

# 基于模糊综合评价的绿色建筑设计 BIM 应用能力

刘双鑫

(郑州大学管理学院, 郑州 450001)

**摘要:** 随着全球对节能减排和环境保护意识的增强,绿色建筑成为未来建筑业的发展趋势。BIM(建筑信息模型)技术作为一种集成化的设计管理工具,为绿色建筑设计提供了强大的技术支持。基于此,深入探讨 BIM 技术在绿色建筑设计领域的应用能力及其对提升绿色建筑设计可持续性的影响。建立 BIM 应用能力评价指标体系,采用熵权法赋权,运用模糊综合评价法对某绿色建筑设计团队的 BIM 应用能力进行评估,并提出针对性建议。

**关键词:** BIM(建筑信息模型)应用能力;绿色建筑设计;熵权法;模糊综合评价

**中图分类号:** TU17; TU201.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)01-0076-05

随着中国经济的快速发展和城市化步伐的加快,建筑行业已成为能源消耗和碳排放的主要领域之一。据中国建筑业协会发布的数据显示,目前中国建筑行业碳排放总量占全国碳排放比重高达 51.3%,位居各行业之首。因此,推动建筑行业的绿色发展对于实现可持续发展具有极其重要的意义。在这一背景下,绿色建筑设计正逐渐受到广泛关注。绿色建筑设计的核心在于环保和可持续发展,它强调充分利用可再生资源,有助于解决资源短缺问题,有效降低了建筑废弃物的产生,减少对环境的影响,从而提升建筑的社会经济效益。另一方面,传统建筑行业正在经历着前所未有的变革,面临资源消耗大、环境污染重、效率低下等多重挑战。在此背景下,建筑信息模型(building information modeling, BIM)技术应运而生,成为推动建筑行业现代化转型的关键驱动力。BIM 技术不仅是一种三维设计工具,更是一种全新的项目管理与协作方式,它通过整合多专业的信息,创建了一个包含设计、施工、运维全生命周期的数字信息模型,极大地提升了建筑项目的效率、质量和可持续性。

目前,绿色建筑领域的 BIM 应用研究主要集中在施工流程优化、碳排放测算、节能分析、绿色评价、成本管理等。王澄瑜等<sup>[1]</sup>从施工规划、设计管线、精准监测参数、资源节约 4 个方面,分析 BIM 技术在绿色建筑施工中运用,并从施工决策、开发、实施及运用管理的全流程对绿色建筑施工流程进行优化,有效地提高了建筑施工的安全和质量。朱翰

泽等<sup>[2]</sup>建立 BIM 模型,对绿色建筑全生命周期进行碳排放计算,并对其计算结果进行评估,以此确定绿色建筑等级,研究发现绿色建筑全生命周期各个阶段的碳排放量相互关联,通过降低其他阶段的碳排放量,可以有效间接降低运行阶段的碳排放量,以达到建筑物的减排的目的。包胜等<sup>[3]</sup>基于 BIM 技术,对建筑物进行光环境与热环境分析,考察其在绿色建筑评价标准下的表现,并发现一定的保温措施可以显著提高建筑的节能水平,在绿色建筑设计时应针对不同材料和结构进行分析,选取更加环保、合理的建造方式。于子洋<sup>[4]</sup>基于 BIM 技术,构建绿色建筑装饰设计评价体系,发现能耗指标、二氧化碳排放量、绿色建材使用率以及废弃物减排对绿色建筑装饰设计评价结果具有重要影响。刘云璐<sup>[5]</sup>认为在绿色建筑成本管理中应用 BIM 技术,不仅能够有效避免传统成本管理带来的弊端,还能够有效发挥其可视化、参数化、模型化的优势,在工程决策、设计、投标、施工、竣工等环节提高成本管理效率,为企业降本增效。

通过已有文献可以发现,BIM 技术在绿色建筑领域已有诸多研究,但关于绿色建筑设计 BIM 应用能力评价方面的研究,目前仍存在空白。BIM 技术在绿色建筑中的应用程度与效果受多种因素影响<sup>[6]</sup>,包括设计团队的技术熟练度、协同作业与沟通、软件工具的适用性以及数据标准的一致性等。因此,建立一套科学、全面的 BIM 技术在绿色建筑设计中应用能力的评价体系,对于指导实践、识别

