

Empirical Research of Colleges and Universities Teaching Evaluation Based on Factor Analysis

Xiaoyan Wang, Dan Hang

Department of Basic Courses, Air Force Logistics College, Xuzhou
Email: hazel-hang@sohu.com

Received: Dec. 12th, 2013; revised: Dec. 26th, 2013; accepted: Dec. 29th, 2013

Copyright © 2014 Xiaoyan Wang, Dan Hang. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Xiaoyan Wang, Dan Hang. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: This article takes the empirical analysis on 18 colleges and universities teaching evaluation based on factor analysis, eliminating the subjectivity in traditional teaching evaluation and improving objectiveness. Research results suggest that faculty and teaching effects are the key factors, and to get good result, the colleges and universities should strengthen the construction of person echelon and encourage students to take part in innovation activities etc.

Keywords: Teaching Evaluation; Empirical Research; Factor Analysis

基于因子分析的高等院校教学评价实证研究

王晓燕, 杭丹

空军勤务学院基础部, 徐州
Email: hazel-hang@sohu.com

收稿日期: 2013年12月12日; 修回日期: 2013年12月26日; 录用日期: 2013年12月29日

摘要: 本文采用因子分析法对 18 所高等院校教学情况进行评价, 改善了以往教学评价方法中主观因素较多的局限, 具有较强的客观性。研究表明师资与教学效果是高等学校教学评价的关键性指标, 学校要获得好的评价结果, 就必须要加强高校的人才梯队培养、积极鼓励学生参加科技创新活动等。

关键词: 教学评价; 实证研究; 因子分析

1. 引言

教学评价或任何一种综合评价的目的都在于如何把不同维度的评估指标整合为单一维度的综合指标, 关键点在于综合评价模型中权重的选取^[1]。国内外常用的高校评估量化方法主要有层次分析法, 模糊综合评价法、因子分析法等^[2,3]。层次分析法通过两两比较法对多个指标确定权重, 免不了主观判断的影响;

模糊综合评价法中模糊隶属函数的确定, 也会掺杂人为因素。另外, 这两种方法都无法解决指标中存在的相关性问题, 信息的重叠也会给评价结果带来较大偏差。

因子分析作为一种数据缩减技术, 可以在样本数据信息特征损失最小的情况下, 把众多原始变量转化为若干个综合变量, 从而通过有限个不可观测的隐变量来解释原始变量之间的数据结构和相关关系。在利

用因子分析进行综合评价时, 评价的权重是从数据内部隐含的结构出发, 由矩阵变换伴随生成, 避免了主观判断的影响, 具有最大的客观性。另外, 由于数据缩减后得到的综合变量彼此不相关, 又消除了指标中存在的相关性问题。所以, 利用因子分析法展开教学评价是一种科学、合理的选择。

2. 因子分析数学模型

因子分析是处理多变量数据的一种统计方法, 其基本思想是从为数众多的可观测变量中概括和推论出少数互不相关的因子, 用最少的因子来概括和解释大量的观测事实, 从而建立起最简洁最基本的概念系统来解释事物之间最本质的联系。在指标选择中, 选择了多个指标作为分析的基础, 每个指标都在一定程度上反映了所研究问题的某些信息, 且各指标彼此之间有一定的相关性。

因子分析的数学模型如下:

a 设样本数目为 n , 选择的指标变量数为 m , 则由原始矩阵为:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{pmatrix}$$

其中 X_{ij} 代表第 i 个样本第 j 个指标的值。

b 由于各个指标的量纲都不一致, 数量间的差异也很大, 这就需要进行标准化处理, 即将各个指标转化为同度量的指标, 使各个指标间具有可比性。其处理公式如下:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - EX_j}{\sqrt{DX_j}}$$

其中 $EX_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}$, $DX_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - EX_j)^2$, Y_{ij} 表示经过标准化处理后各样本的指标值。

c 根据标准化处理后各指标的相关性则存在下列关系

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \cdots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \cdots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ Y_n &= a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \cdots + a_{nm}F_m + \varepsilon_n \end{aligned}$$

写成矩阵形式为 $Y = AF + \varepsilon$, 其中 Y 为标准化后的变量向量; F 称为公共因子, 它们是在各个原观测变量的表达式中都共同出现的因子, 且各因子之间彼此不相关, 公共因子 F_1, F_2, \dots, F_n 在总方差中所占比重依次递减; A 为因子载荷矩阵, 其元素 a_{ij} 的绝对值越大, 表明 Y 与 F_i 的相依程度越大, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 称为特殊因子, 是指对某个特定变量起作用的因子, 在实际模型中对 ε 的影响通常不计, 因子分析的目的是把系数矩阵 A 求出。

