

高速公路事件管理中主要部门 影响权重灰色关联度分析

何 锭 倪富健 杨顺新

东南大学，交通学院，南京 210096

摘 要：为了分析高速公路事件管理中主要部门影响权重组成结构的合理性，本文引入现实权重与理想权重的灰色关联度来解决。在理想权重的获得中，分别用 G1 序关系法和熵值法确定专家评分能力因素中的主客观权重，并用评价目标最大化的方法来处理组合权重以尽量体现专家评分水平的差距。最后对某高速公路的情况进行了计算，以验证此方法的实用性。

关键词：高速公路事件管理；部门权重；灰色关联度；G1 序关系法；熵；组合权重

中图分类号：U491

文献标识码：A

文章编号：1672-4747(2012)01-0052-06

Grey Interrelation Degree Analysis of the Main Department Weights in Freeway Incident Management

HE Ding NI Fu-jian YANG Shun-xin

Transportation College, Southeast University,

Nanjing 210096, China

Abstract : In order to analyze the structure rationality of main department weights in freeway incident management, the grey interrelation degree was introduced to compare the actual weight and the ideal weight. In the process of getting the ideal weight, the method of G1 and the method of entropy were respectively used to obtain the subjective and objective weight. Then, the method of target maximization was selected to deal with the combination weight for embodying the gap between different experts. At last, an actual example was given to prove the practicability of the method.

Key words : Freeway incident management, weights of departments, the grey interrelation

收稿日期：2010-12-28.

基金项目：江苏省自然科学基金研究计划项目（编号：BK2008308）。

作者简介：何 锭（1982-），男，湖南省湘潭市人，东南大学交通学院博士研究生，主要从事高速公路运营管理研究。

degree, the method of G1, entropy, combination weights

0 引 言

根据中国交通部公路交通安全工程研究中心的资料,中国道路交通事故死亡的绝对数,多年来已高居世界第一。公安部交通管理局统计数字显示 2009 年全国共发生道路交通事故 238 351 起,造成 67 759 人死亡、275 125 人受伤,直接财产损失 9.1 亿元,如考虑隐瞒不报或少报漏报情况和间接造成的损失,社会和经济损失更加庞大。在我国高速公路迅猛发展的形势下,与高速公路管理特别是安全管理紧密相关的事件管理的重要性将越来越突出,民众与社会对之的需求也会越来越旺盛。

现今我国高速公路事件管理处于起步阶段,硬件设施水平总体相对较弱,但是可以预见,随着我国高速公路事件管理水平的不断提高,事件管理将不断向更先进化、自动化、合理化的方向发展。例如国外较发达事件管理系统所使用的自动事件检测系统、高速公路路况网络信息发布平台等有效辅助手段已经越来越得到国内专家和相关人员的了解和认可,应将成为我国事件管理的重要发展趋势。在这样的大环境下,相应的事件管理部门能力权重也在不断变化调整,最终趋向于一个较合理的范围。运用灰色关联度的相关理论将实际部门权重与较理想状态下的权重(下简称理想权重)进行分析,能较好地运用这个特性,帮助更好地把握事件管理的整体发展动态,辅助事件管理的发展。

1 事件管理部门能力的现实权重与理想权重的灰色关联度

事件管理主要部门能力在这里的研究对象为交警、路政、高速公路控制中心、清障队、消防、医务所对应的硬件设备能力和非硬件设备能力。在得到实际情况中各部门能力对于事件管理的权重后,可以运用灰色关联度理论分析现实权重与较理想状态下权重之间的关系,以研究事件管理结构的合理性和调整

改进方向等。

灰色关联分析的基本思想是对数据序列几何关系和曲线几何形状的相似程度进行比较分析,以曲线间相似程度大小作为关联程度的衡量尺度^[1,2]。曲线越接近,相应序列之间的关联度越大,反之则越小。灰色关联度的计算步骤为:

(1) 确定比较数列(即现实部门管理能力权重) x_i 和参考数列 x_0 (即理想部门管理能力权重)。

(2) 标准化数据。一般由于系统中各因素列中的数据,可能因计算单位的不同,不便于比较,或在比较时难以得到正确的结论。因此,在进行灰色关联度分析时,一般都要进行标准化(无量纲化)的数据处理,但这里的比较数列都是为权重系数,属于同一量纲,所以可省略这一过程。