**收稿日期:** 2024-08-13

**作者简介:** 刘双鑫(1998—),男,河南信阳人,硕士研究生,研究方向为 BIM 技术与绿色建筑设计。

瓶颈、促进技术进步与应用优化具有重要意义。基于此,本文构建绿色建筑设计 BIM 应用能力评价的指标体系,并采用模糊综合评价法对绿色建筑设计 BIM 应用能力进行评价,以期为进一步加强 BIM 技术在绿色建筑设计中的应用提供理论和实践指导。

## 1 绿色建筑设计的 BIM 应用能力评价模型

### 1.1 选取评价指标

绿色建筑设计的 BIM 应用能力评价指标构成了评估绿色建筑设计中 BIM 技术有效性和效率的基础框架。这一评价体系应当紧密围绕绿色建筑设计的实际流程,细致考察从项目构思、设计、施工到运维的每一个阶段<sup>[7]</sup>,如何与 BIM 技术深度整合,以促进环境可持续性、能源效率和资源最优化利用。评价指标的设定需根植于绿色建筑设计的核心原则,即在建筑的全生命周期内减少资源消耗、降低环境污染,并与自然生态系统和谐共生。

现有的 BIM 评价研究大多聚焦于建筑工程项目的整体 BIM 应用成熟度,探讨其在提高项目管理效率、降低成本、缩短工期等方面的效益,同时也关注 BIM 实施过程中可能遇到的风险与挑战。然而,这些研究往往未充分细化到绿色建筑设计这一特定领域,其特有的一系列考量因素,如生态材料的选择、能效优化以及环境影响评估等,尚未得到充分的评价指标覆盖。因此,绿色建筑设计 BIM 应用能力的评价对象应当超越传统 BIM 应用的通用范畴,具体包括但不限于以下几个方面:材料与资源的选择与优化配置、能源效率的模拟与验证、建筑围护结构的热工性能评估、施工过程中的冲突检测与减少浪费策略,以及团队协作作业与沟通。建立

绿色建筑设计 BIM 应用能力指标见表 1。

### 1.2 指标权重确定

在确定评价指标的权重时,常见的方法包括德尔菲法、层次分析法等,这些传统方法虽应用广泛,但因依赖专家判断或相对比较,其主观性成分较高,可能导致评价结果受到个人偏好的显著影响,降低了客观性和一致性。相比之下,熵权法作为一种基于信息论的客观赋权技术,通过量化指标数据的不确定性或变异性来确定权重,展现出独特的优越性<sup>[8]</sup>。该方法依据指标间信息熵的差异来进行赋权:信息熵较小的指标意味着其观测值的分布更为离散,所提供的信息更为丰富且具有较高的辨识度,因而在多指标综合评价中扮演着更为关键的角色,相应地被赋予较大的权重。熵权法的这一机制,实质上是基于数据本身特性进行权重分配,减少了人为评判的介入,增强了评价体系的客观性和精确性。鉴于熵权法能够系统性地减少主观随意性,保障评价结果的真实可靠性,采纳熵权法作为确定各项评价指标权重的核心手段,旨在通过这一科学严谨的方法论基础,确保评价结论的客观性、准确性和可比性,为决策提供坚实的量化支撑。

(1)创建决策矩阵  $B$ 。邀请专家对各二级指标的重要程度进行打分构造决策矩阵  $B = (b_{ij})_{m \times n}$ 。其中  $b_{ij}$  为第  $i$  个专家对第  $j$  个指标的打分值,  $m$  为专家数,  $n$  为指标数量。

(2)归一化。由于指标之间数量级不同,需要对指标数据进行归一化处理。采用最大最小值归一化方法对指标数据进行归一化,归一化值  $c_{ij}$  为

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} - \min b_{ij}}{\max b_{ij} - \min b_{ij}} \quad (1)$$

