

市政工程 BIM 技术应用关键影响因素分析及对策

朱银乐

(同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092)

摘要: 理论研究表明工程建设全生命周期内的应用能使 BIM 的实施效果达到最佳,然而目前市政工程领域 BIM 应用仍然局限于某个阶段层面上的实践,其推广也存在诸多障碍。通过分析总结国内市政工程行业 BIM 发展和应用现状,梳理出现阶段所面临的障碍及相关因素,然后通过 DEMATEL 法确定各因素的重要程度,并提出相应的解决措施,以期加快市政工程领域 BIM 技术应用地推广。

关键词: 市政工程;BIM;影响因素;DEMATEL 方法

中图分类号:TU17

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2020)11-0189-05

0 引言

近二十几年,市政工程新建项目众多、发展速度快,但整体上仍然存在建设组织方式落后、监管机制不健全、设计方法和水平有待提高、企业核心竞争力不强等诸多问题。随着城镇化地不断推进,城市规模不断扩大,市政基础设施项目向大型化和复杂化方向发展。随之而来必然要求项目投资控制精确、进度控制严格、组织管理复杂、各参与方全过程信息通畅、技术管理连续,这些新的挑战使得建设项目的决策、管理和控制问题日益突出。

国内市政工程项目建设现代化、信息化、工业化的方向已成为未来的主旋律和行业转型升级的必然选择。BIM 技术是建筑业和信息技术的跨界结合,其不仅仅是三维软件,更是一种技术体系和方法体系,BIM 技术可视化、性能化、参数化和集成化的特征对于复杂的市政工程具有极大的应用价值。BIM 技术的应用可贯穿项目全生命周期,从规划、设计到施工、运维等各阶段一系列的技术创新,也包括管理变革,其不仅仅是技术实现问题,更是行业发展战略层面的管理问题。基于 BIM 技术的优势,以及未来工程建设领域集约、协同管理模式发展的趋势,BIM 技术在市政工程中的应用和推广已是大势所趋。

1 BIM 发展和应用现状

我国 BIM 起步较晚,从 2003 年刘葵的《从 CAD 渐进到 BIM》开始,一直到 2008 年,与 BIM

相关公开发表的文献数量逐年增加,但该阶段总体发展较为缓慢。2009 年后,相关研究蓬勃兴起,2010 年清华大学经过调研和系统研究,参考美国 NBIMS 提出中国建筑信息模型标准框架(简称 CBIMS),并创造性地将该标准框架分为面向 IT 的技术标准和面向用户的实施标准。

2017 年住建部发布《建筑业发展“十三五”规划》,明确提出加快建筑信息模型(BIM)技术从规划与策划至运营维护项目全过程的集成应用,支持基于具有自主知识产权三维图形平台的国产 BIM 软件的研发和推广使用。进入 2019 年以后,政府更聚焦于 BIM 技术的集成应用,组织开展 BIM 技术在工程应用中的评价指标体系、评价方法的研究,并进一步推进 BIM 技术在设计、施工、运维项目生命周期全过程的集成应用。根据《中国建筑企业 BIM 应用》2019 年分析报告最新的调查结果,我国建筑业 BIM 技术应用超过 3 年的企业占比从 2017 年的 22.7% 大幅提高到了 50.12%,越来越多的企业选择了 BIM。

在市政工程领域内,一批以大型央企、国企为主导的设计和施工企业也投入大量资源开展 BIM 技术的研究,徐敏生编著的《市政 BIM 理论与实践》探讨了国内市政 BIM 的发展情况,尝试剖析市政工程领域 BIM 技术的发展道路。张吕伟、蒋力俭编著的《中国市政设计行业 BIM 指南》在确定 BIM 应用总体原则的基础上,对市政工程各专业在模型、交付等方面均提出具体量化指标,为市政工程 BIM 技术的应用和推广提供了依据。

由此可见,经过这几年在政府主导下进行地 BIM 的应用和研究,在业务范围、应用点和软件功

收稿日期:2020-04-15

作者简介:朱银乐(1979—),男,学士,高级工程师,从事市政工程设计及研究工作。

能均得到了扩展和深入。政府、研究机构、建设方、设计和施工、软件公司等项目中不断尝试,BIM技术的应用和推广已取得一定成效,但从整个市政工程建设行业来看,BIM技术的应用和推广仍然存在许多障碍。

