

建筑企业的工程项目数字化管理成熟度评价指标体系构建与应用

毛军杰 郭立 董士波 赵天琪

北京建筑大学城市经济与管理学院, 中国·北京 100044

摘要: 为提升建筑企业工程项目数字化管理水平, 促进建筑行业高质量发展, 本文构建了适用于建筑企业的工程项目数字化管理成熟度评价指标体系, 并开展了相应的评价应用研究。首先, 通过专家调研, 运用层次分析法对评价指标进行预处理并确定其权重; 其次, 划分了建筑企业工程项目数字化管理的成熟度等级, 并明确了各级别的具体标准; 最后, 以某公司为例进行综合评价分析, 从组织、工具、管理及技术等维度客观评估其工程项目数字化管理的实际水平。本研究可为建筑企业数字化管理成熟度的理论探讨提供参考, 有助于优化其数字化管理的组织策划并提升整体管理效能。

关键词: 建筑企业; 工程管理; 数字化; 成熟度模型

Construction Enterprise Project Digital Management Maturity Evaluation Index System Construction and Application

Mao Junjie, Guo Li, Dong Shibo, Zhao Tianqi

School of Urban Economics and Management, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, China Beijing 100044

Abstract: To enhance the digital management level of construction enterprise projects and promote high-quality development in the construction industry, this paper constructs a maturity evaluation index system for digital management of construction projects suitable for construction enterprises and carries out corresponding evaluation application research. Firstly, through expert surveys, the evaluation indicators are pre-processed and their weights determined using the Analytic Hierarchy Process; secondly, the maturity levels of digital management in construction enterprise projects are classified and specific standards for each level are clarified; finally, a comprehensive evaluation analysis is conducted using a company as a case study to objectively assess the actual level of digital management of its projects from dimensions such as organisation, tools, management, and technology. This research can provide references for theoretical discussions on the maturity of digital management in construction enterprises, helping to optimise their digital management organisational planning and improve overall management efficiency.

Keywords: Construction enterprises; Project management; Digitalisation; Maturity model

0 引言

在市场经济发展的驱动下, 中国正加速推进各行业的数字化转型。建筑企业的工程项目管理过程亟需提升数字化水平, 以实现建筑工程项目的高效管理与优质运营。当前, 关于工程项目管理数字化的研究主要集中于项目实施过程中建筑信息模型(BIM)技术的应用, 这促进了工程项目数字化管理的技术发展。然而, 现有研究往往忽视了推动工程项目数字化管理发展的内在因素, 例如项目管理过程中的人力资源、资金配置、总部重视程度等其他关键影响要素。在建筑工程管理的实践操作中, 常面临人与环境的矛盾、多目标群体决策、组织结构与跨组织协调等问

题。因此, 对建筑工程项目管理进行数字化评价与改进, 是提高项目投资效益、确保项目顺利竣工的重要途径, 能够有效推动建筑工程项目建设的数字化转型。本文旨在通过构建建筑工程项目数字化管理成熟度评价体系, 对项目管理中的组织、工具、管理及技术等方面的数字化程度进行客观分析, 并提出相应的改进建议。

1 文献综述

近年来, 众多学者对建设工程项目管理的数字化进行了诸多研究, 宫志群基于数字孪生提出了建设工程项目管理数字化转型的实现路径、技术手段及建议^[1]; 张晨从BIM+GIS、AI两个方面对近年来数字化工程管理的技术与

研究成果进行了总结与归纳^[2]；陈孝强以工程 WBS 为公路工程信息化系统管理标准和核心构建了三维数字化公路工程信息系统^[3]；王泽能提出将 BIM 技术与互联网技术融合起来应用于施工管理，实现工程项目业务管理数字化^[4]；潘吉仁针对建设工程项目提出建筑企业组织项目管理成熟度的概念范围框架并构建多维的组织项目管理成熟度模型 CE-OPM3^[5]。

数字化成熟度是衡量一个组织利用数字技术实现工作目标、优化业务流程、提高办事效率等方面发展程度的指标。成熟度模型是用于评价和优化事物不断发展并提升完善的方法。1987 年美国卡内基梅隆大学开发 CMM 用于软件企业成熟度等级认证。Rodrigo 提出了一个基于模糊逻辑的工业 4.0 成熟度模型，用于评估制造业运营管理的数字化水平^[6]；蒋鑫梳理了工业 4.0 时代下数字化成熟度模型的开发并阐释模型内部关键要素^[7]。

