

基于模糊数学-SWOT 的工程项目 BIM 应用战略分析

邓金涛¹ 尹仕友² 饶平平¹

(1. 上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093; 2. 上海同筑信息科技有限公司, 上海 201106)

【摘要】随着 BIM 技术不断地被探索应用在工程项目, BIM 在项目战略上该如何选择正确的导向和类型成为先行问题。本文首先基于模糊数学的评判法, 分析提取了 BIM 应用战略影响因素, 以杭海城际铁路工程 BIM 应用项目为例, 选取各领域专家进行 BIM 战略评分, 综合评判该项目 BIM 应用的优劣性和危机程度, 再依据评判结果计算总优势、总劣势、总机会、总威胁程度; 然后基于 SWOT 决策法, 构筑了战略评估坐标系, 绘制了 BIM 应用战略包络图, 通过战略类型的选择及战略程度的计算, 最终形成对该项目 BIM 应用的战略地位分析, 为工程项目 BIM 应用战略决策提供了科学的参考。

【关键词】 BIM 应用; 模糊数学; SWOT 决策; 战略包络图

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录, 被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版, 严禁侵权转载。

引言

BIM 技术的出现给工程建设带来了信息化的革命浪潮^[1], BIM 的可视化、仿真性、信息完备性等诸多优良特性不断在项目中展示出来, 从政府部门到建筑行业、从 BIM 应用项目到员工, BIM 的应用逐渐开始成为共识^[2]。然而行业内许多工程项目在落实应用 BIM 技术时产生了不少备受议论的问题, 首当其冲的就是 BIM 应用的总方针是什么, 即 BIM 在项目战略上该如何选择正确的导向和类型^[3]。

目前, 国内建筑行业对 BIM 应用仍处于探索研究阶段, 有些项目因 BIM 技术的应用得到了效益增值, 有些在 BIM 应用的投入产出上出现了利润亏损, 还有些项目因无法落实、难度大等问题而中止了 BIM 应用^[4]。凡事预则立, 不预则废, 这些 BIM 应用探索成果已成为前车之鉴, 对于项目审批期或者应用前期, 预先做好 BIM 技术的战略分析和定位显得十分重要, 这不仅关乎 BIM 应用的必要性以及实施导向, 还影响着 BIM 技术应用最终产生的效益。纵观建筑工程行业的 BIM 应用项目成果, 不难

发现, BIM 技术的应用在工程的信息管理、成本控制、安全保质等方面发挥了不小作用。

本文着力分析 BIM 应用影响因素, 构建了战略分析模型, 以杭海城际铁路工程 BIM 应用项目为例, 对模型进行验证分析。

1 量化分析与因素选择

战略分析, 涉及定性分析与定量分析。考究 BIM 是否适合应用于某一项目及应用导向如何选择时, 本文以 SWOT 分析中的优势、劣势、机会、威胁这四个态势作为性质评估依据^[5], 形成无量纲的战略定量分析。

1.1 量化合理性考虑

工程项目往往存在诸多因子影响着项目的发展与成果, 这些因子又在性质和数量上显著不同。比如, 对 BIM 在建筑工程的应用, BIM 认知人员越多, 越有利于推动工程数字化; 而 BIM 模型越精细, 越有利于项目信息的高度集成。因此, 结合 SWOT 法^[6]和模糊数学变量^[7], 进行因素分析。

杭海城际铁路项目工程全长约 48.1km, 线路在

【第一作者】 邓金涛(1996-), 男, 在读硕士, 主要研究方向: BIM 技术研究与应用。

余杭境内、海宁主城区采用地下敷设方式,其余地段均采用高架敷设方式。本项目在设计施工和项目管理上进行了 BIM 应用,包括选线与桥隧设计、机电排布设计、模型辅助施工、信息化管理等,各要素种类繁多、体量较大,适合项目前期战略分析的量化处理。

1.2 模型层次

- (1)目标层:项目 BIM 应用战略;
- (2)评价层:优势程度 S、劣势程度 W、机会程度 O、威胁程度 T;
- (3)因素层:BIM 应用中优势、劣势、机会、威胁的各类影响因素。

