

基于知识图谱的智能制造专业教学优化研究

谢浩然 袁美霞*

北京建筑大学机电与车辆工程学院, 北京 100044

摘要: 伴随着工业 4.0 以及数字经济深度融合, 我国制造业朝着高端化、智能化、绿色化转型升级的速度越来越快, 智能制造领域人才的需求量也越来越大, 高校的人才培养体系与市场的需求存在脱节的结构性矛盾。本文以智能制造领域为研究重点, 用 Python 和 Scrapy 来完成多个平台招聘数据的采集和标准化, 通过 BERT、BiGRU、Attention、CRF 模型来抽取岗位、技能、知识点等核心实体以及它们之间的关系, 然后使用 Neo4j 图数据库创建“岗位-技能-知识点”的领域知识图谱。研究创建起供需匹配度的量化评判指标体系, 找到智能制造专业人才培养的主要短板, 给出课程体系改良、教学资源精确推荐、培养方案动态改变的完整执行途径, 经由高校案例加以实证考察。研究表明, 采用知识图谱的方式可以提高人才培养同市场需求的适配程度, 给高校智能制造专业的教学改革和产教融合提供可以复制的实践方案。

关键词: 智能制造; 教学优化; 知识图谱; 数据挖掘; 供需匹配

0 引言

大数据、人工智能技术的发展, 给解决人才培养供需错位难题提供了新的途径。招聘数据是市场人才需求的直接载体, 它真实地体现了产业当下对于人才的需求和未来的发展走向, 知识图谱结构化表示的能力, 可以把分散的岗位、技能、知识点联系起来, 给需求分析及教学改进提供可视化、可追踪的技术支持。已有研究在人才需求数据挖掘和教育领域知识图谱应用方面有了许多成果, 但是还没有形成“需求感知—图谱构建—教学动态调整”的完整闭环, 在智能制造专业领域的量化验证和落地应用还存在明显空白。因此本研究构建以智能制造专业教学优化为知识图谱的分析体系, 用数据量化分析人才培养的供需差距, 并提出数据驱动下教学改进实施路径, 给高校专业教学改革创新工作提供理论和实践支持。

1 研究设计与技术实现

本研究数据来源以全面性、时效性、相关性为原则, 选择 BOSS 直聘、智联招聘、前程无忧这三个主要的招聘平台作为主要的数据来源, 补充制造人才网作为辅助数据来源, 构建核心+扩展+同义三级关键词体系, 用关键词组合查询的方式完成目标岗位信息的精准定位。采用 Python+Scrapy 的分布式爬虫方式, 合理的设置爬取间隔和伪装请求的方法, 遵守网络安全法、个人信息保护法以及各平台的 robots 协议, 只采集公开的岗位信息并进行匿名化处理, 最后完成岗位名称、技能需求、任职要求等 22 个字段的采集。

采集得到的原始数据经过“去冗余、标准化、补缺失、除异常”之后才能进行预处理, 对结构化字段进行格式统一、异常值剔除, 非结构

化文本数据去噪、分词、去停用词、同义词标准化处理, 预处理前后数据质量变化数据总量精简 19.6%, 薪资字段有效率提升 24.9%, 异常值降低 8.0%。

预处理之后, 使用 BERT-BiGRU-Attention-CRF 模型进行核心实体抽取, 主要抽取岗位、技能、学历、经验、知识点这五类实体, 用智能制造领域预训练词向量来完成模型适配, 采用 BIO 标注法完成数据标注和模型训练, 最终模型的 F1 值为 92.3%。实体关系抽取采取规则与统计相结合的方法, 主要创建岗位-要求-技能、技能-对应-知识点这四类主要联系, 借助人工审核和模型修正双管齐下的办法来改善结果, 最终岗位实体抽取 1256 条, 技能实体抽取 2879 条, 学历/经验实体抽取 892 条, 知识点实体抽取 1683 条, 核心关联关系抽取 4568 条, 准确率均高于 90%。

以高质量实体和关系数据集为依托, 提出领域本体, 确定以岗位为主导、技能为纽带、知识点为基础的领域本体, 提出四大类实体和五大类关联关系, 并提出关系唯一性、关联强度、层级结构三类约束。采用 Neo4j 图数据库来存储图谱, 使用四步导入法将实体和关系的数据批量入库, 去重合并修正后, 一共导入了 586 个节点、923 条关系, 使用 Neo4j Browser 和 ECharts 进行全局图谱、局部子图、层级关联的多层级可视化, 用 Cypher 语句完成岗位需求、技能关联、知识点追溯等核心场景的高效查询, 所有的典型查询耗时都小于 0.1 秒, 查询准确率在 99.5% 以上。

