

层次分析法在高校排名中的应用

郑乐¹, 王晗², 陈洪波³, 金星³

(1. 北京理工大学 信息与电子学院, 北京 100081; 2. 北京邮电大学 国际学院, 北京 102209;
3. 西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710129)

摘要:层次分析法是一种考虑多因素决策问题时较为实用的一种方法. 对该方法进行了详细的介绍, 使用该方法研究对高校排名起重要作用的因素, 并对高校进行排名. 之后又采用部分层次分析法对以上方法进行改进, 得到了与以往排名机构相比更为科学合理的结果. 同时, 也给出了该方法在其他领域的应用前景.

关键词:层次分析法; 高校排名; 多因素决策

中图分类号:O 223

文献标识码:A

文章编号:1000-5854(2009)06-0719-05

高等学校排名是目前社会很重要的一个评估资料. 它的一个很重要的目的就是通过通过对现有资料的收集与分析, 尽可能地向社会提供各高校的相关信息. 一份权威的高校排行榜, 将会为国家的高校教育发展提供一个科学的参照系, 排行榜有利于国家制定高校教育的规划和提高教育投资的效率; 对高校而言, 排行榜也会对各高校形成一种激励机制, 产生积极效应, 促进各高校建设和提升各高校的实力, 促进教育事业的完善与繁荣. 对于企业和所有关心高校教育发展的人而言, 他们也可以通过排行榜来了解各高校的实力, 以此来决定对高校的捐赠和录用高校的人才等问题.

近年来中国高等教育规模快速增长. 中国的高校不仅数量多, 而且门类复杂. 除了综合性大学外还有为数不少的理工类、师范类、医学类、农业类等专门性大学. 而这些高校在近年来又根据自身发展的需要, 不断向综合性大学发展. 各高校性质不同, 其教学方式、人才培养、科研成果等也会有较大的不同. 此外, 高校排名机构较多也较混杂, 没有统一的标准也缺乏权威性. 社会上对高校的排名大多无法综合考虑到各高校自身的特点, 对高校的排名往往只考虑学校的规模, 对其综合实力更看重, 而忽略掉其自身特点. 针对这种现象, 本文中, 笔者采用层次分析法对影响高校排名的因素进行分析.

1 层次分析法概述

1.1 层次分析法^[1,2]

层次分析法是一种定性定量相结合的、系统化、层次化的分析方法, 用来处理决策问题. 特别是考虑的因素较多的决策问题, 而且各个因素的重要性、影响力、或者优先程度难以量化的时候, 层次分析法提供了一种科学的决策方法.

相互比较确定各准则对于目标的权重及各方案对于每一准则的权重. 这些权重在人的思维过程中通常是定性的, 而在层次分析法中则要给出得到权重的定量方法. 对各个因素分配合理的权重, 而权重的计算一般用美国运筹学家 Saaty 教授提出的 AHP 法.

1.2 具体计算权重的 AHP 法

AHP 法是将各要素两两比较, 根据各要素的相对重要程度进行判断, 再根据计算成对比较矩阵的特征值得权重向量 W_k .

Step 1 构造成对比较矩阵

假设比较某一层 k 个因素 C_1, C_2, \dots, C_k 对上一层因素 o 的影响, 每次 2 个因素 C_i 和 C_j , 用 C_{ij} 表示 C_i 和 C_j 对 o 的影响之比(见表 1), 全部比较结果构成成对比较矩阵 C , 也叫正互反矩阵.

$$C = (C_{ij})_{k \times k}, C_{ij} > 0, C_{ij} = \frac{1}{C_{ji}}, C_{ii} = 1.$$

收稿日期: 2009-05-10

作者简介: 郑乐(1987-), 男, 河北石家庄人, 博士研究生, 研究方向为目标探测与识别.

若正互反矩阵 C 元素成立等式: $C_{ij} \times C_{jk} = C_{ik}$, 则称 C 一致性矩阵.

