

基于灰色关联分析和TOPSIS方法的卫生化学教学质量评价

申明金, 曹洪斌, 陈莲惠, 董 军

川北医学院药学院化学教研室, 四川 南充

收稿日期: 2026年6月28日; 录用日期: 2026年8月20日; 发布日期: 2026年8月31日

摘 要

教学质量评价对于衡量教学成效、引导教师反思与改进, 从而持续提升课堂教学水平与学生学习效果具有重要的作用。卫生化学是预防医学类专业的重要基础课程, 对教师的教学质量进行评价是十分必要的。基于灰色关联分析与TOPSIS方法, 利用根据对卫生化学课程特点和专业培养要求所选择的9个评价指标构建了卫生化学教学质量综合评价模型。用灰色关联度来确定指标的客观权重, 并与TOPSIS法加权集成, 对各评价对象进行优劣排序。结果表明, 该组合评价模型能够有效克服单一方法的局限性, 提升评价结果的科学性与分辨性, 为卫生化学教学质量的定量评价与持续改进提供了一种可行的方法参考。

关键词

卫生化学, 灰色关联分析, TOPSIS方法, 相对贴近度, 教学质量评价

Teaching Quality Evaluation of Sanitary Chemistry Based on Grey Relational Analysis and TOPSIS Method

Mingjin Shen, Hongbin Cao, Lianhui Chen, Jun Dong

Department of Chemistry of the School of Pharmacy, North Sichuan Medical College, Nanchong Sichuan

Received: June 28, 2026; accepted: August 20, 2026; published: August 31, 2026

Abstract

Teaching quality evaluation plays a crucial role in assessing teaching effectiveness, guiding teachers' reflection and improvement, and thereby continuously enhancing classroom teaching quality and student learning outcomes. Sanitary Chemistry is an important foundational course for preventive medicine majors, making it highly necessary to evaluate the teaching quality of instructors. Based

文章引用: 申明金, 曹洪斌, 陈莲惠, 董军. 基于灰色关联分析和 TOPSIS 方法的卫生化学教学质量评价[J]. 创新教育研究, 2026, 14(8): 629-638. DOI: 10.12677/ces.2026.148645

on the grey relational analysis and TOPSIS method, a comprehensive evaluation model for the teaching quality of Sanitary Chemistry was constructed using nine evaluation indicators selected according to the characteristics of the Sanitary Chemistry course and the requirements of professional training. The grey relational degree was employed to determine the objective weights of the indicators, which were then integrated with the weighted TOPSIS method to rank the evaluated objects in order of their performance. The results indicate that this combined evaluation model can effectively overcome the limitations of a single method, improve the scientific rigor and discriminability of the evaluation outcomes, and provide a feasible methodological reference for the quantitative evaluation and continuous improvement of Sanitary Chemistry teaching quality.

Keywords

Sanitary Chemistry, Grey Relational Analysis, TOPSIS Method, Relative Proximity, Teaching Quality Evaluation

Copyright © 2026 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

教学质量评价是教学过程中不可替代的重要环节，是学校教学质量保障体系的重要组成部分。通过教学质量评价，可以诊断教学过程中存在的问题和不足之处，为调整教学策略和改进教学方法提供依据。教学质量评价还可以区分教师课堂教学的优劣，激发教师和学生的积极性，从而提高课堂教学质量。卫生化学是高等医学教育预防医学专业学生必修的专业基础课。课程内容包括预防医学中各类样品采集和保存的基本原则；样品预处理的目的是基本方法；预防医学中常用仪器分析方法的基本原理及有关分析仪器的基本操作技术以及误差、分析数据的处理和分析质量的保证。为学生提供预防医学专业各门课程的学习基础，以及培养毕业后从事预防医学研究和监督、制定卫生标准、评价环境质量、保证食品安全等的岗位胜任能力。因此，对卫生化学的教学质量进行评价，促进卫生化学教学水平和人才培养质量不断提高具有重要的意义。

