



基于模糊数学理论的岩土工程课程群实验教学体系优化的评价与分析

袁艺宸^{1,2}, 苗雨¹, 周博¹

(1. 华中科技大学土木与水利工程学院, 武汉 430074; 2. 武汉纺织大学湖北省数字化纺织装备重点实验室, 武汉 430073))

摘要: 该文根据岩土工程课程群的实验教学特点建立了对应的教学评价体系, 并以课程群核心课程土力学实验为例, 利用模糊数学理论设计多种合成算法模型对实验教学质量进行了二级综合评价。通过对实验课程教学体系的改革优化, 实验课前预习考核机制的设置, 实验准备环节的落实, 虚拟仿真实验项目的增设等, 增强了学生的实验参与度, 有效提升了实验教学质量。

关键词: 模糊数学; 岩土工程; 实验教学; 教学体系优化

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240089

Optimization of Teaching System for Geotechnical Engineering Experiment Course Based on Fuzzy Mathematics Theory

YUAN Yichen^{1,2}, MIAO Yu¹, ZHOU Bo¹

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Hubei Key Laboratory of Digital Textile Equipment, Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China)

Abstract: According to the teaching characteristics of the geotechnical engineering course experiment, a corresponding teaching evaluation system is established. Taking the soil mechanics course experiment as an example, a variety of synthesis algorithm models are designed using the fuzzy mathematics theory to conduct a secondary comprehensive evaluation of the experimental teaching quality. Through the reform and optimization of the curriculum teaching system, setting up a preview assessment mechanism before experimental classes, the implementation of pre-class preparation process, and the addition of virtual simulation experiment projects, students' participation in experiments has been enhanced, and the quality of experimental teaching has been effectively improved.

Key words: fuzzy mathematics; geotechnical engineering; experimental teaching; optimization of teaching system

实验教学是高等教育体系中不可或缺的组成部分^[1], 对于应用性极强的工科专业来说, 实验课程更是有着无可替代的地位^[2], 在学生理解理论知识、提升动手能力、培养科研素质等方面均起到了重要作用^[3]。

岩土工程课程群是土木工程专业课程的重要组成部分, 课程类目丰富, 知识覆盖面广^[4]。以华中科技大学为例, 课程群包括的理论课程有: 工程地质、土力学、岩体力学、基础工程设计原

理、地基处理技术、土动力学与岩土工程抗震、深基坑工程、地下结构工程、岩土工程勘察与测试技术等, 所对应的实验和实践课程有: 工程地质实践、土力学实验、土动力学实验、岩土工程原位实验、岩体力学实验等。随着时代的不断进步, 专业领域技术的飞速发展, 岩土工程专业实验课程原有的教学体系已经沿用多年, 实验课程的内容变化不大, 并且存在着教学模式单一、教学内容滞后、实践内容不足、缺乏创新意识、学

收稿日期: 2024-02-29; 修回日期: 2024-08-21

基金项目: 国家自然科学基金(52278353); 湖北省高等学校省级教学研究项目(2020008); 华中科技大学教学研究项目(2022066); 湖北省数字化纺织装备重点实验室 2020 年度开放课题(KDTL2020002); 湖北高校省级教学研究项目(2021072); 华中科技大学实验技术研究项目(2025-2-16)。

作者简介: 袁艺宸(1991-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事实验教学研究与创新项目设计, 结构损伤识别方面的研究。E-mail: yuanyc@hust.edu.cn

生参与度不高等问题^[5-6]，已经成为制约教学质量提高的主要因素之一，不能满足当前我国高等教育对新工科建设人才培养的需求。

课程体系是人才培养质量的关键因素，也是实现人才培养目标的重要载体和手段^[7]，为满足当前社会的实际工程需求，在此情况下，对岩土工程课程群体系进行改革优化，是适应时代发展的必然选择。

1 岩土工程课程群实验教学体系内容优化

为了有效提高实验教学质量，本着以学生为中心，以产出为导向，持续改进的基本原则，基于目前的教學情况以及原有的实验教学体系存在的诸多不足，从教学模式、教学内容、增强学生参与度等多方面针对岩土工程专业实验课程提出了一系列的优化改进内容。

