

OBE理念下高等代数教学质量评估的研究

庄华祥, 袁仕芳, 戴锚浩

五邑大学数学与计算科学学院, 广东 江门

收稿日期: 2024年8月3日; 录用日期: 2024年9月5日; 发布日期: 2024年9月13日

摘要

课程教学质量的评估与反馈是建设一流课程的重要环节之一, 全面、科学的教学质量评估不仅能够有效促进各学科教学质量的提升, 还能为高校一流建设课程提供客观全面的改进依据。本文在OBE理念指导下, 提出以相关课程成绩、数学竞赛成果、升学与就业情况为评估指标的高等代数教学质量评估体系。我们建立了基于层次分析的模糊评价模型, 对五邑大学数学与应用数学(师范)专业2023届毕业生的高等代数教学质量展开评估, 还提出了基于学生高等代数与各项成绩或成果之间的关联关系确定评判矩阵的方法, 以提高评估结果的可信度。

关键词

OBE, 教学质量评估, 模糊综合评价

A Study on Quality Assessment of Advanced Algebra Teaching under the OBE Concept

Huaxiang Zhuang, Shifang Yuan, Maohao Dai

School of Mathematics and Computational Sciences, Wuyi University, Jiangmen Guangdong

Received: Aug. 3rd, 2024; accepted: Sep. 5th, 2024; published: Sep. 13th, 2024

Abstract

The evaluation and feedback of course teaching quality is one of the important links in the construction of first-class courses. Comprehensive and scientific teaching quality evaluation can not only effectively promote the improvement of teaching quality in various disciplines, but also provide objective and comprehensive improvement basis for the construction of first-class courses in colleges and universities. Under the guidance of the OBE concept, this paper proposes a quality assessment system for teaching advanced algebra with relevant course grades, results of math competitions, and advancement and employment as assessment indicators. We built a fuzzy evaluation model

based on hierarchical analysis to assess the quality of teaching advanced algebra to the 2023 graduates of the Mathematics and Applied Mathematics (Teacher Training) program at Wuyi University, and also proposed a method for determining the judging matrix based on the correlation between the students' advanced algebra and the various grades or outcomes in order to improve the credibility of the assessment results.

Keywords

OBE, Teaching Quality Evaluation, Fuzzy Comprehensive Evaluation

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

1.1. 研究背景

随着教育革新形势的发展、社会对人才要求的提高，高校对各课程教学质量的要求也逐渐提高。对于数学专业的核心基础课程高等代数而言，科学的教学质量评估与反馈是提高教学质量的根本依据、建设一流课程的必要条件。然而，以往的教学质量大多以学生课程满意程度的问卷填写结果为评估依据，课程成绩等学习成果常以简单的存储方式保留查看或通过简单的均值计算来衡量学生的整体学习水平、反映课程的教学质量。其中，问卷填写存在较大的人为主观影响，学生的评价受个人情绪、偏好等因素影响，容易导致评估结果缺乏客观性和全面性，而均值虽然能够用来评估课程的教学质量，但单凭一个统计指标对教学成果进行质量评估，难以全面、客观地反映课程教学质量的实际情况。因此，如何科学、有效地对课程教学质量进行评估无疑是精准促进课程教育教学水平提高、推动课程建设的关键，这也正是本文研究的核心问题。

1.2. OBE 理念下的教学质量评估分析

OBE 教学理念又称“成果导向教育”，是一种以学生为中心，以成果为导向的教育理念[1]。1981年，美国学者斯派蒂(Spady)在其著作《Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers》中首次提出了 OBE 的概念：要明确目标和组织教育系统中的一切，使学生围绕培养目标开展学习活动，在学习结束时获得实质性的学习成果[2]。斯派蒂(Spady)提出 OBE 理念之后，OBE 逐渐成为美国教育的一个主要方向，当地部分学区采用各种基于产出的教育模式来提高学生的成绩[3]。并且，越来越多国内外学者对 OBE 理念进行研究。燕丽红等人基于 OBE 理念，从以学生结果为导向的课程目标、以学生为中心的课程内容、构建多元化的课程评估途径等方面确立了课程质量评估内容[4]。田腾飞从课程的体系、内容、实施、建设等多方面，研究 OBE 认证理念下师范类专业课程的设置、实施、质量保障及关注点，并指出落实教育教学质量提升改革最后一公里关键落在教师的教育教学评估[5]。侯光文将教学评估定义为对教学要素、过程和效果进行评估的活动，且该评估必须基于合理的标准和科学可行的方法[6]。泰勒认为教育评价的核心在于确定教学方案和方案作为实际教学实践的一部分所达到的教育目标程度，王景英提出的教育评价是指根据社会设定的价值目标和标准，对教育活动的满意程度和受教育者的需求水平进行判断的活动[7]。而 OBE 语境下，课程教学评价注重评价学生的学习效果和产出[8]。