目前，教学质量评价采用的数学方法主要有：主成分分析法、可拓分析法、人工神经网络法、数据包络分析法、模糊综合评价法等。这些数学方法由于自身的数学原理不同，在评价上存在一些缺点。主成分分析的核心思想是通过线性变换将原始变量转化为新的不相关变量(即主成分)，当评价指标间存在复杂的非线性关系时，主成分分析法可能效果不佳[1]。可拓分析法在指标权重确定、判断矩阵构建等环节依赖专家经验或主观判断，而且方法复杂[2]。人工神经网络通常需要大量的训练数据才能达到较好的性能，对于数据量较小的问题可能表现不佳。而且神经网络在训练过程中存在陷入局部最小值的问题[3]。数据包络分析法用于教学质量评价时，存在依赖假设条件、只能评估相对效率的缺点[4]。模糊综合评价法用于教学质量评价时，存在评价因素的选择和权重的确定需要专业知识和经验，容易受主观因素影响等缺点[5]。因而，采用合适的数学方法对保证教学质量评价的结果客观准确十分重要。

教师的教学质量评价受到多种因素的影响。教学活动本身的多维度、不确定性和动态性，使得教学质量评价已从早期单一方法演进为通过融合不同方法来应对教学评价复杂性。当前主流的教学评价领域中的多准则决策(MCDM)组合模型并非简单地把几种方法“捆绑”在一起，而是追求通过明确分工来发挥各自优势，通过组合赋权提升评价结果的鲁棒性[6]-[8]。

灰色关联分析法是一种用于多因素系统分析的数学方法。该法通过比较各个因素(或变量)的数据序

列，找出它们之间的关联程度，进而确定它们对目标因素的影响程度。与传统的统计方法相比，灰色关联分析不需要大量的样本数据和严格的分布假设，适合处理小样本、非线性、不确定性的数据问题，在农业、工程管理、中药质量评价等多个领域得到广泛的应用[9]-[11]。TOPSIS 综合评价法(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)是一种常用的多目标决策分析方法，它通过计算评价对象与最优解和最劣解的距离来进行排序。TOPSIS 方法能够充分利用原始数据信息，且其结果能精确地反映各评价对象之间的差距。TOPSIS 法对样本容量没有严格限制，既适用于小样本资料、也适合多评价单元、多指标系统的评价[12]。但用 TOPSIS 法确定的指标权重具有对数据的离散化比较敏感的缺点[13]。根据灰色关联度来确定指标权重是一种不依赖先验信息的客观赋权法，能够避免指标权重确定中的主观影响。

目前，将灰色关联分析与 TOPSIS 法相结合用于卫生化学教学质量评价尚未见报道。常见的将灰色关联分析与 TOPSIS 法相结合用于教学评价，在方法上利用关联度改进 TOPSIS 方法中评价对象与最优解和最劣解的距离计算或是用这两种方法进行对比分析[14][15]。本文在卫生化学教学质量的评价中，先采用灰色关联分析确定各个教学质量评价指标的权重，然后在 TOPSIS 法中用所得权重对各个教学评价指标进行加权计算，再用 TOPSIS 方法计算各评价对象相对于最优值的贴近度，获得教师教学质量评价的较为综合客观的排序结果。

2. 卫生化学教学评价指标体系的构建

教学评价指标体系的构建和选择对教学评价结果有显著影响，因而建立客观科学的评价指标体系是教学评价的首要任务。合理的评价指标体系应涵盖教学准备、教学方法、课堂管理、师生互动等方面，能够全面反映教师的教学水平、教育能力和职业素养。一个完善的评价指标系统能够激发教师的工作热情，促进教育教学创新，促进教师专业发展，提高教育教学质量。因此，在构建评价指标体系时，应从多角度、多层次进行考虑，使评价指标体系同时满足全面性、客观性、针对性和促进性的原则[16]。参照川北医学院教师教学质量评价指标体系，选择融合教学与教研共 9 个指标对教师的教学质量进行评价。卫生化学教师教学质量评价的指标和指标内涵如表 1 所示。

Table 1. Evaluation index system for sanitary chemistry teaching quality
表 1. 卫生化学教学质量评价指标体系

