

# 基于AHP和聚类分析的科学素质评价模型及实证分析

刘 盾<sup>1</sup>, 胡 培<sup>1</sup>, 何 平<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学 经管学院, 四川 成都 610031; 2. 西南交通大学 应用数学系, 四川 成都 610031)

**摘 要:** 在对成都市某区的2192位行政干部进行问卷调查的基础上, 首先利用AHP构建了科学素质评价模型, 并对被调查的74个单位的行政干部科学素质情况进行排序; 然后, 利用聚类分析方法并结合排序情况, 得出科学素质较好的一类; 最后, 对分类得到的科学素质较好的一类进行深入分析, 得到具有良好科学素质的一些特性, 通过对这些特性的分析, 最终从年龄结构、文化程度、知识获取和兴趣培养等方面得出结论, 并提出了有关建议。

**关键词:** 科学素质评价; 描述性统计; 层次分析法; 聚类分析

中图分类号: G301

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)11-0066-03

## 0 前言

为了顺利实现中国现代化建设“三步走”的战略目标, 我国在新世纪伊始, 制定和实施了《全民科学素质行动计划》(即“2049”计划), 要求到本世纪中叶, 我国国民科学素质达到中等发达国家水平。作为行政干部来说, 掌握必要的科学知识、了解基本的科学方法、崇尚科学精神、尊重客观规律、具备基本的应用科学技术成果的能力十分重要。本文通过对成都市某区行政干部的问卷调查进行分析, 以被调查的74个单位为研究对象, 提出了科学的评价行政干部科学素质的方法, 并提出了改进行政干部科学素质的相关建议。

## 1 调查问卷的设计

本次调查历时半年, 调查问卷的设计知识主要分为5个部分: 第一部分为被调查者的基本信息, 包括性别、年龄、学历、领导职务、所属单位等; 第二部分为被调查者获取科技信息的渠道和对各类科技信息感兴趣的程度; 第三部分到第五部分的设计分别为被调查者对自然科学、经济学、人文科学的了解程度。调查问卷的考察形式部分主要是判断题、单选题和多选题, 根据被调查者对每题的回答情况赋予一定的分值, 最终以其综合得分情况反映被调查者的科学素质水平。

本次调查一共发放调查问卷 2 212 份, 回收并得到有

效问卷 2 192 份, 问卷回收率为 99.1%, 满足进行分析的条件和需要。

## 2 基于AHP的科学素质评价模型

### 2.1 层次分析法的引入

在调查问卷的分析中, 可以发现, 虽然不同的被调查者的科学素质是有差异的, 但从总体上, 所有人在回答经济学题目时的得分, 明显高于其它学科的题目。因此, 把各类知识对行政干部科学素质的影响看作同等重要是不科学的, 不同类型的知识对行政干部的影响应该是不同的。通过 AHP 建立科学素质评价模型, 可以确定各类知识对行政干部科学素质的影响权重, 这为 74 个单位的科学素质排序提供了依据。

### 2.2 知识的分类

根据调查问卷所涉及到的题目(共 90 分), 把各个题目进行以下的分类:

第一类为自然科学知识(51分): 数理化知识(13分)、天文地理知识(5分)、生物医学知识(28分)、计算机知识(5分)。

第二类为经济学知识(23分): 经济类知识(7分)、管理决策类知识(16分)。

第三类为人文科学知识(16分): 文学历史类常识(3分)、时事类常识(2分)、哲学与其它(11分)。

### 2.3 建立递阶层次结构模型

收稿日期: 2006-10-08

基金项目: 教育部高校博士点专项科研基金项目(20060613019)

作者简介: 刘盾(1983-), 西南交大经管学院博士研究生, 研究方向为系统工程与决策; 胡培(1957-), 重庆人, 西南交通大学经济管理学院教授、博导, 研究方向为系统分析与决策; 何平(1954-), 四川成都人, 西南交通大学教育系教授, 研究方向为多元统计。

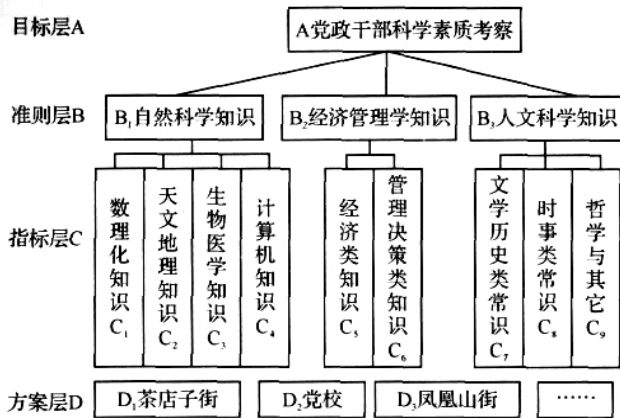


图 1 递阶层次结构模型图

在进行决策时,首先需要建立递阶层次结构模型。在这里,目标层是行政干部科学素质的考察;准则层用自然科学知识,经济管理知识,人文科学知识 3 个准则描述;指标层具体为 9 个更为细化的指标;方案层为需要考察的 74 个单位。模型的具体构建见图 1。

