

知识图谱视角下多学科融合工程教育评价体系构建初探

于耀淞

绥化学院，黑龙江绥化，中国

【摘要】针对当前多学科融合工程教育评价中存在的碎片化、维度单一及缺乏系统性等问题，为构建科学且动态适配的评价体系，本研究从知识图谱视角出发，整合文献计量学、网络分析与教育评价理论，探索多学科融合工程教育评价的系统性解决方案。研究过程中，运用知识图谱技术对国内外多学科融合工程教育领域的研究热点、学科交叉节点及评价要素进行可视化分析，识别核心评价维度；结合工程教育认证标准与学科融合特征，构建包含学科交叉深度、教学资源整合度、人才培养质量等维度的评价指标体系；进而通过网络拓扑分析优化指标权重分配，形成多维度耦合的评价模型；通过德尔菲法多轮专家咨询与层次分析法权重校验，验证体系的科学性与可行性。研究表明，该评价体系能有效捕捉多学科融合的动态特征，为工程教育改革提供量化依据与决策支持，丰富了教育评价的方法论体系。

【关键词】知识图谱；多学科融合；工程教育；评价体系；指标构建

【基金项目】2024年度黑龙江省教育科学规划课题研究成果“基于知识图谱的多学科融合工程教育模式探索与实践”（课题编号：GJB1424240）

1. 前言

1.1 研究背景与意义

在全球产业变革与科技创新的浪潮中，工程问题的复杂性日益凸显，传统单一学科的工程教育模式已难以满足社会对复合型工程人才的需求，多学科融合工程教育成为培养创新型工程人才的核心路径。这种教育模式通过打破学科壁垒，整合不同学科的知识、方法与思维，能够有效提升学生解决复杂工程问题的能力，推动工程领域的技术突破与产业升级。然而，当前多学科融合工程教育评价体系仍存在诸多亟待解决的问题。评价内容呈现碎片化特征，多集中于单一课程或项目的局部效果评估，缺乏对多学科融合全过程的系统性考量；评价维度较为单一，侧重于知识传授效果的量化考核，对学生跨学科思维能力、创新实践能力等质性指标的关注不足；评价方法缺乏动态适应性，难以捕捉多学科融合过程中不断涌现的新特征与新需求，导致评价结果难以有效指导教育教学改革。

在此背景下，构建科学、系统、动态的多学科融合工程教育评价体系，对于提升工程教育质量、优化人才培养模式、促进工程教育与产业需求的精准对接具有重要的理论价值与实践意义。从理论层面来看，该研究能够丰富教育评价理论在多学科融合领域的

应用，拓展知识图谱技术的应用场景，为教育评价提供新的方法论支撑；从实践层面来讲，所构建的评价体系可为高校多学科融合工程教育的开展提供明确的评价标准与改进方向，为教育管理部门制定相关政策提供决策依据，助力我国工程教育的国际化与现代化发展。

1.2 国内外研究现状述评

国内对多学科融合工程教育评价的研究始于21世纪初，早期研究主要集中在单一学科与工程教育结合的评价探索上。随着工程教育认证工作的推进，学者们逐渐关注多学科融合的评价问题。在评价指标方面，王建华（2020）在工程教育认证框架下，系统论证了学科交叉课程设置的必要性，为评价指标设计提供了政策依据，但未充分体现多学科融合的特殊性；李红（2020）通过教学实验验证了跨学科教学方法的有效性，其研究方法为指标筛选提供了实践参考，但指标体系的系统性与动态性不足。在评价方法上，国内研究多采用层次分析法、模糊综合评价等传统方法，虽然能够实现评价的量化，但难以处理多学科融合中的复杂关联关系。近年来，知识图谱技术开始被引入教育评价领域，张志强（2022）在医疗大数据领域的知识图谱应用研究，为教育评价中的复杂关系建模提供了技术范式，但尚未形成完

整的评价体系。

国外对多学科融合工程教育评价的研究起步较早,形成了较为丰富的理论与实践成果。MIT的CDIO工程教育模式将多学科融合贯穿于构思、设计、实现、运作全过程,并建立了相应的评价体系,强调对学生实践能力与创新能力的评估;斯坦福大学提出的Design Thinking评价框架,注重多学科团队协作与问题解决能力的评估。在评价方法上,国外学者较早运用网络分析、社会网络图谱等技术分析学科交叉的结构与强度,如Newman(2019)通过网络分析方法研究了学科交叉的模式与影响因素,为评价体系的构建提供了方法借鉴。然而,国外研究多侧重于特定项目或模式的评价,缺乏普适性的评价框架,且对不同文化背景下工程教育的适应性考虑不足。

