

## 改进的道路交通安全灰色聚类评价方法

Improvement for Road Traffic Safety Gray Clustering Evaluation Method

刘文清 李文权

(东南大学交通学院, 南京 210096)

LIU Wenqing, LI Wenqua

(Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**摘要:** 传统的灰色聚类评价方法在确定灰类白化值时, 由于受到样本数据的约束, 使得评价只是在样本范围内进行比较, 没有真正达到评价的目的。针对这一不足, 对传统的灰色聚类评价方法进行改进, 通过确立合理有效的评价指标体系, 并通过相关规范标准确定灰类白化值, 改变传统方法确立灰类白化值的模式, 以获得一个更加合理的评价标准, 使评价结果更加准确、合理。改进的灰色聚类评价方法有理论依据、算法简单、可操作性强, 评价结果能更好的反映道路交通安全状况。将该方法用于3个城市的道路交通安全评价, 取得了良好的效果。

**Abstract:** As determining the gray values, the traditional gray clustering evaluation method compares the evaluation results among the samples due to constrains related to the sample data, which fails to truly realize the evaluation purposes. In order to improve the traditional method, this paper develops a reasonable and effective evaluation standard through a review of the related evaluation standards and by improving the traditional method in determining the gray values, so as to obtain a more reasonable standard which yields more accurate and reasonable results. The improved method has a theoretical basis and its algorithm is simple, and easier to execute, with results that can better reflect the traffic safety situation on urban streets. Applications of this method to traffic safety evaluation in three cities have provided more promising outcomes.

**关键词:** 交通安全; 安全评价方法; 灰色模型; 灰色评价

**Key words:** traffic safety; safety evaluation methods; gray models; gray evaluation

中图分类号: U491 文献标识码: A

收稿日期: 2005-04-20

作者简介: 刘文清, 男, 东南大学硕士研究生, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。

E-mail: foxlinshan@163.com

由于灰色聚类评价方法在道路交通安全评价方面所体现出来的优势, 该方法得到了广泛的应用, 但同时也暴露出了一定的不足。针对传统灰色聚类评价方法的不足, 本文提出了改进的灰色聚类评价方法, 更好地对道路交通安全状况进行全面、综合的评价, 使最终的评价结果更具合理性。

## 1 传统的灰色聚类评价方法

传统的灰色聚类评价模型建模方法如下:

## 1) 确定安全评价对象并进行数据处理

给出安全评价对象的样本矩阵, 并对原始样本矩阵进行无量纲处理。令评价对象个数为 $m$ , 评价指标项数为 $n$ , 其中评价对象 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ , 评价指标 $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。记原始样本矩阵为 $D^0$ , 无量纲处理后矩阵为 $D$ , 则有:

$$D^0 = \begin{bmatrix} d_{11}^0 & d_{12}^0 & \dots & d_{1n}^0 \\ d_{21}^0 & d_{22}^0 & \dots & d_{2n}^0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1}^0 & d_{m2}^0 & \dots & d_{mn}^0 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

## 2) 灰类及白化值的确定

确定灰类种数, 并采用累积百分频率法确定各灰类的白化值。例如, 将交通安全状况划分为优、良、中、差四个等级, 分别选取累积百分频率为15%、40%、60%和85%对应的点来确定优、良、中、差值, 4个点对应的 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 值即为指标优、良、中、差的白化值, 如图1所示。

## 3) 确定灰类的白化权函数

评价指标的灰类白化权函数是用来描述某项评价指标的灰类对其取值范围内数值的“偏好”程度<sup>[1]</sup>。建模时应确定函数曲

线形状、起讫点及折点位置，并选用恰当的数学表达式。

4) 聚类权的确定

记聚类权为  $\eta_{jt}$ ， $t$  为评价灰类，且  $t \in \{1, 2, \dots, k\}$ ， $k$  为评价灰类种数。 $\lambda_{jt}$  为第  $j$  项指标属于第  $t$  种灰类的白化值。有：

$$\eta_{jt} = \lambda_{jt} / \sum_{j=1}^m \lambda_{jt} \quad (1)$$

5) 灰聚类分析评价

记  $\sigma_{it}$  为第  $i$  个评价对象对于第  $t$  个灰类的聚类评价价值， $f_{it}(d_{ij})$  为  $t$  灰类白化权函数，有：

$$\sigma_{it} = \sum_{j=1}^n f_{it}(d_{ij}) \cdot \eta_{jt} \quad (2)$$

第  $i$  个评价对象的评价序列  $\sigma_{it} = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{ik})$ ，评价对象所属灰类为  $k'$ ，满足  $\sigma_{ik'} = \max_{1 \leq t \leq k} \sigma_{it}$ ，从而确定聚类对象的安全状况等级。

