

基于 BIM 期刊文献的研究热点 与趋势演化分析

周硕文¹ 庞 博² 潘玉华¹ 张 强¹ 卢永茂³

(1. 中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013; 2. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088;
3. 广东信宏智慧建造工程有限公司, 东莞 523073)

【摘 要】近年来,建筑信息模型已成为现代建筑研究的重点,但现有综述中缺少对 BIM 总体研究的分析。因此,本文基于社会网络分析对 1664 篇 BIM 期刊文献进行了研究,从而对现有研究热点、团队和趋势进行了量化分析。在文献统计上,土木建筑工程信息技术是发表相关文献最多的期刊;在研究内容上,设计与施工管理是现有研究的核心,装配式建筑是重要的研究对象,随着时间的推移,BIM 研究不断深入到了建筑全生命周期的各个阶段;在研究团队上,以清华大学为核心研究团队是最大的研究团队。通过对现有研究的分析,本文提出了强化管理应用、推进智能建造、增强基础研究、促进技术融合、创新教学模式这 5 个未来 BIM 研究发展方向。

【关键词】BIM; 社会网络分析; 文献研究; 趋势分析

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着建筑信息化技术的不断发展,我国建筑工程经历了图板手绘、计算机辅助绘图到建筑信息模型(Building Information Modelling, BIM)的跨越。借助近年来的 BIM、云平台、大数据、物联网等技术发展,横亘在建筑全生命周期各个阶段的技术与信息壁垒正在消失,逐步形成了以 BIM 技术为核心的建筑全生命周期信息集成系统,为未来建筑的智能化发展奠定了坚实的基础。

在 BIM 技术发展与应用的过程中,我国研究者与工程技术人员通过大量的理论与工程实践,吸收借鉴国外 IFC^[1](Industry Foundation Classes)、IDM^[2](Information Delivery Manual)、IFD^[3](International Framework for Dictionaries)等数据标准体系的先进经验,初步构建出了以 5 大 BIM 国家

标准^[4,5]为核心,以 PKPM-BIM^[6]、广联达^[7]等为应用软件的产学研用 BIM 体系,为我国建筑 BIM 产业的良性健康发展提供了保障。

但随着 BIM 研究的不断深入,相关研究成果也与日俱增。通过在中国知网(CNKI)数据库和 Scopus 数据库的检索发现,以“BIM”为主题的期刊文献数分别高达 36 359 篇和 16 733 篇(截止到 2020 年 3 月 31 日),这庞大的文献数量影响了现有研究人员对 BIM 研究成果的深入总结和凝练,急需通过信息化和可视化技术对现有研究进行综合分析^[8]。通过对国内外 BIM 文献综述的分析发现,社会网络分析是一种非常适用的研究方法^[9]。在基于 BIM 的施工网络研究中,通过对 1 031 篇文献的计量分析与网络分析,发现了技术是项目协作研究的先行因素,而管理的重要性相对较低^[10]。而基于 614 篇 BIM 文献的网络分析发现,“可视化”和“工业基础类(IFC)”是最重要的被引词^[11]。通过 BIM 和非现

【基金项目】 国家重点研发计划项目(编号:2016YFC0700100);中国建筑科学研究院有限公司青年科研基金项目(编号:20170122331030033)

【作者简介】 周硕文(1992-),男,硕士,中国建研院建研科技股份有限公司研发中心工程师,主要研究方向:绿色建筑、可持续评价、混凝土结构。

场施工 (off-site construction, OSC) 文献的分析, 研究人员对面向 OSC 的 BIM 研究进行了量化, 并指出基于 BIM 的预制件生产设计等未来研究方向的重要性^[12]。由此可以看出, 社会网络分析是一种有效的量化分析研究热点的工具, 据此, 本文基于社会网络分析对 CNKI 数据库中的部分重点文献进行了研究。

1 基于社会网络分析的 BIM 研究热点与团队分析

基于 CNKI 数据库的文献梳理与分析, 本文选取了部分具有代表性的 BIM 相关文献进行分析, 并以此为基础, 通过构建网络模型图, 对现有研究的研究热点进行了定量分析。

1.1 基于 CNKI 期刊数据库的绿色建筑研究文献统计

为了保证数据分析的全面性与准确性, 本文依托 CNKI 数据库, 对以“BIM”为“主题”的文献进行了检索, 共得到 31 387 篇期刊文献, 但通过对 CNKI 数据库检索结果的分析发现, 由于 BIM 研究兴起时间较短, 许多文章发表在近年来新成立的杂志中, 使得过去以核心期刊等数据库为基础的检索模式, 难以真正提取出有代表性的 BIM 研究文献。而在对文献进行梳理后发现, 基于被引次数的文献选取方法, 可以更有效地对代表性文献进行提取, 提高分析结果的准确性, 因此, 本文基于被引次数建立了文献分析数据库。同时, 为了提高分析结果的质量, 本文以被引次数超过 10 的文献作为数据源进行分析。

