

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2018.01.016

基于卫星定位数据的驾驶行为 安全与节能评价方法

刘应吉^{1,2}, 曾 诚^{1,2}, 王书举³, 姚 羽^{1,2}, 刘梦雅^{1,2}

(1. 交通运输部公路科学研究院, 北京 100088; 2. 运输车辆运行安全技术交通行业重点实验室, 北京 100088;
3. 辽宁工程技术大学, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 驾驶员管理是道路运输安全和节能管理的基础和源头。为加强道路运输企业驾驶员驾驶行为安全与节能的管理考核, 降低运输企业的监管成本, 研究并制定了一套基于企业安全生产管理数据 (以卫星定位数据为主) 的驾驶行为安全与节能评价方法。首先根据驾驶员驾驶行为的特点和行业管理要求, 建立驾驶行为安全与节能评价指标模型, 从卫星定位数据中提取了10项驾驶行为安全与节能二级评价指标, 根据指标的发生次数和持续时长等进一步细分得到17项三级评价指标。给出了各项三级评价指标的具体识别和计算方法, 并建立了各项二级评价指标的得分标准。利用层次分析法, 通过构造比较判断矩阵并进行一致性检验, 得出各项评价指标的对应权重。随后采用加权平均方法, 最终得到驾驶员驾驶行为的安全评价结果、节能评价结果和综合评价结果, 完成对驾驶行为的评价和分析。选取某客运公司行驶时间段和路段等较具代表性的道路运输车辆, 利用其正常运行过程中产生的卫星定位数据, 对所提出的评价方法进行了试验验证, 并与现有其他相似的方法进行了比较分析。结果表明, 该方法可从安全与节能两个角度对驾驶员的驾驶行为进行有效评价, 帮助运输企业和行业管理部门及时发现和管控驾驶员的不规范驾驶行为。

关键词: 交通工程; 驾驶行为评价; 层次分析法; 卫星定位数据; 安全; 节能

中图分类号: U492.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2018) 01-0121-08

An Evaluation Method of Safety and Energy-saving Driving Behavior Based on Satellite Positioning Data

LIU Ying-ji^{1,2}, ZENG Cheng^{1,2}, WANG Shu-ju³, YAO Yu^{1,2}, LIU Meng-ya^{1,2}

(1. Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China; 2. Key Laboratory of operation Safety Technology on Transport Vehicles, Beijing 100088, China; 3. Liaoning Technical University, Fuxin Liaoning 123000, China)

Abstract: The driver management is the foundation and source of road transport safety and energy-saving management. To strengthen the safety and energy-saving management assessment of driver's driving behavior and reduce the supervision cost in road transport enterprise, a driver's behavior safety and energy-saving evaluation method based on the enterprise safety production management data (mainly satellite positioning data) is worked out. First, according to the driver's driving behavior characteristics and the management requirements of the road transport industry, an evaluation index model of driver behavior safety and energy saving is established, 10 second-rank evaluation indexes of driving behavior safety and energy saving are extracted from the satellite positioning data, 17 third-rank evaluation indexes are obtained by subdivision according to number of occurrences and duration time of the second-rank indexes. The identification and calculation methods of the third-rank evaluation indexes are given, and the scoring criterion for every second-

收稿日期: 2016-08-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51405213, 51305181); 交通运输部应用基础研究计划项目 (2014319223240); 运输车辆运行安全技术交通行业重点实验室开放课题项目 (KFKT2015-03); 交通运输标准 (定额) 项目 (2017-3302)

作者简介: 刘应吉 (1978-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士研究生, 研究员. (yj.liu@rioh.cn)

rank index are established. Then, by using analytical hierarchy process (AHP) method, the comparison judgment matrix is constructed and the consistency test is carried out, so the corresponding weight of each evaluation index is obtained. Finally, the driver safety assessment, energy-saving evaluation and comprehensive evaluation results of driver's driving behavior are obtained by using the weighted average method, and the evaluation and analysis of the driver's behavior is finished. Selecting the road transport vehicles which travel in some representative travel routes and time periods as test vehicles, the proposed evaluation method is verified by using the satellite positioning data generated during their normal driving process, and compared with other similar method. The result shows that the method can effectively evaluate the driver's driving behavior from the aspects of safety and energy saving, and can help the transport enterprises and industry management departments to discover and control the driver's non-standard driving behavior timely.