表 1 绿色建筑设计 BIM 应用能力指标体系

一级指标	二级指标	二级指标解释说明
技术集成能力 $I_1$	BIM 模型完整性 $I_{11}$	模型包含的细节程度,如构件信息、材质属性、能耗性能参数等
	BIM 模型参数化设计 $I_{12}$	参数化设计的灵活性和自动化程度,适应设计变更的能力
	软件与工具集成 $I_{13}$	BIM 软件与其他分析工具(如能耗分析、日照分析、声学分析)的集成度
	数据交换与互操作性 $I_{14}$	不同软件之间数据交换的标准化程度和兼容性
环境绩效评价 $I_2$	能耗模拟准确性 $I_{21}$	基于 BIM 的能耗分析模型的精确度,能否有效预测建筑能耗
	资源利用效率 $I_{22}$	通过 BIM 优化材料使用、减少浪费的成效
	绿色材料选用 $I_{23}$	BIM 在选择环保、低碳材料中的应用效果
	环境影响评估 $I_{24}$	BIM 在评估建筑对周围环境(如日照、风环境、噪声、微气候)影响方面的应用效果
协同作业与沟通 $I_3$	变更管理 $I_{31}$	BIM 模型变更的管理流程和响应速度
	信息共享程度 $I_{32}$	项目团队成员间信息交流的及时性、透明度以及信息的准确传递
	跨专业协同 $I_{33}$	房建、机电、装饰等多专业间基于 BIM 的协同作业效率与效果
项目管理与规划 $I_4$	合规性与标准化 $I_{41}$	BIM 模型与设计符合行业标准、绿色建筑评价标准的程度
	风险管理 $I_{42}$	BIM 技术在识别和减轻项目风险中的作用
绩效评价与反馈 $I_5$	项目成果评估 $I_{51}$	基于 BIM 的绿色建筑项目在施工、运维阶段的实际节能减排效果
	用户满意度 $I_{52}$	建筑物使用者对环境质量、能耗表现等方面的反馈

(3) 计算各指标的信息熵  $e_j$ 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中:  $p_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^m c_{ij}}$ , 当  $p_{ij} = 0$  时,  $p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

(4) 确定各指标的权重  $W_j$ 。

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

最终, 得到绿色建筑设计 BIM 应用能力评价指标的权重  $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 。

### 1.3 模糊综合评价

模糊综合评价法是一种基于模糊数学理论的多准则评价方法, 其核心在于运用模糊集合理论中的隶属度概念来处理评价指标的不确定性<sup>[9]</sup>。模糊综合评价法的优势在于能够处理现实世界中常见的模糊信息, 适用于那些难以用精确数值描述的复杂评价场景<sup>[10-11]</sup>。这种方法能够较为全面且客观地反映被评价对象的整体状况, 提供决策支持。实施该模型的具体流程如下。

(1) 确定因素集。因素集是所有参与模糊评价过程的关键指标的集合。将 5 个一级指标记为  $H_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$  每个一级指标下所包含的二级评价指标为  $\{H_{i1}, H_{i2}, \dots, H_{ij}\} (i = 1, 2, 3, 4, 5; j = 1, 2, \dots, n)$ 。

(2) 确定评价集。评价集是分析和描述评价结果的集合。运用模糊数学将绿色建筑设计 BIM 应用能力评价标准分为 5 个等级, 表示为  $R = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5\}$ , 用  $P$  表示绿色建筑设计 BIM 应用能力综合评价结果, 评价指标的取值范围见表 2。

表 2 评价指标的取值范围

结果	极好	好	中等	及格	不及格
取值范围	90~100	80~90	70~80	60~70	≤60

(3) 确定隶属度矩阵  $V$ 。 $V$  是将定性因子  $H$  转化为定量评价因子  $R$  的模糊矩阵, 称为隶属度。表示  $V = \{r_{ij} | i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m\}$ 。如果任意一个评价因子  $H_{ij}$ , 其评判结果  $V_i = [v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}]$ , 则  $m$  个评判因子的评判决策矩阵为

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nm} \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中:  $v_{ij}$  为  $H_i$  在评价等级  $R$  中的隶属度。

(4) 模糊综合评价。由二级指标因子权重和评价等级隶属矩阵, 构建绿色建筑设计 BIM 应用能力二级指标因子评价模型, 表示为  $B = W \times V$ , 其中  $W_i = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ 。