基于上述检索条件, 共检索到 1 961 篇以 BIM 为“主题”的文献, 通过对文献的内容梳理与筛选, 确定 1 664 篇 BIM 期刊文献作为网络分析的数据源, 其发表时间分布如图 1 所示。通过图 1 的统计结果可以看出, 自 2009 年以来, BIM 研究文献的增长速度非常快。相比 2009 年, 2016 年的高被引文献数增加了 37 倍, 年均增长率为 530.16%。2017~2019 年由于文献发布时间较短, 其高被引文献数的代表性较低, 不再进行特定说明。

通过对这 1 664 篇 BIM 研究期刊文献的来源出版物统计发现(如表 1 所示), 《土木工程信息技术》和《施工技术》是发表相关研究最多的期刊, 极大地推动了 BIM 相关研究的发展。而《建筑经

济》、《建筑技术》和《工程管理学报》也在建筑各个不同的角度丰富了 BIM 研究, 为 BIM 技术的不断完善贡献了力量。

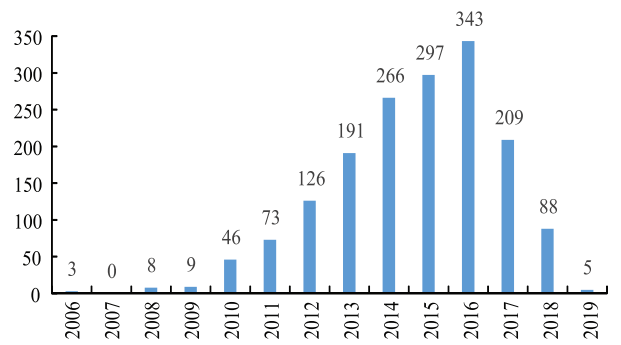


图 1 BIM 研究文献发表分布图
Fig. 1 Distribution map of BIM literature publication

表 1 BIM 研究文献来源出版物统计
Table 1 Statistical results of literature source publication of BIM

序号	期刊	文献数
1	土木工程信息技术	213
2	施工技术	132
3	建筑经济	82
4	建筑技术	56
5	工程管理学报	54

1.2 我国 BIM 总体研究网络的建立与分析

基于对 BIM 重点文献的检索, 本研究确定了文献数据库, 并通过对数据库中不同文献的关键词进行提取分析, 确定了关键词之间的关系矩阵, 从而对我国 BIM 总体研究网络进行了建立。

通过统计发现, 收集的 1 664 篇文献共包含 6 977 个不同的关键词, 基于这 6 977 个关键词两两间的共现频次, 本研究计算出了 BIM 关键词关系矩阵, 从而建立了我国 BIM 研究总体网络模型(如图 2 所示)。其中, 关键词代表网络的节点, 节点和文字大小代表相对连接次数的大小, 不同的颜色代表不同分组(基于连接关系确定)。同时, 本研究通过计算不同节点的特征向量中心度(Eigenvector Centrality, EC), 对不同研究内容的相对重要性进行了量化, 表 2 列出了排在前 30 位的 EC 结果。

从图 2 的结果可以发现, 现有 BIM 研究主要分成了 4 个部分, “BIM”、“BIM 技术”等是核心的研究内容, 而通过对比表 2 结果可以发现, 除了通用性研究内容外, “协同设计”、“Revit”、“可视化”、“碰撞

检查”等均是较为重要的研究内容。但从总体上来讲,其他研究内容的相对重要性较低,仅为 BIM 的 12%左右,这与出现频次为 1 的关键词有关,它们影响了量化分析结果的代表性。

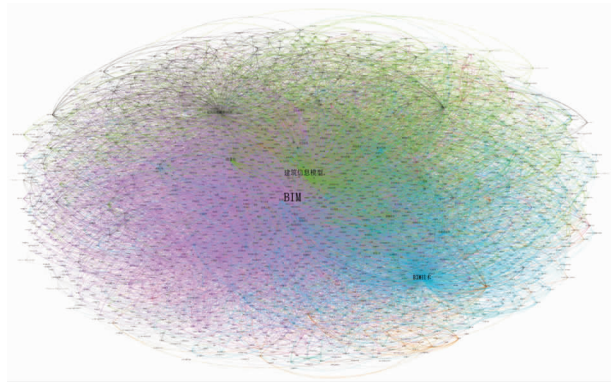


图 2 BIM 总体研究网络图

Fig. 2 Overall research network of BIM
(Gephi, 节点 =2 479, 边 =19 460)