Key words: traffic engineering; driving behavior evaluation; analytic hierarchy process; satellite positioning data; safety; energy-saving

0 引言

2015 年我国发生涉及人员伤亡的道路交通事故 187 781 起, 道路交通安全形势仍然十分严峻。据统计数据, 上述 187 781 起道路交通事故中, 驾驶员交通违法行为导致的事故起数占总数的 87.03%, 可见驾驶员的驾驶行为直接关系到车辆和乘客的人身和财产安全, 并影响到行驶在其周边其他车辆和人员的安全。同时不良驾驶行为也是引起车辆行驶燃料消耗量加大、车辆磨损等资源浪费情况发生的重要原因。对驾驶行为进行评价, 加强监管力度, 能够在一定程度上避免道路交通事故以及不利于节能减排等情况的发生, 使车辆保持良好技术状况。因此, 着重提高驾驶员的安全与节能驾驶意识和行为, 对于改善道路运输安全与节能状况具有非常重要的现实意义^[1-2]。

目前全国范围内已大量建成和使用道路运输车辆卫星定位系统。现有对卫星定位数据应用方面主要集中在实现对车辆的位置、时间、运行速度等进行监控预警。而海量卫星定位数据所蕴含的丰富价值并没有得到充分挖掘利用。通过分析国内外相关文献可知, 从卫星定位数据中可以进一步计算和提取出用于驾驶行为评价的安全指标和节能指标^[3-5]。

本研究主要基于道路运输行业和道路运输企业能够广泛采集到和使用的卫星定位数据, 辅以车辆油耗和事故记录信息, 围绕驾驶员的各类操作行为, 提炼出较为典型的影响道路运输安全和节能减排的驾驶行为特征指标, 并计算指标得分, 建立驾驶行为安全与节能评价方法, 实现对驾驶员安全与节能驾驶水平的评价和分析。

1 驾驶行为安全与节能评价指标模型

首先根据道路运输事故主要致因, 找出影响道路运输安全的驾驶行为典型特征, 建立驾驶行为安全评价指标; 结合车辆运行燃料消耗量影响因素和驾驶节能操作规范, 提取出节能驾驶行为评价指标^[1-2,6]。在此基础上建立驾驶行为安全与节能评价指标模型, 如图 1 所示。

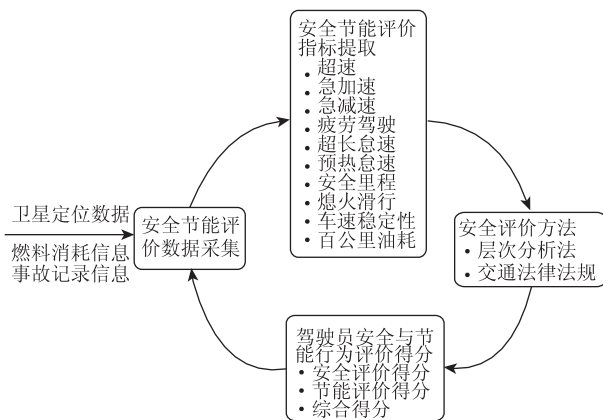


图1 驾驶行为安全与节能评价指标模型

Fig.1 Driving behavior safety and energy-saving evaluation model

1.1 驾驶员安全与节能评价指标提取

利用现有的道路运输车辆卫星定位数据, 结合道路运输企业均能够采集到的具体车辆油耗信息和车辆驾驶员的事故记录信息, 本研究共计算和提取出 10 项安全与节能评价指标 (其中, 节能评价指标 7 项, 安全评价指标 7 项), 供评价和分析使用^[6-7], 见表 1。

1.2 单项评价指标得分标准

限于文章的篇幅, 表 1 中所涉及的各项三级评价指标的具体识别和计算方法参见研究项目所形成的各项技术报告等内容^[8-13]。

表 1 驾驶行为安全与节能评价指标体系

Tab. 1 Driving behavior safety and energy-saving evaluation index system

一级评价指标	二级评价指标	三级评价指标
驾驶员安全评价指标	车速稳定性	标准差
	急加速	急加速累计时长 急加速次数
	急减速	急减速累计时长 急减速次数
	超速行驶	超速累计时长 超速次数
	疲劳驾驶	疲劳驾驶累计时长 疲劳驾驶次数
	熄火滑行	熄火滑行次数 熄火滑行累计时长
	安全行驶里程	百万公里发生事故次数和等级系数
	车速稳定性	标准差
	超长怠速	超长怠速累计时长 超长怠速次数
	急加速	急加速累计时长 急加速次数
驾驶员节能评价指标	急减速	急减速累计时长 急减速次数
	超速行驶	超速累计时长 超速次数
	怠速预热	怠速预热次数 怠速预热累计时长
	百公里油耗	百公里燃油消耗量系数

根据各运营企业对驾驶员考核制度、安全评价办法和相关法律法规,建立各项评价指标的得分标准^[7]。见表 2。

需要说明的是,本研究的主旨是从卫星定位数据应用的角度提出一种对驾驶行为安全性和节能水平进行评价的可能方法,重点在于如何从各项指标及其变化趋势中进行驾驶行为的统计分析,因此,单项评价指标的得分标准计算公式、阈值以及后续指标权重定义的适当调整(根据道路运输行业和运输企业生产经营实际情况),应可视为不影响本研究所提出的方法论的实践。

