

# 基于CiteSpace的BIM应用研究热点及趋势分析

张 帆

同济大学经济与管理学院, 上海

收稿日期: 2022年1月16日; 录用日期: 2022年2月8日; 发布日期: 2022年2月15日

## 摘 要

通过对Web of Science核心数据库、CNKI核心期刊数据库在2006~2021年发表的BIM应用研究文献的知识图谱分析,以探索BIM应用的研究热点和研究趋势。结果表明: 1) BIM应用研究在2012~2017年迎来快速发展期,并且发文数量受政策导向的影响; 2) 中英文文献虽然均以BIM为核心,但在中心性上存在较大差异; 3) 英文文献从技术集成实践转向全生命周期的BIM应用拓展,中文文献从技术应用转向运维养管、轻量化等新的发展方向。

## 关键词

BIM应用, 知识图谱分析, CiteSpace

# Research Hotspot and Trend Analysis of BIM Application Based on CiteSpace

Fan Zhang

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

Received: Jan. 16<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 8<sup>th</sup>, 2022; published: Feb. 15<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Through the knowledge graph analysis of BIM application research literatures published in Web of Science core database and CNKI core journal database from 2006 to 2021, the research hot spots and trends of BIM application are explored. The results show that: 1) BIM application research ushered in a period of rapid development from 2012 to 2017, and the number of publications was affected by policy orientation; 2) Although both Chinese and English literatures take BIM as the core, there are great differences in centrality; 3) English literature has shifted from technology integration practice to BIM application expansion in the full life cycle, while Chinese literature has shifted from technology application to operation, maintenance and management, lightweight and other new development directions.

## Keywords

BIM Application, Knowledge Graph Analysis, CiteSpace

Copyright © 2022 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

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是对建筑物理信息、功能信息的数字化表达,具有可视化、可计算、可拓展等优势,是建筑业信息化重要载体[1]。2011年,我国住房和城乡建设部印发《2011~2015年建筑业信息化发展纲要》,首次提出“加快建筑信息模型(BIM)在工程中的应用”,极大激发了建筑业对BIM技术的应用热情。随着BIM在建筑业应用范围的日益扩大,也暴露出一些问题,如BIM人才数量缺乏[2]、软硬件成本较高[3]、参建单位重视不足[4]等,使得BIM应用不再是单纯的技术问题,而成为重要的管理问题。本研究采用知识图谱分析方法,基于CiteSpace软件,对2006~2021年国内外BIM应用的相关研究进行可视化分析,探索BIM应用的研究热点和研究趋势。

## 2. 研究方法与数据来源

### 2.1. 研究方法

知识图谱分析是利用可视化软件,通过对科学引文数据的搜集、筛选和分析,快速了解特定问题的研究热点及趋势的一种文献计量分析方法[5]。常用的可视化软件有CiteSpace、VOSviewer、CitNetExplorer、BibExcel等[6]。以CiteSpace为例,该软件由陈超美教授团队开发并维护[7],支持对作者、机构、国家地区的合作网络分析,对主题词、关键词的共现分析,对文献、作者、期刊的共被引分析,对文献的耦合分析等多种功能[8]。

