

高速公路交通管理综合评价指标体系构建研究 ——以浙江省为例

丁剑超 万勇征

(浙江省公安厅高速公路交警总队 杭州 310066)

[摘要] 随着交通信息化的发展,交通数据的数量和类型都在不断增长。现有的公安交通管理评价指标以违法查处量、道路交通事故起数和死亡人数为主要评价指标,无法满足海量交通数据量下的交通管理评价。为了更好的量化和评估交通安全管理,本研究利用数学和运筹学理论方法进行定性定量处理,提出一种更为完备的高速公路交通管理综合评价体系。模型构建以浙江省 2013-2017 年的数据计算权重系数,并应用 2018 年的数据进行验证,结果表明本研究所提出的体系更为科学、合理、客观。

[关键词] 交通安全管理;交通管理评价指标;运筹学;交通评价体系

1 引言

截至 2019 年底,全国高速公路里程已达 14.96 万公里,不同地区、不同路段道路基础设施条件、交通流状况、气候条件等方面存在较大差异,目前公安交通管理评价体系通常仅以违法查处量、道路交通事故起数和死亡人数为主要评价指标,难以客观反映和评价各地工作成效和差距,无法充分发挥评价的激励和导向作用。

随着近十年国家大力推进交通信息化和智慧化的建设,交通相关数据类型和数量有了大幅度增长,更为丰富。本文通过研究交通安全水平、交通畅通效率和交管工作强度等单项指标项之间的相互关系,针对交通安全人、车、路、环境、管理等多个变量,依托浙江省高速公路交通管理系统 2013-2017 年的数据来计算对应的权重系数,利用数学和运筹学理论方法进行定性定量处理,量化交通安全管理状况,提出科学、合理、完善的交通管理综合评价体系,同时还可更好地为制定交通安全管理政策、策略作参考,为实现公正科学的判断交通安全状

况提供量化评估标准和尺度提供参考。

2 主要研究方法

交通安全运行状况不仅受车辆机件性能、道路状况和天气条件等客观因素影响,同时还和驾驶人的操作能力、身体状况、驾驶习惯等主观因素密切相关,交通事故由多种变量的相互作用产生,且变量之间缺乏明确的因果关系。通过对比,通过前期调研,本文主要运用模糊综合评价法、层次分析法、隶属度函数分析研究方法,对多个变量进行定性定量处理。

2.1 模糊综合评价法

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法。该评价法根据模糊数学的隶属度理论^[1]把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学^[2]对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价,它具有结果清晰,系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合各种非确定性问题的解决。

2.2 层次分析法

层次分析法^[3]是一种定性和定量相结合的多准则决策方法。它的基本原理是用两两比较

收稿日期:2020-10-19

作者简介:丁剑超(1977-),男,主要从事高速公路交通安全管理和相关前沿技术研究。

的方法确定判断矩阵，然后根据判断矩阵的最大特征相应的特征向量作为相应的系数，最后综合出各方案各自的权重。

2.3 隶属度函数分析

采用隶属函数计算影响参数的隶属度，确定影响因素对上一层指标影响。隶属度的值越接近1，影响因素对上层指标的正向影响越大；反之，隶属度的值越接近0，影响因素对上层指标的正向影响越小。

3 评价体系指标的基本架构

3.1 评价体系指标筛选原则

指标应是由若干个能客观反映交通安全规律、相互联系的指标项组合而成。从理论上讲，凡是表现和说明交通安全状况的指标，都属于可选择的范围。但作为一个评价体系，并非指标设置得越多越好。只有那些对反映交通安全总体现象最直接、关系最密切、量化条件最好的指标，并具有科学性（能够真实地反映事物的本质）、可行性（基础数据容易获得、评价过程清晰明了，易于操作）、实际性（能体现目前的道路交通现状）、可比性（能分出优劣）、可定量性，才应选入评价体系，是客观指标与主观指标的统一。

3.2 评价体系指标

结合高速公路交通安全影响方面的考虑，如图3.1所示交通安全管理评价体系框架仍然为交通安全度、交通畅通度及交管工作强度3个方面的评价，但是将道路工程技术条件及交通特性2项内容单独列出来，作为3项评价内容的修正因素来考虑，目的是在横向评比时体现出相对公平性。具体的指标体系如下：

(1) 交通安全度

交通安全度体现的是高速公路的交通安全水平等级，是一个正向的评价指标，安全度值越大，相应的路段交通安全水平就越高。交通安全度主要考虑亿车公里死亡人数、百万车公里受伤人数及百万车公里事故数等3项影响指标，按照层次分析法，为准则层，C层为影响指标层。交通安全度（DA）为主要指标。

(2) 交通安全度修正指标

道路工程技术条件及交通特性对交通安全度有着一定的影响，并且不同的道路等级、设计标准、客货比对道路的交通安全管理工作有着不同的需求，因此，在各交通安全管理部门之间的横向评比时，为求评价结果的相对公平性，有必要对交通安全度值进行修正后再做评价对比。根据筛选，道路工程技术条件考虑纵坡路段比例、隧道路段比例、路侧险要路段比例、互通立交密度及弯道路段比例等5方面的指标；交通特性则考虑道路的平均服务水平及客货比例2项影响指标。

