

施工企业智慧建造效益评价研究

崔庆宏¹,李敏¹,陈雨田¹,胡现存²

(1. 青岛理工大学管理工程学院,山东 青岛 266520;2. 堪培拉大学设计与建筑环境学院,堪培拉 2617)

摘要:从施工企业视角出发,以智慧建造为研究对象,结合智慧建造特点建立了智慧建造效益评价指标体系,并运用C-OWA算子法确定各指标权重,构建了施工企业智慧建造效益的灰色聚类评价模型,以期为施工企业在智慧建造过程中的决策和评价提供思路和参考,提升施工企业智慧建造效益。

关键词:智慧建造;效益评价;C-OWA算子;灰色聚类;施工企业

中图分类号:TU201;F407.9

文献标志码:A

智慧建造是智慧城市、智能建筑的延伸,加快了建筑工业化的进程。为推动其发展,2020年住房和城乡建设部等部门联合出台的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》指出,要加大智能建造在工程建设各环节的应用,并明确提出到2035年中国将全面实现建筑工业化。在此背景下,智慧建造得到了广泛关注,刘占省等^[1]从理论上对智慧建造的内涵与发展趋势进行了分析,并对智慧建造的应用情况进行了深入研究;姚辉彬等^[2]以承包商为研究对象,对其智慧建造能力进行了评价和分析;李强年等^[3]通过DEMATEL模型定量分析了影响智慧建造施工成本的关键因素;杨昆^[4]概括分析了智慧建造体系的组成,并利用这一体系实现了成本的精细化管理和控制。

施工企业智慧建造效益是指在智慧建造施工阶段发挥主要作用的施工企业实施智慧建造所取得的净收益,即智慧建造应用后所带来的经济、环境、战略等方面产出与成本、时间、资源等方面投入的差值。作为智慧建造手段的信息化新技术,建筑信息模型

(Building Information Modeling, BIM)技术的深化应用为智慧建造的发展增添了动力,大大提升了智慧建造的智能程度。但随着智慧建造的应用推广,大部分学者对智慧建造的研究更多地偏向于工程的应用分析和理论部分,且更多地涉及成本管控,针对智慧建造效益评价的研究却寥寥无几。因此,笔者建立施工企业智慧建造效益评价体系,通过组合数有序加权平均算子(Combination Ordered Weighted Averaging, C-OWA)对指标进行合理赋权,并运用灰色聚类评价法对智慧建造项目效益进行评价,为施工企业在智慧建造过程中的决策和评价提供思路和参考。

一、智慧建造效益评价指标体系的建立

构建智慧建造效益评价指标体系是智慧建造效益评价的首要前提,指标的科学性及完备性程度对评价结果的优劣起着关键性作用。BIM技术是智慧建造的核心,相当于智慧建造的“大脑”,在智慧建造应用中起着最主要的作用,因此,笔者在传统建造和施工阶段BIM效益指标体系的基础上^[5-8],结合施

