

Visualization Analyses of Researches on BIM Technology Abroad

Guangbin Wang, Qinghong Cui

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai
Email: gb_wang@tongji.edu.cn

Received: Jun. 19th, 2016; accepted: Jul. 4th, 2016; published: Jul. 13th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

Data sources of this paper are journal articles about building information model from 2005 to 2015, which come from Web of Science™ database. Co-Citation Analysis Method is used to analyze different relationships of key words, literatures, journals, and authors. Mapping knowledge domains of the above co-citation analyses are built by CiteSpace III. Research findings are shown below: main topics of BIM aboard focus on information technology, construction management, construction, ontology and industry foundation classes. In order to understand and grasp main research hotspots and evolution process of BIM, and to provide advice for follow-up researches, further discussions are given from 4 aspects, which include key literatures, important journals, main authors and their contributions, countries and institutions.

Keywords

Building Information Model, Building Information Modeling, Co-Citation Analysis Method, CiteSpace III, Mapping Knowledge Domains

国外BIM技术研究的可视化分析

王广斌, 崔庆宏

同济大学经济与管理学院, 上海
Email: gb_wang@tongji.edu.cn

收稿日期: 2016年6月19日; 录用日期: 2016年7月4日; 发布日期: 2016年7月13日

摘要

以Web of Science™核心合集数据库中收录的2005至2015年与BIM技术研究相关的文献为数据来源,使用共被引分析的研究方法,用CiteSpace III软件进行关键词、文献、期刊、作者的共引与主要研究国家的知识图谱绘制,研究表明:国外BIM技术以信息技术、建设与建设管理、本体以及IFC等内容为研究重点;为了了解和把握BIM技术研究的主要热点与发展脉络,并为后续研究提供参考,对重要研究文献、主要期刊、重要作者及其贡献、国家与机构4个方面的内容作了进一步的分析。

关键词

建筑信息模型化, 建筑信息模型, 共被引分析法, CiteSpace III, 知识图谱

1. 引言

建筑业面临着设计变更更多、生产效率低下、项目整体价值偏低等问题[1], BIM技术被视作是建筑业具有创新性的里程碑式技术, 被广泛视为将颠覆建筑业传统生产范式, 引致建筑业生产流程和组织模式的变革, 同时带来生产效率的极大提升[2]。本文以Web of Science核心合集数据库为数据源, 借助CiteSpace III软件对2005至2015年间以“BIM”为标题的文献, 使用共被引分析法对其进行可视化分析, 以期能够及时了解和把握国外BIM技术的研究热点、发展脉络以及演进过程, 为该领域的后续研究提供参考。

2. 数据来源、研究方法与工具

数据来源为Web of Science™核心合集集中的外文文献, 以标题TI = (building information modeling OR building information modelling)为检索条件, 时间跨度为2005~2015年, 共得到167篇文献。为了提高检索结果的主题契合度与保证文献中各数据的完整性与有效性, 对上述文献进行逐一选择, 去除研究主题不符、无关键词和作者的文献, 最终得到有效文献155篇。

本文主要使用共被引分析的研究方法, 其原理是: 当两个作品或作者同时被第三个作品或作者引用, 则这两个作品或作者存在共被引关系, 经常一起被引用的作品或者作者表示他们在研究主题的概念、理论或方法上是相关的, 共被引的次数越多, 他们之间的关系就越密切, “距离”就越近, 进而将一个学科内的重要文献或者作者加以分类, 从而鉴别出学科内的科学共同体, 进而分析他们的学术观点[3]。所使用的工具为CiteSpace软件[4], 主要用于高频关键词共现, 主要文献、期刊、作者共引, 主要研究国家与机构合作网络知识图谱的绘制与可视化研究。

3. 可视化研究

3.1. 关键词共现分析

在国外BIM技术研究的155篇文献中共有296个关键词, 使用CiteSpace III软件(设定阈值为3)得出国外BIM技术研究的关键词共现知识图谱如图1所示。

图1显示了频次>3的关键词, 包括: 建筑信息模型化、建筑信息模型、信息技术、建设管理、建设、本体以及工业基础类等15个关键词, 其中被引频次前7位关键词的具体频次与中心性(用于表征重要性的指标)如表1所示。