根据二级指标因子评价模型, 计算一级指标评价分值, 表示为  $S = B \cdot R^T$ 。求得的分值  $S$  即代表某绿色建筑设计团队的 BIM 应用能力水平。

## 2 实证

### 2.1 确定权重

以某绿色建筑项目设计团队为评价对象, 邀请 10 位绿色建筑设计专家学者, 运用 10 分制对各级各个指标进行评分, 以获得评价数据, 建立决策矩阵  $B$ 。基于式 (1) 进行标准化处理, 再由式 (2)、式 (3) 得到相应各二级指标的信息熵和相对权重, 同理, 计算各指标综合权重。绿色建筑设计 BIM 应用能力评价指标体系综合权重见表 3。

表 3 绿色建筑设计 BIM 应用能力评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	相对权重	综合权重
$I_1$	0.2528	$I_{11}$	0.3077	0.0778
		$I_{12}$	0.2129	0.0538
		$I_{13}$	0.1680	0.0425
		$I_{14}$	0.3112	0.0787
$I_2$	0.3158	$I_{21}$	0.4002	0.1264
		$I_{22}$	0.3027	0.0956
		$I_{23}$	0.2231	0.0705
		$I_{24}$	0.0739	0.0233
$I_3$	0.2328	$I_{31}$	0.2285	0.0532
		$I_{32}$	0.4441	0.1034
		$I_{33}$	0.3273	0.0762
$I_4$	0.0723	$I_{41}$	0.4014	0.0290
		$I_{42}$	0.5985	0.0433
$I_5$	0.1263	$I_{51}$	0.4758	0.0601
		$I_{52}$	0.5241	0.0662

### 2.2 模糊综合评价

(1) 为评估该绿色建筑项目设计团队在 BIM 应用上的表现, 邀请专家针对各个具体的二级指标, 细致评估 BIM 技术应用深度和广度, 并完成评分。对打分结果进行处理, 构造二级指标隶属度矩阵  $V_i$ 。

$$V_1 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix};$$

$$V_2 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{V}_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{V}_4 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{V}_5 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}。$$

(2)根据隶属度矩阵和各指标权重计算准则层的评分分值,进行一级指标综合评判:

$$\mathbf{B}_1 = (0.2517 \quad 0.3304 \quad 0.2314 \quad 0.1384 \quad 0.0479);$$

$$\mathbf{B}_2 = (0.2846 \quad 0.3326 \quad 0.2153 \quad 0.1600 \quad 0.0297);$$

$$\mathbf{B}_3 = (0.1216 \quad 0.2888 \quad 0.2327 \quad 0.2013 \quad 0.1556);$$

$$\mathbf{B}_4 = (0.1606 \quad 0.1803 \quad 0.2197 \quad 0.3197 \quad 0.1197);$$

$$\mathbf{B}_5 = (0.1476 \quad 0.3000 \quad 0.3524 \quad 0.1524 \quad 0.0476)。$$

(3)最后计算整体的评价分值得  $S = \mathbf{B} \cdot \mathbf{R}^T = 84.674$ 。

### 2.3 评价结果分析

评价结果显示,该绿色建筑项目设计团队的 BIM 技术应用能力评分为 84.674,这表明该团队 BIM 的应用能力为“好”,同时根据各指标的权重,可以看出能耗模拟准确性( $I_{21}$ )、信息共享程度( $I_{32}$ )、资源利用效率( $I_{22}$ )以及数据交换与互操作性( $I_{14}$ )被确认为影响 BIM 应用能力的关键因素,它们在促进设计效率、减少资源浪费、提高能源利用效率和增强团队协作方面扮演着核心角色。针对这一评价结果,该绿色建筑项目设计团队在后续的 BIM 应用实践中可以采取以下策略来提升整体应用能力。

(1)提高能耗模拟准确性。选择行业内认可度高、精度可靠的能耗模拟软件,如 EnergyPlus、DesignBuilder 或 TRNSYS 等,这些软件具有丰富的功能和强大的计算能力,能够生成高度准确的能耗模拟结果。利用地理信息系统(geographic information system, GIS)和气象数据库,集成当地精确的气候数据,包括温度、湿度、风速等,以帮助模拟更接近实际情况的环境条件。在 BIM 模型中建立建筑围护结构、设备系统、材料属性等细节,确保模型能够准确反映建筑的实际构造和性能特点,以便更准确地模拟能耗。将模拟结果与已建成项目的实际能耗数据对比,不断调整模型参数,提高能耗预测准确性。

