

大学数学教师信息化教学能力评价 ——基于组合赋权云模型

潘兴侠, 韩子璇, 何 鑫

南昌航空大学数学与信息科学学院, 江西 南昌

收稿日期: 2025年3月22日; 录用日期: 2025年4月22日; 发布日期: 2025年4月29日

摘要

在信息化背景下, 大学数学教师信息化教学能力是衡量大学数学教育质量的重要指标。为了评价大学数学教师信息化教学能力, 文章采用德尔菲法构建大学数学教师信息化教学能力评价指标体系; 通过优序图法来获取指标的主观权重; 运用CRITIC法来确立指标的客观权重; 根据博弈论组合赋权法最终确定指标的综合权重; 引入云模型理论, 建立大学数学教师信息化教学能力评价模型。最后以南昌航空大学为例, 评价南昌航空大学数学教师的信息化教学能力, 并给出提升该校数学教师信息化教学能力的方向, 为提升大学数学教师信息化教学能力提供参考意义。

关键词

信息化教学能力, TPACK理论, 博弈论组合赋权法, 云模型

Evaluation of Information-Based Teaching Ability of University Mathematics Teachers —Based on Combined Weighting Cloud Model

Xingxia Pan, Zixuan Han, Xin He

School of Mathematics and Information Science, Nanchang Hangkong University, Nanchang Jiangxi

Received: Mar. 22nd, 2025; accepted: Apr. 22nd, 2025; published: Apr. 29th, 2025

Abstract

In the context of informatization, the informationized teaching competence of university mathematics teachers is an important indicator for measuring the quality of university mathematics education. To evaluate the informationized teaching competence of university mathematics teachers, this article

adopts the Delphi method to construct an evaluation index system for the informationized teaching competence of university mathematics teachers. The subjective weights of the indicators are obtained through the Priority Chart method, and the objective weights are established using the CRITIC method. The comprehensive weights of the indicators are finally determined by the game theory combination weighting method. By introducing the cloud model theory, an evaluation model for the informationized teaching competence of university mathematics teachers is established. Taking Nanchang Hangkong University as a case study, the article evaluates the informationized teaching competence of mathematics teachers at Nanchang Hangkong University and provides directions for improving their competence. This research offers a reference for enhancing the informationized teaching competence of university mathematics teachers.

Keywords

Informationized Teaching Competence, TPACK Theory, Game Theory Combination Weighting Method, Cloud Model

Copyright © 2025 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

在信息化时代,信息化教学是指在教育领域全面深入地运用现代技术来促进教育改革与发展的教学[1]。教师信息化教学能力是指教师在现代信息技术环境下,运用信息资源、信息技术工具以及相关教育技术手段,进行教学设计、教学实施、教学评价、教学管理和专业发展等方面的能力[2]。大学数学作为大学生接受高等教育的一门基础课程,其教学方法应更加积极地与信息化相结合。因此,评价大学数学教师信息化教学能力对信息化背景下大学数学教师教学能力的提升有着重要意义。

目前国内学者针对教师信息化教学能力评价展开了诸多研究。凯麟认为,在信息化时代背景下,教师需更新教育理念,将现代信息技术融入教学过程,借助信息技术手段对学生学习过程开展多元化的教学[3];张哲等学者基于TPACK框架下,将教师的信息化教学能力分为信息化教学基础能力、信息化教学整合应用能力、信息化教学情境应用能力三个维度[4];胡源艳等学者采用文献归纳法、教师访谈法和问卷调查法构建大学数学教师教学能力评价指标体系,运用层次分析法(AHP)确定各评价指标的权重,最终认为影响大学数学教师教学能力的主要因素为大学数学教师的知识要素和技术要素[5];蒲彩霞采用文献综述法与德尔菲法相结合的研究手段,构建了师范生信息技术教学能力评价指标体系,以实现评价体系的科学化与精准化[6]。并运用层次分析法(AHP)与因子分析法分别计算各指标的主观权重与客观权重。在此基础上,利用博弃论的方法来计算最优的权重分配,从而实现对这些评估标准的综合赋值,并最终得出主要影响师范生信息技术教学能力的指标为信息化教学整合能力、信息化教学设计能力、信息化教学实施能力和信息化教学评价能力四方面。综上可知,大多研究都集中在教师信息化教学能力的概念、构建教师信息化教学能力评价指标体系、计算评价指标权重进而判断影响教师信息化教学能力的主要因素等。对于大学数学教师信息化教学能力的研究较少,并且很少有研究能够评价出教师信息化教学能力等级。由于大学数学教师的信息化教学能力涉及众多复杂因素,其影响因素具有不确定性和随机性,因此,单一的评价模型难以得出全面客观的评价结果。所以,如何科学地制定一套大学数学教师信息化教学能力的评价指标体系,并据此对教师的信息化教学能力进行评级,已成为当前亟待解决的问题。