(3) 计算灰色关联系数,可用以下公式(邓氏关联度)表示比较数列与参考数列在各点的差值:

$$\gamma_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (1)$$

式中, $\gamma_i(k)$ 是比较数列 x_i 和参考数列 x_0 在第 k 个因素上的相对差值; ρ 为分辨系数,主要作用是减小极值对计算的影响,一般取 0.5,也可以根据实际要求进行调整。

(4) 计算综合灰色加权关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_i(k) \quad (2)$$

2 理想权重和专家评分能力

2.1 理想权重的获得方案

理想权重可以由相关专家打分进行综合获得,应当考察在较理想状态下,各部门能力的重要程度的影响权重。评分组应当由对国外先进事件管理系统现状和发展趋势较为了解的专家组成,专家可以用 G1 序关系法^[3]进行主观评价。序关系法概念清晰、运用简便,不容易产生个人评价自相矛盾的情况。序关系的

建立步骤如下：

(1) 参与评价者在指标集 $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 中，选出认为是最重要的一个指标记为 x_1^* ；

(2) 参与评价者在剩下的指标中，选出认为是最重要的的一个指标记为 x_2^* ；

(3) 重复步骤(2)，只到剩下最后一个指标。

这样就可以建立评价指标集 $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 的序关系。同时为了获得评价指标 x_{k-1} 与 x_k 的重要性程度之比，设

$$w_{k-1} / w_k = r_k \quad k = m, m-1, m-2, \dots, 3, 2 \quad (3)$$

式中，如果 m 较大，可取 $r_k = 1$ 。 r_k 的赋值见表 1。

表 1 序关系法中 r_k 取值

Tab.1 Values of r_k in the rank correlation method

相对重要程度	r_k 取值
指标 x_{k-1} 与 x_k 重要性相等	1.0
指标 x_{k-1} 比 x_k 稍微重要	1.2
指标 x_{k-1} 比 x_k 明显重要	1.4
指标 x_{k-1} 比 x_k 强烈重要	1.6
指标 x_{k-1} 比 x_k 极端重要	1.8
各中间情况	1.1, 1.3, 1.5, 1.7

从而可推算出：

$$w_m = (1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i)^{-1} \quad (4)$$

根据前面的分析过程，可知道 $w_{k-1} = r_k w_k$ 。

2.2 专家评分能力的主客观权重

理想权重的问题需要专家有对事件管理先进形态的把握和对未来发展趋势的前瞻性展望，对专家的能力相对要求也比较高，所以，在处理此问题时，研究者需要对每个专家的知识阅历分别考虑，对不同专家的评分能力进行一定的分析，这相当于是一个多属性多目标评价问题。

多属性多目标评价问题^[4,5]在工程设计、经济、管理和军事等诸多领域中具有广泛的理论与实际应用背景。在研究过程中，一般需要事先确定评价相关属性的权重。关于权重的确定方法主要有主观法和客

观法两大类。主观法一般有 AHP 方法、G1 序关系法等，此类方法所确定的属性权重体现了专家知识和经验；而客观法一般有熵值法、均方差法等，此类方法一般是根据评价指标的评价分值的数学分布特点和规律来确定对应评价指标的权重，有较强的数学理论依据。利用组合权重，可以保持两种方法的优点，更能保证评价结果的真实有效性。

专家的评分能力考察主要包括以下几个属性：学历职称、此方向发表的文章数、参与过的此方向项目数量、考察过的国内外系统。对专家的评分能力进行评价，就可以用 G1 方法分析此评价系统的主观权重，客观权重则可以用熵值法来确定。

熵值法是一种依据各指标值所包含的信息量的大小确定决策指标权重的客观赋权法。如果某个指标的信息熵越小，就表明其指标值的变异程度越大，提供的信息量也就越多，在综合评价中所起的作用越大，则其权重也应越大；反之，某个指标信息熵越大，就表明其指标值的变异程度越小，提供的信息量也就越少，在综合评价中所起的作用越小，则其权重也应越小^[6]。

