

基于 FAHP-CRITIC 和 VIKOR 法的 PC 构件 供应商评价选择方法

刘 畅¹, 刘建军¹, 刘福江²

(1. 甘肃省集成装配式建筑产业发展有限公司, 兰州 730000; 2. 甘肃建投科技研发有限公司, 兰州 730000)

摘要:选择优质合适的 PC 构件供应商是装配式建筑项目顺利开展的关键。针对 PC 构件供应商的评价选择问题,提出一种基于 FAHP-CRITIC 和 VIKOR 法的评价选择方法。基于包括性能、价格、供货、企业发展及合作 5 个方面的构件供应商评价指标体系,采用 FAHP 与 CRITIC 法分别确定了各评价指标的主、客观权重,采用基于理想点法的组合权重赋权法确定其组合权重;基于此,采用 VIKOR 法计算出待选供应商的综合评价值并进行优劣排序;最后,通过算例验证了本选择决策方法的实用性与科学性。研究成果可为 PC 构件采购商提供科学的选择方法,同时也可作为 PC 构件的供应商进一步提升竞争力提供参考。

关键词:装配式建筑;预制构件(PC);供应商;选择;评价

中图分类号:F274;TU721 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)03-0108-06

装配式建筑是指工厂制作构件,并运输至现场,装配施工而成的建筑。与传统的建造方式相比,装配式建筑具有人工用量少、建筑速度快、施工安全、碳排放量少等优点,被视为实现中国建筑工业化战略的重要手段与途径。尽管与日本、新加坡及欧洲等国家与地区相比,目前中国的装配式建筑尚处于初步发展阶段,但近些年来,国家与各地政府出台了一系列的文件与政策致力于引导与推动装配式建筑的发展,装配式建筑项目及上下游的产品与产业也如雨后春笋般大量涌现,中国装配式建筑取得了长足的发展。

预制构件(precast concrete,简称 PC 构件)作为装配式建筑最主要的组成部件,是体现设计初衷、实现业主需求的关键所在,其质量、性能、价格、兼容性及供应及时性等直接影响装配式建筑项目的质量、造价与进度,而上述特性均由 PC 构件的供应商直接决定。但是,由于缺乏科学的评价选择方法,目前大部分 PC 构件供应商的选择仍大多参考传统建造生产模式或以直接低价中标为主,轻视 PC 构件供应商的特殊性与差异性以及供应商选择的

重要性,给项目与采购者带来了较大的风险。因此,科学合理的 PC 构件供应商选择决策是装配式建筑项目顺利开展的重要前提。

目前,关于 PC 构件供应商评价选择问题为数不多的研究主要散落于 PC 构件供应商评价指标和评价方法两个方面。对于 PC 构件供应商评价指标问题,大部分研究从产品(质量、价格及供货等)与企业(资产、经验及服务)两个角度展开分析讨论,已形成了具有一定成熟度的评价指标体系^[1],但也有相当一部分研究的评价指标体系仍存在指标不够全面或可操作性差的问题。而关于评价方法的研究大多是在评价指标体系的基础上展开的,其基本思路大致相同:建立评价指标体系—确定各个评价指标权重—展开评价排序。在现有相关研究中,潘雨红等^[2]通过 DEMATEL 法与 BP 神经网络相结合的方法,在分析指标体系关联度的基础上,确定了 PC 构件供应商各评价指标的权重。张青霞等^[3]基于熵权法对 PC 构件供应商各评价指标进行了客观赋权,利用 GRAP 改进的 VIKOR 法,提出了一种 PC 构件供应商选择模

收稿日期:2021-11-04

基金项目:甘肃省住房和城乡建设厅 2021 年建设科技计划项目(JK2021-30);2021 年度甘肃省委组织部省级重点人才项目。

作者简介:刘畅(1987—),男,甘肃兰州人,甘肃省集成装配式建筑产业发展有限公司,中级工程师,研究方向为装配式建筑技术管理与研究;通信作者刘福江(1994—),男,甘肃武威人,甘肃建投科技研发有限公司,助理工程师,硕士,研究方向为装配式建筑与 BIM 技术科技研发。