2 BIM应用影响因素分析

在研究BIM应用推广方面,国内学者针对目前存在的困难和问题,采用不同研究方法进行了剖析和探索。如许炳等通过对技术接受路径进行研究,指出政策环境对BIM的应用起到决定性作用,并分别对国家、行业、企业不同层面的影响因素进行分析,提出建议。徐友全等通过定量分析,认为BIM标准的影响最大,标准不完善将直接影响组织、技术和法律其他因素,进而影响经济效益和外部支持。何清华等从行业宏观视角出发,认为现有行业体制、技术标准的差异是亟需突破的障碍,并指出缺少完善的综合应用模式是项目后期运维阶段应用较少的主要原因。马智亮经过整理对影响因素进行分类,并对相关因素的重要性排序,其认为阻碍因素可分为经济、技术、法律、操作四类,重要性依次逐级降低。还有其他众多研究者分别从政府机构、业主、设计、施工、科研院所、咨询服务企业等不同角度,对现阶段我国BIM应用推广面临的障碍进行分析,在政策、组织、技术、法律、经济等各方面均提出了一些有益的建议。

针对BIM应用的影响因素,国外研究更加侧重组织、技术、人员和法律等因素,国内学者对政策、行业和经济方面的关注则比较多。研究者们从软件公司、设计单位、施工企业、科研院所、政府机构等各项目参与方的不同视角,分析了现阶段我国BIM应用面临的障碍和相关影响因素。通过阅读、分析和整理相关文献,系统总结出研究者们关注的阻碍BIM在国内发展的主要影响因素,同时结合近几年典型应用案例的分析结果,基于市政工程的全生命周期,分政策、组织、技术、法律、经济、人员和项目性质七个方面归纳影响国内BIM应用和发展的主要影响因素,具体见表1。

3 关键影响因素分析

3.1 DEMATEL基本原理与适用性

决策实验室分析法 DEMATEL (Decision-making Trial and Evaluation Laboratory),1971年在日内瓦会议上美国 Battelle 实验室学者 A. Gabus 和 E.Fontela 提出的一种运用图论和矩阵工

表1 市政工程全生命周期BIM应用主要影响因素汇总表

因素类型	编号	应用影响因素
环境	A ₁	针对全生命周期应用的政策推行力度不足
	A ₂	市政行业内相关标准和指南不完善
	A ₃	没有充分的外部动机和明确的实施目标(如质量、效率)
组织	A ₄	行业各阶段管理体制不统一
	A ₅	缺少完善的应用模式和管理经验
	A ₆	管理者对跨阶段应用缺乏支持
技术	A ₇	针对市政行业的BIM软件产品不成熟
	A ₈	全生命周期各阶段、不同专业间软件兼容性差
	A ₉	不同专业、不同组织之间协同性差
法律	A ₁₀	法律标准、责任划分和界限不明确
	A ₁₁	相关争议处理机制不成熟
经济	A ₁₂	全生命周期各阶段分散应用经济效益不理想
	A ₁₃	投入软硬件、人员培训的成本高
人员	A ₁₄	缺乏成熟的BIM团队和有全过程管理经验的管理者
	A ₁₅	从业者传统思维转变和对新技术接纳困难
	A ₁₆	行业内数据分享意愿不足
项目	A ₁₇	项目自身的需求(如复杂项目、重大项目更可能得到推广)

具的系统分析方法,致力于定量分析现实世界中复杂、困难的问题,是进行因素分析与识别比较有效的一种方法。通过梳理系统中各要素之间的逻辑关系,确定直接影响矩阵,然后计算出每个要素对其它要素的影响度以及被影响度,最终定量计算出每个要素的原因度与中心度,作为构造模型的依据,确定要素间的因果关系和每个要素在系统中的地位。

运用 DEMATEL 方法分析 BIM 应用影响因素之间的相互关系。首先,对专家和利益相关方通过调查和访谈方式,统计各因素间相互的影响程度,构建各因素间的直接影响矩阵 $X=(X_{ij})_{n \times n}$,式中 X_{ij} 为因素 i 对因素 j 的直接影响程度。 i, j 均为整数($1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n$, 当 $i=j$ 时, $X_{ij}=0$)。

将直接影响矩阵 X 进行规范化处理,得到规范化直接影响矩阵 Y ,进而计算综合影响矩阵 $A=Y(I-Y)^{-1}$ 。通过综合影响矩阵 A 分析各影响因素的影响度 f_i 、被影响度 e_i ,最后计算中心度 $m_i=(f_i+e_i)$ 和原因度 $n_i=(f_i-e_i)$,从而确定因素间的因果关系以及每个因素在系统中的地位。

