

《数字电子技术》课程知识图谱的构建研究

杨晶晶¹, 刘延飞¹, 刘霞²

¹火箭军工程大学基础部, 陕西 西安

²火箭军工程大学教学考评中心, 陕西 西安

收稿日期: 2025年3月17日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月13日

摘要

在国家深化实施教育数字化战略行动, 使得大规模个性化教育成为可能。而知识图谱作为人工智能新技术的知识表达形式, 在智慧教育领域发挥越来越重要的作用。为此, 在知识图谱的内涵研究基础上, 分析了知识图谱的理论基础, 构建了立体知识图谱模型, 并将其应用于高等教育工科院校必修的一门重要的专业基础课程——《数字电子技术》, 构建了课程的能力图谱 - 目标图谱 - 问题图谱 - 知识图谱的立体知识图谱, 以期为学生个性化学习提供指导。

关键词

知识图谱, 立体模型, 数字电子技术

Research on the Construction of Knowledge Graph for the Course of "Digital Electronic Technology"

Jingjing Yang¹, Yanfei Liu¹, Xia Liu²

¹Basic Department of Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi

²Teaching Evaluation Center of Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi

Received: Mar. 17th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 13th, 2025

Abstract

With the deepening implementation of the national digital education strategy, large-scale personalized education has become possible. As a new form of knowledge representation in artificial intelligence, knowledge graphs are playing an increasingly important role in the field of smart education. Therefore, based on the research of the connotation of knowledge graphs, this paper analyzes the theoretical basis of knowledge graphs, constructs a three-dimensional knowledge graph model, and

applies it to an important professional basic course—"Digital Electronic Technology"—which is a compulsory course for engineering colleges in higher education, to build a three-dimensional knowledge graph of the course's ability graph-goal graph-problem graph-knowledge graph, in order to provide guidance for students' personalized learning.

Keywords

Knowledge Graph, Three-Dimensional Model, Digital Electronic Technology

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,中央重视发展知识图谱支持下的个性化教育。2017年国务院关于印发《新一代人工智能发展规划》的通知中明确提出要重点突破知识加工等核心技术,形成涵盖数十亿实体规模的多源、多学科和多数据类型的跨媒体知识图谱,并利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革[1]。2021年,教育部等六部门在《关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见》中明确指出,分步构建国家统一的学科知识图谱。对现有资源进行分类标识,匹配学科知识图谱[2]。开发基于大数据的智能诊断、资源推送和学习辅导等应用,促进学生个性化发展。2023年教育部长怀进鹏在世界数字教育大会的主旨演讲《数字变革与教育未来》提出推动教学评价科学化、个性化,运用海量数据形成教育知识图谱和学习者画像,更好地实现因材施教[3]。可以看出,教育数字化是信息时代的必然要求,知识图谱作为人工智能新技术的知识表达形式,在智慧教育领域发挥越来越重要的作用。本研究以知识图谱的概念界定为出发点,提出以能力培养为目标,以问题解决为核心,以知识体系为基础,以教学资源为支撑的立体知识图谱模型,构建《数字电子技术》课程的立体知识图谱,试图为学生个性化发展的教育实践提供指导。

2. 知识图谱的概念界定

当下学术界谈及的知识图谱主要有两大类:一类是应用于文献分析的“科学知识图谱”,属于信息资源管理领域;另一类是Google公司于2012年提出的“大规模知识图谱”,属于计算机科学领域。其中,Google提出的知识图谱(以下简称“知识图谱”)作为一种新型的、结构化的语义知识网络,能够描述现实世界中的各种实体(概念)及其复杂的语义关系,并能够实现自动化或半自动化的构建,已成为当前大数据智能时代的前沿研究方向[4]。本文构建的知识图谱属于第二类即Google公司提出的知识图谱,它是一种基于图形化表达和存储的知识表示方法,采用图论和语义学等技术,将知识元素及它们之间的关系表示为图形化结构。知识图谱可以用于对知识进行分析、推理和查询,广泛应用于知识图谱构建、智能搜索、智能问答、智能推荐等领域。与知识图谱类似的思维导图(Mind Map)是一种用于组织和展示思维过程的工具,它采用树状结构,以主题为中心向四周发散,把主题、问题、信息和思考过程以及它们之间的关系展现在一个图形化的结构中。思维导图可以用于梳理思路、整理信息、制定计划、解决问题等领域。

