

基于知识图谱的国内外 BIM 可视化分析

王 嘉^{1,2} 李 莉^{1,2}

(1. 同济大学交通学院, 201804, 上海; 2. 上海市轨道交通结构耐久与系统安全重点实验室, 201804, 上海)

摘 要 [目的]通过可视化分析,全面揭示国内外 BIM(建筑信息模型)领域的研究现状、热点趋势及演进动态。[方法]基于文献计量学方法,针对 CNKI(中国知网)数据库和 Web of Science 核心合集数据库筛选出的共计 2 919 篇文献,应用 VOSviewer 软件进行关键词共现分析,识别当前 BIM 领域的研究热点和主题分布。通过作者共现和国家共现分析,评估研究人员的合作模式和跨机构交流合作的广度与深度。基于时间演进分析,探讨 BIM 领域研究的发展趋势和阶段性特征。[结果及结论]从文献发文量与被引量来看,中国 BIM 领域研究实力更为突出,但跨机构交流合作相较其他国家仍然不足,且 BIM+ 高新技术等前沿领域的交叉发展有待加强;从关键词共现、作者共现结果来看,国内外研究热点从初期的理论探究,逐渐转向工程应用,直至现阶段呈现多专业领域、集成化、绿色化、智能化等多角度协同发展态势。

关键词 建筑信息模型; 可视化分析; 知识图谱

中图分类号 G353; TU205

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.01.029

BIM Visual Analysis at Home and Abroad Based on Knowledge Graphs

WANG Jia^{1,2}, LI Li^{1,2}

(1. College of Transportation Engineering, Tongji University, 201804, Shanghai, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Rail Infrastructure Durability and System Safety, Tongji University, 201804, Shanghai, China)

Abstract [Objective] Through visual analysis, an overview of the research status, the hot trends and evolutionary dynamics in the field of BIM (building information modeling) at home and abroad are comprehensively revealed. [Method] With the bibliometric method, the VOSviewer software is used to analyze the keyword co-occurrence in a total of 2 919 pieces of literature sourced from the CNKI (China National Knowledge Infrastructure) database and the Web of Science Core Collection database, so as to identify the current research hot spots and topic distribution in the BIM field. Through the author co-occurrence and country co-occurrence analyses, the cooperation patterns of researchers, the breadth and depth of cross-institutional communication and cooperation are evaluated. Based on

the time evolution analysis, the development trend and stage characteristics of researches in the BIM field are discussed.

[Result & Conclusion] From the point view of the number of published papers and citations in literature, China's research strength in the BIM field is more prominent. However, the cross-institutional communication and cooperation are still insufficient compared with other countries, and the cross-development in frontier fields such as BIM+ high and new technology needs to be strengthened. From the perspective of keyword and author co-occurrence results, the research hot spots at home and abroad have gradually shifted from theoretical exploration in the initial stage to engineering applications, and until now, showing a coordinated development trend of multiple perspectives such as multi-disciplinary fields, integration, greening, and intelligence.

Key words BIM; visual analysis; knowledge graphs

BIM(建筑信息模型)是一种集成工程项目全部信息的数字化、信息化工具。文献[1]在1975年首次提出建筑描述系统这一创造性理念,被视为现代 BIM 技术的原型。经过长达 40 余年的科学研究和技术迭代,BIM 技术现今已成为国内外建筑工程行业的主流,将对全球建筑工程行业转型升级起到巨大推进作用。

我国自 2007 年起开始逐渐关注 BIM 技术的研究,虽然起步时间较晚,但 BIM 研究领域覆盖内容十分广泛。鉴于此,梳理国内外 BIM 领域的发展现状和展望未来研究方向显得尤为关键。本文基于 VOSviewer 软件,针对 2000—2021 年国内外相关领域中的高质量文献开展了计量学分析。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源

本文选取 2000—2021 年(截至 2021 年 10 月)CNKI(中国知网)数据库和 Web of Science(以下简称“WoS”)核心合集数据库中 with BIM 相关的文献作为数据来源。CNKI 数据库文献检索格式为

SU = (BIM + 建筑信息模型), WoS 核心合集数据库文献检索格式为 KP = (BIM OR building information model OR building information modeling) AND SU = (engineering civil OR construction building technology OR architecture OR computer science)。其中, CNKI 数据库仅检索 SCI(科学引文索引)、EI(工程索引)、《中文核心期刊要目总览》、CSSCI(中文社会科学引文索引)及 CSCD(中国科学引文数据库)中的文献,并筛除会议、成果、报纸,以及与主题不相符的文献。

1.2 分析方法

本文研究采用 VOSviewer 软件对 BIM 相关领域国内外研究文献进行关键词、作者、发文引文分析,基于共引、耦合等关系对研究人员、国家/地区、关键词构建网络,评估 BIM 技术在建筑工程行业的研究现状。