1.3 我国 BIM 核心研究网络的建立与分析

为了更准确、直观地对 BIM 研究进行可视化与定量化分析,本研究建立了 BIM 核心研究网络模

型。基于关键词出现频次的统计结果,以 10 为界限,对关键词进行了筛选,共得到 86 个词频大于等于 10 的关键词用于 BIM 核心研究网络的建立与分析,其网络模型如图 3 所示,排在前 30 位的特征向量中心度计算结果如表 3 所示。

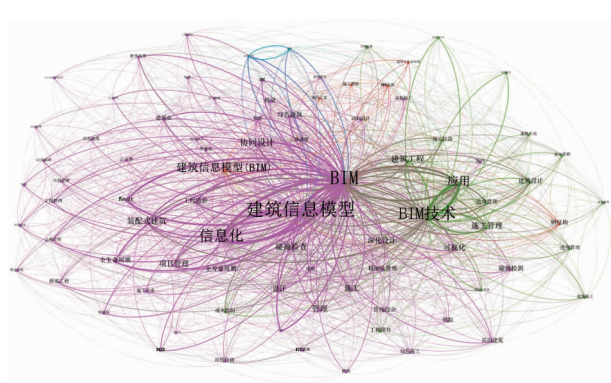


图 3 BIM 核心研究网络图

Fig. 3 Core research network of BIM
(Gephi, 节点 =86, 边 =1 496)

通过对 BIM 核心研究网络模型的建立与分析,可以看出现有研究对信息化和应用的关注度相对

表 2 BIM 总体研究网络特征向量中心度计算结果

Table 2 Eigenvector centrality results of BIM overall research network

序号	研究内容	EC	序号	研究内容	EC	序号	研究内容	EC
1	BIM	1. 000	11	装配式建筑	0. 121	21	设计	0. 101
2	建筑信息模型	0. 529	12	全生命周期	0. 118	22	建筑业	0. 099
3	BIM 技术	0. 375	13	深化设计	0. 115	23	软件	0. 092
4	信息化	0. 248	14	施工管理	0. 112	24	碰撞检测	0. 091
5	建筑信息模型 (BIM)	0. 183	15	项目管理	0. 111	25	施工阶段	0. 089
6	应用	0. 170	16	绿色建筑	0. 109	26	工程造价	0. 088
7	协同设计	0. 143	17	建筑工程	0. 107	27	高层建筑	0. 085
8	Revit	0. 128	18	施工	0. 104	28	桥梁	0. 083
9	可视化	0. 125	19	管理	0. 103	29	建筑	0. 083
10	碰撞检查	0. 122	20	建筑设计	0. 103	30	钢结构	0. 083

表 3 BIM 核心研究网络特征向量中心度计算结果

Table 3 Eigenvector centrality results of BIM core research network

序号	研究内容	EC	序号	研究内容	EC	序号	研究内容	EC
1	BIM	1. 000	11	装配式建筑	0. 438	21	绿色建筑	0. 345
2	建筑信息模型	0. 966	12	施工管理	0. 436	22	全寿命周期	0. 344
3	BIM 技术	0. 870	13	可视化	0. 424	23	全生命周期	0. 343
4	信息化	0. 812	14	施工	0. 419	24	钢结构	0. 332
5	应用	0. 623	15	项目管理	0. 415	25	管线综合	0. 331
6	建筑信息模型 (BIM)	0. 619	16	深化设计	0. 402	26	桥梁	0. 329
7	协同设计	0. 477	17	设计	0. 400	27	精细化管理	0. 326
8	建筑工程	0. 465	18	建筑设计	0. 362	28	高层建筑	0. 320
9	碰撞检查	0. 445	19	工程造价	0. 358	29	建筑业	0. 317
10	管理	0. 443	20	碰撞检测	0. 350	30	模拟	0. 314

较高,建筑工程是核心的研究对象,其相对重要性比桥梁高 41.3%。在技术研究中,“协同设计”、“碰撞检查”、“可视化”、“深化设计”等研究内容的相对重要性都达到了 BIM 的 40%,是 BIM 技术层面非常重要的研究方向。在管理研究中,“施工管理”、“项目管理”、“精细化管理”均是影响较高的研究内容,其中,“施工管理”是最重要的部分。在不同建筑类型中,“装配式建筑”的起步时间较短,但相对重要性却高于其他类型的建筑,可见通过精细化、信息化与可视化技术,可以有效提高其施工性能。而“全寿命周期”和“全生命周期”的计算结果表明,现有 BIM 研究已经跳出了设计阶段的限制,全生命周期思想已经融入到现有研究中,这为未来研究的进一步拓展奠定了基础。

