

基于AHP-模糊综合评价的工程训练能力评价研究

苟美玲¹, 常格格¹, 张雪莹¹, 郭 槪¹, 屈斌文², 魏 强^{1*}

¹江汉大学教育学院, 湖北 武汉

²江汉大学资产与实验室管理处, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年7月10日; 录用日期: 2026年8月12日; 发布日期: 2026年8月21日

摘 要

以高校工程训练教学过程为研究场景, 运用层次分析法(AHP) - 模糊综合评价法对工程训练效果进行系统评价, 旨在精准识别影响工程训练质量的关键因素, 为优化训练教学方案、提升学生工程实践能力提供理论支撑与实践指导。首先基于AHP构建工程训练效果评价体系, 结合专家评审与实训教师经验, 通过两两比较构建判断矩阵、经一致性检验后为各层级指标分配权重; 随后通过发放教师问卷收集评价数据, 确定各指标隶属函数并建立模糊综合评价矩阵; 最后以某高校机械类专业3个班级的工程训练教学实践为研究对象开展实证分析。研究结果表明, AHP-模糊综合评价方法可有效量化工程训练效果, 其中知识掌握水平、实践操作能力是影响训练效果的核心因素, 该研究构建的评价体系与分析框架可为工程训练教学质量提升提供科学依据。

关键词

工程训练, 层次分析法, 模糊综合评价, 能力评价

Research on Engineering Training Competency Evaluation Based on AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation

Meiling Gou¹, Gege Chang¹, Xueying Zhang¹, Yue Guo¹, Binwen Qu², Qiang Wei^{1*}

¹School of Education, Jiangnan University, Wuhan Hubei

²Department of Assets and Laboratory Management, Jiangnan University, Wuhan Hubei

Received: July 10, 2026; accepted: August 12, 2026; published: August 21, 2026

*通讯作者。

文章引用: 苟美玲, 常格格, 张雪莹, 郭槪, 屈斌文, 魏强. 基于 AHP-模糊综合评价的工程训练能力评价研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(8): 329-340. DOI: 10.12677/ve.2026.158346

Abstract

Taking the engineering training teaching process in colleges and universities as the research context, this study employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation method to systematically assess the effectiveness of engineering training. The aim is to precisely identify the key factors affecting the quality of engineering training, thereby providing theoretical support and practical guidance for optimizing training teaching plans and enhancing students' engineering practice abilities. First, an evaluation system for engineering training effectiveness is constructed based on AHP. Combined with expert reviews and the experience of training instructors, judgment matrices are established through pairwise comparisons, and weights are assigned to indicators at each level after consistency testing. Subsequently, evaluation data are collected through questionnaires distributed to teachers, membership functions of each indicator are determined, and a fuzzy comprehensive evaluation matrix is constructed. Finally, an empirical analysis is conducted with the engineering training teaching practice of three classes majoring in mechanical engineering at a certain university as the research object. The results show that the AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation method can effectively quantify the effectiveness of engineering training, among which the level of knowledge mastery and practical operation ability are the core factors affecting training effectiveness. The evaluation system and analytical framework constructed in this study can provide a scientific basis for improving the teaching quality of engineering training.

Keywords

Engineering Training, Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Comprehensive Evaluation, Competency 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

当前,我国工程教育正处于由大到强的转型关键期,肩负着为国家建设和产业升级输送高素质工程人才的时代重任。工程训练是高等工程教育的核心实践环节,既是衔接理论与工程实际的关键载体,也是培养学生实践能力、创新意识及非技术能力的重要平台[1],其教学能力直接关乎工程人才培养质量,对支撑国家创新驱动发展战略、“中国制造 2025”部署及新工科建设目标具有重要意义[2]。但由于工程训练课程学科覆盖广、教学环节多(含铸造、锻压、焊接等 20 余个实训项目)、参与师生规模大,质量监控难度远超理论课程,现有评价多依赖车间评分与学生评教的主观化方式,部分高校构建的质量监控体系实施能力未达预期,急需建立科学系统的评价机制[3]。