3. 立体知识图谱的模型设计

3.1. 理论基础

美国加州大学理查德·E.梅耶在《人类的认知——思维的信息加工理论》中提出,思维是大脑对信息

进行加工的过程,如图1所示[5]。在当今信息爆炸时代,人们每天接触到的任何外部信息,都需要从感觉记忆开始,在注意的机制下对信息进行筛选后进入工作记忆,工作记忆中的信息经过编码(包括对外部信息的组织和内外信息的整合)进入长时记忆,最后经过对长时记忆中的信息进行提取再转化为工作记忆的信息才可以被使用。其中注意、组织、整合是意义学习理论的三个重要环节,需要在经验与信息之间创建联接,这是学习的本质。

理查德·梅耶的思维的信息加工模型是一个描述人类如何接收、处理和存储信息的认知模型。知识图谱是一种结构化的语义知识库,它通过实体、属性和关系来表示知识。梅耶的信息加工模型为构建知识图谱提供了理论基础,具体体现在以下几个方面:

1) 信息的结构化:梅耶模型强调了信息组织的重要性。知识图谱通过结构化、可视化的方式组织信息,使得信息之间的关系更加清晰,降低了学习者的认知负荷,更有助于学习者更好地理解和记忆信息。

2) 认知负荷的优化:梅耶模型中的冗余原则和分割原则可以应用于知识图谱的设计,以减少认知负荷。例如,通过知识领域-一级知识单元-二级知识单元-三级知识点对知识进行拆解形成体系框架,帮助学习者理解,提高学习效率

通过避免在知识图谱中重复信息,以及将复杂信息分解为更小的、易于理解的部分,可以提高学习效率。

3) 学习路径的个性化:梅耶模型中的选择性注意和整合过程可以指导知识图谱的个性化学习路径设计。通过分析学习者的兴趣和知识背景,学习者对于知识点的掌握情况,知识图谱可以推荐相关的学习内容和适合学习者的个性化的学习路径,促进学习者对新知识的整合。

理查德·梅耶的思维的信息加工模型为理解学习过程中的认知机制提供了一个框架,并且为设计有效的教学材料和学习环境提供了指导。在构建知识图谱时,该模型的理论基础可以帮助设计者更好地组织信息,优化认知负荷,促进个性化学习,以及提高学习材料的吸引力和有效性。通过将梅耶模型的原则应用于知识图谱的设计,可以创建更加高效和有效的学习工具,以支持学习者的认知发展和知识构建。

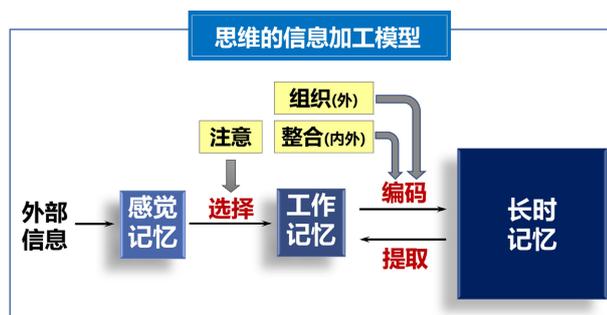


Figure 1. Information processing model of thinking
图1. 思维的信息加工模型

3.2. 立体知识图谱模型构建

立体知识图谱模型如图2所示,它通过多层次的抽象和关联,构建了一个从具体教学资源到培养目标的完整体系。模型分为六个层次,每一层都通过向上抽象和向下关联的方式与相邻层次相联系[6]。

教学资源层,包括简介、视频、仿真、习题和教材等具体教学材料。这些资源是知识传授的基础,为学生提供了学习的具体内容和工具。

知识体系层,由多个知识点组成。这些知识点是教学资源的抽象,代表了学生需要掌握的核心概念和原理。知识点之间通过虚线连接,表示它们之间的关联性,形成了一个网络状的知识结构。