在这里，设有 n 个评价对象， m 个评价指标，则用熵值法确定指标权重的步骤为：

(1) 计算第 j 项指标下第 i 个被评价对象的特征比重值：

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (5)$$

(2) 计算第 j 项指标的熵值：

$$h_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (6)$$

(3) 计算第 j 项指标的差异系数，对于第 j 个指标，指标的差异越大，对方案评价的作用越大，熵值就越小，指标的权重系数相应就越大。反之，差异系数越小，对方案评价的作用就越小，指标权重系数就越小。公式如下：

$$g_j = 1 - h_j \quad (7)$$

(4) 计算第 j 项指标的客观权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (8)$$

2.3 评价目标值最大化的组合权重

因为对专家评分能力的评价的出发点是希望尽量体现不同专家之间的水平，组合权重在这里的求解，考虑到希望尽可能将各个专家的差距体现出来，可以考虑使评价对象评价目标值最大化为目标函数，采用充分拉开档次的方法确定组合权重^[7]。

设组合权重 W 的表达式为

$$W = aW_1 + bW_2 \tag{9}$$

则评价对象 i 的评价目标值为：

$$d_i = \sum_{j=1}^m b_{ij}(aW_1 + bW_2) \quad i=1,2,\dots,n \tag{10}$$

式中， d_i 是代表评分专家对事件管理部门理想权重的评分能力，越大越好； W_1 和 W_2 分别为主客观权重和客观权重。

设 a, b 满足单位化约束条件：

$$a^2 + b^2 = 1 \tag{11}$$

就有了多目标规划模型：

$$\max Z = \sum_{i=1}^n d_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}(aW_1 + bW_2) \tag{12}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} a^2 + b^2 = 1 \\ a, b \geq 0 \end{cases}$$

可用 lagrange 函数进行求解

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}(aW_1 + bW_2) + \frac{\lambda}{2}(a^2 + b^2 - 1) \tag{13}$$

λ 为 lagrange 算子，分别令 $\partial L/\partial a = 0$ 和 $\partial L/\partial b = 0$ ，知：

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{1j} + a\lambda = 0 \tag{14}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{2j} + b\lambda = 0 \tag{15}$$

对上两个式子求解，可得最优解为：

$$a^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{1j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{1j})^2 + (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{2j})^2}} \tag{16}$$

$$b^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{2j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{1j})^2 + (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{2j})^2}} \tag{17}$$

对两结果进行归一化处理，令

$$a' = a^*/(a^* + b^*) \tag{18}$$

$$b' = b^*/(a^* + b^*) \tag{19}$$

将以上两式代入前两式 (16) 和 (17)，可得主客观的权重系数为：

$$a' = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}(W_{1j} + W_{2j})} \tag{20}$$

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}W_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}(W_{1j} + W_{2j})} \tag{21}$$

最后的权重计算公式为：

$$W = a'W_1 + b'W_2 \tag{22}$$

使用以上的综合权重乘以各专家的能力数值，就可以得到不同专家对事件管理部门权重的总评分能力，再对各个专家的总评分能力进行归一化处理，即可得到各个专家在理想权重评价中所占的权重，随后可计算理想权重的对应值，现实权重与理想权重的灰色关联度等。