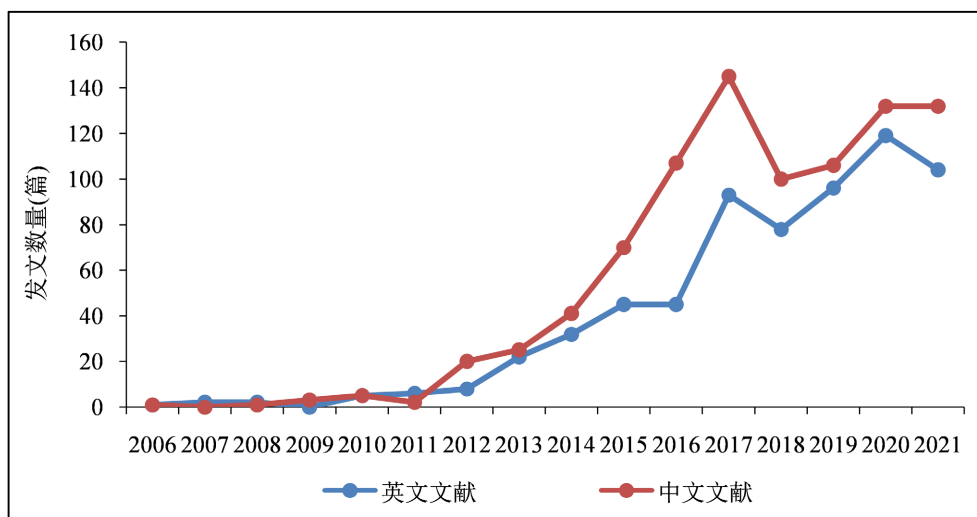
### 2.2. 数据来源

本研究通过对“BIM应用”相关文献的检索,收集科学引文数据,并以CiteSpace 5.8.R3软件进行可视化分析。英文数据来自Web of Science核心数据库,检索式为 $TS = (“BIM\ appl*” OR “BIM\ implement*” OR “Building\ Information\ Model*\ appl*” OR “Building\ Information\ Model*\ implement*”), PY = (2006-2021)$ ,在筛除社论材料和非英语文献后,保留658篇文献。中文数据来自CNKI数据库,设置篇名为“BIM”并含“应用”,或“建筑信息模型”并含“应用”,出版时间为2006~2021年,来源类别为核心期刊,在筛除编辑部征稿和比赛通知等不相关文献后,保留890篇文献。

## 3. 结果分析

### 3.1. 研究动态分析

随着BIM技术在全球建筑业的广泛应用,BIM应用研究的数量也日益增长。从年度发文数量来看,中英文文献在2006~2011年对BIM应用的关注处于萌芽阶段,在2012~2017年处于迅速发展阶段,在2018~2021年处于成熟稳定阶段,年均发文量分别稳定在100~130篇、80~120篇,如图1所示。2016年,我国住房和城乡建设部印发《2016~2020年建筑业信息化发展纲要》,要求“加快BIM技术普及应用”,在一定程度上助推了BIM应用中文文献在2016~2017年的数量跃迁。



**Figure 1.** Analysis of annual publications

**图 1.** 年度发文数量分析

从来源期刊来看,统计发文数量排名前十的中英文来源期刊,累计占比分别为 59.7%、32.1%,表明中文文献的期刊集中度更高一些,如表 1 所示。英文来源期刊中排名前列的有 Automation in Construction、Engineering Construction and Architectural Management、Journal of Construction Engineering and Management、Journal of Management in Engineering 等工程管理领域的重要国际期刊。中文来源期刊中排名前列的有施工技术、建筑经济、建筑技术等工程管理领域的重要国内期刊。跟踪上述期刊,有助于学者及时了解掌握 BIM 应用的最新研究动态,把握跟踪研究热点的变化趋势。

**Table 1.** Source journal analysis

**表 1.** 来源期刊分析

排序	英文文献			中文文献		
	来源期刊	数量/篇	累计占比	来源期刊	数量/篇	累计占比
1	Automation in Construction	45	6.8%	施工技术	173	19.4%
2	Engineering Construction and Architectural Management	31	11.6%	建筑经济	65	26.7%
3	Procedia Engineering	20	14.6%	水运工程	55	32.9%
4	Sustainability	20	17.6%	公路	46	38.1%
5	Journal of Construction Engineering and Management	19	20.5%	建筑技术	41	42.7%
6	Journal of Management in Engineering	19	23.4%	铁道标准设计	41	47.3%
7	Iop Conference Series Materials Science and Engineering	16	25.8%	工业建筑	39	51.7%
8	Advances in Civil Engineering	14	28.0%	建筑结构	35	55.6%
9	Applied Mechanics and Materials	14	30.1%	测绘通报	18	57.6%
10	International Journal of Construction Management	13	32.1%	中国给水排水	18	59.7%

