

Research on the Current Situation of BIM Technology under the Innovation Diffusion Theory

Fajie Ji¹, Songlin Shen^{2,3}, Yuejun Liu^{1*}, Zongpei Kang⁴

¹Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering, Zhangjiakou Hebei

²College of Civil Engineering, Xijing University, Xi'an Shaanxi

³Shaanxi Key Laboratory of Safety and Durability of Concrete Structures, Xijing University, Xi'an Shaanxi

⁴Glodon Company Limited, Beijing

Email: *59944615@qq.com

Received: Jun. 25th, 2020; accepted: Jul. 21st, 2020; published: Jul. 28th, 2020

Abstract

As an emerging key technology in the construction industry, BIM has been popularized for a long time. This paper analyzes the comparative advantages, compatibility, understandability, trialability and observability of BIM technology from the perspective of innovation diffusion theory. In the form of literature review and questionnaire, this paper studies the current status of BIM technology, analyzes the main obstacles to its promotion, and puts forward suggestions to BIM related personnel, so as to provide help for future BIM research and promotion and promote its wide application in the field of construction.

Keywords

BIM, Innovation Diffusion Theory, Popularization

创新扩散理论下BIM技术现状研究

季凡杰¹, 沈松霖^{2,3}, 刘月君^{1*}, 亢宗佩⁴

¹河北建筑工程学院, 河北 张家口

²西京学院土木工程学院, 陕西 西安

³西京学院陕西省混凝土结构安全与耐久性重点实验室, 陕西 西安

⁴广联达科技股份有限公司, 北京

Email: *59944615@qq.com

收稿日期: 2020年6月25日; 录用日期: 2020年7月21日; 发布日期: 2020年7月28日

*通讯作者。

摘要

BIM作为建筑业新兴关键技术，其推广已经历了不短时间，本文以创新扩散理论的视角对BIM技术的相对优势性、相容性、易懂性、可试性、可观察性进行分析。采用文献回顾和调查问卷的形式，研究BIM技术目前的现状分析出主要推广障碍因素，并对BIM相关人员提出建议，以期给未来BIM研究及推广提供帮助，推动在建筑领域的广泛应用。

关键词

BIM, 创新扩散理论, 推广

Copyright © 2020 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

BIM 代表一种新的理论和实践，旨在通过创新的信息技术、数字技术以及智能技术减少建筑工业的各种浪费，大大提高工业效率。当前，我国的建筑业面临着转型升级，BIM 技术被认为是建筑业的“第二次革命”，BIM 技术将在这一“革命”中发挥关键作用；成为建筑业创造、改进、革新的突破口。BIM 这个词最初出现在 1997 年的欧洲，但在 2002 年的 Jeery Laiserin 出版的《苹果和橙子比较》中首次提出为 BIM 可以被用在设计、施工、运营阶段，是对物体的数字表达，可以用来表述与表现建筑的生命过程[1]。BIM 技术作为一种被广泛接受的技术理念，它的推广至今已经经历了不短的时间，然而应用 BIM 技术的建筑工程仍然占比较小。通过阅读文献发现大部分对于 BIM 技术的研究往往对于技术或者应用，以及障碍因素研究，还没有对 BIM 技术推广策略的研究。本文以创新扩散理论视角下研究 BIM 技术发展的现状。

2. 研究方法

2.1. 文献研究

本文主要通过对问题的各种相关文献、书籍进行系统地查阅、分析和整理了解当前研究现状。并通过文献研究，设置问卷题项，使问卷设计参数更为合理。以及利用文献回顾法对 BIM 技术对比传统 CAD 技术在各个阶段的相对优势性进行整理。