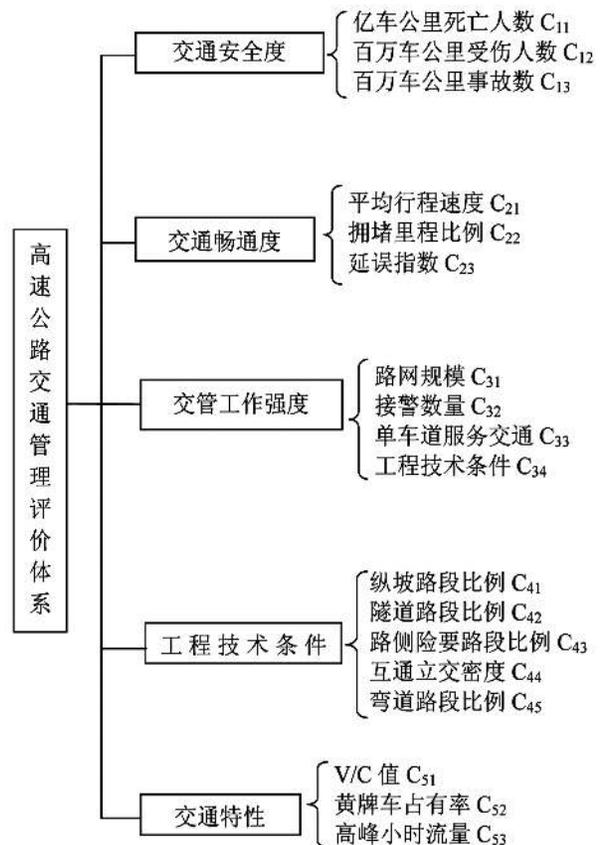


图 3.1 高速公路交通管理评价体系

(3) 交通畅通度

交通畅通程度体现的是高速公路的运行状态，也是一个正向的评价指标，值越大，相应路段就越通畅。交通畅通程度主要考虑平均行程速度、拥堵里程比例及延误指数等3项影响指标。

(4) 交通畅通度修正指标

道路工程技术条件及交通特性对交通安全度有着一定的影响，由于安全状况对交通运行状况有着密切的影响关系，并且不同道路等级、设计标准的道路交通运营管理工作内容、工作强度会有所不同，因此，在各交通管理部门之间横向评比时，为求评价结果的相对公平性，需要对交通畅通度值进行适当的修正。

在道路工程技术条件中，对道路运行状态有影响的指标重点集中在纵坡路段及隧道路段。关于交通特性的影响，主要考虑高峰小时流量、黄牌车辆比例 2 项指标的影响。

(5) 交管工作强度

在交管工作强度评价中，采用的评价指标为路网规模、接警数量、单车道服务交通量和工程技术条件等 4 项。若辖区内的路网规模大、接警数量多、单车道服务交通量大、工程技术条件不好，则在交管工作中需要付出的工作努力也相对多；反之则会相对轻松。

4 应用示例-交管工作强度分析

通过评价指标换算→依据隶属度函数计算各项指标的隶属度→依照各项指标的权重分配比例计算评价值→通过模型对评价值进行修正 4 个应用步骤，可对安全度、畅通度、管理工作强度进行量化评价。评价指标值权重及隶属度限值如表 4.1 所示。

4.1 评价指标

主要选取了路网规模、接警数量、单车道服务交通量、工程技术条件 4 项指标进行评价。

(1) 路网规模 C_{31}

C_{31} 指的是各支队辖区的高速公路里程占全省高速公路总里程的比例。

$$C_{31} = \frac{L_x}{L} \times 100\% \quad (4.1)$$

L_x 为辖区内纳入统计的高速公路里程， L 为全省的高速公路总里程。

(2) 接警数量 C_{32}

C_{32} 指在年度内各支队系统记录的接处警数据，选取需处警的事故、群众求助、举报、刑事、治安、灾害 6 类统计数据。

$$C_{32} = \sum N_i \quad (4.2)$$

N_i 为每一类接警的统计数据。

(3) 单车道服务交通量 C_{33}

C_{33} 指高速公路一条车道上的年度平均日交通量。

$$C_{33} = \frac{Q \times E_i}{n} \quad (4.3)$$

Q 为年平均日交通量； E_i 为车型折算系数，可参考《公路路线设计规范（JTG D20 - 2017）》中的相关折算系数表选用； n 代表的是高速公路单向车道数。

