵

针对评估对象 O 建立判断矩阵，分析其受到 N 个元素 $\{e_1, e_2, \dots, e_N\}$ 的影响，本文使用 1~9 标度法，将 e_i 和 $e_j (i \neq j)$ 对评估对象 O 的相对重要程度用数字表现出来，分别记为 e_{ij} 和 e_{ji} ，根据判断矩阵的性质， e_{ij} 和 e_{ji} 应满足： $e_{ij} > 0$ ， $e_{ji} > 0$ ， $e_{ij} = 1/e_{ji}$ ， $e_{ii} = 1$ ，其中， $i \in [1, N]$ ， $j \in [1, N]$ 。

由此可得到由相对重要程度标度构成的判别矩阵 $M_O = (e_{ij})_{n \times n}$ ，本文采用 1~9 标度法，矩阵中标度的含义如表 1 所示。

Table 1. Judgment matrix scales and their meanings

表 1. 判断矩阵标度及其含义

标度	含义
1	表示 e_i 和 e_j 相比具有相同的重要性
3	表示 e_i 和 e_j 相比稍微重要
5	表示 e_i 和 e_j 相比明显重要
7	表示 e_i 和 e_j 相比强烈重要
8	表示 e_i 和 e_j 相比极度重要
2, 4, 6, 8	介于上述相邻判断的中间值

假设共邀请 P 个专家，可形成 P 个判别矩阵 $\{M_{O,1}, M_{O,2}, \dots, M_{O,P}\}$ 。在将 P 个判别矩阵拟合为一个判别矩阵的过程中，本文采用了群决策方法。首先采用聚类分析方法对专家进行分组，形成若干个专家小组，对于人数少的专家小组的成员赋予较小的置信度加权系数，对于人数多的专家小组的成员赋予较大的置信度加权系数。然后基于置信度加权系数将 P 个判别矩阵线性加权得到融合判断矩阵。具体步骤如下：

(1) 通过 K-Means 聚类分析，将 P 个专家划分为 K 个簇 $\{C_1, C_2, \dots, C_K\}$ ，其中第 k 个簇 C_k 中包含专

家数量为 φ_k ，满足 $\varphi_k \geq 1$ ， $\sum_{k=1}^K \varphi_k = P$ 。

(2) 计算第 k 个簇中每个专家的置信度为

$$\alpha_k = \frac{\varphi_k}{\sum_{k=1}^K \varphi_k} = \frac{\varphi_k}{P} \tag{1}$$

(3) 计算融合判断矩阵

$$\bar{M}_O = \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K I(p,k) \alpha_k M_{O,p} \tag{2}$$

其中，函数 $I(p,k)$ 满足当第 p 个专家属于第 k 个簇时， $I(p,k)=1$ ，否则 $I(p,k)=0$ 。

第 3 步：计算各指标的权重

根据矩阵理论， N 个指标的权重系数对应于融合判断矩阵的特征向量，本论文使用方根法计算权重系数。具体步骤如下：

(1) 针对融合判断矩阵 $\bar{M}_O = (\bar{e}_{ij})_{N \times N}$ 的每一行，计算所有元素的乘积的 n 次方，得到

$$w_i = \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N \bar{e}_{ij}} \tag{3}$$

(2) 对向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_N)^T$ 进行归一化处理，得到

$$w_i^{AHP} = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \tag{4}$$

其中， w_i^{AHP} 即为第 i 个指标的主观权重系数。

第 4 步：对融合判断矩阵进行一致性检验

(1) 计算融合判断矩阵的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(A\bar{W})_i}{\bar{w}_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j=1}^N \bar{e}_{ij} \bar{w}_j}{\bar{w}_i} \tag{5}$$

(2) 计算一致性指标

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \tag{6}$$

(3) 计算一致性比率

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{7}$$

其中， RI 为平均随机一致性指标，其值可以通过表 2 获得。 CR 越小，表明综合判别矩阵的一致性就越好，当 $CR < 0.1$ 时，可以认为综合判断矩阵的差异在允许范围内，具有一致性。