鉴于此,本研究首先以TPACK模型作为理论框架,从五个维度:信息化教学基础知识、信息化教学资源整合能力、信息化教学实施能力、信息化教学评价能力和信息化教研能力出发,构建大学数学教师信息化教学能力的评价指标体系。其次采用常用优序图法与CRITIC法确定指标的主、客观权重。为了使评价结果更加准确,本文采用博弈论组合赋权法确定各级指标的组合权重。最后引入云模型理论,构建大学数学教师信息化教学评价模型,为今后评价大学数学教师信息化教学能力提供依据和保障。

2. 大学数学教师信息化教学能力评价指标体系构建

大学数学是培养大学生逻辑思维能力和抽象思维能力的重要课程,在信息化时代,大学数学教师的信息化教学能力是提升大学数学整体教学水平的重要因素。因此在构建大学数学教师信息化教学能力评价指标体系时,应充分考虑到大学数学教师教学特点,以确保评价指标体系的准确性,进而有效提升大学数学教师的信息化教学能力。为确保评价指标体系的科学性,本文将构建过程分为三个阶段。首先,确立评价指标体系构建的目标与意义。以提升大学数学教师信息化教学能力为目的,根据信息化教学的概念以及大学数学教师的特点,从大学数学教师的角度出发,确定指标的维度。其次,构建一级指标。整合技术的学科教学知识(Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK)是教师进行信息技术整合所必须具备的基本技能与知识[7]。TPACK模型包括学科内容知识(CK)、教学法知识(PK)、技术知识(TK)三个核心要素。学科教学知识(PCK)、整合技术的学科内容知识(TCK)、整合技术的教学法知识(TPK)、整合技术的学科教学知识(TPACK)四个复合要素[8]。基于TPACK模型,结合大学数学教师的教学特点,教师需要具备以下信息化教学能力:信息化教学基础知识能力(PCK)、信息化教学资源整合能力(TPACK)、信息化教学实施能力(TCK)、信息化教学评价能力(TPK),以及信息化教研能力[9]。最后,构建二级指标。基于一级指标确立的基础下,采用德尔菲法向专家进行问卷调查。问卷问题如:在信息化教学特点下,您认为大学数学教师应该具备哪些信息化教学基础知识(PCK)。通过三轮问卷调查,向专家征询意见,对指标进行增补、精简和调整,采用迭代方法对评价指标体系进行精细化优化。最终,形成的大学数学教师信息化教学能力评价指标体系如图1所示。

3. 大学数学教师信息化教学能力评价模型

由于大学数学教师的信息化教学能力受到众多因素的影响,这些因素具有不确定性和随机性。云模型作为一种能够将定性描述与定量度量有效结合并相互转换的工具,适用于处理这类不确定性与随机性问题[10]。为此,本研究采用基于优序图法与CRITIC法的博弈论组合赋权法确定指标的组合权重,引入云模型理论,建立大学数学教师信息化教学能力评价模型,如图2所示。

3.1. 基于优序图法的主观权重计算

优序图法是一种用于确定指标权重的方法,它通过对多个指标或目标进行两两相对比较,最终给出各指标的相对重要性次序或权重[11]。

3.2. 基于CRITIC法的客观权重计算

CRITIC法是一种基于指标数据的客观赋权法,通过运用评价指标内部的对比强度与指标之间冲突性的乘积来衡量指标的客观权重[12]。如公式(1)、(2)所示,分别计算出指标的信息量、客观权重。其中 C_j 为第j个指标的信息量; S_j 为第j个指标的标准差; r_{ij} 为评价指标i和j之间的线性相关系数; W_j 为第j个指标的权重数值。

$$C_j = S_j \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij}) \quad (1)$$