### 3.2. 研究热点分析

关键词是研究主题的最核心、最直接的反映，因此分析关键词的共现规律能够帮助研究者快速定位特定领域的研究热点。统计中英文文献的关键词共现情况，排序前十的关键词如表 2 所示。中心性是源于社会网络分析的概念，分为度中心性、接近中心性、中介中心性[9]，在 CiteSpace 所采用的中心性为中介中心性。中介中心性越高，该关键词在共现网络中的重要性越高[10]。在英文文献中，关键词 BIM 虽然频率最高，但其中心性却只有 0.03，而 framework、design、system、construction 的中心性分别高达 0.15、0.12、0.10、0.10，表明 BIM 应用的研究热点强调框架性、系统性，并集中在设计、施工阶段。在中文文献中，关键词 BIM 的频次最高，且中心性高达 1.23，处于核心地位，而信息化、深化设计、应用、施工管理、可视化的频率和中心性紧随其后，表明 BIM 应用的研究热点从理念层面的信息化、可视化，正在向实践层面的深化设计、施工管理逐步转变，将会拓展更多的实际应用场景。

**Table 2.** Keywords co-occurrence analysis

**表 2.** 关键词共现分析

排序	英文文献			中文文献		
	关键词	频率/次	中心性	关键词	频率/次	中心性
1	BIM	193	0.03	BIM	409	1.23
2	design	92	0.12	信息化	88	0.16
3	construction	81	0.10	应用	55	0.05
4	management	81	0.08	施工管理	36	0.05
5	implementation	66	0.04	深化设计	30	0.08
6	adoption	63	0.06	碰撞检查	23	0.02
7	framework	60	0.15	可视化	22	0.05
8	information modeling	47	0.06	项目管理	22	0.02
9	system	40	0.10	施工	21	0.03
10	project	39	0.09	施工模拟	20	0.02

### 3.3. 研究趋势分析

关键词的突现分析、主题路径分析能够帮助研究者了解把握特定领域的研究趋势。统计中英文文献的关键词突现情况，按突现持续时间排序前十的关键词如表 3 所示。在英文文献中，2008~2010 年突现关键词为 system、3D、BIM、CAD，表明以 BIM 替代 CAD，实现 2D 图纸向 3D 模型转变，进而推动设计能力的系统性提升，是该阶段的研究热点；2014~2015 年突现关键词为 IFC standard、innovation、quality、safety management、exchange、LOD，表明随着 BIM 技术的深入推进，建筑业数字化变革进入深水区，BIM 软件的数据格式和数据交换、BIM 模型的质量和精细度、BIM 与施工现场的安全联动等内容成为新的研究热点。在中文文献中，2012~2014 年突现关键词为信息化、碰撞检测、钢结构、项目管理，表明在建筑业信息化背景下，基于 BIM 的碰撞检测成为研究热点，尤其在钢结构工程中得到更多关注；2015~2018 年突现关键词为高层建筑、虚拟施工、深化设计、施工、施工管理，表明随着 BIM 技术的成

熟, BIM 技术在施工阶段的应用成为新的研究热点, 尤其高层建筑因为投资规模大、施工技术高, 采用 BIM 技术进行深化设计和虚拟施工, 能够有效规避施工风险、降低工程成本。

**Table 3.** Keyword emergent analysis

**表 3.** 关键词突现分析

排序	英文文献			中文文献		
	关键词	突现强度	持续时间	关键词	突现强度	持续时间
1	system	1.3364	2008~2014	信息化	14.8349	2012~2016
2	3D	1.1915	2008~2017	碰撞检测	2.1626	2012~2016
3	BIM	10.5635	2010~2013	钢结构	3.6692	2014~2017
4	CAD	2.1036	2010~2015	项目管理	2.488	2014~2015
5	IFC standard	1.6717	2014~2016	高层建筑	4.4165	2015~2017
6	innovation	1.4518	2014~2015	虚拟施工	2.482	2015~2016
7	quality	1.2974	2014~2017	施工模拟	2.2979	2015~2016
8	safety management	1.1993	2014~2015	深化设计	5.9171	2016~2017
9	exchange	2.2487	2015~2016	施工	3.2619	2017~2018
10	LOD	1.4422	2015~2017	施工管理	2.8004	2018~2021

