

文章编号:1674-2869(2018)04-0462-06

基于SEM的BIM应用推广阻碍因素分析及对策研究

李梦梦¹, 赖芑宇^{*1}, 姚超², 孙晓丹³

1. 福建农林大学交通与土木工程学院, 福建 福州 350002;
2. 中交第二航务工程局有限公司, 湖北 武汉 430056
3. 福建建融工程咨询有限公司, 福建 福州 350001

摘要:通过研究大量文献和咨询专家,提取了18个建筑信息模型,BIM在我国应用推广阻碍因素,并将其归为认知度、技术、经济等5类。采用结构方程模型对采集到的数据进行建模分析,根据最后的模型结果分析,发现BIM在我国应用推广的主要阻碍为政策法律因素,而对政策法律影响最大的则是缺少标准合同范本和合理的鼓励机制。继而根据影响因素的大小,对BIM如何能在我国实现大幅推广给出针对性意见。

关键词:BIM;结构方程模型;阻碍因素;对策

中图分类号:TU201.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2018.04.022

Analysis and Countermeasures on Obstacles of Building Information Modeling Application Extension Based on Structure Equation Model

LI Mengmeng¹, LAI Jiyu^{*1}, YAO Chao², SUN Xiaodan³

1. School of Transport and Civil Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
2. CCCC Second Harbor Engineering Co. LTD, Wuhan 430056, China
3. Fujian Jianrong Engineering Consulting Co. LTD, Fuzhou 350001, China

Abstract: With a large number of literature study and consulting experts, we extracted application extension obstacles of 18 building information modeling in China, and classified them into 5 categories: cognition, technology and economy, etc. Using structural equation model to analyze the collected data, we found that the major obstacles on the application and promotion of building information modeling (BIM) in China were policy and laws, especially the lack of the standard contract and reasonable encouraging mechanism. Finally, we proposed specific opinions on how BIM could achieve great promotion in China based on the importance of influencing factors.

Keywords: building information modeling; structural equation model; obstacle factors; countermeasure

建筑信息模型(building information modeling, BIM)是一种用数字化手段完整的表达建筑信息的技术。它具有信息完备性、信息关联性、信息一致性、可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性八大特点^[1]。运用BIM技术进行三维建模、碰撞检测等多种作业,可以大量节省人力物力避免返工,合

适的工程使用BIM技术不仅能缩短工期还能节省成本^[2]。目前外国一些BIM软件开发的比较齐全,在美国、西欧等地区的应用也已相当成熟,并且已经得到了广泛的认同^[3]。在我国,BIM技术还属于一个新生事物,并未得到普及,市场空间和认可程度较小,政府正在努力推广。尽管BIM有着巨大

收稿日期:2017-08-26

基金项目:国家社会科学基金(13GBL150);福建省自然科学基金(2014R0015)

作者简介:李梦梦,硕士研究生。E-mail:842758908@qq.com

*通讯作者:赖芑宇,博士,教授。E-mail:66428267@qq.com

引文格式:李梦梦,赖芑宇,姚超. 基于SEM的BIM应用推广阻碍因素分析及对策研究[J]. 武汉工程大学学报,2018, 40(4):462-467.

的优势,但仅一些比较大的工程项目和一些很大的企业采用了BIM技术,而一些小的工程项目基本不会考虑采用BIM技术,一些小企业甚至根本不懂BIM到底是什么。因此寻找阻碍BIM推广的因素,提出具有针对性的建议迫在眉睫。

国内许多学者及机构对BIM在企业中的应用推广阻碍因素做了研究。何关培^[4]通过对建设方、施工方、设计方三方的调查,发现影响BIM推广的阻碍因素是工作流程的转换不熟悉、抵触新技术、思维转换困难。何耀^[5]通过对建筑公司的调研,得出BIM应用推广的阻碍主要因素为技术因素,BIM本土化程度低、建模信息不完整、软件操作难度大等。梁定河等^[6]提出BIM人才缺乏、数据没有统一转换标准、软件兼容性差等是BIM应用阻碍的最大因素。潘佳怡等^[7]通过文献总结,得出BIM推广的主要因素是缺乏统一BIM标准、争议机制处理不完善、风险承担无明显划分、专家聘请费用过高、设计效率低费用高。以上现状和研究分别从技术、经济、法律法规等因素对BIM的应用阻碍因素进行了分析,对于今后我国BIM推广具有极其重要的借鉴意义,但是他们都是在小样本的调查之后做的分析,并没有对影响因素的大小进行比较及排序。