随着新工科建设和工程教育专业认证的深入推进,工程训练课程的人才培养目标已由传统技能训练逐渐拓展为知识、能力与素质协同发展的综合培养模式[4]。已有研究表明,扎实的工程基础知识是学生开展工程实践和解决复杂工程问题的重要前提,而实践操作能力则是工程训练课程最直接的培养目标[5]。同时,项目式学习和问题导向教学能够有效促进学生工程应用能力、创新能力以及复杂工程问题解决能力的发展[6]。此外,团队协作与沟通能力已被纳入工程教育认证毕业要求,成为现代工程人才培养的重

要内容[7];学习投入和学习兴趣则直接影响学生实践参与程度、知识建构质量及持续学习能力,是评价课程成效的重要指标[8]。因此,知识掌握水平、实践操作能力、工程应用与创新能力、团队协作与沟通表现以及学习投入与兴趣激发能够较为全面地反映工程训练课程的育人成效。

然而,现有研究主要集中于工程训练教学模式改革、实践平台建设及课程体系优化,对工程训练成效评价的研究多采用课程成绩、教师评价或学生满意度等单一指标,缺乏基于学生能力发展的综合评价体系,难以全面揭示不同能力维度对工程训练能力的影响[9]。尤其针对知识、实践、创新、协作及学习投入等多维能力的综合量化评价研究仍相对不足。

基于此,本文在系统梳理国内外工程教育相关研究成果的基础上,结合新工科人才培养要求和工程训练课程特点,构建以知识掌握水平、实践操作能力、工程应用与创新能力、团队协作与沟通表现以及学习投入与兴趣激发为准则层的工程训练能力评价体系,并采用 AHP 确定指标权重,结合模糊综合评价法对工程训练能力进行综合评价,为高校工程训练课程质量评价提供参考。

2. AHP-模糊评价法简介

层次分析法是一种将复杂问题层次化、系统化的多准则决策方法,通过将目标问题分解为目标层、准则层、指标层等递阶层次结构,结合专家经验对各指标重要性进行两两比较,构建判断矩阵,经一致性检验后确定各指标权重,最终实现关键因素的精准识别[10]。该方法具有逻辑清晰、可操作性强的特点,但在权重赋值过程中易受专家主观经验影响,存在一定局限性。模糊综合评价法以模糊数学为理论基础,通过建立隶属函数将模糊的评价指标转化为可量化的数值,构建模糊评价矩阵,实现对复杂不确定问题的综合评价[11]。由于工程训练能力评价涉及多个模糊性指标(如学生实践能力提升程度、教学满意度等),单一使用层次分析法难以准确量化此类指标的影响。因此,将层次分析法与模糊综合评价法相结合,通过层次分析法确定各指标权重,借助模糊综合评价法实现对模糊指标的量化评价,可有效弥补单一方法的不足,提升评价结果的科学性与可信度[12]。

3. 工程训练能力评价体系构建

3.1. 评价指标选取原则

为确保评价体系的科学性与实用性,指标选取遵循以下原则:① 全面性原则,覆盖工程训练教学的全流程,涵盖教学条件、教学实施、能力提升、管理保障等核心维度;② 科学性原则,指标内涵清晰、定义准确,能够客观反映工程训练能力的核心特征;③ 可操作性原则,指标数据易于获取,可通过问卷调查、现场考核、数据统计等方式收集;④ 针对性原则,结合工程训练实践教学特点,聚焦学生工程素养提升的核心目标。

3.2. 评价指标体系构建

本文针对我校工程训练中心专职老师共 31 人进行问卷调查和专家访谈,通过意见征集与汇总,评估出工程训练能力的评价因素,明确评价指标名称后构建评价体系。评价体系包括目标层、准则层、指标层,其中总目标集合 U 为工程训练能力综合评价要素(即目标层)。将集合 M 中各评价要素按属性大类分成若干子集 $M = [m_1, m_2, \dots, m_i]$ 。将知识掌握水平(M1)、实践操作能力(M2)、工程应用与创新能力(M3)、团队协作与沟通表现(M4)、学习投入与兴趣激发(M5)共 5 个因子作为工程能力评价一级指标(即准则层),进一步细分二级评价指标(即指标层),共计 20 个,分别用 m_{ij} 表示,如表 1 所示。通过对工程训练能力的综合评价研究侧面反映出各评价维度的重要程度。