问题体系层，包括基本问题、组合问题、情境问题和新问题。这一层将知识点进一步抽象为问题，这些问题是学生的学习过程中需要解决的，它们可以是直接与知识点相关的问题，也可以是更高层次的综合问题或新情境下的问题[7]。

能力体系层，由基本能力和高级能力组成。这一层将问题进一步抽象为能力，强调学生通过解决问题所培养的能力。这些能力是学生在掌握知识点和解决问题过程中逐渐形成的，如分析问题、解决问题的能力等。

毕业要求和培养目标层，即学生的毕业要求和培养目标。这一层是整个模型的最高抽象，它指导着整个模型的设计和实施，确保教育活动能够达到预期的培养目标。

整个模型通过向上抽象和向下关联的方式，形成了一个从具体到抽象，再从抽象到具体的循环过程。这种设计有助于教育者明确教学目标，设计合理的教学内容和方法，同时也有助于学生更好地理解 and 掌握知识，培养所需的能力。

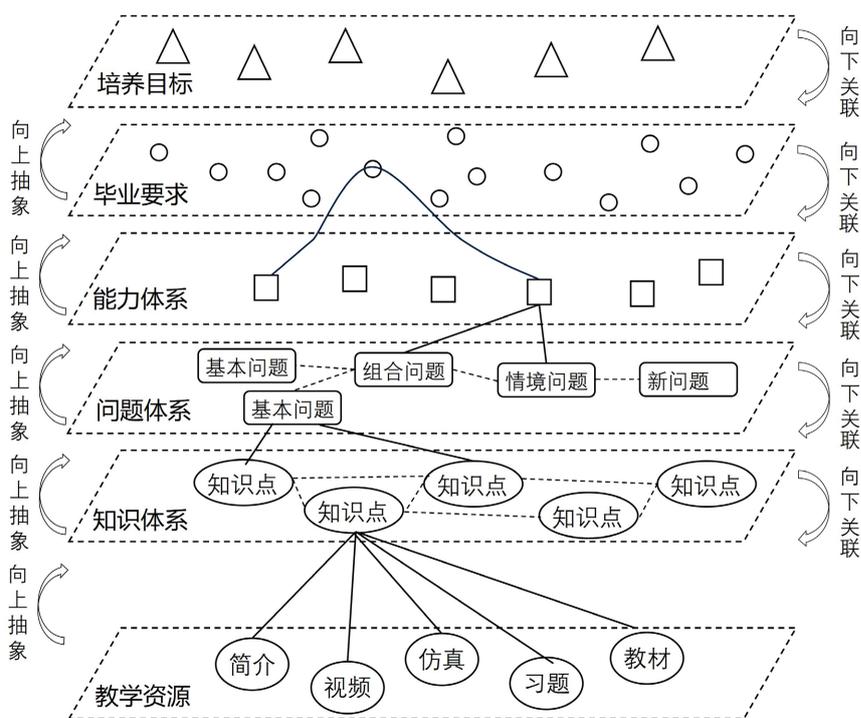


Figure 2. Design of three-dimensional knowledge graph model

图 2. 立体知识图谱模型设计

4. 《数字电子技术》课程立体知识图谱构建与实践

4.1. 《数字电子技术》课程立体知识图谱构建

《数字电子技术》课程是高等教育工科院校的一门核心专业基础课程，该课程具有理论性、实践性、工程性强的特点，也是工科学生普遍反映比较难学的课程之一。课程在丰富的微课、导学视频及习题等碎片化教学资源基础上，借助超星知识图谱平台，成功构建了涵盖能力图谱、目标图谱、问题图谱与知识图谱的立体知识图谱(图 3)。这一体系不仅将碎片化学习与课程系统有机融合，更以直观可视化的方式呈现学生的知识点完成率与掌握率。系统能够精准定位学生的学习短板，提供个性化的学习路径建议，不仅提升了学习效率，更确保了学生能够系统、全面地掌握课程知识，最终达到课程系统学习的教学目标。以下

