

doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2019.04.007

基于组合赋权的变异系数法 在质量评价中的应用

钱晓辉¹, 姜启波²

(1.南京航空航天大学航空学院,江苏 南京 210016)

(2.南京审计大学经济学院,江苏 南京 211815)

[摘要] 为了提高质量评价的客观性和有效性,针对质量评价指标过多、主观评价为主的问题,该文提出了一种基于组合赋权的变异系数法。该评价方法既能在主观方面充分反映专家的经验 and 权威,在客观方面真实反映客观数据的权重,又能使用变异思想在整体上进行组合赋权,具有客观、信息全面等特点。通过对高校研究生教育质量进行实证评价分析,结果表明该评价方法能科学合理地给出质量评价结果。

[关键词] 信息熵, 夹角余弦函数, 组合赋权, 变异系数, 评价质量

[中图分类号] G643 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2019)04-0044-05

Application of Variation Coefficient Method Based on Combination Weights in Quality Evaluation

Qian Xianhui¹, Jiang Qibo²

(1.College of Aerospace Engineering,Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,Nanjing 210016,China)

(2.College of Economics,Nanjing University of Audit,Nanjing 211815,China)

Abstract: In order to improve the objectivity and effectiveness of the evaluation of the quality of graduate education and improve the accuracy of evaluation, this paper proposes a variation coefficient method based on combination weighting. This method fully reflects the experience and authority of experts in the subjective aspect, can truly reflect the weight of objective data in the objective aspect, and can use the idea of mutation to carry out combined weighting in the whole. It has the characteristics of objectiveness and comprehensive information. Through empirical evaluation and analysis of the quality of graduate education in a university, the results show that the evaluation method is more scientific and reasonable, and reflects the overall education level of graduate education in the university.

Key words: information entropy, angle cosine function, combination weights, variation coefficient, quality evaluation

随着信息社会的发展和科学技术的进步,人们在各行各业往往会遇到质量评价的问题,这些问题一般影响因素较多,且各因素之间相互联系、相互影响,因此需要借助有效的评价方法进行科学辅助决策。目前国内外学者使用的质量评价方法主要有信息熵法^[1-2]、聚类法^[3-4]和变异系数法^[5]等,但在实际应用中,存在着以定性研究为主或者定量指标与定性指标比例失衡等问题^[6]。基于此,本文提出了一种基于组合赋权的变异系数法的评价方法,该方法可以避免定性评价与定量评价相脱离或无法确定主客观评价的权重问题。应用高校研究生教育质量评价数据进行实证分析,结果表明基于组合赋权的变异系数法可以兼顾主观评价和客观评价^[7-8],评价结果较为客观和合理。

1 主客观组合赋权评价模型构建

为了克服传统评价体系存在的不足,充分体现专家的经验 and 权威、客观数据以及主观评价和客观数据之间的差异对评价结果的影响,在借鉴专家学者研究的基础上^[9],本文提出了基于灰色关联-信息熵群组

收稿日期:2019-05-17.

基金项目:江苏省研究生教育教改课题(JGLX17_005)、南京航空航天大学基本科研业务费科研项目(NR2017039).

通讯联系人:钱晓辉,博士,助理研究员,研究方向:人机环境与工程、高等教育管理. E-mail: xhqian@nuaa.edu.cn

聚类主观组合赋权与夹角余弦函数客观赋权的变异组合赋权法.

1.1 主观组合赋权:灰色关联-信息熵群组聚类

(1) n 位专家独立地对评价体系中各指标的重要性进行评价打分,经过处理后,得到标准化评价向量矩阵如下:

$$V = (V_1, V_2, V_i, \dots, V_m) = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ v_{i1} & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix}$$

式中, v_{ij} 为第 j 位专家对第 i 个指标的评价打分值, $i \leq m, j \leq n$.

(2) 为了对专家进行聚类分析,需要计算各专家评价的相对关联系数. 由于专家对指标的评价是小数据,故本文利用灰色关联分析模型,对各专家两两相关性进行计算:

$$\xi_{0i} = \frac{1 + |S_0| + |S_i|}{1 + |S_0| + |S_i| + |S_i - S_0|}$$

式中, S 表示关联度, $|S_i| = \left| \sum_{m=2}^{n-1} v_i^0(m) + \frac{1}{2}v_i^0(n) \right|$, $|S_0| = \left| \sum_{m=2}^{n-1} v_0^0(m) + \frac{1}{2}v_0^0(n) \right|$, $|S_i - S_0| = \left| \sum_{m=2}^{n-1} (v_i^0(m) - v_0^0(m)) + \frac{1}{2}(v_i^0(n) - v_0^0(n)) \right|$.