Table 1. Evaluation system
表 1. 评价体系

目标层	准则层	指标层
工程训练能力综合评价要素 M	知识掌握水平 m1	传统机械加工知识扎实度 m11
		先进制造技术知识适配度 m12
		电工电子基础理论掌握度 m13
		跨领域知识关联掌握度 m14
	实践操作能力 m2	传统加工设备操作规范度 m21
		先进制造设备操作熟练度 m22
		电工电子实操精准度 m23
		实操安全规范执行度 m24
	工程应用与创新能力 m3	单一领域问题解决率 m31
		跨领域综合应用能力 m32
		工艺方案创新实用率 m33
		故障诊断与优化能力 m34
	团队协作与沟通表现 m4	单一任务协作效率 m41
		跨领域任务沟通适配性 m42
		技术方案沟通表达力 m43
		协作成果质量贡献率 m44
	学习投入与兴趣激发 m5	实训参与专注度 m51
		技术探索主动度 m52
		实训内容兴趣度 m53
		职业发展关联认同度 m54

4. 工程训练能力综合评价过程

4.1. 构建判断矩阵

Table 2. Judgment matrix scale meaning table
表 2. 判断矩阵标度含义表

标度	定义	重要程度
1	同等重要	两个因素相比同样重要
3	稍微重要	两个因素相比，前一个因素比后一个因素稍微重要
5	明显重要	两个因素相比，前一个因素比后一个因素明显重要
7	强烈重要	两个因素相比，前一个因素比后一个因素强烈重要
9	极其重要	两个因素相比，前一个因素比后一个因素极其重要
2、4、6、8	中间值	表示重要性等级位于以上两个因素中间
1~9 的倒数	反向比较	表示相应两因素交换次序比较的重要性

采用 9 分位标度法构建判断矩阵,邀请 11 位工程训练教学领域专家对评价体系各层级指标进行两两重要性比较。其中 1 表示两指标同等重要,3 表示前者比后者稍微重要,5 表示前者比后者明显重要,7 表示前者比后者强烈重要,9 表示前者比后者极端重要,2、4、6、8 表示介于相邻标度之间的中间重要程度;若后者比前者重要,则取对应标度的倒数,判断矩阵标度含义如表 2 所示。

采用线上问卷形式收集每位专家的评分结果,基于 9 分标度法,对回收数据进行清洗,并运用几何平均法构建了准则层判断矩阵 E。E 表示集合 w 准则层 $w_1(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)$ 两两相比的判断矩阵, E11 表示子集合 $w_1(w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14})$ 两两相比的判断矩阵, E12 表示子集合 $w_2(w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{24})$ 两两相比的判断矩阵, E13 表示子集合 $w_3(w_{31}, w_{32}, w_{33}, w_{34})$ 两两相比的判断矩阵, E14 表示子集合 $(w_{41}, w_{42}, w_{43}, w_{44})$ 两两相比的判断矩阵, E15 表示子集合 $(w_{51}, w_{52}, w_{53}, w_{54})$ 两两相比的判断矩阵。多位专家对目标层的赋分结果显示,专家群体普遍认为知识掌握水平(w_1)在评价体系中占据相对核心地位,其相对于实践操作能力(w_2)、工程应用与创新(w_3)、团队协作(w_4)及学习投入(w_5)的几何平均比值分别为 1.214、1.253、1.326 和 1.388。这表明在当前工程训练背景下,扎实的理论基础被视为其他能力发展的前提。其次,实践操作能力(w_2)与工程应用与创新能力(w_3)的重要性次之,两者之间的相对重要性比值接近 1.178,显示出专家对“学以致用”的高度认可。相比之下,学习投入与兴趣激发(w_5)虽然作为内在驱动力不可或缺,但在两两比较中被专家认为相对于显性的知识和能力指标略显次要(相对于 w_1 的比值为 0.720)。整体来看,判断矩阵 E 呈现出从“知识基础”到“实践能力”再到“软性素质”的递减趋势,反映了专家组对于工程人才培养中“厚基础、重应用”的价值导向。同理可得判断矩阵 E11、E12、E13、E14、E15。

