

数字化转型驱动的教育教学持续评价 数学模型研究

陈金山, 王安哲, 查光成

(南京工程学院材料科学与工程学院, 江苏 南京, 211167)

摘要:通过建立专业教学评价的多层次结构模型,构造评价矩阵,给出判定方法并建立隶属度矩阵,能够完成专业教学评价数字化分析数学模型的开发,进而为“一流专业”建设下的教学评价持续改进提供新方法。实践表明,多层次模糊评价模型能够有效实现教学评价定性指标的量化表达,为数字化转型时期一流专业建设中的评价策略新模式提供实践参考。

关键词:数字化;模糊算法;教学评价;持续改进;模型
中图分类号:G642.0

2020 年,欧盟发布了《数字化教育行动计划 2021—2027》,支持成员国的教育和培训系统适应数字时代^[1]。2022 年,在第 77 届联合国大会期间,联合国秘书长古特雷斯提出:“数字革命将成为确保优质全民教育以及转变教师教学和学生学习方式最有力的工具之一。”随后,联合国教科文组织为了推动和指导各国政府编制教育数字化转型的政策规划,又发布了《教育信息通讯政策与规划编制指南》^[2]。中国也明确提出要深入实施“中国教育数字化战略行动”^[3-4],满足不同学习者的多元化学习需求,推进新技术与教育教学融合,探索人才培养新模式,加快教育治理数字化转型。

数字化正越来越广泛地影响着人类的生产、生活,教育数字化正在成为全球的共同行动,特别是发达国家和新型工业化国家都争先恐后推进教育数字化转型的进程:2015 年,法国发布《教育数字化计划》,又于 2023 年发布《数字教育战略 2023—2027》,该战略提出一系列加强学生数字技能的举措,通过使用数字工具促进学生成功^[5];2016 年,俄罗斯联邦政府批准“现代数字教育环境建设项目(2016—2025)”为教育领域的优先项目^[6];同年,德国联邦政府发布“数字世界中的教

育”战略,以回应“工业 4.0”的要求,提出了“数字化教育世界 2030”的总体战略目标并于 2019 年为学校制定了“数字公约”^[7];2017 年,美国发布《美国国家教育技术计划:重新构想技术在教育中的作用》;2022 年,英国教育部发布《英国教育技术的未来机遇》,在当前全球创新的基础上探索教育技术的发展方式^[8-9]。

利用数字技术引领教育转型已然成为全球共识,受到各国家的重视,教育数字化转型是一条全球性的赛道,已成为各国教育发展的核心战略之一。当前我国高校“双一流”建设本质是要求回归一流本科教学和一流课程教学^[10-11],因此,基于教育数字化转型全球背景,对高等教育一流专业建设开展数字化理论研究与实践探索具有重要意义,深入研究数字化技术加持下的教学评价持续改进方法^[12]是高校“一流专业”建设与发展亟待解决的关键课题。

一、评价策略设计

高等教育数字化转型对于促进教育现代化、高质量发展至关重要,已成为教育发展的重要趋势。

收稿日期:2023-10-14; **修回日期:**2023-11-25

基金项目:南京工程学院校级教学改革与建设项目(JXJS2023038);南京工程学院高等教育研究课题(2020YB23);江苏省教育科学十四五规划课题(D/2021/01/76);中国高等教育学会 2022 年度高等教育科学研究规划课题(22DF0413);江苏省高等教育学会“十四五”高等教育科学研究规划课题(YB111)

作者简介:陈金山,博士,讲师,研究方向为高品质钢轧制技术及智能制造装备研究。

E-mail: chenjinshan@njit.edu.cn

引文格式:陈金山,王安哲,查光成.数字化转型驱动的教育教学持续评价数学模型研究[J].南京工程学院学报(社会科学版),2023,23(4): 86-90.