Step 2 计算该矩阵的权重

通过解正互反矩阵的特征值, 可求得相应的特征向量, 经归一化后即为权重向量 $Q_k = [q_{1k}, q_{2k}, \dots, q_{kk}]^T$, 其中的 q_{ik} 就是 C_i 对上一层因素 o 的相对权重. 由特征方程 $A - \lambda I = 0$, 利用 MATLAB 软件包可以求出最大的特征值和相应的特征向量^[3,4].

Step 3 一致性检验

1) 为了度量判断的可靠程度, 可计算此时的一致性度量指标 C_I :

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1}.$$

其中 λ_{\max} 表示矩阵 C 的最大特征值, 式中 k 为正互反矩阵的阶数, C_I 越小, 说明权重的可靠性越高.

2) 平均随机一致性指标 R_I , 表 2 给出了 1~14 阶正互反矩阵计算 1 000 次得到的平均随机一致性指标.

表 2 平均随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_I	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

3) 当 $C_R = \frac{C_I}{R_I} < 0.1$ 时 (C_R 称为一致性比率, R_I 是通过大量数据测出来的随机一致性指标, 可查表找到), 可认为判断是满意的, 此时的正互反矩阵称之为一致性矩阵, 进入 Step 4; 否则说明矛盾, 应重新修正该正互反矩阵, 转入 Step 2.

Step 4 得到最终权值向量

将该一致性矩阵任一列或行向量归一化就得到所需的权重向量, 计算出来的准则层对目标层的权重即不同因素的最终权重, 这样一来就可以按权重大小将进行排序了.

1.3 组合权向量的计算

成对比较矩阵非常好体现了研究对象即各个因素之间权重的比较状态, 能够有效地全面地表现出有关的数据信息, 显然也是矩阵数学模型的重要应用价值. 因素往往是有层次的, 通常情况下在进行决策分析时, 要进行多方面、多角度、多层次的分析与研究, 把决策选择建立在深刻的分析研究基础之上. 一个总的指标下面可以有第 1 层次的各个方面的指标、因素、成份、特征性质、组成成分等等, 而每个这种因素又有新的成分在里面. 这就是决策分析的数学模型的真真正义之所在.

定理 1 对于 3 层决策问题, 假设第 1 层只有 1 个因素, 又假设第 2 层和第 3 层因素各有 n, m 个, 并且记第 2 层对第 1 层的权向量为

$$W^{(2)} = (W_1^{(2)}, W_2^{(2)}, \dots, W_n^{(2)})^T,$$

而第 3 层对第 2 层的权向量分别是

$$W_k^{(3)} = (W_{k1}^{(3)}, W_{k2}^{(3)}, \dots, W_{km}^{(3)})^T,$$

这表示第 3 层的权重大小, 具体表示的是第 2 层中第 k 个因素所拥有的面对下一层次的 m 个同类因素进行分析对比所产生的数量指标. 那么显然, 第 3 层的因素相对于第 1 层的因素而言, 其权重应当是: 先构造矩阵, 用 $W_k^{(3)}$ 为列向量构造一个方阵 $W^{(3)} = (W_1^{(3)}, W_2^{(3)}, \dots, W_n^{(3)})$, 这个矩阵的第 1 行是第 3 层次的 m 个因素中的第 1 个因素, 通过第 2 层次的 n 个因素传递给第 1 层次因素的权重, 故第 3 层次的 m 个因素中的

表 1 C_{ij} 值的含义^[1]

标度 C_{ij}	含 义
1	C_i 与 C_j 的影响相同
3	C_i 与 C_j 的影响稍强
5	C_i 比 C_j 的影响强
7	C_i 比 C_j 的影响明显地强
9	C_i 比 C_j 的影响绝对地强
2, 4, 6, 8	C_i 与 C_j 的影响之比在上述两个相邻等级之间
$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{9}$	C_i 与 C_j 影响之比为上面 c_{ij} 的互反数

第 i 个因素对第 1 层次的权重为 $\sum_{k=1}^n w_k^{(2)} w_{ki}^{(3)}$, 从而可以统一表示为

$$w^{(1)} = w^{(3)} w^{(2)},$$

它的每一行表示的就是 3 层(一般是方案层)中每一个因素相对总目标的量化指标.