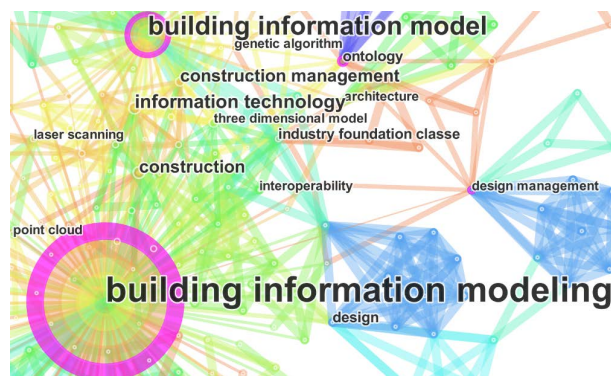


Figure 1. Knowledge domains map of keywords co-occurrence
图 1. 关键词共现知识图谱

Table 1. High-frequency keywords of aboard BIM technology researches

表 1. 国外建筑信息模型研究的高频关键词

序号	频次	中心性	关键词	年份
1	78	1.19	Building information modeling	2008
2	25	0.31	Building information model	2008
3	9	0.02	Information technology	2010
4	8	0.03	Construction management	2010
5	8	0.03	Construction	2012
6	5	0.12	Ontology	2005
7	5	0.05	Industry foundation classes	2008

3.1.1. 建筑信息模型化与建筑信息模型

建筑信息模型化的理念可追溯至 20 世纪 70 年代提出的建筑描述系统, 在经历了建筑产品模型、建筑模型化等概念后, 它由 Jerry Laiserin 于 2002 年正式提出[5]。随着 BIM 理念在行业内的进一步扩散, 不同学者及机构对 BIM 的内涵进行了诠释, 而从现有学术文献看, 尽管许多文献未对 BIM 进行明确定义, 但多沿用 Eastman (2011)等的观点, 将 BIM 视为“一种用于创建、交换、分析建筑模型的模型化技术及其流程”, 而建筑信息模型则是 BIM 技术所创建的结果以及使用的对象[6]。

3.1.2. 信息技术

当前, 建筑业正面临着巨大的技术和制度上的变革并伴随着它们共同带来的困难与挑战, 信息技术的使用被视作是应对上述变化中的重要工具, 并将其视作提升可持续能力与影响建筑业根本性变化的关键力量与重要工具, 特别是具有变革能力的 BIM、VDC 以及虚拟现实技术[7]-[9]。此外, Won J *et al.* (2013) 分析了技术成功应用的诸多因素, 进而从 4 个主要方面研究了组织内部成功应用 BIM 的关键成功因素[10]。

3.1.3. 建设管理与建设

“建设”是 BIM 技术应用与研究的重要领域, 两者的相关性集中体现在建设行业与项目两个层面: (1) 在行业层面, BIM 被广泛认为有可能给建设行业带来革命性变化, 被用来改进效率和提高建设项目的交付质量[11], 它深刻改变了建筑物被设计和建造的过程, 通过对其投资回报的分析来鼓励建设行业更多地使用该技术[12]; (2) 在项目层面, Bynum P (2013)通过调查设计与施工人员对可持续设计与建设使用 BIM 的认知, 得出: 在项目交付方法上, 大多数调查人员认为设计/施工和集成项目交付(Integrated Project Delivery,

IPD)是集成 BIM 作为可持续发展工具的最佳方法[13]; Li J *et al.* (2014)则列举了 5 个在设计、建造和运营阶段使用 BIM 的大型公共和金融项目, 并且在各自独立的背景下比较了 BIM 的不同使用效果[14]。

BIM 技术与建设管理的关联主要集中在对建设流程的影响上: Rafael Sacks *et al.* (2010)通过研究建设行业中的精益建设与 BIM 之间的相互作用关系, 进一步指出两者都对建设行业产生深远影响, 精益建设侧重于对项目及建设管理产生影响, BIM 则更强调信息技术的变革能力并且强化了核心建设流程[8]。Hartmann T *et al.* (2012)则补充了现有建设管理中的实施理论——在需要彻底改变来与基于 BIM 的工具功能相一致的现有工作流程中倡导“技术推动”实施[15]。