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (2)$$

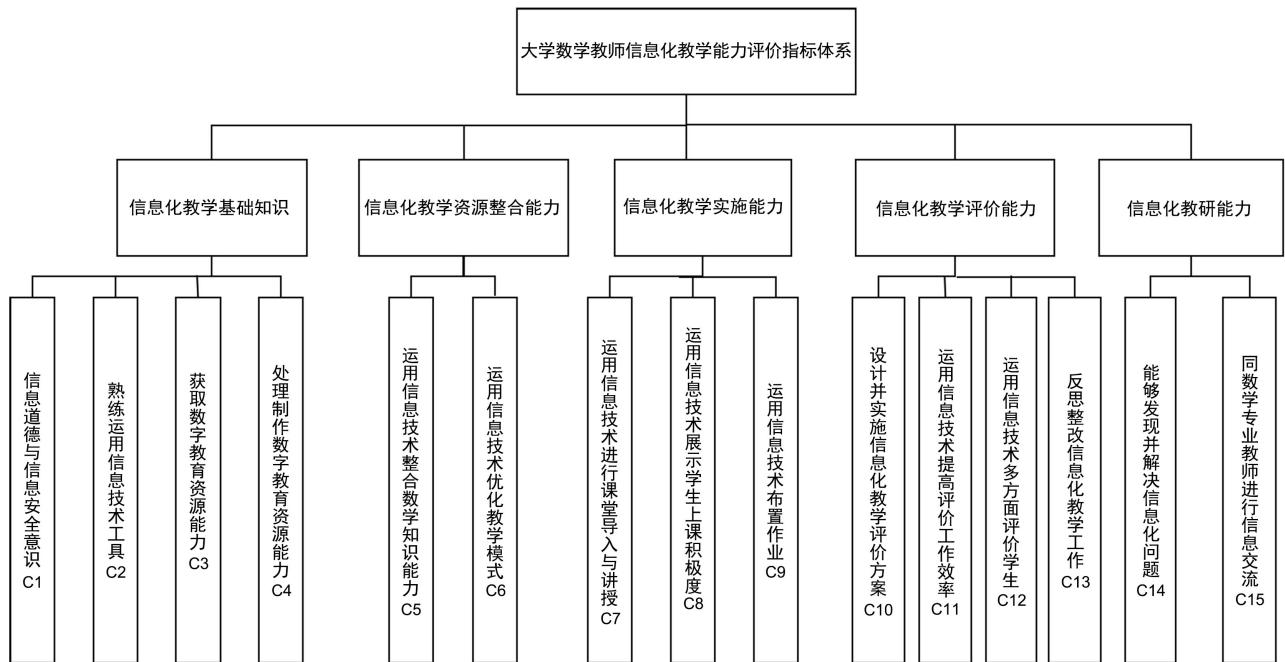


Figure 1. Evaluation index system for information-based teaching ability of university mathematics teachers