从理论上讲有多少原始变量就有多少公共因子, 但实际研究中只需要取前面几个主要因子就可以反映出所需变量的大部分信息。当取 P 个公共因子 F_1, F_2, \dots, F_p , 则可以建立以下线性回归方程:

$$F_j = b_{j0} + b_{j1}Y_1 + b_{j2}Y_2 + \cdots + b_{jm}Y_m \quad (j=1, 2, \dots, p)$$

因为变量和主因子都已标准化, 所以 $b_{j0} = 0$, 故有 $F_j = b_{j1}Y_1 + b_{j2}Y_2 + \cdots + b_{jm}Y_m$

上式即为因子得分函数, 可由它来计算各样本的公共因子得分, 当以每个主要因子的方差贡献率 t 作为权数时, 可以构造综合评价函数:

$$F = t_1F_1 + t_2F_2 + \cdots + t_pF_p \quad (p \leq m)$$

3. 教学评价实证分析

3.1. 样本的选取

文章的研究对象是江苏省境内的18所高校。江苏省是我国高校数量最为集中和在校人数最为庞大的省份之一, 具有一定的代表性, 能反映出我国高校教学的一般情况。本次调查抽样按照办学级别划分, 包括部属2所、省属6所、独立学院4所、大专6所; 按专业特征划分, 包括综合4所、理工8所、农林1所、政法1所、医药1所、师范3所。调查样本覆盖了不同办学层次、不同办学规模和不同专业特征的院校, 符合江苏省高校现实特点, 调查样本具有代表性。数据来源为中国教育网、各高校网站以及学校年鉴等。

3.2. 指标选择

在对高校进行教学评价的诸多要素中, 指标的选取最为重要。构建一个易于测量, 数量较少的高校教学评价指标体系是我们的目标。因子分析模型可以由其因子负荷提取关键指标, 还能通过主因子计算出综

合评价得分。因此我们选取因子分析模型来建立教学评价指标体系。通过建立因子分析模型，计算出各指标的共同度和载荷量及相应的阈值，并根据这些值提取出重要指标，同时使用KMO检验指标是否与模型匹配。若KMO检验提示指标中存在着冗余，则需要进行剔除。若KMO检验通过，形成一个合适的因子模型。

为了全面反映各高校的实际情况，本文选取了包括教学质量、人才培养、学术队伍和科研成果等多方面在内的9个指标。这9个指标具体为：(表1)

- 课堂教学质量评价优良率(X1);
- 毕业论文优、良率(X2);
- 教师百人平均在研项目数(X3);
- 教师百人平均发表论文总数(X4);
- 教师百人平均发表核心期刊(及以上)论文数(X5);
- 学生百人平均学生参加各类创新活动获奖总数(X6);
- 学生百人平均获一二等奖学金人数(X7);
- 学生百人平均获三等奖学金人数(X8);

- 教师百人平均导师人数(X9)。

3.3. 因子分析

1) 样本指标的相关性分析

相关系数是表示两要素之间相关程度的统计指标。对于两个要素x与y,如果它们的样本值分别为 x_i 和 y_i ($i = 1, 2, \dots, n$),它们之间的相关系数为

$$r_{xy} = \frac{E(y - E(y))(x - E(x))}{\delta_x \delta_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \in [-1, 1]$$

运用 SPSS 软件运行得相关系数矩阵如表 2:

从表 2 可以看出，有的指标之间相关性较大，比如 X1 与 X2、X3 之间，X4 与 X5 之间。而有的指标之间相关性较小，其相关性不足 0.1。但从总体来说各指标之间具有恰当的相关性，这与我们的预期基本一致，所选指标基本上能反应教学基本情况。如果直