在表 3 结果中,虽然对“施工管理”进行了大量研究,但与进度、质量控制的相关研究内容却未能排在前三十位,“进度管理”尚能排在第 37 位(EC: 0.286),而质量则没有出现在核心指标中,由此可见,BIM 的施工管理是以造价、成本等为核心进行的,对进度和质量的研究相对不足。同时,IFC 和标准分别排在第 62 位和 68 位,现有研究对国际和国内标准的解读较少,对评价体系的分析不足,这影响了 BIM 技术的应用,需要进一步拓展基于相关标准的研究工作。

1.4 基于社会网络分析的 BIM 研究团队分析

基于对 BIM 研究文献的统计,本研究对 BIM 研究团队间关系进行了分析。通过对文献作者的统计,发现共有 3 013 位研究人员对 BIM 进行了研究,其中,张建平、何关培、王廷魁等是发表文献最多的作者。表 4 列出了发表文献数超过 7 篇的作者,从

表中可以看出,大部分学者来自于大学,清华大学的相关学者数最多。

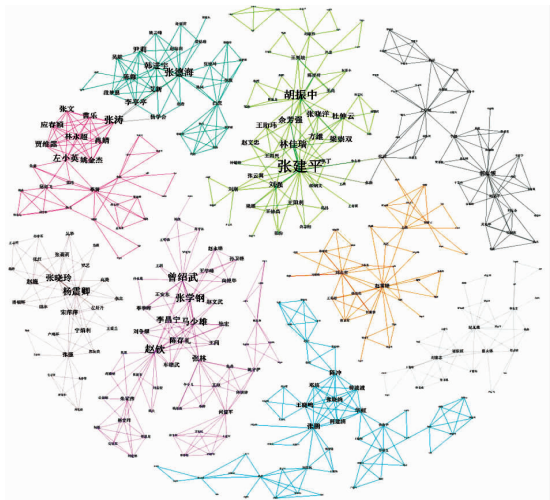


图 4 BIM 研究团队网络图
Fig. 4 Network model of BIM research teams
(Gephi, 节点 =350,边 =1 720)

为了更直观地对 BIM 研究作者间关系进行分析,本研究建立了 BIM 研究团队网络图,如图 4 所示。由于本研究重点关注作者团队间的合作关系,因此模型中仅对模块化后占总体 1% 及以上的团队进行了统计。考虑到特征向量中心度计算的特殊性,在作者量化分析中,分别以中心度(Degree centrality, DC)作为指标对该作者的核心性做分析,其计算结果如表 5 所示。

通过对比图 4 和表 5 的结果可以看出,现有 BIM 研究中有 9 个较大的研究团队,大部分研究团队是独立地开展研究,不同团队之间的研究交流较少。以“张建平”、“胡振中”等为核心的团队是最大

表 4 BIM 研究文献作者统计表

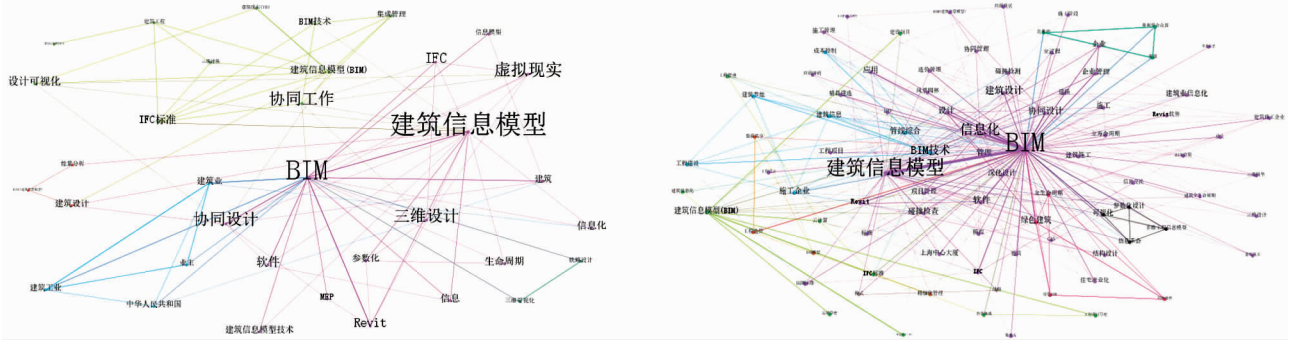
Table 4 Statistics of BIM research literature authors