### 2.4 构建比较判断矩阵

这里将所有调查者在某一类知识的得分率(得分率=平均得分/总分值)作为构造比较判断矩阵的依据,其原因是,如果从整体上表现为对某一类知识的熟悉(得分率较高),则说明做这一类工作需要这方面的知识就越多,从而掌握这类知识对于工作来说就越重要。

为了将两两比较的结果数量化,利用 AHP 的判断尺度来构造比较判断矩阵,其定义如表 1 所示。

表 1 判断尺度量化值

判断尺度	定义
1	表示两类知识相比,具有同等重要性。
3	表示两类知识相比,知识 i 比知识 j 的得分率高 10% (i 比 j 稍微重要)。
5	表示两类知识相比,知识 i 比知识 j 的得分率高 20% (i 比 j 明显重要)。
7	表示两类知识相比,知识 i 比知识 j 的得分率高 30% (i 比 j 强烈重要)。
9	表示两类知识相比,知识 i 比知识 j 的得分率高 40% (i 比 j 极端重要)。
2, 4, 6, 8	介于上述两个相邻判断尺度的中间。

若知识 i 与知识 j 得分率差值不是 5% 的整倍数 (0.05n+k, n>1, 0<k<0.05), 则它们的差值离相邻的哪个判断尺度更近,就判定它们属于哪个尺度。例如两者差异为 0.14, 显然它离 0.15 比 0.10 近,因此选择的判断尺度为 4 或 1/4。

通过分析全体被调查人员在 3 个大类的得分情况,可得到表 2。

表 2 全体人员在 3 个大类的得分情况表

	自然科学知识	经济管理知识	人文科学知识
满分	51	23	16
平均分	34.4157	17.7937	9.2147
得分率	0.6748	0.7736	0.5759

按照相对重要性权值的规定原则,由第一层到第二层的判断矩阵为:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

同样,分析全体被调查人员在 9 个小类的得分情况,可得到表 3。

则以上构成的相关系数矩阵可写为:

对于自然科学知识的第三层,构造相关系数的矩阵为:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/5 & 1/5 \\ 1/3 & 1 & 1/6 & 1/6 \\ 5 & 6 & 1 & 1 \\ 5 & 6 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

对于经济管理知识知识的第三层,构造相关系数的矩阵为:

表 3 全体人员在 9 个小类的得分情况表

	自然科学知识			经济管理知识			人文科学知识		
	数理化学知识	天文地理知识	生物医学知识	计算机知识	经济类知识	管理决策类知识	文学历史类知识	时事类知识	其它知识
满分	13	5	28	5	7	16	3	2	11
平均分	7.2345	2.2924	21.0168	3.8270	5.5112	12.2825	1.5883	0.6594	6.9670
得分率	0.5565	0.4585	0.7506	0.7654	0.7873	0.7677	0.5294	0.3297	0.6334

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

对于人文科学知识的第三层,构造相关系数的矩阵为:

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 1/7 \\ 3 & 7 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

### 2.5 层次的排序

层次单排序要计算判断矩阵 B 的特征根和特征向量,即满足  $BW=\lambda_{max}W$  的特征根 W (取正规化特征向量),使其分量  $B_i$  为相应元素排序的权值。此处计算判断矩阵特征根用的是方根法。

为检验判断矩阵的一致性,需要计算它的一致性指标 CI 和随机一致性指标 CR。其中:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}, CR = \frac{CI}{RI}$$

上式中, n 为矩阵阶数, RI 值如表 4 所示。

表 4 RI 值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

当  $CR < 0.1$  时,即认为判断矩阵具有满意的一致性。

计算第(1)个相关系数矩阵,得到归一特征向量:

$$W = (W_1 \quad W_2 \quad \dots \quad W_n)^T = (0.2604, 0.6335, 0.1061)^T$$

$$\text{最大特征根: } \lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{nW_i} = 3.0385, CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} =$$

$$\left( \frac{3.0385 - 3}{3 - 1} \right) = 0.01925, CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.01925}{0.58} = 0.033 < 0.1, \text{通过}$$

