

研究报告

基于 TWW 函数的道路交通安全灰色评价方法研究

郭 仪¹, 周清雷¹, 黄敬宝²

(1. 郑州大学信息工程学院, 郑州 450052; 2. 江西理工大学应用科学学院, 江西赣州 341000)

[摘要] 在研究国内外道路交通安全评价方法的基础上, 根据我国道路交通安全现状及道路交通安全监督管理的要求, 将灰色系统理论应用于道路交通安全评价, 建立了一套基于 TWW 函数的道路交通安全灰色评价指标体系, 并对 6 省市的交通安全水平进行了比较研究。

[关键词] 道路交通安全; 灰色评价; TWW 函数

[中图分类号] U491.3; U491.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)03-0087-04

1 引言

随着经济的发展, 公路遍布各地, 公路交通事故成为日益突出的社会问题, 给国家和人民生命财产造成巨大损失。为了预防和减少交通事故, 有必要建立交通安全评价指标体系, 定期开展交通安全评价工作, 完善道路交通安全政策与机制, 强化道路交通安全监督与管理, 找出安全隐患, 采取各种措施, 提高公路交通的安全水平^[1]。

道路交通安全评价是道路交通安全管理、决策的基础, 国内外对道路交通安全评价进行了多方面研究, 提出了一些适应于一定范围的评价方法。主要的评价方法有 5 类:

1) “四项指数”法。“四项指数”指交通事故的发生次数、死亡人数、受伤人数和直接经济损失。这种方法在统计上简单易行, 对比度明显, 可以单纯地做纵向、横向比较, 容易被人接受, 在我国是一种常用的方法。但交通事故的发生有多种原因。从数理统计和概率论的观点出发, 车辆和人多, 事故出现的概率就越大。而“四项指数法”没有反映这些背景的数据和因素, 在同等条件下没有可比性。因此, 作为不同地区、不同条件的安全程度指数, 是缺乏科学性和说服力的。

2) 事故率法。该法包括简单事故率法(如人口死亡率、车辆死亡率等)和综合事故率法(如亿车公里死亡率、当量死亡率等)。事故率法用相对指标表达道路交通安全水平, 具有较强的可比性。简单事故率法单独采用某种事故率来评价交通安全, 往往会出现片面性的假象, 不能反映多因素综合的真实结果; 综合事故率法涉及的当量或换算系数不同程度地受认识和判断的影响, 其合理性有很大争议。

3) 时间序列分析法。这是一种纵向比较方法, 即以事故率随时间的变化作为交通安全水平评价的指标。用该法得出的评价结果与所取的基准年份和时间长度密切相关。例如德国 1990 年交通事故死亡人数为 7 609 人, 1985 年为 8 400 人, 1970 年为 19 193 人。若以 1970 年为基准, 截至 1990 年, 平均每年减少 579 人; 若以 1985 年为基准, 则平均每年减少 158 人。如何正确选择基准年及时间长度是一道难题。

4) 模型法。用该法分析交通事故与影响因素的关系, 建立事故与各种主要影响因素之间的定量函数关系模型。主要有统计分析模型(如斯密德模型、北京模型等)和经验模型。统计分析模型需要大量的统计数据; 经验模型虽较实用, 但科学依据

不充分,且受地域、交通条件制约,可比性差。目前尚没有较成熟的适合我国的道路交通安全评价模型。

5) 系统分析法。该法主要有层次分析法和模糊数学法。两种方法的权重都是以人的判断为前提。由于每人对各因素的认识不同,在判断上易出现较大差别。

鉴于以上情况,为了减少交通安全评价中的人为影响,提高评价的科学性,利于对各省市间交通安全管理工作进行比较,笔者提出了一种基于三角白化权(trigonometry whitening weight, TWW)函数的灰色系统理论的交通评价方法。

2 模型原理^[2]

设有 n 个对象, m 个评估指标, s 个不同的灰类,对象 i 关于指标 j 的样本观测值为 x_{ij} , $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$ 。