序号	作者	统计文献数	单位	序号	作者	统计文献数	单位
1	张建平	24	清华大学	12	王新	8	美国 X TWO 国际有限责任公司
2	何关培	18	华中科技大学	13	王茹	8	西安建筑科技大学
3	王廷魁	14	重庆大学	14	曾绍武	8	陕西铁路工程职业技术学院
4	邓雪原	10	上海交通大学	15	杨震卿	8	北京建工集团有限责任公司
5	李云贵	9	中国建筑股份有限公司	16	苏振民	7	南京工业大学
6	王婷	9	南昌航空大学	17	林佳瑞	7	清华大学
7	张德海	9	沈阳建筑大学	18	刘占省	7	北京工业大学
8	董娜	9	四川大学	19	胡振中	7	清华大学
9	王广斌	8	同济大学	20	王代兵	7	中国建筑工程总公司第八工程局
10	郭红领	8	清华大学	21	张晓玲	7	北京六建集团公司
11	马智亮	8	清华大学	22	赵钦	7	西安理工大学

表 5 BIM 研究团队中心度计算结果

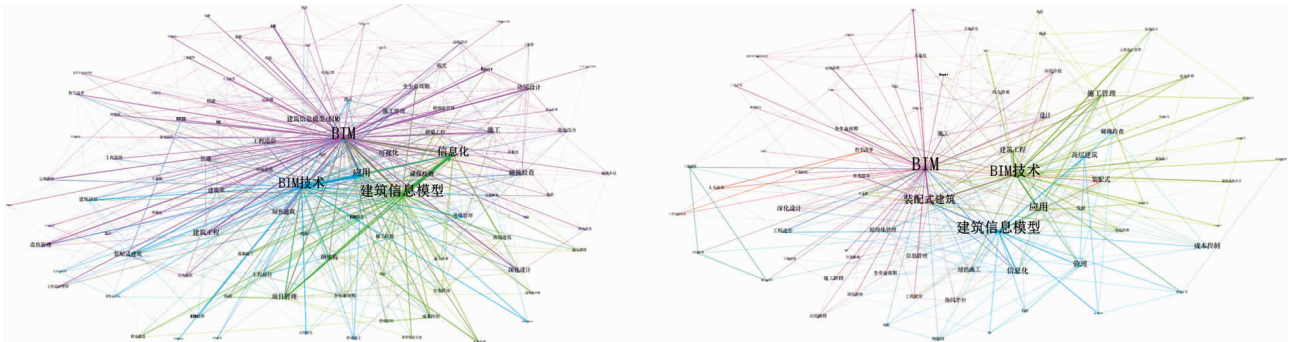
Table 5 Degree centrality results of BIM research teams

序号	作者	DC	序号	作者	DC	序号	作者	DC
1	张建平	100	6	张德海	48	11	刘占省	40
2	杨震卿	58	7	曾绍武	48	12	林佳瑞	36
3	赵钦	54	8	郭红领	44	13	马少雄	36
4	张晓玲	52	9	张学钢	42	14	赵雪锋	36
5	胡振中	48	10	韩进宇	40	15	王广斌	34



(a)2006 ~2010 年 BIM 核心研究网络图
(a)2006 ~2010 core research network of BIM
(Gephi, 节点 = 35 ,边 = 174)

(b)2011 ~2013 年 BIM 核心研究网络图
(b)2011 ~2013 core research network of BIM
(Gephi, 节点 = 89 ,边 = 726)



(c)2014 ~2016 年 BIM 核心研究网络图
(c)2014 ~2016 core research network of BIM
(Gephi, 节点 = 102 ,边 = 1 304)

(d)2017 ~2019 年 BIM 核心研究网络图
(d)2017 ~2019 core research network of BIM
(Gephi, 节点 = 76 ,边 = 644)

图 5 不同阶段 BIM 核心研究网络图
Fig. 5 Core research network of BIM in different stages

的研究团队,并通过“张洋”、“李恒”等与“赵雪锋”团队和“郭红领”团队建立了联系。除此之外,只有“张德海”和“张涛”团队建立了有效的联系,其他研究团队均呈现出内部小团队的现象,这影响了不同研究成果之间的交流。在作者相对重要性分析中,“张建平”是中心度最大的作者,这与统计结果相同。而“杨震卿”、“赵钦”、“张晓玲”等均表现出较高的重要性。