英文主题路径分析如图 2 所示。通过对关键词的聚类分析, 得到 7 个聚类主题: building information、building information modeling、communication technology、innovation diffusion、information representation、life cycle assessment、integrated practice。聚类模块值  $Q$  为 0.373, 大于 0.3, 表明聚类结构显著; 平均轮廓值  $S$  为 0.7326, 大于 0.7, 表明聚类是高效率且令人信度的[11]。按照时间演进, 大致可以划分为 5 个阶段。第一阶段为 2006~2009 年, 以 BIM、施工、管理、项目为核心, 聚焦在交流技术、集成实践、建筑信息等方面。第二阶段为 2010~2013 年, 以设计、绩效为核心, 聚焦在交流技术方面。第三阶段为 2014~2016 年, 以创新、采用、生命周期、框架、效益、模型为核心, 聚焦在建筑信息、BIM 模型、信息表达等方面。第四阶段为 2017~2019 年, 以信息模型、阻碍、挑战、关键成功因素为核心, 聚焦在建筑信息、BIM 模型、创新扩散等方面。第五阶段为 2020~2021 年, 以建筑业、可持续性、安全、互联网为核心, 聚焦在 BIM 模型、全生命周期评价等方面。

中文主题路径分析如图 3 所示。通过对关键词的聚类分析, 得到 10 个聚类主题: BIM、深化设计、信息化、施工管理、设计、GIS、项目管理、可视化、信息模型、设计阶段。聚类模块值  $Q$  为 0.4981, 大于 0.3, 表明聚类结构显著; 平均轮廓值  $S$  为 0.8764, 大于 0.7, 表明聚类是高效率且令人信度的。按照时间演进, 大致可以划分为 5 个阶段。第一阶段为 2007~2010 年, 以 BIM、可视化、协同设计、施工管理为核心, 聚焦在 BIM、施工管理等方面。第二阶段为 2011~2013 年, 以信息化、碰撞检查、深化设计、项目管理为核心, 聚焦在深化设计、信息化、项目管理等方面。第三阶段为 2014~2016 年, 以钢结构、施工模拟、GIS、参数化为核心, 聚焦在深化设计、GIS、可视化等方面。第四阶段为 2017~2019 年, 以地质工程、铁路工程、桥梁工程等为核心, 聚焦在各类工程项目的 BIM 应用上。第五阶段为 2020~2021 年, 以运维养管、轻量化、三维出图等为核心, BIM 应用的方向被进一步拓展丰富。