型。陈艳等^[4]通过 SEM 法构建了 PC 构件供应商的评价指标体系,基于 FAHP 对各评价指标进行赋权并计算各指标得分,以进行 PC 构件供应商的评价选择。潘雨红等^[5]在采用熵值法对各评价指标进行赋权的基础上,使用 TOPSIS 模型逼近于理想解的排序方法对 PC 构件供应商进行评价分析;赵辉等^[6]通过 C-OWA 算子对指标进行客观赋权,以犹豫模糊集为描述语言构造决策矩阵,通过计算前景价值和心理权重确定综合前景值以对供应商进行评价选择。

但是,上述方法各自在不同方面均存在一定的局限性。在赋权方面,专家打分法、层次分析法等主观赋权方法均属于“偏好驱动”性赋权方法,很容易受评价人员的知识、经验与偏好影响失去有效性;而熵权法、CRITIC 法等客观赋权法为“差异驱动”性评价方法,往往忽略了评价人员主观看法及各个指标之间的实际轻重关系,有时还会由于数据偏差导致结果与实际不符^[7]。而在评价方面,常用的 TOPSIS 法鲁棒性较差,常常出现所得出最优解并非最接近理想解、评价无效的情况;BP 神经网络方法存在训练与学习所需时间长、对一线工程人员不友好的问题。

基于此,本研究提出一种基于 FAHP-CRITIC 和 VIKOR 的 PC 构件供应商评价选择方法,以克服已有方法的不足。在相关研究的基础上,遵循科学、系统、可操作性强的原则,优化评价指标,建立评价指标体系,采用模糊层次分析法(FAHP)和 CRITIC 法对各指标进行主、客观赋权,并确定其组合权重,进而采用多准则妥协解排序法(VIKOR)对 PC 构件供应商进行综合评价排序以进行 PC 构件供应商的选择。本研究的成果将助于科学高效地解决装配式建筑 PC 构件供应商选择问题,也丰富供应商评价选择问题的讨论,为相关的研究提供借鉴与思路。

1 评价指标体系的建立

基于已有研究成果,考虑 PC 构件生产与使用的特点,遵循简洁、独立、代表、可行、全面的原则^[8],从性能、价格、供货、企业发展及合作 5 个角度出发,通过文献阅读挖掘,结合小组讨论,建立了由 19 个指标构成的 PC 构件供应商的评价指标体系,见表 1。为了进一步分析的需要,明确各个指标的性质,其中效益型指标表示数值越大越好的指标,而经济型指标表示数值越小越好的指标。

表 1 PC 构件供应商评价指标体系			
目标层	准则层	指标层	性质
P C 构 件 供 应 商 评 价 选 择	性能	产品合格率 F_1	效益型、定量
		产品外观质量 F_2	效益型、定性
		构件标准化程度 F_3	效益型、定性
		构件的种类 F_4	效益型、定性
	价格	构件报价 F_5	成本型、定量
		价格波动率 F_6	成本型、定量
		运输成本比率 F_7	成本性、定量
	供货	准时交货率 F_8	效益型、定量
		供货柔性 F_9	效益型、定性
		装卸搬运水平 F_{10}	效益型、定量
	企业发展	专业企业资质 F_{11}	效益型、定量
		生产设备情况 F_{12}	效益型、定性
		已参与装配式建筑面积 F_{13}	效益型、定量
		资信评级 F_{14}	效益型、定量
		开发与设计能力 F_{15}	效益型、定性
	合作	合作意愿 F_{16}	效益型、定性
		文化、战略及合作模式的兼容性 F_{17}	效益型、定性
		问题解决及时有效性 F_{18}	效益型、定性
		项目团队人员素质 F_{19}	效益型、定性