2.2. 问卷调查

问卷按照创新扩散理论模型体系及文献研究进行参数设计，通过线上发放问卷形式进行，经过三轮发放，前两轮发放的目的是修改测量项目，确保受访者对问卷的准确理解。本文的结论主要基于第三轮问卷调查的结果。问卷调查对象主要是在校建筑专业本科、硕士及老师和已经从事建筑工作的相关人士。共回收问卷 921 份，其中有效问卷 808 份(完全不了解 BIM 的应答者问卷 113 份，设为无效，弃之不用)。问卷的测量部分使用 7 级李克特量表。对回收筛选后的数据采用 IBM SPSS Statistics 25 软件进行分析。主要的分析方法是因子分析、描述性统计分析、相关分析等。在分析问卷数据之前，对问卷的可靠性进行检验，确保测量的质量。本文件基于对克朗巴赫一致性系数的分析。

3. 创新扩散理论

20 世纪 60 年代美国学者通过研究改良玉米种子的应用速度, 提出创新扩散理论, 他认为创新是一种被人们感知的新的商品、服务、实践、想法等[2]。一项更具优势的技术只有极少数情况下才会迅速扩散, 往往过程困难, 需要采取一定的措施[3]。一项创新具有相对优势性、相容性、易懂性、可试性、可观察性特性会更快地被采用[4]。主要包括获知、说服、决策、实施、确认五个阶段。创新扩散模型被广泛地应用在其他各个领域, 因此认为确实存在一个普遍的扩散模型[5]。本文基于创新扩散理论模型, 设置研究因素, 并构建模型量表分析。

3.1. 相对优势性

相对优势是指利用创新所感知到的优势程度。一般认为创新所带来的优势与采用创新的速度呈正相关。本文采用文献回顾法研究 BIM 技术的相对优势性, 主要跟传统 CAD 技术的建筑各方面应用的比较。

3.1.1. 设计阶段比较(表 1)

Table 1. Comparison of CAD and BIM in design stage

表 1. 设计阶段 CAD 与 BIM 比较

阶段	BIM 设计	CAD 设计
工作方式	建立三维图纸模型可视效果更强	基于设计师的二维图纸难免疏漏, 其他方理解偏差较多
制图模式	由模型生成图纸方便、快捷	设计师分别绘制平立剖面图
修改及变更	只需修改一次模型	需对平面图及相关图纸分别修改
校核检查	电脑辅助检查碰撞及错误问题	由相关专业人员进行检查
智能辅助	电脑软件分析成本、冷热、受力等进行优化	仅完成图纸, 无任何辅助
效率	前期投入大, 后期省时省力	前期绘图慢, 后期出现问题多
数据积累	项目族库信息及数据不断积累, 后续复用率高	无法通过参数修改, 重复使用率低
后续服务	模型可在施工运维阶段使用	仅形成一套施工图纸

3.1.2. 施工阶段

传统的 CAD 图纸下的施工, 往往缺乏指导性, BIM 技术的图纸可指导施工, 同时具有可分析、可视性、协同性等特点。如还可以利用 BIM 模型进行工程量统计汇总, 构件的施工进度、成本造价等进行分析。同时施工人员可以利用计算机直观地看到二维图纸难以理解的地方, 不用在经过复杂的头脑想象。同时可以利用 BIM 模型进行协同施工, 目前应用最为广泛的当属 BIM 的管线综合, 将机电、暖通、给排水等多个专业进行协调, 从而有序施工, 避免在空间、功能、实用性上受到影响。

3.1.3. 运维阶段

在建筑运维阶段的管理中引入 BIM 技术, 可以满足用户的基本活动需求, 增加投资收益[6]。在以往的研究中, 也有比较传统的文件提供方式和 BIM 自动生成文件的方法, 并推断以后将现实竣工文档交付全自动化[7]。以文件(纸质或电子形式、文本或图纸)为主要媒介的传统操作和维护管理过程是劳动密集型的, 且容易出错[8]。此外, BIM 技术可以结合其他技术进行更优的一种管理方式, 例如: 使用传感器和射频识别和融合 BIM 模型通过多种自动化技术, 为构件识别、室内定位、人员逃生等提供良好支持。