2 结果分析

2.1 文献数量与高频被引文献分析

对 2000—2021 年国内外 BIM 主题发文量进行不完全统计,见图 1。从文献数量来看, CNKI 数据库和 WoS 核心合集数据库在 2000—2021 年符合筛选条件的文献分别为 2 368 篇和 551 篇,其中,中文期刊中《施工技术》发文量最多,占比达 12.90%,外文期刊中 *Automation In Construction* 发文量最多,占比达 30.50%;中文期刊发文机构中同济大学占比最大达到 4.40%,外文期刊发文机构中香港理工大学发文量最大,达到 4.59%。从发文时间来看,在 CNKI 数据库筛选结果中,2000—2011 年发文量少且增幅低,年均发文量为 6.3 篇,处于 BIM 探索发展的初级阶段;2012—2017 年发文量多且增幅高,年均发文量为 162.5 篇;2018—2021 年发文量呈现小幅波动,保持高稳态势,年均发文量为 329.8

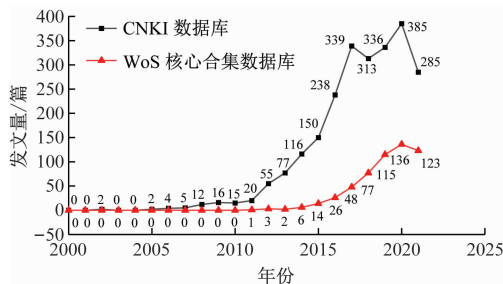


图1 2000—2021年国内外BIM主题发文量

Fig.1 Number of publications on BIM issued at home and abroad from 2000 to 2021

篇。在 WoS 核心合集数据库中,2000—2014 年发文量很少,年均发文量仅 0.8 篇;2015—2021 年发文量增幅较快,年均发文量为 77.0 篇。

根据 CNKI 数据库和 WoS 核心合集数据库中文献被引频次,分别统计 2000—2021 年排名前 3 的高被引经典文献与 2020—2021 年排名前 3 的高被引科研热点文献(见表 1)。通过高被引经典文献统计结果发现:早期 BIM 研究主要集中在工程施工阶段。通过近期高被引科研热点文献统计结果发现:近年来 BIM 与先进技术的交叉愈加紧密,且研究范围不仅局限于建筑工程施工,还推广到桥隧、铁路、公路、市政等专业领域,以及设计规划、施工建设与运营维护等工程全生命周期,呈现多元化发展趋势。

2.2 关键词共现分析

科学文献关键词是对文章主题的高度概括凝练,能够反映出相关领域的研究热点^[2]。本文使用 VOSviewer 软件对 2000—2021 年 BIM 相关领域中的 2 368 篇中文文献和 551 篇英文文献进行关键词共现分析,见图 2。

在共现网络中,关键词的出现频率通过单元大小来反映,关键词的共现关系通过单元之间的连线来反映。由统计结果得出:CNKI 数据库中,2016 年前后工程项目信息化成为热点研究对象,主要研究目的是将计算机信息技术投入到工程应用中,应用信息化的思路进行项目管理,并且首先在房建领域进行推进;2018 年前后行业热点明显转向铁道、桥梁及隧道等多基建领域,协同设计、二次开发、装配式建筑等新方法与 GIS(地理信息系统)、物联网和激光扫描等新技术在 BIM 中的应用成为当今行业的发展方向。

WoS 核心合集数据库检索的文献中,2018 年以前的研究热点是 Methodology、Adoption、Systems、Productivity,主要是对 BIM 技术自身方法论、使用效率、普及率等概念性问题进行研究;2019 年至今的发展趋向多元化,从工程角度来看,对诸如全生命周期评估、工业体系发展、可持续工程等针对工程建设体系革新的研究较多。从应用领域来看,互联网、AR(增强现实)、摄影测量等高新技术的学科交叉更加丰富。

2.3 作者共现分析

在 CNKI 数据库中,筛选出的 2 368 篇文献共计 5 397 位作者。作者共现分析(见图 3)将研究学者划分为多个群集,对照机构单位信息发现同一群

表 1 2000—2021 年国内外高被引文献统计

Tab. 1 Statistics of highly cited literature at home and abroad from 2000 to 2021