评价指标	指标内涵
教学效果	学生能理解并掌握关键知识点；能运用卫生化学方法解决简单检测问题；激发学生对卫生化学的兴趣；学生听课专注，课堂反馈积极；教学目标达成度较高
教学准备	深耕教材、科学组织教学内容、认真撰写教案和讲稿、课件和教学模具准备充分、课程微视频的质量和效果好
教学内容	讲授概念、原理、方法无误，符合卫生化学学科规范；内容组织合理，章节衔接自然，重点难点突出；能联系预防医学、检验等专业的实际需求；适当介绍新技术
教学设计	教学目标明确、教学进度合理、教学重难点突出、层次清晰、教学环节设计合理
教学方法	善于剖析实例、结合教材内容进行启发；采用对比、归纳法突破难点；注重师生互动；适时调节课堂气氛和调动学习热情
教学素养	教学规范、普通话标准、善于表达具有较强的感染力、时间进度把握较好、课件制作规范精良
课程思政	思政案例契合度、案例完整性与创新性、案例呈现效果、案例育人效果
课后教学	认真批阅作业、采用多种方式答疑、知识复习导图、学习通单元测试
教学研究	教育课题申报数量、课题级别、教研论文数量、教研论文级别、教学成果获奖

对表 1 中的评价指标采用 Likert 五分量表设计问卷, 分别向 20 位教师和 100 位学生进行问卷调查。发出问卷 120 份, 回收有效问卷 120 份, 有效问卷回收率 100%。对回收的 120 份有效问卷利用 SPSS25.0 软件进行信度和效度检验。问卷的信度采用克隆巴赫 Alpha 检验, 总问卷的克隆巴赫 Alpha 值为 0.913, 各指标的内部一致性系数在 0.84~0.95 之间, 表明指标信度符合要求。KMO 值为 0.817 > 0.7, 说明问卷设计合理, 各指标的选择符合卫生化学教学质量评价的科学性和有效性需要。

3. 灰色关联分析 - TOPSIS 方法教学质量评价方法与步骤

灰色关联分析法是一种多因素统计分析方法, 用于研究数据之间关联性的方法, 广泛应用于系统分析、预测和决策等领域。其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密。曲线越接近, 相应序列之间的关联度就越大, 反之就越小。TOPSIS 法用于教学质量评价的原理是将每个待评对象与教学最优数据和教学最劣数据的距离进行比较, 既靠近最优数据解, 又远离最劣数据的对象是最优者, 并据此排定各个待评对象的优先序。将灰色关联分析和 TOPSIS 法相结合的教学评价具体评价步骤如下, 其详细的计算原理可参见文献[17]和文献[18]。

3.1. 建立评价数据集

对于被评价的 m 个教师, 根据选定的 n 个评价指标建立 $m \times n$ 的评价数据集, 将其记录为如下原始数据矩阵: $X = (X_{ij})_{m \times n}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

3.2. 灰色关联分析

3.2.1. 确定反映系统行为特征的参考数列和影响系统行为的比较数列

确定参考数列(母序列)和比较数列(特征序列)是灰色关联分析的关键步骤, 具体方法如下。参考数列反映系统行为特征, 其确定方法是根据评价目的选择参考数列, 也可以选择各指标的最优值(如最大值)或最劣值(如最小值)作为参考序列。还可以选择理想状态下的数据作为参考数列。比较数列影响系统行为, 也称为特征序列。通常使用实际观测到的数据作为特征序列, 如果有多个研究对象, 每个对象的各项指标数据都可以作为特征序列。将参考序列记为 $x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(m)$ 。

3.2.2. 对指标数据进行无量纲化

灰色关联性分析中, 无量纲化处理是为了消除不同指标之间的量纲差异, 使得分析结果更加准确和可靠。常见的无量纲化处理方法包括初值化法、均值化法、标准差化法和极差归一化法等。均值化法适用于数据无明显趋势、希望保留原始数据波动比例的情况。其计算方法为:

$$x_i^*(k) = x_i(k) / \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_i(k) \right), \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, m$$

将得到无量纲处理后特征数据和参考序列数据组成新的数据矩阵。

$$X = (X_0, X_1, X_2, \dots, X_n) = \begin{bmatrix} x_0(1) & x_0(2) & \cdots & x_0(n) \\ x_1(1) & x_1(2) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & x_m(2) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix}$$