工企业智慧建造的特点和要求^[1-2,4],对智慧建造效益各个方面的重要影响因素进行分

析,建立了涵盖7个主要因素指标及20个下级要素指标的效益评价指标体系(见表1)。

表1 施工企业智慧建造效益评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
成本节约 P_1	施工优化成本节约 P_{11}	4D可视化、数字化下施工指导,应用智慧建造带来的成本节约
	设计优化成本节约 P_{12}	碰撞检查、节点深化设计,减少图纸变更带来的成本节约
	精准算量成本节约 P_{13}	使用BIM等技术对人、材、机等资源进行精准算量,避免传统算量遗漏、缺项、重项、错误等问题而带来的成本节约
工期节约 P_2	施工优化工期节约 P_{21}	4D可视化、数字化下施工指导,应用智慧建造带来的工期节约
	设计优化工期节约 P_{22}	碰撞检查、节点深化设计,减少图纸变更带来的工期节约
	精准算量工期节约 P_{23}	使用BIM等技术对人、材、机等资源进行精准算量,避免传统算量遗漏、缺项、重项、错误等问题而带来的成本节约
质量提升 P_3	施工质量提升 P_{31}	智慧建造带来的施工质量提升
	现场管理质量提升 P_{32}	智慧建造带来的现场管理质量提升
安全提升 P_4	环境安全提升 P_{41}	智慧建造带来的现场环境安全提升
	工程安全提升 P_{42}	智慧建造带来的工程安全提升
	员工安全提升 P_{43}	智慧建造带来的员工安全提升
可持续性提升 P_5	绿色节能提升 P_{51}	通过对建筑能耗进行模拟分析,有效降低的能耗
	环保效益提升 P_{52}	通过智慧建造控制灰尘、噪声、污染,提升的环保效益
	现场管理提升 P_{53}	智慧建造带来的现场管理水平的提升
战略提升 P_6	人才培养提升 P_{61}	施工企业智慧建造技术人才培养的提升
	竞争优势提升 P_{62}	智慧建造带来的企业竞争优势的提升
	顾客满意度提升 P_{63}	智慧建造带来的客户满意度的提高
管理水平提升 P_7	信息共享提升 P_{71}	智慧建造带来的信息请求次数减少、信息共享水平的提升
	沟通效率提升 P_{72}	信息网络系统带来的沟通效率的提升
	数字化水平提升 P_{73}	数字化施工系统带来的实地定位的准确性和设备移动、监控、协调能力的提升

二、基于C-OWA算子的指标赋权方法

OWA算子(Ordered Weighted Averaging)是由Yager^[9]教授提出的有序加权平均算子,赵金先等^[10]通过改进提出的组合数有序加权平均算子(C-OWA)能将专家给出的评价数据最小极端化,从而在一定程度上弱化了主观偏好带来的不利影响,使指标赋权更加客观合理。确定指标权重的步骤^[11]如下:

(1)邀请 n 位专家,采用0~10打分法对同一级别指标的权重进行打分,建立初始决策数据集 $a_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$,如 $a_1 = \{7, 6, 6, 9, 7, 5\}$,将原始的数据从大到小递减排序,得到新的数据集 $b_i = \{b_0, b_1, \dots, b_{n-1}\}$,其中, $b_0 \geq b_1 \geq \dots \geq b_{n-1}$,如 $b_1 = \{9, 7, 7, 6, 6, 5\}$ 。

(2)通过组合数 c_{n-1}^j 赋权 b_i 。

$$\beta_{j+1} = \frac{c_{n-1}^j}{\sum_{k=0}^{n-1} c_{n-1}^k} = \frac{c_{n-1}^j}{2^{n-1}}, j=0, 1, 2, \dots, n-1$$

(1)

式中: i 为专家序号; j 为针对第 i 位专家打分赋权所取的序号, $i=j+1$ 。

(3)通过权重 β_{j+1} 为评价指标赋权,获得指标 a_i 的绝对权重。

$$\bar{w}_i = \sum_{j=0}^{n-1} \beta_{j+1} b_j, i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

(4)计算指标 a_i 的相对权重。

$$W_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^m \bar{w}_i}, i=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

三、智慧建造效益灰色聚类评价模型

1. 智慧建造效益测度界定

为将智慧建造效益定量化,在总结工程实践经验的基础上,对智慧建造效益的测度进行界定。从统计学角度分析,假设对效益评估之前可能得到效益评估结果的概率在理论上是完全等同的,那么可以将效益测度的界定范围均等划分。同时,为使效益评估更科学,要尽最大可能提高最高等级的界定测度值,扩大最低等级的测度范围,增大智慧建