图 1. 大学数学教师信息化教学能力评价指标体系

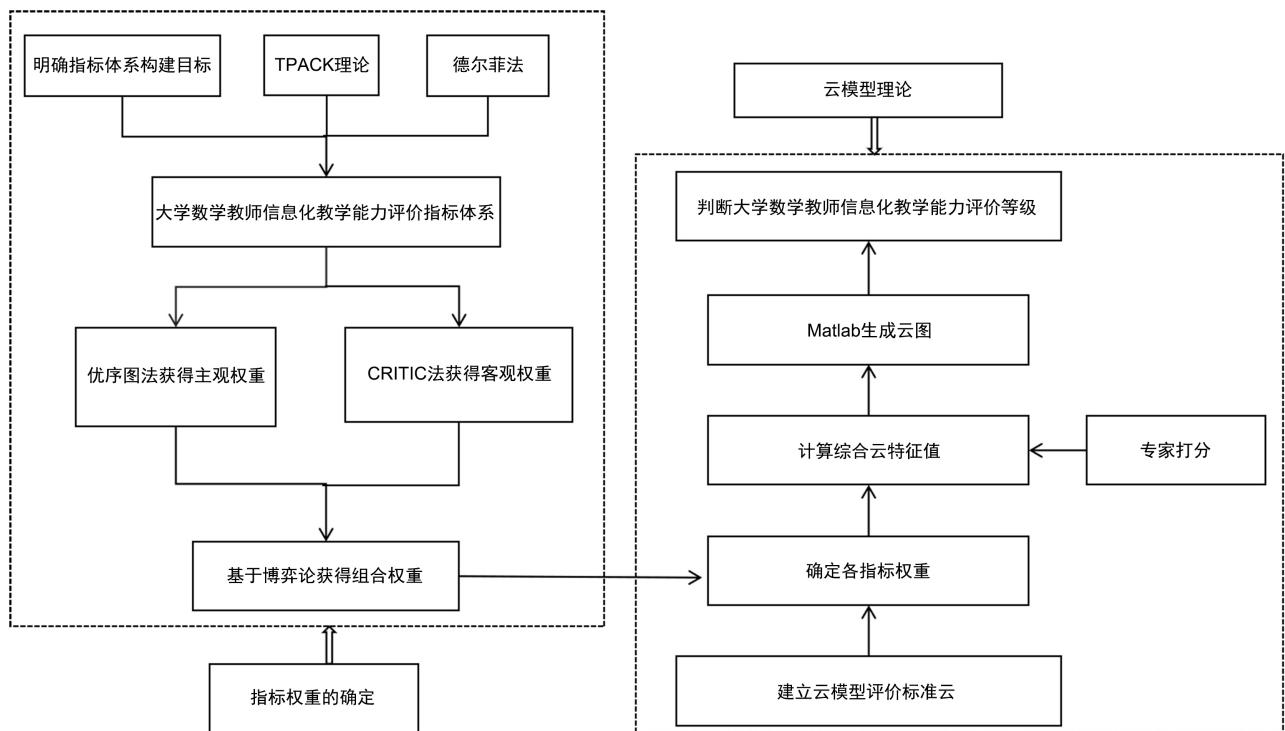


Figure 2. Evaluation model for information-based teaching ability of university mathematics teachers

图 2. 大学数学教师信息化教学能力评价模型

3.3. 基于博弈论组合赋权法确定组合权重

博弈论组合赋权法采用纳什均衡作为协调手段，旨在寻找主观与客观权重计算方法之间的平衡与共识[13]。该方法既保留了主观与客观权重计算各自指标权重的优点，又减少了在专家赋权过程中主观偏见对权重分配可能产生的不利影响，进而提升了指标权重分配的合理性。

第一、构建最优化线性方程组。依据微分的理论基础，当一个连续函数在闭区间内达到极值点时，必须符合 KKT 条件，也就是说，在所有方向上，该函数的一阶偏导数都必须等于零。可建立如公式(3)所示的最优化线性方程组。式中 ω_a 、 ω_b 分别为指标的主观权重、客观权重。

$$\begin{cases} k_1 \omega_a \omega_a^T + k_2 \omega_a \omega_b^T = \omega_a \omega_a^T \\ k_1 \omega_b \omega_a^T + k_2 \omega_b \omega_b^T = \omega_b \omega_b^T \end{cases} \quad (3)$$

第二、计算最优组合权重，如公式(4)所示。

$$\begin{cases} k_p^* = \frac{k_p'}{k_1' + k_2'} \\ \omega^* = k_1^* \omega_a + k_2^* \omega_b \end{cases} \quad (4)$$

式中， k_p^* 为最优组合系数， $p = 1, 2$ ， ω^* 为最优组合权重。

3.4. 云模型

云模型是一种用于处理不确定性问题的数学模型，李德毅院士在概率论和模糊数学的理论框架下，开创性地提出了云模型理论，实现了定性描述与定量度量之间的无缝衔接与相互转换[14]。云模型理论涵盖了两个核心算法：正向云发生器和逆向云发生器。正向云发生器是根据已知的期望值(Ex)、熵(En)和超熵(He)生成云滴，实现定性到定量的转换。而逆向云发生器则通过分析已有的云滴，反推出这三个特征数字，完成从定量样本到定性概念的量化提取。本研究采用逆行云发生器的计算方法评估教师信息化教学能力。逆行云发生器计算步骤如下：