从以上传统的灰色聚类模型的建模过程可以看出，灰色聚类模型对于具有多指标的道路安全系统评价是合适的。但是，传统的灰色聚类模型在确定灰类白化值时是在所选取的样本数据范围内进行的，因此，最后的评价结果只是在样本范围内的比较和评价。如果每次在进行道路交通安全评价时选取的样本数据不一样，则确定的评价标准就不同，这就使得各次评价的结果间没有可比性。传统灰色聚类评价方法评价出的结果的生命力只存在于一次评价当中，其评价结果不能再次利用，造成了资源的浪费。

## 2 改进的灰色聚类评价方法

在继承传统的灰色聚类评价方法优点的基础上，本文对其不足之处提出改进，改进的灰色聚类评价模型包括5部分：

灰类  $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$ ，

灰类白化值  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ ，

白化权函数  $f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)\}$ ，

聚类权值  $\eta_{jt} = \{\eta_{j1}, \eta_{j2}, \dots, \eta_{jm}\}$ ，

聚类评价价值  $\sigma_{it} = \{\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{im}\}$ 。

本文仅介绍改进的灰色聚类评价方法在评价指标

的选择、灰类的划分、灰类白化值的确定和白化权函数的选取上与传统灰色聚类评价方法的不同，聚类权值和聚类评价价值的确定与传统灰色聚类评价方法相同，这里不再赘述。

1) 确定评价指标和灰类种数

道路交通安全评价指标体系包括：绝对指标、相对指标和体现城市道路交通安全管理水平的指标<sup>[2]</sup>。另外，还有根据评价城市的具体情况，能反映当地特点的影响道路交通安全的评价指标。

在选取评价指标时，应确保评价指标体系的整体独立性。例如，万车事故率、万车死亡率和事故死伤比这三项指标，就不能同时采用，因为通过其中的任意两项指标值都可以推导算出第3项的指标值。若选取的指标间相互重复，就人为地影响了评价指标体系内各指标间的权重分布，使得评价结果不准确。

2) 确定灰类白化值

灰类白化值的确定是道路交通安全评价的基础，为使评价的标准统一，灰类白化值可通过相关规范标准或专家咨询意见得出。本文确立灰类白化值是参考最新的城市道路交通管理评价指标体系的评价标准。

在确定灰类白化值时应注意：

① 如果各个灰类的白化值相差很大时，应采用数学方法先作无量纲处理。若直接进行计算，会使得各个灰类在评价体系内所占的权重不均匀，导致最后计算结果不准确。

② 确立的白化值要使得最后的灰聚类评价价值  $\sigma_{it} \in [0, 1]$ <sup>[4]</sup>。

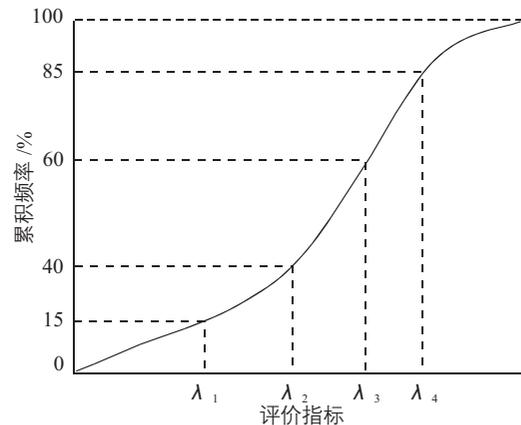


图1 累计频率曲线图

Fig.1 Accumulative frequency graph

### 3) 确定灰类白化权函数

白化权函数形式采用降半梯形隶属函数形式<sup>[5]</sup>。

设 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 、 $f_3(x)$ 、 $f_4(x)$ 、 $f_5(x)$ 分别对应各个灰类一、二、三、四、五级的白化权函数。具体形式为：

$$f_1(x) = \begin{cases} 1, & x < \lambda_1 \\ \frac{\lambda_2 - x}{\lambda_2 - \lambda_1}, & \lambda_1 \leq x \leq \lambda_2 \\ 0, & x > \lambda_2 \end{cases}$$

$$f_2(x) = \begin{cases} 0, & x < \lambda_1 \\ \frac{x - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}, & \lambda_1 \leq x \leq \lambda_2 \\ \frac{\lambda_3 - x}{\lambda_3 - \lambda_2}, & \lambda_2 < x \leq \lambda_3 \\ 0, & x > \lambda_3 \end{cases}$$