1.1 重视预习环节，设置预习考核机制

根据问卷调查结果，仅有 38.4% 的学生会进行课前预习，而对于实验课程而言，如无有效预习，将会使得在本就有限的实验课时内教学效果大打折扣。因此学院的岩土方向教学团队在课程教学中加强预习环节的指导和考核，要求在实验课前学生必须充分预习实验目的、原理、仪器、内容以及操作步骤等内容，并采用全过程监督机制，设置考核机制，完成考核试题才算完成实验预习，确保预习质量。

1.2 增强学生参与度，实验准备内容由学生完成

大部分实验课程的试样都是由实验老师预先准备供学生上课时直接使用，而样品的制备其实是实验的重要环节。以土力学实验为例，实验中使用的主要试样是圆形土饼，是经过过筛、称重、加水搅拌、冲击成型、脱模所得，制作过程中土与水的配比、装填土的质量等等都会改变试样的物理力学性能，学生通过参与制样过程能够对实验对象和内容有更加直观的认识，也为创新性、综合性实验的开展打下坚实的基础。

1.3 增设虚拟仿真实验项目，多模式教学手段

岩土工程课程群中的土的三轴实验是土力学的重要实验之一，利用三轴仪测定土不同围压下的抗剪强度，得出土的抗剪强度指标黏聚力 c 和摩擦角 ϕ ，可以估算地基承载力，评价地基稳定性，计算挡土墙土压力等。根据对国内部分开设该课程的院校的调研并结合华中科技大学的教学

情况，由于受到场地和实验设备等条件约束，三轴实验多是以实验老师进行动手演示学生在旁观摩的演示实验模式，学生参与度不高，实验教学达不到预期效果。

鉴于该情况，土木与水利工程学院增设土的三轴虚拟仿真实验，可以实现土的不固结不排水剪切试验(UU 试验)、固结不排水剪切试验(CU 试验)以及固结排水剪切试验(CD 试验)，学生通过虚拟试验平台掌握上述 3 种三轴剪切试验操作的区别，理解不同排水条件以及固结与否对土体强度的影响。

2 实验教学质量评价体系

2.1 确定实验教学质量评价指标

教学评价指标体系是指由教育评价目标分解出来的评价指标的集合，以及各项指标的评价标准和权重，是进行教育评价的基本依据^[8]。结合国家级实验教学示范中心验收指标体系和本科专业水平评估体系以及课堂教学质量评价体系^[9-10]，根据模糊评价原理以及岩土工程课程群实验教学的特点^[11-12]，设定了实验教学条件、实验教学内容、实验教学实施、实验教学效果 4 个一级评价指标，以及仪器设备、实验人员、指导文件、项目丰富度、内容充实度、教学态度、教学组织、考核合理、学生参与度、掌握程度、创新能力 11 个二级指标，如图 1 所示。

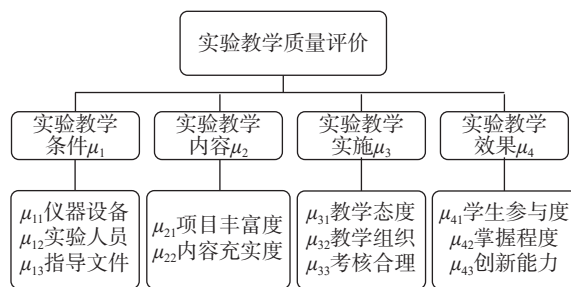


图 1 实验教学质量评价指标

2.2 确定实验教学质量评价指标权重

对于实验教学质量评价这一问题，每个评价指标存在着重要性差异，因而需要确定每个评价指标的权重。

根据岩土工程课程实验的特点，采用专家调查法，邀请相关领域专家、教授对各个评价指标重要性程度赋值，其中一级指标重要性总和为 100 分，每个一级指标所对应的二级指标重要性总

和为10分,共邀请了15位专家参与评价,专家对一级指标的评分如表1所示。

表1 一级指标重要性专家评价结果

专家编号	实验教学条件	实验教学内容	实验教学实施	实验教学效果
1	19	28	34	19
2	20	25	30	25
3	22	25	28	25
4	18	22	28	32
5	25	25	25	25
6	15	20	30	35
7	20	25	32	23
8	20	25	28	27
9	15	23	29	33
10	25	27	32	16
11	20	25	30	25
12	18	23	29	30
13	16	23	31	30
14	19	24	30	27
15	18	23	31	28