3.1.4. 本体

本体除了被用作从初始的完整模型中提取部分建筑信息[16]与表示设计变更(变更部件的属性、部件间的相互关系以及变更的影响因素) [17]之外, 还用于提高建筑信息模型的可用性以及更好地从中获取特定的建设信息[18]; 此外, 为了更好的解决建筑信息模型使用的跨领域信息集成和查询问题, 使用本体和语义网技术以创建更为正式与可互操作的建筑信息模型[19]。

3.1.5. IFC

尽管 BIM 被认为是一个多学科工具, 互操作能力问题继续存在于建设行业内的各种 BIM 应用程序中[13]。作为一项用于 BIM 互操作性的综合性国际标准, IFC 是一组定义——描述建筑构件的一致性数据表示, 它由 building SMART 开发与维护, 被设计用于使整个建设生命周期内的信息能够存储和交互[16]。

3.2. 文献共引分析

文献共引分析用于分析当前该研究领域的主要与重要文献, 文献共引知识图谱可以直观地识别学科的经典文献和核心理论的演进路径[20]。使用 CiteSpace III 软件(阈值设定为 10)得出国外 BIM 技术研究的文献共引分析知识图谱如图 2 所示。

图 2 中显示了被引频次>10 的主要文献、作者及年份, 其中被引频次排名前 5 位的文献、作者、发表年份以及来源如表 2 所示。

Eastman C 三本著作的共被引频次分别为 29、13 和 12 次, 其中:《Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction》(1999)的研究内容包括建筑模型的背景与历史、产品和建筑模型的当前工作(模型化概念、ISO-STP, 建筑框架模型以及 IFC 等)以及研究问题(信息交互构架与模型化语言) [21];《BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors》(2011)则包括 BIM 手册介绍、BIM 工具和参数模型化、互操作能力、为业主和设施管理人员、建筑师和工程师、承包商、分包商和供货商使用的 BIM、展望与案例研究[22]。Succar B (2009)主要探讨了部分公开可用的国际准则并且构建了 BIM 框架, 为行业利益相关者提供研究和交付的基础[23]。Howard R (2008)通过向全球的专家咨询建筑信息模型的可用性、使用建筑信息模型成功所需的必要条件以及标准——特别是关于 IFCs 的作用一系列问题并获取相关信息, 在此基础上进行质性研究后对建筑信息模型与 IFC 做进一步的讨论[24]。

3.3. 期刊共引分析

期刊共引是指两种期刊中的文献被其它期刊同时引用, 对期刊共引的分析可以确定该研究领域中的重要期刊[20]。使用 CiteSpace III 软件(阈值设定为 20)得出国外 BIM 技术的期刊共引分析知识图谱如图 4 所示。

