

文章编号:1004-1478(2011)06-0020-04

# 基于 GAHP 的应急机构评估

金保华, 赵丽辉, 李金旭, 林青

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**针对应急机构评估过程中许多影响因素具有不确定性的问题,将灰色多层次分析法(GAHP)应用于应急机构评估模型,利用层次分析法(AHP)对评估指标定量化,利用灰色系统理论(GST)确定评估样本矩阵,从而得出评估结论.实例验证该方法具有有效性和实用性.

**关键词:**应急机构评估;灰色系统理论;层次分析法;灰色多层次分析法

**中图分类号:**N941.5;N945.16

**文献标志码:**A

## GAHP-based assessment of emergency response agencies

JIN Bao-hua, ZHAO Li-hui, LI Jin-xu, LIN Qing

(College of Comp. and Com. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that many influence factors have uncertainty in the process of assessing emergency response agencies, GAHP method was applied to emergency response agencies assessment model. AHP was used to quantify evaluating indicator first, then GST was used to establish sample matrix of assessment, and assessment conclusions were obtained. An example verified the practicality and effectiveness of this method.

**Key words:** assessment of emergency response agency; grey system theory (GST); analytic hierarchy process (AHP); grey analytic hierarchy process (GAHP)

## 0 引言

我国是一个幅员广阔、人口密集、地形复杂、自然灾害频发的国家.特别是近年来,由于环境污染,生态平衡遭到破坏,自然和人为的突发公共事件越来越多,政府逐渐把突发公共事件的管理提上议程.经过多年的探索,一些发达国家在应急管理领域积累了宝贵的经验,建立了完备的应急管理机制.我国的应急管理起步较晚,应急管理还很不成熟.我们在借鉴别国成功经验的同时,应考虑中国的具体国情,认识到许多国外的管理经验并不适用于中国.对应急机构进行评估时,许多不确定因素

会对评估过程产生影响,导致评估结果的不确定.目前国内外一些学者对应急机构评估相关问题的研究主要集中在2个方面:一是对应急机构评估的指标体系进行研究,从不同的角度提出不同的评估体系;二是关于应急机构评估方法的研究,提出的评估方法均以模糊评估法<sup>[1]</sup>为主.为了避免各种不确定因素的影响,本文在以往模糊评估法的基础上,根据灰色层次理论 GST (grey system theory)<sup>[2]</sup>和层次分析法 AHP (analytic hierarchy process)<sup>[3]</sup>,将定量分析和定性分析相结合的灰色多层次分析法 GAHP (grey analytic hierarchy process) 应用于应急机构评估模型,并通过实例验证该方法的实用性和有

收稿日期:2011-05-27

基金项目:河南省教育厅基金项目(2010B520033)

作者简介:金保华(1966—),男,河南省郑州市人,郑州轻工业学院副教授,主要研究方向为人工智能、计算机应用.

效性.

### 1 应急机构的灰色多层次评估模型

GAHP 是将 GST 和 AHP 相结合的算法. 首先利用 AHP 确定各指标权重, 然后结合 GST 构造评估样本矩阵, 最终通过计算得出较为准确的应急机构评估结果.

#### 1.1 建立层次结构模型

根据我国应急机构的实际情况, 并基于评估指标要具备完备性、针对性、综合性和独立性等原则, 首先建立应急机构评估体系<sup>[4]</sup>, 包括 4 个一级指标和 18 个二级指标, 如图 1 所示.

#### 1.2 确定指标权重

各指标对目标的影响程度用权重值表示. 由于各指标对目标的重要程度不同, 所以在衡量各指标对目标的影响程度时, 应赋予不同的权重值. 本文利用 AHP 确定两级评估指标的权重值.

设一级评估指标  $E_i$  的权重集为  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ , 其中,  $a_i$  为一级指标  $E_i$  的权重值,  $a_i \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^4 a_i = 1$ ; 二级评估指标  $E_{ij}$  的权重集为  $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$ , 其中,  $a_{ij} \geq 0$ ,  $\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$ ,  $n$  为一级指标个数.

#### 1.3 确定评分等级标准和评分样本矩阵

通过制定评分等级标准将定性二级评估指标  $E_{ij}$  转化为定量指标. 首先进行无量纲归一化处理, 将评估等级分为 5 个等级, 分别赋值为 1, 2, 3, 4, 5 分, 若等级介于 2 个等级之间, 则分别取值 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 分.