(2)增强信息共享程度。使用支持云存储和协作功能的 BIM 平台,如 Autodesk BIM 360、Trimble Connect 等,能够使团队成员及外部合作

伙伴实时访问和编辑项目数据。制定清晰的 BIM 工作流程和数据交换标准,确保所有参与者遵循统一的命名规则和格式,减少沟通成本。定期举行线上或线下会议,通过共享屏幕展示 BIM 模型,讨论设计变更和协调问题,增强团队间的互动与理解。合理设置 BIM 平台的访问权限,确保敏感信息的安全,同时也要保证便于团队成员快速获取所需资料。

(3)提高资源利用效率。在 BIM 模型中连接材料数据库,自动计算工程量和材料需求,减少浪费。利用 BIM 进行预制构件和模块化设计,优化生产流程,提高现场施工效率,减少材料损耗。进行施工进度模拟,识别潜在的资源分配问题,优化资源配置,确保材料和人力的高效利用。在 BIM 模型中集成环保材料信息,进行材料的全生命周期分析,评估材料在整个生命周期中对环境的影响,鼓励使用可再生或回收材料,提升项目整体的绿色性能。结合 BIM 对不同材料和工艺进行成本与效益分析,选择最具经济价值的解决方案。

### 3 结论

本文立足于绿色建筑设计的特征,并据此建立绿色建筑 BIM 应用能力评价指标体系,运用模糊综合评价法对某绿色建筑团队的 BIM 应用能力进行评价,并为其提出针对性建议,为 BIM 技术当前在绿色建筑行业的应用评价研究提供了一定的参考。

### 参考文献

- [1] 王澄瑜,王福琴,谭渊文. 基于 BIM 技术的绿色建筑施工流程优化探讨[J]. 工程建设与设计, 2024(13): 170-172.
- [2] 朱翰泽,高松,李吉人,等. BIM 技术在绿色建筑碳排放量计算中的应用研究[J]. 节能, 2024, 43(6): 6-9.
- [3] 包胜,陈超,楼笑笑,等. 基于 BIM 的建筑能耗分析[J]. 科技通报, 2024, 40(1): 49-54.
- [4] 于子洋. 基于 BIM 技术的绿色建筑装饰设计评价研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(7): 13-15.
- [5] 刘云璐. BIM 技术在绿色建筑全过程成本管理中的应用研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2024(3): 54-57.
- [6] 王美华,王广斌,彭荔,等. 设计企业 BIM 技术应用能力评价及实证研究[J]. 工程管理学报, 2017, 31(5): 153-158.
- [7] 王爱领,苏盟琪,孙少楠,等. 基于生命周期理论的装配式建筑 BIM 应用能力评价[J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(2): 27-33, 40.
- [8] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1225-1228.

- [9] 朱建坤. 基于模糊综合评价的绿色建筑施工风险管理研究[J]. 陶瓷, 2022(10): 184-186.
- [10] 赵文超. 基于模糊综合评价法的建筑工程施工绿色度评价研究[D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [11] 马媛. 基于 AHP-模糊综合评价法的绿色建筑投资决策风险研究[J]. 兰州工业学院学报, 2015, 22(5): 77-81.

## Application Ability of BIM in Green Building Design Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

LIU Shuangxin

(School of Management, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** With the global awareness of energy conservation, emission reduction and environmental protection, green building has become the development trend of the future construction industry. As an integrated design management tool, BIM (building information modeling) technology provides strong technical support for green building design. Based on this background, the application capability of BIM technology in the field of green building design and its impact on improving the sustainability of green building design were explored. The BIM application ability evaluation index system was established, then entropy weight method was adopted to assign weight, and fuzzy comprehensive evaluation method was used to evaluate the BIM application ability of a green building design team. Specific suggestions are put forward.

**Keywords:** BIM (building information modeling) application capability; green building design; entropy weight method; fuzzy comprehensive evaluation