图 3 中显示了被引频次>20 的 8 种主要期刊, 它们各自的具体被引频次、名称以及首次被引用的年份如表 3 所示。

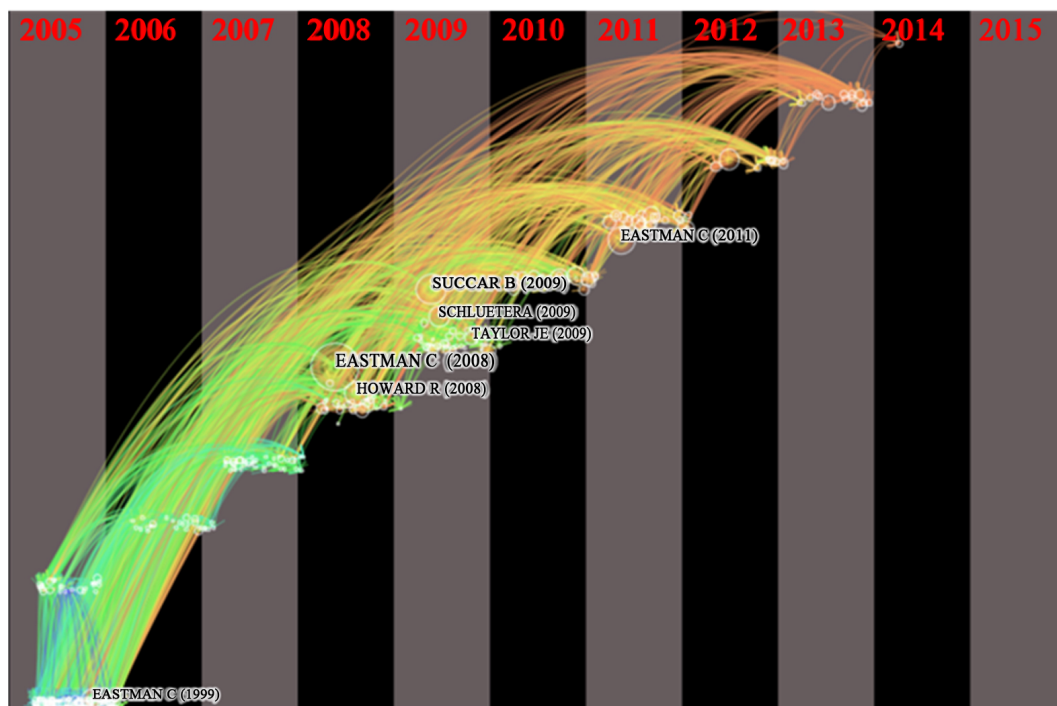


Figure 2. Knowledge domains map of literature co-citation
图 2. 文献共引知识图谱

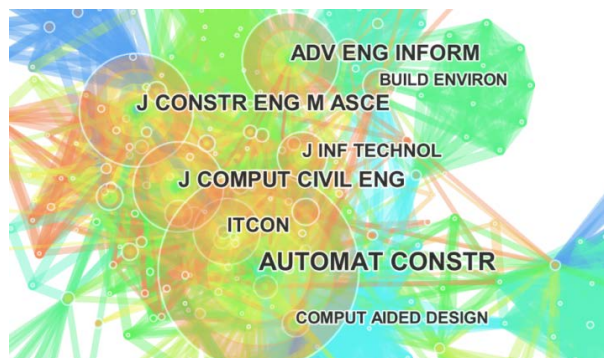


Figure 3. Knowledge domains map of journal co-citation
图 3. 期刊共引知识图谱

Table 2. Literature co-citation data of BIM technology researches abroad
表 2. 国外 BIM 技术研究的文献共引数据

序号	频次	专著/文章	作者	年份	来源
1	29	《BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors》	Eastman C	2008	专著
2	18	“Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders”	Succar B	2009	Automation in Construction
3	15	“Building information modelling—Experts’ views on standardisation and industry deployment”	Howard R	2008	Advanced Engineering Informatics
4	13	《BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors》	Eastman C	2011	专著
5	12	《Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction》	Eastman C	1999	专著

3.4. 作者共引分析

分析作者共引情况, 可以发现在该学科领域做出重要贡献的研究人员以及研究人员之间的学术亲缘关系[20], 作者共引频次越高则作者学术相关性越强[25]。运行 CiteSpace III 软件(阈值设定为 13)得出国外 BIM 技术研究的作者共引分析知识图谱如图 4 所示。

图 4 中显示了被引频次>13 的 12 位该领域的主要研究者, 包括: Eastman C、Sacks R、Azhar S、Hartmann T、Succar B、Becerik-gerber B、Arayici Y、Howard R、Lee G、Gu N、Taylor JE 与 Fischer M。其中, Azhar S 在 2013~2015 年出现引用突现, 表明作者在该时期出现被引频次急剧变化的情况。

3.5. 国家与研究机构合作网络分析

运行 CiteSpace III 软件(阈值设定为 7)得出 BIM 技术研究的主要国家及其合作网络知识图谱如图 5 所示。

图 5 显示了该领域研究的 8 个主要国家, 上述国家的频次、中心性以及 2005 至 2015 年间首次被引用的年份如表 4 所示。

在研究机构合作网络方面, 运行 CiteSpace III 软件(阈值设定为 3)得出该领域研究机构的合作网络知识图谱如图 6 所示。

Table 3. Frequencies, titles and first cited years of co-cited journals

表 3. 共引期刊的频次、名称及首次引用年份

序号	频次	期刊名称	年份
1	106	Automation in Construction (AIC)	2006
2	61	Journal of Construction Engineering and Management (JCEM)	2006
3	51	Advanced Engineering Informatics (AEI)	2008
4	48	Journal of Computing in Civil Engineering (JCCE)	2008
5	39	Journal of Information Technology in Construction (ITcon)	2008
6	27	Electronic Journal of Information Technology in Construction (EJITC)	2010
7	22	Building and Environment (BAE)	2007
8	22	Computer Aided Design Cad (CAD)	2006