2 基于 FAHP-CRITIC 和 VIKOR 法的评价模型构建

假设有 m 个待评价选择样本 P_i , n 个评价指标 F_j , 形成原始数据矩阵 $\mathbf{X} = [x_{ij}]_{m \times n}$, 其中 x_{ij} 为第 i 个样本第 j 项评价指标值。

2.1 数据处理

2.1.1 指标无量纲化处理——极值归一化

由于不同评价指标具有不同的数量级与量纲(如 F_1 产品合格率与 F_5 产品报价等),为保证后续各指标之间具有可比性,采用极值归一化方式对原始数据矩阵 $\mathbf{X}$ 进行无量纲化处理,计算公式为

效益型指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j_{\min}}}{x_{j_{\max}} - x_{j_{\min}}} \tag{1}$$

成本型指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{j_{\max}} - x_{ij}}{x_{j_{\max}} - x_{j_{\min}}} \tag{2}$$

由此得到无量纲化后评价矩阵 $\mathbf{X}' = [x'_{ij}]_{n \times m}$ 。

2.1.2 指标规范化——平方和归一化

虽然极值归一化处理解决了数据之间数量级与量纲差异性问题,但是同时也改变了原始数据之间关系比例,换言之,极值归一化并非线性处理。这对于大部分由“差异驱动”的客观赋权方法影响并不大,但对于大部分基于逼近理想解的评价方法的精确度甚至结果却有着很大影响。因此,采用平方和归一化的方法对数据进行规范化处理,计算公式为

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}}}$$

(3)

由此得到规范化后评价矩阵 $Z = [z_{ij}]_{n \times m}$

2.2 基于 FAHP-CRITIC 法指标权重确定

2.2.1 基于 FAHP 法的指标主观权重确定

FAHP 法是在 AHP 法基础上引入三角模糊数形成的一种赋权方法,其既保留了 AHP 法科学、严谨的赋权思路,又考虑了某些变量评价时的主观模糊性,同时还解决了 AHP 法需反复进行一致性检验的缺陷。其具体赋权计算过程如下:

1)构建模糊判断矩阵。邀请 t 个专家对 n 个评价指标采用 9 度标度法进行评价,确定目标层对准则层、准则层对指标层的三角模糊判断矩阵 $B = (b_{ij})_{n \times n} = (s_{ij}, m_{ij}, u_{ij})_{n \times n}$,具体形式见表 2。

表 2 三角模糊判断矩阵

H_k	F_1	F_2	...	F_n
F_1	(1, 1, 1)	(s_{12}, m_{12}, u_{12})	...	(s_{1n}, m_{1n}, u_{1n})
F_2	(s_{21}, m_{21}, u_{21})	(1, 1, 1)	...	(s_{2n}, m_{2n}, u_{2n})
...	...	...	...	...
F_n	(s_{n1}, m_{n1}, u_{n1})	(s_{n2}, m_{n2}, u_{n2})	...	(1, 1, 1)

表 2 中, H_k 为上层某一因子, $F_1 \sim F_n$ 为本层因子。三角模糊判断矩阵中,每个元素表示相对于某一元素对另一元素的重要程度, s_{ij} 为最低可能值, m_{ij} 为最可能值, u_{ij} 为最高可能值。

将各个专家的模糊判断矩阵进行整合。假设专家权重为 q_t ,则整合后的判断矩阵为 $G = (g_{ij})_{n \times n}$,即

$$G = (g_{ij})_{n \times n} = (\sum_{t=1}^T q_t b_{ij}^t)_{n \times n} = (\sum_{t=1}^T s_{ij}^t q_t, \sum_{t=1}^T m_{ij}^t q_t, \sum_{t=1}^T u_{ij}^t q_t)_{n \times n}$$

(4)

2)计算第 k 层元素 j 的初始权重 S_j^k 。根据式(5)计算第 k 层元素 j 的初始权重 S_j^k ,即 k 层元素 j 的综合模糊群值。

$$S_j^k = \sum_{i=1}^n g_{ij}^k \otimes (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij}^k)^{-1}$$

(5)

