

智能制造工程专业核心课程知识图谱的构建与优化研究

刘新华 刘晓帆 穆海龙 华德正

(中国矿业大学机电工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要: 随着智能制造技术的迅速发展, 为了提高人才培养的质量, 确保学生能够适应快速发展的行业需求, 构建和优化智能制造工程专业的核心课程知识图谱成为当前教学改革的重要任务。本文针对智能制造工程专业核心课程知识图谱进行研究, 首先提炼出核心课程相关知识要素和技能要求, 通过专家访谈、文献调研等手段, 设计了智能制造工程核心课程的知识图谱模型构建方法。然后针对知识图谱的应用场景和技术集成动态性等方面进行研究, 总结了相关模型优化策略。最后探讨了其在智能制造专业课程中的实际应用。总体来说, 构建与优化后的知识图谱能有效支持课程设计、教学资源的整合与创新, 以及学生的知识掌握和能力提升, 为智能制造工程专业课程体系建设和教学质量提升提供了新的思路和实践依据。

关键词: 智能制造工程; 知识图谱; 机器学习; 动态性优化

一、引言

随着智能制造和人工智能技术的迅猛发展, 国家对这两个领域的标准化和人才培养提出了更高的要求。在此背景下, 相关政策和指导文件相继出台, 为智能制造和人工智能的教育与应用提供了明确的方向和支持。为了贯彻落实国家对智能制造高质量发展的支撑和引领作用, 2021 年提出的《国家智能制造标准体系建设指南(2021 版)》明确了智能制造的标准化对象和范围, 构建了适应智能制造发展的标准体系和网络基础设施。同时《高等学校人工智能创新行动计划》的政策文件也强调了知识图谱技术等人工智能基础在高校主干课程中的重要性, 同时要推动高校人工智能领域科技成果转化与示范应用。

知识图谱在智能制造领域的应用已成为当前研究热点, 知识图谱作为一种基于图结构的知识表示方式, 能够通过节点和边的关系清晰地展示知识点之间的联系。在教育领域, 尤其是在智能制造工程专业课程体系的构建中, 知识图谱提供了一个全新的思路 and 工具, 能够帮助教师更好地设计课程内容, 帮助学生了解课程知识的内在关系和学习路径, 从而提升学习效率与质量。

知识图谱作为一种结构化的语义网络知识库, 它以图谱形式对客观存在的实体、概念及其关系进行建模。在数字化时代背景下, 鉴于其在有效组织和处理海量信息方面存在的优势, 各行各业都开始广泛关注并积极将该技术应用于智能搜索、推理决策与个性化推荐等业务中, 以推动行业的智能化发展。该技术为智能制造领域数据及知识的关联性表达和相关性搜索推理问题的解决带来了可能性, 因此其在智能制造的实现过程中扮演着越来越重要的角色。

智能制造专业群的人才培养模式构建策略, 包括建设智能制造课程数字化平台、建立校企合作人才培养机制、智能制造专业群课程体系建设和智能制造专业群师资队伍组建等方面, 均需要依托于核心课程知识图谱的构建与优化。通过知识图谱的构建, 可以明确各课程之间的关联性, 优化课程结构, 调整专业课程, 重构课程内容, 以适应智能制造的最新发展。

本文针对智能制造工程专业的核心课程, 构建并优化一个基于知识图谱的课程体系, 通过知识关联的优化和推理机制的引入, 提升课程设计、教学质量和学习效果。研究的重点在于知识点的有效表示、课程内容之间的关联优化、推理机制的智能化和图谱的动态更新等方面, 以期为智能制造教育提供更加精准、智能化的支持。

二、知识图谱基础理论

(一) 概念和特点

知识图谱 (KnowledgeGraph, KG) 是一种基于图结构的知识表示和管理方式, 用于表达实体 (如人、物、事件、概念等) 之

间的关系和属性。其核心思想是通过图的节点和边来描述现实世界中的知识, 节点代表实体或概念, 边表示实体之间的各种关系或属性。知识图谱结合了语义网络、图数据库和人工智能等技术, 能够以结构化和可视化的方式呈现复杂的知识网络。

知识图谱通常由三部分构成: 实体 (Entity)、关系 (Relationship) 和属性 (Attribute)。实体是图中的节点, 代表具体的对象或抽象概念, 如人、地点、产品等; 关系是图中的边, 表示不同实体之间的关联, 如“属于”“包含”“相关”等; 属性则是实体的详细信息, 通常以属性值的形式存在, 例如“年龄”“类型”等。

(二) 构建流程

构建知识图谱涉及多个关键环节, 包括基础理论、数据获取与预处理、知识表示方法、知识图谱构建技术等。具体流程可以分为以下几个步骤:

数据预处理: 包括数据清洗、实体识别等步骤, 目的是将原始数据转换为适合构建知识图谱的格式; 实体关系识别: 从清洗后的数据中提取实体和关系, 例如使用 Python 和 PyTorch 实现的命名实体识别模型; 图数据库存储: 将提取的实体和关系存储到图数据库中, 如使用 Neo4j, 并利用 Cypher 语言存储数据; 优化和索引: 为提高查询效率, 在图数据库中创建索引。

(三) 技术架构

知识图谱的技术架构包括数据层、模式层和应用层。数据层负责存储实体、关系和属性, 模式层定义实体之间的关系和属性, 应用层则是基于知识图谱的各种应用, 如智能搜索、智能问答等。

三、智能制造工程专业核心课程知识图谱模型构建

基于智能制造工程专业核心课程知识图谱模型的构建, 旨在分析和总结该专业的课程内容、知识要素和技能要求, 以实现课程体系的系统化和知识共享。

智能制造工程的核心课程通常包括: 智能制造基础 (如智能制造概论、智能装备、智能工厂)、自动化控制 (如控制理论、嵌入式系统、机器人技术)、信息与通信技术 (如数据通信、物联网、大数据分析)、计算机与软件应用 (如 CAD、CAM、工业仿真) 及系统工程与优化 (如生产调度、供应链管理、优化算法)。构建知识图谱时, 首先提炼出每门课程的核心知识点, 如智能制造概论中的智能工厂架构、自动化控制中的 PID 控制等。接着, 分析每门课程的技能要求, 例如智能制造概论需要学生掌握系统设计与应用, 自动化控制要求具备控制系统编程与调试能力。

(一) 知识获取和整合

知识获取可以通过文献调研, 通过查阅教材、科研论文、技术报告等, 提取相关课程的知识点、概念及其关系; 通过专家访谈, 与领域专家和教学人员交流, 了解课程内容和重点, 确保知识的

准确性和全面性; 现有课程体系分析, 通过分析该专业的教学大纲和课程设置, 提取核心课程的基本知识结构; 利用开放教育资源、MOOCs 等平台, 收集相关的知识点和课程内容。

知识整合通常通过分类与结构化, 将获取的知识点按主题、领域、层次进行分类, 并构建知识层次结构; 概念建模, 通过本体建模 (如 OWL) 将概念及其属性、关系进行明确化, 构建出专业知识图谱的基础模型; 通过在关系识别与融合, 整合不同来源的知识点时, 要识别和融合它们之间的相互关系, 如前置依赖、相互影响等, 以确保图谱的完整性与一致性。

(二) 知识表示和建模

在构建智能制造工程专业核心课程的知识图谱时, 知识表示和建模是将获取的知识转化为结构化信息的关键步骤, 主要包括以下几个环节:

常用的表示形式包括, 本体论 (Ontology), 通过本体建模语言 (如 OWL、RDF) 表示知识点及其关系, 构建精确的领域模型; 图结构 (Graph), 使用图的形式 (如有向图、无向图) 表示概念和关系, 知识图谱通常采用这种结构; 概念图, 通过概念与关系的节点和边展示知识的层次与结构。

知识抽取与建模技术: 使用自然语言处理 (NLP) 技术自动抽取课程中的概念与关系, 并结合机器学习与推理机制, 构建知识层次和关联。通过本体推理, 系统可以推导出新的知识关系。构建知识图谱: 利用图数据库 (如 Neo4j) 或 RDF 存储 (如 ApacheJena) 存储和管理知识点及其关系, 便于查询与推理。

总结而言, 构建智能制造工程专业知识图谱时, 知识表示和建模旨在系统化、结构化专业知识, 通过精确的建模方法和先进的技术手段, 为教学、学习和研究提供智能化支持。

(三) 知识关联和推理

通过识别并表示不同知识点之间的关系, 如层次关系、因果关系、前置关系和依赖关系, 构建出课程知识点间的结构化联系。例如, “PLC 编程” 是 “工业自动化” 的基础, 而 “机器人技术” 依赖于 “控制系统”, 这就是知识关联。

而知识推理机制基于已有知识点和关系, 自动推导出隐含的知识和新的学习路径。常见的推理方法包括规则推理、本体推理、语义推理和路径推理。例如, 通过路径推理, 系统可以为学生提供个性化的学习建议, 推导出应该学习的下一门课程。

推理在知识图谱中的应用包括个性化学习推荐、知识发现和自动化课程设计。推理可以帮助学生按需学习, 辅助教师优化课程设计, 并发现潜在的课程关联和学习路径。图数据库 (如 Neo4j) 和推理引擎 (如 Pellet、Hermit) 为知识推理提供了强大的支持, 同时自然语言处理 (NLP) 技术可以帮助从教材中自动抽取知识点并进行推理。