第一、评价等级划分。依据实际调研结果，确立不同层级的定性评价语，进而构建评价等级值，例如确立评价等级集为 $V = (V_1, V_2, \dots, V_i)$ ，为了将定性的评价等级 V 定量化根据评价等级集将各个指标评价值的有效论域 I 划分为 i 个子区间，其中，第 i 个子区间为 $[x_{vi}^{\min}, x_{vi}^{\max}]$ 。

第二、标准评价云计算。计算每个评价等级区间的标准评价云的特征值(Ex , En , He)并绘制出标准云图，如公式(5)所示，其中， k 为常数，本文取值为 0.1。

$$\begin{cases} Ex_{vi} = (x_{vi}^{\max} + x_{vi}^{\min})/2 \\ En_{vi} = (x_{vi}^{\max} - x_{vi}^{\min})/6 \\ He_{vi} = k \end{cases} \quad (5)$$

第三、第 j 个指标云的计算。根据(7)式计算第 j 个指标云，如公式(6)所示。

$$\begin{cases} Ex_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m z_{ij} \\ En_j = \sqrt{\frac{\pi}{2} \times \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |z_{ij} - Ex_j|} \\ He_j = \sqrt{|En_j^2 - S_j^2|} \end{cases} \quad (6)$$

第四、计算综合评价云。如公式(7)所示,绘制综合评价云图,与标准评价云图对比。

$$\left\{ \begin{array}{l} Ex = \frac{\sum_{j=1}^n Ex_j \times En_j \times W_j}{\sum_{j=1}^n En_j \times W_j} \\ En = \sum_{j=1}^n En_j \times W_j \\ He = \frac{\sum_{j=1}^n He_j \times En_j \times W_j}{\sum_{j=1}^n En_j \times W_j} \end{array} \right. \quad (7)$$

4. 大学数学教师信息化教学能力评价模型应用分析

运用以上基于博弈论组合赋权法——云模型构建的大学数学教师信息化教学能力评价模型,以南昌航空大学为例,评价该校数学教师信息化教学能力。

4.1. 指标权重的确定

邀请 15 名专家对指标重要度进行打分。收集数据并运用优序图法、CRITIC 法和博弈论组合赋权法分别计算出指标的主观权重、客观权重以及组合权重,结果如表 1 所示。

Table 1. Results of index weight calculation

表 1. 指标权重计算结果

项	主观权重	客观权重	组合权重
C1	0.1200	0.0659	0.1187
C2	0.0044	0.0677	0.0059
C3	0.0933	0.0717	0.0928
C4	0.1289	0.0707	0.1275
C5	0.0667	0.0649	0.0667
C6	0.0400	0.0666	0.0406
C7	0.0400	0.0633	0.0405
C8	0.0933	0.0671	0.0927
C9	0.0400	0.0708	0.0407
C10	0.0667	0.0650	0.0667
C11	0.1111	0.0660	0.1100
C12	0.0933	0.0694	0.0927
C13	0.0222	0.0540	0.0229
C14	0.0667	0.0660	0.0667
C15	0.0133	0.0709	0.0146

4.2. 云模型综合能力评价

4.2.1. 教师信息化教学能力评价标准云

为了便于计算, 本文采用数字分级法将大学数学教师信息化教学能力分为 5 级, 值越大代表教师信息化教学能力越高。根据南昌航空大学数学教师实际情况, 由(5)计算各等级区间相应标准云模型的特征值, 如表 2 所示。利用 Matlab 得到标准云的云图, 如图 3 所示。

Table 2. Standard cloud model characteristic values

表 2. 标准云模型特征值

评价等级	等级区间	Ex	En	He
劣	[0, 4]	2.0	0.667	0.1
差	(4, 6]	5.0	0.333	0.1
一般	(6, 7]	6.5	0.167	0.1
良	(7, 9]	8.0	0.333	0.1
优	(9, 10]	9.5	0.167	0.1

