

公路工程项目 BIM 应用能力成熟度模型

刘伟军, 彭思惠

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 从 BIM(建筑信息模型)作为一种技术手段和项目管理工具的角度,把影响公路工程项目 BIM 实施的因素归纳为技术因素和项目管理因素,结合 BIM CMM 和 OPM3 模型的核心思想,建立公路工程项目 BIM 应用成熟度模型 BIM IMM,从信息管理和单项目的组织支持系统的维度,确定公路工程项目 BIM 应用的成熟度等级;通过对成熟度等级的描述,运用层次分析法和加权求和法确定指标体系中各指标总权重和公路工程项目 BIM 应用的成熟度等级。

关键词: 工程管理;公路;建筑信息模型(BIM);应用成熟度模型

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)05-0152-05

2018 年交通运输部办公厅发布关于公路工程 BIM(建筑信息模型)技术应用的指导意见,极大鼓舞了公路企业应用 BIM 技术的决心,并积极开展公路工程项目 BIM 应用试验。目前,已有许多学者提出了针对建设行业或建筑行业的 BIM 应用成熟度模型,但与建筑业不同,公路工程涉及专业多、工程复杂、设计手法差异大、软件本土化不够,已有模型不能适应与建筑行业有差异的公路工程项目,需探索适应公路工程行业的 BIM 应用能力成熟度模型。该文考虑公路工程项目 BIM 应用的影响因素,利用已有成熟度模型的核心思想,研究适用于公路工程项目的 BIM 应用能力成熟度模型,衡量公路工程项目的 BIM 应用水平。

1 影响公路工程项目 BIM 应用的主要因素

不考虑成本效益、法律法规缺失等企业宏观战略和外部影响宏观因素,仅从公路项目实施 BIM 技术的角度,从技术层面和项目管理层面分析影响公路工程项目 BIM 应用的因素。

1.1 技术层面

(1) BIM 标准。目前建筑行业已颁布了相关 BIM 信息标准,这些标准是满足模型规范化设计,打破数据不兼容壁垒,实现建设资源信息、建设过程信息、建设成果信息分享和集成的基础。而公路行业还未有针对公路工程的 BIM 信息标准。

(2) 大体量模型。公路工程项目涉及范围广,需建立大体量模型。为避免重复建模,需针对不同阶段建立不同精度的三维模型。另外,为实现大体量数据信息的收集并保证信息准确度,需采用更有

效的信息技术集成手段,如利用 GIS、地理信息遥感等技术。

(3) 信息安全。BIM 技术融合了现代数字信息技术和互联网技术,随着其在公路工程项目中的应用,信息系统从企业内部的区域共享发展到外部的开放互联,随之而来的是建立在互联网环境下的企业知识产权受到威胁,需建立信息安全系统才能促进公路行业 BIM 应用良性发展。

(4) 信息集成与共享。信息集成与共享实质上是用模型的传递打破参建方之间和参建方内部的信息壁垒,如各参建方根据项目最新动态进行模型信息更新,并在不同阶段进行成果交付。参建方是否能顺利进行模型信息更新,并在多个阶段成功交付成果,即信息模型是否包含项目最新信息和模型生命周期的长短,决定信息集成与共享的程度。

1.2 项目管理层面

(1) 人的因素。BIM 技术的应用对 BIM 团队人员的专业知识和软件学习能力有很高要求。工信部、图书协会等已设立了针对建筑行业 BIM 的专业证书考试制度,而在公路行业还没有相关的专业考试来培养 BIM 人才。

(2) 组织因素。公路工程建设周期长,耗费资源巨大,参建单位多,并涉及众多专业,为保证项目在全生命周期顺利进行,需根据 BIM 技术的应用特点制定相应组织结构和规章制度,保证 BIM 成果交付与协同合作的顺利进行。

(3) BIM 软件。公路行业所采用的 BIM 软件优缺点明显,其中普遍使用 Autodesk 公司软件建立地质模型,程序和设计步骤复杂,但后期数据便于

共享;另一款常用的 Bentley 公司软件赋予构建信息方便,设计习惯符合中国设计人员,但数据格式不易共享。因此,必须促进国外软件的本土化或进行 BIM 软件自主创新。

2 公路工程项目 BIM 应用成熟度模型构建

2.1 参考的成熟度模型

在应用行业范畴应用最广的成熟度模型是软件能力成熟度模型(CMM),美国建筑科学协会基于该模型,结合 BIM 技术的信息管理核心建立了包含项目全生命周期的建筑信息能力成熟度模型(BIM CMM)。该模型包括 11 个指标要素,以 BIM 作为技术手段,对信息管理的收集、处理、输出进行了详细描述。虽然 BIM CMM 模型对信息能力有参考价值,但其在项目管理指标上的描述很少。