2 基于时间演化的 BIM 研究热点及趋势分析

通过上述研究的分析,本文初步对现有 BIM 研究热点与研究团队进行了网络分析,为更好地对 BIM 研究的未来趋势进行分析,本文分别对不同年代的 BIM 研究进行了网络分析,从而对 BIM 研究的时间演化方向进行了研究。

2.1 不同时间段 BIM 研究网络的建立

基于 1 664 篇文献数据,本文对文献发表时间进行了统计与分析,并将 2006 ~ 2019 年分隔为 2006 ~ 2010 年、2011 ~ 2013 年、2014 ~ 2016 年与 2017 ~ 2019 年这四个时间段,每个时间段的文献数分别为 66 篇、390 篇、906 篇和 302 篇。同时,为了更直观地对不同时间段的研究内容进行展示,本研究重点对 4 个不同时间段内的核心研究网络开展分析,分别根据关键词词频大于等于 2、3、5、3,确立了各阶段的核心关键词,并建立了 4 个时间段的核心研究网络模型图,如图 5 所示。

2.2 基于不同阶段 BIM 核心研究网络的趋势演化分析

基于不同时间段 BIM 核心研究网络模型,本研究通过特征向量中心度计算结果对不同阶段核心研究内容的相对重要性进行了量化研究,其计算结果如表 6 所示,4 个不同时间段分别用“06 - 10 年”、“11 - 13 年”、“14 - 16 年”和“17 - 19 年”来表示。同时,由于本研究重点对各阶段的主要研究内容进行分析,因此只列出了排在前 15 位的关键词。

从表 6 的计算结果中可以看出,在 06 - 10 年,BIM 作为一个新兴技术,虚拟现实、协同设计与可视化是关注的重点^[13],针对 IFC 标准与 BIM 软件也开展了许多研究;在 11 - 13 年,BIM 研究的工程应用大大增加,信息化成为了 BIM 研究的共识,碰撞检查的重要性急速上升,成为重要的设计应用技术^[14]。这一时期,BIM 跳出了设计的局限,开启了施工管理研究工作;在 14 - 16 年,相关研究数量倍

增,逐步跨越了设计阶段,对施工过程中的应用成为了研究核心^[15],而可视化由于在施工交底、工程展示中的重要意义,其重要性也不断提升;在 17 - 19 年,随着建筑工业化浪潮的到来,装配式建筑的 BIM 应用得到了广泛的关注^[16],由此也引起了施工管理中工程精细化研究的进一步发展。同时,随着建筑数据的不断积累,全生命周期 BIM 管理成为了重要的研究方向,新技术也与 BIM 不断融合,创造出更多的价值。而在 BIM 发展中,人才不足是制约现阶段发展的重要因素,因此教学改革也成为了这一时期非常重要的研究内容。

3 跨越 Modelling 的 BIM 未来研究展望

通过对现有 BIM 研究网络的分析,本研究对主要研究内容、研究团队和研究发展趋势进行了探讨。研究发现,对 BIM 研究最充分的是设计阶段,碰撞检查是其研究要点,而随着信息化技术的不断发展,BIM 已经在施工管理中得到了广泛的应用,并在向着建筑全生命周期各阶段发展,“信息化”已经成为应用 BIM 进行管理的共识。但在对 BIM 研究的分析中,也发现了现有研究存在的问题,需要进一步研究:

(1)跨越模型限制,服务综合管理

建筑信息模型是一种技术手段,而不是目的。在 BIM 发展过程中,需要进一步加强对信息的深度整合与数据分析,从而在建筑全生命周期各阶段充分发挥建筑信息的作用,真正地实现数据联动与实时监控。通过开展建筑智能设计、施工精细管理、

表 6 不同阶段 BIM 核心研究网络特征向量中心度计算结果

Table 6 Results of eigenvector centrality in different stages of BIM research

序号	06 - 10 年	EC	11 - 13 年	EC	14 - 16 年	EC	17 - 19 年	EC
1	BIM	1.000	BIM	1.000	BIM	1.000	BIM	1.000
2	建筑信息模型	0.963	建筑信息模型	0.779	建筑信息模型	0.852	建筑信息模型	0.795
3	虚拟现实	0.586	信息化	0.514	BIM 技术	0.798	装配式建筑	0.583
4	协同工作	0.579	BIM 技术	0.409	信息化	0.645	应用	0.539
5	协同设计	0.570	建筑设计	0.348	应用	0.532	施工管理	0.383
6	三维设计	0.560	软件	0.327	可视化	0.387	信息化	0.401
7	IFC	0.480	协同设计	0.324	建筑工程	0.383	建筑工程	0.354
8	Revit	0.402	设计	0.289	施工	0.375	管理	0.394
9	软件	0.373	建筑信息模型(BIM)	0.272	项目管理	0.362	全生命周期	0.243
10	IFC 标准	0.340	碰撞检查	0.272	碰撞检查	0.353	教学改革	0.251
11	设计可视化	0.329	管线综合	0.266	建筑信息模型(BIM)	0.350	施工	0.316
12	信息	0.306	施工企业	0.266	协同设计	0.346	高层建筑	0.359
13	生命周期	0.295	管理	0.263	碰撞检测	0.329	设计	0.325
14	信息化	0.293	应用	0.257	工程造价	0.327	应用价值	0.222
15	参数化	0.289	绿色建筑	0.255	施工管理	0.320	GIS	0.150