3.2 影响因素间因果关系及各因素的地位

该次研究通过问卷调查收集数据,调查范围基本覆盖了研究领域内涉及 BIM 技术的各类单位和机构,可以比较全面的反应现实情况。将各因素之间的直接影响程度划分为五个等级:用 0、1、2、3、4 数值表示从无影响到影响很大各等级影响程度。影响程度根据调查问卷认为有影响的人数比例进行划分,见表 2。

表 2 影响程度划分表

认为有影响的 人数比例 r	0 ~20%	21~ 40%	41~ 60%	61~ 80%	81~ 100%
影响程度 A_{ij}	0	1	2	3	4

通过对问卷数据分析得到直接影响矩阵,见表 3。

将直接影响矩阵规范化,根据式(1)得到直接影响矩阵的规范化矩阵 Y 。

$$Y=X/\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij} = (y_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

式中: $1 \leq i \leq n; 1 \leq j \leq n$ 。

根据式(2),确定综合影响矩阵 A ,结果见表 4。

$$A=Y(I-Y)^{-1} \quad (2)$$

通过式(3)、式(4)计算各影响因素的影响度 f_i 、被影响度 e_i ,然后再计算中心度 $m_i=(f_i+e_i)$ 和原因度 $n_i=(f_i-e_i)$ 。

$$f_i = \sum_{j=1}^n A_{ij}, (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n) \quad (3)$$

$$e_i = \sum_{i=1}^n A_{ij}, (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n) \quad (4)$$

整理数据得到综合影响关系表,影响度 f_i 和被影响度 e_i 分别反映了影响因素 A_i 对其他所有元素的影响程度及被影响程度。中心度 m_i 体现该影响因素的重要性程度,数值越大,重要性越大;原因度 n_i 反映了影响因素之间的相互关系,原因度大于零为原因因素,原因度小于零为结果因素。综合影响关系计算结果见表 5。

3.3 原因 - 结果图绘制及结果分析

根据表 5 的结果绘制出市政工程全生命周期 BIM 应用影响因素原因结果图如图 1 所示。

图中横坐标为中心度,从图可知排在前 3 位的是 A1 推行力度、A6 管理者支持、A5 完善的应用模式和管理经验。显然,目前影响 BIM 技术在市政工程全生命周期推广和应用的最主要因素是政府和行业的推行力度,其次是管理者对跨阶段应用的支持和应用模式的完善,而法律、人员和技术等方面因素的影响较小。

图中纵坐标为原因度,正值原因因素,主要有 A7 软件功能、A5 完善的应用模式、A8 不同阶段和专业软件兼容问题;负值为结果因素,主要有 A13 成本投入、A12 经济效益、A6 管理者的支持等。

政府和业主在政策上的推广力度直接影响管理者对 BIM 技术应用的支持,是影响 BIM 全生命周期应用推广的最主要原因,BIM 软件功能和兼容性等技术方面的不完善直接影响了成本投入和经

表 3 市政工程全生命周期 BIM 应用影响因素直接影响矩阵

影响因素	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0	3	2	2	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
A2	2	0	1	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
A3	2	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
A4	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
A5	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
A6	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0
A7	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	1	1	0	0	1
A8	0	1	0	0	1	0	2	0	3	0	0	1	1	0	0	1	0
A9	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
A10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A11	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
A12	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
A13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1
A14	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1
A15	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
A16	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
A17	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