因此，OBE 理念下高等代数教学质量评估的研究是针对学生学习效果的评估，关注学生的实际学习

成果, 基于科学可行的方法展开研究。而随着教学质量评估的方案和指标体系研究逐渐丰富, 研究人员对教学质量评估的方法也逐渐呈现出多学科融合, 如应用统计指标、模糊综合评价、决策树、关联规则等方法对教学质量评估进行深入探讨。通过查阅文献知, 模糊综合评价法、层次分析法广泛应用于教学质量评估中。高中文基于教师的教学态度、基本功、组织和效果, 建立评价指标表, 采用层次分析法和模糊理论进行教学质量评估[9]。王燕等人提出一种基于改进层次分析法的教学质量评估算法, 并以内蒙古大学为例, 在学生层面较为客观地反映对教师的教学质量认可程度[10]。余锦秀采用 AHP 层次分析法和模糊综合评价法对高校公共艺术教育课程的教育质量进行评估[11]。研究者逐渐将层次分析法和模糊综合评价相结合用于教学质量评估, 以此削弱人为主观判断带来的误差, 提高评估结果的可信度。

高等代数作为数学专业的核心基础课之一, 其内容对常微分方程、近世代数、概率论与数理统计的学习起到重要的铺垫作用, 且在数学竞赛、数学教师资格考试、数学专业的研究生升学考试中, 高等代数也是重要的考核内容之一。因此, 本文以五邑大学数学与应用数学(师范)专业 2023 届毕业生为研究对象, 采用基于层次分析的模糊综合评价模型, 从常微分方程、近世代数、概率论与数理统计成绩和数学竞赛成果、升学与就业情况等五项数据展开对高等代数的教学质量评估。我们希望基于评估结果提出的教学建议, 能为提高高等代数的教学质量提供决策依据, 推动其一流建设课程的发展, 且为学校其他专业课程的教学质量评估和教育教学改进提供有益的借鉴和启示。

2. 教学质量评估方法的理论基础

2.1. 基于层次分析的模糊综合评价的适用性

本文以学生的相关课程成绩、数学竞赛成果、升学与就业情况等需要以高等代数为基础知识储备的学习成果, 作为衡量近两年毕业生高等代数教学质量的评估指标。但其中的部分评估指标存在一定的模糊性, 如部分学生课程成绩差异较小, 难以用绝对清晰的肯定或否定进行评价。而模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法, 该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评判转化为定量评判, 即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体评判, 能够较好地处理此类具有一定模糊性的问题, 故采用模糊综合评价对毕业生高等代数的教学质量进行评估是合适的[12]。

在对评估对象进行模糊综合评价的过程中, 如何确定评价因素、等级论域之间的层次关系以及合理的确定评估指标权重均是评估过程的关键步骤。层次分析法恰是一种能够把多个评估指标有效的按照逻辑层次分解, 并通过定量和定性评价相结合的方法, 将个人的主观判断以定量的形式表达, 从而尽量减少由于个人的主观臆断而导致的评价不科学, 以提高评估结果的可信度[13]。因此, 我们构建基于层次分析的模糊综合评价模型, 对五邑大学 2023 届毕业生高等代数的教学质量进行全面评估。这样的评估方法既能够充分发挥层次分析法的优点, 科学的构建高等代数教学质量评估体系, 确定评估指标权重; 又能够将模糊综合评价的优点有效应用, 将一些边界不清、不易量化的因素定量化, 以提高高等代数教学质量评估结果的可信度和有效性。

2.2. 层次分析法概述

层次分析法是美国著名运筹学家萨蒂于 20 世纪 70 年代提出的, 它的核心思想是将问题分解为多个层次, 同一层次的元素作为准则, 下一层次元素起到支配作用, 并且受上一层次元素的支配, 然后对两两指标之间的重要程度做出比较判断, 建立判断矩阵, 通过计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量, 得到不同因素重要性程度的权重[13]。其具体步骤如下:

1) 建立目标层次结构

在对问题具有深入的认识基础上, 把评价对象当作一个需要决策的目标, 构建层次结构, 按照递进

的关系,将目标、准则、子准则和可选方案有序地组织起来,形成一个层次树结构。

2) 构造判断矩阵

构建目标层次之后,评价因素间的层次关系随着确定。在评价上一层的目标时,各因素所占的权重并不一定相同。因此,需要进行全部因素的两两比较,通过构造判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ (a_{ij} 表示第 i 个评价因素与第 j 个比较时,相对于上一层目标或准则的重要程度),以确定它们之间的重要程度。