2 实证分析

2.1 数字化管理评价指标体系构建

2.1.1 评价指标体系构建

建筑企业的工程项目的数字化管理评价指标体系应具备有效性、合理性、科学性等原则^[8]，本文通过文献阅读和项目工程调研，深度分析了影响工程管理数字的主要因素，从建筑工程数字化管理的四个维度进行研究，分别是组织策划、资源投入、数据应用和管理应用^[9]，构成了初步评价体系，如表 1 所示。

表1 建筑企业的工程项目数字化管理成熟度评价指标表

管理目标	管理类	管理实践
建筑工程项目的数字化管理水平	组织策划	总部支持指导
		数字化管理制度
		数字化业务流程
		项目数字化总体策划
	资源投入	数字化人才配置
		数字化资金投入
		基础设施建设
	数据应用	数据采集与上传
		多源数据整合
		数据更新与共享
		数据的分析与挖掘
	过程管理	数据追溯与查询
		三维仿真与建模
数据可视化展示		
		决策数据处理工具

2.1.2 评价指标体系权重确认方法

层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 可以将复杂的多目标、多准则决策问题分解为有序的层次结构，

该方法通过构建判断矩阵，计算各层次元素的相对权重，从而确定每个因素在决策中的重要程度。层次分析法能够全面考虑决策问题涉及各个因素及其相互关系，同时可以根据具体的问题进行灵活构建，所以文本选用层次分析法确认初始权重。组织 6 位工程行业类的数字化专家，根据 1-9 标度法对该体系进行评价讨论，并进行一致性检验。如表 2 为上述评价指标体系的权重与一致性检验结果，结果揭示了组织策划、资源投入、数据应用以及过程管理在评估体系中的相对重要性和权重分配。通过构建判断矩阵并进行特征向量计算，得出以下关键数据点，这些数据点反映了各维度评估框架中的贡献度。

表2 建筑企业的工程项目数字化管理成熟度评价指标表

管理类	权重	管理实践	权重	综合权重
组织策划	0.061	总部支持指导	0.286	0.017
		数字化管理制度	0.098	0.006
		数字化业务流程	0.182	0.011
		项目数字化总体策划	0.434	0.026
资源投入	0.133	数字化人才配置	0.540	0.071
		数字化资金投入	0.297	0.039
		基础设施建设	0.163	0.021
数据应用	0.311	数据采集与上传	0.368	0.114
		多源数据整合	0.061	0.019
		数据更新与共享	0.101	0.031
		数据的分析与挖掘	0.368	0.114
		数据追溯与查询	0.102	0.031
过程管理	0.495	三维仿真与建模	0.691	0.341
		数据可视化展示	0.091	0.045
		决策数据处理工具	0.218	0.107

2.1.3 成熟度等级划分

建筑工程数字化管理成熟度表征项目管理过程中数字化应用的具体程度与水平。参考《智能制造能力成熟度模型》(GB/T 39116-2020) 中将智能制造成熟度划分为五个等级的标准，建筑工程管理的数字化发展遵循客观规律^[10]，其实现同样依赖于组织、技术、数据资源等多维能力的协同支撑。本文借鉴该成熟度等级划分思路，将建筑工程项目数字化管理水平划分为以下五个等级：入门级 (0-1]、规范级 (1-2]、标准级 (2-3]、成熟级 (3-4]、领先级 (4-5]。各等级对应的数字化水平特征如表 3 所示，涵盖职责划分、业务流程、策划实施、专业人员比例、资金投入、硬件设备配置、数据共享机制及决策依据等多个

表3 建筑企业的工程项目数字化管理评价成熟度等级划分表

成熟度等级	数字化水准
入门级	职责划分模糊；业务流程缺乏系统性；策划以传统经验为主；专业人员比例较低；金投入极少；少量硬件设备；以手工记录和简单电子表格为主；数据分享困难；决策依据经验。
规范级	有专门数字化岗位；较为系统的数字化管理体系；策划合理；员工具备基本的数字化技能；设有一定专项资金；配备基本设备；有一定数据更新共享机制；主要流程数字化；简单数据分析。
标准级	数字化管理角色明确；目标规划具体；制度流程均实现数字化；拥有专业数字化人才、数字化专项资金配置合理；广泛应用设备；数据管理规范成熟；流程自动化程度高；能够依靠数据深度分析。
成熟级	数字化在各部门深度应用；策划具有前瞻性；总部大力支持；拥有跨领域的专业人才；大量资金投入数字化应用；全面集成先进的数值化技术；理充分挖掘数据价值；流程数字化水平很高；进行复杂的项目管理分析。
领先级	管理制度与流程上能引领行业变革；策划运用前沿的管理理念；总部将其设为行业数字化引领性的目标；汇聚顶尖专业人才；投入巨额资金用于数据化管理；数字化基础设施建设水平处于领先水平；能够通过数据驱动创新管理模式；管理流程数字化具有创新性；项目决策基于先进的数字化模型。