2 驾驶行为安全与节能评价方法

在驾驶行为安全与节能评价方法中,每个评价指标对驾驶员的驾驶评估结果的重要性不同,因此需要根据不同指标对驾驶员安全能力和节能水平的重要程度和影响强度,对其赋予权重,然后获得驾驶员的驾驶行为得分。权重赋值合理与否,对评价

结果的科学性起着重要作用。

表 2 单项评价指标得分标准

Tab. 2 Single evaluation index score criterion

评价指标	得分标准
车速稳定性	标准差 $y = \begin{cases} 100; & 0 < \sigma \leq 20 \\ 80; & 20 < \sigma \leq 40 \\ 60; & \sigma > 40 \end{cases} \quad y$
超长怠速	超长怠速累计时长/min $y_1 = \begin{cases} 100; & 0 < t \leq 1 \\ 100 - 0.5t; & t > 1 \end{cases} \quad y = 0.5y_1 + 0.5y_2$ 超长怠速次数 $y_2 = 100 - 10n$
急加速	急加速累计时长/s $y_1 = 100 - t$ 急加速次数 $y_2 = 100 - 10n$ $y = 0.5y_1 + 0.5y_2$
急减速	急减速累计时长/s $y_1 = 100 - t$ 急减速次数 $y_2 = 100 - 5n$ $y = 0.5y_1 + 0.5y_2$
超速行驶	超速累计时长/min $y_1 = 100 - t$ 超速次数 $y_2 = 100 - 15n$ $y = 0.5y_1 + 0.5y_2$
疲劳驾驶	疲劳驾驶累计时长/min $y_1 = \begin{cases} 100; & t \leq 480 \\ 0; & t > 480 \end{cases} \quad y = 0.5y_1 + 0.5y_2$ 疲劳驾驶次数 $y_2 = 100 - 15n$
怠速预热	怠速预热次数 $y_1 = 100 - 10n$ 怠速预热累计时长/min $y_2 = \begin{cases} 100; & 0 < t \leq 2 \\ 100 - 2t; & t > 2 \end{cases} \quad y = 0.5y_1 + 0.5y_2$
燃油消耗	百公里燃油消耗量系数 $y = \begin{cases} 100; & K \leq 1.05 \\ 80; & 1.05 < K \leq 1.1 \\ 60; & 1.1 < K \leq 1.2 \\ 40; & K > 1.2 \end{cases} \quad y$
熄火滑行	熄火滑行次数 $y_1 = 100 - 20n$ 熄火滑行累计时长/min $y_2 = \begin{cases} 100; & 0 < t \leq 1 \\ 100 - 10t; & t > 1 \end{cases} \quad y = 0.5y_1 + 0.5y_2$
安全行驶里程	百万公里发生事故次数及等级系数 $\begin{cases} y = 100 - \frac{a \times b \times c}{d/\text{百万公里}} \\ y \leq 20 \text{ 时, 取消安全评价资格} \\ a\text{—事故等级(轻微/一般)} \\ b\text{—事故责任(次责/同责/主责/全责)} \\ c\text{—事故次数} \\ d\text{—当前累计行驶里程} \end{cases}$

注: σ 为标准差; n 为次数; t 为时长; K 为百公里燃油消耗量系数, $K = \frac{100L}{DN}$, 其中 N 为百公里燃油消耗量定额, 因本项目的研究范围主要针对道路运输企业的货车或者营运客车为主, 在此预取 $N = 25\text{L}/(\times 10^2 \text{ km})$ (可根据企业实际生产情况进行调整), L 为当天实际的燃油消耗量, D 为当天累计行驶里程。

通过对比几种常规方法,结合道路运输行业管理现状,确定了利用道路运输行业研究部门、企业和管理机构的专家对各层次指标之间相对重要性进

行打分判断,并根据层次分析法获得权重的评价方法^[14-18]。首先对同层次各指标之间相对重要性进行判断,为合理计,各指标之间相对重要性的判断结果主要参考了已公开技术文献的部分结果^[7]。在此基础上,再利用层次分析法获得权重。具体由以下基本步骤组成:

(1) 驾驶员安全与节能评价指标建立

如表1所示,首先将驾驶员安全与节能评价指标分为安全评价指标、节能评价指标2个一级指标,并对其进一步细分得到车速稳定性、超长怠速、怠速预热、急加速、急减速、超速行驶、疲劳驾驶、百公里油耗、熄火滑行、安全行驶里程10个二级指标,再进一步细分得到17个三级指标。

(2) 构造比较判断矩阵并求指标的权重

利用1~9标度法,见表3,通过对同一级别的

表3 1~9标度法

Tab.3 1-9 scaling method

重要性标度	含义
1	表示两个元素相比,具有同等重要性
3	表示两个元素相比,前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述判断的中间值
倒数	若元素 <i>i</i> 与元素 <i>j</i> 的重要性之比为 a_{ij} ,则元素 <i>j</i> 与元素 <i>i</i> 的重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

