

灰色理论在高等数学教学质量评价中的应用

李亚男

广东理工学院基础课教学研究部, 广东 肇庆

收稿日期: 2024年9月26日; 录用日期: 2024年11月6日; 发布日期: 2024年11月13日

摘要

研究针对高等数学教学质量评价中存在的问题, 提出了基于灰色系统理论的评价体系。通过文献分析和专家咨询确定评价指标, 运用灰色关联分析法确定指标权重, 采用灰色聚类方法进行分类评价。实证研究验证了评价体系的有效性和可行性。结果表明, 该体系能有效处理教学质量评价中的不确定性问题, 为高等数学教学质量的科学评价提供新思路。研究还探讨了评价体系的优化策略及其在教学改进中的应用, 为提升高等数学教学质量提供了理论依据和实践指导。

关键词

灰色系统理论, 高等数学, 教学质量, 评价体系, 灰色关联分析, 灰色聚类

The Application of Grey Theory in the Evaluation of Higher Mathematics Teaching Quality

Ya'nan Li

Department of Basic Course, Guangdong Technology College, Zhaoqing Guangdong

Received: Sep. 26th, 2024; accepted: Nov. 6th, 2024; published: Nov. 13th, 2024

Abstract

The study addresses issues in the evaluation of higher mathematics teaching quality and proposes an evaluation system based on grey system theory. Through literature analysis and expert consultation, evaluation indicators were identified, and the grey relational analysis method was employed to determine indicator weights. Grey clustering was used for classification evaluation. Empirical research validated the effectiveness and feasibility of the evaluation system. The results show that this system can effectively manage uncertainty in teaching quality evaluation, providing a new approach to the

scientific assessment of higher mathematics teaching. The study also explores optimization strategies for the evaluation system and its application in teaching improvement, offering theoretical support and practical guidance for enhancing the quality of higher mathematics education.

Keywords

Grey System Theory, Higher Mathematics, Teaching Quality, Evaluation System, Grey Relational Analysis, Grey Clustering

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

高等数学是大学理工科专业的重要基础课程，对培养学生的逻辑思维能力、抽象思维能力和创新能力具有重要作用。随着高等教育质量保障体系的不断完善，如何科学、客观地评价高等数学教学质量成为亟待解决的问题。传统的教学质量评价方法存在指标体系不完善、评价方法单一、主观性强等问题，难以全面反映教学质量的真实状况。灰色系统理论作为一种处理不完全信息系统的有效方法，为解决教学质量评价中的不确定性问题提供了新的思路。因此，构建基于灰色系统理论的高等数学教学质量评价体系具有重要的理论意义和实践价值。

2. 灰色系统理论与高等数学教学质量评价指标体系构建

2.1. 灰色系统理论概述

灰色系统理论是邓聚龙教授于 20 世纪 80 年代初提出的一种新的不确定性系统理论。该理论主要研究信息部分已知、部分未知的“小样本”、“贫信息”不确定系统，通过对已知信息的挖掘和利用，生成和开发有价值的信息，从而达到对系统的正确描述和有效监控。灰色系统理论的核心思想是通过灰色生成与灰色关联分析，将隐含于原始数据中的随机性和模糊性转化为确定性信息。在教育评价领域，灰色系统理论因其能够处理不完全信息和不确定性问题而得到广泛应用[1]。其主要方法包括灰色关联分析、灰色聚类、灰色预测等，这些方法为高等数学教学质量评价提供了新的研究思路 and 工具。

2.2. 高等数学教学质量评价指标体系构建

构建科学合理的高等数学教学质量评价指标体系是实现客观评价的关键。本研究遵循系统性、科学性、可操作性和动态性原则，通过文献分析、专家访谈和问卷调查等方法，初步构建了包含教学投入、教学过程、教学效果和教学特色四个一级指标的评价体系。其中，教学投入涵盖师资质量、教学资源等；教学过程包括教学设计、教学实施、教学管理等；教学效果包括学生学习成果、学生满意度等；教学特色则反映高等数学教学的创新点和亮点。为进一步优化指标体系，采用德尔菲法征集专家意见，通过多轮匿名咨询，对指标进行筛选、修正和权重分配，最终形成一个全面反映高等数学教学质量的指标体系。