Table 1. Basic data statistics
表1. 基本数据统计表

单位名称	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
高校 1	0.666666	0.70	1	12	6	1.00	1	14	5
高校 2	0.750000	0.40	1	58	19	0.00	0	12	5
高校 3	0.363636	0.00	0	18	1	0.00	0	4	5
高校 4	0.700000	0.80	12	52	14	10.00	32	29	13
高校 5	0.571428	0.40	7	21	10	1.00	14	31	5
高校 6	0.500000	0.40	2	58	16	16.00	29	48	10
高校 7	0.600000	1.00	6	28	6	6.00	7	18	8
高校 8	0.769230	0.80	5	42	14	19.25	11	36	8
高校 9	0.388889	0.60	3	29	7	14.25	14	25	10
高校 10	0.500000	1.00	1	14	3	3.00	2	12	5
高校 11	0.375000	0.60	1	39	13	1.00	1	4	5
高校 12	0.578948	1.00	4	65	1	0.00	0	10	5
高校 13	0.846154	0.60	14	55	14	3.33	8	20	13
高校 14	0.909091	0.90	4	23	3	4.00	11	33	5
高校 15	0.666667	1.00	3	29	4	10.33	20	37	10
高校 16	0.714285	1.00	4	5	1	6.33	10	15	8
高校 17	0.769230	1.00	2	39	11	12.33	3	23	8
高校 18	0.583333	0.40	1	28	10	6.66	3	15	10

Table 2. Correlation matrix
表2. 相关系数矩阵

Correlation:	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X1	1.000	0.391	0.454	0.152	0.180	0.106	0.098	0.326	0.211
X2	0.391	1.000	0.137	-0.080	-0.353	-0.205	-0.019	-0.056	-0.036
X3	0.454	0.137	1.000	0.332	0.255	0.096	0.464	0.287	0.623
X4	0.152	-0.080	0.332	1.000	0.622	0.172	0.216	0.198	0.325
X5	0.180	-0.353	0.255	0.622	1.000	0.298	0.274	0.295	0.354
X6	0.106	-0.205	0.096	0.172	0.298	1.000	0.603	0.723	0.583
X7	0.098	-0.019	0.464	0.216	0.274	0.603	1.000	0.812	0.643
X8	0.326	-0.056	0.287	0.198	0.295	0.723	0.812	1.000	0.450
X9	0.211	-0.036	0.623	0.325	0.354	0.583	0.643	0.450	1.000

接用于分析，可能会带来严重的共线性问题。因此，我们准拟采用因子分析。

2) 因子分析的适当性检验

在统计上，KMO 值是用来检测样本数据是否适用于因子分析，该值越大，数据用于因子分析的效果也就越好，KMO 值一般要求在 0.5 以上。KMO 值抽样适度测定值具体见表 3：

Table 3. KMO and Bartlett's Test
表 3. KMO 值适度测定值

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0.535
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	72.132
	df	36
	Sig	0.000

从 KMO 测度和巴特利球体检验结果来看，KMO 值为 0.535，表明该数据可以做因子分析；表中的巴特利球体检验也可以看出，应拒绝各变量独立的假设，即变量间具有较强的相关性，适宜做因子分析。此结论同上面相关系数矩阵提供的信息是一致的。

3) 选择可以解释样本的因子及其数量

按照因子分析法得出相应的特征值以及对应的贡献率，见表 4：

Extraction Method: Principal Component Analysis.

从理论上说，有多少个原始变量就有多少个公共因子，在实际研究中只需要取几个主要因子就可以反映变量的大部分信息了。根据上表所示，9 个指标一共有 9 个特征值，其中最大的 3 个特征值是 3.667、1.622、1.376，他们所对应的贡献率其累积贡献率达到 74.055%，因此可以认为这三个因子能够较为全面反映所选样本的大部分信息，于是取 3 个公因子。

4) 因子负荷系数

确定因子个数后，确定各个因子的负荷系数，负荷系数绝对值越大，变量与公共因子的联系就越密切。各公共因子在原始变量上的载荷系数相差不大，因此我们

对公共因子的涵义不好解释，因为各公共因子彼此独立。

为了得到一个更易于解释指标的因子负荷矩阵，因此需要旋转坐标轴，使因子负荷在新坐标中能按列向 0 或 1 两级分化。

第一公因子在学生百人平均参加各类创新活动获奖总数，获一二等奖学金人数，获三等奖学金人数和教师百人平均导师人数等几个指标上载荷较大，这几个指标反应了各高校的师资力量与教学效果，我们直接命名为师资与教学效果因子。

第二公因子在教师百人平均发表论文总数和发表核心期刊数上有较大载荷，因此第二公因子主要体现了该院校的学术能力，我们命名为学术研究因子。

第三公因子在课堂教学质量评价优良率、毕业论文优良率和教师百人平均在研项目数上有较大载荷，这三个指标从不同维度对专业品质进行测度，课堂教学质量评价优良率是老师专业素养在课堂上的反映，毕业论文优良率是对学生专业素养进行测度，教师百人平均在研项目数则是学科专业发展能力的综合体现，因此我们命名第三公因子为专业品质因子。