造项目能够被评为最高级别的难度,以提高智慧建造效益水平。

设定智慧建造效益测度取值范围为[0, 10],且将效益测度划分为优、良、合格、差4个等级(见表2)。

表2 智慧建造综合效益测度

等级	优	良	合格	差
测度	9~10	7~9	5~7	<5

2. 白化权函数的灰色聚类评价

智慧建造效益评估中,大多数评价指标由于很难得到真实的客观数据而难以定量计算,导致评价效果容易受到评价专家的主观偏好、实践认知等因素的干扰,造成评价信息失真和丢失等问题。由于施工企业智慧建造效益评价处于这种信息透明的白色系统与信息未知的黑色系统之间的灰色信息系统,故采用经典的灰色聚类评价方法对其进行评价。

(1) 确定评价灰类及评价标准

将智慧建造效益指标的等级设定为“优、良、合格、差”,其对应的数值分别为4, 3, 2, 1,如果某评价指标介于两个等级之间,则取值为3.5, 2.5, 1.5。各效益指标的评价标准如表3所示。

表3 智慧建造效益指标的评价标准

等级	评价标准	灰数 e
优	与传统建造相比产生显著效益	4
良	与传统建造相比产生少量效益	3
合格	与传统建造相比未产生额外效益	2
差	与传统建造相比产生负影响	1

(2) 建立各灰类的白化权函数及计算相应的灰色系数

请 q 个专家对指标 P_{ij} 进行打分,建立矩阵 $D_i = \{d_{ijk}\}_{s \times q}$,其中, d_{ijk} 为第 k 个专家对第 i 个指标下的第 j 个指标的打分值, s 为二级指标的个数。灰类的白化权函数如表4所示。指标 P_{ij} 属于灰类 e 的评价系数为 $X_{ije} = \sum_{k=1}^q f_e[d_{ijk}]$,总灰色评价系数为 $X_{ij} = \sum_{e=1}^4 X_{ije}$ 。

表4 灰类对应的灰数及白化权函数

灰类 e	灰数 $\oplus e$	白化权函数
1	$\oplus 1 \in [0, 4, \infty]$	$f_1[d_{ijk}] = \begin{cases} \frac{d_{ijk}}{4}, & d_{ijk} \in [0, 4] \\ 1, & d_{ijk} \in [4, \infty] \\ 0, & d_{ijk} \notin [4, \infty] \end{cases}$
2	$\oplus 2 \in [0, 3, 6]$	$f_2[d_{ijk}] = \begin{cases} \frac{d_{ijk}}{3}, & d_{ijk} \in [0, 3] \\ 2 - \frac{d_{ijk}}{3}, & d_{ijk} \in [3, 6] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 6] \end{cases}$
3	$\oplus 3 \in [0, 2, 4]$	$f_3[d_{ijk}] = \begin{cases} \frac{d_{ijk}}{2}, & d_{ijk} \in [0, 2] \\ 2 - \frac{d_{ijk}}{2}, & d_{ijk} \in [2, 4] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 4] \end{cases}$
4	$\oplus 4 \in [0, 1, 2]$	$f_4[d_{ijk}] = \begin{cases} 1, & d_{ijk} \in [0, 1] \\ 2 - d_{ijk}, & d_{ijk} \in [1, 2] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 2] \end{cases}$

(3) 构建灰色聚类矩阵

根据灰色评价系数得出灰色聚类权向量

$$r_{ije} = \frac{X_{ije}}{X_{ij}}, \text{构建灰色聚类权矩阵}$$

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{in1} & r_{in2} & r_{in3} & r_{in4} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) 进行灰色聚类评估

根据计算式 $M_i = W_i \cdot R_i$,对二级指标进行聚类评价,得出综合聚类矩阵 $M_0 = (M_1, M_2, \dots, M_7)^T$;对一级指标进行综合评价, $Z = W_0 \cdot M_0$;为避免由最大权值原则确定灰类引起的数据丢失问题,将综合效益测定阈值设定为 $U = (9.5, 8, 6, 2.5)^T$;智慧建造综合效益值为 $W = Z \cdot U$;再根据表2界定的效益测度判断智慧建造综合效益水平。