教育数字化是对数字经济战略和《“十四五”数字经济发展规划》^[13]的应答。中国教育现代化战略背景下,扎实推进国家高等教育数字化转型战略,充分挖掘高等教育教学过程中专业课程的高阶性、创新性 & 挑战度内涵,从而实现学生培养的理论素养、实践能力及综合能力的高效融合,能使课程内容更具前沿特性和时代特征。这不仅符合课程思政理念,也满足了课程“两性一度”和经济社会发展的要求。

教学评价模块搭建主要是基于高等教育教学活动过程中多因素、多影响因子相互作用、协同干涉的复杂机理及教育教学过程中多事件并行、交叉触发的固有特性,而创建多元化评价单元是有效实现评价体系多元化的关键所在,也是教育工程认证过程化评价的必然要求,因此,本文创新性地提出构建面向多元化评价单元的教育教学评价属性簇的概念,即具有相同属性的评价体集合,属性簇的主要组成为:(1)学生单元簇, Z_{ass} {指授课对象,应届生、往届学生};(2)教师单元簇, Z_{ass} {指课程团队教师、同行教师及年轻助课教师};(3)行政单元簇, Z_{ass} {教务处教学督导组及相关教育行政部门的教学质量评价、评估机构及团队};(4)专家单元簇, Z_{ass} {具有较高专业水平、高级职称的专业负责人、学科带头人及工程认证领域专家等};(5)企业单元簇, Z_{ass} {毕业生工作企业管理人员及行业专家库}。多元化评价特别强调学生单元簇的评价主体、高权重地位,旨在共同营造活跃、浓厚的学习氛围,提高学生的课堂参与度,提升学习效果,提高人才培养达成度和满意度,最终锻炼学生的思辨能力、分析能力、搜集信息能力、语言表达能力和团队合作能力。

二、评价数字化模型构建

1. 多层次数字化结构定义

传统意义上,单因素、少因子评价体系对于教育教学过程评价的全面性、客观性要求存在较大差距,无法满足高等教育教学活动的多层次、多目标、多维度的模糊状态评价。其实,此类评价问题的数学本质是多因素耦合的复杂、非线性决策问题,科学、全面的评价体系有助于充分发挥其对高等教育教学行为的导向、约束和激励作用。在数字化时代背景下,一流专业建设对教学评价提出了新的要求。传统的教学评价方法应用于当下教育显得捉襟见肘,更加无法满足“一流课程”的“两性一度”建设与发展需求,急需改革和创新教学评价方法。为此,本研究创新性地提出了一种

多层次数字化模糊评价数学模型,其评价过程原理见图 1。

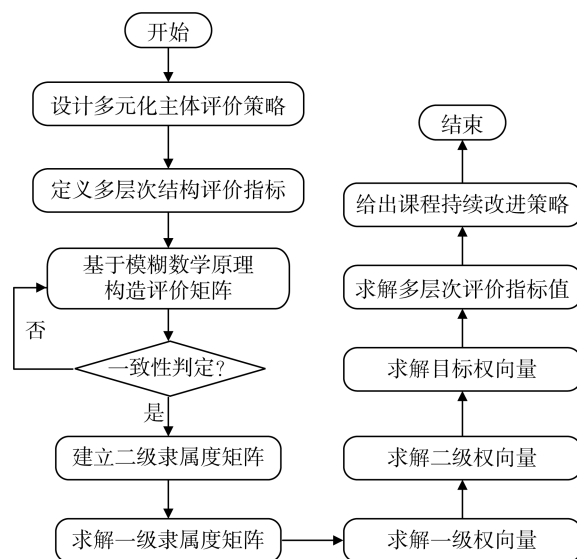


图 1 多层次数字化模糊评价数学模型原理图

本研究为教育教学评价体系构建三大模块,分别应用于评价体系涉及的各层级多元化评价指标,主要包括:顶层模块,用于描述高等教育教学活动过程中的评价问题的研究目标;中间模块,用于描述实现该评价问题研究目标的维度,属于评价体系的宏观标准,具体指实现研究目标所采取的各种路径、方法、政策等;底层模块,用于描述解决该评价问题的具体实施方案、举措、内容等,属于评价体系的微观标准。详细的多层次数字化评价模型结构见表 1。

