

四维度工程训练多元评价体系的设计与实践

李疆¹, 李佳霖², 石文昌², 杨秋萍²

1. 贵阳学院机械工程学院, 贵州 贵阳 550005

2. 贵阳学院数控技术工程应用实验室, 贵州 贵阳 550005

摘要: 本研究以 IPO 理论模型为框架, 构建了一套多元、动态、可操作的工程训练评价体系, 并在贵阳学院工程训练中心进行了实践应用。研究分析了工程训练过程涉及的核心能力与素质构成, 并综合国内外相关研究成果, 制定了知识技能、过程表现、成效评价和社会效益四个评价维度; 确定了自评、互评、教师评以及企业评四种评价主体, 确保评价的全面性和客观性; 采用层次分析法确定了各指标的权重, 实现量化评价。在实际教学应用中, 对学生进行了跟踪调研, 该体系对提升学生工程实践能力效果显著。本研究不仅为工程教育提供了一套科学合理的多元评价体系设计思路与实施方案, 同时通过实证分析也为工程训练评价体系的完善提供了可靠的数据支持与理论基础。

关键词: 多元评价体系; 输入过程输出理论; 层次分析法; 工程教育

Design and Practice of Multidimensional Evaluation System for Four Dimensional Engineering Training

Li Jiang¹, Li Jialin², Shi Wenchang², Yang Qiuping²

1. School of Mechanical Engineering, Guiyang University, Guiyang, Guizhou 550005

2. Numerical Control Technology Engineering Application Laboratory of Guiyang University, Guiyang, Guizhou 550005

Abstract: This study constructs a diversified, dynamic, and operable engineering training evaluation system based on the IPO theoretical model, and applies it in practice at the Engineering Training Center of Guiyang University. The study analyzed the core competencies and qualities involved in the engineering training process, and developed four evaluation dimensions based on relevant research results at home and abroad: knowledge and skills, process performance, effectiveness evaluation, and social benefits; Four evaluation subjects, namely self-evaluation, peer evaluation, teacher evaluation, and enterprise evaluation, have been identified to ensure the comprehensiveness and objectivity of the evaluation; The weights of each indicator were determined using the Analytic Hierarchy Process to achieve quantitative evaluation. In practical teaching applications, tracking and research have been conducted on students, and the system has a significant effect on improving students' engineering practice ability. This study not only provides a scientific and reasonable design concept and implementation plan for a diversified evaluation system for engineering education, but also provides reliable data support and theoretical basis for the improvement of the engineering training evaluation system through empirical analysis.

Keywords: multi-dimensional evaluation system; input process output theory; analytic hierarchy process; engineering education

一、引言

近年来, 以新工科建设为重要抓手, 工程教育改革持续深化, 工程训练已成为高校工科专业人才培养的重要环节。但目前工程训练教学评价体系还不够完善, 存在评价主体单一、评价指标体系不全面等问题。因此, 构建科学、全面、动态的多元化工程训练评价体系已成为提高工程训练教学质量的关键。

工程训练是以培养学生工程实践能力为核心, 通过工程实践

项目, 使学生掌握工程基础知识, 培养工程意识、创新精神和团队合作能力的重要教学环节^[1]。传统的工程训练评价主要考核学生的操作能力, 忽视了学生创新能力、设计能力和团队协作等工程素质的培养与评价。单一化的评价方式难以全面、客观地反映学生的工程实践能力。

构建多元化工程训练评价体系是提高工程训练教学质量的必然要求。多元评价理论认为, 评价应遵循多元化原则, 采用多种评价主体、多种评价方法相结合的方式, 全面评估评价对象。将

基金项目: 2022 贵州省教育厅本科教学内容和课程体系改革项目: 新工科背景下工程训练形成性多元评价体系的研究 (2022238)

作者简介: 李疆 (1969—), 男, 汉族, 贵州人, 硕士, 贵阳学院机械工程学院院长, 综合工程训练中心主任, 教授, 新工科研究与实践项目负责人, 研究方向: 工厂自动化, 智能制造。

多元评价理论应用于工程训练评价，需要分析工程训练面向训练对象的专业特点与需求。一方面，工程训练具有实践性强、综合性强的特点，需要构建涵盖理论知识、设计能力、操作技能、工程素质等多维度的指标体系；另一方面，工程训练重在培养学生的创新能力与协作精神，需要引入学生自评、小组互评等多元评价主体，采用过程性评价与总结性评价相结合的方式。