得出因子负荷系数之后，我们可以根据已知的经过标准化处理后的指标值，计算出各个因子的得分。

Table 4. Total variance explained
表 4. 总方差结果

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.667	40.741	40.741	3.667	40.741	40.741	2.957	32.852	32.852
2	1.622	18.020	58.761	1.622	18.020	58.761	1.943	21.594	54.445
3	1.376	15.294	74.055	1.376	15.294	74.055	1.765	19.609	74.055
4	0.802	8.916	82.971						
5	0.590	6.560	89.531						
6	0.458	5.088	94.619						
7	0.292	3.241	97.859						
8	0.131	1.458	99.317						
9	0.061	0.683	100.000						

Table 5. Comprehensive results
表 5. 综合结果

单位简称	师资与教学效果因子得分 (极差标准化处理)	学术研究因子得分 (极差标准化处理)	专业品质因子得分 (极差标准化处理)	综合得分 (极差标准化处理)
高校 1	0.193987	0.235916	0.555431	0.213652
高校 2	0	1	0.485308	0.402812
高校 3	0.139099	0.292777	0	0
高校 4	0.814365	0.764015	0.944599	1
高校 5	0.448998	0.44176	0.502997	0.454203
高校 6	1	0.696973	0.213208	0.824533
高校 7	0.388435	0.338516	0.766798	0.464616
高校 8	0.768551	0.686487	0.365702	0.723542
高校 9	0.751326	0.440134	0.01352	0.473133
高校 10	0.229702	0.104609	0.530373	0.169139
高校 11	0.049391	0.652386	0.237182	0.18885
高校 12	0.042982	0.533346	0.738338	0.301485
高校 13	0.49004	0.928559	0.978264	0.842516
高校 14	0.405187	0.2131	1	0.508423
高校 15	0.784322	0.167581	0.746928	0.658297
高校 16	0.473878	0	0.803199	0.402019
高校 17	0.39772	0.510084	0.773649	0.543331
高校 18	0.585662	0.427892	0.158453	0.424854

5) 公共因子得分

每个公共因子 F_i 的值可以通过 9 个变量组成函数来表示，由此我们可以得到以下线性回归方程。

$$F_1 = -0.043X_1 - 0.047X_2 - 0.004X_3 + \dots + 0.189X_9$$

⋮

$$F_3 = 0.450X_1 + 0.473X_2 + 0.347X_3 + \dots + 0.092X_{10}$$

6) 评价指标综合得分

到目前为止,已经得出了公共因子的值,也得出了每个公共因子的方差贡献率,根据公式 $F = 0.32852F_1 + 0.21594F_2 + 0.19609F_3$ 就可以得出每个院校的综合得分(表 5)。

上述分析表明,因子分析排序对多个变量的信息进行分类分析,具有更加直观、细致、全面和合理等优点,其方法也更注重各高校在不同指标上的差异,可以客观地了解院校在各方面的表现,有利于发觉各院校的优势和不足。

4. 小结

实证研究表明:第一,师资与教学效果因子得分是高等学校教学评价的关键性指标,学校要获得好的评价结果,就必须在这些指标上寻找最佳的资源配置方案,主要要加强高校的人才梯队培养、积极鼓励学生参加科技创新活动等;第二,高等学校的教学评价结果与学校的发展定位具有相关性。教学型和教学研

究型大学在教学评价结果上有一定的差异,教学研究型大学因其综合实力较强,在师资与教学效果因子得分、学术研究因子得分以及专业品质因子得分上均具有较高优势,例如高校 4、高校 13 等,其总体教学评价综合排名较高。第三,教学评价的目的终究是为了回馈教学、回馈学生、培养出更多高水平人才,院校抓教学还是要从学生课堂内外抓起,既重视课堂内实效、又重视学生的第二课堂活动,并积极鼓励教师积极从事科研活动,并以科研回馈教学,提高学生培养质量。

参考文献 (References)

- [1] 于冰 (2009) 教学评价体系在高校素质教育中的价值取向. *科教文汇*, 4, 25.
- [2] 吴培群, 陈小红 (2010) 大学生评教的统计分析及其改革途径探讨. *高教探索*, 3, 78-81.
- [3] 管宇 (2011) 实用多元统计分析. 浙江大学出版社, 杭州.