

基于组合赋权 - 可拓云模型的应用型本科高校 数学教师能力评估方法

林旭旭

湖南科技学院理学院, 湖南 永州

收稿日期: 2023年12月19日; 录用日期: 2024年1月13日; 发布日期: 2024年1月23日

摘要

针对应用型人才培养模式下高校数学教师能力评价的评价等级存在模糊性和随机性的问题, 结合可拓云中融合定性和定量的特点, 以及云模型可以实现定性指标和定量数据之间相互转化的作用, 采用可拓云模型对应用型本科高校数学教师能力进行评估。通过案例分析, 实验结果与实际情况相符, 模型的可行性、有效性得到了进一步验证。

关键词

物元可拓模型, 云模型, 应用型人才培养模式

A Method for Evaluating the Ability of Mathematics Teachers in Applied Undergraduate Colleges and Universities Based on Combination Weighting Extension Cloud Model

Xuxu Lin

College of Science, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou Hunan

Received: Dec. 19th, 2023; accepted: Jan. 13th, 2024; published: Jan. 23rd, 2024

Abstract

Aiming at the problems of ambiguity and randomness in the evaluation levels of the evaluation of the competence of college mathematics teachers under the applied talent cultivation mode, com-

binning the characteristics of integrating qualitative and quantitative in the topable cloud and the role of the cloud model that can realize the mutual transformation between qualitative indexes and quantitative data, the topable cloud model is adopted to assess the competence of the mathematics teachers of the universities of applied undergraduate education. Through the case study, the experimental results are consistent with the actual situation, and the feasibility and validity of the model are further verified.

Keywords

Object-Element Topologizable Model, Cloud Model, Applied Talent Training Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

根据中共中央、国务院 2018 年发布的《关于新时期全面深化教师队伍建设的意见》，要全面提高高等学校教师队伍素质，培养一支专业化、创新型的高水平教师队伍。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2011~2020 年)》中也提出，培养高级专业人才、推进科技文化发展和社会主义现代化建设是高等教育的主要职责，也是建设高等教育强国的基本要求，教育的核心任务就是提高教师质量。

高等教育是培养适应国家经济要素发展需要的优秀人才的重要途径，而高校教师的水平对教育质量和科技创新发展，以及服务功能的施展造成影响。当前，大学教师的教学能力参差不齐，尤其是新进教师，存在功底不扎实的现象，再加上高校教师重视科研轻视教学，导致教学活动效果不佳。因此，对高校教师的教学能力进行科学合理的评估，可以提高教学质量，也是教育质量监控的基点。

随着我国高等教育对应用型人才的需求进入史无前例的发展时代，国内外学者对各学科教师能力构成和评价进行了比较深入全面的研究。如刘文斌[1]等采用层次分析法，依托 9 大类特征指标，进行高校教师教研能力评价与分析，提升教研能力。杨怡菲[2]等基于 BOPPPS 模型，以课堂的教学过程为载体，对民办高校教师教学能力评价体系的构建进行探索。谭念慈[3]等采用层次分析法为高校体育教师信息化教学能力的评估和提高提供了有力的支持和参考。但是上述研究中构建的评估模型，往往忽略了评价等级存在模糊性和随机性的问题，且评估对象多为高职或其他学科专业的高校教师，对高等学校数学教师能力的研究少之又少。

因此，本文首先调研了国内外大学教师教学能力的构成，并在分析应用型本科高校教师能力内涵与构成的基础上，针对本校教师特点，构建数学教师能力评估指标体系。在此基础上，又结合云模型和可拓学理论构建可拓云理论综合评估方法，对高校数学教师能力进行合理评价，为提升教师能力提供参考。

2. 可拓云理论的评估模型介绍

2.1. 云理论

云理论是为了实现定性指标与定量数据的相互转化，并能解决指标赋值随机性和模糊性的问题。云模型有很多形态，有正态的云，也有三角形的云，还有梯形的云等等，而正态的云(Ex, En, He)是最常见的一种。

期望 Ex : 云滴在数域空间分布的数学期望，最能反映高校教师能力等级的划分；

熵 En : 对定性概念的不确定性度量，即对评估指标不确定性程度的描述，反映采集数据的随机性和模糊性；

超熵 He : 对熵的不确定度量, 即熵的熵。

2.2. 可拓学理论

可拓学理论是由蔡文教授提出的研究事物的拓展性及解决矛盾问题的思路和途径, 该理论通过建立关联函数来描述事物特征的一种方法。而物元模型是可拓学的基础模型, 由物、物的特征、特征值三个基本元构成, 模型如下:

$$N = (O, C, V) = \begin{bmatrix} O & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & c_3 & v_3 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m & v_m \end{bmatrix}$$