一致性检验。

对于矩阵(2): 归一特征向量 W(0.108 0.056 0.418

$$0.418)^T, \lambda_{\max}=4.1067, CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} = \left( \frac{4.1067 - 4}{4 - 1} \right) = 0.0355,$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0355}{0.89} = 0.04 < 0.1, \text{ 通过一致性检验。}$$

对于矩阵 (3): 归一特征向量  $W(0.5 \ 0.5)^T, \lambda_{\max}=2, CI=0$ , 通过一致性检验。

$$\text{对于矩阵 (4): 归一特征向量 } W=(0.279 \ 0.072 \ 0.649)^T, \lambda_{\max}=3.0649, CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} = \left( \frac{3.0649 - 3}{3 - 1} \right) = 0.0325,$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0325}{0.58} = 0.056 < 0.1, \text{ 通过一致性检验。}$$

利用同一层次中所有单排序的结果, 通过加权, 可以计算层次总排序, 见表 5。

表 5 层次总排序计算结果表

	$b_1=0.2604$	$b_2=0.6335$	$b_3=0.1061$	$c_j = \sum_{i=1}^m b_i c_{ij}$
$C_1$ 数理化知识	0.108			0.0281
$C_2$ 天文地理知识	0.056			0.0146
$C_3$ 生物医学知识	0.418			0.1088
$C_4$ 计算机知识	0.418			0.1089
$C_5$ 经济类知识		0.5		0.3168
$C_6$ 管理决策类知识		0.5		0.3167
$C_7$ 文学历史类			0.279	0.0296
$C_8$ 时事类常识			0.072	0.0076
$C_9$ 其他			0.649	0.0689

这样得到一个反映 9 类知识不同重要度的权重向量:  
 $W=(0.0281, 0.0146, 0.1088, 0.1089, 0.3168, 0.3167, 0.0296, 0.0076, 0.0689)$

从 9 类知识的重要度来看, 经济类知识和管理决策类知识的权重最大, 而经管类知识确实对于行政干部最为重要, 这与人们的经验一致。

最后, 由于在第 4 层中研究的对象为 74 个单位, 如果再使用 AHP 方法显然不太现实。这里可以作如下处理: 由于某一单位在不同的 9 个知识类别中的得分率(单位在某类知识的得分率=本单位所有人员在该类知识的平均分/该类知识的总分值)刻画了该单位在这类知识的掌握情况, 因此, 可以用各类知识的权重乘以各单位在各知识类别中的得分率作为加权得分率, 来判定 74 个单位对科学素质的掌握情况。由于调查问卷的总分为 90 分, 因此, 可以用加权得分率乘以 90 作为各单位的最终得分。

假设第  $i$  个单位在不同的 9 类知识中得分率组成的向量为  $a=(a_1, a_2, \dots, a_9), 0 \leq a_j \leq 1$ 。令  $W=(w_1, w_2, \dots, w_9)$  为权重向量, 则第  $i$  个单位的最终得分为:

$$S_i = 90 \sum_{j=1}^9 a_j w_j \quad (i=1, 2, \dots, 74; j=1, 2, \dots, 9; \sum_{j=1}^9 w_j = 1)$$

通过公式, 可以计算出 74 个单位的得分情况, 下面仅给出排名前 10 位的单位的得分(见表 6)。

表 6 排名前 10 位的单位得分表

名次	单位名称	得分	名次	单位名称	得分
1	区房管局	72.20	6	区委组织	68.89
2	区妇联	70.60	7	区政府办	68.56
3	区科技局	70.14	8	区卫生局	68.49
4	区信访办	69.79	9	区委办	68.16
5	区司法局	69.33	10	区残联	68.15

### 3 基于聚类分析的深入研究

通过对 74 个单位的排序, 可以得到每一个单位总体科学素质的优劣情况, 但是, 我们更希望通过某种概念对这 74 个单位进行划分, 并研究划分后各类别间的共性和差异。而聚类分析正可以通过各单位间的相似、相近或相互的密切程度等较为模糊的概念对 74 个单位进行适当的分类, 因此, 可以将聚类方法引入科学素质的评判模型中。

将 74 个单位作为聚类中的研究对象, 把它们按 9 类不同知识作为判别指标, 通过 SPSS 软件的求解, 可以将 74 个单位划分为以下 6 类:

第一类: 区武装部;

第二类: 区妇联;

第三类: 区安监办;

第四类: 区委办、区政府办、区科技局、区司法局、区房管局、区残联;