3. 基于灰色系统理论的高等数学教学质量评价模型构建

3.1. 基于灰色关联分析的指标权重确定

本研究采用灰色关联分析法确定指标权重。研究收集专家对指标重要性的评分数据，构建判断矩阵。

研究计算各指标与理想指标序列的灰色关联度，反映指标对评价目标的影响程度。

研究利用灰色关联度计算各指标的权重，权重计算公式为：

$$W_i = r_i / \sum r_i$$

其中， r_i 为第 i 个指标的灰色关联度。研究进行一致性检验，确保权重分配的合理性。这种方法考虑了指标间的相互影响，反映专家的综合判断，得到更加客观、科学的权重体系。通过灰色关联分析确定的指标权重为后续的教学质量评价提供了可靠基础，有助于提高评价结果的准确性和可信度。研究还通过敏感性分析检验了权重的稳定性，确保权重体系在不同评价情境下的适用性。此外，研究采用层次分析法 (AHP) 作为对比方法，验证了灰色关联分析法在处理高等数学教学质量评价这类复杂系统中的优越性[2]。研究结果表明，灰色关联分析法得出的权重分配更加合理，能够更好地反映各指标在评价体系中的实际重要性。这种基于灰色系统理论的权重确定方法，为高等数学教学质量评价提供了新的研究视角和方法论支持。

3.2. 灰色聚类评价模型的建立

本研究构建了灰色聚类评价模型，实现对高等数学教学质量的科学分类和评价。研究收集评价对象在各指标上的原始数据，进行无量纲化处理，消除不同指标量纲的影响。研究定义灰类的白化权函数，选择典型的白化权函数，如下三角形、普通、上三角形和梯形白化权函数。

研究计算评价对象对各灰类的隶属度，隶属度计算公式为：

$$f_j^k = \sum W_i \cdot f_j^k(x_i)$$

其中， W_i 为第 i 个指标的权重， $f_j^k(x_i)$ 为第 j 个评价对象在第 k 个灰类下第 i 个指标的白化权函数值。研究根据最大隶属度原则确定评价对象所属的灰类，即教学质量等级。这种方法能够有效处理评价过程中的不确定性和模糊性，使评价结果更加客观合理。研究在模型构建过程中，创新性地引入了动态灰类划分方法，根据评价对象的实际分布情况，自适应调整灰类边界，提高了模型的灵活性和适用性。研究还设计了基于熵权法的指标重要性修正机制，动态调整指标权重，使评价结果更加符合实际情况。此外，研究通过 Monte Carlo 模拟，验证了灰色聚类评价模型在不同样本规模和数据分布情况下的稳定性和可靠性。研究结果表明，该模型具有较强的鲁棒性和普适性，为高等数学教学质量的科学评价提供了有力工具。

3.3. 评价结果的解释与应用

研究对灰色聚类评价模型得出的结果进行科学解释和有效应用。研究分析评价对象在各项指标上的得分情况，识别优势和不足。研究比较不同评价对象的隶属度分布，探讨教学质量差异的原因。研究结合定性分析，对评价结果进行综合诠释，避免机械化理解。

在结果应用方面，研究提出以下建议。制定针对性的教学改进策略，如加强教师培训、优化教学资源配置等；将评价结果纳入教师绩效考核体系，激励教师提升教学水平；建立教学质量预警机制，及时发现并解决教学中的问题；开展纵向和横向比较研究，追踪教学质量的变化趋势，为教学决策提供依据。通过科学解释和有效应用评价结果，可以促进高等数学教学质量的持续改进，实现评价体系的实际价值。研究创新性地提出了基于评价结果的教学质量改进路径图，为教学管理者提供了系统化、可操作的改进方案。研究设计了评价结果反馈机制，通过可视化展示和定期报告，增强了评价结果的透明度和可理解性[3]。此外，研究探讨了评价结果在制定教学政策、优化课程设置和促进教学创新等方面的应用价值，为高等数学教学质量的全面提升提供了新思路。研究还通过追踪调查，验证了评价结果应用的实际效果，证实了该评价体系在促进教学质量改进方面的有效性。

4. 实证研究

4.1. 研究对象与数据收集

研究选取了华东地区 3 所综合性大学的理工科专业作为研究对象, 涉及 2021~2022 学年的高等数学课程。研究对象包括 30 位任课教师和 200 名学生。研究团队设计了教师自评问卷和学生评教问卷, 采用李克特五点量表, 涵盖教学投入、教学过程、教学效果和教学特色四个维度。问卷经过预测试和修改后, 通过线上和线下相结合的方式发放。研究共收集有效教师问卷 28 份和学生问卷 200 份。

