

中小建筑企业BIM技术应用影响因素研究

王浩宇, 孟 戈*

武汉工程大学土木工程与建筑学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年3月15日; 录用日期: 2026年4月5日; 发布日期: 2026年4月17日

摘 要

本文采用ISM-MICMAC方法, 以中小型建筑企业为研究对象, 对其在BIM技术应用过程中的影响因素及其层级关系进行系统分析。识别出16个涵盖技术、组织、人员和外部环境四个维度的核心要素, 通过文献综述和专家访谈的方式进行鉴别。调研发现: 直接影响企业决策和技术采纳的核心驱动因素是管理层的重视程度、软件成本和兼容性、政策支持和行业标准; 作为表面因素的技术人员能力不足, 需要通过中间因素的优化来间接改善。研究结果为中小施工企业提供分层治理路径, 推动BIM技术应用, 建议为提升BIM技术应用整体效能, 加强政策引导, 完善技术服务体系, 构建企业间协同机制。

关键词

中小建筑企业, BIM技术, ISM-MICMAC方法, 影响因素

Research on Factors Affecting the Application of BIM Technology in Small and Medium-Sized Construction Enterprises

Haoyu Wang, Ge Meng*

School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

Received: March 15, 2026; accepted: April 5, 2026; published: April 17, 2026

Abstract

This paper adopts the ISM-MICMAC method to take small and medium-sized construction enterprises as the research object, and systematically analyzes their influencing factors and their hierarchical relationships in the application of BIM technology. Identify 16 core elements covering the four dimensions of technology, organization, personnel and external environment, and identify them through literature review and expert interviews. The survey found that the core driving factors that

*通讯作者。

directly affect enterprise decision-making and technology adoption are the degree of attention of management, software cost and compatibility, policy support and industry standards; the lack of technical personnel as a superficial factor needs to be indirectly improved through the optimization of intermediate factors. The research results provide a hierarchical governance path for small and medium-sized construction enterprises and promote the application of BIM technology. It is recommended to strengthen policy guidance, improve the technical service system, and build an inter-enterprise coordination mechanism in order to improve the overall efficiency of BIM technology application.

Keywords

Small and Medium-Sized Construction Enterprises, BIM Technology, ISM-MICMAC Method, Influencing Factors

Copyright © 2026 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

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术是建筑行业信息化转型的关键支撑技术。已被广泛运用于项目整个生命周期的设计、施工与运营维护管理。基于三维数字化模型, BIM 技术推动了项目信息的无缝集成与高效协同, 显著改善了工程管理效率, 并增强了项目决策的精准度[1]。尽管 BIM 技术在大型建筑企业中已取得显著成效, 中小建筑企业在技术应用方面仍面临诸多现实困境。中小建筑企业在我国建筑业中占据主体地位, 其数量占比超过九成, 在扩大就业渠道和推动地方经济发展方面具有关键支撑作用。然而, 由于资金实力较弱、技术积累不足以及专业人才匮乏, 这些企业在转型升级中面临多重挑战。

现有 BIM 研究主要依托大型企业的实践场域, 对中小建筑企业的适用性与解释力有待深化。考虑到中小企业在资金配置、组织结构及风险应对等方面的独特约束, 其 BIM 技术应用的影响因素结构与驱动机制, 亟需开展针对性探讨[2]。中小企业信息化建设正逐渐成为学界关注的研究议题之一。例如王敏等人使用了 SWOT 分析法来深入了解小型建筑工程公司在实施 BIM 技术时公司的内在优点与缺点以及外部的有利条件和不利情况, 并据此提出了关于如何推动小型建筑业公司采用 BIM 发展的策略建议[3]。李春晓等通过 AHP 法对施工企业 BIM 推广因素进行权重分析, 研究发现其核心驱动力在于政策引导与业主需求, 而人才储备不足及软件适配门槛较高则是主要制约因素[4]。李希妍等人通过运用 ISM 模型的层次化特性, 进行了逻辑关系的深度剖析, 并发现制约着业主实施 BIM 技术的五个主要因素之间呈现出一种逐级的推进模式[5]。在现有研究多为单一维度的因素列举, 缺乏对因素间层级关系与作用机制的系统性分析。为探究中小建筑企业 BIM 技术应用的深层机制, 本研究运用 ISM-MICMAC 方法, 对影响因子进行了层次化剖析, 揭示了其在系统中的关联特征与传递规律, 从而针对相应影响因素, 为中小企业 BIM 技术应用的影响因素研究提供系统的分析框架, 推动 BIM 技术在中小企业的普及应用。

