

Research on Recommending Key Technologies of Personalized Learning Path Based on Knowledge Graph

Hua Wei Hua Liang Jin Chang*

Hunan Electric Vocational and Technical College, Xiangtan, Hunan, 411101, China

Abstract

With the popularization of the Internet and the rapid development of information technology, the education and teaching environment has undergone great changes. New learning models, such as hybrid educational learning, online autonomous learning and flipped teaching, are constantly emerging, providing learners with more flexible and diverse learning choices. This study focuses on the personalized learning path recommendation technology based on the knowledge graph, aiming to provide accurate and effective learning path recommendation for learners by analyzing the personalized needs of learners and combining with the semantic understanding ability of the knowledge graph. This study not only proposes the key technology of personalized learning path recommendation, but also constructs the corresponding system architecture and verifies its effectiveness through experiments.

Keywords

knowledge graph; personalized learning; learning path recommendation; educational technology

基于知识图谱的个性化学习路径推荐关键技术研究

魏华 梁华 常晋*

湖南电气职业技术学院, 中国·湖南湘潭 411101

摘要

随着互联网的普及和信息技术的飞速发展, 教育教学环境发生了巨大变化。混合教育学习、在线自主学习、翻转教学等新型学习模式不断涌现, 为学习者提供了更加灵活、多样的学习选择。本研究聚焦于基于知识图谱的个性化学习路径推荐技术, 旨在通过分析学习者的个性化需求, 结合知识图谱的语义理解能力, 为学习者提供精准、有效的学习路径推荐。本研究不仅提出了个性化学习路径推荐的关键技术, 还构建了相应的系统架构, 并通过实验验证了其有效性。

关键词

知识图谱; 个性化学习; 学习路径推荐; 教育技术

1 引言

知识图谱作为一种结构化的知识表示方法, 能够有效地整合和管理领域内的知识资源。它通过实体、关系和属性的表示, 实现了知识之间的关联和语义理解。基于知识图谱的个性化学习路径推荐技术, 能够结合学习者的历史行为、

兴趣偏好等信息, 为学习者提供精准、个性化的学习路径推荐。通过这种智能化的推荐机制, 学习者不仅能够避免盲目学习的低效状态, 还能在享受学习乐趣的同时, 实现知识的有效积累和能力的提升。

2 基于学科知识图谱的个性化学习模型框架设计

研究将知识图谱的语义网络与主题知识的内部逻辑相结合, 通过人工智能的手段, 实现学习者特征、主题知识关键点和学习资源属性的精确匹配, 构建面向主题知识图谱的个性化学习模式框架。此模型框架主要由四大支柱构成: 一是学科知识图谱的精心构建, 确保知识结构的完整性和准确性; 二是学习大数据的高效获取, 为模型提供丰富的数据支撑; 三是学习者画像的细致描绘, 深入理解学习者的学习风格和需求; 四是学习路径的智能推荐, 根据学习者的特点和需求, 定制化学习路径, 以实现高效、个性化的学习体验。

设计流程可划分为四大环节: ①知识图谱构建: 根据

【基金项目】2022年度省教育厅科学研究一般项目《基于知识图谱和信息融合技术的个性化学习资源推荐研究》(项目编号: 22C0799); 湖南省自然科学基金研究项目《面向MAG/MIG焊数字孪生的焊缝虚拟化建模与质量评估系统研究》(项目编号: 2023JJ6018)。