国内外研究在多学科融合工程教育评价的指标设计、方法应用等方面取得了一定进展,但仍存在以下不足:一是评价体系缺乏对多学科融合动态特征的捕捉,难以适应教育实践的快速发展;二是知识图谱技术在评价中的应用多停留在可视化层面,未深入挖掘其在指标构建、关系分析等方面的潜力;三是评价体系的系统性与跨文化适应性有待提升。因此,本研究从知识图谱视角构建多学科融合工程教育评价体系,具有重要的理论补充与实践完善价值。

2. 理论基础与分析框架

2.1 多学科融合工程教育的内涵与特征

多学科融合工程教育是指在工程教育过程中,打破传统学科边界限制,将不同学科的知识、理论、方法与技能进行有机整合,形成具有整体性和系统性的教育模式。其内涵体现在三个层面:知识层面,整合不同学科的基础知识与专业知识,形成跨学科的知识网络;能力层面,培养学生运用多学科知识解决复杂工程问题的综合能力,包括跨学科思维能力、创新实践能力、团队协作能力等;素养层面,塑造学生的工程伦理素养、全球视野与责任感,使其能够适应工程领域的多元化需求。

多学科融合工程教育具有以下特征:一是学科交叉性,通过不同学科的相互渗透、相互作用,产生新的知识增长点与解决问题的思路;二是动态适应性,能够根据工程领域的技术与产业需求,不断调整学科融合的内容与方式;三是实践性,强调通过实

际工程项目驱动教学过程,提升学生的实践操作能力与问题解决能力;四是系统性,将教学目标、课程体系、师资队伍、教学资源等要素视为一个有机整体,实现各要素的协同发展。

2.2 知识图谱在教育评价中的理论支撑

知识图谱作为一种融合数据挖掘、信息处理、知识表示与可视化技术的工具,为教育评价提供了坚实的理论支撑。从知识表示理论来看,知识图谱通过节点与边的形式直观呈现知识单元之间的关联关系,能够将多学科融合工程教育中的复杂要素与关系清晰地表达出来,为评价指标的提取与体系的构建提供结构化的知识基础。

多学科融合工程教育是一个由多个要素相互作用形成的复杂系统,知识图谱能够对系统中的要素关联、层次结构进行建模与分析,揭示系统的涌现性与动态性,为评价体系的系统性构建提供理论依据。

知识图谱的网络分析功能能够对评价对象的特征与表现进行量化描述,通过计算节点中心度、网络密度等指标,实现对多学科融合程度、教育效果等方面的精准测量,提升评价的科学性与客观性。

2.3 评价体系构建的逻辑框架

多学科融合工程教育评价体系构建的逻辑框架以“理论支撑-要素识别-指标设计-模型构建-验证应用”为核心主线。首先,以多学科融合工程教育的内涵与特征为出发点,结合知识图谱、教育评价等相关理论,奠定评价体系构建的理论基础;其次,运用知识图谱技术对多学科融合工程教育的文献、课程、项目等数据进行分析,识别学科交叉节点、教学资源整合、学生能力发展等核心评价要素;在此基础上,依据工程教育认证标准与教育评价原则,通过德尔菲法(第一轮)将评价要素转化为具体的评价维度与指标,形成初步的评价指标体系;进而通过层次分析法确定指标权重(含一致性检验),构建多维度耦合的评价模型;最后,通过德尔菲法(第二轮)专家验证与实践应用,检验评价体系的科学性与有效性,并根据反馈结果进行优化完善。该逻辑框架体现了从理论到实践、从定性到定量、从构建到验证的系统性思维,确保评价体系能够全面、准确地反映多学科融合工程教育的质量与效果。

3. 研究方法与数据来源

3.1 知识图谱分析方法

知识图谱分析方法是本研究识别多学科融合工程教育评价要素与关联关系的核心方法，主要包括文献计量法与网络分析法。文献计量法通过对多学科融合工程教育领域的相关文献进行量化分析，揭示该领域的研究热点、发展趋势与核心作者群体。具体而言，运用 CiteSpace、VOSviewer 等工具，对文献的发表时间、期刊来源、关键词频次等进行统计分析，生成关键词共现图谱、作者合作网络图谱等，识别出“学科交叉”“工程教育认证”“创新能力培养”等核心研究主题，为评价维度的确定提供依据。

网络分析法用于分析多学科融合工程教育系统中各要素之间的关联关系。通过构建学科知识网络、课程关联网络、师生互动网络等，计算网络的节点中心度、聚类系数、平均路径长度等拓扑指标，量化分析学科交叉的强度、教学资源整合的紧密程度等。例如，在学科知识网络中，节点代表不同的学科知识单元，边代表知识单元之间的关联强度，通过计算节点的中介中心度，识别出在多学科融合中起关键连接作用的核心知识单元，为评价指标的设计提供参考。