根据专家评价结果计算出4个一级指标的权重分别为19.3%、24.2%、29.8%、26.7%,结合专家一同给出的对应二级指标的权重,建立教学质量评价体系,如表2所示。

表2 实验教学质量评价体系

一级指标	权重	二级指标	权重
实验教学条件	0.193	仪器设备	0.30
		实验人员	0.30
		指导文件	0.40
实验教学内容	0.242	项目丰富度	0.50
		内容充实度	0.50
实验教学实施	0.298	教学态度	0.20
		教学组织	0.60
		考核合理	0.20
实验教学效果	0.267	学生参与度	0.35
		掌握程度	0.35
		创新能力	0.30

3 模糊理论分析

运用模糊数学的理论可以对受多因素影响的对象进行综合评价^[13],能够较好地解决模糊的、复杂的不确定性问题,下面通过模糊数学理论对实验教学质量进行综合评判,对评价指标的隶属度的分析比较,得到最终的评价结果。

模糊数学综合评价一般步骤^[14]如下:

1) 确定因素集 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_m\}$, u_i 表示对目标有影响的第 i 个因素指标;

2) 确定评价集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_n\}$, v_j 表示评价的第 j 个等级;

3) 做单因素评价,确定评价矩阵 $R=(r_{ij})_{m \times n}$, r_{ij} 表示第 i 个因素指标对第 j 个等级的隶属度;

4) 确定各因素权重 $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)$;

5) 选择合成算子,对权重向量 W 和评价矩阵 R 进行合成运算,计算得到评估对象对各等级的隶属向量 B , 并进行归一化处理:

$$B=W \circ R = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} = [b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_n] \quad (1)$$

6) 由隶属向量 B 判断评估对象的评价等级。

在实际的综合评价问题中,需要考虑的各种因素一般较多,可以将因素按某些属性进行分类^[15], 然后进行分级, 先进行单因素评价, 后进行二级综合评价, 根据需要还可以考虑更多级的综合评价。

本文选取岩土工程课程群核心课程土力学实验课为分析课程,在进行课程体系优化后,对2021级土木工程专业上土力学实验课的教学质量进行综合评价,并与往届的评价结果进行对比。

3.1 主因素决定模型综合评价

主因素决定模型是进行 (\vee, \wedge) 合成运算,即采用 Zadeh 算子。

1) 确定因素集 U , 实验教学评价指标(图1)中已经确定了一级指标和二级指标,一级指标的因素集: $U=\{\text{实验教学条件, 实验教学内容, 实验教学实施, 实验教学效果}\}$ 。二级指标的因素集: 实验教学条件 $U_1=\{\text{仪器设备, 实验人员, 指导文件}\}$, 实验教学内容 $U_2=\{\text{项目丰富度, 内容充实度}\}$, 实验教学实施 $U_3=\{\text{教学态度, 教学组织, 考核合理}\}$, 实验教学效果 $U_4=\{\text{学生参与度, 掌握程度, 创新能力}\}$ 。

2) 确定评价集 $V=(\text{优, 良, 中, 差})$ 。

3) 确定评价矩阵 R , 根据所建立的评价指标体系,邀请教师及学生从优、良、中、差4个等级对各个指标进行评价,结果如表3所示。

表 3 实验教学质量评价

一级指标	二级指标	未进行课程体系优化				课程体系优化后			
		优	良	中	差	优	良	中	差
实验教学条件	仪器设备	0.200	0.500	0.300	0	0.200	0.500	0.300	0
	实验人员	0.300	0.450	0.250	0	0.300	0.450	0.250	0
	指导文件	0.300	0.400	0.300	0	0.500	0.400	0.100	0
实验教学内容	项目丰富度	0.400	0.500	0.100	0	0.500	0.500	0	0
	内容充实度	0.500	0.400	0.100	0	0.500	0.500	0	0
实验教学实施	教学态度	0.600	0.400	0	0	0.600	0.400	0	0
	教学组织	0.200	0.500	0.300	0	0.500	0.350	0.150	0
	考核合理	0.450	0.550	0	0	0.450	0.550	0	0
实验教学效果	学生参与度	0.250	0.500	0.250	0	0.400	0.550	0.050	0
	掌握程度	0.350	0.400	0.250	0	0.550	0.400	0.050	0
	创新能力	0.100	0.300	0.500	0.100	0.400	0.400	0.200	0

