

DOI: 10.7672/sgjs2025220115

基于绿色建筑设计策略与技术的知识图谱 搭建路径研究*

官晓晴¹, 姜 涌¹, 宋晔皓¹, 张成英¹, 褚英男¹, 曹晓昕²

(1. 清华大学建筑学院, 北京 100084; 2. 中国建筑设计研究院有限公司, 北京 100032)

[摘要] 建立垂直领域知识库、实现搜索优化与知识推动、自动知识生成与辅助决策, 有助于推动传统建筑行业向数字化、智能化转型。梳理了建筑行业知识管理的需求和现状, 结合知识图谱的发展历史, 展望了建筑知识图谱的宏观图景。以绿色建筑设计策略与技术为例, 提出一种面向特定需求的建筑知识图谱的建立路径, 探讨了搭建过程中框架设计、数据标注和扩充的关键环节, 并展望了建筑领域知识图谱的应用和发展前景。

[关键词] 知识图谱; 绿色建筑; 设计; 知识地图; 人工智能; 机器学习; 语义识别

[中图分类号] TU204

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)22-0115-06

Research on Construction Path of a Knowledge Graph Based on Green Building Design Strategy and Technology

GUAN Xiaoqing¹, JIANG Yong¹, SONG Yehao¹, ZHANG Chengying¹,
CHU Yingnan¹, CAO Xiaoxin²

(1. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. China Architecture Design & Research Group, Beijing 100032, China)

Abstract: Establishing a vertical domain knowledge base, realizing search optimization and knowledge promotion, automatic knowledge generation and auxiliary decision-making, will help promote the digital and intelligent transformation of the traditional construction industry. Based on the necessity and current situation of knowledge management in the field of architecture, this paper looks forward to a macro picture and an application scenario of architectural knowledge graph. Taking green building design strategies and technologies as an example, it tries to put forward a path to build an architectural knowledge graph for specific needs. Key steps of this process, including top-level framework building, data input protocol and automatic data expansion are specifically discussed.

Keywords: knowledge graph; green building; design; knowledge map; artificial intelligence; machine learning; semantic recognition

0 引言

建筑物作为居住环境产品和大众消费品, 与一般工业产品不同, 具有耐用消费品和不动产属性。其工程设计、采购生产、运营维护涉及建筑物全生命周期的全过程、全参建方、全要素, 构成了建

筑学庞大而复杂的知识体系。

建筑学是典型的知识生产型行业。建筑师在建筑生产中身兼数职, 既是工程技术整合者、建设方顾问, 也是项目管理者、行政许可申报者和施工监管者, 其专业活动涉及的知识领域广泛, 远超单个团队或企业的能力范围。建筑工程、知识体系及建筑师工作的复杂性, 凸显了知识管理在建筑学中的重要地位。

1 作为知识管理核心工具的知识图谱

1.1 知识图谱的概念

数据、信息和知识是认知的 3 个层次。数据是

* 十四五国家重点研发计划: 高品质绿色建筑设计方法与智慧协同平台(2022YFC3803800); 住房和城乡建设部 2022 年度软科学研究项目: 基于工序单元的建设工程质量管理的数字化平台关键技术研究 and 示范应用(R20220452)

[作者简介] 官晓晴, 博士研究生, E-mail: gxq22@mails.tsinghua.edu.cn

[通信作者] 姜 涌, 副教授, E-mail: Jyong2000@163.com

[收稿日期] 2025-03-10

原始、未经处理的数字或符号;信息是有意义、结构化且指向特定事实的数据;知识则是对数据和信息加工、结构化后,形成的认知、价值判断,能指导决策。

知识管理(knowledge management)旨在借助特定平台或工具,优化知识创造、分享、整合和更新的过程。20 世纪 70 年代起,人工智能研究试图通过语义网(semantic web)、资源描述框架(RDF, resource description framework)、网络本体语言(OWL,web ontology language)等技术、框架和协议,将人类信息转为机器可理解内容。同时,随着信息存储技术和各类数据库工具的发展,面向大数据的知识图谱的建立成为了可能。