根据以上评分等级标准, 假设有  $m$  位专家对应

急机构评估指标  $E_{ij}$  进行评分, 若第  $k$  位专家对评估指标  $E_{ij}$  给出的评分为  $d_{ijk}$ , 则评分样本矩阵为

$$D = \begin{pmatrix} d_{111} & d_{112} & \dots & d_{11m} \\ d_{121} & d_{122} & \dots & d_{12m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{211} & d_{212} & \dots & d_{21m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{451} & d_{452} & \dots & d_{45m} \end{pmatrix} \begin{matrix} E_{11} \\ E_{12} \\ \dots \\ E_{21} \\ \dots \\ E_{45} \end{matrix} \quad \textcircled{1}$$

其中, 每一行代表不同专家对同一个二级指标的评估, 每一列代表同一位专家对 18 个二级指标的评估.

#### 1.4 确定评估灰类

由于各专家专业水平的限制及认识程度存在差异<sup>[5]</sup>, 且在每次评估中只能给出 1 个灰度的白化值, 因此为了更真实地反映应急机构的优良程度, 需要确定评估灰类的等级数、灰度以及灰度的白化权函数.

本文将评估灰类分为 5 个等级, 分别是很差、一般、中等、良好和优秀. 设各个评估灰类的序号  $s$  分别为 1, 2, 3, 4, 5, 对应的白化权函数分别为  $f_1(d_{ijk}), f_2(d_{ijk}), f_3(d_{ijk}), f_4(d_{ijk}), f_5(d_{ijk})$ , 定义如下.

第 1 灰类“很差”( $s = 1$ ), 设灰度数为  $\otimes 1 \in [0, 1, 2]$ , 则白化权函数为

$$f_1(d_{ijk}) = \begin{cases} 1 & d_{ijk} \in [0, 1] \\ (d_{ijk} - 2)/(-1) & d_{ijk} \in [1, 2] \\ 0 & d_{ijk} \notin [0, 2] \end{cases} \quad \textcircled{2}$$

第 2 灰类“一般”( $s = 2$ ), 设灰度数为  $\otimes 2 \in [0, 2, 4]$ , 则白化权函数为

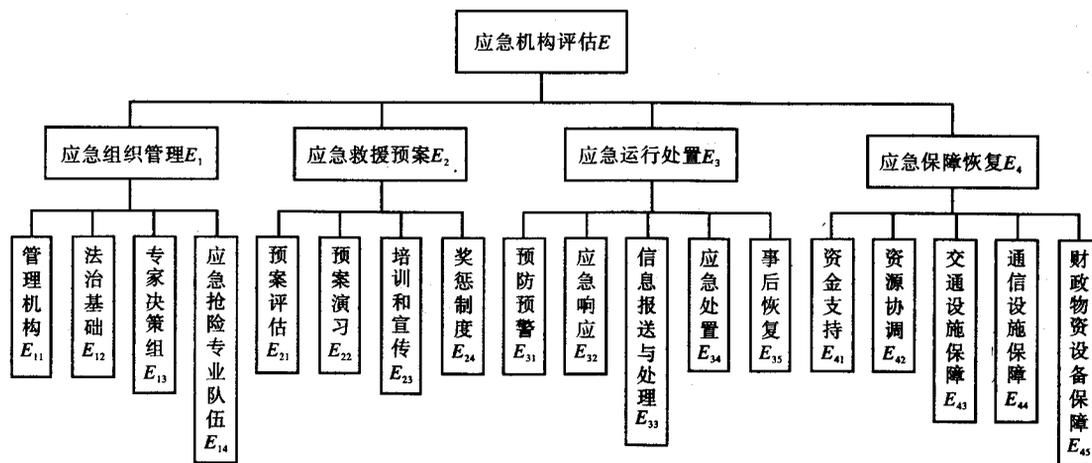


图 1 应急机构评估指标体系图

$$f_2(d_{ijk}) = \begin{cases} d_{ijk}/2 & d_{ijk} \in [0,2] \\ (d_{ijk}-4)/(-2) & d_{ijk} \in [2,4] \\ 0 & d_{ijk} \notin [0,4] \end{cases} \quad (3)$$