定理 2 如果共有 s 层, 则第 k 层对第 1 层(设只有 1 个因素)的组合权向量为

$$w^{(k)} = w^{(k)} w^{(k-1)}, k=3, 4, \dots, s.$$

其中矩阵 $w^{(k)}$ 的第 i 行表示第 k 层中的第 i 个因素, 相对于第 $k-1$ 层中每个因素的权向量; 而列向量 $w^{(k-1)}$ 则表示的是第 $k-1$ 层中每个因素关于第一层总目标的权重向量.

于是, 最下层对最上层的组合权向量为

$$w^{(s)} = w^{(s)} w^{(s-1)} \dots w^{(3)} w^{(2)}.$$

实际上这是一个从左向右的递推形式的向量运算, 逐个得出每一层的各个因素关于第 1 层总目标因素的权重向量.

2 使用层次分析法进行高校排名

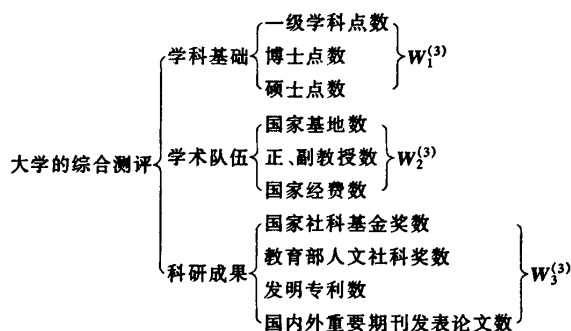
2.1 影响高校排名的重要因素

影响高校实力的因素是多方面的, 如一级学科点数、博士点数、硕士点数、经费总数、教师数、获奖总数、发表论文数等. 结合以往评价的资料, 选取实际一级学科点数、实际博士点数、实际硕士点数、发明专利数、国家社科基金项目奖数、教育部人文社科奖数、经费总数、正副教授数、国家基地总数 + 重点学科数、国内外重点期刊发表的论文总数这 10 项指标作为评价因素, 并将其划分为学科基础、学术队伍、科研成果 3 类.

2.2 资料来源与预处理

由于主要讨论层次分析法在高校排名中的应用, 加上并未找到近几年的数据, 因此选取 2007 年西北工业大学数学建模比赛提供的 2002—2003 年全国各大高校的数据. 数据包括 720 所大学的各项评估指标. 提取上面的 10 项指标进行具体的分析.

先对原始数据各项指标进行归一化处理, 再将其编码, 抽象出层次分析模型. 将学科基础, 学术队伍, 科研成果作为准则层, 而具体的 10 项指标作为子准则层分别隶属于其母准则层, 母准则层的权向量为 $w^{(2)}$.



2.3 使用层次分析法进行高校排名

参考以往对大学进行教学评估的资料, 得到成对比较矩阵, 再经过处理计算得到各权向量为

$$w_1^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.846 & 8 \\ 0.466 & 0 \\ 0.256 & 5 \end{bmatrix}, w_2^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.928 & 1 \\ 0.328 & 8 \\ 0.174 & 7 \end{bmatrix}, w_3^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.318 & 2 \\ 0.318 & 2 \\ 0.318 & 2 \\ 0.045 & 5 \end{bmatrix}, w^{(2)} = \begin{bmatrix} 0.648 & 3 \\ 0.229 & 7 \\ 0.322 & 0 \end{bmatrix}.$$

由 $w^{(s)} = w^{(s)} w^{(s-1)} \dots w^{(3)} w^{(2)}$ 得到组合权重为最终如表 3 所示.