评价指标重要程度相互比较,构建出对应的比较矩阵。因考虑第1级评价指标(安全、节能两大类宏观指标)相比具有同等重要性,故二者权重各占0.5,同理于第3级评价指标(各种不规范驾驶行为发生的次数和累积时长)。

最终得到的二级指标的比较判断矩阵如下所示:

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 3 & 1 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 & 3 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 4 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 2 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/6 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/4 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1/2 \\ 6 & 2 & 3 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}。$$

利用规范列平均法求权重,首先对列向量归一化得到对应矩阵 C_1 , C_2 ,再对其算数平均,得到特征向量 w_1 , w_2 。

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0.0625 & 0.0625 & 0.05 & 0.0625 & 0.076923 & 0.0588235 & 0.071429 \\ 0.125 & 0.125 & 0.15 & 0.125 & 0.153846 & 0.0882353 & 0.142857 \\ 0.1875 & 0.125 & 0.15 & 0.1875 & 0.153846 & 0.1764706 & 0.142857 \\ 0.0625 & 0.0625 & 0.05 & 0.0625 & 0.076923 & 0.0588235 & 0.071429 \\ 0.125 & 0.125 & 0.15 & 0.125 & 0.153846 & 0.0882353 & 0.142857 \\ 0.1875 & 0.25 & 0.15 & 0.1875 & 0.076923 & 0.1764706 & 0.142857 \\ 0.25 & 0.25 & 0.3 & 0.25 & 0.307692 & 0.3529412 & 0.285714 \end{bmatrix},$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.052632 & 0.052632 & 0.052632 & 0.04 & 0.0526316 & 0.052632 \\ 0.15 & 0.157895 & 0.153846 & 0.157895 & 0.16 & 0.1578947 & 0.157895 \\ 0.1 & 0.078947 & 0.076923 & 0.078947 & 0.08 & 0.0789474 & 0.078947 \\ 0.15 & 0.157895 & 0.153846 & 0.157895 & 0.16 & 0.1578947 & 0.157895 \\ 0.1 & 0.078947 & 0.076923 & 0.078947 & 0.08 & 0.0789474 & 0.078947 \\ 0.15 & 0.157895 & 0.153846 & 0.157895 & 0.16 & 0.1578947 & 0.157895 \\ 0.3 & 0.315789 & 0.230769 & 0.315789 & 0.32 & 0.3157895 & 0.315789 \end{bmatrix},$$

$$w_1 = [0.0635 \quad 0.13 \quad 0.1604 \quad 0.0635 \quad 0.13 \quad 0.1673 \quad 0.2852]^T,$$

$$w_2 = [0.0505 \quad 0.1574 \quad 0.0792 \quad 0.1574 \quad 0.0792 \quad 0.1574 \quad 0.3022]^T。$$

(3) 一致性检验

对构造的判断矩阵进行一致性检验, 用来确定权重分配是否合理。计算一致性比例 CR (其中平均随机一致性指标 RI 值见表 4), 并对值进行判断:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}。 \quad (2)$$

式中, CI 为一致性指标; λ 为最大特征根; n 为判断矩阵阶数。

表 4 平均随机一致性指标 RI 表
(1 000 次正互反矩阵计算结果)

Tab. 4 Table of average random consistency index RI								
矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41
矩阵阶数	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59	

当 $CR < 0.1$ 时, 认为判断矩阵的一致性在可接受范围内, $CR > 0.1$ 时, 则判断矩阵不符合一致性要求, 对该判断矩阵进行重新修正。

已知:

$B_1 w = \lambda_1 w = [0.44 \ 0.90 \ 1.11 \ 0.44 \ 0.90 \ 1.18 \ 1.97]^T$,
 $B_2 w = \lambda_2 w = [0.46 \ 1.10 \ 0.60 \ 1.10 \ 0.57 \ 1.10 \ 2.12]^T$,
 计算可得 $CI_1 = 0.011$, $CI_2 = 0.062$, $CR_1 = 0.008$,
 $CR_2 = 0.046$, 一致性比例均小于 0.1, 故权重值比较合理^[14-18]。

(4) 鉴于以上计算, 可得驾驶员评价指标权重如表 5 所示。

根据驾驶员驾驶行为评价指标的权重, 可以看出在安全评价方面, 安全行驶里程、超速行驶和疲劳驾驶 3 个安全评价指标对安全评价影响程度较大; 在节能评价方面, 百公里油耗是影响节能得分的最主要指标, 而超速行驶、急加速和超长怠速在节能评价得分的权重也较高, 通过征集运输企业意见, 基本符合实际情况。