3.2. 相容性

创新的相容性指它们的潜在使用和现有价值的之间的一致性程度，以往经验和目前需求的一致性程度。相对优势和相容性是首要影响采纳创新的因素[9]。认为相容性和采用行为通常存在正相关关系。

建筑工程项目通常具有非常强的综合性和复杂性，一个项目往往有多个部门多个专业，在建筑全生命期中，各部门各专业各人员需要信息共享、协同工作。因此相比较与传统 CAD 绘图模式下 BIM 技术下的建筑模型更具优越性。同时现在的市面上已经有许多软件可以将 CAD 图纸进行翻模成为三维模型，三维模型也可以导出二维图纸，具有一定的互导，相容性见表 2。

Table 2. Compatibility scale

表 2. 相容性量表

相容性	参考文献
采用 BIM 技术的建造方式符合当下工程需求	邓雪原(2013) [10]
BIM 理念下的建造管理模式与当下的建造理念相一致	Vijayasathy (2004) [11] Ostlund (1974) [9]
CAD 模式与 BIM 模式可以互相协同	Pankratz, M. (2002) [12]

将测量相容性的 3 个问题项进行 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 检验统计量和 Bartlett 球体检验后, KMO 值为 0.726, Bartlett 球体检验的 χ^2 统计值的显著性概率是 0.000, 小于 1%, 具有相关性, 适合做因子分析, KMO 和 Bartlett 球体检验结果见表 3。通过因子分析, 得到一个因子, 解释了 83.76% 的变异, 具体结果见表 4。

Table 3. KMO and Bartlett test results

表 3. KMO 和 Bartlett 球体检验结果

KMO 和 Bartlett 球体检验		
KMO 取样适切性量数		0.684
近似卡方		294.509
Bartlett 球体形度检验	自由度	3
	显著性	0.000

注: 数据是否适合做因子分析, 一般采用如 F 判断: KMO 在 0.9 以上, 非常适合; 0.8~0.9 适合; 0.7~0.8 比较适合; 0.6~0.7, 勉强适合; 0.5~0.6 不太适合; 0.5 以下, 不适合。

Table 4. Compatible component matrix

表 4. 相容性成分矩阵

相容性成分	成分系数
	1
采用 BIM 技术的建造方式符合当下工程需求	0.802
BIM 理念下的建造管理模式与当下的建造理念相一致	0.826
CAD 模式与 BIM 模式可以互相协同	0.800

3.3. 易懂性

易懂性是指理解和利用创新相对的困难程度。复杂创新需要更多的技巧、实施和运行努力, 会减少采用的几率。采用者对创新产品的感知是影响扩散程度的因素, 通常认为创新的复杂性与采用率呈负相关。表 5 和表 6 给出了易懂性量表和易懂性描述性统计数据。

Table 5. Understandability scale**表 5.** 易懂性量表

易懂性	参考文献
BIM 理念容易理解	Ostlund (1974) [9]
BIM 软件容易学习, 操作便捷	

Table 6. Understandable descriptive statistics**表 6.** 易懂性描述性统计

相容性成分	N	最小值	最大值	均值
BIM 理念容易理解	808	1	7	4.59
BIM 软件容易学习, 操作便捷	808	1	7	4.59
有效个案数(成列)	808			

从上表中可以看出易懂性的评价在 4~5 之间, 基本处于中等水平。对于建筑从业人员来说, BIM 的理念是比较容易理解的, 但是 BIM 软件的学习和使用程度稍高。这其中有许多原因: 比如 BIM 软件繁多、兼容性等问题, 何关培说明了十四种 BIM 应用软件[13]。Mehran Oraee 整理 BIM 协作中的各种障碍并进行分类[14]。

3.4. 可试性

可试性是指创新在使用前可以小规模地进行实验和实施的程度。当创新可以被试验和小范围、小批量使用时, 会减少个体采用创新的不确定性的感觉。BIM 技术已经有许多成功案例, 如表 7 而可试性指标的意图就是规避风险, 降低不确定性。因此, 本文研究相关 BIM 应用障碍, 建立 BIM 障碍风险量表并进行分析。