第五类: 区发展计、区计生局、凤凰山街、区劳动局、区人防办、区老干局、驷马桥街、抚琴干休、区总工会;

第六类: 其它。

为了便于分析, 可以对各部分行政干部的科学素质做一个模糊的分类, 鉴于前面分析得到的排序情况, 可以将上面的第一、第五类合并为科学素质较差的一类(排名靠后); 第三、第六类合并为科学素质中等的一类(排名中间); 第二、第四类合并为科学素质较好的一类(排名靠前)。

这里只就科学素质较好的一类进行分析, 即研究区妇联、区委办、区政府办、区科技局、区司法局、区房管局、区残联 7 个单位(共 153 人)的共性, 来找出科学素质较好所具有的特性, 以为相关政府部门今后的工作提供参考。

通过对这 7 个单位进行描述性统计分析可以发现, 这 7 个单位整体上以中青年为主(中青年人数占总体的 82.4%); 而从学历来看, 这些单位的干部有 81.7% 是本科学历(其中接受过国民本科教育的有 51.6%, 占总人数一半以上); 另外, 干部中有相当多的人喜欢看报纸和电视, 在过去的 1 年内有相当一部分人到过相关科普场所, 这为获取科技知识提供了很好的途径; 最后, 这些干部大多对科学技术、教育和经济方面的知识感兴趣, 其中, 对科学新发现感兴趣的高达 94.1%, 对教育感兴趣的也达 92.2%, 对国家经济发展感兴趣的达 90.9%。

### 4 结论

# 城区科技进步指标综合评价模型的建立

刘 颖

(沈阳理工大学 经济管理学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘 要: 科技进步指标体系的建立, 可以通过分析影响科技进步的种种因素, 从细节上寻找问题、解决问题, 但难以综合比较, 难以从总量上对科技进步的速度及其对经济社会的影响进行评价。因而, 需要借助一定的数学方法, 综合科技进步统计指标, 求算标志科技进步水平的综合指数。

关键词: 城区经济; 科技进步指标; 经济体系

中图分类号: F290

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2007) 11- 0069- 3

## 1 评价指标无量纲标准化处理

对于已选定的综合评价指标体系, 由于各个指标的计

量单位不同且数量级相差较大, 所以一般不能综合计算, 必须先将各指标进行无量纲化处理, 变换为无量纲的指数化数值或分值, 再进行综合计算。由于本文的综合研究对象包括两个方面: 一是对各城区的科技进步状况进行评

综合以上对科学素质较好单位的分析, 可以提出提高行政干部科学素质的 5 条建议:

(1) 尽早完成新老交替, 及时补充一些年轻有为的新鲜血液。

(2) 文化程度较低的行政干部可以利用工作空余时间去充电, 来丰富自己的知识。

(3) 相关单位可以为行政干部订阅一些科普报纸和杂志, 有条件的还可以为每位干部配备一台电脑, 以便通过因特网获取科学知识。

(4) 定期邀请相关专家为行政干部做知识讲座, 定期组织行政干部到相关科普场所进行参观学习。

(5) 积极培养各种兴趣, 努力提高自身综合素质。

最后, 本文所构建的科学素质评价模型不仅可以为相关部门实施“2049”计划提供科学的依据, 而且本文综合使用 AHP 和聚类分析来解决问题的方法, 可以应用到项目

管理、供应链管理、物流等方面, 具有一定的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [2] 运筹学教材编写组. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [3] 林振锦. 层次分析法及其在油田招标中的应用[D]. 盘锦会议, 2004.
- [4] 姜启源. 数学模型(第2版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [5] 何平. 数理统计与多元统计[M]. 西南交通大学出版社, 2004.
- [6] 陈平. 层次分析法在半导体物理试验课成绩评分中的应用[J], 数学实践与认识, 2004, 34(7): 12- 18

(责任编辑: 来 扬)

## Evaluation Model of Scientific Diathesis Based on AHP and Clustering Analysis and Its Empirical Study

Abstract: This paper is based on the questionnaires which related to 2192 political members in some areas in Chengdu. We use AHP to set modeling and order from high to low based on the scientific diathesis of political members in 74 different departments, then we use clustering analysis and former ordering to get the better genus. At last, we do some further research in the better genus, and get some good characters. After analyzing these characters, we give some constructive suggestions in age configuration, knowledge degree, getting knowledge and so on.

Key Words: scientific diathesis; descriptive statistics; AHP; clustering analysis

收稿日期: 2006- 11- 15

作者简介: 刘颖(1958-), 女, 辽宁沈阳人, 硕士, 沈阳理工大学经济管理学院教授, 研究方向为管理经济学、市场营销。