以未进行课程体系优化时的一级指标“实验教学条件”为例，获得其评价矩阵为：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.200 & 0.500 & 0.300 & 0 \\ 0.300 & 0.450 & 0.250 & 0 \\ 0.300 & 0.400 & 0.300 & 0 \end{bmatrix}$$

4) 确定权重向量，以一级指标“实验教学条件”为例，其权重向量 $W_1=[0.30, 0.30, 0.40]$ 。

5) 采用 Zadeh 算子，即进行 (\vee, \wedge) 合成运算，计算得到评估对象对各等级的隶属向量 B ，并进行归一化处理：

$$M(\vee, \wedge): b_j = \bigvee_{i=1}^n (w_i \wedge r_{ij}) \quad (2)$$

以往届未进行课程体系优化时的一级指标“实验教学条件”为例，得到隶属向量 B_1 为：

$$B_1 = [0.30 \quad 0.30 \quad 0.40] \circ$$

$$\begin{bmatrix} 0.20 & 0.50 & 0.30 & 0 \\ 0.30 & 0.45 & 0.25 & 0 \\ 0.30 & 0.40 & 0.30 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$[0.30 \quad 0.40 \quad 0.30 \quad 0]$$

用同样的方法计算各一级指标的隶属向量，实验教学条件、实验教学内容、实验教学实施、实验教学效果的隶属向量分别为(后均省去归一化过程)：

$$B_1 = [0.300 \quad 0.400 \quad 0.300 \quad 0]$$

$$B_2 = [0.455 \quad 0.455 \quad 0.090 \quad 0]$$

$$B_3 = [0.200 \quad 0.500 \quad 0.300 \quad 0]$$

$$B_4 = [0.318 \quad 0.318 \quad 0.273 \quad 0.091]$$

总体评价隶属度向量 B 如下，其中 W 为一级指标的权重向量：

$$B = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} =$$

$$[0.193 \quad 0.242 \quad 0.298 \quad 0.267] \circ$$

$$\begin{bmatrix} 0.300 & 0.400 & 0.300 & 0 \\ 0.455 & 0.455 & 0.090 & 0 \\ 0.200 & 0.500 & 0.300 & 0 \\ 0.318 & 0.318 & 0.273 & 0.091 \end{bmatrix} =$$

$$[0.280 \quad 0.312 \quad 0.312 \quad 0.096]$$

同理按照上述步骤计算出课程体系优化后的隶属度向量 B' 为：

$$B' = W \circ \begin{bmatrix} B'_1 \\ B'_2 \\ B'_3 \\ B'_4 \end{bmatrix} =$$

$$[0.193 \quad 0.242 \quad 0.298 \quad 0.267] \circ$$

$$\begin{bmatrix} 0.364 & 0.364 & 0.272 & 0 \\ 0.500 & 0.500 & 0 & 0 \\ 0.500 & 0.350 & 0.150 & 0 \\ 0.389 & 0.389 & 0.222 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$[0.378 \quad 0.378 \quad 0.244 \quad 0]$$

可以看出，未进行课程体系优化时的评价结果中良和中等级的隶属度是一致的，而进行了课程体系优化后优和良等级的隶属度是一致的，无法区分隶属度从而确定评价等级，出现了超模糊的情况，该分析模型未能有效给出评价结果。

3.2 加权平均模型综合评价

由于采用 Zadeh 算子的综合评价模型分析出现了超模糊的现象，现采用加权平均模型^[16]进行

分析。

加权平均模型的权重向量 W 和评价矩阵 R 是采用 $(+, \cdot)$ 算子进行合成运算:

$$M(+, \cdot): b_j = \sum_{i=1}^n (w_i r_{ij}) \quad (3)$$

以未进行课程体系优化时的一级指标“实验教学条件”为例, 计算隶属向量 B_1 :

$$B_1 = [0.300 \quad 0.300 \quad 0.400] \circ \begin{bmatrix} 0.200 & 0.500 & 0.300 & 0 \\ 0.300 & 0.450 & 0.250 & 0 \\ 0.300 & 0.400 & 0.300 & 0 \end{bmatrix} = [0.270 \quad 0.445 \quad 0.285 \quad 0]$$