2. 数字化评价矩阵构造与判定

依据经典的模糊数学理论,各模块中不同影响因素之间的交叉影响程度和耦合度以及对上层模块中关键指标的干涉触发权重都是不同的,需要应用统计学方法给出明确界定,通过高等教育教学过程的大数据统计规律可以定义为: ξ_{ij} 代表同一模块中任意两个影响因素对其上层模块中关键指标的干涉触发权重比值,即干涉比。进而,同理可计算得到同一模块中全部影响因素的干涉比,基于上述结果可顺利构造该评价问题的多层次数字化评价矩阵 Γ ,用于衡量该模块中全部影响因素对其上层模块中关键指标的综合干涉触发程度,同时满足下述数学关系:

$$\Gamma = (\xi_{ij})_n = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \cdots & \xi_{1j} & \cdots & \xi_{1n} \\ \vdots & & \ddots & & \\ \xi_{i1} & & \xi_{ij} & & \xi_{in} \\ \vdots & & & \ddots & \\ \xi_{n1} & & & & \xi_{nn} \end{bmatrix},$$

$$\xi_{ij} > 0, \xi_{ij} = \frac{1}{\xi_{ji}}, \xi_{ii} = 1。$$

基于模糊层次分析法的范式规则,可定义同一模块中任意两个影响因素对其上层模块中关键指标的干涉触发强度,具体规定为:(1)因素 A 与因素 B 对其上层模块中关键指标的干涉触发权重相当,则干涉触发强度为一级;(2)因素 A 较因素 B 对其上层模块中关键指标的干涉触发权重略大,则干涉触发强度为三级;(3)因素 A 较因素 B 对其上层模块中关键指标的干涉触发权重较大,则干涉触发强度为五级;(4)因素 A 较因素 B 对其上层模块

中关键指标的干涉触发权重很大,则干涉触发强度为七级;(5)因素 A 较因素 B 对其上层模块中关键指标的干涉触发权重绝对大,则干涉触发强度为九级;介于上述相对影响关系权重之间的干涉触发强度可分别定义为二级、四级、六级和八级。结合评价问题的调查表进行数理统计分析,可获得各模块对应的数字化评价矩阵的特征行矩阵,然后对其展开归一化矩阵变换,即可顺利得到评价问题的数字化评价矩阵的标准行矩阵,再根据数字化评价矩阵正互反特性原理,可构造评价问题的各模块多层次评价矩阵。

表 1 多层次数字化评价模型结构

顶层模块	中间模块	底层模块
综合 教学 质量	教学内容	ω_{11} : 思政内容适恰,思想意识正确
		ω_{12} : 教学内容注重系统性、数字化资源高丰度
		ω_{13} : 关注学科发展前沿理论及数字化、智能化新技术装备信息
		ω_{14} : 目标明确,重点突出,难易程度分布得当
		ω_{15} : 强化基础理论知识,注重工程性与综合性
	教学风格	ω_{21} : 热爱本职工作,为人师表,教书育人,兢兢业业
		ω_{22} : 课堂互动气氛活跃,治学严谨、耐心解答、诲人不倦
		ω_{23} : 精神风貌良好,注重仪表,节奏控制平稳
		ω_{24} : 课件精致、板书良好,多维数字化资源,教学环节组织良好
		ω_{25} : 待人热情,关心学生,虚心听取意见,持续改进教学水平
	教学方法	ω_{31} : 教学模式线上线下高效并行,拓展立体数字教学资源维度和丰度
		ω_{32} : 理性思维和感性思维相结合,3D、数字化、趣味性较强
		ω_{33} : 适合学科、学生特点,积极引导 学生掌握先进数字化学习方法
		ω_{34} : 智能化、数字化教学手段广泛应用,侧重效率,运用合理
		ω_{35} : 教学形式多元化、数字化,运用得当,注重实际效果
	教学能力	ω_{41} : 语言组织流畅,讲课形象生动,注重数字化技术应用
		ω_{42} : 注重学生数字技能教授,循循善诱,考虑学生个体差异,因材施教
		ω_{43} : 能够将教学知识和科研工作灵活结合,相互融合
		ω_{44} : 授课过程由易到难,深入浅出,内容熟练,数字化资源运用自如
		ω_{45} : 教学过程认真,精益求精,对学生无偏见
	教学效果	ω_{51} : 积极引导 学生树立正确三观,强化学生责任感、安全意识
		ω_{52} : 提高学生发现问题、解决问题的能力,注重工程实践能力培养
		ω_{53} : 深层次挖掘和启发学生创造性思维能力,提升学生数字技能
		ω_{54} : 提升学生主动参与、自主学习能力,激发学生学习兴趣、热情
		ω_{55} : 教学进度实施情况良好,学生成绩持续改进