Table 7. Risk uncertainty scale**表 7.** 风险不确定性量表

BIM 障碍风险	参考文献
企业担心 BIM 软件技术不成熟出现错误或信息遗漏	何清华 (2012) [15]
BIM 模型与最后实际项目有出入	
BIM 技术人员缺乏	徐友全 (2016) [16]
企业担心 BIM 信息的安全问题	张溯渊 (2019) [17]
BIM 收益效果影响较多, 收益具有不确定性	仇国芳 (2019) [18]
经营管理层对 BIM 新模式转变困难	Pea, J.H. (2002) [19]

将测量可试性的 6 个问题项进行检验, KMO 值为 0.800, 巴特利特球体检验的 χ^2 统计值的显著性概率是 0.000, 小于 1%, 具体见表 8。通过因子分析, 得到一个因子, 解释了 51.092% 的变异, 具体结果见表 9。

Table 8. KMO and Bartlett test results**表 8.** KMO 和巴特利特检验结果

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数		0.800
	近似卡方	796.448
巴特利特球形度检验	自由度	15
	显著性	0.000

Table 9. Risk uncertainty component matrix
表 9. 风险不确定性成分矩阵

相容性成分	成分系数
	1
企业担心 BIM 软件技术不成熟出现错误或信息遗漏	0.680
BIM 模型与最后实际项目有出入	0.787
经营管理层对 BIM 新模式转变困难	0.805
BIM 收益效果影响较多, 收益具有不确定性	0.758
BIM 技术人员缺乏	0.413
企业担心 BIM 信息的安全问题	0.768

3.5. 可观察性

可观察性是指创新后产生的结果可被观察和向其他人传播的程度。即使用创新能通过各种媒介传播的难以程度, 如音频、口头、视觉等。目前 BIM 维护阶段使用较低, 故本文通过调查设计人员和施工人员对 BIM 的接纳程度打分, 再进一步分析, 来反映 BIM 的传播程度。图 1 和图 2 分别给出了设计单位意向量表和施工单位意向量表, 图 3 给出了创新扩散曲线图。