第3灰类“中等”(s = 3), 设灰度数为  $\otimes 3 \in [0,3,6]$ , 则白化权函数为

$$f_3(d_{ijk}) = \begin{cases} d_{ijk}/3 & d_{ijk} \in [0,3] \\ (d_{ijk}-6)/(-3) & d_{ijk} \in [3,6] \\ 0 & d_{ijk} \notin [0,6] \end{cases} \quad (4)$$

第4灰类“良好”(s = 4), 设灰度数为  $\otimes 4 \in [0,4,8]$ , 则白化权函数为

$$f_4(d_{ijk}) = \begin{cases} d_{ijk}/4 & d_{ijk} \in [0,4] \\ (d_{ijk}-8)/(-4) & d_{ijk} \in [4,8] \\ 0 & d_{ijk} \notin [0,8] \end{cases} \quad (5)$$

第5灰类“优秀”(s = 5), 设灰度数为  $\otimes 5 \in [0,5,10]$ , 则白化权函数为

$$f_5(d_{ijk}) = \begin{cases} d_{ijk}/5 & d_{ijk} \in [0,5] \\ 1 & d_{ijk} \in [5,10] \\ 0 & d_{ijk} \notin [0,10] \end{cases} \quad (6)$$

### 1.5 计算灰色评估系数、灰色评估权向量及灰色评估权矩阵

对于评估指标  $E_{ij}$ , 分别把属于第  $s$  个评估灰类的灰色评估系数记为  $H_{ijs}$ , 属于各个评估灰类的总灰色评估系数记为  $H_{ij}$ , 所有评估专家对受评对象的第  $s$  个灰类的灰色评估权记为  $w_{ijs}$ , 那么

$$H_{ijs} = \sum_{k=1}^m f_s(d_{ijk}) \quad (7)$$

$$H_{ij} = \sum_{s=1}^5 H_{ijs} \quad (8)$$

$$w_{ijs} = H_{ijs}/H_{ij} \quad (9)$$

由此可以得出受评对象  $E_i$  所属二级指标  $E_{ij}$  对各评估灰类的灰色评估权矩阵为

$$M_i = \begin{pmatrix} w_{i1} \\ w_{i2} \\ \dots \\ w_{ij} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{i11} & w_{i12} & w_{i13} & w_{i14} & w_{i15} \\ w_{i21} & w_{i22} & w_{i23} & w_{i24} & w_{i25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{ij1} & w_{ij2} & w_{ij3} & w_{ij4} & w_{ij5} \end{pmatrix} \quad (10)$$

### 1.6 综合评估

对二级评估指标  $E_{ij}$  进行综合评估, 将评估结果记为  $B_i$ , 则有

$$B_i = A_i \times M_i \quad (11)$$

由综合评估结果  $B_i$  可以得出各一级评估指标  $E_i$  对各评估灰类的灰色评估权矩阵

$$M = (B_1 B_2 \dots B_i)^T \quad (12)$$

对  $E_i$  做综合评估, 将评估结果记为  $B$ , 则有

$$B = A \times M \quad (13)$$

最后将各评估灰类等级按水平赋值, 由于上文已将各评估灰类等级赋值为 1, 2, 3, 4, 5, 故各评价灰类等级值化向量  $C = (1, 2, 3, 4, 5)$ , 由此可以得出最终综合评估值为

$$Z = B \times C^T \quad (14)$$

## 2 应用实例

本文以某省为例, 利用 GAHP 对该省的地震应急预案进行评估<sup>[6-7]</sup>.

### 2.1 确定权重

首先利用 AHP 在应急机构评估指标体系的基础上建立判断矩阵, 通过矩阵对各层次的指标因素进行两两比较, 比较时使用 1—9 共 9 个尺度(见表 1), 分别代表一个因素针对准则相对另一个因素的重要性, 最终确定两级评估指标的权重值。

表 1 判断矩阵比较尺度的含义

尺度	含义
1	表示 2 个因素相比, 具有相同重要性
3	表示 2 个因素相比, 前者比后者稍重要
5	表示 2 个因素相比, 前者比后者明显重要
7	表示 2 个因素相比, 前者比后者强烈重要
9	表示 2 个因素相比, 前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