3.2.3. 计算关联系数

首先计算每个被评价对象指标序列与参考序列对应元素的差值绝对值、最大值、最小值

$$|x_0(k) - x_i(k)|, \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m。$$

$$\Delta \min = \min_{i=1}^m \min_{k=1}^n |x_0(k) - x_i(k)|; \quad \Delta \max = \max_{i=1}^m \max_{k=1}^n |x_0(k) - x_i(k)|$$

$$\text{关联系数的计算为: } \xi_i(k) = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \Delta \max}$$

其中 ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$ 。若 ρ 越小, 关联系数间差异越大, 区分能力越强。通常 ρ 取 0.5。

3.2.4. 计算关联度和指标权重

对各评价对象分别计算其指标数据列与参考序列对应元素的关联系数的均值, 以反映各评价对象与参考序列的关联关系, 并称其为关联序, 记为:

$$r_i = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n \xi_i(k)}, \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

再将关联度 r_i 进行归一化处理, 定义 $w_i = r_i / \sum_{k=1}^m r_k$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 为第 i 个指标在整个指标体系中的权重, 计算得到 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, 满足 $\sum_{k=1}^m w_k = 1$ 。

3.3. TOPSIS 法

3.3.1. 构建决策矩阵

采用归一化法对原始数据集进行无量纲化处理, 得到指标规范化后的矩阵 B 。

$$B = (b_{ij})_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n。$$

其中, $b_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$, $i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$ 。

$$\text{得到规范化矩阵 } B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nm} \end{bmatrix}。$$

根据用灰色关联分析法得到的各个指标的权重 w_j 进行加权计算得到决策矩阵 Z 。

$$Z = w_j b_{ij} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix}。$$

3.3.2. 确定正理想解和负理想解

正理想解和负理想解是 TOPSIS 法(逼近理想解排序法)中的核心概念, 用于确定最优方案。正理想解代表了所有方案中各项指标的最优组合, 而负理想解则代表了所有方案中各项指标的最劣组合。据设定的教学评价指标来看, 加权矩阵中各项指标值最大者为最优值, 各项指标值最小者为最劣值。故有:

$$\text{最优值 } z_j^+ = \max[z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj}], \quad j = 1, 2, \dots, n。$$

$$\text{最劣值 } z_j^- = \min[z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj}], \quad j = 1, 2, \dots, n。$$

3.3.3. 计算相对贴近度对各评价对象进行排序

首先按以下公式计算各评价对象指标数据与最优值和最劣值的欧氏距离，即：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2}, D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m。$$

然后按以下公式计算各评价对象与最优值之间的相对贴近度，即：

$$U_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}, i = 1, 2, \dots, m。$$

相对贴近度取值在 0~1 之间，该值愈接近 1，表示相应的评价目标越接近最优水平；反之，该值愈接近 0，表示评价目标越接近最劣水平。

4. 灰色关联分析 - TOPSIS 方法对卫生化学教学质量评价的案例分析

4.1. 评价数据收集

参照川北医学院制定的教师教学评价量化方法对 8 名卫生化学任课教师的 9 项评价指标进行量化赋值。其中，教学研究指标是对教师三年考核期间的统计。教学研究由教研项目、教研成果和教学论文组成。教研项目、教学成果按照项目级别和获奖级别和等级赋值、教研论文按照期刊级别、影响因子赋值。每位教师在三年考核期内的这三项赋值汇总得到相应的教学研究指标得分。邀请教研室 10 位教师作为专家成员，其组成包含 3 名化学教授、5 名副教授和 2 名青年骨干教师组成。教学内容、教学设计和教学准备等项，由 10 名专家根据制定的评分规则，通过检查教案、讲稿、课程学习通平台微课视频等打分统计，取其平均值得到指标得分值。教学方法、教学素养和课程思政这三项是按照评分规则由 10 位专家听课后再取其评分均值得到。课后教学是向学生问卷调查统计后得到的。向 2024 级预防医学专业 125 名学生发放问卷，学生根据问卷分值规则赋分。回收问卷 125 份，剔除其中有空项和存在极端值的共 3 份，有效回收问卷 122 份，有效回收率 97.6%。取平均值得到各位待评教师的课后教学指标得分。对于教学效果，是通过 10 位专家课堂听课打分和学生课堂打分收集数据。剔除学生打分中的极端值后取其平均值。针对专家评分或量表得分，按标准差法(偏离均值 ±3 个标准差)识别异常值，对出现的异常值经与原始记录核对后予以修正处理。对教学效果最终得分的合成采用加权求和，最终每位教师的教学效果综合得分计算公式为：综合得分 = 0.4 × (学生问卷均分) + 0.6 × (专家评分均分)。8 名卫生化学教师的教学得分值见表 2。