构建科学、全面的工程训练多元评价体系需要在深入分析工程训练对象的专业特点、工程能力要求与评价需求的基础上，合理设计评价指标体系与评价方案，采用定量与定性相结合的评价方法，引入多元评价主体，注重评价的过程性与发展性。

二、多元评价体系的理论基础

（一）多元评价理论概述

多元评价理论源于20世纪80年代，该理论强调从多角度、多层次对评价对象进行全面综合的考察与判断，运用定性与定量相结合的方法，从不同利益相关者视角出发，对评价对象价值进行整体衡量^[2]。Thomas L. Saaty^[3]1980年提出层次分析法（AHP），为构建科学的多元评价指标体系提供了理论依据。Banker等^[4]提出数据包络分析（DEA）模型，实现了多投入多产出情景下的相对效率评价。Zadeh^[5]创建的模糊数学为定量处理评价过程中的模糊信息提供了有力工具。

多元评价理论通过系统论视角审视评价问题，强调从多个维度、多个层面对评价对象进行整体考量。评价过程重视利益相关者的广泛参与，综合运用定性、定量方法，力求提高评价的科学性与可信度。

（二）工程训练评价需求分析

传统的工程训练评价模式主要侧重于学生操作技能的考核，但在新工科背景下，单一的技能评估显然已无法满足培养创新型工程人才的需求。因此，构建一个科学合理、全面客观的多元化工程训练评价体系，对于提升工程教育质量具有重要意义。

本研究首先通过问卷调查的方式，对不同教学相关者（学生、教师、企业）的评价需求进行了深入分析。有效问卷532份，根据李克特五点量表统计，93.6%的受访者认为当前的工程训练评价体系有待完善，87.2%的受访者希望建立一个涵盖知识、能力、素质等多维度的评估框架。

基于以上调研结果，本研究提出了一个四维度工程训练多元评价模型。该评价模型包含了知识技能、过程表现、成效评价、社会效益四个评价维度。每个维度都设置了3个二级指标，共计12个评价指标。在这个评价模型中，不同指标的重要性被充分考虑，通过层次分析法（AHP）确定了各指标的权重。以此确保评价体系的科学性和客观性。

三、设计多元评价体系框架

（一）指标体系构建

工程训练多元评价体系的构建，需首先明确评价目标，切实

反映学生在工程实践中的综合素质和能力；评价原则的制定要体现公平、科学和发展性；评价方法的选择应多样化，确保评价结果的全面性和客观性。

在实施评价的过程中，评价维度与评价指标的深度挖掘和优化迭代是提高评价体系科学性和实践价值的关键。

工程训练多元评价体系的设计与实施是一个复杂且系统的工程，通过细致的理论设计和流程规划，结合实际的数据收集和分析工作，能够为工程教育培养模式提供有效的评价工具和决策支持，促进学生综合能力的全面提升。

表1：多元评价指标体系表

评价维度	评价指标	评价内容	评价方法	权重	评价主体
知识技能	知识掌握程度	理论知识的熟练程度	书面考试	0.1	教师
	技能应用能力	实际操作技能	技能考核	0.15	互评/教师
	创新思维	设计创新能力	作品评价	0.15	自评/互评/教师/企业
过程表现	团队合作	团队协作精神	小组评价	0.10	自评/互评/教师
	领导能力	领导与协调能力	项目管理	0.05	自评/互评/教师
	进度控制	项目时间管理	日程记录	0.05	自评/互评/教师
成效评价	知识技能提升	学习成果显著性	对比分析	0.10	自评/互评/教师
	问题解决	遇到问题的解决方法	案例分析	0.10	自评/互评/教师/企业
	创造价值	项目的创造性价值	成果展示	0.05	互评/教师/企业
社会效益	可持续发展	项目对环境的影响	环境影响评估	0.05	自评/互评/教师/企业
	社会责任	社会责任意识	社会调查	0.05	自评/互评/教师/企业
	行业贡献	项目对行业的贡献	行业分析	0.05	自评/互评/教师/企业