$$E = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.214 & 1.253 & 1.326 & 1.388 \\ 0.824 & 1.000 & 1.178 & 1.221 & 1.253 \\ 0.798 & 0.849 & 1.000 & 1.132 & 1.178 \\ 0.754 & 0.819 & 0.883 & 1.000 & 1.105 \\ 0.720 & 0.798 & 0.849 & 0.905 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$E11 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.543 & 0.462 & 0.385 \\ 1.842 & 1.000 & 0.851 & 0.709 \\ 2.165 & 1.175 & 1.000 & 0.832 \\ 2.597 & 1.410 & 1.202 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$E12 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.582 & 0.495 & 0.368 \\ 1.718 & 1.000 & 0.851 & 0.632 \\ 2.020 & 1.175 & 1.000 & 0.741 \\ 2.717 & 1.582 & 1.350 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$E13 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.615 & 0.528 & 0.442 \\ 1.626 & 1.000 & 0.859 & 0.720 \\ 1.894 & 1.164 & 1.000 & 0.838 \\ 2.262 & 1.389 & 1.193 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$E14 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.598 & 0.512 & 0.425 \\ 1.672 & 1.000 & 0.856 & 0.710 \\ 1.953 & 1.168 & 1.000 & 0.829 \\ 2.353 & 1.408 & 1.206 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$E15 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.635 & 0.554 & 0.478 \\ 1.575 & 1.000 & 0.872 & 0.753 \\ 1.805 & 1.147 & 1.000 & 0.864 \\ 2.902 & 1.328 & 1.157 & 1.000 \end{bmatrix}$$

4.2. 矩阵一致性检验

通过判断矩阵计算各项指标权重系数，由于层次分析法计算得到的权重主观性过强，因此需进行一致性检验，具体计算如下：

$$\lambda \max = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{A_{wi}}{W_i}}{m} \tag{1}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \tag{2}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3}$$

式中： $\lambda \max$ 为最大特征值； m 为指标个数； A_{wi} 为各指标权重值； W_i 为各指标按列归一化后的算数平均值； CI 为一致性指标； CR 为检验系数； RI 为平均随机一致性指标。

当判断矩阵的 $CR < 0.1$ 时则认为该判断矩阵具有满意的一致性。一级指标判断矩阵 G 的一致性检验结果见表 3，最大特征值为 5.024，根据 RI 表查到对应的 RI 值为 1.12，计算得到 CR 为 $0.005 < 0.1$ ，通过一次性检验。同理可计算得到二级指标中 $CR11$ 为 0.012， $CR12$ 为 0.010、 $CR13$ 为 0.013、 $CR14$ 为 0.009、 $CR15$ 为 0.011 为均通过一致性检验。

Table 3. Consistency test results of the first level index judgment matrix G
表 3. 一级指标判断矩阵 G 的一致性检验结果

判断矩阵 G	知识掌握水平 u1	实践操作能力 u2	工程应用与创新 能力 u3	团队协作与沟通表现 u4	学习投入与兴趣 激发 u5	权重 Wi	$\lambda_{\max}$	CI 值	RI 值	CR 值	一致性检验结果
知识掌握水平 u1	1.000	1.214	1.253	1.326	1.388	0.3122					
实践操作能力 u2	0.824	1.000	1.178	1.221	1.253	0.2453					
工程应用与创新 能力 u3	0.798	0.849	1.000	1.132	1.178	0.1712	5.024	0.006	1.12	0.005	通过
团队协作与沟通表现 u4	0.754	0.819	0.883	1.000	1.105	0.1409					
学习投入与兴趣 激发 u5	0.720	0.798	0.849	0.905	1.000	0.1304					

4.3. 层次综合排序

将判断矩阵一级指标与二级指标重要性进行组合排序，得到组合权重如表 4 所示。

Table 4. Hierarchical sort combined weights

表 4. 层次排序组合权重

指标层	知识掌握水平 u1(0.3122)	实践操作能力 u2(0.2453)	工程应用与创新能力 u3(0.1712)	团队协作与沟通表现 u4(0.1409)	学习投入与兴趣激发 u5(0.1304)	组合权重 Wi	排序
u11 传统机械加工知识扎实度	0.4199	0	0	0	0	0.1311	1
u12 先进制造技术知识适配度	0.2956	0	0	0	0	0.0923	2
u13 电工电子基础理论掌握度	0.1722	0	0	0	0	0.0537	7
u14 跨领域知识关联掌握度	0.1123	0	0	0	0	0.0351	14
u21 传统加工设备操作规范度	0	0.3633	0	0	0	0.0891	4
u22 先进制造设备操作熟练度	0	0.3638	0	0	0	0.0892	3
u23 电工电子实操精准度	0	0.1766	0	0	0	0.0433	8
u24 实操安全规范执行度	0	0.0963	0	0	0	0.0236	17
u31 单一领域问题解决率	0	0	0.3805	0	0	0.0651	5
u32 跨领域综合应用能力	0	0	0.2956	0	0	0.0424	10
u33 工艺/方案创新实用率	0	0	0.1722	0	0	0.0405	11