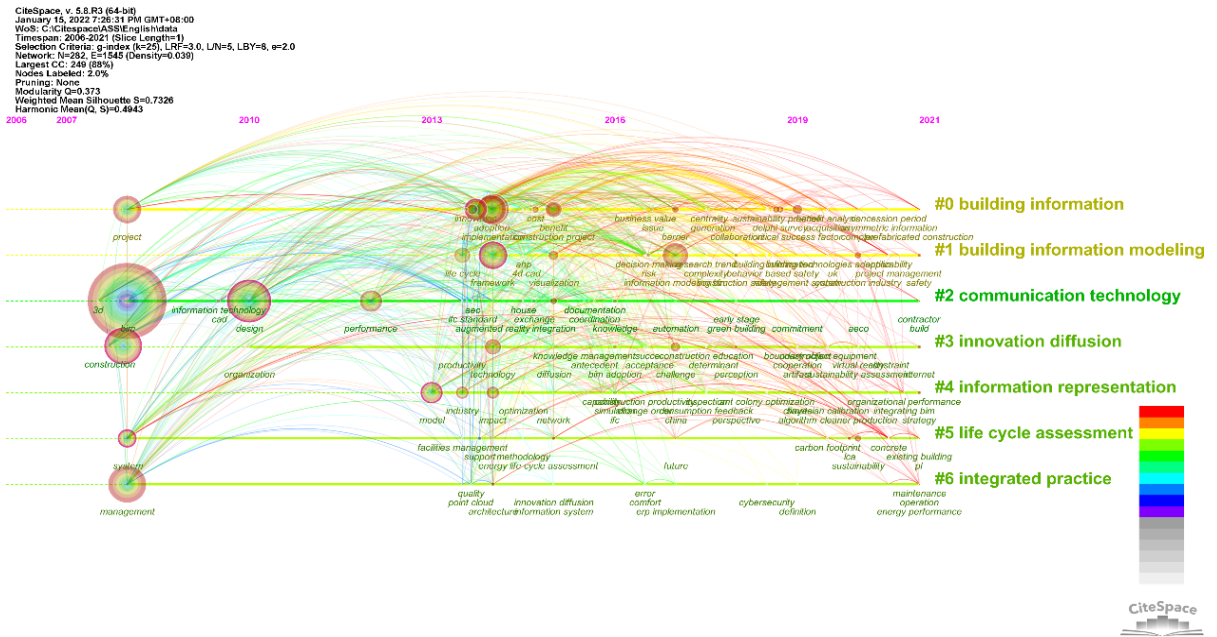


Figure 2. English topic path analysis  
 图 2. 英文主题路径分析

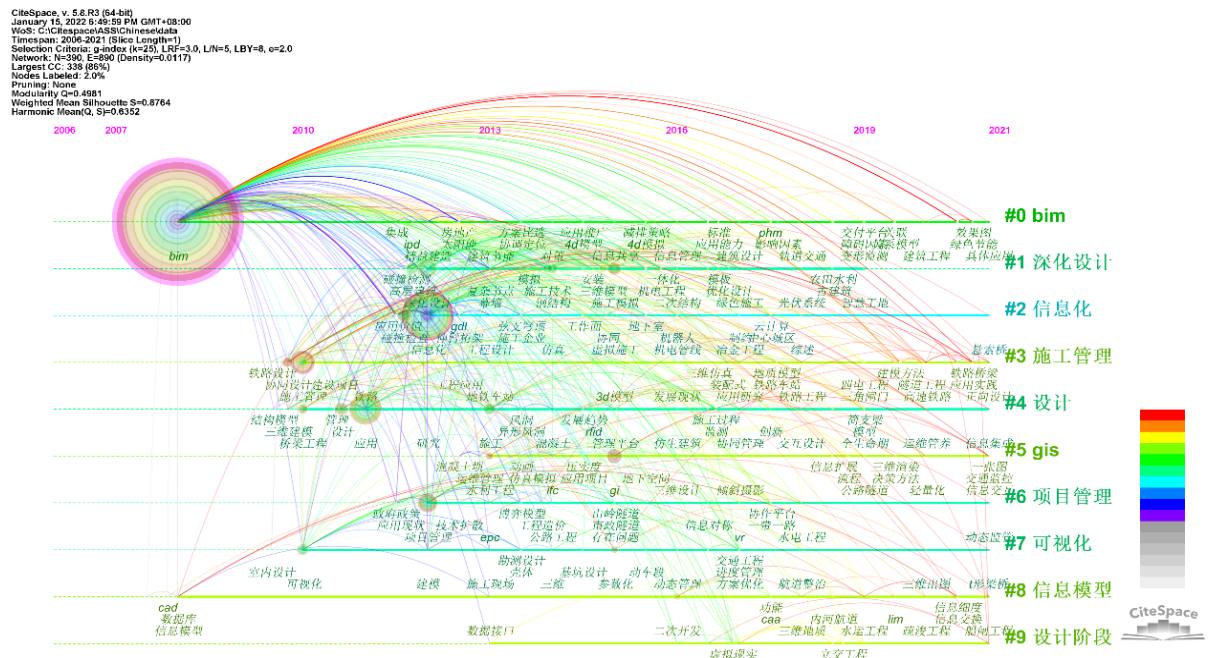


Figure 3. Chinese topic path analysis  
 图 3. 中文主题路径分析

#### 4. 结论

为梳理国内外 BIM 应用的研究热点及研究趋势，本文对 2006-2021 年 Web of Science 核心数据库与 CNKI 核心期刊数据库中 BIM 应用的相关研究进行主题检索，分别得到 658 篇、890 篇文献。基于 CiteSpace5.8 R3 软件，对引文数据进行发文数量、来源期刊、关键词共现、关键词突现、主题路径等分

析, 得到结论如下。

1) 在研究动态方面, 将 BIM 应用研究分为三个阶段, 即萌芽阶段(2006~2011 年)、快速发展阶段(2012~2017 年)、成熟稳定阶段(2018~2021 年), 尤其 2016 年城乡和住房建设部加大对 BIM 应用的扶持, 极大促进了中文文献数量的跃迁。在来源期刊方面, 中英文来源期刊的集中度有明显差异, 前十来源期刊的发文数量占比分别为 59.1%、32.1%。

2) 在研究热点方面, 中英文文献均以 BIM 为核心, 但在中心性上存在较大差异。英文文献强调框架性、系统性, 研究重点集中在设计、施工阶段。中文文献强调将 BIM 应用从理念层面的信息化、可视化, 转向实践层面的深化设计、施工管理, 强调不断拓展丰富 BIM 应用场景。

3) 在研究趋势方面, 中英文文献均取得良好的关键词聚类效果。英文文献的关注重点从交流技术、集成实践, 转向信息表达、创新扩散, 并积极探索 BIM 与可持续性、全生命周期评价的联动。中文文献的关注重点从碰撞检测、深化设计等技术应用, 转向与具体工程项目类型深度结合, 并积极探索运维养管、轻量化、三维出图等新的发展方向。

## 参考文献

- [1] Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014) Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings—Literature review and Future Needs. *Automation in Construction*, **38**, 109-127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- [2] Porwal, A. and Hewage, K.N. (2013) Building Information Modeling (BIM) Partnering Framework for Public Construction Projects. *Automation in Construction*, **31**, 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>
- [3] 何清华, 钱丽丽, 段运峰, 等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报, 2012, .26(1): 12-16.