针对已构造的评价问题的各模块多层次评价矩阵需要进行矩阵结构协调性判定,以保证该构造矩阵的评价方法科学、合理,也是为了进一步验证该评价问题中模糊数学原理的应用场景是否匹配,具体计算程序为:(1)计算各模块对应的数字化评

价矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}^i$ 及其对应的权向量 $\vec{A}_i$;(2)基于对称矩阵的平均随机协调性指标标准值 I_R (表 2),计算各模块对应的数字化评价矩阵的协调性判定系数 $\psi_i = \frac{\lambda_{\max}^i - n}{(n - 1)I_R}。$

表 2 平均随机协调性指标 I_R 标准库

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I_R	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

当 $n = 1, 2$ 时, $I_R = 0$, 各模块对应的数字化评价矩阵的协调性判定通过, 该数字化评价矩阵构造成功; 当 $n \geq 3$ 时, 若 $\psi < 0.1$, 表明各模块对应的数字化评价矩阵的协调性判定通过, 该数字化评价矩阵构造成功, 若 $\psi \geq 0.1$, 表明各模块对应的数字化评价矩阵的协调性判定不通过, 需要重新构造新的数字化评价矩阵。

3. 隶属度数字矩阵建立

通过对教育教学过程评价的各类调查样本的统计学分析, 组织不同的教育教学评价属性簇对象对该评价问题开展多元化评价, 并依据五级评价法给予相应的评价结果, 即可建立评价问题的二级隶属度数字矩阵, 从而完成对该模块的多元化评价。同时, 结合上述二级权向量组, 可进一步求解评价问题的一级隶属度数字矩阵。

4. 数字化目标权向量求解

根据上述结果可计算一级隶属度数字矩阵对应的一级权向量, 可进一步求得评价问题的目标权向量, 再结合多元化评价单元的评价等级结果, 最终可以为评价问题的评价过程提供多维度定量化计算结果, 并为教育教学活动过程的评价持续改进策略提供可靠的理论支撑。

三、数字化评价模型应用

本文选取材料成型及控制工程专业基础课程冶金传输原理的应届、往届各两个班级学生共计 128 人作为教学评价调查样本, 联合教师 6 人、专家 5 人、教务管理 4 人及企业 22 人等各类教育教学评价属性簇 37 人, 总计达 165 人, 要求各评价单元成员按照五级评价法(优[90~100 分], 良好[80~89 分], 中等[70~79 分], 及格[60~69 分], 不及格[45~59 分]), 完成教育教学过程评价表各项评价指标, 然后统计不同评价结果的样本比例, 见图 2。

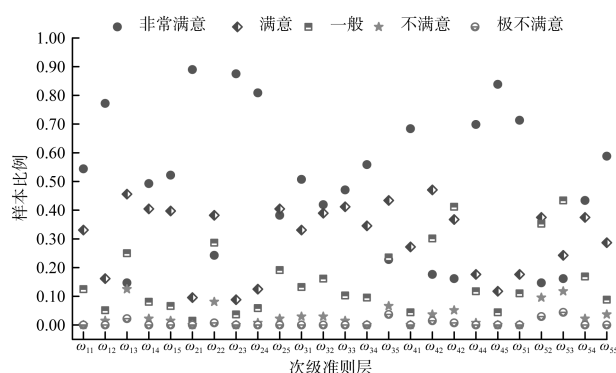


图 2 盲评样本比例统计情况

基于上述调查表统计结果, 根据模糊层次分析法的范式规则, 可顺利得到评价问题的数字化评价

矩阵的标准行矩阵为:

$$e_{\Omega} = \left[\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{8} \right],$$