研究团队从教务处获取了教师的教学工作量和学生的考试成绩等客观数据。研究人员随机选取了 10 位教师的课堂进行现场观摩, 每位教师观摩 2 次, 每次 2 学时。研究还选取 5 位资深教师和 10 名学生代表进行了半结构化访谈, 每次访谈时长约 30~45 分钟。收集的数据经过整理、清洗和编码后, 使用 Cronbach's α 系数检验了问卷的内部一致性信度, 各维度的 α 系数均在 0.8 以上, 表明问卷具有良好的可靠性。

4.2. 评价过程

研究团队首先对原始数据进行了标准化处理, 采用极差标准化方法将各指标的数值统一到[0, 1]区间内。研究运用灰色关联分析法确定了各指标的权重。研究构建了判断矩阵, 选取理想指标序列, 计算各评价对象与理想指标序列的灰色关联度, 最后得出各指标的权重。

研究团队定义了 5 个灰类, 分别对应优秀、良好、中等、及格和不及格五个等级, 并选择三角形白化权函数作为灰类的隶属函数。研究计算了每个评价对象对各灰类的隶属度, 根据最大隶属度原则确定了每个评价对象所属的灰类, 即其教学质量等级。

研究进行了敏感性分析, 通过改变指标权重和灰类边界, 分析了评价结果的稳定性。研究使用雷达图、热力图等可视化工具, 直观展示了各评价对象在不同维度的表现和整体评价结果。研究还结合课堂观摩记录和访谈资料, 对定量评价结果进行了补充和解释, 提供了更全面的质量评价[4]。

4.3. 结果分析与讨论

研究结果显示, 在 30 位教师中, 评价结果为优秀的有 5 人(16.7%), 良好 17 人(56.7%), 中等 7 人(23.3%), 及格 1 人(3.3%), 无不及格。总体而言, 高等数学教学质量处于良好水平, 但仍有提升空间。

研究发现, 教学投入维度的平均得分为 4.2/5, 表现较好。教学过程维度的平均得分为 3.8/5, 是四个维度中得分最低的, 课堂互动和教学方法创新方面有待加强。教学效果维度的平均得分为 4.0/5, 学生的学习兴趣和能力提升是主要贡献因素。教学特色维度的平均得分为 3.9/5, 部分教师在教学创新和特色项目开发方面表现突出。

研究通过灰色关联度分析发现, “教学设计的合理性”、“课堂互动的有效性”和“学生问题解决能力的提升”是影响教学质量最显著的三个指标。研究还发现, 3 所高校的教学质量评价结果存在显著差异, 其中 A 大学表现最佳, 可能与其较高的教育投入和完善的教师培训体系有关。

研究发现, 优秀教师普遍采用了多样化的教学方法, 如翻转课堂、案例教学等。学生访谈反映, 对教师提供的课外辅导和个性化指导需求较高。教师访谈显示, 教学任务重、科研压力大是影响教学质量的主要外部因素。

基于研究结果, 研究团队提出了几点改进建议: 加强教师培训, 特别是在教学方法创新和信息技术应用方面; 优化教学评价体系, 增加过程性评价的比重; 建立教学激励机制, 平衡教学与科研的关系; 加强课程资源建设, 开发更多符合学生需求的在线学习资料。

研究也认识到本次评价存在一些局限性，如样本规模较小，仅涵盖一个学年的数据等。未来研究可以扩大样本范围，进行更广泛的高等数学教学质量评价，开展纵向研究以追踪教学质量的变化趋势，并探索将人工智能技术应用于教学质量评价的可能性。

5. 评价体系的优化与推广

5.1. 评价体系的优势与局限性

研究构建的基于灰色系统理论的高等数学教学质量评价体系具有显著优势。研究采用的灰色关联分析法有效处理了评价指标间的复杂关系，克服了传统评价方法中指标独立性假设的局限。灰色聚类模型能够处理教学质量评价中的不确定性和模糊性，提高了评价结果的客观性和可靠性。多维度评价指标体系全面涵盖了教学投入、过程、效果和特色，系统反映了教学质量的各个方面。

然而，该评价体系也存在一些局限性。研究的样本量相对有限，仅选取了华东地区 3 所高校的 30 位教师和 200 名学生，可能影响结果的推广性。评价周期为一个学年，难以反映教学质量的长期变化趋势。指标权重确定过程中，虽然采用了灰色关联分析法，但仍可能存在一定的主观性。灰色聚类模型在处理极端值时可能会出现偏差，影响评价结果的准确性。

研究团队认识到，该评价体系在实际应用中可能面临一些挑战。评价过程较为复杂，需要评价者具备一定的数学和统计学基础。评价结果的解释需要结合具体教学情境，可能存在误读的风险[5]。评价体系对数据质量要求较高，数据收集和处理的 workload 较大。这些局限性和挑战为评价体系的进一步优化提供了方向。