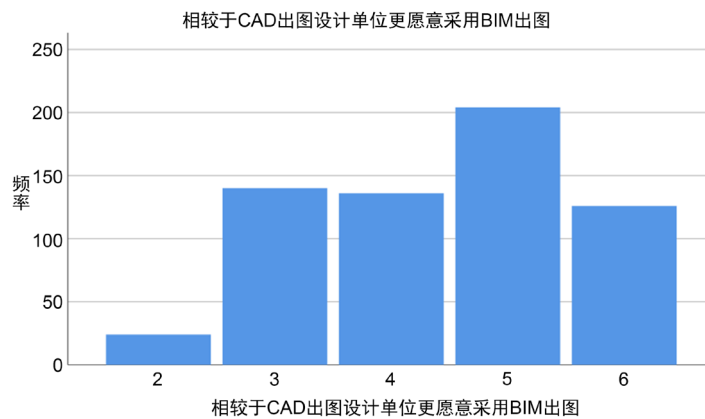


Figure 1. Design the unit intention scale
图 1. 设计单位意向量表

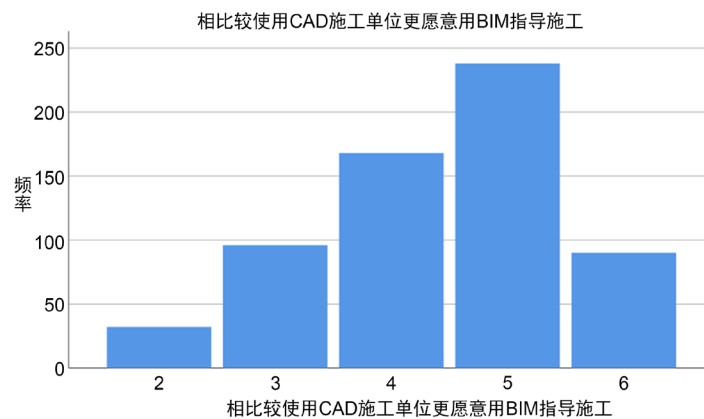


Figure 2. Construction unit intention scale
图 2. 施工单位意向量表

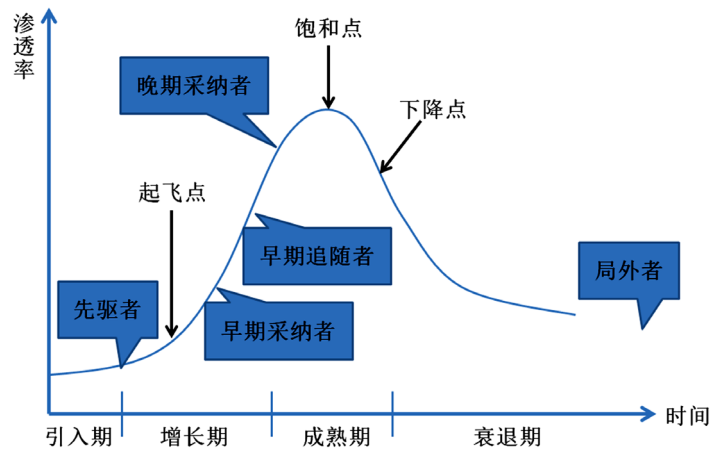


Figure 3. Innovation diffusion curve
图 3. 创新扩散曲线图

根据创新扩散理论模型曲线和调查对比,认为 BIM 目前处于引入期向增长期过渡。此时, BIM 的渗透率较大,采用录会快速增长。

4. 相关性分析

为了更好的探讨和验证模型中各变量之间的关系,本文采取了相关性分析。

4.1. BIM 相容性和易懂性的关系

由表 10 可以看出 BIM 相容性和易懂性在 0.01 级别显著相关,且皮尔逊相关系数均大于 0.4,说明关系比较紧密。

Table 10. Correlation analysis of compatibility and understandability
表 10. 相容性和易懂性相关性分析

		相关性		
		相容性		
		采用 BIM 技术的建造方式符合当下工程需求	BIM 理念下的建造管理模式与当下的建造理念相一致	CAD 模式与 BIM 模式可以互相协同
易懂性	皮尔逊相关性	0.458**	0.423**	0.508**
	BIM 理念容易理解 Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
	个案数	530	566	504
	皮尔逊相关性	0.304**	0.325**	0.515**
	BIM 软件容易学习,操作便捷 Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
	个案数	530	574	498

** 在 0.01 级别(双尾),相关性显著。

注:一般大于 0.7 叫非常紧密,0.4-0.7 比较紧密,小于 0.4 的不紧密。另外,负数是负相关。

4.2. BIM 相容性和风险不确定性的关系

由表 11 可以看出 BIM 相容性和风险不确定性在 0.01 级别, 相关性显著, 但部分皮尔逊系数低于 0.4 说明紧密性一般。

Table 11. Correlation analysis of compatibility and risk uncertainty

表 11. 相容性和风险不确定性相关性分析

		相关性			
		相容性			
		采用 BIM 技术的 建造方式符合当 下工程需求	BIM 理念下的建造管理模式 与当下的建造理念相一致	CAD 模式与 BIM 模式可 以互相协同	
风险 不 确 定 性	企业担心 BIM 软件技术不成熟 出现错误或 信息遗漏	皮尔逊相关性	0.307**	0.175**	0.170**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
		个案数	526	592	500
	BIM 模型与最后 实际项目有出入	皮尔逊相关性	0.198**	0.378**	0.433**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
		个案数	522	574	506
	经营管理层对 BIM 新模式转变困难	皮尔逊相关性	0.320**	0.243**	0.322**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
		个案数	514	574	490
	BIM 技术人员缺乏	皮尔逊相关性	0.294**	0.341**	0.437**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000
		个案数	466	498	464
企业担心 BIM 信息的安全问题	皮尔逊相关性	0.041	0.150**	0.244**	
	Sig. (双尾)	0.348	0.000	0.000	
	个案数	514	580	488	
BIM 收益效果影响 较多, 收益具有 不确定性	皮尔逊相关性	0.269**	0.271**	0.414**	
	Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000	
	个案数	514	558	502	