根据相关系数 ξ_{ij} 构造相关系数矩阵 R , 如下:

$$R = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} & \xi_{13} & \dots & \xi_{1n} \\ & \xi_{22} & \xi_{23} & \dots & \xi_{2n} \\ & & \ddots & \ddots & \vdots \\ & & & \ddots & \xi_{n-1,n} \\ & & & & \xi_{nn} \end{bmatrix}$$

(3) 依据灰色综合相关系数 R 矩阵进行聚类,将 n 位专家分为 k 类,每一类别中有专家 x_j 位 ($x_j \leq n$), 则每类权重 $\phi_j = \frac{x_j}{\sum_{i=1}^m x_j}$, $i = 1, 2, \dots, m$.

(4) 在指标评价向量矩阵中,评价值越高,表明指标的信息熵越大,代表该指标确定程度越高,专家对指标重要程度的认可度就越高. 假设 e_j 为 j 位专家指标评价向量的信息熵,则:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln(f_{ij}), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

式中, $e_j > 0$, $f_{ij} = \frac{v_{ij}}{\sum_{i=1}^m v_{ij}}$ 为第 j 位专家对第 i 个指标评价占 m 个指标总评价值的比重;第 j 位专家在类内的熵权为:

$$\varphi_{ij} = \frac{[e_j]^{-1}}{\sum_{j=1}^m [e_j]^{-1}}$$

(5) 组合赋权为:

$$\tau_{ij} = \sum_{i=1}^m \phi_j \varphi_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

(6) 主观评价值为:

$$\omega_{ij}^s = \tau_{ij} v_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

1.2 客观赋权:夹角余弦函数

(1) 将统计数据经过标准化处理后,得到客观向量矩阵:

$$U = (U_1, U_2, \dots, U_i) = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1j} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2j} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ u_{i1} & u_{i2} & \dots & u_{ij} \end{pmatrix}$$

式中, u_{ij} 表示第 i 个指标第 j 年的数值.

(2) 构造各指标的最大值向量 U^{\max} 和最小值向量 U^{\min} :

$$U_i^{\max} = (u_1^{\max}, u_2^{\max}, \dots, u_m^{\max})$$

$$U_i^{\min} = (u_1^{\min}, u_2^{\min}, \dots, u_m^{\min})$$

式中, $U_i^{\max} = \begin{cases} \max\{u_{ij}\}, & i \in I_1 \\ \min\{u_{ij}\}, & i \in I_2 \end{cases}$, $U_i^{\min} = \begin{cases} \min\{u_{ij}\}, & i \in I_1 \\ \max\{u_{ij}\}, & i \in I_2 \end{cases}$, 其中, I_1 为正向指标集, 数值越大越理想, I_2 为负

向指标集, 数值越小越好.

(3) 构造各指标与 U^{\max} 和 U^{\min} 的相对偏差矩阵 Q 和 Δ :

$$Q = (q_{ij})_{mn} = \left(\frac{|u_{ij} - U_i^{\max}|}{\max_{1 \leq j \leq n}(u_{ij}) - \min_{1 \leq j \leq n}(u_{ij})} \right)_{mn}$$

$$\Delta = (\delta_{ij})_{mn} = \left(\frac{|u_{ij} - U_i^{\min}|}{\max_{1 \leq j \leq n}(u_{ij}) - \min_{1 \leq j \leq n}(u_{ij})} \right)_{mn}$$

(4) 计算夹角余弦值, 确定客观权重:

$$c_{ij} = \cos(q_i, \delta_j) = \frac{\sum_{j=1}^t q_{ij} \delta_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^t q_{ij}^2} \sqrt{\sum_{j=1}^t \delta_{ij}^2}}$$

将 c_{ij} 归一标准化后, 得到客观权重为:

$$\eta_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^m c_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

(5) 客观评价值为:

$$\omega_{ij}^o = \eta_{ij} u_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

1.3 主客观变异组合赋权法

根据指标的主客观评价差异越大, 权重越大的思想, 主观赋权和客观赋权的组合权重评价为:

$$\omega_i = \alpha \omega_i^s + \beta \omega_i^o$$

式中, α, β 分别为主观评价和客观评价的权重, $\alpha > 0, \beta > 0, \alpha^2 + \beta^2 = 1$. 为求解 α, β 的值, 构造目标函数:

$$\max Y_i = \alpha \omega_i^s + \beta \omega_i^o = \alpha \sum_{i=1}^m \phi_i \varphi_{ij} v_{ij} + \beta \sum_{i=1}^m \eta_{ij} u_{ij}$$

$$\text{s.t. } \alpha > 0, \beta > 0$$

$$\alpha^2 + \beta^2 = 1$$

利用拉格朗日条件极值法求解目标函数, 得到 α, β 的值:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \phi_i \varphi_{ij} v_{ij}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \phi_i \varphi_{ij} v_{ij}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^m \eta_{ij} u_{ij}\right)^2}}, \tag{5}$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{ij} u_{ij}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \phi_i \varphi_{ij} v_{ij}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^m \eta_{ij} u_{ij}\right)^2}}, \tag{6}$$