四、案例分析

笔者对某工程的智慧建造项目进行实例分析,该项目采用BIM技术、4D可视化、GIS (Geographic Information System) 技术、云计算、智能化、物联网等技术。运用C-OWA算子对各级指标进行赋权,使用灰色聚类评价方法对各指标效益的评分数据进行处理,进

而对施工企业智慧建造效益进行综合定量评价,为施工企业提高智慧建造效益提供思路和参考。

1. C-OWA 算子确定权重

以一级指标赋权为例,邀请 6 位智慧建造领域的专家对各指标的重要性进行打分(见表 5)。

表 5 指标权重评分数据

指标	专家编号					分
	1	2	3	4	5	
P_1	10	10	10	9	8	6
P_2	10	8	10	10	8	8
P_3	9	8	8	8	8	7
P_4	6	7	5	8	8	6
P_5	7	6	6	9	7	5
P_6	7	8	6	9	10	5
P_7	9	9	10	10	10	7

以指标 P_1 赋权为例,将指标 P_1 的评分从大到小递减排序,得 $b_i = (10, 10, 10, 9, 8, 6)$ 。由式(1)可计算权重

$$\beta_j = (0.03125, 0.15625, 0.31250, 0.31250, 0.15625, 0.03125)$$

由式(2)计算指标 P_1 的绝对权重

$$\overline{W}_1 = \sum_{j=0}^{n-1} \beta_{j+1} b_j = 9.25000$$

同理,可得指标 $P_2 \sim P_7$ 的绝对权重

$$\overline{W}_i = (9.00000, 8.00000, 6.65625, 6.53125, 7.50000, 9.43750)$$

由式(3)计算一级指标的相对权重

$$W_i = (0.164, 0.160, 0.142, 0.118, 0.116, 0.133, 0.167)$$

各二级指标的权重计算方法同上,结果如表 6 所示。

表 6 智慧建造效益指标权重系数

一级指标		二级指标	
名称	权重系数	名称	权重系数
成本节约 P_1	0.164	施工优化成本节约 P_{11}	0.340
		设计优化成本节约 P_{12}	0.338
		精准算量成本节约 P_{13}	0.322
工期节约 P_2	0.160	施工优化工期节约 P_{21}	0.349
		设计优化工期节约 P_{22}	0.332
		精准算量工期节约 P_{23}	0.319
质量提升 P_3	0.142	施工质量提升 P_{31}	0.482
		现场管理质量提升 P_{32}	0.518
安全提升 P_4	0.118	环境安全提升 P_{41}	0.352
		工程安全提升 P_{42}	0.344
		员工安全提升 P_{43}	0.304
可持续性提升 P_5	0.116	绿色节能提升 P_{51}	0.329
		环保效益提升 P_{52}	0.320
		现场管理提升 P_{53}	0.351
战略提升 P_6	0.133	人才培养提升 P_{61}	0.345
		竞争优势提升 P_{62}	0.337
		顾客满意度提升 P_{63}	0.318
管理水平提升 P_7	0.167	信息共享提升 P_{71}	0.343
		沟通效率提升 P_{72}	0.332
		数字化水平提升 P_{73}	0.325

2. 灰色聚类评价

邀请 5 家具有资质条件的智慧建造科研机构 and 单位,从中选取 10 位专家对指标 $P_1 \sim P_7$ 进行打分。为保证评分的科学性和可靠性,邀请的都是长期从事智慧建造领域研究