1) 按照评估要求划分的灰类数 s , 将各个指标的取值范围也相应地划分为 s 个灰类。

2) 令 $(a_k + a_{k+1})/2$ 属于第 k 个灰类的白化权函数值为 1, $((a_k + a_{k+1})/2, 1)$ 与第 $k-1$ 个灰类的起点 a_{k-1} 和第 $k+1$ 个灰类的终点 a_{k+2} 连接, 得到 j 指标关于 k 灰类的三角白化权函数 $f_j^k(\cdot)$, $j = 1, 2, \dots, m$; $k = 1, 2, \dots, s$ 。对于 $f_j^k(\cdot)$ 和 $f_j^k(\cdot)$, 可分别将 j 指标取数域向左、右延拓至 a_0, a_{s+2} (见图 1)。

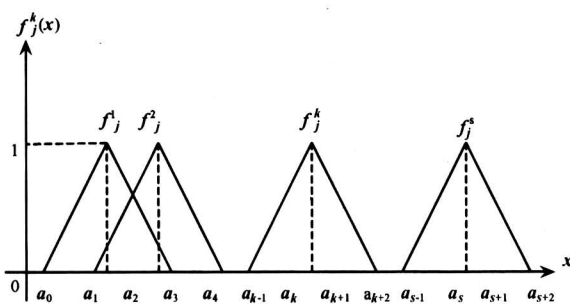


图 1 三角白化权函数一般形式

Fig. 1 The general format of trigonometry whitening weight function

对于 j 指标的一个观测值 x , 可由公式

$$f_j^k(x) = \begin{cases} 0 & x \notin [a_{k-1}, a_{k+2}] \\ \frac{x - a_{k-1}}{\lambda_k - a_{k-1}}, & x \in [a_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{a_{k+2} - x}{a_{k+2} - \lambda_k}, & x \in [\lambda_k, a_{k+2}] \end{cases} \quad (1)$$

计算出其属于灰类 k ($k = 1, 2, \dots, s$) 的隶属度 $f_j^k(x)$, 其中 $\lambda_k = (a_k + a_{k+1})/2$ 。

3) 计算对象 i ($i = 1, 2, \dots, s$) 关于灰类 k ($k = 1, 2, \dots, s$) 的综合评价值 σ_i^k :

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_{ij}^k(x_{ij}) \cdot \eta_j \quad (2)$$

其中 $f_{ij}^k(x_{ij})$ 为对象 i 在指标 j 下属于灰类 k 的白化权函数, η_j 为指标 j 在综合评价值中的权重。

4) 由 $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$, 判断对象 i 属于灰类 k^* ; 当有多个对象同属于 k^* 时, 可以进一步根据综合评价值的大小确定同属于 k^* 灰类的各对象的优劣或位次。

3 基于 TWW 函数的道路交通安全灰色评价

3.1 指标确定

道路交通系统是一个由人、车、路、环境组成的动态开放系统,该系统不仅与系统内的人、车、路、环境紧密联系,而且还受国家政策、法令、人的文化水平和经济条件等影响。发生交通事故造成大量经济损失和人员伤亡,参照国际惯例采用交通事故发生次数、受伤人数、死亡人数和直接经济损失等绝对量指标,考虑到可比性,笔者采用这些评价指标的相对指标。道路交通安全不仅与人的因素有关,而且与车辆状况、道路条件、交通组成、管理水平和社会环境等密切相关,有些因素无法确切描述,各因素之间关系错综复杂。为了全面地反映安全状况,根据指标选取可比性、可测性、代表性原则,笔者选取公路里程事故发生次数、万车死亡率、万车受伤率、万人死亡率、万人受伤率和直接经济损失占 GDP 的比率。

3.2 道路交通安全评价指标体系

在评价模型中,道路交通安全评价采用 4 个灰类,即:优、良、中、差。根据往年的数据统计分析,并结合德尔菲(Delphi)函询及会议咨询的方式,整理出适合各省及直辖市的道路交通安全评价指标体系见表 1,分指标取数域延拓值见表 2。