1.3 因素确定

根据项目调研和文件查阅^[8],可得影响 BIM 优势与劣势的项目内部因素和影响 BIM 机会与威胁的外部因素,如表 1、表 2。

2 战略分析模型构建

2.1 战略分析逻辑结构

首先基于模糊数学的评判法,计算各因素程度的权重,综合评判 BIM 应用的优劣性和危机程度,再依据评判结果计算总优势、总劣势、总机会、总威胁程度;然后基于 SWOT 决策法,构筑战略评估坐标系,绘制 BIM 应用战略包络图,并对项目的 BIM 应用进行 SWOT 判定。通过战略类型的选择及战略程度的计算,形成对 BIM 应用的战略地位分析。战略分析模型流程如图 1。

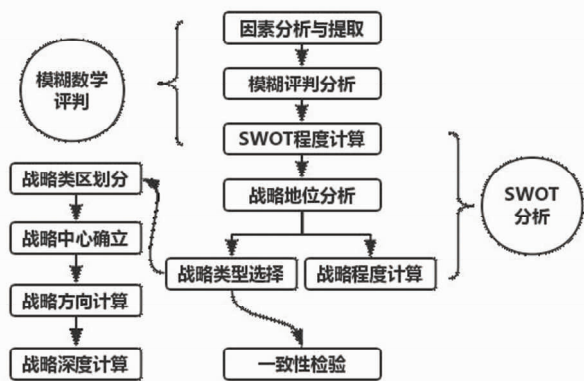


图 1 战略分析模型流程图

2.2 模糊综合评判与各因素程度的计算

将影响 BIM 应用的优势、劣势、机会和威胁的因素变量的定性变量进行量化处理,建立关于工程项目 BIM 应用模糊综合评判的数学模型。

2.2.1 模糊判断

设定因素集 $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ 与评价集 $V = [v_1, v_2, \dots, v_m]$, 设各因素的权重分别为 V 上的模糊子集 A , 记 $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$, 其中, a_i 为第 i 个因素 u_i 所对应的权值。

对第 i 个因素的单因素评判向量为 V 上的模糊子集 $C_i = [c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im}]$, 于是单因素判断矩阵 C 为

$$C = (c_{ij})_{n \times m} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{bmatrix}$$

表 1 影响 BIM 优势与劣势的项目内部因素

一级因素	二级因素			
经济因素	项目流动资金	项目总预算	财务稳定性	经济效益估值
经营因素	团队建设水平	BIM 应用形象	项目实施流程	
人力因素	领导层管理水平	人员 BIM 能力	BIM 协同效率	人员数量
技术因素	BIM 软硬件部署	BIM 技术种类	BIM 应用分布	BIM 应用时间

表 2 影响 BIM 机会与威胁的项目外部因素

一级因素	二级因素		
政策因素	国家战略导向	地方政策要求	规范标准约束性
行业水平	建模平均水平	设备发展水平	BIM 软件开发应用水平
发展形势	工程 BIM 应用率	BIM 认知程度	BIM 应用价值体现
竞争环境	信息化单位规模数量	同类工程项目数量	不同类项目 BIM 优势

则对该评判对象的模糊综合评判结果是 V 上的模糊集:

$$B = A * C = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{bmatrix}$$

2.2.2 因素集 U 的选取

在评估 BIM 应用的优劣性时,以专家评分方式对四个方面的因素 i 进行估值。

以技术领域为例,涉及 BIM 软硬件部署、BIM 技术种类、BIM 应用分布、BIM 应用时间这四个因素,由熟悉技术领域的专家逐一加以评分,并确定每个评分把握度。

$$t_i(k) = \frac{a_i(k_l) + a_i(k_g)}{2} \times \frac{p_i(k_l) + p_i(k_g)}{2}$$

式中, $t_i(k)$ 为专家 k 对因素 u_i 的评价分;
 $a_i(k_l)$ 为专家 k 对 u_i 评分下限;
 $a_i(k_g)$ 为专家 k 对 u_i 评分上限;
 $p_i(k_l)$ 为专家 k 对 u_i 评分的把握度下限;
 $p_i(k_g)$ 为专家 k 对 u_i 评分的把握度上限;