【作者简介】魏华(1986-), 男, 中国江西九江人, 本科, 讲师, 从事机械设计制造、自动化、汽车技术研究。

通讯作者:常晋(1985-), 男, 中国湖南长沙人, 硕士, 副教授, 从事教学管理、教育学研究。

学科知识结构与课程需求,通过知识获取、提取、融合和推理等方法,建立主题知识内部的逻辑关系。在这个过程中,一个主题的核心知识要素和对应的学习资源被连接起来,构成了一个主题知识图谱的初步架构。②学习者画像构建:通过分析学习者的个人特征数据(如学习风格、兴趣)、学习过程及成果数据,识别并提炼出每位学习者的独特学习特征。通过数据标签化,为每位学习者创建个性化的学习画像,以更精准地把握其学习需求。③个性化学习路径生成:在主题知识图谱支持下,利用高级机器学习算法,根据学习者的学习风格、兴趣、能力等特征,自动生成适合学习者特征的学习路径与学习资源。这个程序是为了给学生提供非常个性化的指导,促进学习者的有效学习。④学习路径优化:随着学习过程的推进,运用关联规则算法监控学习者的学习动态,对学习路径的效果进行实时评价。在评价结果的基础上,采用人工智能的优化算法,对学习推荐策略进行自动调整,从而对个性化的学习路线进行不断的迭代与优化,保证了学生的学习体验^[1]。

3 基于学科知识图谱的个性化学习模型构建

3.1 学科知识图谱构建

3.1.1 学科数据获取

采用数据挖掘的方法,可以实现对多个学科领域的海量数据进行自动抽取,包括结构化、非结构化和半结构化三类。随后,借助自然语言处理(NLP)的高级功能,模型能够智能地识别并提取出学科知识的关键实体,将这些信息转化为便于处理的结构化数据格式。进一步地,利用资源描述框架(RDF)对这些结构化数据进行规范化处理,并将其存储于学科知识图谱的数据层和模型层中,从而构建出一个全面且结构化的学科知识数据库。

3.1.2 学科知识抽取

学科知识的萃取过程涵盖了从实体到关系的双重维度。在此框架下,引入了条件随机场模型(CRF)与K-最近邻(KNN)等先进算法,旨在智能识别并解析学科海量数据中的核心观念、数学公式、定理等关键知识组件。这一过程不仅涉及对知识要素内容的精准捕捉,还注重其特征的有效融合,以构建出高度凝练且富有表现力的学科知识单元(知识元)。随后,利用条件随机场模型对这些知识元素进行精细化定义、提取,并实施序列化标注,确保每个知识元都能被准确识别与定位。进一步地,通过运用知识图谱这一强大工具,将处理完毕的知识元有序地整合至学科知识库中,实现其高效存储与便捷管理。

为了深度揭示知识元素与学习资源之间的复杂关联,借助马尔可夫逻辑网(MLN)与贝叶斯(Bayes)等推理方法,深入挖掘这些关联背后的逻辑结构,提取并映射出它们之间的内在联系。这一过程不仅增强了学科知识体系的完整性与连贯性,还为构建了一个内容丰富、结构清晰、关系明确的学科知识集,为后续的学习与研究提供了坚实的数据基础与

理论支撑。

3.1.3 学科知识融合

在一个综合性的数据架构内,借助先进的知识图谱技术,对各类知识单元及其相互关联性进行标准化、统一化处理,旨在显著提升学科知识图谱的整体数据质量。实施过程中,运用包括实体对齐、知识融合等前沿的机器学习手段,细致划分学科知识图谱的索引结构,实现相似度的精确度量,并促进不同学科知识的深度融合。这一策略的核心在于通过精准地匹配与解析知识库中的各类实体,有效消除歧义,进而提炼出更加精确、富含价值的跨学科知识^[2]。

3.1.4 学科知识推理

在构建学科知识图谱的过程中,首要步骤是执行知识的提取与整合,随后通过运用知识推理等策略,深入探索并揭示图谱内潜藏的实体以及这些实体间错综复杂的语义联系。从而实现对现有图谱的逻辑推理和内容的补充。在此基础上,以与学习任务密切相关的知识元为切入点,采用基于图结构推理的PathRanking算法,实现系统的遍历搜索。