通过文献阅读和专家咨询,对之前的一些研究成果和专家意见进行总结,对使用BIM的认知度、技术、政策法规、组织管理、经济等多方面进行了完善和补充,对于过时的一些因素进行了剔除,然后综合确认这些方面对BIM推广的影响大小。运用结构方程模型(Structure Equation Model, SEM)进行数据分析,采用定性与定量分析相结合的办法,在建立模型时给预测因子一个残差,在评价的过程中解释测量误差,根据最后优化好的模型路径系数的大小确定影响大小,进而对如何改善BIM在我国的应用推广情况提出更有针对性建议。

1 确立指标体系

1.1 指标确立

通过大量文献阅读和专家咨询初步设计了17个因素,然后根据小范围的问卷调查结果,合并相关性较高的因素、删除不必要的因素,添加了对BIM应用效益的认知度、模型的数据安全性、政府鼓励政策、企业高层对BIM的支持、培训费用,最后得到18个因素,并对这18个因素进行分类,得到认知度因素,技术因素、政策法律因素、组织管

理因素、经济因素5个大因素,将工作流程认知度等18个因素作为二级指标。

1.1.1 认知度因素 员工由传统2D到3D的思维模式的转变,建筑企业对BIM一系列软件的认知度以及利用BIM对建筑全寿命周期管理的工作流程的转变^[4],部分企业对BIM应用后产生的效益较为模糊。

1.1.2 技术因素 BIM一系列软件本身不成熟,外国软件在我国没有得到完全的本土化,而我国研发的软件尚不完善,这就导致模型数据的完整性得不到保证^[5];缺乏BIM人才,不仅包括熟练使用BIM软件人才,还包括BIM管理人才、BIM研发再开发人才^[6]。通过调查发现,部分企业也十分担心模型的数据是否安全,会不会存在信息泄露的情况。

1.1.3 政策法律因素 BIM技术能不能得到推广与政策法律是否成熟是息息相关的,无明确的法律责任界限,那么风险的分担无法确定,将会出现争议,而我国目前也没有具体的BIM方面的争议处理机制,但标准的合同范本会减少这些风险^[8]。通过对部分建筑企业的调研,发现若是政府给出相应的鼓励政策,他们也是愿意承担部分风险去使用BIM技术。

1.1.4 组织因素 BIM技术能不能得到广泛的应用还是取决于建筑企业自身情况,若没相应的BIM工作流程管理团队,也无合理的企业组织框架,那么使用BIM技术可能会出现信息传递紊乱,使BIM原本的优势变成其短板,导致工期延期等后果;另外企业的高层直接决定了项目是否使用BIM技术^[9]。

1.1.5 经济因素 BIM软件对电脑配置要求比较高,同时BIM系列软件费用比较昂贵;其次BIM软件的操作难度系数大且内容较多,再加上目前市场上会BIM软件的操作人员不多,培训费用偏高;BIM模型的建立需要多方的配合,采用BIM的项目设计周期较长,设计费用较高,而最后产生的经济效益也存在着不确定性,这就导致建筑企业不敢采用BIM技术^[10]。

将上述5大因素作为一级指标,分别用RF、TF、PF、OF、EF表示,二级指标根据所对应的一级指标,分别表示为RF₁、RF₂等,如表1所示。

1.2 问卷设计与分析

问卷的发放形式由纸质问卷和网络问卷形式发放,其中网络问卷设置了一个IP指允许回答一次,避免了受访者多次作答,影响可靠性。受访者

表 1 观测指标
Tab. 1 Observation indicators

潜伏变量(标签)	观测指标(标签)
RF	工作流程的认知度(RF1)
	BIM应用效益的认知度(RF2)
	对BIM相关软件的认知度(RF3)
TF	模型的数据完整度(TF1)
	模型的数据安全性(TF2)
	BIM人才(TF3)
PF	软件适应性(TF4)
	争议处理机制(PF1)
	法律责任界限的明确性(PF2)
OF	政府鼓励政策(PF3)
	标准合同范本(PF4)
	企业结构组织框架(OF1)
EF	企业高层对BIM的支持(OF2)
	专业BIM工作流程管理团队(OF3)
	软件硬件费用(EF1)
EF	培训费用(EF2)
	设计费用(EF3)
	产生的效益(EF4)