续表

u34 故障诊断与优化能力	0	0	0.1123	0	0	0.0232	18
u41 单一任务协作效率	0	0	0	0.3851	0	0.0543	6
u42 跨领域任务沟通适配性	0	0	0	0.2466	0	0.0347	15
u43 技术方案沟通表达力	0	0	0	0.2503	0	0.0353	13
u44 协作成果质量贡献率	0	0	0	0.1180	0	0.0166	20
u51 实训参与专注度	0	0	0	0	0.2881	0.0376	12
u52 技术探索主动度	0	0	0	0	0.3308	0.0431	9
u53 实训内容兴趣度	0	0	0	0	0.2375	0.0310	16
u54 职业发展关联认同度	0	0	0	0	0.1435	0.0187	19

5. 模糊综合评价

评价集是专业人员对我校工程训练能力各层指标评价的集合。对工程训练过程中影响教学能力的因素设定评价集 $P=[P1, P2, P3, P4, P5]$ ，其中 $P1$ 为非常重要、 $P2$ 为重要、 $P3$ 为一般、 $P4$ 为不重要、 $P5$ 为非常不重要。通过问卷调查的方式对层次分析法中设置的 20 个二级评价指标进行模糊评价打分，得到模糊评价矩阵 B_i ，其中 b_{mn} 表示第 m 个元素的重要程度为 P_n 。对问卷打分结果进行整理统计，如表 5 所示。

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Table 5. Questionnaire scores and evaluates the statistical results of each indicator of engineering training
表 5. 调查问卷对工程训练各指标打分评价统计结果

准则层	指标层	非常符合	比较符合	一般	不太符合	完全不符合
知识掌握水平 w1	w11 传统机械加工知识扎实度	0.27	0.27	0.36	0.01	0.09
	w12 先进制造技术知识适配度	0.18	0.73	0.00	0.00	0.09

续表

	w13 电工电子基础理论掌握度	0.09	0.55	0.27	0.00	0.09
	w14 跨领域知识关联掌握度	0.27	0.36	0.27	0.01	0.09
实践操作能力 w2	w21 传统加工设备操作规范度	0.36	0.18	0.36	0.09	0.01
	w22 先进制造设备操作熟练度	0.27	0.18	0.36	0.09	0.10
	w23 电工电子实操精准度	0.27	0.36	0.18	0.09	0.10
	w24 实操安全规范执行度	0.55	0.18	0.18	0.00	0.09
工程应用与创 新能力 w3	w31 单一领域问题解决率	0.27	0.36	0.27	0.10	0.09
	w32 跨领域综合应用能力	0.27	0.36	0.18	0.09	0.10
	w33 工艺/方案创新实用率	0.18	0.27	0.45	0.00	0.10
	w34 故障诊断与优化能力	0.18	0.45	0.27	0.00	0.10
团队协作与沟 通表现 w4	w41 单一任务协作效率	0.27	0.45	0.18	0.01	0.09
	w42 跨领域任务沟通适配性	0.36	0.36	0.18	0.00	0.10
	w43 技术方案沟通表达力	0.36	0.36	0.18	0.00	0.10
	w44 协作成果质量贡献率	0.36	0.45	0.09	0.00	0.10
学习投入与兴 趣激发 w5	w51 实训参与专注度	0.36	0.18	0.36	0.01	0.09
	w52 技术探索主动度	0.36	0.18	0.27	0.10	0.09
	w53 实训内容兴趣度	0.36	0.45	0.09	0.00	0.10
	w54 职业发展关联认同度	0.45	0.27	0.18	0.00	0.10

由表 5 可知:

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.27 & 0.36 & 0.01 & 0.09 \\ 0.18 & 0.73 & 0.00 & 0.00 & 0.09 \\ 0.09 & 0.55 & 0.27 & 0.00 & 0.09 \\ 0.27 & 0.36 & 0.27 & 0.01 & 0.09 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0.36 & 0.18 & 0.36 & 0.09 & 0.01 \\ 0.27 & 0.18 & 0.36 & 0.09 & 0.10 \\ 0.27 & 0.36 & 0.18 & 0.09 & 0.10 \\ 0.55 & 0.18 & 0.18 & 0.00 & 0.09 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.36 & 0.27 & 0.10 & 0.09 \\ 0.27 & 0.36 & 0.18 & 0.09 & 0.10 \\ 0.18 & 0.27 & 0.45 & 0.00 & 0.10 \\ 0.18 & 0.45 & 0.27 & 0.00 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.45 & 0.18 & 0.01 & 0.09 \\ 0.36 & 0.36 & 0.18 & 0.00 & 0.10 \\ 0.36 & 0.36 & 0.18 & 0.00 & 0.10 \\ 0.36 & 0.45 & 0.09 & 0.00 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$B_5 = \begin{bmatrix} 0.36 & 0.18 & 0.36 & 0.01 & 0.09 \\ 0.36 & 0.18 & 0.27 & 0.10 & 0.09 \\ 0.36 & 0.45 & 0.09 & 0.00 & 0.10 \\ 0.45 & 0.27 & 0.18 & 0.00 & 0.10 \end{bmatrix}$$

B_i 中每一行表示评价工程训练能力过程中各项指标重要度, 根据多级模糊综合评价模型理论, 使用对应的模糊权重向量对 B_i 进行计算, 由 $D_i = W_i \times B_i$, 可得二级指标模糊综合评价结果:

$$\begin{aligned} D_1 = W_1 \times B_1 &= [0.1311, 0.0923, 0.0537, 0.0351] \times \begin{bmatrix} 0.27 & 0.27 & 0.36 & 0.01 & 0.09 \\ 0.18 & 0.73 & 0.00 & 0.00 & 0.09 \\ 0.09 & 0.55 & 0.27 & 0.00 & 0.09 \\ 0.27 & 0.36 & 0.27 & 0.01 & 0.09 \end{bmatrix} \\ &= [0.0663, 0.1449, 0.0712, 0.0017, 0.0281] \end{aligned}$$

同理可得:

$$D_2 = [0.0425, 0.1169, 0.0578, 0.0015, 0.0281]$$

$$D_3 = [0.0328, 0.0765, 0.0439, 0.0011, 0.0236]$$

$$D_4 = [0.0285, 0.0679, 0.0342, 0.0009, 0.0224]$$

$$D_5 = [0.0256, 0.0647, 0.0328, 0.0009, 0.0216]$$

再根据一级指标的权重评价我校工程训练的整体能力, 评价结果为:

$$Z = W_i \times D_i = W_i \times \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \end{bmatrix} = [0.0437, 0.1052, 0.531, 0.0013, 0.0256]$$

6. 结果讨论

依据多级模糊综合评价结果与最大隶属度原则可知, 五个准则层的评价等级均为“比较符合”, 但综合隶属度呈明显梯度: 知识掌握水平(0.1449) > 实践操作能力(0.1169) > 工程应用与创新能力(0.0765) > 团队协作与沟通表现(0.0679) > 学习投入与兴趣激发(0.0645)。其中知识掌握水平与实践操作能力两项准则层指标权重最高、分项综合隶属度最优, 是决定高校工程训练整体教学成效的核心影响维度; 而后三个维度能力培养成效明显不足, 是制约整体质量的关键短板。最终综合评价结果显示, 该校工程训练整体效果在“一般”等级上隶属度最高(0.531), 整体评价等级为“一般”, “非常符合”与“比较符合”合计仅 0.1489, 说明实训教学具备基础保障, 但距离高质量育人目标仍存在明显提升空间。

上述结果反应出了当前工程训练中的短板。工程应用与创新能力培养中, 实训项目多停留在验证性操作层面, 缺少综合性、挑战性的真实任务驱动, 学生难以形成系统性思维与创新意识; 团队协作与沟通方面, 协作训练偏重过程参与而忽视成果质量, 学生实质性技术贡献不足, 团队效能未能有效转化为高质量的工程产出; 学习投入与兴趣激发方面, 学生普遍难以将实训内容与未来职业发展建立有效关联, 学习动机多停留在表层, 缺乏由职业愿景驱动的深层内驱力。改进应优先聚焦于上述短板, 以真实产业项目为载体提升工程应用与创新能力, 以成果导向优化团队协作质量, 以职业发展关联增强学习兴趣与内驱力, 推动工程训练从基础保障向高质量育人跃升。