运营风险分析、剩余寿命预测等方面的研究^[13],让建筑数据跳出模型的限制,在建筑生命周期综合管理中实现 BIM 的价值,打造 Building Information Management。

(2)立足装配时代,推进智能建造

在建筑高品质发展与劳动力短缺的双重背景下,传统劳动密集型的建筑业受到了极大的挑战,这使得装配式建筑应运而生。但在装配式构件生产与施工过程中,由于缺乏精细化信息管理技术,反而影响了建筑的品质,这必然要通过加强 BIM 技术的应用^[14],提高建筑建造过程中的精细度,以解决钢筋碰撞等工程问题^[15]。同时,随着建筑工业化水平的不断提高,现代建筑施工必然要向着智能建造的方向发展,而 BIM 是实现建筑智能化建造的基础。因此,未来 BIM 发展要立足于装配式建筑的发展现状,充分发挥信息集成在构件制造(Manufacture)中的重要作用,推进模块化、信息化、智能化建筑的发展。

(3)增强基础研究,构建自主平台

受我国科研基本环境的影响,现有 BIM 研究以应用型技术为主,缺少对自主 BIM 三维图形系统等基础性内容的研究。这种基础研究的缺失,使得我国 BIM 研究必然要在国际平台的框架下进行,导致部分研究难以立足于我国的设计、施工基本情况,影响了相关研究的进一步发展^[16,17]。因此,未来 BIM 研究不单要关注实践,更要增强 BIM 基础研究工作,通过对图像、图形、数据等引擎的深入研究,打造符合中国建筑业发展要求的 BIM 平台,为建筑业的高质量发展奠定良好的基础。

(4)应用信息技术,发挥云端优势

随着信息技术的不断发展,“大智移云”已经成为了未来 BIM 发展的重要内容^[18]。BIM 技术的进一步发展必然要借助物联网、大数据、云计算^[19]等方面的优势,拓宽信息收集渠道,增强信息整理能力,提高信息分析水平,从而全方位全面推进建筑信息模型的完善与发展,真正将全生命周期内的信息进行整合,为未来建筑高水平管理提供基础。

(5)推动教学研究,创新培养模式

专业人才的缺失,是制约当前 BIM 发展的重要因素,如何将 BIM 技术引入课堂,培养适合现代工程发展的人才,已成为现有 BIM 研究的热点问题。只有通过加强对多专业交互式教学^[20]、BIM 工程实践对接、BIM 教育体系改革^[21]等方面的研究,创新

BIM 人才培养模式,才能真正解决现有 BIM 专业人才短缺的问题,培养出符合工程要求的人才。因此,未来 BIM 研究中应推进教学改革研究的发展,为 BIM 的发展提供持续动力。

在建筑高品质、高质量、可持续发展理念的指引下,BIM 研究必然要通过更新理念内涵、推进智能建造、增强基础研究、促进技术融合、创新教学模式来进一步提高我国的 BIM 技术,充分满足未来建筑业不断增长的全生命周期管理需要,解决人才短缺的现实问题,为建筑的数字化、信息化和智能化发展贡献力量。