对其展开归一化矩阵变换, 再根据数字化评价矩阵正互反特性原理, 可构造评价问题的各模块多层次评价矩阵为:

$$\Gamma_{\Omega} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0.333 & 0.400 & 0.25 \\ 0.5 & 1 & 0.167 & 0.2 & 0.125 \\ 3 & 6 & 1 & 1.2 & 0.750 \\ 2.5 & 5 & 0.833 & 1 & 0.625 \\ 4 & 8 & 1.333 & 1.600 & 1 \end{bmatrix},$$

同理可求 $\Gamma_{\Omega_1}, \Gamma_{\Omega_2}, \Gamma_{\Omega_3}, \Gamma_{\Omega_4}, \Gamma_{\Omega_5}$ 。

计算各模块对应的数字化评价矩阵的最大特征根, 得到各模块对应的数字化评价矩阵的协调性判定系数, 并完成数字化评价矩阵的协调性判定, 计算结果表明该数字化评价矩阵 $\{\Gamma_{\Omega}, \Gamma_{\Omega_1}, \Gamma_{\Omega_2}, \Gamma_{\Omega_3}, \Gamma_{\Omega_4}, \Gamma_{\Omega_5}\}$ 协调性判定通过。该数字化评价矩阵的最大特征根对应的一级权向量为:

$$\vec{A}^1 = [0.091 \quad 0.046 \quad 0.273 \quad 0.227 \quad 0.364],$$

二级权向量为: $\vec{A}_{\Omega_1}^2 = [0.093 \quad 0.048 \quad 0.238 \quad 0.333 \quad 0.286]$,

进而建立评价问题的二级隶属度数字矩阵为:

$$\Phi_{\Omega}^2 = \begin{bmatrix} 0.544 & 0.331 & 0.125 & 0 & 0 \\ 0.772 & 0.162 & 0.052 & 0.015 & 0 \\ 0.147 & 0.456 & 0.250 & 0.125 & 0.022 \\ 0.493 & 0.404 & 0.081 & 0.022 & 0 \\ 0.522 & 0.397 & 0.066 & 0.015 & 0 \end{bmatrix},$$

同理可得 $\Phi_{\Omega_2}^2, \Phi_{\Omega_3}^2, \Phi_{\Omega_4}^2, \Phi_{\Omega_5}^2$, 因此, 可进一步求解评价问题的一级隶属度数字矩阵为:

$$\Phi^1 = \vec{A}_{\Omega_i}^2 \cdot \Phi_{\Omega_i}^2 = \begin{bmatrix} 0.437 & 0.396 & 0.120 & 0.042 & 0.005 \\ 0.530 & 0.274 & 0.160 & 0.033 & 0.003 \\ 0.434 & 0.372 & 0.153 & 0.032 & 0.009 \\ 0.353 & 0.351 & 0.259 & 0.030 & 0.008 \\ 0.310 & 0.314 & 0.281 & 0.074 & 0.021 \end{bmatrix},$$

求解评价问题的一级权向量 $\vec{A}^1$, 可求得评价问题的目标权向量为:

$$\vec{A}_T = \vec{A}^1 \cdot \Phi^1 = [0.375 \quad 0.344 \quad 0.221 \quad 0.048 \quad 0.013],$$

再利用加权平均法求出该评价问题的各模块各指标的评价分值分别为:

$$J_c = (\Phi^1 \cdot \vec{A}^T)^T = [84.545 \quad 86.476 \quad 82.386 \quad 74.258 \quad 71.756],$$

这表明该教育教学评价中间模块中的教学内容评价等级为“良好”, 教学风格评价等级为“良好”, 教

学方法评价等级为“良好”,教学能力评价等级为“中等”,教学效果评价等级为“中等”。 $J_o = \vec{A}_T \cdot \vec{A}^T = 81.252$,这表明该教育教学评价顶层模块综合评价等级为“良好”,总体教育教学过程质量良好。