Table 4. The order of main countries

表 4. 主要国家排序

序号	频次	中心性	国家	年份
1	52	0.24	USA	2006
2	15	0.15	England	2008
3	14	0.14	Australia	2009
4	12	0.18	China	2008
5	11	0.15	Canada	2010
6	11	0	South Korea	2011
7	9	0	Germany	2005
8	8	0.03	Israel	2006

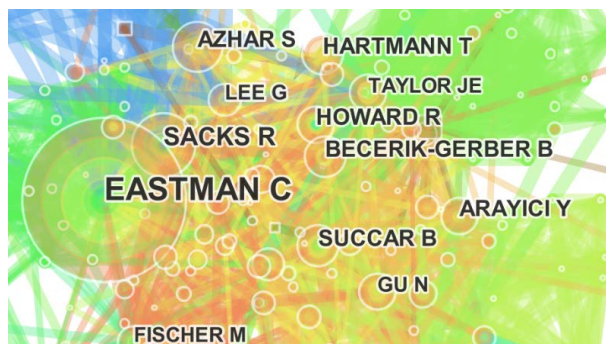


Figure 4. Knowledge domains map of author co-citation
图 4. 作者共引知识图谱

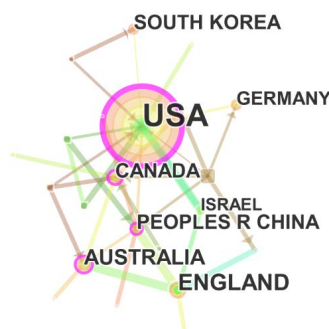


Figure 5. Main countries of BIM technology researches
图 5. BIM 技术研究的主要国家

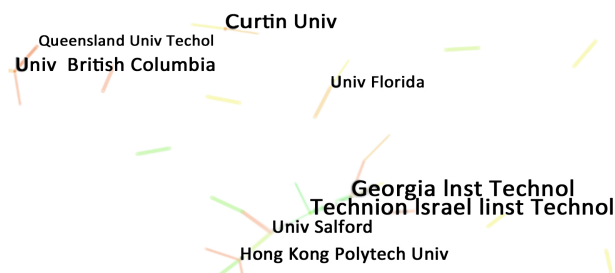


Figure 6. Key institutions of BIM technology researches
图 6. BIM 技术研究的主要机构

图 6 显示了主要的研究机构(按频次排序)包括: 佐治亚理工学院、以色列理工学院、科廷大学、香港理工大学、索尔福德大学、卡内基梅隆大学、佛罗里达大学与昆士兰理工大学。

4. 结论

十几年来, 国外对 BIM 技术的研究在不断发展, 相关的高频关键词包括信息技术、建设管理与建设、本体、IFC、设计、激光扫描、三维模型、点云、设计管理、建筑以及互操作能力等, 而 BIM 技术的应用与推广有助于进一步推动建筑业生产效率的提高与可持续能力, 具体内容主要包括以下 3 个方面: 1) 技术集成。比如: 将其它技术如(激光扫描)所获取的图像与来自于点云中的数据与 BIM 技术集成以进一步拓展 BIM 的应用领域。2) 互操作能力。互操作能力的提高需要进一步完善诸如 IFC 等与 BIM 技术相关的各类标准。3) 管理与流程。BIM 情境下对设计与建设管理的组织以及流程带来新的变化。国外 BIM 技术研究共引期刊频次较多地集中在 AIC、JCEM、AEI、JCCE、ITcon、EJITC、BAE 与 CAD 等期刊上,

表明这些期刊是 BIM 技术研究的重要期刊; 主要研究作者有 Eastman C、Sacks R、Azhar S、Hartmann T、Succar B、Becerik-gerber B、Arayici Y、Howard R、Lee G、Gu N、Taylor JE 与 Fischer M 等人; 主要国家包括美国、英格兰、澳大利亚、中国、加拿大、韩国、德国与以色列; 主要研究机构有乔治亚理工学院、以色列理工学院、科廷大学以及香港理工大学等。本文的数据来源为 Web of ScienceTM 核心合集, 研究数据具有一定的局限性, 缺乏与其它学术数据库(比如: EI 检索与国内学术数据库)文献的整合。

参考文献 (References)