参考文献

- [1] 赖华辉,邓雪原,刘西拉. 基于 IFC 标准的 BIM 数据共享与交换[J]. 土木工程学报, 2018, 51(4): 121-128.
- [2] 明星,周成,姚毅荣,邓雪原. 基于 IDM 的建筑工程设计阶段流程图描述方法研究[J]. 图学学报, 2014, 35(1): 138-144.
- [3] 何关培. 实现 BIM 价值的三大支柱 - IFC/IDM/IFD [J]. 土木建筑工程信息技术, 2011, 3(1): 108-116.
- [4] 罗嫦玲,李珏. 基于内容分析法的中、美、英三国 BIM 标准的研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(6): 21-26.
- [5] 高崧,李卫东. 建筑信息模型标准在我国的发展现状及思考[J]. 工业建筑, 2018, 48(2): 1-7.
- [6] Liu Chen, Wang Jing. Application of the PKPM-BIM construction management platform in project security management[J]. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2017, 27(1): 58-62.
- [7] 王美华,高路,侯羽中,许晶,沈伟. 国内主流 BIM 软件特性的应用与比较分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(1): 69-75.
- [8] 周硕文,王元丰,高源林,罗玮. 全面建成小康社会情景下绿色可持续建筑工程发展与挑战研究[J]. 智库理论与实践, 2019, 4(6): 92-102.
- [9] 朱记伟,蒋雅丽,翟翌,赵钦. 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): 113-120.
- [10] Oraee M, Hosseini M R, Papadonikolaki E, et al. Collaboration in BIM-based construction networks: a bibliometric-qualitative literature review[J]. International Journal of Project Management, 2017, 35(7): 1288-1301.
- [11] Zhao, X. A scientometric review of global BIM research: analysis and visualization[J]. Automation in Construction, 80, 37-47.
- [12] Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al - Hussein, M. . Build-

ing information modelling for off-site construction; review and future directions [J]. Automation in Construction, 2019, 101, 72-91.

[13] 刘照球,李云贵. 建筑信息模型的发展及其在设计中的应用[J]. 建筑科学, 2009, 25(1): 96-99 + 108.

[14] 刘占省,王泽强,张桐睿,徐瑞龙. BIM 技术全寿命周期一体化应用研究 [J]. 施工技术, 2013, 42 (18): 91-95.

[15] 纪博雅,戚振强. 国内 BIM 技术研究现状[J]. 科技管理研究, 2015, 35(6): 184-190.

[16] 林佳瑞,张建平. 我国 BIM 政策发展现状综述及其文本分析[J]. 施工技术, 2018, 47(6): 73-78.

[17] 刘晴,王建平. 基于 BIM 技术的建设工程生命周期管理研究[J]. 土木工程信息技术, 2010, 2(3): 40-45.

[18] 夏绪勇,张晓龙,鲍玲玲,等. 基于 BIM 的装配式建筑设计软件的研发[J]. 土木工程信息技术, 2018, 10(2): 40-45.

[19] 许杰峰,鲍玲玲,马恩成,等. 基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术[J]. 土木工程信息技术, 2016, 8(4): 17-20.

[20] 黄立新,马恩成,张晓龙,等. PKPM 的“BIM 数据中心及协同设计平台”[J]. 建筑科学, 2018, 34(9): 42-49 + 129.

[21] 李犁,邓雪原. 基于 BIM 技术的建筑信息平台的构建[J]. 土木工程信息技术, 2012, 4(2): 25-29.

[22] 张俊,刘洋,李伟勤. 基于云技术的 BIM 应用现状与发展趋势[J]. 建筑经济, 2015, 36(7): 27-30.

[23] 张云翼,林佳瑞,张建平. BIM 与云、大数据、物联网等技术的集成应用现状与未来[J]. 图学学报, 2018, 39(5): 806-816.

[24] 张尚,任宏, Albert P. C. Chan. BIM 的工程教育教学改革问题研究(一)——基于美国高校的 BIM 教育分析[J]. 建筑经济, 2015, 36(1): 113-116.

[25] 游业刚,付旭,李茜,等. BIM 在应用型本科院校中的发展现状及改革思考[J]. 土木工程信息技术, 2018, 10(2): 68-71.

Analysis on Research Hotspots and Trends Based on BIM Papers

Zhou Shuowen¹, Pang Bo², Pan Yuhua¹, Zhang Qiang¹, Lu Yongmao³

(1. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China;
2. China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China;
3. Guangdong Simho Intelligent Construction Engineering Co., Ltd., Dongguan 523073, China)

Abstract: In recent years, the BIM (Building Information Model) technology has already become a key area of modern architecture research. However, there is lacking of analysis on the overall research of BIM in the current research reviews. Therefore, this paper studies 1664 journal literatures on BIM by applying the social network analysis, and makes a quantitative analysis of the current research hotspot, team and trend. In terms of literature statistics, the *Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture* is the journal with the most relevant literatures published. In terms of research content, the design and construction management is the core of existing research, and the prefabricated building is an important research object. The research of BIM has been going deep into every stage of the whole life cycle of building over time. In terms of research team, the research team of Tsinghua University is the largest research team. Based on the analysis of existing research, this paper proposes five future development directions of BIM, which are strengthening management application, promoting intelligent construction, enhancing basic research, promoting technology integration, and innovating teaching mode, respectively.

Key Words: BIM; Social Network Analysis; Literature Research; Trend Analysis