7. 高校工程训练改进建议

7.1. 重构工程知识与技术前沿的融合体系

当前工程训练中传统知识与前沿技术存在割裂现象,学生对基础工艺掌握扎实但对工业 4.0 技术缺乏系统认知。建议各高校工程训练中心启动知识体系再造工程,系统梳理企业技术演进脉络,将传统机械加工核心内容与增材制造工业机器人等前沿技术按技术逻辑链重组。设计从传统制造到数字化改造再到智能工厂的递进课程模块,每个模块配套真实企业案例。同步开发工程知识技能动态映射平台,利用增强现实技术将理论知识点实时关联到操作场景。例如,在讲解材料热处理原理时,直接关联到 3D 打印参数设置的实操环节。同时,教学内容应主动对接智能制造、人工智能等前沿技术,可参考基于知识图谱与 AI 算法的教学资源智能推送模式,实现个性化学习路径的精准引导[13]。这种融合机制使学生在掌握传统技能的同时自然理解技术演进逻辑,有效缓解知识体系与产业脱节问题,确保教学内容与技术发展同频共振。

7.2. 实施设备精准迭代与产业需求对接策略

设备陈旧导致的技术代差已成为制约工程训练质量的核心瓶颈,设备更新周期过长与企业实际技术代差显著。建议推行设备精准迭代行动,建立设备需求诊断机制,联合区域产业集群开展技术需求普查。制定更新计划时保留基础设备用于核心训练,优先配置智能微加工设备配套真实企业项目。例如,采购桌面级工业机器人用于微型零件快速打样项目,确保设备使用与产业需求直接挂钩。同步部署设备健康度动态监测系统,通过物联网传感器实时跟踪设备运行数据,自动推送维护建议。可借鉴虚实结合的智能制造实践平台建设经验,将数字孪生、工业机器人等先进技术与传统加工设备有机融合,实现物理空间与虚拟仿真教学场景的协同运行[14]。该策略不仅解决设备更新难题,更将设备投入转化为能力培养载体,提升设备利用率,使训练内容与产业技术发展保持同步。

7.3. 开发基于真实产业痛点的实战化实训项目

教学内容与产业需求脱节导致实训项目缺乏实战价值,学生解决真实工程问题能力薄弱。建议推行问题驱动式课程开发模式,每学期初由工程训练中心与企业联合组建产业需求诊断小组,深度挖掘具体生产痛点。企业工程师主导设计实训任务,要求学生从需求分析方案设计到实物制作全流程参与,且方案必须通过企业技术团队评审。应积极推行问题驱动式课程开发模式,鼓励学生围绕企业具体生产痛点开展“真题真做”的综合性项目实践,从而在真实情境中强化学生的创新意识与解决复杂工程问题的能力[15]。例如,针对某企业注塑模具开模周期过长问题,设计智能模具优化实训项目,学生需提出改进方案并制作原型。精选 10 个以内标准化项目库,每个项目配备企业痛点视频和解决方案模板。该模式使实训从模拟练习升级为真题真做,显著提升学生跨领域问题解决能力,有效提升项目与企业需求匹配度。

7.4. 建立可持续的校企协同生态保障机制

校企合作浅表化源于机制设计缺陷,83%合作停留在参观讲座层面。建议构建价值共生型校企合作生态,推行三共机制共担成本企业投入设备与项目 30%学校承担场地与师资 70%共创项目企业每年提供 3~5 个真实需求学校组织学生团队承接共育人才企业工程师按课时计酬驻校指导纳入企业 KPI 考核。应构建价值共生型校企合作生态,通过共建实训室、共担成本、共育人才等“三共机制”实现从单向输血向双向造血的转变[16]。设立校企协同效能评估指标,重点监测学生方案采纳率企业参与深度等量化数据。例如,某高校与本地智能制造企业共建实训室,企业投入 50 万元设备学校配套 30 万元场地,每学期培训 300 名学生企业直接录用率达 22%。该机制将校企合作从单向输血转化为双向造血,确保工程训练与