的高级工程师、高校教授和博士等专业人士,这些专家具有丰富的理论知识和实践经验,在智慧建造效益评价方面有很深刻的见解。根据 10 位专家打分情况构造灰色评价矩阵

$$D_1 = \begin{bmatrix} 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 & 3.0 & 3.0 \\ 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.0 & 4.0 & 3.5 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= \begin{bmatrix} 4.0 & 3.5 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 4.0 & 3.0 & 3.0 \\ 4.0 & 4.0 & 3.5 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 3.5 \\ 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 \end{bmatrix} \\
 D_3 &= \begin{bmatrix} 3.5 & 3.5 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 \\ 4.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 \end{bmatrix} \\
 D_4 &= \begin{bmatrix} 4.0 & 3.5 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.5 \\ 3.5 & 2.5 & 3.5 & 3.0 & 3.5 & 3.5 & 2.5 & 3.5 & 2.5 & 2.5 \\ 3.0 & 3.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.5 \end{bmatrix} \\
 D_5 &= \begin{bmatrix} 3.0 & 3.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 \\ 3.0 & 2.5 & 3.0 & 2.0 & 2.0 & 3.0 & 2.0 & 3.0 & 2.0 & 2.0 \\ 3.5 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.5 \end{bmatrix} \\
 D_6 &= \begin{bmatrix} 2.5 & 3.0 & 3.0 & 2.5 & 2.5 & 2.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 3.0 & 2.5 & 3.0 \\ 2.0 & 2.5 & 2.5 & 2.0 & 2.5 & 2.0 & 2.5 & 2.0 & 2.5 & 2.0 \end{bmatrix} \\
 D_7 &= \begin{bmatrix} 3.5 & 4.0 & 4.0 & 3.5 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 3.5 & 4.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.5 & 3.5 & 3.5 & 4.0 & 3.5 & 3.5 & 3.0 & 3.0 & 3.0 \\ 3.5 & 3.0 & 2.5 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.5 & 3.5 & 3.0 & 3.0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

由表4的白化权函数和式(4)构造灰色

聚类权矩阵

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \begin{bmatrix} 0.41 & 0.43 & 0.16 & 0 \\ 0.46 & 0.42 & 0.12 & 0 \\ 0.36 & 0.44 & 0.20 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_2 &= \begin{bmatrix} 0.46 & 0.42 & 0.12 & 0 \\ 0.52 & 0.41 & 0.07 & 0 \\ 0.37 & 0.44 & 0.19 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_3 &= \begin{bmatrix} 0.46 & 0.42 & 0.12 & 0 \\ 0.42 & 0.43 & 0.15 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_4 &= \begin{bmatrix} 0.52 & 0.41 & 0.07 & 0 \\ 0.36 & 0.41 & 0.24 & 0 \\ 0.35 & 0.43 & 0.22 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_5 &= \begin{bmatrix} 0.34 & 0.43 & 0.23 & 0 \\ 0.28 & 0.37 & 0.35 & 0 \\ 0.46 & 0.42 & 0.12 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_6 &= \begin{bmatrix} 0.31 & 0.41 & 0.28 & 0 \\ 0.32 & 0.42 & 0.26 & 0 \\ 0.26 & 0.34 & 0.40 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_7 &= \begin{bmatrix} 0.46 & 0.42 & 0.12 & 0 \\ 0.41 & 0.43 & 0.16 & 0 \\ 0.38 & 0.43 & 0.19 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$M_i = W_i \cdot R_i = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.43 & 0.16 & 0 \\ 0.45 & 0.42 & 0.13 & 0 \\ 0.44 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0.41 & 0.42 & 0.17 & 0 \\ 0.36 & 0.41 & 0.23 & 0 \\ 0.30 & 0.39 & 0.31 & 0 \\ 0.42 & 0.43 & 0.16 & 0 \end{bmatrix}$$

综合聚类评价结果为

$$Z = W_0 \cdot M_0 = [0.40, 0.42, 0.18, 0]$$

智慧建造综合效益值为

$$W = Z \cdot U = 8.24$$

由表2可知,该项目智慧建造综合效益级别为“良”,与传统建造相比,产生少量效益但未获得显著效益。同理可得各一级指标的效益综合评价值: $W_1 = 8.30, W_2 = 8.42, W_3 = 8.46, W_4 = 8.28, W_5 = 8.08, W_6 = 7.83, W_7 = 8.39$ 。按指标效益值从大到小排序为 $W_3 > W_2 > W_7 > W_1 > W_4 > W_5 > W_6$,各一级指标效益同样都达到“良”等级,未达到“优”等级。