整个灰色关联度分析的流程示意如图 1：

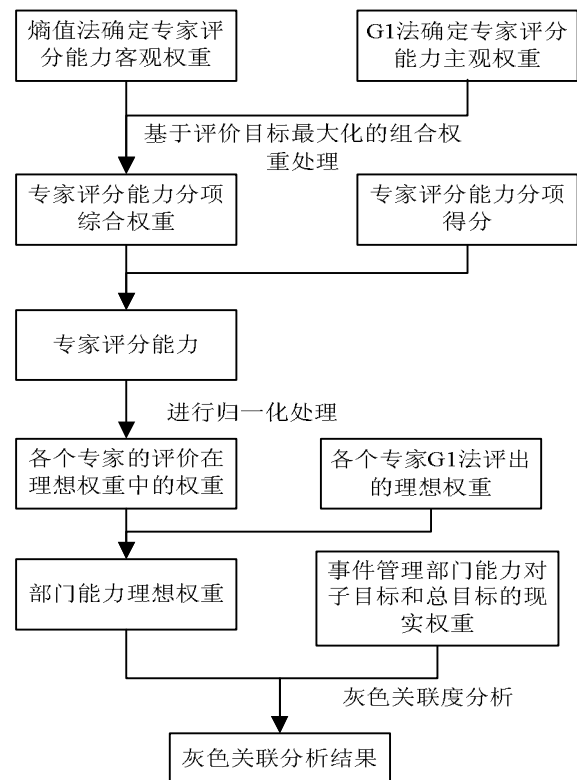


图 1 灰色关联分析流程示意

Fig.1 Flow chart of gray interrelation analysis

3 计算实例

在某高速公路相关分析中,熵值法中确定专家评分能力评分项的客观权重的相关计算结果见表2:

表2 专家评分能力项目熵计算结果

Tab.2 Entropy analysis results of expert rating ability

专家评分能力项目	学历职称	此方向发表文章数量	参与的事件管理项目数量	考察过的国内外系统数量
专家1分值	5	6	4	8
专家2分值	4	3	4	3
专家3分值	2.5	2	2	2
专家4分值	3.5	4	3	5
熵值 h_j	0.978 8	0.944 6	0.975 0	0.908 2
变异系数	0.021 2	0.055 4	0.025 0	0.091 8
权重值	0.109 8	0.286 3	0.129 1	0.474 8

结合用G1法求得的专家评分能力的主观权重,用评价目标值最大化的方法进行综合处理,相关计算结果如表3:

表3 专家评分能力权重计算结果

Tab.3 Weights of expert rating ability

专家评分能力项目	学历职称	此方向发表文章数	参与的事件管理项目	接触过的国内外系统
主观权重	0.308 3	0.280 2	0.215 6	0.195 9
客观权重	0.109 8	0.286 3	0.129 1	0.474 8
组合权重	0.211 7	0.283 2	0.173 5	0.331 6

为了消除不同量纲带来的影响,用组合权重乘以各专家对应项目的标准化得分(对应评价指标得分除以该评价指标的在不同评价目标的最大值),可得到专家的综合评分能力,再将评分能力进行归一化,得到专家1至专家4在理想权重评价中对应的权重分别为:0.378, 0.227, 0.144, 0.251。

以上权重分别乘以对应专家对理想权重的评价,可得最终的理想权重,事件管理可评价的目标比较多,这里因为篇幅关系,以事件管理总目标效率中事件管理部门能力权重为例进行说明。