因此,笔者针对冶金传输原理课程的教育教学过程给出持续改进策略:教师在教学内容方面应更加关注学科发展前沿理论及数字化、智能化新技术装备信息;在教学风格方面应注重活跃课堂互动气氛,提高学生学习积极性;在教学方法方面应开展多元化、数字化的教学形式,并注重实际效果;在教学能力方面应考虑学生个体差异,因材施教,注重学生数字技能教授,同时在日常教学过程中能够将教学知识和科研工作灵活结合,相互融合;在教学效果上应侧重提高学生发现问题、解决问题的能力,注重学生工程实践能力培养,同时深层次挖掘和启发学生创造性思维能力、提升学生数字技能。

四、结语

在全面推进高等教育数字化转型背景下,本文以冶金传输原理课程为实例对高等教育一流课程建设进行了探索与实践。基于模糊数学原理的数字化评价方法的详细阐述能够以多维度量化分析结果呈现对教学问题的多层次、多目标综合评价,使得定性评价问题精细化,评价目标更为明确,从而最大限度降低了教学评价中随意性、主观性引起的评价失真程度,进一步提高了评价过程的合理性、高效性及可操作性。该数字化评价模型的实践

应用获得了任课教师和参与学生的高度认可,为解决模糊条件下的综合评价问题奠定了良好的数字化理论基础。

参考文献:

- [1] 梁少林. 高等教育数字化转型与教育教学模式改革研究[J]. 四川文理学院学报, 2023, 33(4): 146-150.
- [2] 孙荣. 回到教育未来:学校教育数字化转型的逻辑向度[J]. 教育理论与实践, 2023, 43(22): 58-64.
- [3] 邵艳芬. 高等教育数字化的缘由、理念与发展理路[J]. 现代教育管理, 2023(8): 31-39.
- [4] 张民选, 薛淑敏. 共同趋势与建设重点:教育数字化转型的全球观察[J]. 中国远程教育, 2023(7): 21-29.
- [5] 郑永和, 王一岩, 郑宁, 等. 教学数字化转型:表征样态与实践路径[J]. 电化教育研究, 2023(8): 5-11.
- [6] Bai X H, Zhang J T. Environmental interpretation of forest communities in Xiaowutai Mountain by fuzzy mathematics analysis [J]. Ecological Informatics, 2018 (48): 178-186.
- [7] Wei P C, He F C. Research on security trust measure model based on fuzzy mathematics [J]. Chaos, Solitons and Fractals, 2019 (128): 139-143.
- [8] 孔祥渊. 德育数字化的意蕴[J]. 教育科学研究, 2023(7): 5-11.
- [9] 马念念. 教师教育数字化的困境与策略[J]. 教学与管理, 2023(8): 29-32.
- [10] 李梦楠. 基于工程教育专业认证理念的一流课程建设探索[J]. 大学, 2022(2): 30-33.
- [11] 丁明珉, 魏洋, 李国芬. 一流课程建设背景下“基础工程”教学改革与实践探索[J]. 大学, 2021(43): 31-33.
- [12] 赵阳, 徐川, 金科. 基于岭回归的新兴交叉学科视角下思政教育满意度评价研究[J]. 南京理工大学学报(社会科学版), 2023(3): 77-83.
- [13] Azadeh A, Salehi V, Mirzayi M. The impact of redundancy and teamwork on resilience engineering factors by fuzzy mathematical programming and analysis of variance in a large petrochemical plant [J]. Safety and Health at Work, 2016 (7): 307-316.

Research on Mathematical Model of Continuous Evaluation of Education and Teaching Driven by Digital Transformation

CHEN Jinshan, WANG Anzhe, ZHA Guangcheng

(School of Materials Science and Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: By establishing the multi-level structure model of professional teaching evaluation, constructing the evaluation matrix, providing the judgment method, and then establishing the membership matrix, the development of the mathematical model of digital analysis of professional teaching evaluation is completed, and then a new method is provided for the continuous improvement of teaching evaluation under the construction of “first-class major”. The practice shows that the multi-level fuzzy evaluation model can effectively realize the quantitative expression of the qualitative indicators of teaching evaluation, and provide practical reference for the new evaluation strategy model in the construction of first-class majors in the period of digital transformation.

Key words: Digitization; Fuzzy Algorithm; Teaching Evaluation; Continuous Improvement; Model