由一致性比率可以看出该计算方法通过一致性验证, 因此各权值的计算结果合理. 将各大学进行归一化处理后的指标分别与该指标所占的权重相乘得到对大学的排名, 部分排名如表 4.

表 3 组合权重

大学评价因素	本因素对于评价大学综合实力所占的权重 $W^{(3)}$	一致性比率 C_R (第 3 层对第 2 层)	组合一致性比率 (第 3 层对第 1 层)
一级学科点数	0.349 8		0.000
博士点数	0.192 5	0.003	0.041
硕士点数	0.105 9		0.005
国家基地数	0.213 2		0.022
正、副教授数	0.075 5	0.042	0.009
国家经费数	0.140 1		0.013
国家社科基金奖数	0.288 2		0.000
教育部人文社科奖数	0.288 2	0.001	0.000
发明专利数	0.288 2		0.000
国内外重要期刊发表论文数	0.245 6		0.014

表 4 部分大学的排名

排名	学校名称	综合得分	排名	学校名称	综合得分
1	北京大学	0.465	16	中国科学技术大学	0.183
2	清华大学	0.423	17	东南大学	0.182
3	浙江大学	0.302	18	南开大学	0.176
4	吉林大学	0.298	19	哈尔滨工业大学	0.171
5	复旦大学	0.269	20	厦门大学	0.170
6	武汉大学	0.266	21	北京师范大学	0.166
7	南京大学	0.250	22	天津大学	0.164
8	四川大学	0.249	23	中国人民大学	0.159
9	中山大学	0.233	24	郑州大学	0.153
10	山东大学	0.231	25	大连理工大学	0.146
11	上海交通大学	0.221	26	重庆大学	0.144
12	华中科技大学	0.219	27	苏州大学	0.142
13	西安交通大学	0.218	28	中国科学院研究生院	0.141
14	中南大学	0.216	29	西北工业大学	0.139
15	同济大学	0.209	30	中国农业大学	0.134

2.4 使用部分层次分析法对结果的改进

对该结果进行分析,认为这个结果具有一定合理性,但是对于现在大学排名中出现的片面追求大学的学科全、规模大的现象并未产生实质性的改善.国家在学校建设方面,其实是希望大学能够在能力允许的范围内有所专长,并且鼓励从事人数较少的学科,因此单纯使用以上方法排名显然是远远不够的.接下来,本文采用部分层次分析法用支配因素数量的倒数对 $W^{(3)}$ 加权,将式子变为

$$W^{(3)} = \left(\frac{W_1^{(3)}}{n_1}, \frac{W_2^{(3)}}{n_2} \right)^T / \left(\frac{W_1^{(3)}}{n_1} + \frac{W_2^{(3)}}{n_2} \right),$$

其中 $W^{(3)}$ 为某一类大学第 3 层因素对第 1 层的修正组合权向量. n_1 为对该类大学有突出影响的因素, n_2 为对该大学无突出影响的因素.将所有大学大致分为综合类、理工类、文史类、医学类、师范类、其他类这 5 类,分别求出其修正权向量,从而得到更为科学的大学排名.部分排名如表 5.

表 5 修正权向量后的部分大学的排名

排名	大学名称	得分	排名	大学名称	得分
1	清华大学	0.603	16	四川大学	0.278
2	北京大学	0.589	17	北京航空航天大学	0.263
3	浙江大学	0.406	18	中国农业大学	0.262
4	上海交通大学	0.377	19	同济大学	0.261
5	哈尔滨工业大学	0.376	20	北京师范大学	0.256
6	中国科学技术大学	0.371	21	东南大学	0.245
7	复旦大学	0.361	22	山东大学	0.241
8	南京大学	0.335	23	南开大学	0.236
9	武汉大学	0.324	24	天津大学	0.230
10	中山大学	0.312	25	国防科学技术大学	0.229
11	华中科技大学	0.303	26	西北工业大学	0.221
12	西安交通大学	0.292	27	厦门大学	0.215
13	吉林大学	0.291	28	大连理工大学	0.196
14	中南大学	0.290	29	重庆大学	0.193
15	中国人民大学	0.279	30	苏州大学	0.190