2012 年,谷歌发布知识图谱项目,是知识图谱发展历程上的一个重要节点。它以“节点”对应概念和实体,“边”表示语义关系,抽取网页信息,关联多源异构知识库,构建统一结构化语义网络。在其支持下,搜索引擎实现从文本匹配到语义检索的转变,实现了检索效率大幅提升^[1]。

1.2 知识图谱搭建的基本路径

从最早的人工搭建,到基于百科数据库的自动搭建,再到近年来出现的基于开放域知识抽取的项目(如 KnowItAll,NELL),知识图谱搭建技术随着信息技术的进步而不断优化,表现为效率提升、处理异构数据的能力逐步增强。虽然搭建技术多种多样,但知识图谱的搭建路径可以概括为 2 种基本模式:自上而下模式和自下而上模式^[2]。自上而下模式是先搭建顶层结构框架,然后将抽取到的实体与顶层结构进行匹配、归类。自下而上模式是利用多种抽取技术获得知识源中的实体、属性和关系,并将这些置信度高的结构合并形成结构,后续可通过自然语言处理(NLP,natural language processing)等方法自动搜集、构建、扩充知识图谱(见图 1)^[3]。

知识图谱按照专业程度可分为通用知识图谱和垂直知识图谱(或称行业知识图谱)。通用知识图谱强调知识的广度,通常使用自下而上的方式搭建,有利于自动生成知识并发现新的知识结构;垂直知识图谱可以看作基于语义技术的行业知识库,强调知识的深度和整体架构,通常采用自上而下和自下而上相结合的方式搭建。完全自上而下搭建的图谱则相对罕见。

2 建筑行业知识管理现状

2.1 工程信息管理

建筑工程全生命周期产生了大量的数据信息。为了建立良好的数字化协作环境,行业内目前已有

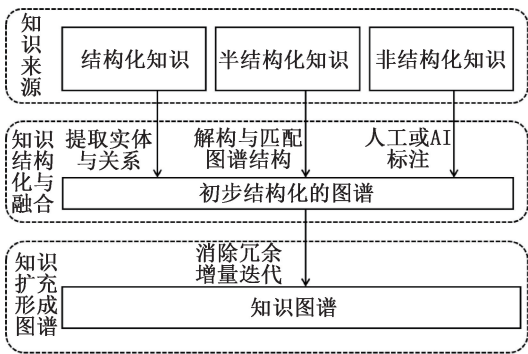


图 1 自下而上搭建知识图谱的模式

Fig. 1 Bottom-up model for building knowledge graphs

多种信息交换和分类标准,例如北美的 Omniclass 分类体系,国际标准化组织的 ISO 12006—2 标准和我国的 GB/T 51269—2017《建筑信息模型分类和编码标准》。这些信息分类和编码系统提高了工程管理效率,为建筑信息模型(BIM)提供了底层的数据管理框架。但数据的分类和标准化离建筑工程知识结构化体系还有相当大的差距。除了工程数据之外,案例介绍、部品部件、图纸模型、法律法规、标准图集各类与建筑工程实践相关的信息分散于不同网站和知识库,彼此缺乏关联,导致行业知识传播与更新相对缓慢。

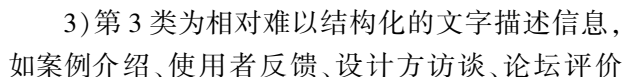
2.2 学术知识地图

知识地图(knowledge map, atlas of science)是知识可视化的范畴。在建筑学领域中,设计知识图示、学术动态分析、学术谱系研究等场景,都常用到知识地图工具。