表4 案例公司管理工程项目明细表

序号	项目名称	合同年度	项目状态	项目类型
1	XX片区迁建	2021	停工	房建
2	XX清污分流二标	2022	已开工	市政
3	XX物流基础一期	2022	已开工	市政
4	XX一中	2022	已开工	房建
5	XX工程	2022	已开工	房建
6	XX三级公路	2022	未开工	公路
7	XX机场三期	2022	未开工	房建
8	XX运营路网	2023	已开工	市政
9	XX基础设施一期	2023	已开工	市政
10	XX高速一标	2023	已开工	公路
11	XX大学改造	2023	已开工	房建
12	XX房建	2024	已开工	房建
13	XX新能源厂房	2024	已开工	房建

表5 案例公司管理工程项目明细表

	入门级	规范级	标准级	成熟级	领先级	评分	评价等级
总得分	0.152	0.137	0.300	0.348	0.064	3.035	成熟级
组织策划	0.317	0.162	0.313	0.152	0.057	2.469	标准级
资源投入	0.197	0.221	0.187	0.395	0.000	2.778	标准级
数据应用	0.173	0.202	0.220	0.321	0.084	2.940	标准级
过程管理	0.105	0.071	0.378	0.376	0.069	3.233	成熟级

维度，并进行系统性阐述，见表3。

2.2 数字化管理评价指标体系评价

2.2.1 公司案例

以某建筑分公司为例，如表4为该公司管理项目13个，在管理过程建立了数据管理平台，将项目工程各环节产生的数据进行了综合管理。同时运用智能化监控与预警技术，通过各项目现场安装的传感器和监控设备，能够实施采集现场各方面数据。该公司人员积极利用数字化技术对人力、材料、机械、资金进行动态管理和优化配置，并基于数据管理平台共享的数据进行科学的决策，该公司在项目管理过程中实现了一定程度的数字化，具有研究价值。

2.2.2 数字化管理成熟度模糊综合评价

模糊评价法是一种基于模糊数学的评价方法，能够将定性评价转化为定量评价，主要用于处理具有模糊性、不确定的定性问题评价，建筑工程数字化管理成熟度的评价标准正是没有明确的界限，利用该方法可以有效的进行量化处理^[10]。

根据数字化管理评价成熟度等级入门级、规范级、标准级、成熟级、领先级分别赋值1、2、3、4、5，形成等级参数向量 $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ，将模糊综合评价矩阵 B 与等级参数向量 V 相乘，等级参数评价计算公式为 $C = B \times V$ ，能够准确地量化该公司建筑工程项目数字化管理成熟度评价等级。

2.2.3 问卷调查与结果

以评价指标体系与评语集为基础, 为确保问卷可以准确衡量每个管理子域在项目数字化管理的应用水平, 制定了该建筑公司的工程项目数字化管理成熟度调研问卷, 面向该公司相关部门负责人发放调研问卷, 回收结果 10 份。基于管理类和管理实践, 根据回收问卷结果该项目数字化管理成熟度进行模糊评价计算。得出了该项目的数字化管理评价结果, 如表 5。

3 对策建议

该公司在工程项目数字化管理成熟度评估中总体达到成熟级, 然而组织策划、资源投入及数据应用三个维度的得分均处于标准级, 构成当前需重点提升的领域。在组织策划方面, 需优化建筑项目管理流程并增强跨部门协作效能; 资源投入方面, 应实现人力资源的精准配置, 并加大资金与技术投入以支持数字化管理; 数据应用方面, 则须深化数据价值挖掘, 强化数据可视化与决策支持功能。

组织策划维度得分为标准级, 表明其流程精细化程度不足, 亟待加强项目管理的组织策划水平。具体改进措施包括: 第一, 优化建筑项目管理流程, 推动流程标准化。应系统梳理现有组织策划流程, 明确各环节的输入输出、责任主体与时间节点, 编制标准操作手册。在项目启动阶段, 需将数字化管理目标分解为可量化、可考核的子目标, 并确保这些目标与企业战略目标对齐。第二, 提升跨部门协作水平。组织策划涉及多部门协同, 标准级得分反映协作效率有待提高。建议建立跨部门数字化沟通平台, 利用企业内部即时通讯工具设立专项项目群组, 实时共享项目文档与进度信息, 从而减少因信息滞后导致的策划延误。