其中 O 表示物, C 表示物的特征, V 表示特征值。

2.3. 可拓云理论

在传统的物元分析模型中特征值 V 的取值是永远不变的, 这也就导致没有办法解决事物存在模糊性和随机性的问题, 因此本文将云理论和可拓学理论连接起来, 用正态云 (Ex, En, He) 代替特征值 V , 从而构建的可拓云模型为:

$$N = (O, C, V) = \begin{bmatrix} O & c_1 & (Ex_1, En_1, He_1) \\ & c_2 & (Ex_2, En_2, He_2) \\ & c_3 & (Ex_3, En_3, He_3) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m & (Ex_m, En_m, He_m) \end{bmatrix}$$

3. 高校数学教师能力的可拓云综合评估模型

3.1. 流程图

绘制应用性高校数学教师能力的可拓云综合评估流程, 如图 1 所示。

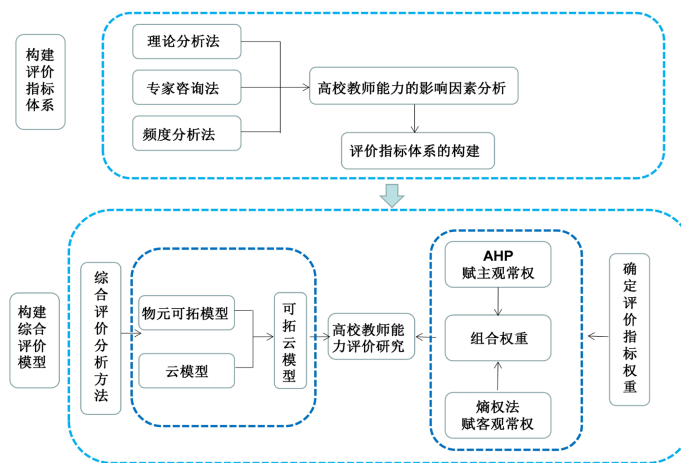


Figure 1. A comprehensive assessment process for the competence of higher education mathematics teachers in the topo cloud

图 1. 高校数学教师能力的可拓云综合评估流程

3.2. 高校数学教师能力评价指标体系构建

应用型人才是指在社会工业化和信息化进程中,将专业技能知识应用于社会实践和生产生活中的技术型或专业型人才。应用型人才培养模式是一般学校办学水平重要性的衡量标准,成为普通高等教育必须重视的人才培养模式之一。应用型教育应将专业技能与综合素养相结合,既注重技术又注重自我发展。高校数学教师能力评价指标体系的构建[4],是应用型人才培养模式下开展教师能力评价的基础要素。基于此,采用频度统计法先选用20个频率较高的一般数学教师评价指标,通过参考相关研究文献和专家顾问法筛选提炼出20项指标,形成了评价系统。该评估体系主要包括基础能力、数学能力和教学能力三个一级指标和15个二级指标。除此之外,拓展能力也是教师能力的主要组成部分。基于此,应用型人才培养模式下数学教师能力评价体系如表1所示:

Table 1. Components of mathematics teachers' competencies under applied talent cultivation

表 1. 应用型人才培养下数学教师能力构成要素

	准则层	指标层
应用型人才培养模式下数学教师能力评价体系	基础能力	一般认知能力
		语言表达能力
		人际交往能力
		信息素养能力
		终生学习能力
	数学能力	空间想象力
		抽象概括能力
		推理论证能力
		运算求解能力
		数学探究能力
	教学能力	教学设计能力
		教学实施能力
		教学监督能力
		教学反思能力
	拓展能力	现代教学技术能力
教学科研能力		
创新能力		
专业实践能力		
实践知识转化能力		

3.3. 高校数学教师能力可拓云模型[5][6][7]构建

3.3.1. 等级标准的划分及等级云模型

通过参考目前收集的评估资料,并结合专家组经验、建议,将若干专家确定高校数学教师能力语言指标的评价分为优秀、良好、中等、一般和差五个等级。规定评价集所对应的数域为 $[X_{\min}, X_{\max}]$,得到各等级正态云模型的数字特征:

$$\begin{aligned}
 Ex &= \frac{X_{\min} + X_{\max}}{2} \\
 En &= \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2} \\
 He &= d
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中 d 为常数，由专家组给出。

利用已有文献资料，将评价集所对应的数域定为 $[0,100]$ ，根据公式(1)，形成了 5 个语言值的云模型，如表 2 所示。

Table 2. Topologizable cloud object meta-model for evaluating the competence of high school mathematics teacher