$$f_3(x) = \begin{cases} 0, & x < \lambda_2 \\ \frac{x - \lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}, & \lambda_2 \leq x \leq \lambda_3 \\ \frac{\lambda_4 - x}{\lambda_4 - \lambda_3}, & \lambda_3 < x \leq \lambda_4 \\ 0, & x > \lambda_4 \end{cases}$$

$$f_4(x) = \begin{cases} 0, & x < \lambda_3 \\ \frac{x - \lambda_3}{\lambda_4 - \lambda_3}, & \lambda_3 \leq x \leq \lambda_4 \\ \frac{\lambda_5 - x}{\lambda_5 - \lambda_4}, & \lambda_4 < x \leq \lambda_5 \\ 0, & x > \lambda_5 \end{cases}$$

$$f_5(x) = \begin{cases} 0, & x < \lambda_4 \\ \frac{x - \lambda_4}{\lambda_5 - \lambda_4}, & \lambda_4 \leq x \leq \lambda_5 \\ 0, & x > \lambda_5 \end{cases}$$

### 4) 小结

前面介绍了传统的灰色聚类评价方法与改进的灰色聚类评价方法的建模过程，通过分析比较两种评价方法，可以得出改进的灰色聚类评价方法所具有的优点：

① 一旦评价指标和灰类种数确定以后，即可计算出各灰类的聚类权值，计算出的值可重复使用，摆脱了传统灰色聚类评价方法每次评价时都依赖样本数据确定聚类权值的束缚，简化了计算。且不同次的评价结果间具有可比性，提高了数据的利用率。

② 传统灰色聚类评价方法在用累积百分频率法确定灰类白化值时，需要一定的数据量，当数据极度缺

乏时，采用传统灰色聚类评价方法难以分析或计算出的结果误差较大。而改进的灰色聚类评价方法则不受此约束。因此，在数据量较少时，改进的灰色聚类评价方法优势明显。

③ 改进的灰色评价方法的灰类白化值来源于标准规范，因此评价的结果更具合理性。

## 3 应用示例

选取万车事故率、十万人死亡率和交通事故死伤比为灰类，以山西省某城市A、江苏省某两市B和C的道路交通事故数据为例，同时采用传统灰色聚类评价法和改进的灰色聚类评价法对3个城市2000—2003年的道路交通安全水平进行评价。

### 1) 传统的灰色聚类评价法计算过程

传统的灰色聚类评价方法选用万车事故率、十万人死亡率和交通事故死伤比3个评价指标，将道路交通安全状况划分为一、二、三、四、五5个灰类。计算时分别选取累积百分频率为15%、30%、50%、70%和85%对应的点来确定各灰类的白化值，计算出3个城市的最大聚类评价价值，见表1。评价结果见表2。

### 2) 改进的灰色聚类评价法计算过程

① 将道路交通安全状况划分为一、二、三、四、五5个级别，并参考《城市道路交通管理评价指标体系》(2004年版)<sup>[3]</sup>确定万车事故率、十万人死亡率和交通事故死伤比的灰类白化值：

$$\lambda_{jt} = \begin{matrix} & \text{一} & \text{二} & \text{三} & \text{四} & \text{五} \\ \begin{bmatrix} 80 & 120 & 160 & 200 & 320 \\ 6 & 8 & 10 & 12 & 15 \\ 13 & 17 & 21 & 25 & 40 \end{bmatrix} & \text{万车事故率} \\ & & & & & \text{十万人死亡率} \\ & & & & & \text{事故死伤比} \end{matrix}$$

表1 传统方法的最大聚类评价价值 $\sigma_{ik}^*$   
Tab.1 The maximal clustering evaluation values of tradition method ( $\sigma_{ik}^*$ )

年份	山西某市 A	江苏某市 B	江苏某市 C
2000	$\sigma_{11} = 1.000$	$\sigma_{14} = 0.434$	$\sigma_{14} = 0.508$
2001	$\sigma_{12} = 0.539$	$\sigma_{14} = 0.363$	$\sigma_{13} = 0.544$
2002	$\sigma_{12} = 0.428$	$\sigma_{13} = 0.377$	$\sigma_{14} = 0.533$
2003	$\sigma_{11} = 1.000$	$\sigma_{14} = 0.625$	$\sigma_{14} = 0.345$