例如,某专家对某因素的评分为 8~9 分,把握度为 0.6~0.8。则有

$$t = [(8+9)/2] \times [(0.6+0.8)/2] = 5.95。$$

2.2.3 专家选取

设专家的职称 Z_1 、工龄 Z_2 、技术专长 Z_3 三部分的信息集为 $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\}$,各部分信息权重值集为 $s = \{s_1, s_2, s_3\}$,构建 BIM 战略专家选取模型计算函数 $M(k)$:

$$M(k) = s_1 \cdot Z_1(k) + s_2 \cdot Z_2(k) + s_3 \cdot Z_3(k)$$

为了保证专家选取的客观性,贴合指标量化实际,对职称和技术专长做定性的离散化处理,对工龄做连续性研究。

(1) 职称分

根据行业通用的职称等级分类,按正高级、副高级、中级和初级来对专业人士分类^[9],分值依次为 90 分、80 分、70 分、60 分。

(2) 工龄分

按技术专家的常规要求,工龄 5 年及以上才可参与该领域评审工作,这时工龄越大,工龄分越高。同时,考虑到专家的身体条件和接受 BIM 新理念的程度等,若专家年纪超过退休年龄 60 岁,则呈一定衰减。

$$Z_2(k, t) = \begin{cases} ax + b, t_0 \leq t \leq 60 \\ c \cdot e^{-t} + d, t > 60 \end{cases}$$

式中, t 为年纪, a, b, c, d 为系数。

(3) 技术专长分

由于专家技术专长对 BIM 深层次理解产生影响,因此对技术专长做以下处理:每发表 1 篇论文、专著或发明,计 1 分,上限 30;每参与 1 次项目,计 2 分,上限 40;每参与 1 次评审或得 1 次奖,计 1 分,上限 30。

构造好专家选取模型函数后,进行对应的计算和归纳。每个领域调研 30 个专业人士,以技术领域为例,得分数如图 2 所示。

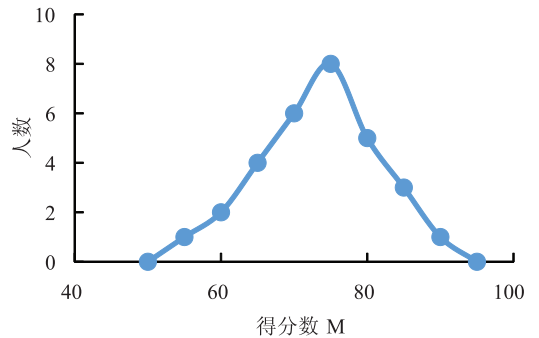


图 2 技术领域专业人员得分的分布图

BIM 战略评审专家选取得分情况近似服从正态分布,以置信水平为 0.95,取单侧置信上限所有人数为专家数,可以得出约为 5 人,因此对每个领域分值最高的 5 人作为 BIM 战略评审专家。

2.2.4 评判集 V 的确定

在评判 BIM 应用的优劣性时,在此以优势、无明显优劣、劣势三个等级来决定程度评判,即 $V = [\text{优势、无明显优劣、劣势}]$ 。

根据文献资料经验,由于因素相互作用十分复杂,评价项目 BIM 应用的优势、劣势时,划分界定如下:评分 $t_i < 6$ 定为“优势”;评分 $3 \leq t_i < 6$ 定为“无明显优劣”; $t_i < 3$ 定为“劣势”。设单因素评价值 t 的取值区间为 $[0, 10]$,则区间被划分为 $[0, 3]$ 、 $(3, 6)$ 及 $[6, 10]$ 。

2.2.5 单因素评判矩阵 $C_{n \times m}$ 确定

对本项目 BIM 应用进行技术领域单因素优劣性评定时,在上述四个因素、三个等级的条件下,单因素评判矩阵为 $C_{4 \times 3}$,则根据各专家评分值在三类优劣等级的隶属度来确定矩阵值^[9-10]。

若五位技术领域专家对某因素的评分均落在

[6, 10] 区间内, 则可得出该因素在评价矩阵 R 中有优势的隶属度为 $5/5 = 1$, 再从其他因素考虑该 BIM 应用处于优势的隶属度为 $4/5 = 0.8$, 属“无明显优劣”的隶属度为 $1/5 = 0.2$, 属“劣势”的隶属度为 0。以软硬件部署为例, 业主单位具有雄厚的预算和技术资源基础, 专家对该因素评分的劣势隶属度为 0, 具有一定合理性。通过计算单因素评价矩阵中各数值, 最后可得该 BIM 应用在教学领域的单因素评价矩阵:

$$C = (c_{ij})_{4 \times 3} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.4 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2.6 确定各因素加权矩阵 A