2. 中小建筑企业 BIM 技术应用影响因素识别

2.1. 影响因素识别

当前关于 BIM 技术应用影响因素的探讨已积累了大量成果, 但针对中小建筑企业这一特定对象, 系统剖析其在 BIM 应用过程中所面临的独特障碍的研究仍较为缺乏。现有文献大多聚焦于 BIM 技术自身的优化完善, 或是对大型项目应用经验的归纳总结, 而在资源受限情境下, 对于中小企业在 BIM 技术引

入与应用过程中的核心制约因素, 现有研究的挖掘深度仍有不足。本研究在梳理国内外相关研究的基础上, 系统提炼出影响中小建筑企业 BIM 技术应用的关键因素及其作用机制, 以期为中小企业优化 BIM 技术推广策略提供理论支撑与实践指引。

2.2. 影响因素筛选

在初步识别因素的基础上, 本研究进一步实施了问卷调查。调查累计发放问卷 200 份, 实际回收有效问卷 176 份, 问卷有效回收率达到 88%。通过克朗巴哈信度系数法对问卷数据进行信度检验, 结果显示相关变量的 α 系数为 0.882, 表明问卷具有较高的内部一致性。在此基础之上, 结合对 5 位专家的访谈反馈, 对初步筛选出的影响因素进行了系统优化, 合并了部分重叠指标, 最终形成了包含技术、组织、人员与外部环境四个维度的 16 项关键影响因素。如下表 1 所示:

Table 1. Factors affecting the application of BIM technology in small and medium-sized construction enterprises

表 1. 中小建筑企业 BIM 技术应用影响因素

维度	影响因素
技术层次 A1	B1 软件成本高
	B2 软件兼容性差
	B3 技术更新快
	B4 缺乏标准化流程
组织层次 A2	B5 管理层重视度不足
	B6 组织结构不适应
	B7 资金投入不足
	B8 缺乏激励机制
人员层次 A3	B9 技术人员能力不足
	B10 缺乏 BIM 培训
	B11 员工抵触情绪
	B12 项目经验不足
外部环境层次 A4	B13 政策支持力度不足
	B14 行业标准不完善
	B15 市场需求不稳定
	B16 咨询服务体系不健全

技术维度主要体现为 BIM 技术自身的成熟度及其与企业实际需求的匹配程度, 突出了技术工具的经济性与适用性对企业采纳行为的根本制约。组织维度聚焦于企业内部的管理架构与资源调配能力, 涵盖高层领导的支持力度、组织结构的适配水平、资金配置的持续性以及激励制度的完善性, 强调企业作为实施主体在推广过程中所需的制度基础与资源保障。人员维度则关注员工个体的专业能力与行为特征, 强调“人”在技术落地过程中的主观能动性及其对实施成效所产生的直接影响。外部环境维度涉及政府政策导向、行业规范体系、市场发展状况及相关服务支持系统等宏观因素, 强调外部力量对企业技术应用行为的导向与驱动作用。

3. 基于 ISM 的影响因素层次关系分析

3.1. 构建邻接矩阵

基于 2.2 节所识别的 16 项中小建筑企业 BIM 技术应用影响因素, 采用解释结构模型(ISM)方法对各

因素间的层级关系进行分析。设因素集合为 $\{S_i|i=1, 2, \dots, 16\}$, 定义邻接矩阵 $A=(a_{ij})_{16 \times 16}$, 其中矩阵元素 a_{ij} 表示因素 S_i 对因素 S_j 的影响关系。因素间影响关系的判定规则为: 若 S_i 对 S_j 存在直接影响, 则 a_{ij} 赋值为1; 若不存在直接影响, 则 a_{ij} 赋值为0。具体见式(1)。

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{影响因素}i \text{不影响因素}j \\ 1 & \text{影响因素}i \text{影响因素}j \end{cases} \quad (1)$$

本研究通过访谈5位相关领域专家, 系统采集了各影响因素间相互关系的意见。在整合专家研讨共识的基础上, 逐对判断因素之间的直接作用关系, 最终构建出 16×16 维的邻接矩阵, 见式(2)。

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

3.2. 可达矩阵分析及影响因素层级关系划分

3.2.1. 可达矩阵

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

通过对邻接矩阵 A 进行幂运算(即计算 $A + A^2 + \dots + A^n$), 可推导出可达矩阵 R , 从而呈现因素之间的直接与间接传导路径。见式(3)。