通过计算, 一级指标  $E_i$  的权重集为

$$A = (a_1, a_2, a_3, a_4) = (0.513, 0.275, 0.138, 0.074)$$

二级指标  $E_{ij}$  的权重集  $A_i$  分别为

$$A_1 = (a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}) = (0.472, 0.285, 0.170, 0.072)$$

$$A_2 = (a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}) = (0.564, 0.263, 0.118, 0.055)$$

$$A_3 = (a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}, a_{35}) = (0.387, 0.297, 0.161, 0.104, 0.050)$$

$$A_4 = (a_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{44}, a_{45}) = (0.416, 0.279, 0.203, 0.064, 0.037)$$

### 2.2 建立评分样本矩阵

假设有 5 位专家对该省应急机构的二级评估指标进行打分, 根据式 ① 得到评分结果为

$$D_1 = \begin{pmatrix} 3.5, 4.0, 3.5, 3.5, 4.0 \\ 3.0, 2.5, 2.5, 2.0, 3.0 \\ 3.0, 3.0, 2.5, 3.5, 3.0 \\ 2.5, 2.0, 2.5, 2.5, 2.5 \end{pmatrix}$$

$$D_2 = \begin{pmatrix} 3.0, 3.5, 3.0, 3.5, 3.0 \\ 3.0, 3.5, 3.5, 3.0, 3.5 \\ 2.0, 2.5, 2.5, 2.0, 2.5 \\ 1.5, 1.5, 1.0, 1.5, 1.5 \end{pmatrix}$$

$$D_3 = \begin{pmatrix} 3.0, 3.5, 3.5, 3.5, 3.0 \\ 3.0, 3.0, 3.0, 3.5, 3.0 \\ 2.5, 2.5, 3.0, 3.5, 3.0 \\ 3.0, 3.5, 3.5, 4.0, 3.5 \\ 1.5, 1.0, 1.0, 1.5, 1.0 \end{pmatrix}$$

$$D_4 = \begin{pmatrix} 2.0, 2.5, 2.5, 2.0, 2.5 \\ 1.0, 1.5, 1.0, 1.0, 1.5 \\ 2.5, 3.0, 2.0, 2.5, 2.5 \\ 2.5, 3.0, 3.0, 2.5, 2.5 \\ 2.0, 2.0, 2.5, 2.5, 2.0 \end{pmatrix}$$

2.3 计算灰色权矩阵

由公式②—⑧得出各个二级评估指标  $E_{ij}$  属于第  $s$  个评估灰类的灰色评估系数和总灰色评估系数,由式⑨得出所有评估专家对受评对象的第  $s$  个灰类的灰色评估权  $w_{ij}$ ,最终可以根据式⑩得出各个二级评估指标  $E_{ij}$  的灰色权矩阵  $M_i$ ,结果如下:

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0.058 & 0.297 & 0.358 & 0.287 \\ 0 & 0.256 & 0.317 & 0.488 & 0.190 \\ 0 & 0.175 & 0.070 & 0.263 & 0.211 \\ 0 & 0.299 & 0.299 & 0.224 & 0.179 \end{pmatrix}$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0.138 & 0.367 & 0.275 & 0.220 \\ 0 & 0.119 & 0.375 & 0.281 & 0.225 \\ 0 & 0.321 & 0.289 & 0.217 & 0.173 \\ 0.250 & 0.292 & 0.195 & 0.281 & 0.225 \end{pmatrix}$$

$$M_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0.119 & 0.375 & 0.281 & 0.225 \\ 0 & 0.156 & 0.359 & 0.269 & 0.215 \\ 0 & 0.195 & 0.343 & 0.257 & 0.206 \\ 0 & 0.087 & 0.362 & 0.306 & 0.245 \\ 0.340 & 0.255 & 0.170 & 0.128 & 0.106 \end{pmatrix}$$

$$M_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0.321 & 0.289 & 0.217 & 0.173 \\ 0.340 & 0.255 & 0.170 & 0.128 & 0.106 \\ 0 & 0.277 & 0.308 & 0.231 & 0.185 \\ 0 & 0.235 & 0.325 & 0.244 & 0.195 \\ 0 & 0.343 & 0.280 & 0.210 & 0.168 \end{pmatrix}$$