将 α, β 归一标准化后,得到 α^*, β^* , 则指标综合评价为:

$$\omega_i^* = \alpha^* \omega_i^s + \beta^* \omega_i^o \quad (7)$$

由此,依据变异思想,构建出如图 1 所示的组合赋权评价模型框架。

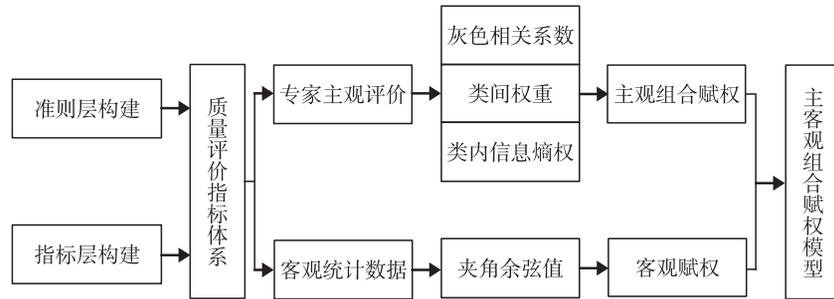


图 1 灰色关联-信息熵群组聚类法与夹角余弦函数组合赋权模型

Fig. 1 Grey relation entropy group clustering method and angle cosine function combination weighting model

2 实例计算及分析

2.1 评价指标遴选及数据来源

根据第四轮学科评估指标体系,在借鉴权威组织和相关学者研究的基础上^[10-11],遴选出全面质量控制的研究生教育质量评价指标体系.该指标体系包括 3 个准则层和 9 个具体指标,见表 1.数据来源于某高校研究生培养统计资料.

表 1 全面质量控制的研究生教育质量评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of graduate education quality based on total quality control

序号	准则层	指标层	原始统计数据		
			2011 年	...	2015 年
1	培养过程质量 q_1	q_{11} 教学成果	1	...	3
2		q_{12} 精品课程	1	...	2
3		q_{13} 赴境外交流学生数	6	...	69
4		q_{14} 来华交流学生数	9	...	101
5	在校生成质量 q_2	q_{21} 学位论文质量	0.92	...	0.98
6		q_{22} 优秀在校生成质量	46	...	33
7		q_{23} 授予学位数	1 526	...	1 618
8	毕业生质量 q_3	q_{31} 整体就业质量	0.88	...	0.99
9		q_{32} 就业单位满意度评价	0.9	...	1

2.2 结果与分析

计算得出变异后的主观权重和客观权重分别见表 2 第 3 列和第 4 列;研究生培养质量相关指数见表 2 第 5 列.依据表 2 绘制出 2011 年—2015 年某高校研究生培养质量指数趋势,见图 2.

由图 2 可知,2011 年—2015 年研究生培养质量由低到高逐年递增,培养质量指数几乎成直线型递增.培养过程质量、在校生成质量和毕业生质量都是由低到高不断提升,并且与研究生培养质量指数趋势一致.略有不同的是,研究生培养过程质量提升速度明显快于在校生成质量和毕业生质量的提升速度;在校生成质量在 2015 年出现了较大幅度的下降.由表 2 可知,来华交流学生数量、赴境外交流学生数量、整体就业质量和就业单位满意度评价总体上逐年提高,教学成果和精品课程数量先快速增加后又急剧下降,学位论文质量缓慢提升后又稍有降低.这些具体指标的变化侧面反映了在研究生培养的过程中,培养过程质量、在校生成质量和毕业生质量虽然都是平稳增长,但是在研究生培养的具体指标中,尚存在一些不足和问题.