3.2.2. 影响因素层级关系划分

基于可达矩阵 R , 分别求解各因素的可达集、前因集及其交集。定义因素 i 的可达集 R_i 为矩阵第 i 行中所有取值为 1 的列所对应的因素集合, 即从该因素出发能够抵达的全部因素; 因素 i 的前因集 S_i 为矩阵第 i 列中所有取值为 1 的行所对应的因素集合, 即能够抵达该因素的全部因素。进而计算每个因素可达集与前因集的交集 $R_i \cap S_i$ 。依据上述计算结果, 对系统进行层级划分, 所得结果如表 2 所示。

Table 2. Regional division

表 2. 区域划分

因素	可达集	前因集	交集
1	1, 2, 4, 7, 8, 12	1, 13	1
2	2, 4, 12	1, 2, 13	2
3	3, 12	3	3
4	4, 12	1, 2, 4, 13	4
5	5, 7, 8, 12, 14	5, 13, 15	5
6	6, 8, 12	6	6
7	7, 8, 12	1, 5, 7, 13, 14, 15	7
8	8, 12	1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16	12
13	1, 2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14	13	13
14	7, 8, 12, 14	5, 13, 14, 15	14
15	5, 7, 8, 12, 14, 15	15	15
16	12, 16	16	16

根据层级划分规则, 若某一因素 a_i 满足 $R(a_i) = R(a_i) \cap S(a_i)$, 则判定其为当前最高层因素。将该因素所在的行与列从可达矩阵中删除, 并对缩减后的矩阵重新计算可达集、前因集及交集, 重复上述步骤逐层提取, 直至所有因素均被划分完毕, 从而得到因素的最终层级结构。在所得结论基础上, 借助邻接矩阵绘制多级递阶结构图, 用箭头清晰标示各因素间的直接关联。如图 1 所示。

由图 1 可知, 位于递阶结构最底层的因子为 B5、B13 和 B15, 说明这三者对整个因素体系具有全局性影响。这一结果揭示, 管理层的重视程度、政策支持力度以及市场需求构成了中小建筑企业 BIM 技术应用的根本驱动力量, 因而需要给予重点关注和深入分析。因素 B12 位于递阶结构的顶端, 对 BIM 技术的应用效果构成直接制约。此外, 结合表 2 的数据分析发现, B9、B10 和 B11 的可达集与前因集均仅包含自身, 结合各因素的实际内涵——即技术人员能力不足、缺乏 BIM 培训以及员工抵触情绪, 可以判定这三个因素在系统中具有独立性, 未与其他因素形成相互影响关系。中间层级共分布有 9 个因素, 具体包括 B1、B2、B3、B4、B6、B7、B8、B14 和 B16。这些因素既受到深层因素的影响, 又

无法直接作用于 BIM 技术的应用效果,但在系统中发挥着重要的传导作用。深层因素的改善往往需要通过中间层因素的优化,才能逐层传递至表层,最终促进 BIM 技术应用效果的提升。因此,中间层因素同样值得重视。