3.2 评价指标设计方法

德尔菲法用于筛选与优化评价指标，分两轮实施：

第一轮咨询：基于知识图谱分析结果设计初步指标体系，向 30 位专家（含高校教授、企业工程师、教育研究人员）发放咨询表，收集对指标重要性、合理性的意见，通过算术平均值（ ≥ 4.0 分保留）和变异系数（ < 0.25 保留）筛选指标；

第二轮咨询：针对修改后的指标体系再次征求专家意见，直至指标共识度达到预设阈值（变异系数 < 0.2 ），形成最终评价指标池。

层次分析法用于确定指标权重：将评价体系划分为目标层（多学科融合工程教育评价）、准则层（各评价维度）、指标层（具体评价指标）三个层次；构造判断矩阵，通过两两比较指标的相对重要性，赋予相应的标度值；计算判断矩阵的最大特征值与特征向量，得到各指标的权重；同步进行一致性检验（ $CR < 0.1$ ），确保权重分配科学合理。

3.3 数据采集与处理流程

数据采集主要包括以下几个方面：一是

文献数据，通过中国知网（CNKI）、Web of Science 等数据库，检索多学科融合工程教育相关的期刊论文、学位论文等，检索时间范围为 2010-2024 年，检索关键词包括“多学科融合”“工程教育”“教育评价”等，共获取文献 3200 余篇；二是教育实践数据，选取 5 所开展多学科融合工程教育的高校，收集其课程设置、教学计划、学生成绩、科研项目等数据；三是专家咨询数据，通过问卷星平台向 30 位专家（第一轮）和 15 位专家（第二轮）发放咨询表，收集专家对评价指标的意见与建议。

数据处理流程如下：对于文献数据，首先进行格式转换与去重处理，剔除无关与重复文献，得到有效文献 2850 篇；运用 CiteSpace 等工具对文献数据进行规范化处理，提取关键词、作者、机构等信息，建立文献数据库。对于教育实践数据，对课程名称、知识点、学生成绩等进行标准化编码，将非结构化数据转化为结构化数据；运用 SPSS 软件进行描述性统计分析，处理缺失值与异常值。对于专家咨询数据，采用 Excel 进行数据录入与统计，计算各指标的重要性评分、变异系数等，为指标的筛选与权重的确定提供数据支持。

4. 多学科融合工程教育评价体系构建

4.1 评价维度设计

基于知识图谱对多学科融合工程教育领域的交叉节点分析，结合工程教育的核心目标，设计以下评价维度：

学科交叉深度维度，主要衡量不同学科在知识、方法、思维等方面的融合程度。通过知识图谱识别出的学科交叉节点，分析交叉知识的覆盖范围、融合强度与创新产出，包括交叉课程数量占比、跨学科科研项目数量、学科交叉论文发表数量等指标。

教学资源整合度维度，评估教学资源在多学科融合中的整合与共享情况。基于知识图谱中的资源关联网络，考察师资队伍学科背景多样性、教学平台的跨学科共享程度、实验设备的整合利用率等要素。

人才培养质量维度，聚焦多学科融合教育对学生能力发展的影响。依据知识图谱中学生能力培养的相关节点，从学生跨学科知识掌握程度、解决复杂工程问题能力、创新实践成果、就业竞争力等方面进行评价。

教育管理机制维度，评价支持多学科融合工程教育开展的管理体系与制度保障。通

过分析知识图谱中的管理节点，包括跨学科教学团队建设机制、多学科融合课程审批制度、教育质量监控体系等指标。

4.2 评价指标体系确立

在评价维度设计的基础上，通过德尔菲法（第一轮）确立多学科融合工程教育评价指标体系，包括核心指标与辅助指标。

核心指标是反映多学科融合工程教育质量的关键要素，具有较高的代表性与敏感性：跨学科课程学分占比（学科交叉深度维度），衡量学生接受跨学科教育的程度；跨学科科研项目参与率（学科交叉深度维度），体现学生与教师参与学科交叉研究的情况；跨学科师资队伍占比（教学资源整合度维度），反映师资队伍的多学科融合水平；学生获跨学科竞赛奖项数量（人才培养质量维度），直观体现学生的创新实践能力；毕业生进入跨学科领域就业比例（人才培养质量维度），衡量教育对学生职业发展的影响。