确定 a_{ij} 的值,常用 1~9 的标度方法,该方法是将思维判断数量化的过程,能够用于构造判断矩阵[13]。标度含义如表 1:

Table 1. Meaning of scale
表 1. 标度含义

判断尺度	意义	判断尺度	意义
1	因素 a_i 和 a_j 对比, 同等重要	2	介于同等与稍微重要之间
3	因素 a_i 和 a_j 对比, a_i 稍微重要	4	介于稍微与更重要之间
5	因素 a_i 和 a_j 对比, a_i 更重要	6	介于更重要与更重要得多之间
7	因素 a_i 和 a_j 对比, a_i 更重要得多	8	介于更重要得多与绝对重要之间
9	因素 a_i 和 a_j 对比, a_i 绝对重要		

3) 计算权重

层次分析法的权重计算方法有几何平均法、和法等。因为几何平均法对比较一致性的敏感性较高,且相对来说更稳健,故本文使用几何平均法计算判断矩阵的权重。步骤如下:

首先,计算判断矩阵每行元素的乘积的 n 次方根 \bar{W}_i :

$$\bar{W}_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}.$$

其次,对 \bar{W}_i 归一化处理:

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i} (i=1, 2, \dots, n),$$

则 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 就是求得特征向量,即各因素的权重。

4) 一致性检验

对评价指标的选取无论是通过咨询专家、资料查询还是个人实践经验等方法,都存在较大的人为主观,这样的误差是无法完全去除的,只能尽可能降低。因此,为了减小误差,基于求出的特征向量对应的最大特征值 λ_{\max} ,进行一致性检验,确定 λ_{\max} 对应的特征向量是否能够应用于实际研究中。

检验步骤如下:

首先,计算判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{nW_i}.$$

其次, 计算一致性 CI :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

其中, n 为判断矩阵的阶数。

然后, 查找对应的平均随机一致性指标 RI 。当矩阵的阶数 $n=1,2,\dots,9$ 时, 对应 RI 的值如表 2:

Table 2. Randomized consistency indicator

表 2. 随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46

最后, 计算一致性比例 CR :

$$CR = \frac{CI}{RI}.$$

当 $CR < 0.1$ 时, 判定矩阵的构建是符合原则的, 可以用于实际的研究中[13]。

2.3. 模糊综合评价概述

模糊综合评价是以模糊数学为基础, 通过引入模糊集合, 应用模糊关系合成的原理, 将一些边界不清, 不易量化的因素定量化, 更好地处理实际问题中的不确定性和模糊性, 再进行综合评价的一种方法[12]。在环境评价、教育评价、管理问题评价等领域均有广泛应用, 其基本思想是隶属度思想, 即模糊综合评价的关键是确定符合实际的隶属度、建立模糊矩阵。故在阐述模糊综合评价的步骤之前, 本文首先将对模糊集、隶属函数以及隶属度等核心概念进行介绍, 以便为后续步骤的详细解释奠定理论基础。

定义 1: 若对集合 X 中的任一元素 x 来说都存在值 $A(x) \in (0,1)$ 与之对应, 则称集合 A 为集合 X 上的模糊集[12]。

定义 2: 若论域 X 到 $[0,1]$ 闭区间上的任意映射 $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, $x \rightarrow \mu_A(x)$ 都确定 X 上的一个模糊集合, 则 μ_A 叫做 A 的隶属函数, $\mu_A(x)$ 叫做 x 对模糊集 A 的隶属度[12]。

由上述定义 2 知, 隶属度 $\mu_A(x)$ 的值域为 $[0,1]$, 那么区间 $[0,1]$ 就可以表示元素 x 隶属于集合 A 的程度, 即隶属度就是一个元素属于一个集合的程度, 且用 $[0,1]$ 闭区间上的任何一个实数表示。

单层次模糊综合评价的具体步骤如下:

1) 确定评价对象的因素论域和评价等级

确定因素论域 $U: U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$; 确定评价等级论域 $V: V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ 。

2) 构造模糊关系矩阵

基于因素论域与等级论域得到的模糊子集, 构建模糊关系的隶属度矩阵 R :

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}, 0 \leq r_{ij} \leq 1.$$

其中, r_{ij} 为 U 中因素 U_i 对于 V 中等级 V_j 的隶属度。

3) 确定评价因素的权重向量

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n).$$

4) 选取合适的模糊算子, 计算评价结果

加权平均型的模糊算子运算时能够兼顾各权重的大小, 评价结果可以全面地体现被评价对象的整体特征[14]。其计算方法为:

$$B = W * R = (w_1, w_2, \dots, w_n) * \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n),$$

$$b_j = \sum_{i=1}^n w_i r_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

其中, B 是模糊综合评价集, $b_j (j=1, 2, \dots, n)$ 是模糊综合评价的评判值。

但众所周知, 在实际生活中, 简单的因素影响问题较少, 一般都是存在受多个因素影响且因素间存在层次关系的问题。多层次模糊综合评价可以用于评判多层次系统, 其评判过程具有循环性[14]。其具体步骤如下:

1) 确定各评价因素论域中评价指标之间的层次关系。

2) 根据单因素评价法, 计算各层次评价因素与上一层次对应目标的模糊关系矩阵, 即若评价指标有准则层、决策层两个层次, 则基于决策层与准则层之间的隶属关系, 计算准则层的模糊关系矩阵 R_i , i 代表准则层的第 i 个评价因素。

3) 确定 R_i 的权重: $W_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ij})$ 。其中, w_{ij} 代表隶属于准则层第 i 个评价因素的第 j 个决策因素的权重。

4) 计算该准则层因素的隶属度评判值 B_i : $B_i = W_i * R_i$ 。其中, $i=1, 2, \dots, k$, k 为准则层评价因素的个数。

5) 由准则层因素的各隶属度评判值 B_i , 可得目标层模糊矩阵 R :

$$R = (B_1, B_2, \dots, B_k)^T.$$

再由准则层各因素权重 $W = (W_1, W_2, \dots, W_k)$, 同理计算得评价对象的隶属度评判值 B :

$$B = W * R.$$

综上, 多层次模糊综合评价的分析步骤依此类推即可。

2.4. 基于层次分析的模糊综合评价流程

本文基于层次分析的模糊综合评价过程如图 1 所示。

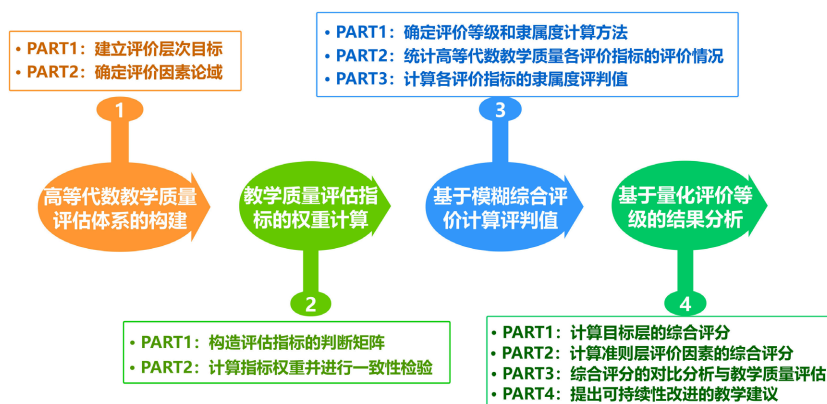


Figure 1. Fuzzy comprehensive evaluation based on hierarchical analysis

图 1. 基于层次分析的模糊综合评价

3. OBE 理念下高等代数教学质量的评估过程

3.1. 高等代数教学质量评估体系的构建

1) 建立毕业生高等代数教学质量评估的层次目标

采用 5 个要素作为准则层的评估因素、20 个要素作为高等代数教学质量评估体系的决策层因素。其中，常微分方程、概率论与数理统计、近世代数等课程成绩的决策层评价因素均为：优秀、良好、合格、不合格；数学竞赛成果根据获奖等级将评价因素分为三个类；升学与就业情况根据每年学生的毕业去向划分为五类。具体的目标层次结构如图 2 所示。

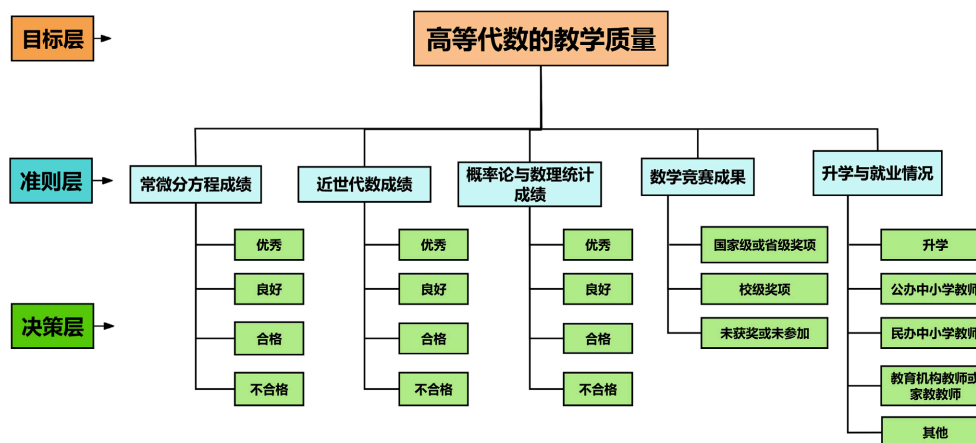


Figure 2. Hierarchical target structure diagram
图 2. 层次目标结构图

2) 确定高等代数教学质量的评价因素论域

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}.$$

其中， U 是高等代数的教学质量， U_1 是常微分方程成绩， U_2 是近世代数成绩， U_3 是概率论与数理统计成绩， U_4 数学竞赛成果， U_5 升学与就业情况。