包括高校 BIM 的研究生、施工员、项目经理、设计人员、监管部门人员以及建筑相关的其他单位人员。纸质问卷都是去调研当面填写及回收,发布对象包括 BIM 研发公司、咨询公司、施工企业、设计单位、以及政府相关部门。本次调查问卷发放地区包括福州市、厦门市、三明市、武汉市、深圳市、重庆市、沈阳市等。纸质问卷共发放 60 份,回收 52 份,无无效问卷,网络问卷发放 140 份,回收 124 份,有效问卷 112 份,回收率为 88%,回收有效率为 93.1%。

1.3 调查数据的效度和信度检验

为了验证评价指标结构的效度,采用软件 SPSS22.0 中的因子分析对调查的数据对量表的效度和结构效度进行检验^[11]。其 KMO 值为 0.851, Bartlett 球形检验结果如表 2 所示。

表 2 Bartlett 球形检验结果
Tab. 2 Bartlett spherical test results

检验指标	数值
近似卡方	989.885
d_f	153.000
P 值	0.000

由于 KMO 值的检验结果为 0.851,大于 0.5,满足规定要求;显著水平 P 为 0.000,小于 0.05,说明因素之间存在着一定的关联性,故而因子分析的适应性得到了验证。

对量表的结构效度进行验证,其总量表的方差统计如表 3 所示。

表 3 总量表的方差统计
Tab. 3 Variance statistics of total table

成份	合计	方差 / %	累积 / %
1	5.847	32.481	32.481
2	1.757	9.761	42.242
3	1.484	8.243	50.485
4	1.129	6.270	56.755
5	1.007	5.595	62.350
6	0.816	4.534	66.884
7	0.786	4.369	71.253
8	0.680	3.776	75.029
9	0.630	3.501	78.530
10	0.575	3.194	81.724
11	0.551	3.061	84.786
12	0.525	2.915	87.700
13	0.478	2.658	90.358
14	0.427	2.370	92.729
15	0.394	2.189	94.917
16	0.349	1.938	96.856
17	0.306	1.701	98.557
18	0.260	1.443	100.000

提取大于 1 的平方和载入,结果如表 4 所示。

表 4 提取平方和
Tab. 4 Extracted sum of squares

成份	合计	方差 / %	累积 / %
1	5.847	32.481	32.481
2	1.757	9.761	42.242
3	1.484	8.243	50.485
4	1.129	6.270	56.755
5	1.007	5.595	62.350

用主成分分析法对总量表进行因子分析,结果抽取 5 个成分因子,这 5 个因子作为主因子,特征值大于 1,积累的方差贡献率为 62.350%,大于 50%,表明该量表通过结构效度检验,问卷的有效性得到了验证。

为了验证评价指标的信度,采用 SPSS 进行可靠性分析^[12],分析结果如下。

由表5可知,其Cronbach's Alpha系数均大于0.6,而总的Cronbach's Alpha系数达到了0.876,说明此问卷数据具有很高的信度。

表5 信度检验结果
Tab. 5 Reliability test results

潜伏变量	观测指标数量	Cronbachs Alpha系数	总 Cronbachs Alpha系数
认知度因素	3	0.749	0.876
技术因素	4	0.718	
政策法律因素	4	0.754	
组织管理因素	3	0.760	
经济因素	4	0.730	

通过对问卷的效度和信度进行检验,最终结论证明此问卷的有效性和可靠性得到了验证,说明问卷中各指标题项可以作为模型建立的变量,可以进行下一步的模型构建。

2 SEM的构建

2.1 因素影响分析

根据文献阅读及专家意见指导分析,提出以下假设:

H_1 : 工作流程、BIM软件、及应用BIM产生的经济效益的认知度,对认知度因素产生正向影响,认知度因素对BIM的应用推广产生正影响。如何选择BIM软件,及使用BIM的思维转换影响设计人员对BIM的采纳度,对产生效益的认知度决定了建设企业是否采用BIM。

H_2 : 软件的本土化程度、软件功能的完整度决定了数据是否完整和兼容,影响着使用顺畅度,而软件数据的安全度对项目的技术的保密性、投资的隐私性有着重要作用,这些软件技术因素对BIM影响呈正相关;BIM软件操作的流畅度、BIM的二次开发、BIM管理人才这些人才技术因素均对BIM的应用推广有着正影响。

H_3 : 无标准BIM合同范本,对于各方职责权限不明确,风险承担界限不明确,易出现争议,而目前没有完善的争议处理机制,因此争议处理机制、BIM标准合同范本、鼓励政策及法律责任的明确性对政策法律因素产生正影响,政策法律因素对BIM的应用推广有着正影响。