1)设计知识图示常见于各类设计资料集,针对某个板块的设计知识进行初步结构化,并绘制相关图示,对建筑实践具有较强的指导意义。

2)学术动态知识地图,通过对特定领域学术论文关键词词频、突现词词频及出现时间、阅读量等指标进行统计和可视化,可以直观呈现该领域的研究脉络和主要研究内容,提示现状研究空白或未来热点方向,是学术研究动态分析的常用工具。例如陈羣等对“历史建筑商业化”这一主题的研究,通过学术动态分析,指出该领域“价值认识不足”和“理论指导失效”两大问题^[4]。

3)学术谱系知识地图,致力于描述某类或某几类实体(如建筑师、建筑学术著作、建筑作品)的学术网络关系。如江嘉玮对岭南学派传承谱系的研究,围绕不同阶段的“舶来与本土”特征进行分析与观察,为岭南学派内涵和外延的探讨提供新的思路(见图 2)^[5]。



等,其中包含了大量与设计决策、技术创新与策略组合相关的内容,其标签的定义和分类均存在一定的难度。人工标注时,采用“提取信息-合并相似选项-修改标签表述”的方式,通过一定量的数据录入,建立1个基础的标签系统和分类原则。后期录入时,则需要通过自然语言处理技术和有监督机器学习,实现非结构化的文字信息与既有标签的自动识别、自动对应。

4)第4类信息为图片附件。目前仅采用人工标注的方式进行了粗略分类,未来可借助人工智能技术自动进行图片类型的识别,与策略、技术类节点关联匹配。

第1,2类信息解决了数据结构差异的问题,第3,4类信息则具有一定的拓展性,保证了信息录入的完整性、丰富性和可读性,而标注难度也较前两类信息更高。

3.4 数据扩充——分级搭建与嵌套融合

上述搭建建筑学领域特定主体知识图谱的过程显示出,围绕场景、策略、技术3类实体建立的建筑行业知识图谱领域具有一定的合理性和应用价值,后续通过网络数据自动爬取、自然语言处理、机器学习标注的方式实现自动扩展也具有理论可能性。然而,人工标注过程已经提示了后续外源数据补充与自动标注过程中可能存在的问题。

一方面是领域本体构建阶段,顶层框架难以达成学科内部共识的问题。建筑学的知识体系中存在大量的隐性知识,许多与实体命名、标签分类的认知,往往不来源于文本内部,上述现代木结构案例信息库中的“结构规模分类”就是例子。隐性知识的存在决定了建筑知识图谱的领域本体难以通过自下而上的方式自动生成,而是需要领域专家的介入。对于大规模的行业知识图谱而言,就一个顶层结构达成行业共识,在操作上具有较大难度。

另一方面,建筑领域的术语和语汇体系具有较高的复杂性,一定程度上会对语义识别造成阻碍。有的术语含义丰富,需要依赖语境识别其意义,典型例子如“建构”这一术语,在学术语境中常用“tectonic”的含义,在工程语境中经常用于表达“build”(搭建)的意思;有的信息可能对应截然不同的多种文字表述方式,但实际归属同类,在合并标签时容易遗漏,或创建标签时容易产生冗余和重复。

综上所述,目前通过人工标注与自动标注相结合的方式,创建特定主体的小规模知识图谱并非难事。但在建立更大范围的行业知识图谱,尤其是将建筑本体之外的生产体系、政策法规体系、评估评

价体系的知识纳入知识图谱时,还是会面临相当大的操作难度。

因此,当前建筑学领域知识图谱的搭建,在“自上而下”与“自下而上”相结合之外,分级搭建、嵌套融合也是非常重要的思路,即由多个不同层级的小型图谱对接、拼合,最终形成相对完整的学科知识图景。上述绿色建筑设计策略与技术知识图谱提供了一个分级搭建、嵌套融合的例子。现代木结构案例信息的录入,是内容界定明确、核心工作量可控的过程,其录入标准在有限次的迭代调整之后便趋于清晰,可相对快速地进入数据扩充阶段。围绕场景、策略、技术的本体建构具有一定的复用性,可以应用到装配式钢结构建筑案例、现代竹结构案例等相似领域主题中。其手动信息录入过程提取了策略词和技术词标签,为绿色建筑策略与技术知识图谱提供了初始的实体内容,后续可基于这些标签进行快速的内容扩展。