3.2 学习者画像模型构建

学习者画像建构就是利用人工智能技术对学习者的核心特征进行捕获与分析,以准确地了解学习者的学习状况和知识掌握情况。该研究以学习平台积累的数据为基础,从个体属性、学习风格、学习兴趣、认知水平和学习能力五个核心维度出发,对学习者的学习状况进行综合分析。从个体的属性来看,它扮演着独一无二的标识符角色,确保了每位学习者的个性化特征得以区分。这些属性涵盖了学习者的基础信息,如ID、姓名、年龄、性别、所属专业及教育层次等,为个性化教学提供了坚实的基础。关于学习风格,本模型采取了显性与隐性相结合的创新策略。在学习的初期阶段,通过学习风格量表来初步确立每位学习者的风格模型,这构成了风格变量的初始蓝本。而随着学习进程的深入,模型则转向隐性跟踪模式,实时捕捉学习行为的微妙变化,从而实现对学习风格模型的动态优化与精准调整^[3]。

首要地,融合关联规则与数据挖掘技术,深入剖析学习者的学习历程。我们将从属性匹配与特征提取两个维度着手,力求对学习者的学习兴趣、认知层次及学习能力进行细致入微的刻画。具体而言,学习兴趣将涵盖学习投入度、专注程度及兴趣倾向三大方面;而认知层次图的构建,则聚焦于评估学习者对知识的掌握程度、熟练度及目标达成情况。而学习能力分析则是对学生的合作、应用和创造能力进行综合评价。在此基础上,进一步将个体特征和学习风格信息相结合,利用自然语言处理和统计学等强大的计算能力,实现不同类型的学习画像模块的集成。在此基础上,对学习画像进行统一的属性标记,建立综合、精确的学习者画像标记集。这一步骤不仅增强了画像的个性化与针对性,也为后续分析提供了坚实的基础。最后,为了实现对学习画像特征的精准量化与建模,分别采用AprioriAll算法与贝叶斯网络。这两种算法各自发挥其优势,对学习兴趣、认知水平及学习

能力画像的特征标签进行深度挖掘与量化分析。通过这一过程，成功生成了学习者的学习特征矩阵，并基于该矩阵构建出了具有高度代表性的学习画像模型。这一模型不仅有助于教育者更好地了解学习者的需求与特点，也为个性化教学方案的制定提供了有力的支持。

3.3 学习路径推荐模式构建

基于学习画像模型，融合知识图谱和学习推荐算法的创新方法，目标在于将个性化学习特征与知识元素序列实现精准对接、快速检索及优化组合。为实现这一目标，论文旨在开发一种智能化的学习路径引导模式。

3.3.1 学习特征的精准刻画

依托于学科知识图谱的丰富资源，运用关联规则算法提炼出关键的学科知识元及其配套的学习资源，共同构建起知识图谱中的基本学习单元，即学习元。这些学习元以三元组 $L=(K_i, K_j, r)$ 的形式进行表达，其中 K_i 代表知识元， K_j 为相关学习资源， r 则精确揭示了两者之间的逻辑纽带。随后，借助知识图谱的先进技术，对知识元及学习资源的各项属性实施序列化标注，以便全面而细致地描绘出学习元的核心特征。进一步地，根据学习者的个性化需求与当前学习状态，将这些学习元按照合理的顺序排列，形成一条连贯有序的学习元序列 (L_1, L_2, \dots, L_m) ，为后续的学习路径推荐奠定坚实基础^[4]。在建立学习者画像模型时，使用 $PA=(PA_1, \dots, PA_i, \dots, PA_n)$ 来描述个体特征。在此， PA_i 是指这个特性集中的第 i 个特性项目，覆盖了从 1 至 n 的全部属性。在此基础上，利用关联规则算法，融合个体属性、学习风格、学习兴趣、认知水平和学习能力等多维特性，得到学习特征矢量 $E=(PA, LS, LI, CL, LA)$ 。该矢量能够全面、准确地描述学习者的学习特点和需要。