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, u_{i4}\}.$$

其中， u_{i1} 是优秀， u_{i2} 是良好， u_{i3} 是合格， u_{i4} 不合格， $i = 1, 2, 3$ 。

$$U_4 = \{u_{41}, u_{42}, u_{43}\}.$$

其中， u_{41} 是获得国家级或省级奖项， u_{42} 是获得校级奖项， u_{43} 是未获奖或未参与。

$$U_5 = \{u_{51}, u_{52}, u_{53}, u_{54}, u_{55}\}.$$

其中， u_{51} 是升学， u_{52} 是公办中小学教师， u_{53} 是民办中小学教师， u_{54} 是教育机构或家庭教师， u_{55} 是其他。

3.2. 教学质量评估因素的权重计算

世界高等教育评估呈现出重视学生学习效果的重要发展趋势，在对学生学习成效进行考量时，除要求学生必须具备相应的知识、技能、能力之外，还要求学生获得的这些成效应该与高等院校的办学使命和培养目标相一致[15]。因此，本文基于 OBE 理念、五邑大学数学与应用数学(师范)专业的培养目标共同确定各评估因素之间的重要程度，以客观的构造判断矩阵。通过查阅五邑大学数学与计算科学学院官

网知, 数学与应用数学专业的培养目标包括: 培养学生具有正确的思想政治素养、热爱教育事业、具有扎实的数学基础和良好的师范专业素养、拥有自我提升的能力、教学创新意识等。

因此, 我们认为对于 2023 届毕业生高等代数教学质量的评估因素而言, 准则层评估因素的重要程度降序排列是: 升学与就业情况、数学竞赛成果、相关课程成绩。构造准则层的判断矩阵如表 3:

Table 3. Judgment matrix at the criterion level

表 3. 准则层的判断矩阵

U	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
U_1	1	4	3	1	1/3
U_2	1/4	1	1/3	1/3	1/5
U_3	1/3	3	1	1/2	1/4
U_4	1	3	2	1	1/2
U_5	3	5	4	2	1

因为准则层评估因素常微分方程成绩、近世代数成绩、概率论与数理统计成绩的决策因素均是优秀、良好、合格、不合格, 故它们的判断矩阵也是一致的。构造三门课程成绩的判断矩阵如表 4:

Table 4. Judgement matrix for course grades

表 4. 课程成绩的判断矩阵

$U_i \quad i=1,2,3$	u_{i1}	u_{i2}	u_{i3}	u_{i4}
u_{11}	1	3	5	7
u_{12}	1/3	1	3	5
u_{13}	1/5	1/3	1	3
u_{14}	1/7	1/5	1/3	1

对于准则层评估因素数学竞赛成果而言, 决策因素的重要程度降序排列是: 数学竞赛获得国家级或省级奖项、数学竞赛获得校级奖项、未获奖或未参加。构造数学竞赛成果的判断矩阵如表 5:

Table 5. Judgment matrix for math competition results

表 5. 数学竞赛成果的判断矩阵

U_4	u_{41}	u_{42}	u_{43}
u_{41}	1	3	7
u_{42}	1/3	1	5
u_{43}	1/7	1/5	1

对于准则层评估因素升学与就业情况而言, 决策因素的重要程度降序排列是: 升学、公办中小学教师、民办中小学教师、教育机构或家庭教师、其他。构造升学与就业情况的判断矩阵如表 6:

Table 6. Judgment matrix of further education and employment status
表 6. 升学与就业情况的判断矩阵

U_5	u_{51}	u_{52}	u_{53}	u_{54}	u_{55}
u_{51}	1	3	4	6	7
u_{52}	1/3	1	3	5	6
u_{53}	1/4	1/3	1	3	5
u_{54}	1/6	1/5	1/3	1	3
u_{55}	1/7	1/6	1/5	1/3	1

采用几何平均法，计算准则层的权重向量得：

$$W = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) = (0.213, 0.057, 0.107, 0.201, 0.421).$$