确定综合评判中的权数至关重要, 通过五位专家采用满分 10 分的评分法进行打分, 算出每位专家对各因素的评价值, 将同因素评价值求和平均, 通过全因素评分比确定权数值 a_i , 最后得出该评判的权数矩阵 A。

如技术领域的权数矩阵为:

$$A = [0.22, 0.3, 0.225, 0.255]$$

2.2.7 计算综合评判矩阵 B

对该项目 BIM 应用技术领域综合评判矩阵为:

$$B = A * C = \begin{bmatrix} 0.22 \\ 0.3 \\ 0.225 \\ 0.255 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.4 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

标准化处理, 得 $B = [0.6860, 0.1490, 0.1650]$

可知该项目 BIM 应用技术领域各因素评判结果是优势占 68.6%, 无明显优劣占 14.9%, 劣势占 16.5%。

延拓至其他几个方面的影响因素模糊分析, 可以得出 BIM 应用在优劣上的评判总结结果, 如表 3。

表 3 BIM 应用优劣评判表 %

因素	优势	无明显优劣	劣势
经济因素	86.68	10.9	2.42
经营因素	35.14	56.38	8.48
人力因素	56.16	33.84	10
技术因素	68.6	14.9	16.5

同理, 在评判 BIM 应用的机会、威胁时, 可进行单因素模糊综合评判。

最终得出 BIM 应用在危机上的评判总结结果, 如表 4。

表 4 BIM 应用危机评判表 %

因素	机会	无明显危机	威胁
政策因素	57.35	39.8	2.85
行业水平	61.42	32.56	5.92
发展形势	62.92	26.66	10.42
竞争环境	46.3	24.5	29.2

2.3 总优势、总劣势、总机会和总威胁程度的计算

根据表 1、表 2, 可提取出优势、劣势、机会、威胁在各态势的程度值。即:

$$S = [0.8668, 0.3514, 0.5616, 0.686]$$

$$W = [0.0242, 0.0848, 0.1, 0.165]$$

$$O = [0.5735, 0.6142, 0.6292, 0.463]$$

$$T = [0.0285, 0.0592, 0.1042, 0.292]$$

利用态势函数公式(见表 5)。

表 5 各态势函数公式

态势类型	态势程度函数
优势	$S = \sum_{a=1}^{n_s} \frac{S_a}{n_s}, a = 1, 2, \dots, n_s$
劣势	$W = \sum_{b=1}^{n_w} \frac{W_b}{n_w}, b = 1, 2, \dots, n_w$
机会	$O = \sum_{c=1}^{n_o} \frac{O_c}{n_o}, c = 1, 2, \dots, n_o$
威胁	$T = \sum_{d=1}^{n_t} \frac{T_d}{n_t}, d = 1, 2, \dots, n_t$

可计算出总程度值, 如表 6。

表 6 SWOT 总程度值

态势	优势 S	劣势 W	机会 O	威胁 T
总程度值	0.6165	0.0935	0.57	0.121

2.4 四维度雷达图的建立

以总优势程度 S, 总劣势程度 W, 总机会程度 O 和总威胁程度 T 等四个参数变量各为雷达极点, 构成四维度雷达图。为了使图形的数据对比分析更直观, 将各程度值乘以 100, 见图 3。

由图 3 可知, 该项目 BIM 应用优势和机会均很大, 同时外在因素会产生一定的威胁, 进行战略定位应考虑 BIM 应用外部因素的影响以及项目内部资源发挥的充分性。