3)层次单排序。层次单排序是指对上一层因素而言,本层元素的重要性排序,其过程包括去模糊化与标准化。

根据式(6),得到各指标 F_j 初始权重 S_j^k 对应的去模糊化权重 $d(F_j)$ 。

$$d(F_j) = \min v(S_j^k \geq S_i^k) = \min \left[\frac{s_i - u_j}{(m_j - u_j) - (m_i - s_i)}, 1 \right],$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j$$

(6)

进一步地,根据式(7)标准化去模糊化权重 $d(F_j)$,得到各指标最终权重 c_j 。

$$c_j = \frac{d(F_j)}{\sum_{j=1}^n d(F_j)}$$

(7)

$$C^k = (c_1^k, c_2^k, \dots, c_n^k)$$

(8)

依次计算准则层对目标层的权重 C^3 及指标层对准则层的权重 C^2 。

4)层次总排序。层次总排序是指对目标层而言,指标层各元素的重要程度排序,其计算公式为

$$A = C^3 C^2 = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_j, \dots, \alpha_n)$$

(9)

2.2.2 基于 CRITIC 法的主观权重确定方法

具体赋权计算步骤如下:

1)指标变异性计算。使用标准差 S_j 来表示各指标内的差异波动(变异性)情况,具体计算公式为

$$S_j = \sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j')]/(n-1)}$$

(10)

式中, $\bar{x}_j'$ 为第 j 个评价指标的标准值, $\bar{x}_j' = \sum_{i=1}^n x_{ij}'$ 。

标准差 S_j 越大,表明该指标的数据差异越大,反映的信息也越多,该指标的评价强度也越强。

2)指标冲突性计算。使用冲突系数 R_j 来表示各指标内的冲突性情况,具体计算公式为

$$R_j = \sum_{i=1}^p (1 - r_{ij})$$

(11)

式中, r_{ij} 表示第 i 指标与第 j 个指标之间的相关系数,

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ki}' - \bar{x}_i')(x_{kj}' - \bar{x}_j')}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ki}' - \bar{x}_i')^2 \sum_{i=1}^m (x_{kj}' - \bar{x}_j')^2}}$$

冲突系数 R_j 越大,表明该指标与其他指标相关性越弱,冲突性越强,反映的信息也越大,即评价内容表征性强,该指标的评价强度高。

3)信息量计算。基于指标变异性、冲突性的计算结果,确定各指标的信息量 C_j ,具体计算公式为

$$C_j = S_j R_j$$

(12)

从式(12)不难看出,信息量 C_i 是指标变异性与冲突性的融合,信息量越大,指标所能反映的信息越多,该指标在整个评价系统中的作用也越大。

4)确定各指标客观权重。第 j 个指标的客观权重 β_j 为

$$\beta_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}$$

(13)

2.2.3 基于理想点法的组合权重的计算

组合权重确定采用基于理想点法的组合赋权法,将 FAHP 法确定的客观权重 α 与 CRITIC 法确定的客观权重 β 按式(14)进行组合,确定组合权重 w_j 。

$$w_j = \frac{w'_j}{\sum_{j=1}^n w'_j} \quad (14)$$

式中, $w'_j = \sqrt{\frac{\alpha_j^2 + \beta_j^2}{2}}$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。

2.3 基于 VIKOR 法 PC 构件供应商评价选择

2.3.1 确定正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^-

基于规范化后判断矩阵 Z , 根据式(15)与式(16)确定正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^- , 即

$$Z^+ = \{(\max_j z_{ij} | j \in J_1), (\min_j z_{ij} | j \in J_2)\} \quad (15)$$

$$Z^- = \{(\min_j z_{ij} | j \in J_1), (\max_j z_{ij} | j \in J_2)\} \quad (16)$$