Table 2. Score data for teacher hygiene chemistry teaching quality evaluation

表 2. 教师卫生化学教学质量评价得分数据

教师序号	教学效果 C1	教学准备 C2	教学内容 C3	教学设计 C4	教学方法 C5	教学素养 C6	课程思政 C7	课后教学 C8	教学研究 C9
1	92.2	89.5	90.5	87.5	91.8	90.2	89.0	89.2	60
2	88.6	91.2	91.4	91.6	88.5	92.3	91.8	95.0	80
3	90.4	86.2	91.7	90.5	92.1	84.8	78.8	92.5	70
4	91.6	84.5	87.6	92.6	86.9	82.5	83.5	85.0	55
5	89.5	85.4	93.8	94.0	88.3	93.4	92.5	86.5	70
6	87.8	87.4	89.1	90.4	93.0	80.6	81.5	90.8	65
7	90.6	90.5	85.8	88.7	87.2	81.3	82.4	82.0	60
8	89.7	87.8	92.6	92.3	89.6	85.6	85.6	94.2	65

4.2. 利用灰色关联分析计算指标权重

在灰色关联分析中,选取参考序列(也称母序列)是分析的起点和关键,它代表了一个理想的比较标准。根据应用场景的不同,主要有外部预设标准法、双基准则法(最优 - 最劣结合)和内部最优(最劣)值法、外部预设标准法和双基准则法(最优 - 最劣结合)。外部预设标准法,不依赖样本数据,根据理论值、行业标准、规划目标或历史最优值等外部信息来设定参考序列,适用于有明确考核标准或目标值的场景(如达标评价),标准相对稳定。双基准则法(最优 - 最劣结合),同时构建最优参考序列和最劣参考序列,分别计算各对象与两者的关联度,再综合评价。内部最优(最劣)值法,从评价对象内部选取,由各指标的最优(或最劣)值拼凑成一个理想的虚拟对象。由于待评教学指标中各指标都是正向指标,参照文献[19]以样本中各指标最大值组成参考序列。所得参考序列为:

$$X_0 = [92.2, 91.2, 93.8, 94, 93, 93.4, 92.5, 95, 80]$$

8 位教师所得评价指标数据列作为比较序列。取分辨系数 $\rho = 0.5$, 计算得到关联系数矩阵如下。

$$\xi = \begin{bmatrix} 0.8824 & 0.9152 & 0.9934 & 0.7383 & 0.8837 & 0.7607 & 0.7892 & 0.9578 & 0.5650 \\ 0.9347 & 0.7375 & 0.8888 & 0.9237 & 0.9581 & 0.6169 & 0.6074 & 0.6389 & 0.3418 \\ 0.8752 & 0.7484 & 0.9589 & 0.8200 & 0.9911 & 0.7511 & 0.5345 & 0.9299 & 0.7388 \\ 0.9568 & 0.6564 & 0.6865 & 0.9637 & 0.6828 & 0.6321 & 0.7080 & 0.6160 & 0.3841 \\ 0.8668 & 0.7466 & 0.8435 & 0.8762 & 0.8104 & 0.6406 & 0.6466 & 0.7233 & 0.6996 \\ 0.7376 & 0.8479 & 0.7967 & 0.8396 & 0.8817 & 0.5826 & 0.6416 & 0.9977 & 0.8188 \\ 1.0000 & 0.8596 & 0.6722 & 0.7885 & 0.7733 & 0.6408 & 0.7237 & 0.5640 & 0.5560 \\ 0.7553 & 0.7743 & 0.9346 & 0.8612 & 0.7707 & 0.7328 & 0.7728 & 0.8874 & 0.7283 \end{bmatrix}$$