根据三角白化权函数原理就可以建立该模型中各评价指标的 TWW 函数。

4 实例分析

算例是以山东、上海、河南、浙江、广东、江

表 1 道路交通安全评价指标体系

Table 1 The evaluating index systems for road traffic safety

指标	代号	权重	优类	良类	中类	差类
事故发生次数/次·km ⁻¹	x ₁	5	0.3 ≤ x ₁ ¹ < 0.6	0.6 ≤ x ₁ ² < 1.5	1.5 ≤ x ₁ ³ < 2.4	2.4 ≤ x ₁ ⁴ < 6
万车死亡率/%	x ₂	9	10 ≤ x ₂ ¹ < 20	20 ≤ x ₂ ² < 35	35 ≤ x ₂ ³ < 50	50 ≤ x ₂ ⁴ < 65
万车受伤率/%	x ₃	8	100 ≤ x ₃ ¹ < 150	150 ≤ x ₃ ² < 200	200 ≤ x ₃ ³ < 250	25 ≤ x ₃ ⁴ < 300
万人死亡率/%	x ₄	4	0.3 ≤ x ₄ ¹ < 0.6	0.6 ≤ x ₄ ² < 1.2	1.2 ≤ x ₄ ³ < 1.8	1.8 ≤ x ₄ ⁴ < 2.4
万人受伤率/%	x ₅	3	2 ≤ x ₅ ¹ < 3	3 ≤ x ₅ ² < 5	5 ≤ x ₅ ³ < 7	7 ≤ x ₅ ⁴ < 10
直接经济损失占 GDP 比率/%	x ₆	3	0.6 ≤ x ₆ ¹ < 1.5	1.5 ≤ x ₆ ² < 3	3 ≤ x ₆ ³ < 4.5	4.5 ≤ x ₆ ⁴ < 6

表 2 分指标取数域延拓值

Table 2 The continuation value for the range of values on sub-index

代号	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
x _j ⁰	0.2	2	20	0.1	0.5	0.2
x _j ⁶	10	80	400	6	15	10

苏省为评价对象，分别用 i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 表示，对 6 省市 2003 年的道路交通安全状况进行评价。

4.1 确定 6 省市道路交通各评价指标观测值

根据国家统计局和各省市统计资料算出的各指标的观测值见表 3，其中 x_{ij} 表示 i 对象 j 指标的观测值。

表 3 2003 年 6 省市道路交通安全评价指标观测值 x_{ij}

Table 3 The observed value of evaluating indexes for road traffic safety of six provinces or cities in 2003

i	j					
	1	2	3	4	5	6
1	1.116	0.976	4.496	1.424	50.672	233.473
2	7.692	1.048	8.331	6.355	19.556	155.488
3	0.548	0.595	3.199	2.21	48.066	258.243
4	1.231	1.528	7.711	5.899	52.635	265.688
5	0.625	1.402	9.199	2.333	43.228	283.65
6	0.616	0.897	2.911	1.952	50.392	163.584

4.2 道路交通安全灰色评价聚类演算

将观测值代入白化权函数中，即可得到各对象各指标的 TWW 函数取值，再将各对象各指标的 TWW 函数取值代入式 (2)，可得到各对象关于灰

类 k ($k = 1, 2, 3, 4$) 的聚类系数 σ_i^k ，见表 4。

表 4 6 省市关于灰类的聚类系数 σ_i^k

Table 4 Provinces or cities about clustering coefficient of gray cluster

i	k			
	1	2	3	4
1	0.189 3	0.440 5	0.565 4	0.307 5
2	0.390 8	0.443 1	0.119 6	0.223 3
3	0.348 1	0.285 2	0.386 8	0.308 7
4	0.040 0	0.173 1	0.520 9	0.638 6
5	0.162 2	0.297 8	0.494 5	0.447 3
6	0.432 3	0.517 4	0.289 8	0.187 9