其中， w_i 对应准则层第 U_i 个评价因素的权重， $i=1,2,3,4,5$ 。

同理，计算决策层各因素的权重向量。常微分方程成绩、近世代数成绩、概率论与数理统计成绩的权重向量 W_1, W_2, W_3 为：

$$W_i = (w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, w_{i4}) = (0.570, 0.266, 0.119, 0.045), i=1,2,3.$$

其中， $w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, w_{i4}$ 分别对应决策层评价因素“优秀、良好、合格、不合格”的权重。

数学竞赛成果的权重向量 W_4 为：

$$W_4 = (w_{41}, w_{42}, w_{43}) = (0.649, 0.279, 0.072).$$

其中， w_{4i} 对应决策层 u_{4i} 评价因素的权重， $i=1,2,3$ 。

升学与就业情况的权重向量 W_5 为：

$$W_5 = (w_{51}, w_{52}, w_{53}, w_{54}, w_{55}) = (0.477, 0.271, 0.144, 0.070, 0.038).$$

其中， w_{5i} 对应决策层 u_{5i} 评价因素的权重， $i=1,2,3,4,5$ 。

对上述权重结果进行一致性检验：计算准则层和各决策层的最大特征值 λ_{\max} 、一致性指标 CI 、一致性比例 CR ，结果如表 7：

Table 7. Consistency test results
表 7. 一致性检验结果

	W	W_1, W_2, W_3	W_4	W_5
λ_{\max}	5.081	4.013	3.065	5.295
CI	0.020	0.004	0.032	0.074
CR	0.081	0.005	0.062	0.066

由表 7 知，各判断矩阵的 CR 均小于 0.1，即判断矩阵对应的权重向量均可以用于本文的研究中。

3.3. 教学质量评判值的计算

接下来确定评价等级论域和隶属度计算方法、统计高等代数教学质量评估情况并计算因素间的隶属度、运用模糊算子计算各评价因素的隶属度评判值。

1) 确定评价等级论域和隶属度的计算方法

设评价等级论域： $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} = \{\text{优秀, 良好, 合格, 不合格}\}$ 。

确定隶属度计算方法：隶属度子集 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}\}$ ， R_i 指评价因素中第 i 个指标对应评语集中的每个 V_1, V_2, V_3, V_4 的隶属度，即：

$$r_{ij} = \frac{\text{第 } i \text{ 个评价因素在 } V \text{ 等级的人数}}{\text{第 } i \text{ 个评价因素参与评价的总人数}}, \text{ 其中 } j=1,2,3,4.$$

2) 统计高等代数教学质量各评价指标的评价情况

由于部分学生的课程成绩之间差异较小，故在模糊综合评价的过程中，通过将成绩按照区间模糊化为类别，以更好地表达和处理那些难以准确量化的数值。我们根据五邑大学绩点与成绩的对应原则，将课程成绩按照绩点区间划分为 4 类，并对应“优秀、良好、合格、不合格”四个等级，划分规则如表 8：

Table 8. Rules for dividing course grades

表 8. 课程成绩划分规则

绩点成绩	课程成绩区间	对应等级
[4.0, 5.0]	[86, 100]	优秀
[3.0, 4.0)	[71, 86)	良好
[2.0, 3.0)	[60, 71)	合格
0	[0, 60)	不合格

然后，基于学生高等代数与各项成绩或成果之间的关联关系确定评价情况如表 9。

以常微分方程成绩为评价因素的关系数据表的第一行数据 7、13、0、0 为例，它表示学生常微分方程成绩等级为“优秀”的学生，对高等代数的教学质量进行等级评价时，有 7 名学生的评价是优秀、13 名学生的评价是良好、没有学生认为是合格或不合格。

Table 9. Evaluation of the quality of teaching and learning

表 9. 教学质量评价情况

评价等级	评价因素	优秀 V_1	良好 V_2	合格 V_3	不合格 V_4
		常微分方程成绩 U_1	优秀 u_{11}	7	13
	良好 u_{12}	0	12	5	0
	合格 u_{13}	0	2	2	5
	不合格 u_{14}	0	1	0	0
近世代数成绩 U_2	优秀 u_{21}	5	7	0	0
	良好 u_{22}	2	15	4	4
	合格 u_{23}	0	6	3	1
	不合格 u_{24}	0	0	0	0

续表

概率论与数理统计成绩 U_3	优秀 u_{31}	7	23	3	2
	良好 u_{32}	0	5	3	3
	合格 u_{33}	0	0	1	0
	不合格 u_{34}	0	0	0	0
数学竞赛成果 U_4	获得国家级或省级奖项 u_{41}	1	3	0	0
	获得校级奖项 u_{42}	1	5	0	0
	未获奖或未参加 u_{43}	5	20	7	5
升学与就业情况 U_5	升学 u_{51}	2	7	0	1
	公办中小学教师 u_{52}	3	14	3	0
	民办中小学教师 u_{53}	0	4	0	2
	教育机构或家庭教师 u_{54}	2	1	2	2
	其他 u_{55}	0	2	2	1