** . 在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。

4.3. BIM 易懂性和风险不确定性的关系

由表 12 可以看出 BIM 相容性和风险不确定性在 0.01 级别, 相关性显著, 大部分皮尔逊系数处于 0.5 说明紧密性较好。

Table 12. Correlation analysis of understandability and risk uncertainty

表 12. 易懂性和风险不确定性相关性分析

		相关性						
		企业担心 BIM 软件 技术不成熟 出现错误或 信息遗漏	BIM 模型 与最后实 际项目有 出入	经营管理 层对 BIM 新模式转 变困难	BIM 技术 人员缺乏	企业担心 BIM 信息 的安全 问题	BIM 收益效果 影响较多, 收益 具有不确定性	
易懂性	BIM 理念 容易理解	皮尔逊相关性	0.299**	0.336**	0.243**	0.272**	0.098*	0.422**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000
		个案数	582	544	550	514	562	556
	BIM 软件 容易学习, 操作便捷	皮尔逊相关性	0.463**	0.578**	0.499**	0.299**	0.382**	0.414**
		Sig. (双尾)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		个案数	584	550	558	522	564	564

** . 在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。

5. 结论与建议

通过分析, BIM 在建筑领域处于引入期向增长期过渡, 相容性方面, 我们可以看出相比较传统 CAD, BIM 在建筑全生命周期都具有一定的相对优势, 且 BIM 与当下的建筑理念和需求是一致的, 且 BIM 可以和传统 CAD 协同作业, 更好的为建筑业服务。同时通过易懂性分析可以看出 BIM 理念是较易理解, 但软件操作稍难, 同时也说明 BIM 作为新兴技术还是存在一定的问题, 使得难以推广。这些问题包括 BIM 的不确定性的风险, 经营管理层对 BIM 新模式转变困难是不确定性风险的主要因素。但是总体而言, 不论是设计人员还是施工人员都有较高采用 BIM 技术的意愿。针对本次研究, 本着可操作的原则, 提出如下建议。

5.1. 以 BIM 使用者而言

这里的使用者不仅仅指个人, 也指企业、单位甚至是国家。BIM 使用者不仅仅是作为 BIM 产品带来好处的享受者, 更应当具有推广 BIM 技术的责任, 目前 BIM 人才本就缺乏, 作为新技术的受益者将 BIM 技术更好地运用在日常的工作中的同时还应当发掘新的创新点, 这个创新点包括 BIM 技术的应用点和未来发展可能采纳 BIM 技术的人员。使用者内部也可以有相应的激励奖惩制度, 为培养人才提供有力保障。

5.2. 以 BIM 创造者而言

当然这里的创造者也不仅仅指个人。所谓的 BIM 创造者不是指创造 BIM 的人, 而是指对 BIM 软硬件进行开发(包括二次开发)的人员和编制 BIM 标准的人员。在专心研究使 BIM 技术更加成熟的同时, 可以拓宽眼界融合其他技术、学科、领域发展 BIM。

5.3. 以 BIM 推广者而言

BIM 的推广者指无论是否从事 BIM 相关工作, 有意愿使用 BIM 为建筑领域添砖加瓦的人员。在推

广 BIM 应寻找合适、合理、有效的办法。研究熟悉市面上各类 BIM 软件及 BIM 方案的特性及优缺点，并针对项目需求，为企业提出合理建议，使其自愿学习利用 BIM，同时自愿加入 BIM 的推广者中。