数据库	排名	题名	期刊名称	发表年份	第一作者	第一作者所在单位	补引次数/次
CNKI	I	BIM 在工程施工中的应用	《施工技术》	2012	张建平	清华大学	957
	II	基于 4D-BIM 的施工资源动态管理与成本实时监控	《施工技术》	2011	张建平	清华大学	363
	III	基于 BIM 的工程项目成本核算理论及实现方法研究	《科技进步与对策》	2009	王广斌	同济大学	295
	①	基于建筑信息模型和激光扫描的装配式建造管理与质量控制	《同济大学学报 (自然科学版)》	2020	刘金典	同济大学	19
	②	基于 BIM 技术的工程项目全过程造价控制研究	《建筑经济》	2020	宋靖华	武汉大学	17
	③	数字孪生驱动的冬奥场馆消防安全动态疏散方法	《同济大学学报 (自然科学版)》	2020	刘占省	北京工业大学	15
WoS	I	Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0 A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry	<i>Computers In Industry</i>	2016	Thuy Duong Oesterrich	Osnabrück University	344
	II	Aligning building information model tools and construction management methods	<i>Automation In Construction</i>	2012	Timo Hartmann	Twente University	126
	III	Prefabricated construction enabled by the Internet-of-Things	<i>Automation In Construction</i>	2017	Ray Y Y. Zhong	Auckland University	122
	①	From BIM to extended reality in AEC industry	<i>Automation In Construction</i>	2020	Sepehr Alizadehsalehi	Northwestern University	38
	②	Integrated project delivery with blockchain: An automated financial system	<i>Automation In Construction</i>	2020	Faris Elghaish	University of Portsmouth	34
	③	Classification of sensor independent point cloud data of building objects using random forests	<i>Journal of Building Engineering</i>	2018	Maarten Bassier	KU Leuven	23

注: I、II、III 分别表示 2000—2021 年高被引经典文献排名;①、②、③分别表示 2020—2021 年高被引科研热点文献排名。

集中的学者大多来自同一研究机构,内部成员共同发文,学术交流密切,但群集之间离散性强,共现网络稀疏。由此可见,国内学者交流合作依然存在不足。CNKI 数据库中发文量定量统计结果如下:同济大学张建平发文量为 19 篇,上海交通大学邓雪原发文量为 15 篇,北京建筑大学王佳发文量为 13 篇,北京建筑大学周小平发文量为 11 篇,同济大学王广斌发文量为 10 篇。

在 WoS 核心合集数据库中,筛选出的 551 篇文献共计 1 610 位作者。对作者共现网络定量分析得出:Lu Weisheng(发文量为 13 篇)、Love Peter E. D.(发文量为 11 篇)、Xue Fan(发文量为 10 篇)、Luo Hanbin(发文量为 8 篇)等作者的发文量靠前。各

研究群集之间联系更密切,共现网络更加丰富,且我国学者占比较多,达到 47.9%。

2.4 发文量与被引量分析

学科的发展存在明显的区域性差异,衡量某一国家或地区科学研究实力的主要指标包括发文量和被引量,数量越大对应其研究实力越强^[3]。本文梳理了 WoS 核心合集数据库中的发文量和被引量,用于评估各国 BIM 领域科学研究水平。BIM 领域各国家/地区发文量与被引量知识图谱见图 4。结合数据和图谱信息,从发文量角度来看:中国(145 篇)、美国(101 篇)、英国(64 篇)、澳大利亚(56 篇)和德国(36 篇)的发文量最多。从被引量来看,排名依次为:中国(1 972 篇)、美国(1 452 篇)、澳大利亚

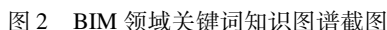


Fig. 2 Knowledge graph screenshot of keywords in the BIM field

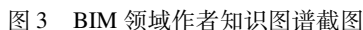


Fig. 3 Knowledge graph screenshot of authors in the BIM field

施工建设和运营管理多个阶段内的知识单元大小和数量分布较为均衡,且国际学者共现网络连线密集、合作交流深入。而国内 BIM 研究具有更明显的工程性,基建领域内的研究颇多,较为不足的是学者、机构之间合作网络稀疏。

3 结语

2) 从研究水平来看,我国 BIM 研究发文量和文献被引量处于世界领先地位,研究质量更高,但依然存在以下不足:首先国内部分领域的研究滞后于国际,以 BIM + GIS 为例,VOSviewer 分析结果显示,BIM + GIS 在我国 2018—2021 年仍属于研究热点,而国际对此的研究在 2019 年之后热度已经衰