资源投入维度得分为标准级, 其不足主要体现在两方面: 一是人力资源分配不够精准。项目管理过程中应依据不同阶段的需求动态调整专业人才招聘, 鉴于工程管理数字化需兼具工程技术及数字化技能的复合型人才, 建议根据项目需求优化人员结构, 通过招聘或内部培养方式引入工程管理数据分析师, 以满足日益增长的数据应用需求。二是数字化管理所需的资金与技术投入不足。为提升数字化管理水平, 需持续投入资金用于软件升级、硬件更新以及新技术研发与应用, 例如加大对 BIM 技术软件高级功能的采购力度, 并投资引入物联网设备管理系统。

数据应用维度得分亦为标准级, 表明数据应用深度有待加强。除基础数据收集与简单分析外, 应推进数据挖掘工作, 运用算法模型预测项目风险因素, 通过分析历史项目数据中的成本超支成因, 预先制定应对策略。同时, 需

增强数据可视化与决策支持能力, 构建更为完善的数据可视化平台, 将复杂数据以直观图表形式呈现给管理层及项目团队成员, 通过生成项目进度甘特图、成本分布柱状图等, 以支持快速决策, 从而提升数据对管理策划的支撑效力。

4 结语

本文采用文献研究法、专家访谈法与德尔菲法, 构建了建筑企业工程项目数字化管理成熟度评价体系。该体系从组织结构、管理工具、管理流程及技术应用等多个维度, 综合评估建筑工程项目管理的数字化水平。在此基础上, 应用层次分析法 (AHP) 确定了各评价指标的权重, 并结合模糊综合评价法, 形成了建筑企业工程项目数字化管理成熟度评价方法。最后, 通过案例研究, 将该评价模型应用于某建筑分公司, 验证了模型的实用性与科学性, 并为该公司提出了管理优化建议。

本研究不仅为建筑企业工程项目管理的数字化评价与持续改进提供了科学依据, 而且对推动项目建设的数字化转型具有指导意义, 有助于提升建筑企业工程项目数字化管理水平, 从而提高项目顺利完成的可能性。然而, 本研究也存在一定局限性: 其一, 所构建的评价指标缺乏更为具体的评分标准; 其二, 管理类指标及管理实践相关指标相对不足。未来研究可进一步深化与细化评价指标体系, 深入探究影响数字化管理成熟度的关键因素。此外, 可针对不同类型的建筑企业开展更为细致的案例研究, 以制定更具针对性的优化策略与数字化管理能力提升方案。

参考文献:

- [1] 宫志群, 王永志, 廖少明. 基于数字孪生的建设工程项目管理数字化[J]. 土木工程学报, 2024,57(07):106-128.
- [2] 张晨, 王建东, 罗宵等. 工程管理数字化关键技术研究进展[J]. 计算用, 2023,43(S1):187-195.
- [3] 陈孝强, 林广泰, 杜海龙等. 三维数字化公路工程信息管理系统研究与应用[J]. 公路, 2023,68(04):263-267.
- [4] 王泽能, 刘家庆, 韦港荣等. 基于 BIM 与互联网技术相融合的施工管理模式运用研究[J]. 公路, 2022,67(09):336-341.
- [5] 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):183-188.
- [6] Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado, Luiz Felipe Scavarda, Luiz Octávio Gavião, Paulo Ivson, Daniel Luiz de Mattos Nascimento, Jose Arturo Garza-Reyes, A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and

supply chain management,International Journal of Production Economics,Volume 231,2021,107883,ISSN 0925-5273.

[7] 蒋鑫,周轩.数字化成熟度模型:研究评述与展望[J].外国经济与管理,2024,46(01):77-91.

[8] 吕卫清.数字化赋能推动建筑行业迈向智能化建造[J].施工企业管理,2022(07):48-49.

[9] 张奇博.探索建筑行业数字化转型的方向及意义[J].上海企业,2022(07):78-81.

[10] 孙春华,卜庆晗,林述涛.公路工程造价管理数字化成熟度评价方法与应用[J].公路交通科技,2023,40(S2):95-101.

[11] 陈会英,侯开豪,周衍平.创新质量与数字化转型:专利密集型制造业视角[J].现代管理科学,2025,(05):168-180.

作者简介:毛军杰(1998.08-),男,重庆万州人,工程管理硕士,研究方向:建筑信息化。