- [1] 包剑剑, 苏振民, 王先华. IPD 模式下基于 BIM 的精益建造实施研究[J]. 科技管理研究, 2013, 33(3): 219-223.
- [2] 何贵友, 王广斌. 组织变革动能对 BIM 技术采纳的影响机理实证研究[J]. 统计与决策, 2013(7): 97-100.
- [3] 张勤, 徐绪松. 共词分析法与可视化技术的结合: 揭示国外知识管理研究结构[J]. 管理工程学报, 2008, 22(4): 30-35.
- [4] Chen, C. (2006) CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, **57**, 359-377.
<http://dx.doi.org/10.1002/asi.20317>
- [5] 王广斌, 张洋, 谭丹. 基于 BIM 的工程项目成本核算理论及实现方法研究[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(21): 47-49.
- [6] 曹冬平. 工程项目 BIM 应用行为的制度性驱动因素及绩效影响机制研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 同济大学经济与管理学院, 2015.
- [7] Becerikgerber, B. and Kensek, K. (2010) Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, **136**, 139-147. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000023](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000023)
- [8] Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. and Owen, R. (2010) Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering & Management*, **136**, 968-980.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
- [9] Gu, N. and London, K. (2010) Understanding and Facilitating BIM Adoption in the AEC Industry. *Automation in Construction*, **19**, 988-999. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- [10] Won, J., Lee, G., Dossick, C. and Messner, J. (2013) Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. *Journal of Construction Engineering & Management*, **139**, 1933-1951.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731)
- [11] Abanda, F.H., Vidalakis, C., Oti, A.H. and Tah, J.H.M. (2015) A Critical Analysis of Building Information Modelling Systems Used in Construction Projects. *Advances in Engineering Software*, **90**, 183-201.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.08.009>
- [12] Giel, B.K. and Issa, R.R.A. (2014) Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **27**, 511-521.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000164](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000164)
- [13] Bynum, P., Issa, R.R.A. and Olbina, S. (2013) Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction. *Journal of Construction Engineering & Management*, **139**, 24-34.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000560](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000560)
- [14] Li, J., Wang, Y., Wang, X.Y., et al. (2014) Benefits of Building Information Modelling in the Project Lifecycle: Construction Projects in Asia. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, **11**, 1-11.
<http://dx.doi.org/10.5772/58447>
- [15] Hartmann, T., Meerveld, H.V., Vossebeld, N. and Adriaanse, A. (2012) Aligning Building Information Model Tools and Construction Management Methods. *Automation in Construction*, **22**, 605-613.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>
- [16] Zhang, L. and Issa, R.R.A. (2013) Ontology-Based Partial Building Information Model Extraction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **27**, 576-584. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000277](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000277)
- [17] Pilehchian, B., Staub-French, S. and Nepal, M.P.A. (2015) Conceptual Approach to Track Design Changes within a Multi-Disciplinary Building Information Modeling Environment. *Canadian Journal of Civil Engineering*, **42**, 139-152.
<http://dx.doi.org/10.1139/cjce-2014-0078>
- [18] Neath, S., Hulse, R. and Codd, A. (2014) Building Information Modelling in Practice: Transforming Gatwick Airport,

- UK. *Civil Engineering*, **167**, 81-87. <http://dx.doi.org/10.1680/cien.13.00018>
- [19] Gómez-Romero, J., Bobillo, F., Ros, M., Molina-Solana, M., Ruiz, M.D. and Martín-Bautista, M.J. (2015) A Fuzzy Extension of the Semantic Building Information Model. *Automation in Construction*, **57**, 202-212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.007>
- [20] 罗晓梅, 黄鲁成, 王凯. 基于 CiteSpace 的战略性新兴产业研究[J]. 统计与决策, 2015(6): 142-145.
- [21] Eastman, C. (1999) *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. CRC Press, Boca Raton.
- [22] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd Edition, Wiley, New York.
- [23] Succar, B. (2009) Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. *Automation in Construction*, **18**, 357-375. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- [24] Howard, R. and Björk, B.C. (2008) Building Information Modelling—Experts' Views on Standardisation and Industry Deployment. *Advanced Engineering Informatics*, **22**, 271-280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001>
- [25] White, H.D. (2003) Pathfinder Networks and Author Cocitation Analysis: A Remapping of Paradigmatic Information Scientists. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, **54**, 423-434. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.10228>

再次投稿您将享受以下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>