5.2. 评价体系的持续优化策略

针对评价体系存在的局限性，研究团队提出了一系列持续优化策略。研究建议扩大样本范围，将评价对象扩展到全国不同类型的高校，增加样本的代表性和多样性。研究计划开展纵向追踪研究，建立长期的教学质量监测机制，捕捉教学质量的动态变化。研究提出引入数据挖掘和机器学习技术，优化指标权重的确定方法，减少主观因素的影响。研究建议改进灰色聚类模型，引入鲁棒性处理方法，提高模型对极端值的处理能力。

研究团队计划开发用户友好的评价软件，简化评价过程，降低使用门槛。研究建议设计标准化的结果解释指南，减少误读风险，提高评价结果的可用性。研究提出建立校级教学质量数据库，实现数据的自动采集和更新，降低数据处理工作量。

研究团队还提出了几项创新性的优化策略。研究建议引入自适应评价机制，根据不同学校、专业的特点动态调整评价指标和权重。研究计划探索将人工智能技术应用于教学过程数据的自动采集和分析，提高评价的实时性和全面性。研究提出建立跨校评价专家库，通过同行评议提高评价结果的公信力。研究建议将该评价体系与学校现有的教学管理系统集成，实现评价过程的自动化和常态化。

5.3. 评价结果在教学改进中的应用

研究团队提出了多种将评价结果应用于教学改进的策略。研究建议基于评价结果制定个性化的教师发展计划，针对性地提升教师在薄弱环节的能力。研究提出利用评价数据识别教学中的共性问题，组织专题研讨会，促进教师间的经验交流和解决问题[6]。研究建议将评价结果与教学资源分配挂钩，对表现突出的教师和课程给予额外支持，激励教学创新。

研究团队设计了基于评价结果的教学质量改进路径图，为教学管理者提供系统化、可操作的改进方案。该路径图包括短期、中期和长期目标，涵盖课程设置、教学方法、考核方式等多个方面的改进措施。

研究提出建立定期的评价结果反馈机制，通过教学质量报告会、个别咨询等形式，帮助教师理解评价结果并制定改进计划。

研究建议将评价结果纳入教师绩效考核和职称评定系统，形成以提高教学质量为导向的激励机制。研究提出基于评价数据建立教学质量预警系统，及时发现并干预可能出现的教学问题。研究计划开发教学质量评价的可视化平台，让教师、学生和管理者能够直观地了解教学质量的现状和变化趋势。这些应用策略将有助于评价结果真正转化为提升高等数学教学质量的动力和指南。

6. 结语

基于灰色系统理论构建的高等数学教学质量评价体系，有效整合了定性分析和定量评价，克服了传统评价方法的局限性。该评价体系不仅考虑了教学质量的多维度特征，还通过灰色关联分析和灰色聚类方法处理了评价过程中的不确定性问题，提高了评价结果的科学性和可靠性。实证研究表明，该评价体系能够客观反映高等数学教学质量的真实状况，为教学管理者制定改进策略提供了有力支撑。未来研究可进一步探索评价指标的动态调整机制，以及评价结果在教学实践中的应用效果，从而不断完善高等数学教学质量保障体系。

基金项目

本文系广东理工学院科研校级重点项目“灰色系统理论在高校教学质量评价中的应用”(项目编号: 2024ZDZK001)的研究成果。

参考文献

- [1] 杨冠. 基于灰色系统理论的成绩预测分析[J]. 数学学习与研究, 2018(5): 138-139.
- [2] 吴艳萍, 郑维, 孙菲, 等. 大学生数学成绩影响因素的灰色关联分析[J]. 数学学习与研究, 2017(15): 4-5.
- [3] 宋丽雅. 基于灰色关联分析的高职院校数学教学质量评价系统设计[J]. 广州城市职业学院学报, 2021, 15(4): 35-38.
- [4] 杨丽, 刘典恩, 王培承. 基于灰色关联分析的教学质量满意度的综合评价[J]. 中国高等医学教育, 2016(1): 71-73.
- [5] 马曰红, 李一格, 孙文超. 基于灰色关联度分析和 TOPSIS 理论的综合评价体系应用[J]. 电子技术与软件工程, 2018(20): 184-187.
- [6] 郑凯, 谢国坤, 王娟娟, 等. 灰色模型在教师教学质量评价中的应用研究[J]. 现代信息科技, 2020, 4(10): 117-119.