计算得到比较序列各指标 C_i 和参考序列的关联度指标 r_i 以及归一化得到各指标的权重 W_i 见表 3。

Table 3. The correlation degree and weight calculation results of each evaluation indicator
表 3. 各评价指标的关联度和权重计算结果

项目	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
r	0.8760	0.7857	0.8468	0.8514	0.8440	0.6697	0.6780	0.7894	0.6040
W	0.12613	0.11313	0.12193	0.12260	0.12153	0.09643	0.09762	0.11366	0.08697

教学效果也是衡量所有教学活动的最终标尺,其意义和重要性远超其他传统指标。从表 3 的计算结果可知该项指标的权重最大。教学设计、教学内容、教学方法对教学效果起到直接的保障作用,其计算所得权重次大。这些计算结果是符合教学实际的。课前准备和课后教学分别位于课堂的两端,共同构成教学效果的完整保障链,对教学效果也有密切的影响,起着“间接的促进作用”,其权重也相对较大。教学素养和课程思政,对教学效果起的是“间接”且“深层促进”的作用——它们不直接决定当堂课的知识掌握度。但通过提升教师的“专业人格”和“价值引领”,为教学效果提供“底层支撑”和“长期续航”。这两者的权重相对于前面三类指标的权重要小一些。教学研究是对教学经验的总结和自我反思,对教学效果起的是“间接的长效促进作用”——它不决定“这一堂”课上得好不好,但通过诊断问题、探索新法、沉淀经验、反哺素养,为“下一堂”或“下一年”的教学效果提升做好进化准备。由于直接影响相对偏弱,该指标的权重最小。

4.3. 利用 TOPSIS 法进行综合评价

4.3.1. 利用 TOPSIS 法对待评对象进行综合排名

对原始数据进行归一化处理，得到规范化矩阵。再根据前述所得指标权重进行加权计算得各位参评教师教学质量数据的加权矩阵 Z 即决策矩阵如下。

$$Z = \begin{bmatrix} 0.0457 & 0.0408 & 0.0432 & 0.0417 & 0.0440 & 0.0356 & 0.0355 & 0.0400 & 0.0279 \\ 0.0439 & 0.0415 & 0.0436 & 0.0436 & 0.0424 & 0.0364 & 0.0366 & 0.0427 & 0.0373 \\ 0.0448 & 0.0392 & 0.0438 & 0.0431 & 0.0441 & 0.0334 & 0.0314 & 0.0415 & 0.0326 \\ 0.0454 & 0.0385 & 0.0418 & 0.0441 & 0.0416 & 0.0325 & 0.0333 & 0.0382 & 0.0256 \\ 0.0443 & 0.0389 & 0.0448 & 0.0448 & 0.0423 & 0.0368 & 0.0369 & 0.0388 & 0.0326 \\ 0.0435 & 0.0398 & 0.0425 & 0.0431 & 0.0445 & 0.0318 & 0.0325 & 0.0408 & 0.0303 \\ 0.0449 & 0.0412 & 0.0409 & 0.0423 & 0.0418 & 0.0321 & 0.0329 & 0.0368 & 0.0279 \\ 0.0444 & 0.0400 & 0.0442 & 0.0440 & 0.0429 & 0.0338 & 0.0341 & 0.0423 & 0.0302 \end{bmatrix}$$

确定最优值向量 z_j^+ 和最劣值向量 z_j^- 如下：

$$z_j^+ = [0.0457, 0.0415, 0.0448, 0.0448, 0.0445, 0.0368, 0.0369, 0.0427, 0.0373]。$$

$$z_j^- = [0.0435, 0.0385, 0.0409, 0.0417, 0.0416, 0.0318, 0.0314, 0.0368, 0.0256]。$$