H_4 : 合理的各方企业组织结构框架可以提高工作效率、节约成本,专业的BIM管理团队可以保证整个工程项目顺利的进行,而企业高层对BIM的支持度几乎直接影响项目是否采用BIM,因此

其对组织管理因素产生正影响,组织管理因素对BIM应用推广有着正影响。

H_5 : 软件硬件费用、培训费用、设计费用的降低将会使更多人去学习BIM知识,而产生的经济效益大小则会直接影响投资者是否使用BIM技术,因此软件硬件费用、培训费用、设计费用及产生的经济效益对经济因素产生正向影响,经济因素对BIM的应用推广有着正影响。

2.2 SEM路径图的建立

运用AMOS22.0软件对各个变量进行验证性分析,采用最大似然法对模型进行参数估计,为了更加清晰的表示出观测变量与潜在变量之间的关系,用路径系数表示^[13]。基于模型拟合指数,在不影响原结构方程模型逻辑的情况下,对模型进行适当的修正,改善模型配适度,以获得配适度较好的模型,最终图形如图1所示。

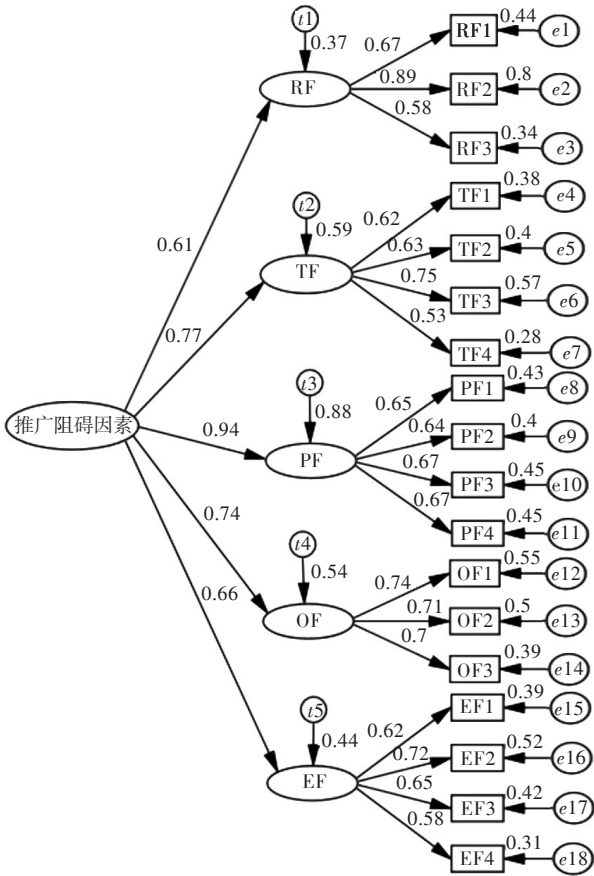


图1 BIM阻碍因素的SEM
Fig. 1 SEM of BIM impeding factors

选取卡方 C_r 与自由度 d_f 之比,适配度指数 G , 非基准适配度指数 N , 比较适配指数 C , 近似均方根误差 R , 增量拟合指数 I , 比较拟合指数 T 等参数进行检验,从而考量模型的拟合优度^[14]。经检验,修正之后的模型符合绝大多数指标的标准(见表6)。

表 6 整体适配度
Tab. 6 Overall fitness

模型	指标参数						
	C_F/d_f	G	N	C	R	I	T
适配标准	<2	>0.90	>0.90	>0.90	<0.05	>0.90	>0.90
实际值	1.401	0.920	0.861	0.943	0.049	0.945	0.924
是否满足 适配标准	满足	满足	勉强 适配	满足	满足	满足	满足

修正后模型路径系数及其显著性检验汇总如表 7 所示。

表 7 修正后模型运行参数估计结
Tab. 7 Estimation of operation parameters of
model after modification

路 径	标准化路 径系数	P 值	检验结果
BIM 应用推广 \leftarrow 认知度因素	0.61	***	影响显著
BIM 应用推广 \leftarrow 技术因素	0.77	**	影响显著
BIM 应用推广 \leftarrow 政策法律因素	0.94	***	影响显著
BIM 应用推广 \leftarrow 组织管理因素	0.74	***	影响显著
BIM 应用推广 \leftarrow 经济因素	0.66	***	影响显著