3) 计算高等代数教学质量各评价因素的隶属度评判值

由表 9 可得, 学生对高等代数的教学质量评估时, “常微分方程成绩”这一准则的评判矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 7 & 13 & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 5 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

基于评判结果矩阵和隶属度计算方法可构造其模糊矩阵 R_1 :

$$R_1 = \begin{bmatrix} 7/20 & 13/20 & 0 & 0 \\ 0 & 12/17 & 5/17 & 0 \\ 0 & 2/9 & 2/9 & 5/9 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

将模糊矩阵与相对应的指标权重用加权平均型的模糊算子计算, 即可得到“常微分方程成绩”这一准则层评价因素的隶属度评判值 B_1 :

$$\begin{aligned} B_1 &= W_1 * R_1 = (0.570, 0.266, 0.119, 0.045) * \begin{bmatrix} 0.350 & 0.650 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.706 & 0.294 & 0.000 \\ 0.000 & 0.222 & 0.222 & 0.556 \\ 0.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix} \\ &= (0.1995, 0.6297, 0.1046, 0.0662). \end{aligned}$$

同理可得, 高等代数各准则的隶属度评判值如下:

近世代数成绩: $B_2 = (0.2590, 0.5633, 0.0783, 0.0545)$ 。

概率论与数理统计成绩: $B_3 = (0.1140, 0.4955, 0.2406, 0.1051)$ 。

数学竞赛成果: $B_4 = (0.2186, 0.7581, 0.0136, 0.0097)$ 。

升学与就业情况： $B_5 = (0.1561, 0.6449, 0.0759, 0.1233)$ 。

基于准则层各因素的隶属度评判值，构造高等代数教学质量评估准则层的模糊矩阵 R ，并计算其隶属度评判值 B ：

$$B = W * R = (0.213, 0.057, 0.107, 0.201, 0.421) * \begin{bmatrix} 0.1995 & 0.6297 & 0.1046 & 0.0662 \\ 0.2590 & 0.5633 & 0.0783 & 0.0545 \\ 0.1140 & 0.4955 & 0.2406 & 0.1051 \\ 0.2186 & 0.7581 & 0.0136 & 0.0097 \\ 0.1561 & 0.6449 & 0.0759 & 0.1233 \end{bmatrix}$$

$$= (0.1791, 0.6431, 0.0872, 0.0823).$$

3.4. 基于量化评价等级的结果分析

为了对高等代数的教学质量进一步分析，提出针对性的教学建议，可以将评语级进行量化。设模糊评价的评价论域量化集为 S ，则各评价对象总评分：

$$N_k = B_k \cdot S^T = (B_{k-1}, B_{k-2}, \dots, B_{k-m}) \cdot (S_1, S_2, \dots, S_m)^T.$$

取评价等级集合 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} = \{\text{优秀, 良好, 合格, 不合格}\}$ 的组中值为评价对应的数值集合 S ，即 $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\} = \{93, 78.5, 65, 30\}$ ，则高等代数教学质量的总评分为：

$$N = B \cdot S^T = (0.1791, 0.6431, 0.0872, 0.0823) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 75.32.$$

由总评分结果可知，高等代数教学质量的总评结果属于良好等级。

进一步计算准则层各因素的总评分得：

$$N_1 = B_1 \cdot S^T = (0.1995, 0.6297, 0.1046, 0.0662) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 76.70,$$

$$N_2 = B_2 \cdot S^T = (0.2590, 0.5633, 0.0783, 0.0545) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 75.07,$$

$$N_3 = B_3 \cdot S^T = (0.1140, 0.4955, 0.2406, 0.1051) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 68.41,$$

$$N_4 = B_4 \cdot S^T = (0.2186, 0.7581, 0.0136, 0.0097) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 80.76,$$

$$N_5 = B_5 \cdot S^T = (0.1561, 0.6499, 0.0759, 0.1233) \cdot (93 \ 78.5 \ 65.5 \ 30)^T = 74.20.$$

由量化结果得，学生在常微分方程、近世代数的学习成果和升学与就业情况等四个方面，对高等代数的教学质量的评分均属于良好等级；在数学竞赛成果方面的评分超过 80 分，说明优质的高等代数教学效果是学生取得数学竞赛成果不可或缺的条件；但在概率论与数理统计方面，学生对高等代数的教学质量评分未达到良好，说明高等代数的教学效果对学生学习概率论与数理统计的促进作用较弱，存在一定进步空间。基于此，提出可持续的教学改进建议如下：