辅助指标用于补充与细化核心指标，增强评价的全面性：学科交叉知识图谱的节点关联强度（学科交叉深度维度），量化描述学科知识的融合程度；教学资源共享平台的使用频率（教学资源整合度维度），评估资源整合的实际效果；学生跨学科课程满意度（人才培养质量维度），反映学生对跨学科教育的主观评价；多学科融合教育专项经费占比（教育管理机制维度），体现对多学科融合教育的投入力度；教育质量年度评估次数（教育管理机制维度），衡量管理部门对教育质量的监控频率。

4.3 评价模型构建

基于多维度耦合协调理论，构建多学科融合工程教育评价模型。该模型将各评价维度视为相互关联、相互影响的子系统，通过计算耦合度与协调度，评估各维度之间的协同作用与整体发展水平。

评价模型构建流程：（1）确定各评价指标的标准化值，采用极差法对指标数据进行归一化处理，消除量纲影响；（2）基于层次分析法计算的指标权重（已通过一致性检验），得到各维度综合得分；（3）构建耦合度函数，计算各维度之间的相互作用强度，耦合度值越高，表明维度之间的关联越紧密；（4）建立协调度函数，综合考虑各维度的发展水平与耦合程度，协调度值在0-1之间，值越大说明多学科融合工程教育

的整体发展越协调、质量越高。通过该模型能够全面评估多学科融合工程教育的综合水平，识别各维度发展的短板与优势，为教育改进提供精准指引。

5. 评价体系的科学性验证

5.1 专家效度检验（德尔菲法第二轮）

邀请15位工程教育领域的专家（包括高校教授、教育研究机构研究员、企业工程技术专家）对评价体系的科学性与合理性进行效度检验。专家通过填写效度评价表，从指标的相关性、完整性、可操作性等方面对评价体系进行打分（采用5分制，1分表示极不合理，5分表示极合理）。计算各指标的内容效度指数（CVI），若 $CVI \geq 0.78$ ，则认为指标具有较好的内容效度。对于 $CVI < 0.78$ 的指标，结合专家意见进行修改或删除。同时，计算专家的协调系数（ ≥ 0.7 ），检验专家意见的一致性，若达标则表明评价体系通过效度检验。

5.2 逻辑一致性分析（层次分析法延伸验证）

基于耦合协调模型的输出结果，通过层次分析法再次检验各维度权重与整体评价结果的逻辑一致性。具体而言，将各维度综合得分与协调度结果进行关联分析，验证权重分配对整体评价的解释力，确保模型无系统性偏差。若一致性检验结果符合预期（ $CR < 0.1$ ），则进一步证明评价体系的逻辑严谨性。

6. 结论

本研究从知识图谱视角构建了多学科融合工程教育评价体系，主要结论如下：一是明确了多学科融合工程教育的内涵与特征，为评价体系的构建奠定了理论基础；二是运用知识图谱技术识别出学科交叉深度、教学资源整合度、人才培养质量、教育管理机制等核心评价维度，提升了评价的针对性与系统性；三是通过德尔菲法（第一轮）设计了包含核心指标与辅助指标的评价指标体系，结合层次分析法确定了指标权重（含一致性检验），构建了多维度耦合的评价模型；四是通过德尔菲法（第二轮）专家效度检验与层次分析法逻辑一致性分析，验证了评价体系的科学性与可行性，该体系能够有效捕捉多学科融合工程教育的动态特征与综合质量。研究通过德尔菲法的多轮迭代与层次分析法的内在校验，确保了评价指标的代表性与权重分配的合理性，使体系兼具理论严谨

性与实践适应性。

参考文献

- [1] 王建华。工程教育认证与学科交叉融合 [J]. 高等工程教育研究, 2020 (3):45-50.
- [2] 李红。激发大学生学习兴趣的方法探讨——以混凝土结构基本理论课程教学为例 [J]. 高等建筑教育, 2020, 29 (1):126-132.
- [3] 张志强。基于知识图谱的医疗大数据分析平台 [J]. 中国医学影像技术, 2022, 38 (12):1885-1890.
- [4] Newman M E J. Network analysis of interdisciplinary research patterns[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2019, 116(48):23885-23890.
- [5] Plucker J A, et al. Assessment of using design thinking to foster creativity in an undergraduate sustainable engineering course[J]. AEE Advances in Engineering Education, 2020, 11(2):1-15.
- [6] Hsiao Y H, Chen C C. Study on the learning effectiveness of Stanford Design Thinking in integrated design education[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(12):6389.
- [7] 卜玮晶, 刘永胜。基于知识图谱的课程教学设计模式探讨 [J]. 教育研究与实验, 2022, 41 (4):78-83.
- [8] 赵明霞。基于知识图谱的学习评价机制构建 [J]. 教育测量与评价, 2021, 42 (3):70-75.