2.3 模型结果分析

由图 1 可以看到,观测变量与潜变量之间的影响关系,潜变量与阻碍因素影响大小用路径系数表示得很清楚^[15]。将阻碍 BIM 应用推广的因素的大小分为 I、II、III 三个级别(见表 8)。

表 8 影响级别分类表
Tab. 8 Classification of impact level

影响级别	路径范围	系数说明
I	>0.8	影响很大
II	>0.7	影响比较大
III	>0.6	影响一般大
IV	>0.5	影响比较小
V	<0.5	影响不显著

从整个模型及路径系数可知,政策法律因素对 BIM 推广的影响很大,技术因素及组织管理因素对 BIM 推广的影响比较大,认知度因素及经济因素对 BIM 推广的影响一般大。政策法规因素为最大的影响因素,路径系数高达 0.94,说明政府方面在 BIM 的应用推广中占着最主要的地位。剩余因素排序则分别为技术因素 > 组织管理因素 > 经济因素 > 认知度因素。

认知度因素中,工作流程的认知度及 BIM 应用效益认知度对认知度因素的路径系数均大于 0.6,呈正向显著影响,BIM 相关软件的认知度对认知度因素呈正向影响,假设 H_1 得到验证。

技术因素中,模型的数据完整性、模型的数据安全性及 BIM 人才对技术因素的路径系数均大于 0.6,呈正向显著影响,软件适应性对技术因素呈正向影响,假设 H_2 得到验证。

政策法律因素中,争议处理机制、法律责任界限的明确性、政府鼓励政策、标准合同范本对政策法律因素的路径系数均大于 0.6,成正向显著影响,假设 H_3 得到验证。

组织管理因素中,企业结构组织框架、企业高层对 BIM 的支持及专业 BIM 工作流程管理团队对组织管理因素的路径系数均大于 0.6,呈正向显著影响,假设 H_4 得到验证。

经济因素中,软件硬件费用、培训费用、设计费用对经济因素的路径系数均大于 0.6,对经济因素呈正向显著影响,产生的效益对经济因素呈正向影响,假设 H_5 得到验证。

3 阻碍 BIM 应用推广的研究对策

3.1 完善 BIM 相关法律

由分析结果可知,政策法规因素指标中,标准合同范本的制定及政府的鼓励政策路径系数最大,为 0.67,而争议处理机制及法律责任界限的明确度则分别为 0.65、0.64。由于缺乏标准合同范本占着主导因素,因此政府应颁发 BIM 的应用标准和指南,作为规范性和指导性的文件。建立 BIM 技术标准和指南之后,为撰写 BIM 标准合同范本提供了依据。由于 BIM 颠覆了传统的工作流程,所以各参与方的责任和义务也会有所差别,在合同中明确各方面责任风险,可以减少争议。由于争议处理机制及法律责任界限的明确度的路径系数分别为 0.65、0.64,与标准合同范本的路径系数 0.67 极为接近。所以政府部门需要尽快完善争议处理机制,避免在出现争议时无法处理。适当推出 BIM 相关保险问题,使风险能够合理分担,这样有利于建筑业走向更健康的道路,使各企业蓬勃发展。

3.2 基于 SEM 的 BIM 技术应用阻碍因素分析

政府的鼓励政策与标准合同范本路径系数同为 0.67,说明其与标准合同范本同样重要。所以政府应制定一个完整的鼓励机制去刺激建筑企业使用 BIM 技术。由于 BIM 设计周期长,设计成本也相应增高,且设计之后不容易更改,若政府强行要求项目不论大小必须采用 BIM 技术,小型项目将会出现亏损现象。因此政府应制定合理的 BIM 应用鼓励机制,根据工程量的大小、建设周期、投资额等多方面因素来确定项目什么时候必须使用

BIM,什么时候建议使用BIM,什么时候可以不使用BIM。对于应用BIM技术的项目,可以给出一定的扶持资金或政策优惠,对于使用BIM完成的优秀示范工程,可以颁发高含金量的奖项,以此使企业高层对BIM持乐观态度。