由于各评价指标的灰类白化值间相差较大，应对其做无量纲处理。用各项指标的总体平均数 $\bar{\lambda}_j$ 去除灰类白化值 $\lambda_{jt}$ ，得到标准化后的灰类白化值 $\lambda'_{jt}$ ，计算公式为：

$$\bar{\lambda}_j = \frac{1}{5} \sum_{t=1}^5 \lambda_{jt}, \lambda'_{jt} = \lambda_{jt} / \bar{\lambda}_j, (j=1, 2, 3; t=1, 2, 3, 4, 5).$$

无量纲处理后灰类白化值 $\lambda'_{jt}$ 为：

$$\lambda'_{jt} = \begin{bmatrix} 2.20 & 1.47 & 1.10 & 0.88 & 0.55 \\ 1.70 & 1.28 & 1.02 & 0.85 & 0.68 \\ 1.78 & 1.36 & 1.10 & 0.93 & 0.58 \end{bmatrix}.$$

② 根据灰类白化值 $\lambda'_{jt}$ 由式(1)计算聚类权 $\eta_{jt}$ ，再根据3个城市的道路交通安全统计数据由式(2)计算聚类评价价值 $\sigma_{jt}$ ，并确定最大聚类评价价值，见表3。

③ 得出3个城市的安全状况评价结果，见表4。

表2 3个城市交通安全状况传统聚类评价结果  
Tab.2 Traffic safety evaluation results of the three cities from the traditional method

年份	一	二	三	四	五
2000	山西某市 A			江苏某市 B、C	
2001		山西某市 A	江苏某市 C	江苏某市 B	
2002		山西某市 A	江苏某市 B	江苏某市 C	
2003	山西某市 A			江苏某市 B、C	

表3 3个城市的最大聚类评价价值 $\sigma_{ik}^*$   
Tab.3 The maximal clustering evaluation values of the three cities ( $\sigma_{ik}^*$ )

$\sigma_{ik}^*$	山西某市 A	江苏某市 B	江苏某市 C
2000	$\sigma_{11}=1.000$	$\sigma_{15}=0.376$	$\sigma_{15}=0.376$
2001	$\sigma_{11}=0.402$	$\sigma_{15}=0.404$	$\sigma_{15}=0.474$
2002	$\sigma_{11}=0.387$	$\sigma_{12}=0.507$	$\sigma_{15}=0.696$
2003	$\sigma_{11}=0.725$	$\sigma_{15}=0.671$	$\sigma_{15}=0.696$

表4 3个城市交通安全状况聚类评价结果  
Tab.4 Traffic safety clustering evaluation results of the three cities

年份	一	二	三	四	五
2000	山西某市 A			江苏某市 B、C	
2001	山西某市 A			江苏某市 B、C	
2002	山西某市 A			江苏某市 C	
2003	山西某市 A	江苏某市 B		江苏某市 B、C	

两种评价方法的评价结果总体上趋于一致：山西某市A的安全水平较高，而江苏某市B和江苏某市C的安全水平较低。

但是改进的灰色聚类评价方法的评价结果更准确。以2001年和2003年的评价结果为例具体分析：在使用传统灰色聚类评价方法进行评价时，由于确立的评价标准偏低，因而使江苏某市B和江苏某市C最后的评价结果均为四等水平，而实际上江苏某市B和江苏某市C的道路交通安全水平是较低的，这一点可以在改进的灰色聚类评价方法的评价结果表4中看出来，江苏某市B和江苏某市C的道路交通安全水平为五级水平。

通过比较两种评价结果，可以看出：改进的灰色聚类评价方法使评价结果清晰明确，且能较真实的反映出城市的道路交通安全水平，因而具有更高的可信度。

## 4 结语

改进的灰色聚类评价方法的实质在于改变了传统方法确立灰类白化值的模式。由于国家制定的相关标准规范是在全国范围内进行的，也是符合当前国情的，本文将传统的灰色聚类评价方法与标准规范结合在一起，并加以改进，使其更好的为道路交通安全评价服务。改进的灰色聚类评价方法由于有理论依据、算法简单、可操作性强，因此，得出的评价结果能更好的反映道路交通安全状况。

## 参考文献

- 1 罗江涛, 刘小明, 任福田. 道路交通安全灰色评价方法研究 [J]. 中国公路学报, 1995, 8 (4): 79~83
- 2 刘士奇, 王剑平, 张毓贤. 公路交通安全评价指标体系探讨 [J]. 北方交通大学学报, 1994, 18 (4): 582~585
- 3 建设部, 公安部. 城市道路交通管理评价指标体系 [Z]. 2004
- 4 邓聚龙. 灰色系统理论教程 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.152~158
- 5 胡宝清. 模糊理论基础 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.293~300