理想权重与现实权重的对比为图3(横坐标因字数太多省略了“硬件能力”,如“交警(非)”代表“交警非硬件能力”,“交警”代表“交警硬件能力”。

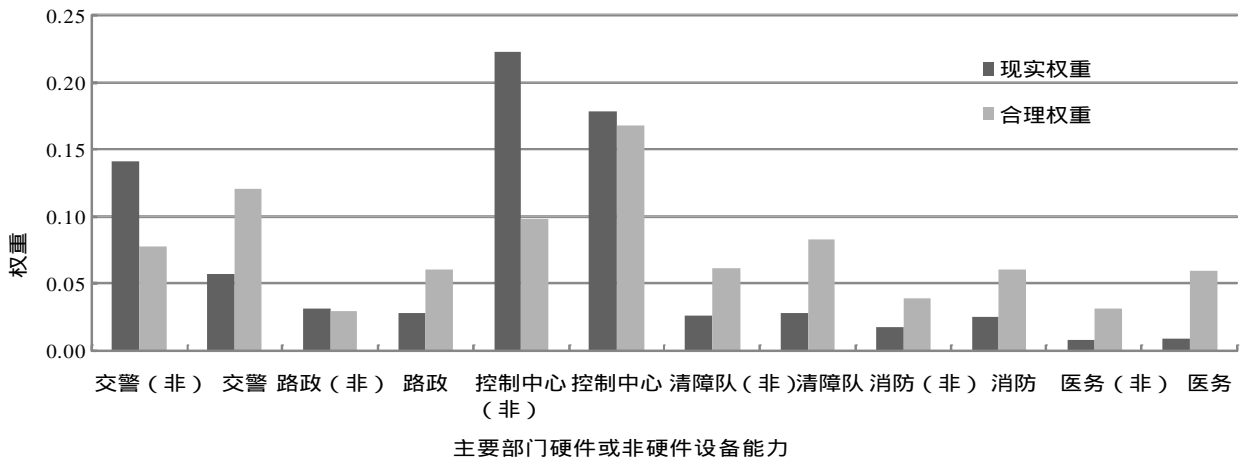


图2 事件管理总目标中部门能力理想权重与现实权重对比

Fig.2 The ideal weight and the real weight of department ability in the general objective

各元素的灰色关联度分析结果如表4。从计算结果可以看出,该高速公路事件管理主要

部门的实际权重与理想权重的整体综合灰色关联度为0.63,事件管理部门权重结构基本合理。从单个因

表 4 现实权重与理想权重灰色关联度分析结果

Tab.4 The gray relation degree of the ideal weight and the real weight

部 门 能 力	现实 权重	理想 权重	灰色 关联度
交警非硬件设备能力	0.140 7	0.077 7	0.59
交警硬件设备能力	0.057 5	0.120 4	0.41
路政非硬件设备能力	0.031 3	0.029 3	1.00
路政硬件设备能力	0.027 7	0.060 0	0.69
控制中心非硬件设备能力	0.223 3	0.097 6	0.36
控制中心硬件设备能力	0.178 4	0.168 6	0.97
清障队非硬件设备能力	0.025 6	0.061 6	0.55
清障队硬件设备能力	0.027 7	0.083 4	0.49
消防非硬件设备能力	0.016 7	0.039 3	0.71
消防硬件设备能力	0.025	0.060 2	0.57
医务非硬件设备能力	0.007 6	0.031 0	0.72
医务硬件设备能力	0.009 1	0.059 0	0.52

素的灰色关联度来分析,低于 0.5 的有交警硬件设备能力,控制中心非硬件设备能力,清障队硬件设备能力,说明此三项与较理想状态的情况相差比较大。据分析,该考察路段整体事件管理部门组成完整,有专门的高速公路控制中心负责事件管理的处置,控制中心对应于不同的交通事件有简单的预案,并且该路段

的车流一般不是特别大,交警、清障、路政、消防、医疗等部门达到事件现场的速度和处理速度一般较快,但是,该路段部门所用的整体硬件系统较为一般,缺少有力的智能辅助工具,对事件管理的执行没有专门的规章制度,与计算结果体现的整体结构一般,硬件设备能力偏差的特性相符合。

4 结束语

本文将灰色关联度分析应用到对事件管理主要部门能力权重的研究中,在理想权重的获得方案中充分考虑不同专家的评分能力之间的差异,分别研究了专家评分能力因素对应的主客观权重,并用评价目标最大化的组合权重进行处理。组合权重结合了专家主观知识和经验的作用和本身数据分布特性所反映的数学性质,使权重的赋值更加科学合理,组合权重的处理方式符合研究希望体现不同专家评分能力水平差异的目标。灰色关联度的分析可以从整体和局部体现现实权重与理想权重的相关性,能为事件管理建设提供一定指导意义,是一种实用有效的方法。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 刘法贵,张愿章,李湘露.灰色数学及其在应用[M].开封:河南大学出版社,2002.
- [3] 郭亚军.综合评价理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,2007.
- [4] Chen S. J., Hwang C. L. Fuzzy multiple attribute decision making [M]. Berlin : Springer , 1992.
- [5] 徐南荣,仲伟俊.科学决策理论与方法[M].南京:东南大学出版社,1996.
- [6] 王 靖,张金锁.综合评价中确定权重向量的几种方法比较[J].河北工业大学学报,2001,30(4):52-57.
- [7] 徐泽水,达庆利.多属性决策的组合赋权方法研究[J].中国管理科学,2002,10(2):84-87.

(中文编辑:吴继屏)