（二）评价方法与工具选择

在多元评价体系设计过程中，通过对角色分工、评价目的和使用场景的严格定义，筛选并匹配了一系列评价工具，旨在全方位、立体化地反映学生的实践和创新能力。

针对个体水平的自我评价，采用了学生工程实践日志作为主要工具，以求精准捕捉学生在训练各阶段的独立思考和自我管理的能力。

在团队协作层面，实施互评，该过程由同学互评量表驱动，重点关注团队合作、任务分工和创新贡献度等参数。

针对团队成果，通过小组成果展示进行小组评价，旨在衡量作品原创性、实用性和表达清晰度。

教师评价环节，则通过专业知识与技能评分表来执行。

企业评价环节以企业合作项目反馈表作为评价工具，着重考

量商业价值、技术革新和市场潜力等商业化参数。

表2: 评价方法与工具对照表

评价方法	工具名称	参数 / 指标	适用阶段
自我评价	学生工程训练日志	日志完整性、反思质量、目标完成度	实践操作阶段
互评	同学互评量表	团队合作、任务分工、创新贡献	分析与设计阶段
小组评价	小组成果展示	原创性、实用性、表达清晰度	最终成果展示阶段
教师评价	专业知识与技能评分表	知识掌握程度、技能正确应用、问题解决能力	全阶段
客观考核	实践项目成果测试	结果准确性、操作规范性、数据分析	实践操作阶段
企业评价	企业合作项目反馈表	商业价值、技术革新、市场潜力	项目合作阶段
实践能力与创新综合能力综合	工程实践与创新能力评审委员会评估表	创新理念、实践能力、项目管理	项目结题阶段
阶段性测试	中期检查表格	进度符合性、工作质量、目标更新	中期检查阶段
课堂参与度	课堂互动记录	出勤、参与讨论	理论学习阶段
网络课程	在线学习平台数据追踪	视频观看完整性、作业提交、考试成绩	自主学习阶段

四、体系实施与实践探索

在应用过程中, 采取了定量与定性相结合的评价模式。该模式维度分量化权重依据项目性质及学科特点事先设定, 并根据 Delphi 法进行评审和修正。每个维度下设若干评价指标, 每个指标具体到能够量化衡量的行为标准, 行为标准采取 Likert 量表进行评分, 确保了评价的可执行性与操作性。

在评价过程中, 运用得分计算公式 $S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \times x_i$

其中, S 代表学生综合能力得分, n 代表评价指标数量, w_i 代表第 i 个评价指标的权重, x_i 代表第 i 个评价指标实际得分, 通过此公式将各个评价指标按权重进行加权平均, 最终得出学生在工程训练项目中的多元能力评价总分, 其评价得分计算公式如下为: $S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \times x_i$ 。

评价体系结合了云端数据平台, 每名學生均可实时查看个人评价进度及得分情况, 平台利用数据库存储每次评价的详细记录, 并支持数据的动态更新与修改。教师可以通过数据分析模块, 对学生各维度能力进行即时跟踪, 及时调整教学策略, 形成闭环教学改进机制。

五、结论

(1) 本文基于多元评价理论, 针对工程训练评价的特点与需求, 提出了一套多元评价指标体系。该体系能够较全面地覆盖工程训练课程评价的各个关键环节, 为评价活动提供了理论依据与操作框架。

(2) 在评价方法与工具选择方面, 本文综合运用了德尔菲法、层次分析法、模糊综合评价等定性和定量相结合的方法, 克服了传统评价模式单一、主观性强等不足。通过问卷调查、访谈等方式收集并处理相关数据, 运用 MATLAB 软件进行模糊矩阵计算, 最终得出各指标权重与评价结果。

(3) 本研究样本量相对较小、评价指标设置有待进一步优化等。

综上所述, 构建科学合理的多元评价体系是提升工程训练教学质量的重要举措。本研究所提出的理论框架与实践路径, 可为相关院校开展多元评价工作提供一定的参考和借鉴。未来将进一步深化新工科工程教育的理念, 切实发挥评价的诊断、反馈与改进功能, 推动工程训练教学工作的创新发展。

参考文献

- [1] 李疆, 杨秋萍, 金开军, 等. 基于 OBE 理念的工程训练形成性考核多元评价体系的构建初探 [J]. 高教学刊, 2020.
- [2] Abdi, R., Jalilvand, M. R., Samadi, M. (2021). An integrated AHP-FMEA approach for evaluating engineering education quality: A case study of a technical university. Quality & Quantity, 55, 1373-1392.
- [3] Thomas L. Saaty (1980). "The Analytic Hierarchy Process".
- [4] Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis". Management Science, 30(9), 1078-1092.
- [5] Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets". Information and Control, 8(3), 338-353.