在项目管理范畴应用最广的是组织项目管理成熟度模型(OPM3),该模型适用于评估单个项目和项目组合环境,帮助企业识别项目管理短板。潘吉仁等认为 OPM3 模型针对的是一般组织项目管理,应用时必须结合国情和建设行业特点,同时考虑到项目的成功离不开组织的支持,通过剖析影响单个项目管理成熟度的众多复杂因素,将组织的支持分为制度、组织、资源三大系统,将影响成熟度的因素归纳为三大支持系统下的 12 个知识领域的主导要素,提出了组织项目管理成熟度模型 CE—OPM3(见图 1)。

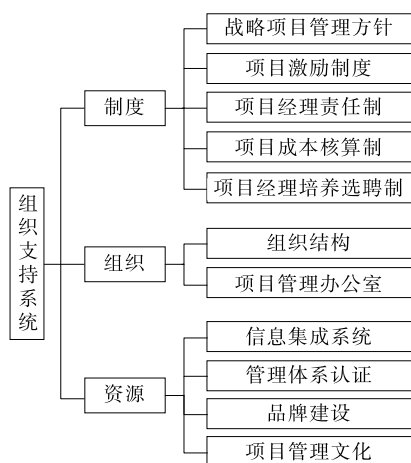


图 1 CE—OPM3 单项目指标体系

2.2 BIM IMM 模型维度

参考 BIM CMM 和 CE—OPM3 模型的核心思想,充分考虑影响中国公路工程项目 BIM 应用水平的因素,建立公路工程项目 BIM 应用成熟度模型

(BIM IMM)。选取 BIM CMM 模型对信息管理的描述和 CE—OPM3 针对单个项目管理的思想,建立 BIM IMM 模型的三维结构(见图 2)。其中:第一维度为成熟度等级,分别为经验级、管理级、可定义级、可控制级、持续优化级;第二维度为技术手段,组成要素为信息模型和信息共享,考察公路工程项目 BIM 模型建立、信息集成及共享两方面的成熟度;第三维度为组织支持,组成要素为制度支持、组织支持和资源支持。

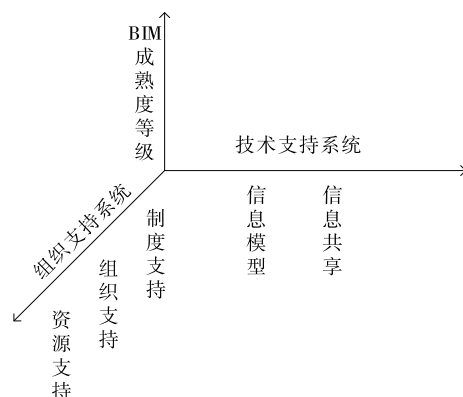


图 2 公路工程项目 BIM 应用成熟度模型 BIM IMM 维度

2.3 BIM IMM 模型评价指标体系

根据影响 BIM 应用的技术因素,以 BIM CMM 模型为基础,建立技术维度的评价指标体系。先将 BIM CMM 模型的 11 个指标结合影响公路工程项目 BIM 应用的技术因素,将第二维度的要素层分为信息模型和信息共享。信息模型方面,数据丰富度和信息准确度是对公路工程信息模型不同方面的描述,而公路工程项目包含海量的地质等信息,在建立 BIM 模型时,根据应用意图建立相应精度模型,如在策划阶段建立宏观模型,用于路线选型,防止重复建模,提升工作效率。信息集成与共享方面,包括共享流程、互操作性和提交方式。另外,公路工程中还没有统一的公路信息分类、编码、存储、交付、应用标准,存在不同功能软件之间的数据接口不兼容问题,建立统一的标准体系非常必要。最后通过互联网进行信息共享,其中最大的隐患是信息数据安全问题,需制定严格、规范的信息安全策略,防止信息泄露造成损失。

信息模型要素的关键指标包括模型精度、生命周期、图形信息,信息集成与共享要素的关键指标包括标准体系、信息模型更新、信息安全策略、信息共享、数据收集。根据 BIM CMM 对指标的解释,结合前文的技术因素,对每个指标作出定义(见表 1)。