3 结 论

层次分析法是对日常生活中决策方面的问题做出正确判断的有效方法.使用该方法进行大学排名,易于排除主观决策的干扰,得到符合实际的排名.使用部分层次分析法对排名方法进行改进后,能够充分考虑到不同大学的自身特点,对其进行科学、合理的排名.得到的结果对国家的投资和学生就业的填报有着十分重要的意义.与此同时,本方法也可以加以推广,应用在选拔优秀学生或公务员,评价工程项目等方面.

参考文献:

[1] 姜启源,谢金星,叶俊,等.数学模型 [M].第 3 版.北京:高等教育出版社,2003:224-244.
[2] 孙麟平.运筹学 [M].北京:科学出版社,2005:234-241.
[3] 齐欢.数学模型方法 [M].武汉:华中理工大学出版社,1996:50-58.
[4] 傅鹏,刘琼荪,何中市,等.数学实验 [M].北京:科学出版社,2000:91-101.

The Analytic Hierarchy Process Used in the Evaluation of Universities

ZHENG Le¹, WANG Han², CHEN Hong-bo³, JIN Xing³

(1. School of Electronics and Information, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. International School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 102209, China;

3. School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Shaanxi Xi'an 710129, China)

Abstract: Analytic hierarchy process is a practical method which can be used in evaluating the things with which many factors are concerned. This study reveals how to use this method to evaluate the strength of universities. To obtain of a more scientific evaluation, the partial analytic hierarchy process is used to improve the investment. At the same time, this method can also be useful in many other fields.

Key words: analytic hierarchy process; evaluation of universities; multi-factor decision-making; multi-factor decision-making

(责任编辑 白占立)

作者: 郑乐, 王晗, 陈洪波, 金星, ZHENG Le, WANG Han, CHEN Hong-bo, JIN Xing
作者单位: 郑乐, ZHENG Le(北京理工大学, 信息与电子学院, 北京100081), 王晗, WANG Han(北京邮电大学, 国际学院, 北京102209), 陈洪波, 金星, CHEN Hong-bo, JIN Xing(西北工业大学, 电子信息学院, 陕西, 西安710129)
刊名: 河北师范大学学报(自然科学版) 
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI NORMAL UNIVERSITY(NATURAL SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2009, 33(6)
被引用次数: 5次

参考文献(4条)

- 1. 姜启源;谢金星;叶俊 数学模型 2003
- 2. 孙麟平 运筹学 2005
- 3. 齐欢 数学模型方法 1996
- 4. 傅鹂;刘琼荪;何中市 数学实验 2000

本文读者也读过(1条)

- 1. 吴晓云, 吴萍, WU Xiao-yun, WU Ping 基于知识的层次分析法及其应用[期刊论文]-南京理工大学学报(自然科学版) 2005, 29(4)

引证文献(5条)

- 1. 彭雄明, 童圣 述评考研现状——基于层次分析法[期刊论文]-企业导报 2010(10)
- 2. 梁薇 基于DEA的排序模型及其在中国高校排名中的应用[期刊论文]-广西民族大学学报(自然科学版) 2013(2)
- 3. 李静雅, 任艳 基于AHP的可听噪声影响因素权值分析[期刊论文]-电力科技与环保 2013(5)
- 4. 任艳 基于AHP的可听噪声影响因素权值分析[期刊论文]-甘肃科技 2013(3)
- 5. 吕斌, 阚俊杰 西方可持续校园评价指标体系研究及其对我国的启示[期刊论文]-国际城市规划 2012(1)

引用本文格式: 郑乐, 王晗, 陈洪波, 金星, ZHENG Le, WANG Han, CHEN Hong-bo, JIN Xing 层次分析法在高校排名中的应用[期刊论文]-河北师范大学学报(自然科学版) 2009(6)