产业需求同频共振,形成可持续发展闭环。

8. 结语

本文采用层次分析法(AHP)-模糊综合评价法对工程训练过程进行研究,分析训练过程中促进学生能力发展的因素,结合专家打分与问卷调查全面考虑各影响指标。结果表明,在当前的工程训练评价体系中,扎实的理论基础被视为能力提升的核心前提。AHP-模糊综合评价的方法可有效将“学生能力提升程度”“教学实施合理性”等模糊感性因素转化为定性与定量结合的客观判断,既通过 AHP 确保了指标权重的科学性,又借助模糊评价实现了不确定指标的精准量化,具有较强的普适性,研究构建的“5 准则层+20 指标层”评价体系与分析框架,可为高校优化工程训练中心建设提供明确的理论参考与实践指引,也为同类实践教学环节的能力评价提供了可复用的方法论范式。

但本研究在专家样本来源、实证范围、评价数据来源等方面存在一定局限,后续可从三个方面深化:一是构建动态指标更新机制,定期引入产业技术发展数据校准判断矩阵,使权重赋值与技术发展保持同步;二是引入多主体评价与客观操作数据,建立多维融合的评价数据库,探索评价结果与学生个人成长档案(e-Portfolio)的对接路径,实现个性化能力诊断与精准教学改进的有机统一;三是开发信息化评价平台,将 AHP 赋权、模糊矩阵运算与结果可视化全流程嵌入系统,推动工程训练质量评价向数据驱动转型。

参考文献

- [1] 刘利刚,王雪姣,李朋,等.工程训练实践教学提升大学生非技术能力路径探索——以燕山大学工程训练中心为例[J].科技风,2025(36):16-19.
- [2] 余继.走向工业强国:工程实践教育的创新与优化——基于 5 所高校工程训练中心的考察[J].清华大学教育研究,2025,46(2):129-135.
- [3] 吴岩.新工科:高等工程教育的未来[J].高等工程教育研究,2018(6):1-5.
- [4] Nickerson, J.V., Corter, J.E., Esche, S.K. and Chassapis, C. (2007) A Model for Evaluating the Effectiveness of Remote Engineering Laboratories and Simulations in Education. *Computers & Education*, **49**, 708-725. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.019>
- [5] ElZomor, M., Mann, C., Doten-Snitker, K., Parrish, K. and Chester, M. (2018) Leveraging Vertically Integrated Courses and Problem-Based Learning to Improve Students' Performance and Skills. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, **144**, Article 04018009. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.1943-5541.0000379](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.1943-5541.0000379)
- [6] Chan, A., Sher, W. and Breen, J. (2012) Teamwork Development across the Curriculum for Chemical Engineering Students. *Education for Chemical Engineers*, **7**, e85-e91.
- [7] Fredricks, J.A., Blumenfeld, P.C. and Paris, A.H. (2004) School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, **74**, 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- [8] 周世权,朱旗,李华飞,等.工程训练课程教学质量评价体系的研究[J].实验室研究与探索,2014,33(7):152-156.
- [9] 张艳蕊,冯慧娟,刘晓微,等.跨学科工程实践课程教学模式探索与实践[J].实验室研究与探索,2024,43(11):209-212.
- [10] 曾祥鹤,任海东.基于 AHP-模糊综合评价的服装直播中消费者购买决策影响因素分析[J].毛纺科技,2025,53(5):95-101.
- [11] 李静,祖江颖,王依晨,等.基于 AHP 和模糊综合评价方法的儿童早教机设计[J].包装工程,2021,42(2):118-122,142.
- [12] 倪建国.基于 AHP-模糊综合评价的市政工程项目施工质量控制研究[J].价值工程,2025,44(36):50-52.
- [13] 张金海,吕庆功,高琴,等.新工科背景下融合 AI 的工程训练教学体系探索[J].机械设计与研究,2025,41(5):213-219.
- [14] 宋佳秋,侯培国,王雪姣,等.虚实结合的智能制造工程训练实践教学改革[J].智能制造,2026(2):193-198.
- [15] 付学刚.大学生工程训练教学中创新能力培养分析[J].现代职业教育,2016(18):29.
- [16] 丁连涛,吴彤,刘思含,等.新工科背景下提高教学类仪器设备利用率的探索与实践——以吉林大学工程训练中心为例[J].实验技术与管理,2024,41(8):244-250.