表 1 技术支持系统维度指标体系

要素	关键指标	指标定义
信息模型	模型精度	地质、地形 DEM/TIN 模型比例尺越大,信息越丰富;公路模型的节点信息更详细,如桥梁工程;功能特性、管理要素信息添加在模型中
	生命周期	模型用于设计、施工、运营全生命周期阶段,也用于其他项目数据的积累
	图形信息	通过模型的可视化直观地了解项目的物理、功能、进度、成本、资源等信息
	标准体系	信息分类与编码标准、信息存储标准、信息交付标准、信息设计、施工、运营应用标准
信息共享	信息模型更新	将完成的和变更的设计或现场信息实时上传到模型中及参建方获取信息的能力
	信息安全策略	有严格、规范的信息安全管理和完整的信息安全管理架构
	信息共享平台	利用互联网技术创建基于三维模型的协同平台,信息通过模型在不同专业、不同主体之间流动
	数据收集	结合新兴技术手段,自动收集相关项目地理、环境信息数据,如 GIS 与 BIM 结合

将 CE-OPM3 模型应用于公路工程单个项目环境,结合影响公路工程项目 BIM 应用的组织因素,参考 CE-OPM3 中的组织支持系统评价指标,建立表 2 所示 BIM IMM 模型组织支持系统维度的

评价指标。
2.4 BIM IMM 模型的成熟度等级
在公路工程项目全生命周期管理中,BIM IMM 模型的第一维度是BIM技术应用水平5个阶段性

表 2 组织支持系统维度指标体系

要素	关键指标	指标定义	要素	关键指标	指标定义
制度支持	合同	合同中明确各参建方 BIM 应用的权责划分及相应激励机制	组织	组织结构	适应 BIM 应用的组织结构
	工作制度	参建方协同工作制度	支持	BIM 部门	建立 BIM 部门
	成果交付制度	BIM 成果交付有文件规定和流程制定	资源支持	软硬件支持	软硬件支持
	应用方针	公路工程项目总体 BIM 应用方针		软件应用水平	BIM 人员的软件操作能力
	应用目标	各参建方制定相应 BIM 应用目标		创新能力	对 BIM 软件的二次开发能力

状态,它们之间是不断发展的关系,每个应用状态都是下一阶段的基础,随着公路工程项目 BIM 应用状

态的不断上升,BIM 应用能力持续提高。成熟度等级描述见图 3。

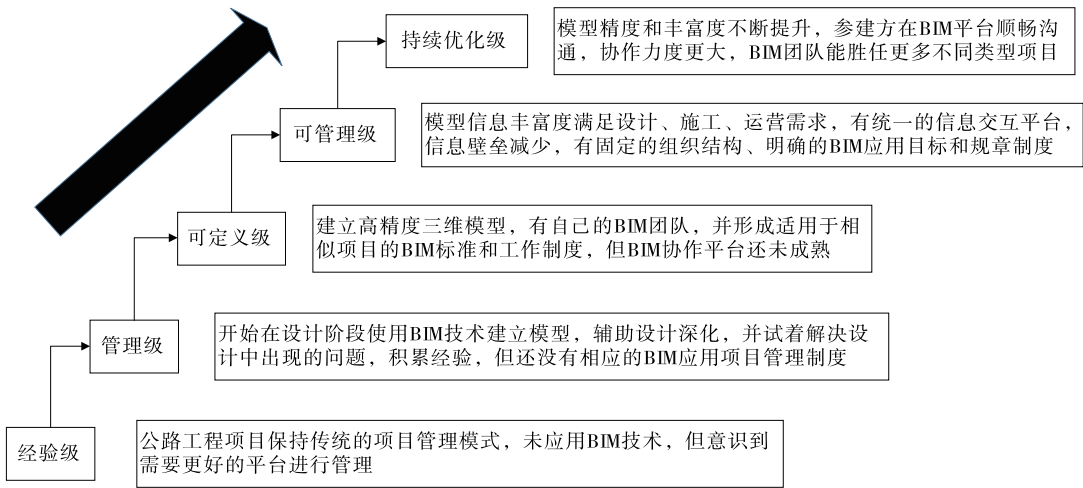


图 3 BIM IMM 模型成熟度等级描述

3 公路工程项目 BIM 应用成熟度评价

采用问卷调查或访谈等方法对同一层级指标的

重要性进行两两对比,利用层次分析法和加权求和法计算评价指标的权重和项目评价分值,确定项目的成熟度等级。

3.1 指标权重的确定

以公路行业的业主企业作为随机问卷调查对象,共回收 21 份有效问卷。采用层次分析法中的方根法,根据要素层和指标层的判断矩阵计算各层级指标的权重 W 并进行一致性检验。经过一致性检验后,对相同指标的权重求几何平均数,得出对于目标层的要素层和指标层的指标权重。BIM IMM 模型各指标权重见表 3。