2 智能制造专业人才培养供需匹配分析

根据构建的岗位知识图谱来分析智能制造领域人才需求, 经过技能需求频次统计得到领

域高频技能 Top10 为 PLC 编程、机器视觉调试、工业机器人运维、MES 系统操作、自动化控制、运动控制编程、智能产线调试、数据分析、嵌入式开发、仿真建模。PLC 编程、机器视觉调试、工业机器人运维这三个技能是主要的领域技能簇，占总需求频次的 35.2%，嵌入式开发、仿真建模等新技能的需求频次环比增长分别为 15.7% 和 12.3%。研究同时针对工业机器人技术、智能产线运维、智能制造系统开发这三个主要岗位群，完成了结构化岗位能力画像的搭建工作，得出了各个岗位群的知识、技能、素养要求等信息，为后面的人才培养目标设定提供精准的数据支持。

研究把知识图谱挖掘出的市场需求当作参照，同高校智能制造专业已有的培养体系做量化比较，从技能覆盖、重点侧重两个方面开展供需差距分析。根据结果来看高校现有的课程体系整体技能覆盖率 65.1%，其中 PLC 编程、自动化控制这些传统技能的覆盖率达到 92.5%，但是机器视觉调试、MES 系统操作这些数字化技能的覆盖率为 48.7%，嵌入式开发、仿真建模这些新兴技能的覆盖率为小于 30%。就课时分配来说，传统技能课时占全部课程的 62.3%，而企业最需要的核心技能课时只有 21.5%，实践大多只做单一的基础操作练习，很难满足企业综合技能的要求，与企业的匹配度只有 42%。

为了更科学、定量地对人才供给和市场需求的匹配程度加以评判，在研究中建立包括技能覆盖、需求契合、实践适配三大块一共 8 个指标的供需匹配度评价体系，并给出相应的四级评价标准，使用地方高校智能制造专业进行评价结果。

本专业的供需匹配度综合得分为 68.3 分，总体来说属于一般水平，传统技能的适配性较好，新兴技能的适配性较差，理论的适配性较好，实践的适配性较差。匹配度不高的原因主要是课程体系更新慢、实践环节设计与岗位脱节、课时分配比例不合理这三个方面，给教学优化路径的设计指明了方向。

3 基于知识图谱的教学优化实施路径

3.1 课程体系系统性优化

课程体系调整遵循需求导向、突出核心、补齐短板、淘汰陈旧的原则，用课程增删、内容优化、学分学时重构三个方面来完成系统性的升级。增加 3 门《机器视觉技术》《MES 系统应用与数据分析》《工业机器人离线编程》，每门 3.5 学分、56 学时，实践不少于 40%，补齐新兴技能短板，取消需求下降的 2 门《传统机床故障诊断》《机械制造工艺基础（传统部分）》。

课程内容上重新构建《PLC 编程》、《自动化控制原理》等核心课程的内容，将多技能融合的企业真实案例以及最新的前沿技术加入其中，把已经过时落后的知识剔除出去。对于高频次被提出所要求的技能课程学分提高到 20%–30%，对实践类课程的总时数由原来的 35.2% 增加到 42.5%，保证基础理论课和主要应用理论技能的足够学时。该调整方案经过测算之后可以使得专业技能覆盖率达到 82.5%，需求匹配度达到 78.5%，大大缩小人才培养与市场需求之间的差距。

3.2 教学资源精准化推荐

以岗位知识图谱为基础，用 TransE 图嵌入算法建立技能、知识点、教学资源三者之间的关系网络，把图谱中的技能、知识点节点映射到低维向量上，用余弦相似度来计算节点之间的关联强度，建立强关联节点和教学资源的映射关系，实现教学资源的精准推荐。针对教师群体就课程教学内容优化和实践教学升级提出课程的知识点配套的优秀的教材、企业真实的案例库、综合实践项目包等资源，促进知识充实课程教学和提高实践教学质量；根据学生的技能培养目标与知识的学习进度来给学生推荐相关的线上课程、操作手册、教学视频、模拟练习软件等适合不同学生自主学习的各学科专用类课件。并创建起资源动态更新机制，把知识图谱迭代和教学反馈一起考虑进来，不断改进资源的联系联系，从而保证资源推荐的速度和契合度。