3.3.2 学习路径推荐

基于学习者的个性化目标，采用了 AprioriAll 关联规则算法来适配学习者的特征与学习资源的特征。这一过程涉及对学习资源序列的匹配、整合与排序，进而构建出定制化的学习路径，记作 $LP=[LP_1, \dots, LP_j, \dots, LP_s]$ ，其中 LP_j 指的是第 j 个路径节点。该学习路径由一系列节点组成，每个节点都是一个包含学习资源特征和学习者特征的集合，形式为 $LP_j=\{L_j, E_j\}$ 。通过对学习资源进行有序编排，生成了满足个体需求的学习路径序列。

3.3.3 路径的评估与优化

在路径评价和优化过程中，由课程设计者事先制定出一系列经专家批准的学习路径，作为模型产生路径的参考依据，以验证其正确性。学习者按照指定的学习途径和资源，按照预先设定的学习目的进行学习，完成指定的学习任务。在此基础上，通过比较学习者的目标达成程度和专家路线，运用比较分析的评价方法，对系统推荐路径的实际性能进行度量。在此基础上，采用蚁群算法，全局地修正历史学习路径，提高模型推荐路径的准确性，并为每个学生提供最适合的学习路径。

4 未来展望

4.1 技术深化与融合

随着深度学习技术的不断发展，未来知识图谱的构建和推理将更加依赖深度学习和自然语言处理技术。通过更加精准的实体识别、关系抽取和语义理解，可以进一步提升知识图谱的准确性和完整性，从而为个性化学习路径推荐提供更加坚实的数据基础。除了文本数据外，图像、视频等多模态数据也将成为知识图谱的重要数据来源。通过多模态数据融合技术，可以构建更加丰富、全面的知识图谱，进一步提高个性化学习路径推荐的多样性和有效性。

4.2 智能化与个性化

未来的个性化学习路径推荐系统将更加注重学习者的实时反馈和学习进度，通过智能算法动态调整学习路径，确保学习者始终在最适合自己的学习轨道上前进，结合情感识别技术和心理分析模型，可以理解学习者的情感状态和学习动机，为学习者提供更加贴心、个性化的学习支持和服务。

4.3 应用场景拓展

随着知识图谱技术的不断成熟，未来可以构建跨学科的知识图谱，将不同领域的知识进行融合和关联，为学习者提供更加全面、综合的学习资源和学习路径。同时，知识图谱技术还可以应用于终身学习领域，通过构建个人学习档案和知识图谱，为学习者提供长期、持续的学习支持和指导，帮助学习者实现自我提升和终身成长。

4.4 安全与隐私保护

在推动个性化学习路径推荐技术发展的同时，必须高度重视数据安全和隐私保护问题。通过加强数据加密、访问控制和隐私保护技术的应用，确保学习者的个人信息和学习数据得到妥善保护。

5 结语

知识图谱作为 AI 赋能教育的核心技术，为推进大规模个性化与精准化教学开辟了新路径。尽管当前知识图谱在教育领域已展现其独特优势，但其潜力远未充分挖掘。在图谱构建层面，整体教育认知图谱迫切需要融入多模态元素，以应对教育领域内知识点复杂度高、粒度划分难及关联度丰富的挑战。优化这些方面对于将认知图谱全面融入智慧教育体系具有重大意义。展望未来，知识图谱将向更深层次的教育认知图谱发展，更加注重适配学生个性化需求，致力于实现更大范围的个性化学习服务。

参考文献

- [1] 孙丽郡,孟繁军,徐行健.课程知识图谱构建技术研究综述[J/OL]. 计算机工程,1-25[2024-07-25].
- [2] 周洋涛,褚华,朱非非,等.基于深度学习的个性化学习资源推荐综述[J/OL]. 计算机科学,1-26[2024-07-25].
- [3] 卢艳丽,王洪强,高峰,等.基于“课程思政+知识图谱”的材料专业高质量课程建设探索与实践[J]. 高教学刊,2024,10(20):38-41.
- [4] 薛雅倩,松云.人工智能课程知识图谱构建及个性化推荐探索[J]. 计算机教育,2024(6):151-155.