- [4] Love, P.E.D., Matthews, J., Simpson, I., et al. (2014) A Benefits Realization Management Building Information Modeling Framework for Asset Owners. *Automation in Construction*, **37**, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.007>
- [5] Shi, Y. and Liu, X. (2019) Research on the Literature of Green Building Based on the Web of Science: A Scientometric Analysis in CiteSpace (2002-2018). *Sustainability*, **11**, 3716. <https://doi.org/10.3390/su11133716>
- [6] Aria, M. and Cuccurullo, C. (2017) Bibliometrix: An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis. *Journal of Informetrics*, **11**, 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- [7] Chen, C.M. (2006) CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, **57**, 359-377. <https://doi.org/10.1002/asi.20317>
- [8] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究. 2015, 33(2): 242-253.
- [9] Gilsing, V., Nooteboom, B., Vanhaverbeke, W., et al. (2008) Network Embeddedness and the Exploration of Novel Technologies: Technological Distance, Betweenness Centrality and Density. *Research Policy*, **37**, 1717-1731. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.08.010>
- [10] 林德明, 陈超美, 刘则渊. 共被引网络中介中心性的 Zipf-Pareto 分布研究[J]. 情报学报, 2011, 30(1): 76-82.
- [11] 李杰, 陈朝美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 第二版. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017: 199-212.