3.3 培养方案动态调整机制构建

为了保证教学优化策略长久有效地实施下去，研究创建起“数据采集、图谱更新、匹配评估、方案调整、效果反馈”的培养方案动态调整闭环系统，创建起高校、企业、行业协会三方协同工作体系，采取每学期更新、每年评估、三年大调的原则推进实施。每学期完成招聘数据更新和知识图谱迭代，开展供需匹配度专项评价，制定学期微调方案，主要完成课时分配优化、实践项目更新、教学资源补充；每年结束的时候进行综合评定，根据毕业生就业质量和企业的满意程度来决定年度改良计划，在每个三年的时间里依照行业的发展趋势和技术变革的现状，对培养目标，课程安排和教育方式开展全面更新工作。并且要创建调整成效追踪反馈机制，把实施成果反馈到模型和规则库当中，达成机制不断迭代，塑造起人才培养与产业需求同步共振的良好循环。

4 实证研究与效果验证

本研究选择的是某地方高校智能制造工程

专业,该专业是在2018年成立的,现有在校生326人,主要开设有机械设计、电气控制等基础课程,但是存在课程内容同企业需求衔接不紧密,毕业生岗位适配度不够等问题。本文将全流程模型应用到本案例中,收集2023年3月至2024年3月的1486条有效的招聘数据,实体抽取和专属岗位知识图谱建立之后,PLC编程与专业课程匹配度89.5%,工业机器人运维匹配度78.6%,需求热度环比增长均超过10%

从结果上来看,该专业传统核心技能和课程匹配度较好,但是新兴技能的匹配度很差,和前面供需差距分析的结论一致。对专业教学提出的改进意见进行企业、高校专家组成的专家组评审,总分为86.7分,属于优秀水平,针对性得分92.3分,可行性得分85.6分,专家认为提出的改进措施精准契合企业的实际需求以及专业教学的现实情况,具有较好的可行性。通过逻辑推演以及行业经验比较可知,该优化方案在实施之后,专业新兴技能覆盖率会由原来的32.8%上升到68.7%,实践适配度也会提高42%到75.3%,毕业生岗位适配度将会增加18%以上,具有较好的应用性。

参考文献:

- [1]姚东.减税降费对我国制造业高质量发展的影响研究[D].四川大学,2024.DOI:10.27342/d.cnki.gscdu.2024.000050.
- [2]《工信部:我国制造业总体规模连续15年保持全球第一》, https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202509/content_7039768.htm
- [3]《中共中央政治局召开会议分析研究当前经济形势和经济工作》,《人民日报》2025年4月26日。
- [4]NAJMON JC, RAEISI S, TOVAR A.Review of additive manufacturing technologies and applications in the aerospace industry[J].Additive Manufacturing for the Aerospace Industry, 2019(3): 7-31.
- [5]ZHONG RY, XUN X, KLOTZ E, et al.Intelligent manufacturing in the context of industry4.0: a review[J].Engineering, 2017(3): 616-630.
- [6]KANG HS, LEE JY, CHOI SS, et al.Smart manufacturing:Past research,present findings,and future directions[J].International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2016(3): 111-128.
- [7]OZTEMEL E, GURSEV S.Literature review of Industry 4.0 and related technologies[J].Journal of Intelligent Manufacturing, 2020(31): 127-182.
- [8]谢卓芳.护航先进制造业[N].湖南日报,2025-07-05(002).
- [9]Zhou L, Jiang Z, Geng N, et al.Production and Operations Management for Intelligent Manufacturing: A Systematic Literature Review [J].International Journal of Production Research.2022, 60(2): 808-846.

作者简介: 谢浩然(2000.05—),男,满族,内蒙古兴和县,硕士研究生,研究方向:数据挖掘。

通讯作者: 袁美霞(1979.11—),女,汉族,山东淄博,博士研究生,副教授,主要研究方向:智能制造。

项目信息: 北京市数字教育研究课题(BDEC2023619009)。

5 结论

本文就智能制造专业教学优化的核心需求展开研究,经过人才需求数据挖掘、领域知识图谱创建、供需匹配度量分析以及教学改良路径规划这整套流程之后,搭建起了一条由市场需求感知通往教学动态调节的全部技术体系,并且提倡了基于数据开展教学更新的革新手段。研究证明数据挖掘和知识图谱在教学优化方面可以起到重要作用,从实际操作中证实了通过建立知识图谱进行教学改进可以较好的解决智能制造专业出现的新技能不能覆盖、实践针对性不足的问题,并且明显改善人才培养同市场需求的匹配情况。

本文也存在着一定的局限性,所用的数据来源主要为大众招聘平台,并没有覆盖到所有类型的招聘信息,对于教学优化策略的效果还需通过教学实践来加以验证。未来研究可以对多元数据源进行拓展、动态图谱更新机制的优化,将其推广到更多的工科专业当中去,进而完善教学优化闭环系统,使研究成果得以更好的应用以及更广泛的应用。