对课程立体知识图谱进行详细介绍：

能力图谱，课程基于 OBE 教育理念，对接专业人才培养目标，逆推形成了课程的 3 个培养目标、6 个毕业要求以及 7 大核心能力体系，通过设计 7 大问题体系、包含 78 个知识点的知识体系进行支撑，形成了课程的能力图谱，如图 3 所示，建立“知识点 - 问题链 - 能力点 - 目标点”的显性关联，使抽象培养目标具象化为可测量的学习行为。

目标图谱，课程对接专业人才培养目标，根据新时代不断变化的学情分析，重塑了课程的知识 - 能力 - 素质三个维度目标：知识维度描述数字电路基本概念、基本原理、基本方法，识别电路中的数字逻辑器件并剖析工作原理，拓展数字电路的产业前沿和跨学科交叉应用；能力维度根据需求合理选用数字逻辑器件设计、优化电路，模块化分解复杂电路并使用工具进行调试、故障排除；素质维度培塑精益求精的电学素养，训练复杂问题解决的工程思维，强化勇于探索勤于实践的创新意识。并将每个维度的目标与具体的知识点进行关联，通过一个个知识点的掌握率来形成课程目标的达成度检验。

问题图谱，根据课程的培养目标和能力要求，精心设计了 A/D D/A 数字系统构建、一位十进制数加减法器、子弹分装系统设计、8 路彩灯控制电路设计、任意模型发生器设计、声控灯电路设计等六大疑难复杂问题，进一步拆解出加减法运算设计、人机交互设计、代码变换设计、自动分装设计、数据传输设计、控制电路设计、演示电路设计、时钟源设计等 14 个一般问题和编码器设计、显示电路设计、寄存器电路设计、加法器电路设计、计数器电路设计、数值比较器电路设计、数据选择器电路设计等 14 个基本问题，