对 6 省市道路交通安全评价对象进行聚类得：

- 2003 年山东 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_1^k\} = 0.565 4 = \sigma_1^3$;
- 2003 年上海 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_2^k\} = 0.443 1 = \sigma_2^2$;
- 2003 年河南 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_3^k\} = 0.386 8 = \sigma_3^3$;
- 2003 年浙江 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_4^k\} = 0.638 6 = \sigma_4^4$;
- 2003 年广东 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_5^k\} = 0.494 5 = \sigma_5^3$;
- 2003 年江苏 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_6^k\} = 0.517 4 = \sigma_6^2$;

4.3 6 省市评价结果分析

从计算结果得出 2003 年上海、江苏的交通安全状况为良类；山东、河南、广东为中类；浙江为差类；没有优类。这说明 6 省市的道路交通安全整体状况不是很好。在良类中，江苏省良的成分最高，为 0.517 4，优类成分也达到 0.432 3；其次为上海市，良的成分达 0.443 1，优类成分达 0.390 8。在中类中，山东省中的成分最高为 0.565 4，优类、良类、差类成分分别为 0.189 3，0.440 5，0.307 5；其次为河南省，中的成分为 0.386 8，优类、良类、差类分别为 0.348 1，0.285 2，0.308 7；接着是广东省，

中的成分为0.494 5, 优类、良类、差类分别为0.162 2, 0.297 8, 0.447 3。由于河南省的优、良、中类成分总量达1.020 1, 而广东省的优、良、中成分为0.954 6, 所以河南省略优于广东省。在6个省市的差类中, 只有浙江省高达0.638 6。

综上所述, 6省市2003年道路交通安全水平的优良次序为: 江苏、上海、山东、河南、广东、浙江。

5 结论与建议

面对交通安全评价中遇到的各种问题, 有必要认真探讨交通安全评价的本质。事实上安全的内涵和外延是不清晰的, 道路交通安全系统是一个灰色系统。运用灰色理论的“非惟一性”原理通过对少量已掌握的信息进行筛选、加工和扩展等定性、定量相结合, 将道路交通安全水平确定在某一灰域内, 从而实现评价宏观交通安全水平的目的^[3]。其评价方法有理论依据, 算法清晰明确, 不繁琐, 可应用性强。实际应用表明, 该方法评价结果能较真实地反映道路交通安全状况。

笔者在指标确定中, 考虑了评价指标的可比性

和可操作性, 确定了省市指标评价体系, 指标体系根据往年的统计资料分析得出, 并参考了专家的意见, 在实际操作中可以进行调整。该评价体系适用于全国各省市。如把评价指标体系改成各国或各县市标准, 也可以对各国或各县市进行评价。应制定全国统一标准, 在全国范围内积累数据, 创造条件, 以期制定各省市道路交通安全的统一尺度, 定期、系统地评价全国或者特定地区的交通安全水平, 准确地把握道路交通安全现状和发展趋势, 客观地分析道路交通安全的影响因素, 为科学地制定交通安全策略和措施, 有效开展交通安全监督管理工作奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 刘清. 道路交通安全等级评价与实例分析[J]. 交通科技, 2002, (3): 44~46
- [2] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [3] 柴旭东, 王兵, 刘运通. 道路交通安全宏观评价研究[J]. 道路与安全, 2002, (2): 17~19

The Gray Evaluation of Road Traffic Safety Based on Trigonometry Whitening Weight (TWW) Function

Guo Yi¹, Zhou Qinglei¹, Huang Jingbao²

(1. School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China;

2. School of Sciences, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

[Abstract] Based on the researches of evaluation methods about road traffic safety in China and abroad, the gray system theory is used for the first time in road traffic safety to set up a trigonometry whitening weight (TWW) function evaluation model in accordance with the request of China's present road traffic safety. And the evaluations of road traffic safety in 2003 in Shandong, Shanghai, Henan, Zhejiang, Guangdong and Jiangsu are studied and compared one another.

[Key words] road traffic safety; gray evaluation; TWW function