给出驾驶员安全评价得分、节能评价得分与综合得分的计算公式如下:

$$y = f(x, p) = \sum_{i=1}^n x_i \times p_i, \quad (3)$$

式中, x 为单项指标得分, p 为单项指标对应权重值。

3 驾驶行为安全与节能评价方法的试验验证

选取某客运公司从合肥发出前往国内各个方向

表 5 评价指标权重

Tab. 5 Evaluation index weights

(a) 一级指标权重				
安全评价分数权重			节能评价分数权重	
0. 5			0. 5	
(b) 安全评价指标权重				
驾驶行为	安全评价指标	评判方法		权重
减速操作	紧急制动	行车中的减速度过大		0.063 5
	熄火滑行	减速时, 发动机处于熄火状态		0. 13
车速控制	超速行驶	行驶速度过高		0.160 4
	急加速行驶	车辆加速过猛		0.063 5
	车速稳定性	频繁变速		0. 13
驾驶员状态	疲劳驾驶	连续驾驶时间过长		0.167 3
安全行驶里程	安全行驶里程	无事故记录的行驶里程		0.285 2
(c) 节能评价指标权重				
驾驶行为	节能评价指标	评判方法		权重
车辆预热	发动机预热	怠速预热	怠速预热时间过长	0.050 5
	加速操作	急加速	行车中的加速度过大	0.157 4
减速操作	紧急制动	急减速	行车中的减速度过大	0.079 2
车速控制	超速行驶	超速行驶	行驶速度过高	0.157 4
	频繁变速	车速平稳情况	车速频繁变化	0.079 2
	车辆怠速	超长怠速	连续怠速时间过长	0.157 4
驾驶百公里油耗	百公里油耗	日行驶油耗/日行驶里程/百公里		0.302 2

的班线客车, 其中包括“合肥—郑州”、“合肥—扬州”、“合肥—景德镇”、“合肥—武汉”等班线, 全程均在 300 km 以上, 运输过程中以在高速公路和一级公路等道路条件下行驶为主, 全程运营时间在 4 ~ 9 h 左右, 从执行这些班线任务的驾驶员中共选取 20 名驾驶员, 驾驶员年龄从 35 ~ 45 岁区段不等。为便于定量比较, 具体评价时表 2 中参数 t 为相同行驶里程内不良操作行为的累积时间, 单位见各相关参数; n 为相同行驶里程内不良操作行为的次数。通过对这些驾驶员在一个运营周期内的驾驶数据进行对比分析, 驾驶信息数据汇总如表 6 所示。可以看出不同驾驶员在安全驾驶和节能驾驶方面客观存在着差异性, 这有利于我们对其进行后期的对比分析, 为后续开展驾驶行为优化提供借鉴和参考。

利用本研究给出的评价方法进行计算, 可以看出 20 名驾驶员的安全评分和节能评分总体水平, 如表 7 所示。在节能评价上, 可以看出百公里油耗对节能评分影响较大, 随着油耗的增加, 节能评分越来越低。且得分偏低的几名驾驶员, 其均有较多次数和持续时长的超速行驶、急加速和超长怠速等不规范驾驶行为发生; 而在安全评价方面, 疲劳驾驶行为

表 6 驾驶员评价指标值
Tab. 6 Values of driver evaluation indexes
(a) 安全评价指标值

编号	安全评价指标											
	急减速		熄火滑行		超速行驶		急加速		车速	疲劳驾驶		安全行驶
	次数	时长	次数	时长	次数	时长	次数	时长	稳定性	次数	时长	里程
1	0	0	0	0	2	3	1	4	15	0	440	100
2	3	2	0	0	0	0	2	7	16	0	460	100
3	0	0	0	0	3	2	4	2	18	0	440	100
4	5	4	0	0	2	4	3	1	24	0	420	100
5	4	3	1	1	4	9	3	2	19	1	560	100
6	2	1	0	0	0	0	0	0	17	0	420	100
7	0	0	0	0	0	0	3	4	18	1	520	74
8	3	2	0	0	1	6	2	1	15	0	400	100
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	5	4	0	0	0	0	3	3	16	0	420	100
20	0	0	0	0	4	3	2	4	42	0	420	100

(b) 节能评价指标值

编号	节能评价指标											
	急速预热过长		急加速		急减速		超速行驶		车速平稳	超长怠速		百公里
	次数	时长	次数	时长	次数	时长	次数	时长	情况	次数	时长	油耗
1	0	0	1	4	0	0	2	3	15	0	0	1.01
2	0	0	2	7	3	2	0	0	16	0	0	1.03
3	0	0	4	2	0	0	3	2	18	0	0	1
4	0	0	3	1	5	4	2	4	24	4	32	1.12
5	1	10	3	2	4	3	4	9	19	0	0	1.04
6	0	0	0	0	2	1	0	0	17	0	0	1.04
7	0	0	3	4	0	0	0	0	18	0	0	1.03
8	0	0	2	1	3	2	1	6	15	1	10	1.09
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	0	0	3	3	5	4	0	0	16	2	15	1.1
20	0	0	2	4	0	0	4	3	22	0	0	1.02

和安全里程得分则是影响评分的主要因素，且得分偏低的驾驶员们也存在较多次数和持续时长的超速行驶行为。

通过图 2 中对驾驶员的安全得分、节能评分与综合评分分别排序，可以看出本评价方法主要基于卫星定位数据，能够对驾驶人驾驶行为的安全和节能情况作出评价，一定程度上反映出不同驾驶员的驾驶水平，为企业对驾驶员的管理提供参考凭据，企业可根据评价结果，对驾驶员管理有所侧重，进行分类管理和重点监管。