表4 综合影响矩阵

影响因素	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0.24	0.33	0.27	0.27	0.22	0.36	0.06	0.08	0.13	0.03	0.03	0.25	0.27	0.05	0.18	0.05	0.15
A2	0.30	0.12	0.17	0.24	0.19	0.24	0.06	0.14	0.18	0.08	0.03	0.15	0.16	0.04	0.15	0.05	0.07
A3	0.27	0.09	0.09	0.15	0.16	0.22	0.04	0.05	0.14	0.01	0.02	0.20	0.21	0.04	0.14	0.04	0.06
A4	0.20	0.16	0.08	0.07	0.16	0.20	0.11	0.13	0.17	0.01	0.02	0.19	0.20	0.04	0.06	0.04	0.06
A5	0.33	0.20	0.12	0.11	0.13	0.28	0.13	0.14	0.20	0.02	0.10	0.25	0.25	0.12	0.16	0.13	0.16
A6	0.20	0.08	0.14	0.13	0.15	0.14	0.03	0.04	0.14	0.01	0.02	0.20	0.26	0.04	0.13	0.04	0.06
A7	0.20	0.17	0.08	0.07	0.17	0.15	0.06	0.20	0.25	0.01	0.03	0.14	0.20	0.11	0.07	0.06	0.13
A8	0.13	0.15	0.06	0.05	0.16	0.13	0.18	0.08	0.30	0.01	0.03	0.19	0.19	0.04	0.06	0.12	0.06
A9	0.09	0.05	0.05	0.04	0.12	0.16	0.04	0.10	0.06	0.01	0.09	0.16	0.16	0.03	0.04	0.10	0.04
A10	0.13	0.12	0.04	0.12	0.04	0.07	0.02	0.03	0.04	0.01	0.08	0.05	0.05	0.01	0.03	0.01	0.02
A11	0.13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.14	0.01	0.02	0.10	0.08	0.02	0.13	0.07	0.01	0.03	0.01	0.02
A12	0.16	0.05	0.13	0.06	0.06	0.23	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.09	0.23	0.02	0.05	0.01	0.04
A13	0.15	0.05	0.06	0.05	0.05	0.17	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.21	0.09	0.09	0.04	0.02	0.10
A14	0.16	0.06	0.07	0.05	0.07	0.18	0.03	0.03	0.12	0.01	0.01	0.16	0.10	0.02	0.12	0.10	0.11
A15	0.21	0.08	0.15	0.07	0.15	0.21	0.04	0.04	0.07	0.01	0.02	0.19	0.20	0.10	0.07	0.10	0.13
A16	0.18	0.15	0.07	0.06	0.08	0.11	0.11	0.11	0.08	0.01	0.01	0.16	0.10	0.03	0.12	0.03	0.12
A17	0.22	0.15	0.16	0.09	0.16	0.28	0.10	0.5	0.09	0.01	0.02	0.19	0.21	0.04	0.07	0.03	0.06

表5 综合影响关系表

影响因素	影响度 f_i	被影响度 e_i	中心度 m_i	原因度 n_i
A1	2.96	3.30	6.26	-0.34
A2	2.38	2.05	4.42	0.33
A3	1.93	1.77	3.70	0.16
A4	1.91	1.65	3.55	0.26
A5	2.82	2.10	4.92	0.72
A6	1.81	3.27	5.08	-1.46
A7	2.09	1.05	3.13	1.04
A8	1.94	1.28	3.23	0.66
A9	1.32	2.15	3.47	-0.84
A10	0.87	0.33	1.20	0.54
A11	0.94	0.54	1.48	0.40
A12	1.20	2.91	4.11	-1.70
A13	1.18	2.97	4.15	-1.79
A14	1.40	0.83	2.23	0.57
A15	1.84	1.52	3.36	0.32
A16	1.52	0.92	2.45	0.60
A17	1.94	1.41	3.35	0.53

济效益,进而也影响到管理者对 BIM 应用的支持。

BIM 技术在市政工程中的应用已发展到一定程度,但是在项目全生命周期的应用目前仍处于探索阶段,法律因素在目前发展初期阶段的中心

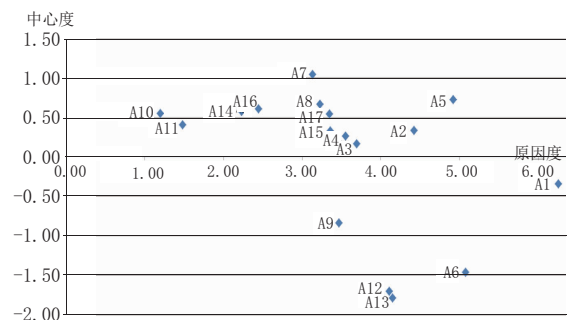


图1 原因结果图

度不明显,但随着应用地不断推广,项目中关于法律划分、责任和争议处置方面的问题会越来越多,法律问题将会成为未来 BIM 应用非常关键的问题,应提前有所准备。

4 案例实践及相关对策建议

郑州市郑东新区中原大数据中心配套设施项目从项目规划阶段就策划 BIM 的全生命周期运用,建立基于 BIM 技术的信息管理平台,在各种软件和数据库之间搭起了一个通道,数据和信息在不同数据库系统和不同的软件之间进行交换和共享,实现了参建的各专业和各组织通过同一个模型进行交流,实现巨量数据的存储和提炼;实现了对项目全生命周期各阶段的工程性能、进度、质量、安全、成本进行集成化管理,实现对项目全生