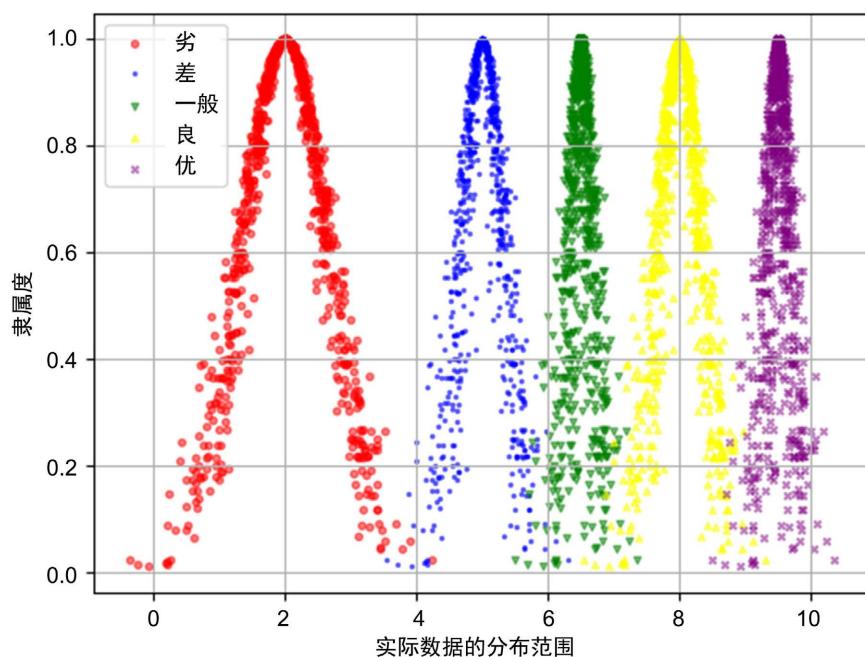


Figure 3. Standard cloud map
图 3. 标准云云图

4.2.2. 教师信息化教学能力指标评价云

请南昌航空大学评价工作人员对该校数学教师信息化教学能力进行打分, 根据式(6)计算得到教师信息化教学能力各指标的云模型特征值(Ex , En , He), 如指标 C1 计算得到的云模型特征值为(8.727, 1.574, 0.373), 经计算发现, C12、C9、C10、C13 得到的云模型特征值分别为(7.545, 2.113, 0.890)、(7.545, 1.657, 0.355)、(7.909, 1.719, 0.515)、(7.909, 1.968, 0.134), 在 15 个评价指标中, 这 4 个指标云模型特征值 Ex 值计算得分最低。根据式(7), 计算得到的教师信息化教学能力综合云特征值为 $Ex = 8.312$, $En = 1.677$, $He = 0.521$ 。

4.2.3. 教师信息化教学能力评价等级

利用 Matlab 绘制综合评价云图, 如图 4 所示。通过对比分析综合评价云图和标准云图, 综合云图主要分布在标准云图的“良”和“优”之间, 主要集中在“良”, 所以确定南昌航空大学数学教师信息化教学能力等级为“良”。为了提高该校数学教师信息化教学能力, 该校应该在 C12、C9、C10、C13 这 4 方面加强培养。