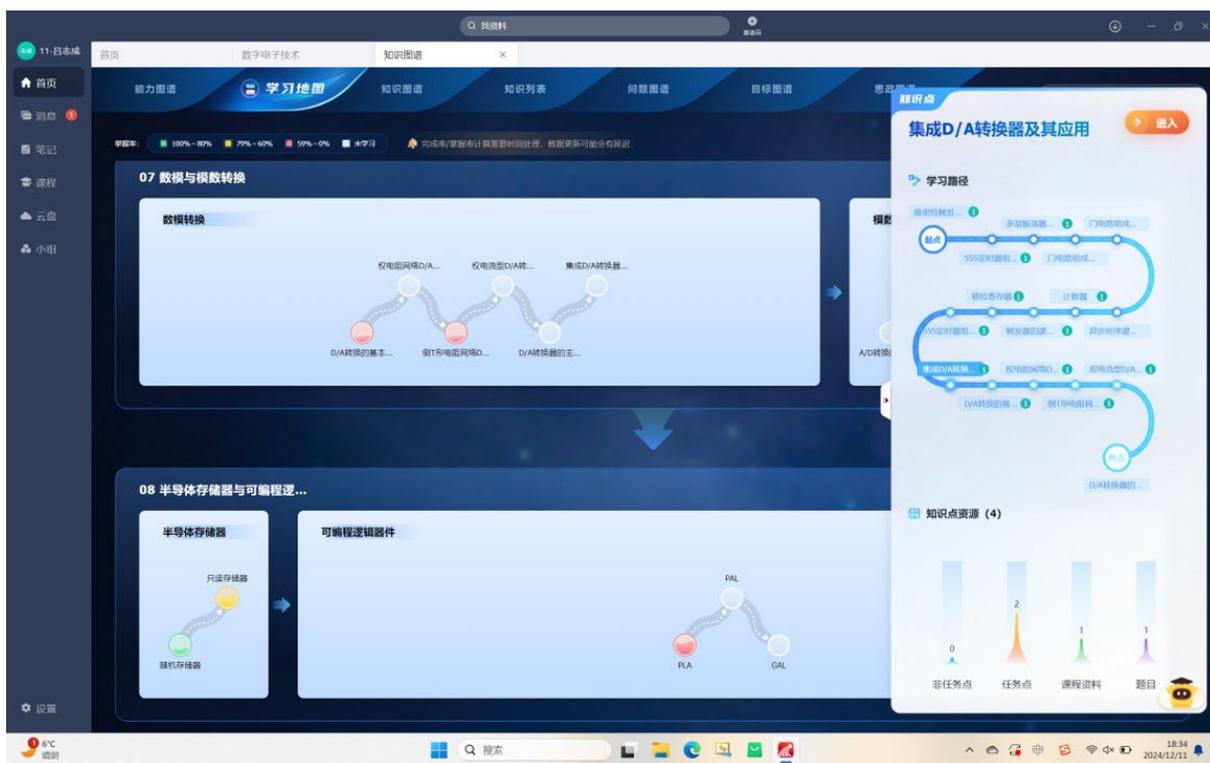


Figure 3. Three-dimensional knowledge graph of “Digital electronic technology”
图 3. 《数字电子技术》立体知识图谱

通过真实情境来激活学生已有的知识和经验，在层层递进的阶梯性、情境性问题的引导下激发学生学习动机，引导学生由浅入深、由表及里的思考，主动建构知识。



(a) 学生知识点完成率与掌握率呈现



(b) 学生个性化路径推荐

Figure 4. Practice of the three-dimensional knowledge graph of “Digital electronic technology”

图 4. 《数字电子技术》立体知识图谱实践

知识图谱,按照一级知识单元-二级知识单元-三级知识点的体系框架,本着知识点是学生学习知识的最小单元,也是一个相对自包含的完整结构,课程梳理出数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、锁存器与触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、数模与模数转换、半导体存储器与可编程逻辑器件等8个一级知识单元,数字电路与数字信号、数制与码制、逻辑代数、逻辑函数、TTL逻辑门电路、CMOS逻辑门电路、不同集成电路间的接口等23个二级知识单元,常用数制、数制转换、二-十进制代码、逻辑运算、逻辑代数的公式等78个知识点,形成课程的知识图谱,并在知识点上挂接视频、PPT、测试题、动画、仿真等教学资源,为学生的个性化学习提供支持。

4.2. 《数字电子技术》课程立体知识图谱实践

课程选择我校2023级测控工程专业的进度班次作为实验班,共有84人,通过立体知识图谱辅助学习,不仅将碎片化学习与课程系统有机融合,更以直观可视化的方式呈现学生的知识点完成率与掌握率。系统能够精准定位学生的学习短板,提供个性化的学习路径建议不仅提升了学习效率,更确保了学生能够系统、全面地掌握课程知识,最终达到课程系统学习的教学目标(图4)。

5. 结论与不足

本研究从教育数字化时代下知识图谱对智慧教育的重要作用出发,阐释了知识图谱的内涵,分析了知识图谱的理论基础,构建了立体知识图谱模型,并将其应用于高等教育工科院校必修的一门重要的专业基础课程——《数字电子技术》,构建了课程的能力图谱-目标图谱-问题图谱-知识图谱的立体知识图谱。本研究着眼于理论研究,立体知识图谱的构建与实施因学科课程的不同、不同科目的思维和学习侧重点而有所差异。因此,后续研究将结合具体课程进行更深入地实践研究验证,以期学生的个性化学习提供指导。

基金项目

2023年全国教育科学国防军事教育学科规划课题“加强军队院校教员队伍专业化建设管理研究”(编号:JYKYB2021007)。

参考文献

- [1] 国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017-07-20.
- [2] 教育部等六部门印发意见部署教育新型基础设施建设[EB/OL]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-07/22/content_5626540.htm, 2021-07-08.
- [3] 怀进鹏. 数字变革与教育未来[EB/OL]. <http://www.moe.gov.cn>, 2025-03-31.
- [4] 李振等. 教育知识图谱的概念模型与构建方法研究[J]. 电化教育研究, 2019(8): 78-79.
- [5] 司马贺. 人类的认知——思维的信息加工理论[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 185-188.
- [6] 刘凤娟, 等. 基于知识图谱的个性化学习模型与支持机制研究[J]. 中国电化教育, 2022(5): 75-90.
- [7] 赵宇博, 等. 个性化学习中学科知识图谱构建与应用综述[J]. 计算机工程与应用, 2023(10): 1-21.