2.4 综合评估计算

在二级评估指标权重集  $A_i$  和灰色权矩阵  $M_i$  的基础上,由式⑪得出二级评估指标  $E_{ij}$  的综合评估结果(见表2)。

在一级评估指标  $E_i$  的权重集  $A$  的基础上,由式⑫⑬得出一级评估指标  $E_i$  综合评估结果为

$$B = (0.013 \quad 0.164 \quad 0.300 \quad 0.315 \quad 0.223)$$

最后根据式⑭可以计算出最终综合评估值

$$Z = B \times C^T = 3.616$$

表2 二级评估指标  $E_{ij}$  的综合评估结果  $B_i$

评估结果	$b_{i1}$	$b_{i2}$	$b_{i3}$	$b_{i4}$	$b_{i5}$
$B_1(i=1)$	0	0.152	0.264	0.369	0.238
$B_2(i=2)$	0.014	0.163	0.350	0.270	0.216
$B_3(i=3)$	0.017	0.146	0.353	0.268	0.215
$B_4(i=4)$	0.095	0.289	0.261	0.196	0.158

对照灰度等级评分标准可知,该省的应急机构水平处于中等与良好之间。

3 结论

采用传统的AHP方法对应急机构进行评估时,由于1—9判断标度不易确定,在构造判断矩阵时容易产生不一致性,故最后必须对判断矩阵进行一致性检验.本文依照定性和定量评估相结合的原则,将GAHP应用到应急机构评估问题上,提出一种基于GAHP的应急机构评估模型,与传统的评估模型相比,GAHP评估模型可以在定量确定指标权重的基础上,采用专家评分的方法确定评估样本矩阵,最终得出更合理的评估结果,并且不需要对判断矩阵进行一致性检验,计算简便,具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 徐维祥,张全寿.一种基于灰色理论和模糊数学的综合集成算法[J].系统工程理论与实践,2001(4):114.
- [2] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,2004.
- [3] 赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法[M].北京:科学出版社,1986.
- [4] 刘丹平,周建方,吴洁.基于灰色系统的高校教师科研能力综合评价模型[J].科技管理研究,2010(23):143.
- [5] 屈龙,李淑庆,冯绍海.基于模糊数学的应急物流绩效评估方法研究[J].交通信息与安全,2010(5):65.
- [6] 张渊,陆玉梅,梅强.多层次灰色评价法在科技项目绩效评估中的应用[J].科技进步与对策,2006(6):120.
- [7] 王立新,李勇,任荣明.基于灰色多层次评价方法的企业技术创新风险评估研究[J].系统工程理论与实践,2006(7):98.

# 基于GAHP的应急机构评估

作者: [金保华](#), [赵丽辉](#), [李金旭](#), [林青](#), [JIN Bao-hua](#), [ZHAO Li-hui](#), [LI Jin-xu](#), [LIN Qing](#)  
作者单位: [郑州轻工业学院计算机与通信工程学院, 河南郑州, 450002](#)  
刊名: [郑州轻工业学院学报 \(自然科学版\)](#) ISTIC  
英文刊名: [Journal of Zhengzhou University of Light Industry\(Natural Science Edition\)](#)  
年, 卷(期): 2011, 26(6)

## 参考文献(7条)

1. [徐维祥, 张全寿](#) [一种基于灰色理论和模糊数学的综合集成算法](#)[期刊论文]-[系统工程理论与实践](#) 2001(4)
2. [刘思峰; 郭天榜; 党耀国](#) [灰色系统理论及其应用](#) 2004
3. [赵焕臣; 许树柏; 和金生](#) [层次分析法](#) 1986
4. [刘丹平, 周建方, 吴洁](#) [基于灰色系统的高校教师科研能力综合评价模型](#)[期刊论文]-[科技管理研究](#) 2010(23)
5. [屈龙, 李淑庆, 冯绍海](#) [基于模糊数学的应急物流绩效评估方法研究](#)[期刊论文]-[交通信息与安全](#) 2010(5)
6. [张渊, 陆玉梅, 梅强](#) [多层次灰色评价法在科技计划项目绩效评估中的应用](#)[期刊论文]-[科技进步与对策](#) 2006(6)
7. [王立新, 李勇, 任荣明](#) [基于灰色多层次方法的企业技术创新风险评估研究](#)[期刊论文]-[系统工程理论与实践](#) 2006(7)

引用本文格式: [金保华](#). [赵丽辉](#). [李金旭](#). [林青](#). [JIN Bao-hua](#). [ZHAO Li-hui](#). [LI Jin-xu](#). [LIN Qing](#) [基于GAHP的应急机构评估](#)[期刊论文]-[郑州轻工业学院学报 \(自然科学版\)](#) 2011(6)