式中: J_1 为正向指标的集合; J_2 为负向指标的集合。

2.3.2 计算各待选择方案的群体效用值 S_j 、个体遗憾值 R_j 及利率比率 Q_j , 即

$$S_j = \sum_{i=1}^n [w_i (Z_i^+ - z_{ij}) / (Z_i^+ - Z_i^-)] \quad (17)$$

$$R_j = \max [w_i (Z_i^+ - z_{ij}) / (Z_i^+ - Z_i^-)] \quad (18)$$

S_j 表示被评价对象的群体效应, 数值越小群体效用越大; R_j 表示被评价对象的个体遗憾, 数值越小群体效用也越小。

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \quad (19)$$

式中: v 为决策机制系数, 当 $v > 0.5$ 时, 表明评价人员更倾向于最大化全体效应值, 当 $v < 0.5$ 时, 则表明评价人员更倾向于最小化个体遗憾值, 当 $v = 0.5$ 时, 评价人员均衡考虑全体效用值和个体遗憾值, 本研究取 $v = 0.5$; $S^* = \min S_j$, $S^- = \max S_j$; $R^* = \min R_j$, $R^- = \max R_j$ 。

2.3.3 对所有方案进行排序

对所有评价对象 S_j 、 R_j 及 Q_j 值进行排序。

2.3.4 选取最优方案

根据 Q_j 值的排序结果, 若满足以下两个条件, 则可认为 Q_j 最小的为最优方案; 若仅满足条件 1 或条件 2, 则 P' 、 P'' 均为妥协方案。

条件 1:

$$Q(P'') - Q(P') \geq 1/(m-1) \quad (20)$$

式中: P' 与 P'' 为 Q_j 排序第 1 与第 2 的待评价选择样本; m 为待评价选择样本。

条件 2:

$$\begin{cases} R(P') < R(P'') \\ S(P') < S(P'') \end{cases} \quad (21)$$

3 实例分析

为了验证本研究所建立评价选择模型的有效性, 需通过实例对其进行检验。

某 EPC 装配式混凝土项目总建面 23.6 万 m^2 , 装配率 65%, 主要竖向及水平构件采用 PC 构件, PC 构件总需求达 2.3 万 m^3 。根据项目实际需求, 结合集团公司对项目的内控要求, 经过初步筛选, 选取总承包单位供应商库中的 4 家 PC 构件供应商(P1、P2、P3 及 P4)作为待评价选择对象, 进行评价选择。

3.1 数据获取及处理

评价所需的定量指标数据通过已有数据或推导计算获得; 定性指标数据是在评价人员对 4 家 PC 构件企业及产品等全面深入调研的基础上, 由德菲尔法打分确定。评价人员由 5 人构成, 1 人为本项目负责人, 1 人为项目技术负责人, 1 人为本项目设计负责人, 2 人为具有丰富装配式建筑施工经验的外部专家。

据此, 构建原始数据矩阵 O 。进一步地, 根据 2.1.1、2.1.2 所述的方法, 形成无量纲化后评价矩阵 X' 及规范化后评价矩阵 Z , 结果见表 3。

3.2 确定组合权重

指标主观赋权的评价人员同样由上述 5 人承担, 经小组讨论, 其权重为: 项目负责人 0.30、项目技术负责人 0.15、项目设计负责人 0.15、外部专家 A0.20、外部专家 B0.20。制作结构化模糊指标相对重要性问卷, 分发至 5 位评价人员, 判断得出各层指标的相对重要性。

基于问卷调查结果, 根据 2.1 节所述的 FAHP 法确定各评价指标主观权重; 根据表 3 所示数据, 依照 2.2 节所述的 CRITIC 法确定各评价指标客观权重, 进一步地, 根据 2.3 节所述的组合权重确定方法确定各指标的组权重, 结果见表 4。

3.3 确定各 PC 构件供应商 S_j 、 R_j 及 Q_j 值

基于表 3 所示的规范化后矩阵 Z , 根据式(15)、式(16)确定各指标的正、负理想解。进一步地, 根据式(17)、(18)和(19)以及表 3 与表 4, 计算各评价方案 S_j 、 R_j 及 Q_j 值, 计算结果见表 5。