未进行课程体系优化时, 实验教学条件、实验教学内容、实验教学实施、实验教学效果的隶属向量分别为:

$$B_1 = [0.270 \quad 0.445 \quad 0.285 \quad 0]$$

$$B_2 = [0.450 \quad 0.450 \quad 0.100 \quad 0]$$

$$B_3 = [0.330 \quad 0.490 \quad 0.180 \quad 0]$$

$$B_4 = [0.240 \quad 0.405 \quad 0.325 \quad 0.030]$$

总体评价隶属度向量 B 为:

$$B = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.193 & 0.242 & 0.298 & 0.267 \\ 0.270 & 0.445 & 0.285 & 0 \\ 0.450 & 0.450 & 0.100 & 0 \\ 0.330 & 0.490 & 0.180 & 0 \\ 0.240 & 0.405 & 0.325 & 0.030 \end{bmatrix} = [0.323 \quad 0.449 \quad 0.220 \quad 0.008]$$

用同样的方法计算课程体系优化后的隶属度向量 B' 为:

$$B' = W \circ \begin{bmatrix} B'_1 \\ B'_2 \\ B'_3 \\ B'_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.193 & 0.242 & 0.298 & 0.267 \\ 0.350 & 0.445 & 0.205 & 0 \\ 0.500 & 0.500 & 0 & 0 \\ 0.510 & 0.400 & 0.090 & 0 \\ 0.453 & 0.453 & 0.094 & 0 \end{bmatrix} = [0.462 \quad 0.447 \quad 0.091 \quad 0]$$

根据最大隶属原则, 未进行课程体系优化时的综合评价结果为良, 课程体系优化后的综合评价结果为优。

3.3 主因素突出模型综合评价

采用 (v, \cdot) 算子进行合成运算, 即:

$$M(v, \cdot): b_j = \bigvee_{i=1}^n (w_i r_{ij}) \quad (4)$$

以未进行课程体系优化时的一级指标“实验教学条件”为例, 计算隶属向量 B_1 :

$$B_1 = [0.300 \quad 0.300 \quad 0.400] \circ \begin{bmatrix} 0.200 & 0.500 & 0.300 & 0 \\ 0.300 & 0.450 & 0.250 & 0 \\ 0.300 & 0.400 & 0.300 & 0 \end{bmatrix} = [0.300 \quad 0.400 \quad 0.300 \quad 0]$$

未进行课程体系优化时, 实验教学条件、实验教学内容、实验教学实施、实验教学效果的隶属向量分别为:

$$B_1 = [0.300 \quad 0.400 \quad 0.300 \quad 0]$$

$$B_2 = [0.455 \quad 0.455 \quad 0.090 \quad 0]$$

$$B_3 = [0.200 \quad 0.500 \quad 0.300 \quad 0]$$

$$B_4 = [0.257 \quad 0.366 \quad 0.314 \quad 0.063]$$

总体评价隶属度向量 B 为:

$$B = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.193 & 0.242 & 0.298 & 0.267 \\ 0.300 & 0.400 & 0.300 & 0 \\ 0.455 & 0.455 & 0.090 & 0 \\ 0.200 & 0.500 & 0.300 & 0 \\ 0.257 & 0.366 & 0.314 & 0.063 \end{bmatrix} = [0.301 \quad 0.408 \quad 0.244 \quad 0.047]$$

课程体系优化后的隶属度向量 B' 为:

$$B' = W \circ \begin{bmatrix} B'_1 \\ B'_2 \\ B'_3 \\ B'_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.193 & 0.242 & 0.298 & 0.267 \\ 0.444 & 0.356 & 0.200 & 0 \\ 0.500 & 0.500 & 0 & 0 \\ 0.500 & 0.350 & 0.150 & 0 \\ 0.433 & 0.433 & 0.134 & 0 \end{bmatrix} = [0.473 \quad 0.384 \quad 0.143 \quad 0]$$