按照前述计算方法计算各位参评教师的评价指标数据与最优值和最劣值的欧氏距离以及相对接近度，所得结果见表 4。

Table 4. Distance value, relative proximity and sorting results

表 4. 距离值、相对贴程度及排序结果

序号	D_i^+	D_i^-	U_i	排名	序号	D_i^+	D_i^-	U_i	排名
1	0.0105	0.0082	0.4386	5	5	0.0071	0.0116	0.6203	2
2	0.0033	0.0155	0.8252	1	6	0.0106	0.0073	0.4070	6
3	0.0086	0.0096	0.5271	3	7	0.0138	0.0042	0.2321	7
4	0.0146	0.0040	0.2150	8	8	0.0086	0.0091	0.5159	4

4.3.2. 根据加权决策矩阵对待评对象进行诊断分析

加权决策矩阵的列是每一个评价指标对应的各位教师的得分值，行是每一位待评教师的各评价指标的得分值。矩阵中的每一个数值，都是原始数据经过归一化并乘以对应权重后得到的加权评价价值。这个值直接反映了该教师在这个指标上的综合表现水平。根据每位教师的加权矩阵值可以定位每个教师的优势与短板，并指出其应该改进的方向。以 1 号教师为例，其教学质量的多维度诊断评价报告见表 5。

评价指标从表 5 可知 1 号教师的教学效果是优势项，是该教师的核心竞争力，建议继续稳定保持好的教学效果。但教学设计、课后教学和教学研究是薄弱项，与群体最优得分差距相对偏大。建议该教师在教学设计上加强学情分析、提高课前的系统规划能力、引入 OBE 理念反向设计教学活动。在课后教学上，建议加强学业质量分析和教学反思等环节。根据学生作业和测验数据，将学生分为 A (优秀)、B (中等)、C (较差) 三层，为学困生建立个人学习档案，制定差异化的课后辅导方案。在教学研究上，建议该教师从日常教学中的真实困惑出发，申报校级或院级微型课题，将已有的优质教学设计、公开课视频、学生作品等原始材料，通过撰写教学案例、教育叙事、课例分析报告等方式，转化为可呈现的研究成果。

其余教师的教学诊断可以类似进行。

Table 5. Multi-dimensional diagnostic report on teaching quality
表 5. 教师教学质量的多维度诊断评价报告

评价指标	个人加权得分	群体最优得分	群体最差得分	与最优差距	表现评价
教学效果	0.0457	0.0457	0.0435	0	优势项
教学准备	0.0408	0.0415	0.0385	-0.0007	较强
教学内容	0.0432	0.0448	0.0409	-0.0016	中等
教学设计	0.0417	0.0448	0.0417	-0.0031	薄弱
教学方法	0.0440	0.0445	0.0416	-0.0005	较强
教学素养	0.0356	0.0368	0.0318	-0.0012	中等
课程思政	0.0355	0.0369	0.0314	-0.0014	中等
课后教学	0.0400	0.0427	0.0368	-0.0027	薄弱
教学研究	0.0279	0.0373	0.0256	-0.0094	薄弱

5. 结语

评价指标、评价方法以及指标权重的确定方法都可能对最终的教学评价结果产生影响。指标权重确定常见的方法是专家赋权法，但该方法面临专家偏好的个体差异和认知局限的影响。熵权 - TOPSIS 法在教学评价中的应用同样存在局限性：该法以数据自身变异程度确定权重，对数据质量高度敏感。若某个指标变化幅度大，熵权法会赋予该指标较大权重，而变化幅度较小的指标赋予的权重较小。但这可能与指标的实际重要性不符。与熵权法、主成分分析法或层次分析法(AHP)相比，利用灰色关联度来确定指标权重其核心优势并不在于“数学上的精确性”，而在于“小样本下的动态趋势捕捉”和“数据形态的适应性”。在样本量较少的情况下，依然能通过序列曲线的几何形状来判断关联度，从而客观计算出权重。同时，分辨系数(ρ)的引入，能够根据数据列之间的差异程度自动调节关联度的分辨率，避免了因个别极端值导致权重完全失衡的情况。

本研究采用灰色关联分析与 TOPSIS 法相结合的方法进行卫生化学教学质量评价，避免了传统“主观赋权 + 客观评价”的割裂模式。通过引入灰色关联分析计算出指标权重，以此作为 TOPSIS 的输入参数计算决策矩阵。这一做法不仅解决了权重赋值的主观随意性问题，更使得 TOPSIS 的几何距离排序带上了“数据驱动”的先验信息，实现了教学评价中“特征筛选”与“优劣排序”的功能互补，较好地提升了评价结果的分辨力与可比性。