四、知识图谱模型优化策略研究

本章节旨在探讨基于智能制造工程的知识图谱优化策略, 重点分析如何根据智能制造领域的特点, 针对性地优化知识图谱模型, 与一般知识图谱优化方法进行区别对比。与传统的知识图谱优化侧重于纯粹的语义关系和结构层次不同, 智能制造工程的知识图谱优化需要更加强调知识的应用场景、技能要求和技术集成的动态性。

(一) 知识图谱优化方法与传统方法的区别对比

与传统的知识图谱优化侧重于纯粹的语义关系和结构层次不同, 智能制造工程的知识图谱优化需要更加强调知识的应用场景、技能要求和技术集成的动态性。根据 Nature 杂志发表的论文, 将大型语言模型 (LLM) 与知识图谱 (KG) 集成可以增强 AI 系统的可解释性和性能, 展示了 LLMs 和 KGs 结合在增强 AI 系统性能和

可解释性方面的巨大潜力。智能制造领域中的技术迭代迅速, 优化策略不仅要注重单一领域的深度, 还要着眼于跨学科的融合与应用, 从而提升图谱的可操作性和实时性。这与传统的知识图谱优化方法存在明显的区别, 智能制造工程的知识图谱优化策略更具灵活性与针对性。

(二) 知识图谱的应用场景优化

在智能制造领域, 知识图谱的应用场景优化是提升知识图谱模型性能的关键。根据搜索结果, 知识图谱在智能制造领域的应用前景广泛, 包括产品设计、制造、装配和服务等过程中的数据及知识关联性表达和相关性搜索推理。优化策略应着重于如何将知识图谱技术与智能制造的具体应用场景相结合, 以提高数据的存储效率和搜索推理的效率。例如, 通过计算机视觉技术和深度学习模型 ALBERT, 可以从历史模型库和文档中提取领域知识, 并将非结构化信息转换为结构化的三元组存储于图数据库中, 从而提升产品设计效率。

五、结论和展望

随着智能制造技术的快速发展, 提高人才培养质量、适应行业需求已成为教育改革的重要课题。本文围绕智能制造工程专业核心课程知识图谱的构建与优化展开研究, 提炼了核心课程的关键知识要素和技能要求, 提出了一种系统的知识图谱模型构建方法。同时, 探讨了知识图谱的应用场景和技术动态性, 提出优化策略以应对教学需求的不断变化, 并分析其在课程中的实际应用。研究表明, 优化后的知识图谱为课程体系完善和教学质量提升提供了新思路, 有助于培养具备多学科交叉能力的高素质工程技术人才, 满足智能制造领域的快速发展需求。

然而, 知识图谱技术在智能制造工程专业的应用仍面临挑战, 如多模态数据的有效融合、推理机制的优化以及领域知识的高效整合与表达。尤其在处理复杂关系和动态数据时, 需要更强的推理能力和标准化的模型支持。

总之, 智能制造工程核心课程知识图谱的构建与优化, 不仅是教育改革的重要创新, 也为智能制造领域高端技术人才的培养提供了长期支持。随着研究的深入和完善, 知识图谱必将为推动智能制造技术普及、产业高质量发展作出重要贡献。

参考文献:

- [1] 《国家智能制造标准体系建设指南 (2021 版)》发布 [J]. 汽车工程师, 2021 (12): 7.
- [2] 贾希旺, 赵晓东, 柳先辉. 基于微服务的智能制造知识图谱平台架构 [J]. 计算机集成制造系统, 2024, 30 (05): 1856-1867.
- [3] 翟如钰. 面向制造业的知识图谱交互式构建与应用研究 [D]. 杭州电子科技大学, 2023.
- [4] 张栋豪, 刘振宇, 郑维强, 等. 知识图谱在智能制造领域的研究现状及其应用前景综述 [J]. 机械工程学报, 2021, 57 (05): 90-113.
- [5] 蒋爱荣, 黄杏. 基于智能制造专业群人才培养模式的研究与探索 [J]. 中国机械, 2023 (18): 108-111.

基金项目: 煤炭行业高等教育研究重大课题 (2021MXJG009)、中国矿业大学教学研究项目 (2022DLZD02)、江苏省高等教育质量保障与评价研究课题: “新工科” 背景下本科专业评价体系研究 (204)、教育部协同育人项目 (202102064002)、(202102327006)、(202002023023)。

作者简介: 刘新华, 男, 1981 年出生, 博士, 教授, 博士研究生导师。主要研究方向为机器人技术、磁流变液传动、智能制造等。