表 2. 高校数学教师能力评价的可拓云物元模型

等级	分值	云模型
优秀	[90, 100]	(95, 1.667, 0.0001)
良好	[80, 90)	(85, 1.667, 0.0001)
中等	[70, 80)	(75, 1.667, 0.0001)
一般	[60, 70)	(65, 1.667, 0.0001)
差	[0, 60)	(30, 10, 0.0001)

3.3.2. 基于组合赋权的权重计算

在多属性决策问题中，评估结果可信度和正确性受到指标权重的影响。为保证在应用型人才培养下对高校数学教师能力评估结果的客观性和准确性，本文针对层次分析法和熵权法的优缺点，采取结合主客观结果的组合赋权法确定指标权重。

1) 基于层次分析法(AHP)的主观赋权

层次分析法是在复杂的多目标决策问题中，通过将同层指标进行重要性的两两比较判断，从而得到各指标权重。

① 构建层次结构模型

将决策的目标、考虑的因素和决策对象将它们进行横向之间的比较和纵向逻辑归属关系，建立自上而下的层次结构模型。

② 构造成对比较矩阵

记 a_{ij} 为指标 i 与指标 j 重要性比较结果，依据表 3，将两两比较结果构成判断矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times m}$ ， m 为指标的个数。且有

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Table 3. Scale of proportions

表 3. 比例标度表

因素 i 比因素 j	量化值
同等重要	1
稍微重要	3

续表

明显重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
两相邻判断的中间值	2、4、6、8

③ 一致性检验

计算检验系数:

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

其中 λ_{\max} 为判断矩阵 A 的所有特征值里最大值, n 为判断矩阵阶数。 RI 为随机性一致性指标, 查表可获得。

如果 $CR < 0.1$, 则认为该判断矩阵通过一致性检验, 否则就不具有满意一致性。

2) 基于熵权法的客观赋权

熵权法是根据评估指标信息量的大小确定指标权重的方法, 熵值越小在评估中起到的作用越大, 指标权重就越大。

① 构造数据矩阵

收集各指标评分结果, 构建原始数据矩阵 $Z = (Z_{ij})_{m \times n}$, m 为样本数量, n 为指标数量。

② 计算指标熵值 e_j

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \times \ln(P_{ij}), P_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^m Z_{ij}}$$

③ 计算差异系数 g_j

$$g_j = 1 - e_j$$

④ 确定指标权重 ω_j

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}$$

3) 组合赋权

记层次分析法确定的各指标权重记为 ω_i^a , 熵权法确定的各指标的权重记为 ω_i^e , 则组合权重法确定各指标的权重的计算公式为:

$$\omega_i = \frac{\omega_i^a \cdot \omega_i^e}{\sum_{i=1}^p \omega_i^a \cdot \omega_i^e} \quad (2)$$

3.3.3. 计算关联度

计算各评估指标值 x 与等级云模型的关联度为:

$$k_{ij} = \exp\left(-\frac{(x_i - Ex_j)^2}{2(En'_j)^2}\right) \quad (3)$$

其中, En' 是利用 Matlab 随机生成的服从均值为 En , 标准差为 He 正态分布的随机数。再由各关联度构成综合评估矩阵, 即

$$D = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{19,1} & k_{19,2} & k_{19,3} & k_{19,4} & k_{19,5} \end{bmatrix}$$

3.3.4. 确定评估等级

结合前面利用组合赋权得到的各指标权重, 得到高校数学教师能力评估系统关于各级别的隶属度 k_j 。

$$k_j = \sum_{i=1}^{19} w_i k_{ij} \quad (4)$$

在关联度计算时, 鉴于随机数 En' 的产生具有随机性, 为减小随机性对结果的影响, 采用多次计算取平均的方法得到综合隶属度。

$$k'_j = \frac{\sum_{t=1}^{100} k_j(t)}{n} \quad (5)$$

其中, n 为多次计算的计算次数, $k_j(t)$ 为第 t 次计算得到的关联度。

根据隶属度最大原则, 高校数学教师的能力与某等级云的关联度越大, 则与该等级的符合程度越高, 据此得到高校数学教师的评价等级, 即

$$k'_j = \max_{r \in \{1,2,3,4,5\}} \{k_j(r)\} \quad (6)$$

4. 实例分析

4.1. 样本数据的收集

现从我校理学院选取某应用型教师, 采用问卷调查的方式向本院 20 位教师和 30 名学生进行调查。采用分层随机抽样方法对 50 份调查问卷按 2% 的比例抽样, 获得无偏样本, 统计结果如表 4 所示:

Table 4. Statistical results of assessment data of secondary indicators for applied teachers