3.3 大力培养BIM人才

技术因素指标中,BIM人才的路径系数最大,为0.75,目前市场BIM人才紧缺,说明大力培养BIM建模操作人才、研发人才及管理人才都对BIM的应用推广有利。培养BIM人才不仅仅是培养熟练使用软件建模的人才,还包括BIM施工管理人才。我国虽然已经对BIM技术进行了研究,但是具体BIM技术的施工操作流程和管理方式并没有形成一套完整的体系和理论,且我国BIM管理人才也相当稀少。一些建筑项目在应用BIM技术时,由于没有明确的BIM技术施工流程,一些工序的先后顺序混乱,管理人员经验不足,导致返工,最后不仅成本增加还误工,BIM技术的优越性没能体现出来,导致一些建筑企业望而生畏,不敢再去尝试。因此,政府部门和有关技术人员需要在结合国外经验的基础上,研究适合我国建筑业特点的施工流程和管理办法,培养优秀的BIM管理团队和BIM应用战略计划人才。此外,还需大量培养BIM研发人员,进行BIM的二次开发。不管是基于操作结果类的开发还是基于数据利用类的开发,只有先掌握到技术才能让我国的BIM技术达到领先状态。

3.4 借鉴BIM成功案例组织结构框架

组织管理因素指标中,各方企业组织的结构框架路径系数最大,为0.74。目前BIM在我国的应用并不成熟,大部分BIM的应用都是在做管线碰撞、施工模拟等,若要将BIM应用于寿命全周期,制定合理的组织框架极为重要。不合理的组织结构框架将导致工作流程混乱,信息传递慢,效率低下,进而导致管理成本增加。在没有专业的BIM团队的情况下,借鉴BIM成功案例的企业组织结构框架尤为重要,对案例进行了透彻的管理分析,继而采用头脑风暴法对自身企业组织结构框架进行整改,以减少因组织框架带来的成本及效率问题。

4 结 语

BIM技术具有良好的发展前景已是共识,但一些因素也阻碍着BIM技术在我国的应用推广,笔者通过阅读大量的国内外文献和专家咨询,最

终提取并归类出BIM应用推广的阻碍因素,运用SEM对这些因素进行分析,然后提出一些建议。研究的结论主要有:

1) 利用大量文献和专家咨询,得到阻碍BIM在我国应用推广的18个因素,并将这些因素归为经济、技术等5个范畴。

2) 根据列出的18个因素设计问卷,并采用SEM对收集到的数据进行分析,得到阻碍因素最大的是政策法律因素,而影响政策法律因素最大的是缺乏标准合同范本和合理的鼓励政策。

3) 根据阻碍BIM应用推广的主要障碍因素和次要因素,据此提出促进BIM在我国建筑行业应用的4个针对性因素建议。

参考文献:

[1] 李恒,郭红领,黄霆,等. BIM在建设项目中应用模式研究[J]. 工程管理学报, 2010,24(5): 525-529.

[2] 罗勇. 建筑信息模型在总承包项目成本管理中的价值[J]. 武汉工程大学学报, 2015,37(8):75-78.

[3] 赵源煜. 中国建筑业BIM发展的阻碍因素及对策方案研究[D]. 北京: 清华大学, 2012.

[4] 何关培. BIM不容易成功应用的四个原因[J]. 建筑, 2013(9):16.

[5] 何耀,田伟. 浅析BIM技术在建筑工程中的应用障碍及对策[J]. 门窗, 2013(8):89-90.

[6] 梁定河. 谈BIM未来发展的方向[J]. 山西建筑, 2015(16):12-13.

[7] 潘佳怡,赵源煜. 中国建筑业BIM发展的阻碍因素分析[J]. 工程管理学报, 2012(1):6-11.

[8] JIN R Y, HANCOCK C M, TANG L , et al. BIM investment, returns, and risks in China's AEC industries[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2017, 143 (12) : 04017089 (1) - 04017089(13).

[9] 田晨曦. 建筑信息模型(BIM)技术扩散与应用研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014.

[10] 张辉,祖丕祥,李永福,等. 基于结构方程的BIM技术应用风险评价研究[J]. 工程管理学报, 2016, 30(4):40-44

[11] 陈楠,韩冬. 基于因子分析法的建筑工程设计风险研究[J]. 环球市场, 2016(25):285.

[12] MELLOR D, MOORE K A. The use of likert scales with children [J]. Journal Pediatr Psychol, 2014, 39(3):369-379.

[13] 林嵩. 结构方程模型原理及AMOS应用[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 2009.

[14] BOWEN N K, GUO S Y. Structure equation modeling [M]. New York: Oxford University Press, 2011.

[15] 黄明强,崔胜辉,李秀芳. 建筑节能产品推广应用影响因素结构方程模型分析[J]. 华侨大学学报, 2016,37(4):447-450.

本文编辑:陈小平