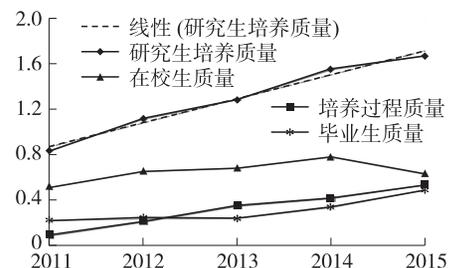


图 2 2011—2015 年某高校研究生培养质量指数趋势

Fig. 2 The trend of graduate training quality index in a university from 2011 to 2015

表 2 研究生培养质量综合评价指标及评价结果
Table 2 Comprehensive evaluation indexes and results of postgraduate training quality

序号	指标	变异主观系数	变异客观系数	历年综合评价值				
				2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
1	q_{11}	0.023	0.067	0.025	0.026	0.123	0.077	0.048
2	q_{12}	0.021	0.062	0.022	0.031	0.115	0.043	0.039
3	q_{13}	0.008	0.050	0.021	0.036	0.042	0.078	0.089
4	q_{14}	0.014	0.060	0.027	0.123	0.075	0.224	0.365
	培养过程质量 q_1			0.095	0.216	0.355	0.422	0.541
5	q_{21}	0.081	0.086	0.218	0.231	0.238	0.236	0.235
6	q_{22}	0.066	0.088	0.186	0.219	0.231	0.349	0.187
7	q_{23}	0.052	0.069	0.115	0.207	0.219	0.203	0.215
	在校生活质量 q_2			0.519	0.657	0.688	0.788	0.637
8	q_{31}	0.065	0.076	0.126	0.131	0.133	0.216	0.329
9	q_{32}	0.052	0.060	0.103	0.113	0.113	0.128	0.169
	毕业生质量 q_3			0.229	0.244	0.246	0.344	0.498
	研究生培养质量指数			0.843	1.117	1.289	1.554	1.676

由此可见,研究生培养质量的提升需要全面协同培养过程质量、在校生活质量和毕业生质量的提升,任何一方面的不足都可能导致研究生培养质量的下降,不利于研究生的培养与发展. 因此,高校应该重视全面质量评价,均衡各方面投入,促进研究生培养质量的全面提升. 在宏观上加快完善研究生培养质量保障体系构建与实施,全面保障研究生培养质量的提升. 研究生培养质量是结果,而研究生培养保障体系是关键,只有具备了多维立体的保障体系,政府、社会和高校才能更好地协同,才能使研究生培养质量稳定快速的提升.

3 结束语

本文提出了一种基于组合赋权的变异系数质量评价方法,能有效解决“精度不高”的质量评价问题,得出相对科学合理的评价结果. 通过对高校研究生教育质量进行实证分析,选取 3 个准则层和 9 个具体指标,通过变异系数组合赋权法确定高校研究生教育质量评价权重,利用全面质量控制理论有效地分析了影响高校研究生教育质量的核心要素. 本文所提出的方法为解决质量评价中指标过多、主观评价为主的问题提供了一条新的思路. 本文选取的指标不够全面,后续研究将进一步细化和优化指标体系,以便得到更为真实的评价结果,更好地指导实际工作.

[参考文献]

[1] 邓军,余忠华,吴昭同. 基于信息熵的概念设计的质量评价[J]. 浙江大学学报(工学版),2009,43(8):1480-1484.
 [2] TSAI D Y,LEE Y B,MATSUYAMA E. Information entropy measure for evaluation of image quality[J]. Journal of digital imaging,2008(3):338-347.
 [3] 胡建军,周冀衡,张建平,等. 两阶段聚类分析在烤烟外观质量评价中的应用[J]. 农业机械学报,2009,40(6):149-152.
 [4] WONG H,HU B Q. Application of interval clustering approach to water quality evaluation[J]. Journal of hydrology,2013(49):1-12.
 [5] 张文朝,顾雪平. 应用变异系数法和逼近理想解排序法的风电场综合评价[J]. 电网技术,2014,38(10):2741-2746.
 [6] 石宝峰,程砚秋,王静. 变异系数加权的组合赋权模型及科技评价实证[J]. 科研管理,2016,37(5):122-131.
 [7] 孙德忠,喻登科,田野. 一种基于专家组合多重相关的主观赋权方法[J]. 统计与决策,2012(19):88-90.
 [8] 尤天慧,樊治平,俞竹超. 不确定性多属性决策中确定属性熵权的一种方法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2003,25(6):598-601.
 [9] 覃成林,张华,张技辉. 中国区域发展不平衡的新趋势及成因——基于人口加权变异系数的测度及其空间和产业二重分解[J]. 中国工业经济,2011(10):37-45.
 [10] 熊正德,李婷,刘细良. 管理类拔尖创新型研究生教育质量评估体系研究[J]. 湖南社会科学,2016(3):136-139.
 [11] 廖文武,程诗婷,廖炳华,等. 教育生态学视角下的研究生教育质量自我评估体系构建探析[J]. 学位与研究生教育,2016(11):1-6.

[责任编辑:陆炳新]