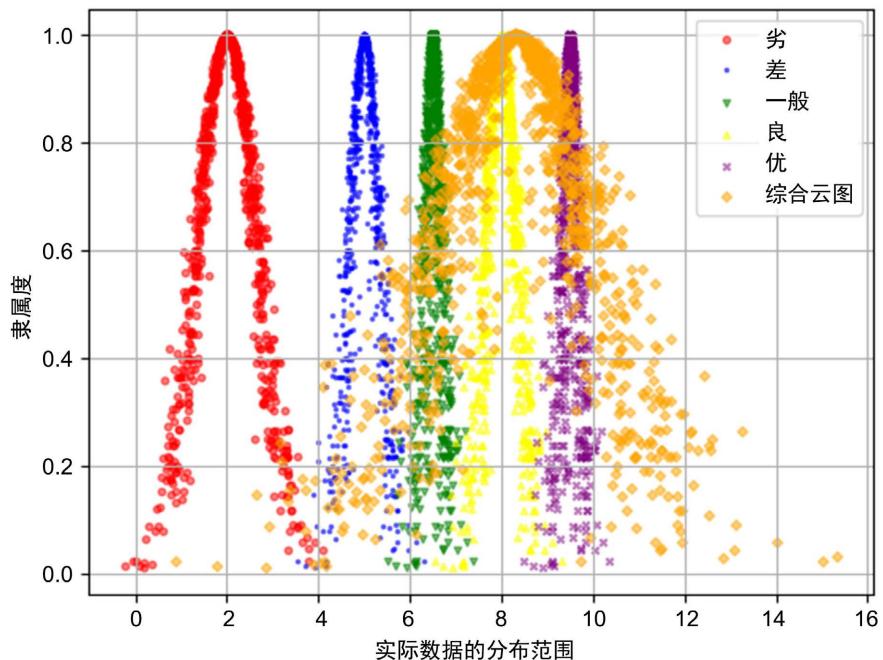


Figure 4. Comprehensive evaluation cloud map

图 4. 综合评价云图

5. 结论

第一、以 TPACK 理论为基础, 建立科学的大学数学教师信息化教学能力评价指标体系; 第二、引入基于优序图法和 CRITIC 法的博弈论组合赋权法计算指标的组合权重, 既融合了专家的积累经验又考虑到了统计数据中的信息量; 第三、引用云模型理论, 构建大学数学教师信息化教学能力评价模型, 应用结果表明: 南昌航空大学数学教师的信息化教学能力等级为“良”。为提高该校数学教师信息化教学能力, 该校可以在 C12、C9、C10、C13 这 4 方面加强培养。

参考文献

- [1] 诸方淳, 徐斌艳. 教学人类学视角下中学数学教师信息化教学探究[J]. 数学教育学报, 2024, 33(4): 40-45.
- [2] 刘杨. 试论高校思政课教师信息化教学能力的提升[J]. 学校党建与思想教育, 2023(24): 39-41.
- [3] 汤凯麟. 信息化背景下中职课堂实施多元化教学评价的探索——以二维动漫设计课程为例[J]. 广西教育, 2024(17): 69-72.
- [4] 张哲, 陈晓慧, 王以宁. 基于 TPACK 模型的教师信息化教学能力评价研究[J]. 现代远距离教育, 2017(6): 66-73.
- [5] 胡源艳. 地方高师院校数学师范生教育教学能力内涵与评价指标体系构建研究[J]. 玉林师范学院学报, 2024, 45(1): 124-131.
- [6] 蒲彩霞. 基于博弈论组合赋权的师范生信息化教学能力评价研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆师范大学, 2019.

-
- [7] 王亚南, 王京华, 于洋. 重大疫情背景下西部高校英语教师信息化教学能力和影响因素研究[J]. 西藏大学大学学报(社会科学版), 2022, 37(4): 238-246.
 - [8] 刘唤, 杨晓娟. TPACK 理论视角下 STEM 教师的知识结构及其量表的开发与验证[J]. 现代教育技术, 2024(4): 122-131.
 - [9] 高雪雪, 孙俊梅, 张敬芸, 等. 数字化转型视域下教师 TPACK 接受水平: 模型、测评、影响因素及提升策略[J]. 数字教育, 2024(5): 38-44.
 - [10] 王寿华, 魏建平. 云模型表示不确定工序时间网络计划[J]. 施工技术, 2011, 40(16): 85-88.
 - [11] 侯博文, 王大轶, 王炳琦, 等. 序列图像自主导航系统观测能力优化方法[J]. 宇航学报, 2024, 45(7): 1008-1018.
 - [12] 吴林娟, 赵国俊. 基于结构 CRITIC 法的学术期刊评价指标的赋权方法及比较[J]. 统计与决策, 2024, 40(1): 56-62.
 - [13] 周爱民, 马健, 张书涛, 等. 基于博弈论组合赋权法的产品形态审美评价模型[J]. 包装工程, 2023, 44(2): 34-40.
 - [14] 沈进昌, 杜树新, 罗神, 等. 基于云模型的模糊综合评价方法及应用[J]. 模糊系统与数学, 2012, 26(6): 115-123.