五、结 语

智慧建造为传统的建筑行业注入了新的活力,实施智慧建造可以节约建造成本和缩短工期,提升建造质量、安全水平和可持续

合成各权重向量与聚类矩阵,构造各指标的灰色评价矩阵

性,提升企业的战略高度和管理水平,为企业和社会带来巨大效益,进而提升中国建造的核心竞争力,加快建筑工业化进程。笔者根据当前研究成果和智慧建造特点,构建了施工企业智慧建造效益评价体系,利用 C-OWA 算子确定权重,可以很好地削弱评价数据极端值造成的赋权失真,确保所赋的权重更加科学合理,运用灰色聚类的数学模型既符合智慧建造效益具有相对灰色信息的特性,又能将评价数据客观而全面地反映到评价结果中,并根据评价结果分析判断现有智慧建造的效益水平,对施工过程效益提升有一定的指导和借鉴意义。

运用所建立的评价模型进行实例计算可知,该项目一级评价指标效益值由大到小排序依次为质量提升、工期节约、管理水平提升、成本节约、安全提升、可持续性提升、战略提升。其中,可持续性提升和战略提升的效益水平对综合效益的影响较低,决策者应予以重视,加强对其所属指标的具体管理,进一步提升整体项目的效益水平。

参考文献:

[1] 刘占省,孙佳佳,杜修力,等.智慧建造内涵与发展趋势及关键应用研究[J].施工技术,2019,48(24):1-7.

- [2] 姚辉彬,徐友全.工程项目承包商智慧建造能力评价分析[J].建筑经济,2018,39(11):102-105.
- [3] 李强年,赵敬忠,马岷成.基于智慧建造的工程施工成本精益控制研究[J].建筑节能,2019,47(9):154-159.
- [4] 杨昆.智慧建造背景下施工成本精细化管控研究[J].四川水泥,2020(10):220-221.
- [5] 吴蔚.BIM效益评价方法及应用研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [6] 李欣兰,黄玮征.建筑工程BIM应用价值评价指标体系研究[J].建筑经济,2016,37(4):105-110.
- [7] 赵煜.施工方BIM技术应用效益研究[D].郑州:郑州大学,2017.
- [8] 李劲珉.BIM应用的效益评价体系研究与实证[D].广州:华南理工大学,2018.
- [9] YAGER R R. Families of OWA operators [J]. Fuzzy sets and systems,1993,59(1):125-148.
- [10] 赵金先,李龙,刘敏.基于OWA算子赋权的地铁工程项目管理绩效灰色评价[J].建筑经济,2014,35(9):125-129.
- [11] 赵辉,马胜彬,卜泽慧.城市地下综合管廊PPP项目运作方式选择:基于组合赋权法与改进的VIKOR法[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2019,21(6):590-597.

Evaluation Study of Intelligent Construction Benefit of Construction Enterprises

CUI Qinghong¹, LI Min¹, CHEN Yutian¹, HU Xiancun²

(1. School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China; 2. School of Design and Built Environment, University of Canberra, Canberra 2617, Australia)

Abstract: From the perspective of construction enterprises, taking intelligent construction as the research object, the evaluation index system of intelligent construction benefits was established according to the characteristics of intelligent construction, the weight of each index was determined by C-OWA operator method, and the grey clustering evaluation model of intelligent construction benefits of construction enterprises was established. It is expected to provide ideas and references for the decision-making and evaluation of construction enterprises in the process of intelligent construction, and improve the benefits of intelligent construction of construction enterprises.

Key words: intelligent building; benefit evaluation; C-OWA operator; grey clustering; construction enterprises

(责任编辑:郝雪 英文审校:林昊)