表 3 BIMIMM 模型指标权重

要素层	指标层	指标权重
信息模型	模型精度 U_{11}	0.145
	生命周期 U_{12}	0.053
	图形信息 U_{13}	0.033
	标准体系 U_{14}	0.145
信息共享	信息模型更新 U_{21}	0.062
	信息安全策略 U_{22}	0.017
	信息共享 U_{23}	0.033
	数据收集 U_{24}	0.103
制度支持	合同 U_{31}	0.024
	工作制度 U_{32}	0.010
	成果交付制度 U_{33}	0.016
	应用方针 U_{34}	0.042
组织支持	应用目标 U_{35}	0.028
	组织结构 U_{41}	0.015
	BIM 部门 U_{42}	0.059
资源支持	软硬件支持 U_{51}	0.049
	软件应用水平 U_{52}	0.140
	创新能力 U_{53}	0.026

3.2 评价综合值计算

(1) 建立成熟度等级评价分值, {持续优化级, 可控级, 可定义级, 可管理级, 经验级} = {1, 2, 3, 4, 5}, 如某个项目的评分为 $1.3 < 2$, 则该项目 BIM 应用成熟度等级为可管理级。

(2) 企业通过评估自身项目全生命周期 BIM 应用情况给出分值, 打分对象为第三维度的组织支持系统和第二维度的信息管理中的各关键指标, 打分依据为成熟度 5 个等级的描述和指标层的关键指标定义, 分值为 0~5 分。

(3) 得到各关键指标分数后, 采用加权求和的方法计算对应要素层各指标分值, 根据该分值与要素层权重采用相同方法计算项目的最终得分。

(4) 根据项目的最终得分确定其 BIM 应用能力成熟度等级。

3.3 制定改进计划

通过分析项目整体及各指标的得分及确定的等级描述制定改进计划。可针对某一具体弱势方面制定达到最优水平的实践计划, 形成某一方面的竞争优势; 也可针对所有薄弱环节进行改善, 提升整体应用水平。

4 案例分析

某高速公路全长 152.251 km, 全线设桥梁 115 座、96 424.506 m, 设隧道 1 座、634 m, 设互通式立体交叉 35 处。项目批复估算 265.17 亿元, 建设周期为 4 年。该项目征迁难度大、技术工艺复杂、施工作业面分布广、参建单位及交叉影响因素多, 应用 BIM 技术建立从规划、设计、施工及运维全生命周期的 BIM 应用系统。

根据 BIM IMM 模型及项目实际情况, 对技术支持系统和组织支持系统维度的指标进行评分。在模型精度上, 几所设计院合作完成主要建模工作, 采用关键工程深度建模与一般工程简易建模相结合的原则进行建模。现已完成总体项目宏观模型, 部分标段公路、桥梁、互通的中等精度模型及重要桥梁的高精度模型, 还建立了三维数字地形和主要征迁对象的 3D BIM 模型用于征迁。该项得分为 4 分。

在生命周期方面, 建立的模型应用于设计管理、征地拆迁、工程量计算、施工质量管理、施工安全管理、施工进度管理、高速公路养护管理及桥梁健康监测评估, 该项得分为 4 分。在图形信息方面, 设置 BIM+GIS 模型展示模块、MicroStation 动画录制功能及图表工具模块等对项目信息进行直观展示, 该项得分为 3 分。在标准体系方面, 完成了《高速公路建筑信息模型(BIM)应用指南》及《高速公路工程信息模型分类和编码标准》, 并通过专家咨询, 该项得分为 4 分。

在信息模型更新方面, 主要用于施工和运营阶段, 设置了材料设备板块, 施工质量、安全、进度板块, 养护板块和桥梁健康板块的专业程序进行模型更新, 该项得分为 3 分。在信息安全策略方面, BIM 系统建立在外部云计算环境下, 基础网络和重要信息系统安全策略并不完善, 该项得分为 2 分。在信息共享平台方面, 建立了在云计算和大数据环境下的协同工作平台, 各标段参建方都覆盖在该平台之下, 并应用于全生命周期, 该项得分为 3 分。在数据收集方面, 利用视频监控、智能手机、传感器、地理信息、全息影像等

系统进行数据采集,该项得分为4分。

在合同方面,业主方与几大设计院共同签订建立BIM系统合同,并明确了共同的目标、职责及奖惩措施,该项得分为3分。在工作制度方面,建立了详细的工作流程和管理配置,该项得分为3分。在成果交付制度方面,由某设计院制定了统一的BIM模型移交标准,该项得分为3分。在应用方针和应用目标方面,在项目还处于策划阶段时便明确了项目BIM系统的应用指南和目标,该项得分为4分。