知识图谱的结构虽然具有可视化的形态,但因为实体和边的数量众多,通常会造成阅读、索引上的困难。在知识图谱的基础上,围绕特定主体提取知识图谱的相关内容,形成强索引功能的知识地图,也是知识图谱的一大应用前景(见图5)。

4 结语

建筑行业作为传统的国民经济支柱产业,涉及的参建方和专业领域庞杂,每个技术策略的选择与优化都需要多维度、多视角的比较权衡。建筑行业目前的知识管理还处于结构化分类的初级阶段,决策过程通常由案例检索、供应商人脉、参考图集等方式碎片化地提供技术参考。引入专业化的知识管理,是学科知识积累、传播与迭代的基础,也是行业效率优化、生产模式转型、建筑品质提高的关键,具有重要意义。

本文以绿色建筑设计这一特定主题、快速辅助决策这一特定需求,借助一个小型图谱的搭建案例,探讨了顶层架构设计、底层数据标注与数据扩展3个关键步骤,初步探索了建筑行业知识图谱的搭建路径。目前,围绕特定主题,采用自上而下与自下而上相结合的方式小型知识图谱的搭建,已具备成熟的条件。难点在于,随着主题的扩大,顶层框架的设计具有一定的主观性,难以取得大范围的学术共识;随着生成式人工智能技术(AIGC)和语义识别技术的不断发展,为通过纯技术手段进行自动知识提取、顶层框架融合带来了可能性。

可以预见,建筑行业知识图谱在人工智能技术的辅助下具有广阔的应用前景;支撑专业检索引擎

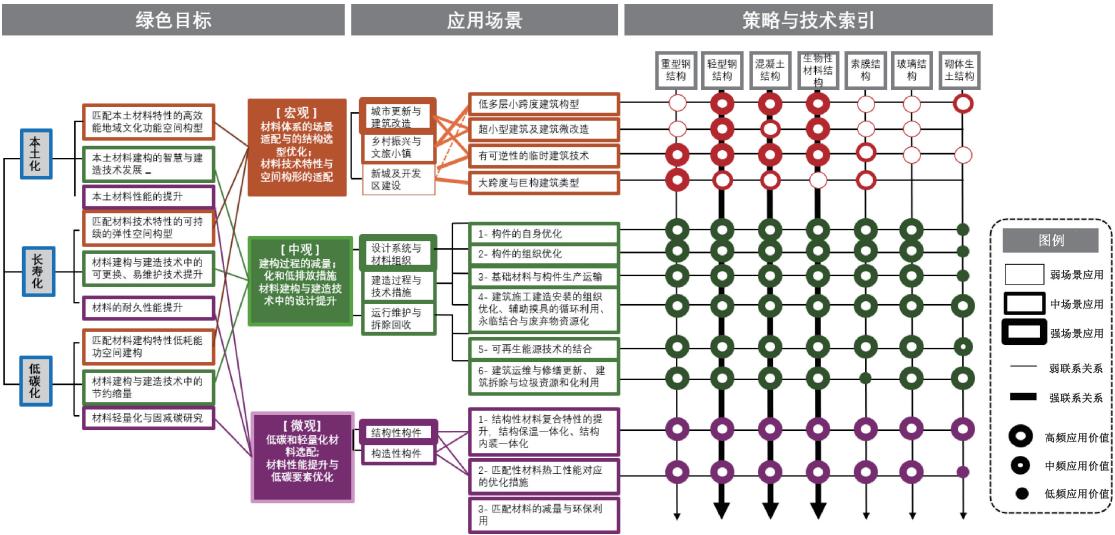


图 5 绿色建筑设计策略与技术索引知识地图示例

Fig. 5 Example of an index map of green building design strategies and techniques