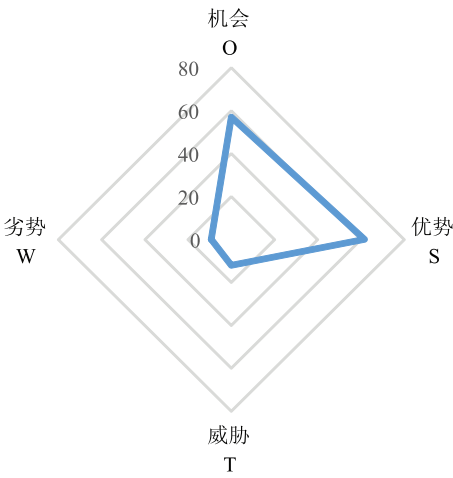


图3 四维度 SWOT 雷达图

2.5 构建战略评估坐标系

将四维度雷达图作为战略评估图形基础,以优势程度值、劣势程度值所在方向为横轴(即优劣轴),记为 X 轴,以机会程度值、威胁程度值所在方向为纵轴(即危机轴),记为 Y 轴,建立战略评估平面坐标系。其中优势 S 在 X 轴正方向,劣势 W 在 X 轴负方向,机会 O 在 Y 轴正方向,威胁 T 在 Y 轴负方向,坐标轴边界点即为雷达图极点 S₁、O₁、W₁、T₁,数值为 S₁、O₁、W₁、T₁。连接四点形成包络线,包络线所围成的图形 S₁W₁O₁T₁ 即为战略包络图,此战略包络图则表示为该项目中 BIM 应用的战略地位,如图 4 所示。

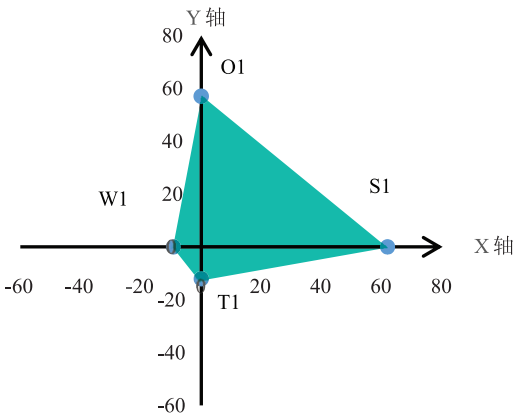


图4 战略评估坐标系

2.6 战略类型选择

根据战略包络图来求解战略中心,计算出战略偏向角与战略深度,以此来对项目的 BIM 应用战略类型的进行选择。

2.6.1 战略类型区划分

不同类型项目 BIM 应用的战略类型具有偏向性,根据本项目实际背景,将战略类型按坐标系进行轴对角线划分,分出八个偏向区域:优势发挥区 $[0, \pi/4)$, 机会把握区 $[\pi/4, \pi/2)$, 进取克难区 $[\pi/2, 3\pi/4)$, 收整补短区 $[3\pi/4, \pi)$, 战略退出区 $[\pi, 5\pi/4)$, 战略回避区 $[5\pi/4, 3\pi/2)$, 收整避难区 $[3\pi/2, 7\pi/4)$, 保优克难区 $[7\pi/4, 2\pi)$ 。

对于同类型项目 BIM 应用的战略类型受应用深度影响,根据本项目应用流程,与坐标原点的距离在 f 值以下的区域为应用浅区,距离在 f 值的区域为应用深区。

2.6.2 战略中心的确立

战略包络图形 O₁S₁T₁W₁ 是四大因素综合作用结果,反映了 BIM 应用战略地位,因此其几何形心为战略中心,其坐标即为 $P(\bar{X}, \bar{Y})$ 。

战略包络线 S₁O₁W₁ 曲线公式为:

$$F(X) = \begin{cases} 57 - 0.92X, & X \in (0, 61.65) \\ 6.1X + 57, & X \in (-9.35, 0) \end{cases}$$

战略包络线 S₁T₁W₁ 曲线公式为:

$$G(X) = \begin{cases} 0.2X - 12.1, & X \in (0, 61.65) \\ -1.29X - 12.1, & X \in (-9.35, 0) \end{cases}$$

战略中心点 $P(\bar{X}, \bar{Y})$ 坐标公式为:

$$\bar{X} = \frac{\int_{-9.35}^{61.65} X[F(X) - G(X)] dX}{\int_{-9.35}^{61.65} [F(X) - G(X)] dX}$$

$$\bar{Y} = \frac{\int_{-9.35}^{61.65} \frac{1}{2} [f^2(X) - g^2(X)] dX}{\int_{-9.35}^{60} [F(X) - G(X)] dX}$$

联立上述公式,可以得出本项目 BIM 应用战略中心坐标为 $P(18.5, 15.9)$ 。

2.6.3 战略偏向角的计算

根据坐标转化法,将直角坐标系转化为极坐标系。

以 X 轴正方向为 0 度,逆时针方向旋转,坐标原点指向战略中心点的方向即为战略方向,战略方向与 X 轴正方向构成的夹角即为战略偏向角,设为 $\varphi (0 \leq \varphi \leq 2\pi)$,则有

$$\tan \varphi = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}, \text{ 即 } \varphi = \arctan \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$$