在组织结构和BIM部门方面,根据项目进展情况,BIM系统应用链条逐步完善,各参建单位成立相应的组织结构,并成立以项目为中心的BIM总部门和各参建单位、各标段的下级BIM部门,该项得分为4分。

在软硬件和软件应用水平方面,完成了《XX高速公路BIM管理系统硬件及人员需求报告》,并制订了建设期总承包部、监理及设计单位的硬件配置和专业应用人员方案,该项得分为4分。

在创新能力方面,充分利用参建单位BIM技术优势和国内外BIM研发团队的优秀成果,实现了DGN格式文件无缝导入BIM系统基础平台,确保信息完整度,该项得分为4分。

该项目BIM应用综合得分为3.79分,其成熟度等级为可定义级,在模型精度、标准体系、数据收集、软件应用方面较成熟,但在信息安全策略、合同、成果交付方面还存在进步空间。

5 结语

从BIM作为技术手段和管理工具的角度,将影响公路工程项目BIM应用效果的因素归纳为技术和管理两大类,汲取BIM CMM和CE-OPM3模型的核心思想,建立公路工程项目BIM应用成熟度模型。通过对公路工程企业的问卷调查和访谈,收集指标相比的重要程度信息,计算指标权重。结果表明,现阶段公路工程BIM应用中,技术因素比项目管理因素更影响BIM应用效果,技术维度中较重要的因素为模型精度、指标体系和数据收集,项目管理维度中较重要的因素为应用方针、应用目标、BIM团队和软件应用能力。研究成果可帮助评估公路工程项目BIM应用能力,识别BIM应用短板,为下一步改进提供思路。

参考文献:

[1] 交办公路[2017]205号,交通运输部办公厅关于推进

公路水运工程BIM技术应用的指导意见[S].

- [2] 张观树,梁才.公路交通BIM应用差异及解决方案[J].公路交通科技:应用技术版,2017(2).
- [3] 张峰,刘向阳,戈普塔.公路工程信息模型分类与编码研究[J].公路,2017(10).
- [4] 王丽园,陈楚江,余飞.基于BIM的公路勘察设计与实践[J].中外公路,2016,36(3).
- [5] 刘向阳,吴健,刘国图,等.基于BIM的公路全寿命周期管理平台构建与应用[J].公路,2016(8).
- [6] 周健.基于GPS/GIS/GSM的公路隧道运营管理系统研究[J].中国公路学报,2004,17(3).
- [7] 沈海华,王银辉.基于BIM的桥梁养护管理应用初探[J].公路与汽运,2016(4).
- [8] 工信部信软[2017]316号,工业控制系统信息安全行动计划(2018—2020年)[S].
- [9] 李冲.BIM技术在公路工程管理中的应用[J].交通世界,2016(17).
- [10] 解晓明.BIM技术在山区公路工程项目全寿命周期管理中的应用[J].公路工程,2018,43(4).
- [11] 印友涛,张敏莉,徐杰,等.BIM技术在建筑技术中成熟度浅析[J].江苏建筑,2016(4).
- [12] 刘文平,郭红领,任剑波,等.BIM在EPC公路工程中的应用模式研究[J].建筑经济,2014,35(9).
- [13] 孙建诚,蒋浩鹏,朱双晗.基于BIM技术的三维公路模型设计探讨[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2019,38(1).
- [14] 罗岚,李永超,翟玉兰.基于BIM的全生命期应用能力成熟度模型研究[J].南昌大学学报:理科版,2017,41(6).
- [15] Succar B. Building information modelling maturity matrix [J]. Construction Engineering and Management, 2010, 136(9).
- [16] 杨启昉,白思俊,马广平.基于OPM3的组织项目管理能力体系建设的研究[J].科学学与科学技术管理, 2009, 30(7).
- [17] 潘吉仁,林知炎,贾广社.建筑企业组织项目管理成熟度模型研究[J].土木工程学报,2009,42(12).
- [18] 郑培信.BIM技术在设计施工一体化中的应用[J].公路与汽运,2016(1).
- [19] 刘伟军,石志飞.基于PM3的公路工程造价管理成熟度模型[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2015,12(3).
- [20] 张慧君.基于成熟度视角下的BIM技术项目级应用能力研究[D].郑州:华北水利水电大学,2017.

收稿日期:2018-11-14