基金项目

张家口市科学技术研究与发展计划(1811009B-15)。

参考文献

- [1] 杰里·莱瑟林, 王新. 比较苹果与橙子[J]. 建筑创作, 2011(4): 136-139.
- [2] Rogers, E.M. (1983) *Diffusion of Innovations*. 3rd edition, The Free Press, New York, 453 p.
- [3] Rogers, E.M. (2002) The Nature of Technology Transfer. *Science Communication*, **23**, 323-341. <https://doi.org/10.1177/107554700202300307>
- [4] Rogers, E.M. (2002) Diffusion of Preventive Innovations. *Addictive Behaviors*, **27**, 989-993. [https://doi.org/10.1016/S0306-4603\(02\)00300-3](https://doi.org/10.1016/S0306-4603(02)00300-3)
- [5] Rogers, E. M. (2004) A Prospective and Retrospective Look at the Diffusion Model. *Journal of Health Communication*, **9**, 13-19. <https://doi.org/10.1080/10810730490271449>
- [6] 汪再军. BIM 技术在建筑运维管理中的应用[J]. 建筑经济, 2013(9): 94-97.
- [7] Dickinson, J., Pardasani, A., Ahamed, S., et al. (2019) A Survey of Automation Technology for Realizing As-Built Models of Services. *Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions*, 10-12 June 2009, Espoo, Finland, 1-14.
- [8] Orr, K., Shen, Z., Juneja, P.K., et al. (2014) Intelligent Facilities: Applicability and Flexibility of Open BIM Standards for Operations and Maintenance. *Construction Research Congress*, Atlanta, Georgia, USA, 19-21 May 2014, 14-29. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.199>
- [9] Ostlund, L.E. (1974) Perceived Innovation Attributes as Predictors of Innovativeness. *Journal of Consumer Research*, **1**, 23-29. <https://doi.org/10.1086/208587>
- [10] 邓雪原. CAD、BIM 与协调研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013(5): 20-24.
- [11] Vijayasathy, L.R. (2004) Predicting Consumer Intentions to Use Online Shopping: The Case for an Augmented Technology Acceptance Model. *Information & Management*, **41**, 747-762. <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.08.011>
- [12] Pankratz, M., Hallfors, D. and Cho, H. (2002) Measuring Perceptions of Innovation Adoption: The Diffusion of a Federal Drug Prevention Policy. *Health Education Research*, **17**, 315-326. <https://doi.org/10.1093/her/17.3.315>
- [13] 何关培. BIM 和 BIM 相关软件[J]. 土木建筑工程信息技术. 2010, 2(4): 110-117.
- [14] Oraee, M., Hosseini, M.R., Edwards, D.J., Li, H., Papadonikolaki, E. and Cao, D.P. (2019) Collaboration Barriers in BIM-Based Construction Networks: A Conceptual Model. *International Journal of project Management*, **37**, 839-854. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.05.004>
- [15] 何清华, 钱丽丽, 段运峰, 李永奎. BIM 在国内外应用的现状及障碍研[J]. 工程管理学报. 2012, 26(1): 12-16.
- [16] 徐友全, 孔媛媛. BIM 在国内应用和推广的影响因素分析[J]. 工程管理学报. 2016, 30(2): 28-32.
- [17] 张溯渊, 张尚, 孙其浩, 施佳曼. BIM 在工程项目施工阶段的应用障碍综述[J]. 项目管理技术, 2019, 17(11): 46-50.
- [18] 仇国芳, 李智慧. 建筑供应链视角下 BIM 应用障碍因素研究[J]. 土木工程与管理学报. 2019, 36(4): 21-27.
- [19] Pea, J.H., Kim, N., Han, J.K. and Yip, L. (2001) Managing Intraorganizational Diffusion of Innovations: Impact of Buying Center Dynamics and Environments. *Industrial Marketing Management*, **31**, 710-726. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(01\)00190-0](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(01)00190-0)