表 4. 应用型教师的二级指标评估数据统计结果

样本	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10
1	90	91	74	85	90	92	83	70	90	65
2	93	80	69	82	84	88	74	65	90	70
3	87	80	68	98	92	91	76	80	87	68
4	98	84	72	82	95	90	88	70	85	69
5	89	92	75	95	83	87	79	80	84	77
6	74	88	88	84	94	84	80	76	90	80
7	90	87	75	96	86	72	77	67	90	69
8	80	79	80	92	80	93	69	75	86	87
9	95	80	88	90	90	74	78	71	93	76
10	90	74	76	85	95	85	69	64	85	89

续表

样本	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19
1	87	70	50	80	95	90	79	91	89
2	90	65	79	75	94	88	78	92	86
3	95	50	75	78	85	94	80	85	90
4	83	65	56	65	90	94	78	92	89
5	95	56	60	85	90	90	80	87	90
6	98	65	65	80	95	85	68	93	85
7	90	79	77	75	84	98	80	95	91
8	85	50	50	82	91	94	70	90	92
9	86	65	53	87	93	91	74	80	96
10	90	51	65	70	88	80	65	89	89

由上表可知, 等级界限的取值比较多, 这是因为在评价过程中边界值模糊性和随机性导致的, 可拓云评估法刚好可以解决这个问题。在评价过程中, 每个指标的量值取为各样本评分的平均值。

4.2. 指标集的权重

根据公式(2), 得到应用型人才培养模式下教师指标体系中各级指标权重, 如表 5 所示:

Table 5. Weights of indicators at all levels in the teacher indicator system under the application-oriented talent cultivation mode

表 5. 应用型人才培养模式下教师指标体系中各级指标权重

一级指标	二级指标				
基础能力	一般认知能力	语言表达能力	人际交往能力	信息素养能力	终生学习能力
	0.06425	0.093	0.0335	0.03375	0.0255
数学能力	空间想象力	抽象概括能力	推理论证能力	运算求解能力	数学探究能力
	0.0495	0.052	0.042	0.06075	0.04575
教学能力	教学设计能力	教学实施能力	教学监督能力	教学反思能力	现代教学技术
	0.05875	0.044	0.04625	0.04325	0.05775
拓展能力	数学科研能力	创新能力	专业实践能力	实践知识转化	
	0.048	0.0255	0.089	0.0875	

4.3. 关联度计算

利用公式(3) (4), 计算得到高校应用型人才培养模式下教师能力评价系统的综合评估矩阵, 再结合组合权重, 得到各级别的隶属度 k_j 。为消除随机性, 利用公式(5)进行 100 次的计算, 得到综合隶属度, 分别为: $k'_1 = 0.002$, $k'_2 = 0.367$, $k'_3 = 0.0241$, $k'_4 = 0$, $k'_5 = 0$ 。根据最大隶属度原则, 该教师的能力评价等级为良好。

5. 结论

本文针对应用型本科高校数学教师能力评估中等级值的随机性和模糊性, 结合云模型和可拓物元理

论构建基于可拓云模型的应用型人才培养模式下高校数学教师能力评价模型。该模型为高校教师能力评价提供了新方法。

基金项目

湖南省教育厅科学研究一般项目(22C0542);

永州市指导性科技计划项目(2023 年度);

湖南科技学院科学研究项目(21XKY038)。

参考文献

- [1] 刘文斌, 乔玉涛, 刘振华, 程雅菊. 大数据视域下高校教师教研能力评价模型建立及实证分析研究[J]. 科技风, 2023(31): 34-36+58.
- [2] 杨怡菲, 张中华. 基于 BOPPPS 模型的民办高校教师教学能力评价体系构建[J]. 湖南教育(D 版), 2023(11): 43-46.
- [3] 谭念慈, 项鑫, 刘威. 基于 AHP 的我国高校体育教信息化教学能力评价指标权重研究[C]//中国体育科学学会, 中国体育科学学会. 第十三届全国体育科学大会论文摘要集——专题报告(学校体育分会). 2023: 3.
- [4] 杨世玉, 刘丽艳, 李硕. 高校教师教学能力评价指标体系建构——基于德尔菲法的调查分析[J]. 高教探索, 2021(12): 66-73.
- [5] 王其虎, 熊淦麟, 等. 基于博弈论-可拓云模型的尾矿库溃坝后果评价[J]. 矿业研究与开发, 2023, 43(11): 137-142.
- [6] 蒋英礼, 崔杰, 张兰峰, 喻子怡. 基于权重融合-改进可拓云模型的岩体质量评价方法与应用[J]. 矿业研究与开发, 2023, 43(8): 84-90.
- [7] 谢庆, 齐晨晨, 肖朝轩, 谢军, 毛航银. 基于可拓云模型与综合赋权的油纸绝缘阀侧套管状态评估[J]. 高压电器, 2023, 59(7): 136-144.