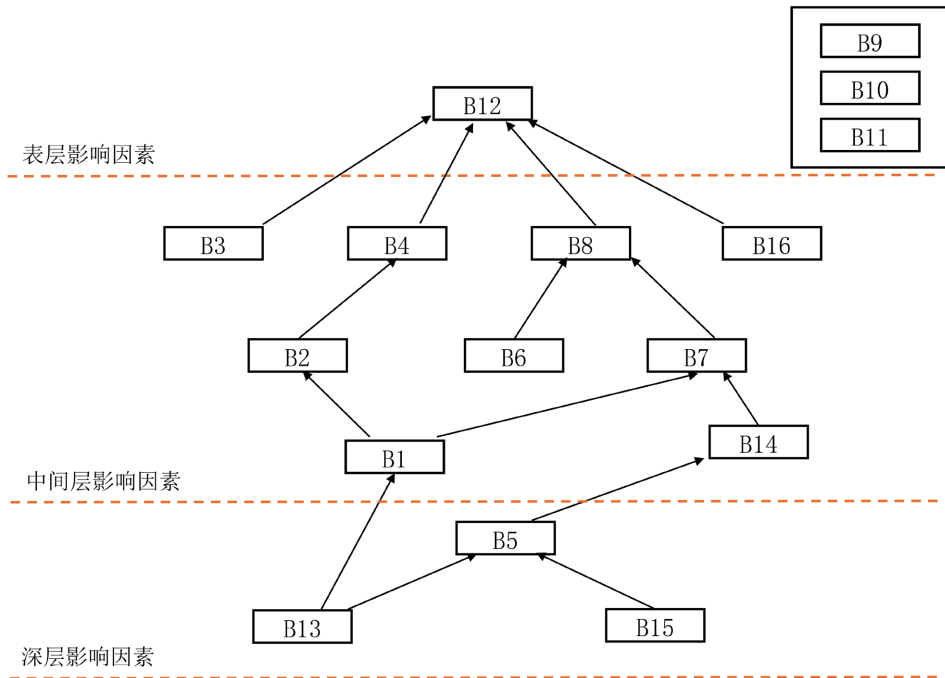


Figure 1. Multi-level progressive structure diagram of factors affecting the application of BIM technology in small and medium-sized construction enterprises

图 1. 中小建筑企业 BIM 技术应用影响因素多级递阶结构图

4. 基于 MICMAC 方法的影响因素依赖度和驱动力分析

依据式(3)所生成的可达矩阵 R , 进一步计算出各因素的驱动力与依赖性数值, 详细结果见表 3。

Table 3. Driving force and dependency values

表 3. 驱动力、依赖性数值

因素	驱动力	依赖度	因素	驱动力	依赖度
B1	6	2	B9	1	1
B2	3	3	B10	1	1
B3	2	1	B11	1	1
B4	2	4	B12	1	13
B5	5	3	B13	9	1
B6	3	1	B14	4	4
B7	3	6	B15	6	1
B8	2	8	B16	2	1

依据表 3 所列各因素的驱动力与依赖性数值, 可绘制出影响因素分类图, 具体分布情况如图 2 所示。

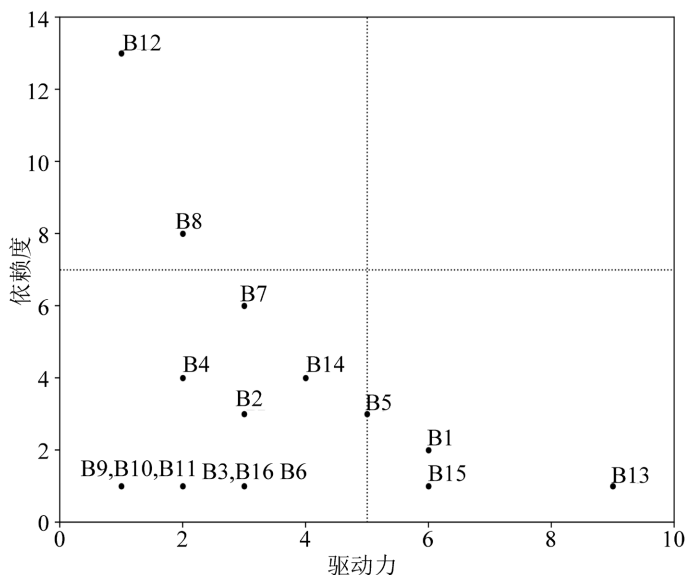


Figure 2. Driving force-dependency chart
图 2. 驱动力 - 依赖度图

依据图 2 的分类结果, 位于第一象限的因素包括 B2、B3、B4、B6、B7、B9、B10、B11、B14、B16, 这些自治型因素表现出较低的驱动力与依赖性, 对应 ISM 模型中的中间层级, 主要发挥传递作用, 即将底层因素的效应传导至表层。而 B1、B5、B13、B15 四者呈现出高驱动力、低依赖性的典型特征, 意味着它们能够有效推动上层因素演进, 同时自身受其他因素的制约程度较小。这类因素构成了系统的根本性驱动要素, 若能有效加以改善, 将有助于带动其他因素的良性发展。由此提示, 在推进中小建筑企业 BIM 技术应用过程中, 应优先关注政策支持、管理层重视、软件采购成本控制以及市场需求培育等方面的协同优化。

B8 与 B12 两个因素表现出较高的依赖性, 意味着其在系统中受其他因素制约明显, 应重点关注其背后的深层影响因素, 而对这两个因素本身可适当减少直接干预力度。

5. 结论

本文采用 ISM-MICMAC 方法, 对中小建筑企业 BIM 技术应用的影响因素进行了系统解构, 明确了因素间的层次关系与传导路径。结论如下:

(1) 综合文献研究与专家意见, 最终确立了涉及技术、组织、人员及外部环境四个维度的 16 项主要影响因素。

(2) ISM 与 MICMAC 模型的联合分析表明, 政策支持力度不足(B13)、管理层重视程度欠缺(B5)、软件采购成本偏高(B1)以及市场需求波动(B15)是驱动系统运行的核心要素, 属于深层次的根本性因素。对上述因素的有效干预, 将带动其他因素的协同改善。其中, B13 展现出最高的驱动力与最低的依赖性, 是整个系统中最为关键的根源驱动变量, 其优化将对整体因素体系产生显著的乘数效应。相比之下, 项目经验不足(B12)作为表层直接因素, 其改善依赖于深层与中间层因素的协同推进。中间层因素在系统中发挥传导与中介作用, 其有效改善必须以深层因素的优化为基础, 并最终促进表层因素的改善, 从而形成从根源到表象的完整传导链条。

(3) 为将研究所得的分层治理路径转化为可操作的实施框架, 本文提出面向中小建筑企业 BIM 技术应用的“三阶段推进策略”, 形成从根源驱动到效果反馈的闭环治理机制。

第一阶段：聚焦根本驱动因素，夯实政策与市场基础。

针对驱动力最强、依赖性最低的根源因素(B13 政策支持力度不足、B5 管理层重视程度欠缺、B1 软件采购成本偏高、B15 市场需求波动)，集中资源优先突破。建议政府设立中小企业 BIM 应用专项补贴与税收减免机制，降低软件采购与部署成本；建立健全行业 BIM 应用标准体系，推动政府与企业间数据共享平台建设，强化“红黑榜”制度的激励约束作用。同时，通过标杆示范与典型案例推广，增强企业管理层对 BIM 战略价值的认知，引导企业设立信息化专项部门与专项资金，形成稳定的内部推动力。在市场需求方面，政府投资项目率先明确 BIM 应用要求，引导市场形成稳定预期，为中小企业营造良好的外部应用环境。

第二阶段：激活中间传导因素，构建技术支撑与服务网络。

在根本驱动因素持续优化的基础上，系统推动中间层因素(B1 软件成本高、B2 兼容性差、B3 技术更新快、B4 缺乏标准化流程、B6 组织结构不适应、B7 资金投入不足、B8 缺乏激励机制、B14 行业标准不完善、B16 咨询服务体系不健全)的改善。重点推广低成本、高兼容性的 SaaS 模式 BIM 软件，组织区域性软件团购与技术服务联盟，降低中小企业技术使用门槛；鼓励建立区域性 BIM 技术支持中心，提供标准化流程咨询、技术适配与培训服务，弥补企业内部技术储备不足。同时，引导企业优化组织架构，建立适配 BIM 应用的岗位职责与激励制度，增强组织内部的技术承接能力。

第三阶段：优化表层直接因素，实现闭环反馈与持续改进。

当底层与中层因素逐步改善后，表层因素(B12 项目经验不足)将自然获得改善条件。此时应重点开展项目成功率评估、技术人员技能提升与员工参与度跟踪，建立以项目为单位的 BIM 应用反馈机制。通过阶段性评估与经验总结，形成“政策 - 组织 - 项目 - 能力”闭环反馈，推动 BIM 技术应用在中小企业中从试点走向常态化，实现从被动响应到主动优化的转型。

通过上述三阶段的递进实施，可有效构建起适合中小建筑企业特点的 BIM 技术应用路径，推动技术应用从局部试点走向系统推广，最终实现建筑行业整体信息化水平的提升。

参考文献

- [1] 魏少雷. BIM 技术在建筑企业的应用现状[J]. 中国建设信息化, 2021(12): 48-51.
- [2] 王建平, 周岩, 魏宏亮, 等. 基于 SWOT 的中小型建筑企业 BIM 技术应用策略研究[J]. 项目管理技术, 2022, 20(11): 68-72.
- [3] 王敏, 孙成双. 中小建筑施工企业 BIM 应用战略研究[J]. 山西建筑, 2020, 46(22): 191-192.
- [4] 李春晓, 鲍莉荣, 李玲芝, 等. 施工企业 BIM 技术应用影响因素研究[J]. 建筑经济, 2023, 44(S2): 309-314.
- [5] 李希妍, 戚振强. 基于 ISM 的阻碍业主方 BIM 技术推广因素分析[J]. 建筑经济, 2021, 42(S2): 95-99.