需要特别指出的是，由于样本量偏小，TOPSIS 的正、负理想解的“代表性”不足。评价结论适用范围严格限定于此次参评教师的内部相对比较，不可过度外推至更大范围。未来研究应进一步扩大样本量，并结合质性研究方法对排序结果进行验证，以增强结论的可靠性和普适性。

基金项目

南充市社科联社会科学研究“十五五”规划 2026 年度项目(编号：NC26B276)；南充市社科联社会科学研究“十四五”规划 2025 年度项目(编号：NC25B202)。

参考文献

[1] 任伟, 宋冠澎. 基于 PCA 法的成人教育混合式教学效果评价及路径优化[J]. 成人教育, 2023, 43(10): 57-63.

-
- [2] 舒煜. 可拓物元分析在网络协同授课质量评价中的探索[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(12): 42-44.
- [3] 张少巍, 徐国明. 基于 PSO-RBF 的大学程序设计教学效果评价方法研究[J]. 南阳师范学院学报, 2024, 23(1): 83-88.
- [4] 张昊. 基于 DEA 模型的高等中医药院校课程思政教学效果评价研究[J]. 科教文汇, 2023(15): 142-146.
- [5] 王广健, 刘超, 李龙凤, 等. 基于 OBE 模式的无机化学教学改革实践与教学质量模糊综合评价分析[J]. 淮北师范大学学报(自然科学版), 2024, 44(4): 84-88.
- [6] 王芬, 杨秀森. AHP-熵权法的化学类课程教学质量评价研究[J]. 景德镇学院学报, 2024, 39(3): 92-98.
- [7] 王珊, 白雪, 赵冬琴. 基于熵值-模糊综合评价的教学质量评价方法[J]. 山西电子技术, 2025(6): 66-68.
- [8] 陈舒梦. 基于组合权重-可拓物元模型的民办高校外语教师绩效评价[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2023, 39(3): 57-60.
- [9] 刘建华, 徐银萍, 火克仓. 基于灰色关联分析的功能性青稞新品系评价研究[J]. 中国农学通报, 2025, 41(31): 1-6.
- [10] 刘思佳. 基于灰色理论的某建筑项目安全管理评价[J]. 工程机械与维修, 2025(5): 87-89.
- [11] 刘帅, 杨婷婷, 王欣竹, 等. 灰色关联分析在中药质量评价中的应用[J]. 内蒙古医科大学学报, 2026, 44(1): 79-85+91.
- [12] 刘志, 龚本刚, 唐娟. 基于 TOPSIS 的工业工程专业实践教学综合评价研究[J]. 安庆师范大学学报(自然科学版), 2023, 29(1): 111-116.
- [13] 杨孟娇, 马赫, 朱晓琳. 基于博弈论组合赋权-TOPSIS 的微课评价模型[J]. 广播电视大学学报(哲学社会科学版), 2022(1): 32-39.
- [14] 李文莉, 路兴花. 高校差异性课堂教学质量评价指标体系探讨[J]. 教育与现代化, 2010(4): 53-57.
- [15] 秦立春, 陆克盛. 基于学生成绩和 TOPSIS 法与灰色关联度的学生综合评价[J]. 广西民族师范学院学报, 2019, 36(3): 89-92.
- [16] 李美芳, 李瑞. 基于大数据的高校学生大学数学成绩分析与评价模型[J]. 电子技术与软件工程, 2022(9): 214-217.
- [17] 虞峰. 基于灰色关联分析和 TOPSIS 法的教师教学质量评价[J]. 云南社会主义学院学报, 2012, 14(2): 256-258.
- [18] 赵量, 李良东, 王壮壮, 等. 基于灰色关联 TOPSIS 法的水库移民安置效果评价[J]. 河南科技, 2024, 51(15): 54-57.
- [19] 费旭云, 尹宗斌, 许成锋. 基于灰色关联分析法的教师教学质量评价[J]. 科教文汇(下旬刊), 2011(12): 60-61.