Table 2. Average random consistency index value table

表 2. 平均随机一致性指标取值表

标度	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

3.2. 基于熵权法的客观权重计算

熵用法用于度量系统的无序程度，在指标体系赋权过程中，不同个体间评价指标值相差越大时，熵值越小，则该指标携带的信息量越大，可以对其赋予较大的权重，反之，指标携带的信息量较小，可以

对其赋予较小的权重。

设矩阵 $X = (x_{qi})_{Q \times N}$ 为由 Q 个被评估对象, N 个评价指标构成的原始数据矩阵, 其中 $q \in [1, Q]$, $i \in [1, N]$ 。熵权法基本步骤如下:

第 1 步: 对数据进行标准化处理

针对效益型评价指标, 进行标准化处理

$$y_{qi} = \frac{x_{qi} - \min_q x_{qi}}{\max_q x_{qi} - \min_q x_{qi}} \quad (8)$$

针对成本型评价指标, 进行标准化处理

$$y_{qi} = \frac{\max_q x_{qi} - x_{qi}}{\max_q x_{qi} - \min_q x_{qi}} \quad (9)$$

得到矩阵 $Y = (y_{qi})_{Q \times N}$, 其中 $y_{qi} \in [0, 1]$ 。

第 2 步: 计算评价指标下样本的比重

针对第 i 个评价指标, 第 q 个样本所占的比重为

$$p_{qi} = \frac{y_{qi}}{\sum_{q=1}^Q y_{qi}} \quad (10)$$

第 3 步: 计算第 j 个评价指标的权重

第 j 个评价指标的熵值为

$$H_i = -\frac{1}{\ln Q} \sum_{q=1}^Q p_{qi} \ln p_{qi} \quad (11)$$

第 j 个评价指标的信息效用值

$$d_i = 1 - H_i \quad (12)$$

第 j 个评价指标的客观权重为

$$w_i^{ENT} = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^N d_i} \quad (13)$$

3.3. 基于 AHP-熵权法的组合权重计算

为综合考虑专家经验与客观数据特征, 本文采用线性加权方式对 AHP 主观权重和熵权法客观权重进行融合, 形成综合权重。

$$w_i = \alpha w_i^{AHP} + (1 - \alpha) w_i^{ENT} \quad (14)$$

其中, w_i^{AHP} 为第 i 个指标的主观权重, w_i^{ENT} 为第 i 个指标的客观权重。 α 为主客观权重的平衡系数, 取值范围为 $[0, 1]$ 。为了保证基于组合权重的综合信用计算结果兼顾主观因素和客观因素, 构建基于样本得分稳定性的权重计算方法。

$$\min_{0 \leq \alpha \leq 1} J(\alpha) = \sum_{i=1}^n \left(S_i^{(\alpha)} - S_i^{AHP} \right)^2 + \left(S_i^{(\alpha)} - S_i^{EWM} \right)^2 \quad (15)$$

其中, n 表示司机数量, $S_i^{(\alpha)}$ 表示基于综合权重 w_i 的司机得分, S_i^{AHP} 表示基于主观权重 w_i^{AHP} 的司机得分, S_i^{EWM} 表示基于客观权重 w_i^{ENT} 的司机得分。公式(15)为单变量凸二次规划问题, 通过对目标函数求一阶导

数并令其为零，可得到解析最优解。最终得到 $\alpha^* = 0.5$ 。

4. 实例分析

4.1. 数据描述

本研究数据来源包括 2023~2025 年某省高速公路事故和违法处理记录、ETC 门架过车记录、收费记录、交通气象数据和稽查数据。选取 1000 辆五轴或六轴货运汽车司机作为分析对象，提取上述 12 项指标数据，用于支撑客观权重的计算。经检验，12 个指标间不存在显著冗余关系，说明指标体系具有较好的结构独立性。

4.2. AHP 确定主客观权重

基于图 1 中的货运司机综合信用评价指标体系，针对货运司机综合信用 A，邀请 10 位专家对准则层信用行为 B₁、驾驶行为 B₂、风险暴露 B₃ 和稳定出行 B₄ 按顺序进行两两比较，对原始判断矩阵进行聚类，共分为 3 簇，第 1 簇包含 5 个专家，对应置信度为 0.5，第 2 簇包含 3 个专家，对应置信度为 0.3，第 3 簇包含 2 个专家，对应置信度为 0.2。根据公式(2)得到融合判断矩阵 \bar{M}_A 。

$$\bar{M}_A = \begin{bmatrix} 1 & 2.0150 & 1.5810 & 1.5890 \\ 0.4963 & 1 & 0.7806 & 0.9460 \\ 0.6325 & 1.2810 & 1 & 0.8851 \\ 0.6293 & 1.0571 & 1.1299 & 1 \end{bmatrix}$$