可得本项目的战略偏向角为 $\varphi = 40.68^\circ$ 。

2.6.4 战略深度 r 的计算

以坐标原点为出发点,坐标原点与战略中心点间的距离为战略深度,设为 r ,则有

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

可得本项目的战略深度为 $r = 24.39$,

则根据战略类型划分,选择优势发挥区一应用深区,如图 5 所示。

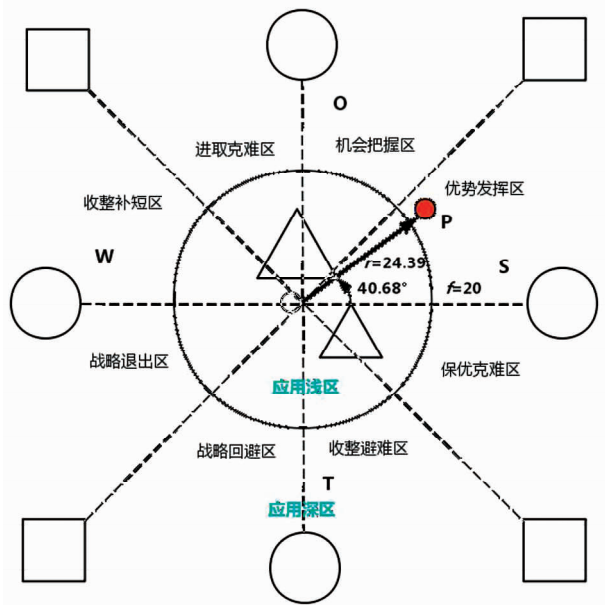


图 5 战略类型选择

2.7 战略影响程度 k 确定

为了分析 BIM 应用的战略影响程度,引入正影响区和负影响区两个概念。根据战略坐标系下的包络图,不难分析出:

(1) 战略坐标系第一象限为正影响区,反映了 BIM 应用项目外部机会与内在优势两因素共同作用产生的正面影响。战略包络图在该区的面积即为正影响面,设为 A_{SO} 。

(2) 第三象限为负影响区,反映了 BIM 应用项目外部威胁与内在劣势两因素共同作用产生的负面影响。战略包络图在该区的面积即为负影响面,设为 A_{WT} 。

由此,战略程度系数设为 k , 即有

$$k = \frac{A_{SO}}{A_{SO} + A_{WT}}$$

可看出, A_{SO} 值相对增大, k 值增大, 即 BIM 应用项目战略影响程度增强; A_{WT} 值相对增大, k 减小, 即 BIM 应用项目战略影响程度减弱。代入面积, 可得本项目战略程度系数为 $k = 0.92$ 。

3 模型检验

为了保证 BIM 战略模型的适用性和有效性, 选择不同类型的工程项目及对应 BIM 应用情况并进行模型计算, 结果如表 7。

对比实际应用情况和模型计算结果, 可以从表格中看出, 轨道交通、管廊等工程成功案例能反映战略模型对 BIM 应用程度的正确判断, 而房屋建筑、桥隧等工程也能从模型计算中分析出不良预兆。

4 结论

(1) 杭海城际铁路工程 BIM 应用项目中, 模糊评估结果可看出, 该项目 BIM 应用优势总程度远大于劣势总程度, 威胁程度低于机会程度, 所以该项目参与单位应发挥好人力资源丰富优质、项目经费充足等优势, 着力于铁路工程技术难点(如选线方案、复杂环境施工方式等)进行 BIM 研究, 取长补短使 BIM 技术得以科学应用。

(2) 战略地位评估中, 该项目 BIM 应用位于优势进取战略区, 战略负影响区面积较小。说明该项目参与企业实力相对劣势少, 威胁也相对较低。而战略坐标系上, 威胁程度相对机会程度较小, 但不可忽略, 面对外界环境时, 应当适当调整战略, 尽量减少项目涉及的威胁(譬如行业发展 BIM 发生的价值变化)。因此, 整体上对 BIM 应用采取开放的进取型战略, 并进行深度应用。