1) 继续加强升学与就业指导：学生在升学与就业方面的评分属于良好等级，建议继续加强这方面的工作，提供更好的学习资源，为学生在准备数学专业研究生入学考试、中学数学教师资格证考试、教师编制考试之前积累充足的高等代数知识储备，以更好地促进学生日后的发展。

2) 不断优化高等代数的教学质量：由评价结果知，学生在常微分方程和近世代数方面的学习，对高等代数的教学质量评分均属于良好等级，因此建议继续优化高等代数的教学内容和教学方法，保持教学水平的稳定提升；由于学生对概率论与数理统计方面的评分未达到良好，建议教师在这方面加强教学，可以通过研读两门课程之间的交叉内容，在课堂上增加案例分析或线上分享相关的知识内容等教学方法，为提高学生对概率论与数理统计的理解和应用能力做准备。

3) 持续关注数学竞赛成果: 学生对数学竞赛成果的评分较高, 需持续关注学生在数学竞赛中的表现, 通过鼓励学生参加各种数学竞赛, 并提供相应的培训和支持, 以促进他们在竞赛中取得更好的成绩。

4. 总结

本文在 OBE 理念的指导下, 提出将学生的相关课程成绩、数学竞赛成果和升学与就业情况作为评估高等代数教学质量的指标。我们采用基于层次分析的模糊综合评价模型对高等代数的教学质量进行多元化评估, 以五邑大学数学与应用数学(师范)专业 2023 届毕业生的常微分方程成绩、近世代数成绩、概率论与数理统计成绩、数学竞赛成果、升学与就业情况等五项数据作为样本数据, 提出并阐述了基于学生高等代数与各项成绩或成果之间的关联关系确定评判矩阵的方法。本文的研究结果能为五邑大学高等代数一流建设课程提供更全面、丰富的教学效果反馈, 以有效促进教育教学水平提升, 同时为学校其他专业课程的教学质量评估和教育教学改进提供有益的借鉴和启示。

基金项目

1) 广东省高等教育教学改革项目“融合 OBE 理念的《数据分析与挖掘》课程混合式教学研究”(GDJX2022013); 2) 五邑大学高质量课程建设与创新创业教育建设改革项目“线下一流课程——高等代数”(项目编号 KC2021050); 3) 五邑大学高质量课程建设与创新创业教育建设改革项目“线下一流课程——数据分析与挖掘”(KC2022042)。

参考文献

- [1] 张男星, 张炼, 王新风, 等. 理解 OBE: 起源、核心与实践边界——兼议专业教育的范式转变[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 109-115.
- [2] Spady, W.G. (1994) Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers. American Association of School Administrators.
- [3] Chase Furman, G. (1995) Administrators' Perceptions of Outcome-Based Education: A Case Study. *International Journal of Educational Management*, 9, 32-42. <https://doi.org/10.1108/09513549510098380>
- [4] 燕丽红, 沈瑞冰, 杨智敏, 等. 基于 OBE 理念的课程质量评价构建与实施——以《单片机原理及应用》课程为例[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(5): 147-148.
- [5] 田腾飞, 刘任露. OBE 认证理念下师范类专业的课程建设[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2022(1): 41-52, 205.
- [6] 侯光文, 著. 教育评价概论[M]. 石家庄: 河北教育出版社, 1996.
- [7] 王景英, 主编. 教育评价[M]. 第 2 版. 北京: 中央广播电视大学出版社, 2016.
- [8] 王永泉, 胡改玲, 段玉岗, 等. 产出导向的课程教学: 设计、实施与评价[J]. 高等工程教育研究, 2019(3): 62-68, 75.
- [9] 高中文, 宋伟伟. 一种基于 AHP 的教学质量评估方法[J]. 信息技术, 2006(12): 47-49.
- [10] 王燕, 于美菊, 贾如. 基于改进 AHP 的教学质量评估方法[J]. 计算机教育, 2018(2): 156-160.
- [11] 余锦秀. 基于 AHP 模糊综合评价法的高等院校公共艺术教育课程教学质量评估研究[J]. 高教学刊, 2019(14): 1-5.
- [12] 谢季坚, 刘承平, 主编. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006.
- [13] 许树柏. 层次分析法原理实用决策方法[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [14] 叶珍. 基于 AHP 的模糊综合评价方法研究及应用[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [15] 魏红, 钟秉林. 重视学生学习效果 改善教育评估效能——国际高等教育评估发展新趋势及其启示[J]. 中国高教研究, 2009(10): 16-19.