同理可得到信用行为 B₁ 对应的融合判断矩阵 \bar{M}_{B_1} ，驾驶行为 B₂ 对应的融合判断矩阵 \bar{M}_{B_2} ，风险暴露 B₃ 对应的融合判断矩阵 \bar{M}_{B_3} ，稳定出行 B₄ 对应的融合判断矩阵 \bar{M}_{B_4} 。

$$\bar{M}_{B_1} = \begin{bmatrix} 1 & 1.6949 & 0.7440 \\ 0.5900 & 1 & 0.3850 \\ 1.3441 & 2.5974 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{M}_{B_2} = \begin{bmatrix} 1 & 0.7776 & 2.1160 \\ 1.2860 & 1 & 3.4910 \\ 0.4726 & 0.2865 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{M}_{B_3} = \begin{bmatrix} 1 & 0.7384 & 2.8190 \\ 1.3540 & 1 & 0.7920 \\ 0.3547 & 1.2626 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{M}_{B_4} = \begin{bmatrix} 1 & 0.6707 & 1.6960 \\ 1.4910 & 1 & 0.9217 \\ 0.5896 & 1.0850 & 1 \end{bmatrix}$$

表 3 为根据 1~9 标度法计算出的指标权重。

Table 3. Average random consistency index value table
表 3. 平均随机一致性指标取值表

准则层因素	准则层权重	指标层因素	指标层权重	总权重	最大特征值	CR
信用行为	0.3632	事故发生频次	0.3368	0.1223	3.0019	0.002
		违法发生频次	0.1902	0.0691		
		缴费违约率	0.4729	0.1718		

续表

驾驶行为	0.1884	急变速发生率	0.3531	0.0665	3.0069	0.006
		超速里程占比	0.4934	0.0930		
		通行速度稳定性指数	0.1536	0.0289		
风险暴露	0.2228	事故多发路段通行占比	0.4165	0.0928	3.8074	0.696
		恶劣气象条件通行占比	0.3339	0.0744		
		夜间通行占比	0.2496	0.0556		
稳定出行	0.2255	通行路径集中度指数	0.346	0.0780	3.1143	0.098
		月通行里程变异系数	0.3685	0.0831		
		通行时间稳定度指数	0.2856	0.0644		

4.3. 熵权法确定客观权重

根据公式(10)对采集到的司机综合信用原始数据矩阵进行处理,得到归一化后的矩阵:

$$R' = \begin{bmatrix} 0.3640 & \cdots & 0.023 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.2990 & \cdots & 0.1910 \end{bmatrix}$$

根据公式(11)~(13)计算得到基于熵权法的客观指标向量为:

$$W^{ENT} = (0.0147, 0.1029, 0.0588, 0.1029, 0.1029, 0.0441, 0.1029, 0.1324, 0.0588, 0.1471, 0.0588, 0.0735)^T$$

4.4. 确定评价指标的综合权重

根据公式(14)各个指标的综合权重为:

$$W = (0.0685, 0.086, 0.1153, 0.0847, 0.09795, 0.0365, 0.09785, 0.1034, 0.0572, 0.11255, 0.07095, 0.06895)^T$$

4.5. 数据分析

表4为一级指标(信用行为评价维度、驾驶行为评价维度、风险暴露评价维度和稳定出行评价维度)在主客观权重、客观权重以及综合权重中的权重分布情况。由表4可知,在不同赋权方法下,各一级评价维度的权重分布呈现出互补性结构特征。基于AHP方法得到的主观权重中,信用行为评价维度权重相对较高(0.3632),体现了专家从高速公路运行管理和信用约束角度,对缴费合规性和安全底线行为的重点关注;而在基于熵权法的客观赋权结果中,风险暴露评价维度(0.2941)和稳定出行评价维度(0.2796)权重相对较高,反映出在实际运行数据中,司机所处运行环境风险特征及其出行行为稳定性在样本间具有较强区分度。主客观权重差异表明,各维度从不同视角刻画了货运司机信用特征,具有明显的信息互补性。在综合权重结果中,四个一级评价维度的权重分布趋于均衡,均集中在0.21~0.27区间内,其中信用行为、风险暴露和稳定出行维度权重相近(分别为0.2698、0.2584和0.2526),驾驶行为维度权重略低(0.2192),但未出现某一维度权重过度集中或被边缘化的情况。该结果表明,本文所构建的评价体系能够从信用履约、安全风险、运行环境及出行规律等多个方面对货运司机综合信用水平进行系统刻画,从整体上验证了评价指标体系设计的合理性与完备性。

图2为各个二级指标的主观权重、客观权重以及综合权重,对不同方法得到的指标权重进行差异性分析,可以看出,不同赋权方法得到的“缴费违约率”、“恶劣气象条件通行占比”、“通行路径集中度指数”和“事故发生频次”这4个指标的主观权重与客观权重差异性较大。

Table 4. Weight distribution of primary-level indicators
表 4. 一级指标权重分布情况

类型 \ 指标	信用行为评价维度	驾驶行为评价维度	风险暴露评价维度	稳定出行评价维度
主权重	0.3632	0.1884	0.2228	0.2256
客观权重	0.1764	0.2499	0.2941	0.2796
综合权重	0.2698	0.2192	0.2584	0.2526