根据最大隶属原则,未进行课程体系优化时的综合评价结果为良,课程体系优化后的综合评价结果为优。

3.4 结果分析

用 3 种方法计算的隶属度对比如表 4 和表 5 所示。

表 4 未进行课程体系优化三种模型隶属度对比

B	优	良	中	差
$M(v, \wedge)$	0.280	0.312	0.312	0.096
$M(+, \cdot)$	0.323	0.449	0.220	0.008
$M(v, \cdot)$	0.301	0.408	0.244	0.047

表 5 课程体系优化后三种模型隶属度对比

B'	优	良	中	差
$M(v, \wedge)$	0.378	0.378	0.244	0
$M(+, \cdot)$	0.462	0.447	0.091	0
$M(v, \cdot)$	0.473	0.384	0.143	0

除采用主因素决定模型($M(v, \wedge)$)计算出现了超模糊情况,加权平均模型($M(+, \cdot)$)以及主因素突出模型($M(v, \cdot)$)的结果按照最大隶属度原则,均得出了未进行课程体系优化时教学质量综合评价等级为良,课程体系优化后的教学质量综合评价等级为优的分析结果。

4 结束语

随着岩土学科随时代的不断发展和进步,学生对岩土工程课程群实验教学内容和形式的需求也在逐渐提高,学校结合实际教学需求痛点以及与国内外高校学科建设优秀经验,通过对岩土工程课程群实验教学体系进行改革,增加实验预习环节监督,设置预习反馈机制;加强学生实验参与度,要求全过程参与;优化实验教学模式,增设虚拟仿真实验项目等。运用模糊数学理论的多个模型对教学质量进行分析、评价和对比,经过一系列的优化改进措施后,增强了实验教学的有效性,提升了学生对岩土工程专业知识的理解,并且使学生变被动学习为主动学习,在实际操作能力、分析应用能力和发现解决问题能力等方面得到了锻炼,对培养创新型人才起到了重要的促进作用。

参考文献

- [1] 肖源,张卯,马彦琪,等.新时代“双一流”建设中实验教学中心的建设探究[J].实验室研究与探索,2021,40(1):139-143.
- [2] 钱红萍,李书进,史贵才.土木工程专业实验教学新体系的构建与实践[J].实验室研究与探索,2012,31(10):122-125.
- [3] 肖俊生,刘庆智,朱小青,等.高校实验教学质量评价体系的构建[J].实验室科学,2017,20(5):182-185.
- [4] 王培涛,任奋华,蔡美峰.基于虚拟现实和3D打印技术的“虚实结合”教学模式在岩土工程课程中的应用探索[J].高等建筑教育,2020,29(1):156-161.
- [5] 邓华锋,李建林,刘大翔,等.地方高校岩土与地下工程专业的建设与思考[J].教育教学论坛,2017(36):249-251.
- [6] 王旗.实验教学体系内涵式发展的驱动模型研究[J].高等工程教育研究,2022(6):39-43.
- [7] 张继延,周屹峰.高校创新创业人才的协同培养研究[J].国家教育行政学院学报,2016(7):61-66.
- [8] 刘嘉南,胡今鸿,王晓迪.高校实验教学质量保障与评价探析与实践[J].实验技术与管理,2013,30(8):129-131.
- [9] 蔡红梅,许晓东.高校课堂教学质量评价指标体系的构建[J].高等工程教育研究,2014(3):177-180.
- [10] 张炜,邓勇新,辛越优,等.多元分类视角的高等工程教育评价指标体系构建及其应用:以97所“双一流”建设高校为样本[J].中国高教研究,2021(2):10-15.
- [11] 倪庚,陈俊生,秦宇彤,等.基于全面质量管理理论的本科教学质量监控工作评价指标体系的构建[J].教育理论与实践,2019,39(33):15-16.
- [12] 田荣燕,李莉斯,王俊宇.专职实验教师在土木工程实验教学中的重要性[J].实验技术与管理,2015,32(8):209-211.
- [13] 刘永平.基于模糊数学理论的就业质量评价体系研究[J].北京工业大学学报(社会科学版),2018,18(6):88-96.
- [14] 陈水利,李敬功,王向公.模糊集理论及其应用[M].北京:科学出版社,2005.
- [15] 曹谢东.模糊信息技术.模糊信息处理及应用[M].北京:科学出版社,2003.
- [16] 张国立,张辉,孔倩.模糊数学基础及应用[M].北京:化学工业出版社,2011.

编辑 钟晓