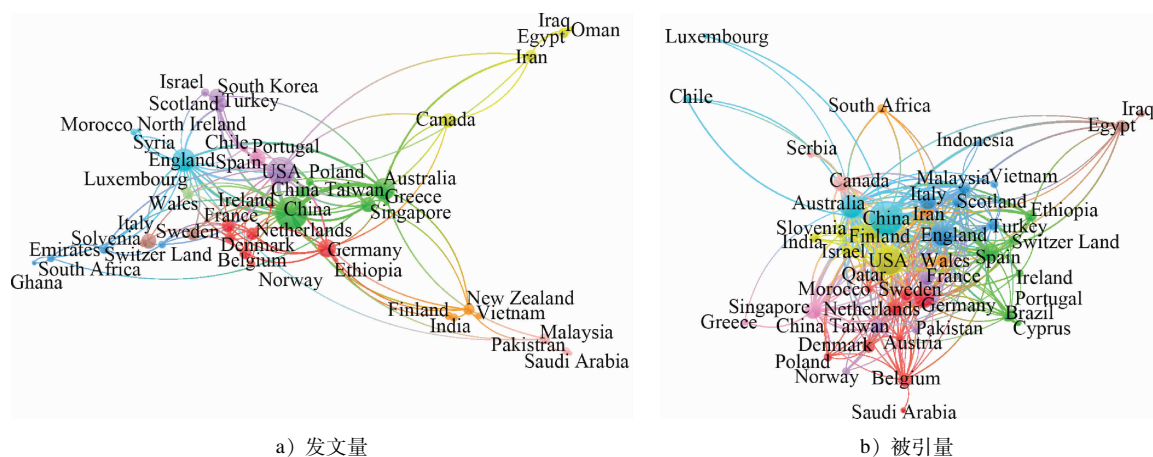


图4 BIM领域各国家/地区发文量与被引量知识图谱截图

Fig. 4 Knowledge graph screenshot of the number of publications and citations by countries and regions in the BIM field

减;另外,我国 BIM 研究领域丰富性相较国际存在不足,对诸如 AR 等高新技术交叉的研究仍然不够。

3) 从演进趋势来看,国内外 BIM 领域均朝着绿色化、信息化和智能化等方向发展,BIM + 绿色建筑可持续发展、BIM + 大数据、BIM + 新技术融合等多方面的协同发展,将对未来建筑工程行业的改革和创新提供重要动力。

参考文献

- [1] 俞利春, 廖福权, 查健明. BIM 技术国内外研究历程及在工程项目管理中的应用[J]. 江西建材, 2020(8): 165.
- YU Lichun, LIAO Fuquan, ZHA Jianming. Research history of BIM technology at home and abroad and its application in project management[J]. Jiangxi Building Materials, 2020(8): 165.
- [2] 罗式胜. 科学文献关键词链的概念: 一种统计分析方法[J]. 情报学报, 1994, 13(2): 126.
- LUO Shisheng. The concept of keyword chain in scientific literature: a statistical analysis method[J]. Journal of the China Society

for Scientific and Technical Information, 1994, 13(2): 126.

- [3] 王健伟, 高超, 董是, 等. 道路基础设施数字化研究进展与展望[J]. 中国公路学报, 2020, 33(11): 101.
WANG Jianwei, GAO Chao, DONG Shi, et al. Current status and future prospects of existing research on digitalization of highway infrastructure[J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33(11): 101.
- [4] 朱记伟, 蒋雅丽, 翟翌, 等. 基于知识图谱的国内外BIM领域研究对比[J]. 土木工程学报, 2018, 51(2): 113.
ZHU Jiwei, JIANG Yali, ZHAI Zhao, et al. Comparative research of BIM based on mapping knowledge domains at home and abroad [J]. China Civil Engineering Journal, 2018, 51(2): 113.

• 收稿日期:2022-08-30 修回日期:2022-11-28 出版日期:2025-01-10
Received:2022-08-30 Revised:2022-11-28 Published:2025-01-10

• 第一作者:王嘉,博士研究生,jiaawang@tongji.edu.cn
通信作者:李莉,副研究员,lilee@tongji.edu.cn

• ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 158 页)

- LIU Mingmin, LU Taiyu, CHEN Xianlong. Practice and modification on passenger flow demand forecast of newly-built railway passenger transport hubs in big cities[J]. Traffic & Transportation, 2022, 38(4): 73.
- [9] 周浪雅, 王亦乐, 谢余晨, 等. 站城融合背景下高速铁路综合枢纽短时刻客流预测研究[J]. 铁道学报, 2023, 45(4): 1. ZHOU Langya, WANG Yile, XIE Yuchen, et al. Prediction of short-term passenger flow of high-speed railway integrated passenger hub under station-city integration[J]. Journal of the China Railway Society, 2023, 45(4): 1.
- [10] 中国国家铁路集团有限公司, 陕西省人民政府. 关于新建西安至十堰高速铁路西安东车站站房工程初步设计的批复: 铁鉴函[2022] 352 号[Z]. 北京: 中国国家铁路集团有限公

司, 2022.

China State Railway Group Co., Ltd., the People's Government of Shaanxi Province. Reply on the preliminary design of the Xi'an East Station Building Project of the new Xi'an-Shiyan high speed railway: Railway Construction Letter[2022] No. 352[Z]. Beijing: China State Railway Group Co., Ltd., 2022.

- 收稿日期:2024-01-03 修回日期:2024-03-14 出版日期:2025-01-10
Received:2024-01-03 Revised:2024-03-14 Published:2025-01-10
- 通信作者:吴琼,高级工程师,2441233874@qq.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article
under the CC BY-NC-ND license