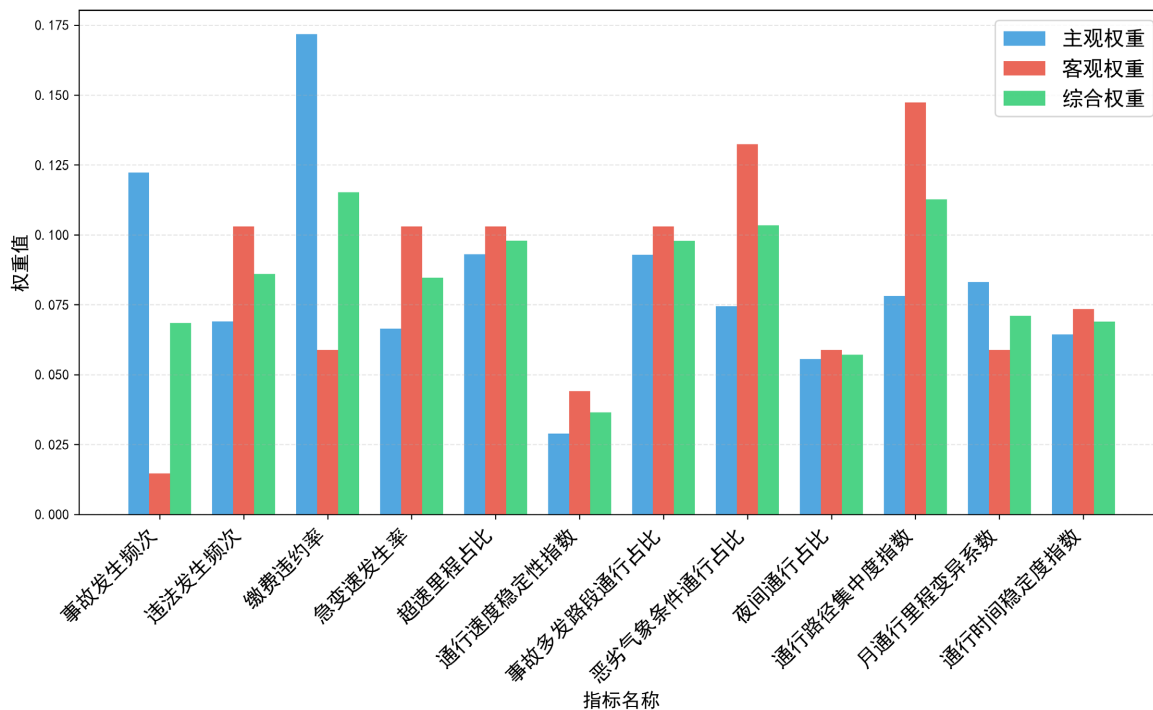


Figure 2. Comparison of secondary-level indicator weights
图 2. 二级指标权重对比图

具体来说，采用基于专家判断的 AHP 方法进行赋权时，“缴费违约率”和“事故发生频次”两个指标的主观权重相对较高(分别为 0.1718 和 0.1223)。这主要是因为专家在指标两两比较时，更加侧重收费违约行为和交通安全事故在高速公路运行管理中的底线约束作用，认为其对高速公路收费秩序和安全运营具有直接影响，而在判断过程中相对忽略了缴费违约行为和事故在实际数据中呈现低频或集中分布的客观特征，进而导致主观权重与基于数据分布特征得到的客观权重之间存在较大差异。另一方面，在基于客观数据采用熵权法进行赋权时，“通行路径集中度指数”和“恶劣气象条件通行占比”两个指标表现出较高的客观权重和敏感性(分别为 0.1471 和 0.1324)。这主要是由于部分货运司机在运行区域、通行时段及出行模式等方面存在较大波动，导致其在通行路径分布以及恶劣气象条件下的通行比例的离散程度较大，使得上述指标在样本间具有较强的区分度和信息量，从而在客观赋权过程中获得较高权重。相比之下，专家在主观评价中往往将该类指标视为反映出行规律特征或外部运行环境的重要补充因素，对其信用属性和管理约束作用的重视程度相对有限，进而造成主客观赋权结果之间的差异。根据上述分析可得，采用主客观权重赋值方法得到的权重值，有效弥补了主观方法过于依赖专家经验，客观方法仅仅考虑数据实际的缺陷，使得到的货运司机综合信用评价指标权重值更加科学合理。

基于评价指标的综合权重,本文计算1000名司机的综合权重,按照从大到小进行排列,然后使用四分位方法进行分级,将0%~25%认定为等级“优”,将25%~50%认定为等级“良”,将“50%~75%”认定为等级“中”,将“75%~100%”认定为等级“差”。同时对四个等级司机的事故发生频次(归一化)和违法发生频次(归一化)进行统计分析,结果如表5所示。从事故发生频次来看,各等级司机呈现出显著的梯度差异特征。优级司机事故发生频次均值为0.0736,良级为0.1957,中级为0.3702,差级则达到0.7087。由“优→良→中→差”呈现出明显的单调递增趋势,差级司机的事故发生频次约为优级司机的9.63倍,表明低信用等级司机具有显著更高的事故风险。在违法发生频次方面,各等级间差异同样显著。优级司机违法发生频次均值为0.1013,良级为0.2790,中级为0.4771,差级高达0.7631。差级司机违法频次约为优级司机的7.53倍,说明综合信用得分能够有效区分司机在交通违法行为上的风险水平。进一步比较各等级内部标准差可发现,优级司机的事故与违法指标波动范围相对较小,表现出更稳定的安全行为特征;而差级司机标准差较大,说明其风险行为存在较强离散性和不确定性。这一结果从稳定性角度进一步验证了信用等级划分的合理性。

综上所述,无论在事故发生频次还是违法发生频次维度,均呈现出显著的等级分化现象,且高信用等级司机在安全性与守法性方面均显著优于低信用等级司机。该结果表明本文构建的综合信用评价体系具备良好的现实解释能力和风险区分能力,可为高速公路差异化监管与精细化管理提供有效支撑。

Table 5. Statistical results of accident frequency (normalized) and violation frequency (normalized) for drivers of different levels

表 5. 不同等级司机事故发生频次(归一化)和违法发生频次(归一化)统计结果

等级	事故发生频次(归一化)				违法发生频次(归一化)			
	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值
优	0.07360	0.044666	0.00	0.15	0.10128	0.060253	0.00	0.20
良	0.19568	0.056602	0.10	0.30	0.27904	0.071168	0.15	0.40
中	0.37024	0.073271	0.25	0.50	0.47708	0.070988	0.35	0.60
差	0.70868	0.139193	0.45	0.95	0.76312	0.120853	0.55	0.98