表 7 不同类型工程 BIM 应用实际情况与战略模型计算结果

项目	类型	BIM 应用情况	BIM 应用深度	战略类型	战略中心坐标	战略程度系数
某市地铁 13 号线	轨道交通	成功应用	一期较浅, 二三期深度	机会把握区深区	(15.2, 17.9)	0.88
某商业大楼二期	房屋建筑	应用中止	较浅, 仅使用 BIM 模型	收整补短区浅区	(-10, 9.1)	0.59
某省市管廊工程	地下管廊	全过程应用	深度应用	优势发挥区深区	(19.1, 17.2)	0.93
某省市桥梁工程	桥梁工程	成功应用	较浅	进取克难区浅区	(-3.3, 13.5)	0.7
某省市地铁站 BIM 试点项目	轨道交通	成功应用, 但耗时较长	深度应用	机会把握区深区	(15.6, 16.6)	0.85
某桥隧施工监测	桥隧工程	成功应用	深度应用	保优克难区深度	(18.8, -1)	0.81

(3)改进后的战略分析,以模糊综合评判代替传统专家评估,减少了主观影响,提高了评估因素的准确性和量化因素的合理性,使 BIM 应用战略评估更具可操作性,最后利用 BIM 实际应用项目,验证出了模型的合理性。

(4)本文将模糊层次分析法和 SWOT 方法相结合,合理地将四大态势程度量化,数形结合地反映出各种因素综合作用对 BIM 应用决策的影响,此方法逻辑清晰,利于程序化计算,可随因素变化而做出新的分析,同时有助于项目单位或团队对 BIM 进行战略化具体分析,提供了科学参考。

参考文献

- [1] 吴健平. 基于 AHP-SWOT 法的我国 BIM 应用现状与发展对策研究[D]. 福建工程学院,2018.
- [2] Salman Azhar. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. 2011,11(3): 241-252.

- [3] Krzysztof Zima, Edyta Plebankiewicz, Damian Wiczorek. A SWOT Analysis of the Use of BIM Technology in the Polish Construction Industry[J]. Buildings,2020,10(1).
- [4] 李强年,周理圆. 工程项目设计阶段 BIM 应用障碍因素分析[J]. 项目管理技术,2017,15(8): 54-59.
- [5] 李楠楠,马筠杰. BIM 技术的 SWOT 分析[J]. 建筑与预算,2018(1):5-8.
- [6] 金伟强,李明照. 基于 BIM 技术的设施管理 SWOT 分析[J]. 土木建筑工程信息技术,2015,7(1): 25-29.
- [7] 赵梓君. 基于模糊灰色综合评价法的工程项目 BIM 技术应用绩效评价研究[D]. 西华大学,2020.
- [8] 王铭. 工程建设项目 BIM 技术应用成熟度综合评价研究[D]. 沈阳建筑大学,2019.
- [9] 杨青梅. 科技专家评价方法研究与实现[D]. 华南理工大学,2017.
- [10] 聂相田,丁一桐,杨淇,等. 一种基于模糊层次分析法的 SWOT 改进模型[J]. 数学的实践与认识,2018,48(3):279-284.

Analysis of BIM Application Strategy in Engineering Project Based on Fuzzy Mathematics-SWOT

Deng Jintao¹, Yin Shiyong², Rao Pingping¹

(1. School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. Shanghai Tongzhu Information Technology Co., Ltd., Shanghai 201106, China)

Abstract: As BIM technology continues to be explored and applied to engineering projects, how to choose the correct orientation and type of BIM in project strategy has become the first issue. This article analyzes and extracts the influencing factors of BIM strategy firstly based on the judgment method of fuzzy mathematics. Taking the BIM application project of the Hangzhou-Haining intercity railway project as an example, it selects experts in various fields to score BIM strategy, comprehensively evaluate the pros and cons of BIM application and the degree of crisis, and then calculates the total strengths, weaknesses, opportunities and total threat levels based on the results of the evaluation. Then based on SWOT decision-making method, a strategic evaluation coordinate system has constructed, a BIM application strategy envelope diagram has drawn. And finally a strategic position analysis of BIM application has formed through the selection of strategic types and calculation of the degree of strategy, providing a science for the strategic decision-making of BIM application of engineering projects reference.

Key Words: BIM Application; Fuzzy Mathematics; SWOT Decision-Making; Strategic Envelope Diagram