为进一步验证本研究提出方法的有效性，结合

采集到的卫星定位数据，同时利用文献 [7] 中给出评价方法，与本研究方法进行比较分析，评价时分别对两种评价方法的得分进行标准化（即每名驾驶员得分/组内最高得分），以便于进行比较，比较结果如图 3 所示。

通过对两种不同的评价方法的评价结果进行比较，两种方法均能够同时分辨出不良驾驶行为较多（即安全与节能驾驶评价得分偏低的样本）的驾驶员，且不同方法对 20 名驾驶员在组内的评价水平和趋势也较为接近。

如图 3 所示，不同评价方法对同一驾驶员的评

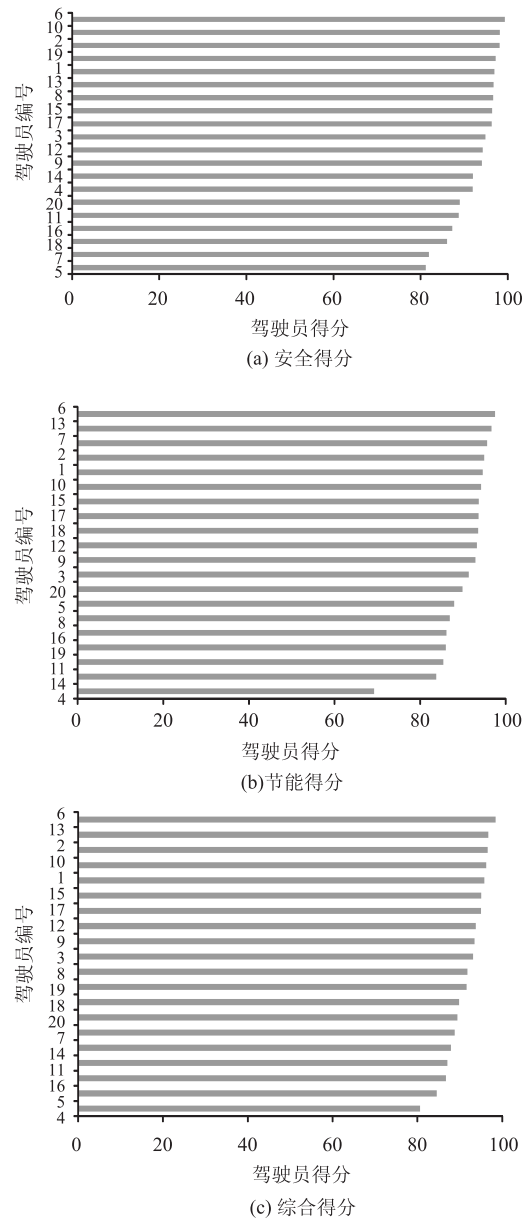


图 2 20 名驾驶员评价得分汇总

Fig. 2 Summary of 20 drivers' evaluation scores

分分值存在差异的原因, 主要在于一方面本研究方
法采用的指标与 G - BOS 等系统采集的指标不完全
相同 (且对行为指标进行辨识提取的算法也存在一
定的差异性), 在指标权重赋值方法上也有所改进。
另一方面本研究方法在评价驾驶行为时, 多数指标
不仅考虑了不良驾驶行为发生的次数, 还同时考虑
了每次行为持续的时长因素。因此评价结果从得分值
上看客观上存在一定差异, 但从整体上看两种方法均
能够共同识别出存在较多不良驾驶行为的驾驶员。

4 结论

驾驶员操作是否得当、行为是否规范, 直接关

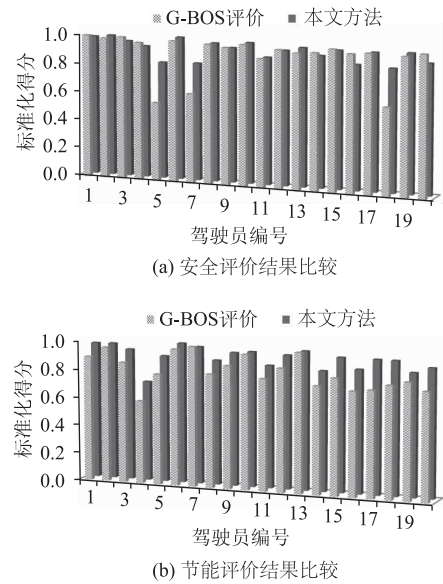


图 3 两种方法的评价结果比较

Fig. 3 Comparison of evaluation results of 2 methods

表 7 20 名驾驶员评价得分

Tab. 7 Evaluation score of 20 drivers

驾驶员编号	驾驶员评价得分		
	安全得分	节能得分	综合得分
驾驶员 1	96.91	94.65	95.78
驾驶员 2	98.13	94.95	96.54
驾驶员 3	94.90	91.34	93.12
驾驶员 4	91.97	69.23	80.60
驾驶员 5	81.16	87.94	84.55
驾驶员 6	99.33	97.52	98.42
驾驶员 7	81.88	95.67	88.78
驾驶员 8	96.63	86.94	91.79
⋮	⋮	⋮	⋮
驾驶员 19	97.24	85.99	91.61
驾驶员 20	88.98	89.92	89.45