5. 结语

本文面向高速公路货运司机精细化管理与信用治理需求,构建了涵盖信用行为、驾驶行为、风险暴露和稳定出行四个维度的综合信用评价指标体系,并提出了一种融合群决策一致性约束的AHP-熵权法组合赋权方法。基于山东省某高速公路货运司机运行数据的实例分析结果表明,不同赋权方法在一级指标权重分布上呈现出明显的侧重点差异:主观赋权结果中信用行为评价维度权重较高,反映了专家从运行管理和信用约束视角对缴费合规性与安全底线行为的重点关注;客观赋权结果中风险暴露与稳定出行评价维度权重相对较高,体现了司机运行环境风险特征及出行行为稳定性在样本数据中的区分作用。综合赋权结果显示,四个一级评价维度的权重分布趋于均衡,未出现单一维度权重过度集中或被弱化的情况,表明各维度在综合信用评价中具有相互补充的作用机理。从二级指标层面看,缴费违约率、事故发生频次等管理约束型指标与通行路径集中度指数、恶劣气象条件通行占比等行为差异型指标在综合权重中均得到有效体现,进一步验证了多维指标体系能够从信用履约、安全风险、运行环境和出行规律等多个方面系统刻画货运司机综合信用特征。总体而言,本文构建的评价指标体系结构完整、层次清晰,组合赋权方法能够协调主观经验与客观数据差异,在评价结果上体现出良好的合理性与完备性。需要指出的是,本文评价结果仍基于静态时间窗口数据,未来可结合更长时间尺度的运行数据,引入动态权重调整或时

序分析方法, 以进一步提升货运司机综合信用评价的精细化水平和应用适应性。

基金项目

山东省交通运输厅: 2024B43-02, 基于精准营销的智慧高速会员信用评价体系构建关键技术研究及应用; 山东高速股份有限公司: SDGS-2024-0524, 基于精准营销的智慧高速会员信用评价体系构建关键技术研究及应用。

参考文献

- [1] 都珂珂, 黄全生, 张玥. 我国个人信用评估模型综述[J]. 经营与管理, 2021(1): 166-172.
- [2] Chen, C.W.S., Dong, M.C., Liu, N. and Sriboonchitta, S. (2019) Inferences of Default Risk and Borrower Characteristics on P2P Lending. *The North American Journal of Economics and Finance*, **50**, Article ID: 101013.
- [3] 魏攀一, 黄建玲, 陈艳艳, 等. 卡车司机对道路忠诚度的评价方法研究[J]. 公路交通科技, 2022, 39(S2): 226-235.
- [4] 杨洋, 裴童心, 郭丰杰, 等. 基于网络货运平台司机驾驶行为的信用评价体系构建[J]. 物流技术, 2024, 43(6): 119-132.
- [5] 徐旖旎. 基于司机信用评价的货运管理系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2022.
- [6] 张华. 基于逻辑回归的驾驶员信用评估研究[J]. 计算机时代, 2023(3): 25-27, 35.
- [7] 平怀君. 网络约车驾驶员诚信评价方法研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2019.
- [8] 叶子. 基于信用评价体系的一对多车货匹配研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2021.
- [9] 景奇帆. 网络货运经营者视角下实际承运人信用评价体系构建研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2020.
- [10] 孙静宇, 陈丹. 基于 AHP-熵权法的大学生创新能力评价指标体系研究[J]. 齐鲁工业大学学报, 2025, 39(4): 53-60.
- [11] 任泳帆, 荆子安, 王吉康. 基于熵权法与 TOPSIS 的金融科技企业创新能力综合评价模型研究[J]. 商展经济, 2025(21): 182-186.
- [12] 黄承元. 基于熵权法的新能源企业财务评价研究[J]. 中国电子商情, 2025, 31(13): 73-75.
- [13] 刘婷, 方琰, 郭伟梁, 等. 高科技中小企业信用评级体系构建研究[J]. 中国注册会计师, 2025(9): 104-112.
- [14] 雷皓安. 基于历史通行数据的高速公路逃费行为识别及治理措施研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 华东交通大学, 2025.
- [15] 刘利兵. 高速公路假冒绿通车偷逃费行为分析及稽查方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2024.