命周期的总成本、能耗、环境影响等进行分析和控制;将项目实际管理方式、施工方式与数据模型进行有效匹配;系统、全面地实现了市政工程生命周期 BIM 技术的应用途径。案例项目在实践探索过程中也出现了诸多问题,经过分析、总结并提出相关对策建议,供类似工程建设借鉴。

针对新技术的支持政策对项目全生命周期 BIM 应用的推广有直接且重要的影响,政府和行业主管部门应加大政策、财政的扶持。近年,我国政府部门已先后制定了关于 BIM 技术应用的总体规划和发展纲要,随着 BIM 地不断发展,还需要进一步制定各类项目使用 BIM 的发展目标,完善行业标准和指南。例如,改变纸质 2D 图纸审查机制,健全 3D 三维模型成果审查机制;健全 BIM 模型知识产权保护政策;完善 BIM 技术职业资格制度等。另外,政府还可以对使用 BIM 技术的项目提供奖励政策或财政支持,包括减免或部分优惠税收,解决现阶段经济效益的问题,促进项目参建各方和企业推进全生命周期 BIM 技术应用的积极性。

除了政策上的因素,BIM 软件功能和兼容性等技术方面的不完善直接影响了成本投入和经济效益,进而也影响到管理者对 BIM 应用的支持。市政行业内部应加快 BIM 技术的研究,通过软件本土化、二次开发等途径,尽快解决软件兼容性、模型精度、出图性能等诸多问题,满足项目全生命周期不同阶段、不同专业之间的协同工作需求。BIM 应用的价值是通过实现工程项目的信息化,让项目相关参与方可以高效、便捷地获取所需的信息,打破信息壁垒,实现协同工作,确实提高生产效率,最终为企业和整个行业带来效益。BIM 价值的逐步体现,也将进一步坚定管理者对 BIM 应用的支持。

成功的案例和完善的综合应用模式有利于展示 BIM 的技术优势,促进该项技术的推广。由于我国市政工程项目各阶段的工作割裂,缺乏统筹管理模式和协同合作经验,BIM 技术的应用至今仍未完全贯彻项目全生命周期。市政工程行业亟需改变原有的各参建方相互独立开展工作的模式,利用 BIM 技术建立工程信息平台,明确项目的

应用目标,建立满足项目需求的应用框架,落实应用要点和措施。基于项目全生命周期,利用 BIM 技术的信息平台,推进项目信息集约管理,推进参建各方的协同合作,最终实现项目的集约、高效综合管理。

BIM 技术作为建筑行业的新兴技术,将为我国市政工程建设注入新的活力,成为未来行业发展的主流,在未来工程项目建设全生命周期内广泛使用。在已经来临的行业转型升级浪潮中,BIM 技术必然会成为该行业内企业提高核心竞争力的有力工具,为企业和项目创造更多的效益。

5 结语

本文的主要目的是研究影响市政工程全生命周期 BIM 技术应用的关键因素,为 BIM 技术在市政工程行业中的推广提出有针对性的建议。在国内、外学者研究的基础上,文中汇总了市政工程 BIM 技术应用影响因素,然后通过调查问卷收集数据,运用 DEMATEL 方法定量分析,得出各影响因素的重要性指标,进而为分析市政工程行业中影响 BIM 技术应用的关键障碍提供数据依据。针对关键影响因素,本文结合实践提出了相应措施和对策,以期提高 BIM 技术在市政工程领域的应用效益,推进传统市政工程建设行业的技术革新和持续发展。

参考文献:

- [1] 何关培.BIM 总论[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [2] 张吕伟,蒋力俭.中国市政设计行业 BIM 指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 范兴家,吴文高,李慧.浅谈市政设计企业的 BIM 技术应用[J].中国市政工程,2015(1):47-49.
- [4] 徐敏生.市政 BIM 理论与实践[M].上海:同济大学出版社,2016.
- [5] 许炳,朱海龙.我国建筑业 BIM 应用现状及影响机理研究[J].建筑经济,2015,36(3):10-14.
- [6] 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.
- [7] 何清华,张静.建筑施工企业 BIM 应用障碍研究[J].施工技术,2012(41):80-83.
- [8] 马智亮.BIM 技术及其在我国的应用问题和对策[J].中国建设信息,2010(4):12-15.