系到行车的安全性和节能效果。本研究从道路运输
安全与节能管理的角度, 基于道路运输企业安全生
产管理数据 (以卫星定位数据为主), 开展对驾驶员
驾驶行为评价分析方法的研究, 计算提取出车速稳
定性、超长怠速、怠速预热、急加速、急减速、超
速行驶、疲劳驾驶、百公里油耗、熄火滑行、安全
行驶里程等 10 个驾驶行为安全与节能评价二级指
标, 根据指标的发生次数和持续时长等进一步细分
得到 17 个三级指标, 基于层次分析法计算各指标
的权重, 形成了驾驶员驾驶行为安全与节能评价方法。

通过道路运输企业实际生产数据的验证和分析,本研究提出的方法可从安全与节能两个角度对驾驶员的驾驶行为进行有效评价,帮助运输企业和行业管理部门及时发现和管控驾驶员的不规范行为,对于保证道路交通安全,预防和减少道路交通事故,达到节能减排的目标,具有积极的现实意义。

参考文献:

References:

- [1] 交通运输部公路科学研究院. 2014 年中国道路交通安全蓝皮书 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
Research Institute of Highway of MOT. Blue Book of Chinese Road Traffic Safety in 2014 [M]. Beijing: China Communications Press, 2015.
- [2] 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报 (2015 年度) [M]. 无锡: 公安部交通管理科学研究所, 2016.
Traffic Administration Bureau of Public Security Ministry. Annual Statistics Report of Road Traffic Accidents in PRC (2015) [M]. Wuxi: Traffic Management Research Institute of Ministry of Public Security, 2016.
- [3] IVERS R, SENSERRICK T, BOUFIOUS S, et al. Novice Drivers' Risky Driving Behavior, Risk Perception, and Crash Risk: Findings from the DRIVE Study [J]. American Journal of Public Health, 2009, 99 (9): 1638 - 1644.
- [4] AL-SULTAN S, AL-BAYATTI A H, ZEDAN H. Context-aware Driver Behavior Detection System in Intelligent Transportation Systems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, 62 (9): 4264 - 4275.
- [5] 任慧君, 许涛, 李响. 利用车载 GPS 轨迹数据实现公交车驾驶安全性分析 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2014, 39 (6): 739 - 744.
REN Hui-jun, XU Tao, LI Xiang. Driving Behavior Analysis Based on Trajectory Data Collected with Vehicle-mounted GPS Receivers [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39 (6): 739 - 744.
- [6] JT/T 807—2011, 汽车驾驶节能操作规范 [S].
JT/T 807—2011, Operation Specification for Energy-saving Driving of Vehicle [S].
- [7] 许书权. 基于车辆运行监控系统的驾驶行为安全与节能评价方法研究 [D]. 西安: 长安大学, 2015.
XU Shu-quan. Study of Assessment Methods on Safety and Energy Saving Driving Behaviors Based on Vehicle Operation Monitoring System [D]. Xi'an: Chang'an University, 2015.
- [8] 丁琛. 基于车辆动态监控数据的异常驾驶行为识别技术研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
DING Chen. Research of Abnormal Driving Behavior Recognition Technology Based on Vehicle Dynamic Monitoring Data [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2015.
- [9] 刘应吉, 蔡凤田, 赵侃. 一种使用卫星定位技术进行车辆违章行为辨识的方法: 中国, ZL201310174332.7 [P]. 2015 - 05 - 27.
LIU Ying-ji, CAI Feng-tian, ZHAO Kan. A Method for Identifying Vehicle Violation Behavior by Using Satellite Positioning Technique: China, ZL201310174332.7 [P]. 2015 - 05 - 27.
- [10] 刘应吉, 姚羽, 丁琛. 一种带抗噪声的使用卫星定位数据进行车辆违章行为辨识的方法: 中国, CN201510257187.8 [P]. 2017 - 02 - 01.
LIU Ying-ji, YAO Yu, DING Chen. A Method for Identifying Vehicle Violation Behavior by Using Satellite Positioning Data with Anti-noise: China, CN201510257187.8 [P]. 2017 - 02 - 01.
- [11] 刘应吉, 姚羽, 赵侃. 一种使用卫星定位数据实时识别车辆急加速或急减速的方法: 中国, CN201510255900.5 [P]. 2017 - 05 - 17.
LIU Ying-ji, YAO Yu, ZHAO Kan. A Method for Real-time Identification of Rapid Acceleration or Deceleration of Vehicle by Using Satellite Positioning Data: China, CN201510255900.5 [P]. 2017 - 05 - 17.
- [12] 姚羽, 刘应吉, 赵侃. 疲劳驾驶时间指标监测系统及方法, CN201510133545.4 [P]. 2015 - 06 - 03.
YAO Yu, LIU Ying-ji, ZHAO Kan. Fatigue Driving Time Index Monitoring System and Method, CN201510133545.4 [P]. 2015 - 06 - 03.
- [13] 刘应吉, 蔡凤田, 赵侃. 一种使用卫星定位数据进行车辆行驶里程计算的方法: 中国, CN201610008798.3 [P]. 2016 - 05 - 04.
LIU Ying-ji, CAI Feng-tian, ZHAO Kan. A Method for Calculation of Vehicle Mileage by Using Satellite Positioning Data: China, CN201610008798.3 [P]. 2016 - 05 - 04.
- [14] 李慧芳. 道路运输企业安全评价指标体系及评价方法研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.
LI Hui-fang. Research on Safety Evaluation Index System and Method of Road Transportation Enterprises [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2009.
- [15] 卢小林, 张娴, 俞洁, 等. 灵活型定制公交系统综合评价方法研究 [J]. 公路交通科技, 2015, 32 (5): 135 - 140.