的开发,根据建筑师的职业需求和不同的工程阶段,对检索结果进行优化排序或智能推送,提高知识转化效率;基于建筑行业知识图谱开发智能推荐算法,向目标用户推广与近期项目密切相关的行业知识、法规、案例、技术措施建议、产品信息等,并实时进行面积、造价、合规性、能耗等关键数据的模拟分析,为建筑设计的多目标优化复杂决策提供全流程的决策支持;优化知识生产流程和知识分享方式,提高建筑行业整体专业水平和知识传播速度等。

建立垂直领域知识库、实现搜索优化与知识推动、自动知识生成与辅助决策,有助于推动传统建筑行业向数字化、智能化转型,也是建筑行业形成新质生产的关键步骤,期待更多同行的关注和研究。

参考文献:

[1] 冯新翎,何胜,熊太纯,等. “科学知识图谱”与“Google 知识图谱”比较分析——基于知识管理理论视角[J]. 情报杂志, 2017,36(1):149-153.

FENG X L, HE S, XIONG T C, et al. Comparison and analysis of mapping knowledge domain and google knowledge graph—Based on the theory of knowledge management [J]. Journal of intelligence, 2017,36(1):149-153.

[2] 黄恒琪,于娟,廖晓,等. 知识图谱研究综述[J]. 计算机系统应用, 2019,28(6):1-12.

HUANG H Q, YU J, LIAO X, et al. Review on knowledge graphs [J]. Computer systems & applications, 2019,28(6):1-12.

[3] 阮彤,王梦婕,王昊奋,等. 垂直知识图谱的构建与应用研究[J]. 知识管理论坛, 2016,1(3):226-234.

RUAN T, WANG M J, WANG H F, et al. Research on the construction and application of vertical knowledge graphs [J]. Knowledge management forum, 2016,1(3):226-234.

[4] 陈攀,李鹏昊. 历史建筑商业化利用科学知识图谱分析与思

考[J]. 建筑学报, 2022(S2):162-169.

CHEN H, LI P H. Analysis and thinking on the scientific knowledge map of commercial utilization of historical buildings [J]. Architectural journal, 2022(S2):162-169.

[5] 江嘉玮. 学派与学术社会网络:一份刻画岭南建筑的知识图谱[J]. 建筑学报, 2023(12):98-102.

JIANG J W. Artistic schools and academic social networks: A knowledge graph of Lingnan architecture [J]. Architectural journal, 2023(12):98-102.

[6] JOHN HANCOCK CALLENDER. Time-saver standards for architectural design data[M]. New York: McGraw-Hill, 1982.

[7] 杨玉基,许斌,胡家威,等. 一种准确而高效的领域知识图谱构建方法[J]. 软件学报, 2018,29(10):2931-2947.

YANG Y J, XU B, HU J W, et al. Accurate and efficient method for constructing domain knowledge graph [J]. Journal of software, 2018,29(10):2931-2947.

[8] 张博尧,曹荣强,万萌,等. 垂直领域知识图谱构建及应用平台的设计与实现[J]. 数据与计算发展前沿, 2023,5(3):111-122.

ZHANG B Y, CAO R Q, WAN M, et al. Design and implementation of a platform for domain knowledge graph construction and applications [J]. Frontiers of data & computing, 2023,5(3):111-122.

[9] 张兆锋. 基于知识图谱的技术功效图自动构建及其应用研究[D]. 南京:南京大学, 2018.

ZHANG Z F. Research on automatic construction and application of technology-efficiency map based on knowledge graph [D]. Nanjing: Nanjing University, 2018.

[10] 彭鑫. 基于知识管理的企业知识图谱构建研究[D]. 武汉:武汉大学, 2018.

PENG X. The research on enterprise knowledge graph construction based on enterprise knowledge management [D]. Wuhan: Wuhan University, 2018.