(4) 工程技术条件 C_{34}

C_{34} 指的是支队辖区内高速公路上纵坡路段、隧道、互通等工程技术条件。

$$C_{34} = EC_A = \sum_1^3 C_{4i} U(x_{4i}) \quad (4.4)$$

式中 C_{4i} 为纵坡、隧道及互通等指标项的影响权重值， $F(x_{4i})$ 为指标项的隶属函数值。

4.2 评价方法

(1) 评价模型

根据模糊评价理论，交管工作强度评价模型如下：

$$GX = \sum_1^4 C_{3i} F(x_{3i}) \quad (4.5)$$

式中： C_{3i} 为指标项的影响权重值， $F(x_{3i})$ 为指标项的隶属函数值，见表 4.3。

影响权重计算，从影响因素 C 层开始，两两比较各影响因素相对于上一层的重要性，采用 $e^{0/5} - e^{8/5}$ 标度构建判断矩阵，并按照“根法”求其权重。

表 4.1 评价指标值权重及隶属度限值汇总表

评价项	评价指标	权重	隶属函数	限值		基础数据来源	
				a	b		
交通安全度 DA	亿万车公里死亡人数 C ₁₁	0.47		0	3		
	百万车公里受伤人数 C ₁₂	0.30		0	0.5	事故系统数据	
	百万车公里事故数 C ₁₃	0.23		0	6		
工程技术条件 EC _A	纵坡路段比例 C ₄₁	0.28	降型直线函数	0	12	交通部门设计文件	
	隧道路段比例 C ₄₂	0.19		1	20		
	路侧险要路段比例 C ₄₃	0.24		2	35		
	互通立交出口密度 C ₄₄	0.15		5	15		
	弯道路段比例 C ₄₅	0.14		0	6		
交通特性 TC _A	V/C (平均服务水平) C ₅₁	0.55	正态函数	0.58	—	卡口数据	
	黄牌车占有比例 C ₅₂	0.45	降型直线函数	0	0.5	卡口交通量数据	
交通畅通度 DC	平均行程速度 C ₂₁	0.40	升型直线函数	120km/h	30	卡口记录的速度数据	
				100km/h	20		80
	拥堵里程比例 C ₂₂	0.33	降型直线函数	80km/h	20	互联网导航应用数据	
				120km/h	1		10
				100km/h	1		3
延误指数 C ₂₃	0.27	降型直线函数	80km/h	1	卡口记录的速度数据		
			100km/h	1		4	
交通特性 TC _T	黄牌车占有比例 C ₅₂	0.55		0	0.5	卡口记录的数据	
	高峰小时流量 C ₅₃	0.45		C _d	C ₀		
交管工作强度 GX	路网规模	0.33		1	15	道路基础数据	
	接警数量	0.27	升型直线函数	0	5	12122 系统数据	
	单车道服务交通量	0.22		700	2200	卡口数据	
工程技术条件 EC _A	0.18	0		1	EC _A		

表 4.2 C₃₁~C₃₄判断矩阵及权重

GX	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	权重
C ₃₁	1	1.22	1.49	1.82	0.33
C ₃₂	0.82	1	1.22	1.49	0.27
C ₃₃	0.67	0.82	1	1.22	0.22
C ₃₄	0.55	0.67	0.82	1	0.18

表 4.3 指标隶属函数及限值

序号	影响参数	隶属函数	a 值	b 值
1	路网规模		1	15
2	接警数量	升型直线	0	5
3	单车道服务交通量	函数	750	3750
4	工程技术条件 EC _A		0	1

注：限值 a、b 是根据省内相关数据所属的主要范围来取值。

(2) 评价标准

高速公路交管工作强度评价标准见表 4.4 所示。

表 4.4 交管工作强度标准

工作强度等级	相应的工作状况	强度值 (GX) 范围
一级	工作强度相对大	(0.70, 1]
二级	工作强度相对较大	(0.50, 0.70]
三级	工作强度一般	[0.30, 0.50]
四级	工作强度相对小	(0, 0.30)

5 评价结论

本研究以浙江省 11 个支队 2018 年的交通管

表 5.1 2018 年交管工作强度分析结论汇总表

序号	支队	等级	相应工作强度
1	绍兴	一级	工作强度相对大
2	杭州	一级	工作强度相对大
3	嘉兴	一级	工作强度相对大
4	宁波	二级	工作强度相对较大
5	湖州	二级	工作强度相对较大
6	金华	二级	工作强度相对较大
7	衢州	三级	工作强度一般
8	台州	三级	工作强度一般
9	温州	三级	工作强度一般
10	丽水	三级	工作强度一般
11	舟山	四级	工作强度相对小

理工作数据为例，经综合分析，结果如表 5.1 所示：绍兴、杭州和嘉兴 3 个支队的交管工作强度相对大；宁波、湖州和金华 3 个支队的交管工作强度相对较大；交管工作最小是舟山支队；其余支队的交管工作强度均处于三级，工作强度一般，结果符合管理实际。从评价结论来看，该评价方法能够将各支队的交通安全状况量化，且量化值相对客观。

参考文献

- [1] 李中夫. 隶属度含义的剖析 [J]. 模糊系统与数学, 1987 (00): 7-12.
- [2] 冯德益, 虞雪君. 模糊数学方法与应用 [J]. 地震, 1983 (05): 56-62.
- [3] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用 [J]. 中国安全科学学报, 2008, 18 (005): 148-153.