(下转第 158 页)

- [16] 张翠华, 朱宏, 马林. 基于 JIT 采购的订单分配问题模型及仿真应用 [J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2006, 11 (27): 1291-1294.
ZHANG Cui-hua, ZHU Hong, MA Lin. The Model of Order Allocation for JIT Purchasing and Its Simulative Application [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science Edition, 2006, 11 (27): 1291-1294.
- [17] 姜燕宁, 郝书池. 基于部分跨级和集中存储模式的库存配置与选址决策模型 [J]. 公路交通科技, 2016, 33 (11): 152-158.
JIANG Yan-ning, HAO Shu-chi. Inventory Allocation and Location Decision Model Based on Partial Cross-level and Centralized Storage [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016, 33 (11): 152-158.
- [18] 熊云峰, 陈章兰, 袁红莉. 基于复合权重 TOPSIS 的船舶性能综合评价法 [J]. 船舶工程, 2012, 34 (3): 28-31.
XIONG Yun-feng, CHEN Zhang-lan, YUAN Hong-li. Comprehensive Evaluation of Ship Performance Based on Synthesized Weight and TOPSIS [J]. Ship Engineering, 2012, 34 (3): 28-31.
- [19] 魏书堤, 姜小奇. 一种利用信息熵确定属性权重的模糊单因素评价方法 [J]. 计算机工程与科学, 2010, 32 (7): 93-94, 107.
WEI Shu-di, JIANG Xiao-qi. A Single-factor Fuzzy Evaluation Method of Using Information Entropy to Determine the Property Weights [J]. Computer Engineering and Science, 2010, 32 (7): 93-94, 107.
- [20] 孔峰, 刘鸿雁. 基于理想点的改进 AHP 综合排序算法 [J]. 系统工程, 2007, 25 (4): 98-103.
KONG Feng, LIU Hong-yan. Improvement on Algorithm for Final Priorities of AHP Based on Ideal Solution [J]. Systems Engineering, 2007, 25 (4): 98-103.
- [21] 刘奎, 张琨, 王翠荣. 利用切比雪夫不等式的背景建模算法 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29 (4): 53-56.
LIU Kui, ZHANG Kun, WANG Cui-rong. Background Modeling Algorithm That Uses Chebyshev Inequality [J]. Computer Applications and Software, 2012, 29 (4): 53-56.

(上接第 127 页)

- LU Xiao-lin, ZHANG Xian, YU Jie, et al. Research of a Comprehensive Evaluation Method for Customized Flexible Transit System [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2015, 32 (5): 135-140.
- [16] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究 [J]. 数学的实践与认识, 2012, 42 (7): 93-100.
DENG Xue, LI Jia-ming, ZENG Hao-jian, et al. Research on Computation Methods of AHP Weight Vector and Its Applications [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42 (7): 93-100.
- [17] 向欣, 罗煜, 程红胜, 等. 基于层次分析法和模糊综合评价的沼气工程技术筛选 [J]. 农业工程学报, 2014, 30 (18): 205-212.
XIANG Xin, LUO Yu, CHENG Hong-sheng, et al. Biogas Engineering Technology Screening Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Comprehensive Evaluation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30 (18): 205-212.
- [18] 王生昌, 陈娟娟, 田晓雪, 等. 基于层次分析法的汽车制动性能主观评价指标权重研究 [J]. 公路交通科技, 2015, 32 (8): 138-142.
WANG Sheng-chang, CHEN Juan-juan, TIAN Xiao-xue, et al. Research on Weights of Subjective Evaluation of Automobile Braking Performance Based on AHP [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2015, 32 (8): 138-142.