3.4 评价结果分析

根据 VIKOR 算法排序条件 1 可知, $Q(P'') - Q(P') \geq 1/(m-1) = 0.333$, Q 值排序为 1 供应商 P3 满足该条件, 排序为 2 的供应商 P4、排序为 3 的供应商 P1 不满足该条件; 对于条件 2 而言, 同样 P3 满足该条件, P3 与 P4 不满足该条件。综上可判定, PC 构件供应商 P3 为本项目的最优选择; 而 P1 与 P4 次于 P3 的妥协选择, P1 具有优于 P4 的个体遗憾值, 而 P4 具有优

于 P1 的群体效应值,在 0.5 的抉择系数下(最大化群体效应,最小化个体遗憾),P4 的利益比率更佳;而 PC

构件供应 P2 为本项目的最差选择。因此,本项目的 PC 构件供应商优劣排序为 $P3>P4>P1>P2$ 。

表 3 各 PC 构件供应商各项评价指标数据

指标	原始数据矩阵 X				无量纲化后矩阵 X'				规范化后矩阵 Z			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
F_1	92.4	89.3	93.2	94.2	0.632 7	0.000 0	0.795 9	1.000 0	0.500 6	0.483 8	0.504 9	0.510 3
F_2	9.3	8.4	9.2	9.2	1.000 0	0.000 0	0.888 9	0.888 9	0.514 8	0.465 0	0.509 3	0.509 3
F_3	8.3	8.9	8.1	9.4	0.153 8	0.615 4	0.000 0	1.000 0	0.477 6	0.512 1	0.466 0	0.540 8
F_4	0.89	0.73	0.82	0.87	1.000 0	0.000 0	0.562 5	0.875 0	0.536 3	0.439 9	0.494 1	0.524 2
F_5	3 426	3 356	3 226	3 440	0.934 6	0.607 5	0.000 0	1.000 0	0.509 4	0.498 9	0.479 6	0.511 4
F_6	38.2	28.6	30.1	33.4	1.000 0	0.000 0	0.156 3	0.500 0	0.582 6	0.436 2	0.459 1	0.509 4
F_7	7.2	7.3	6.4	8.9	0.320 0	0.360 0	0.000 0	1.000 0	0.479 7	0.486 3	0.426 4	0.592 9
F_8	93.2	89.2	87.3	91.3	1.000 0	0.322 0	0.000 0	0.678 0	0.516 2	0.494 0	0.483 5	0.505 7
F_9	8.2	7.2	8.9	8.8	0.588 2	0.000 0	1.000 0	0.941 2	0.493 8	0.433 6	0.536 0	0.530 0
F_{10}	7.2	7.3	8.4	8.9	0.000 0	0.058 8	0.705 9	1.000 0	0.451 0	0.457 2	0.526 1	0.557 4
F_{11}	3	2	2	2	1.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.654 7	0.436 4	0.436 4	0.436 4
F_{12}	7.9	8.7	8.6	9.2	0.000 0	0.615 4	0.538 5	1.000 0	0.458 6	0.505 1	0.499 3	0.534 1
F_{13}	7.16	9.21	9.32	8.15	0.000 0	0.949 1	1.000 0	0.458 3	0.420 9	0.541 4	0.547 9	0.479 1
F_{14}	8.9	7.6	8.2	8.7	1.000 0	0.000 0	0.461 5	0.846 2	0.532 0	0.454 3	0.490 1	0.520 0
F_{15}	6.7	7.1	6.8	7.3	0.000 0	0.666 7	0.166 7	1.000 0	0.480 0	0.508 7	0.487 2	0.523 0
F_{16}	9.3	9.3	9.2	8.7	1.000 0	1.000 0	0.833 3	0.000 0	0.509 4	0.509 4	0.503 9	0.476 5
F_{17}	8.5	7.9	8.4	8.7	0.750 0	0.000 0	0.625 0	1.000 0	0.507 1	0.471 3	0.501 2	0.519 1
F_{18}	7.6	8.4	7.2	8.2	0.333 3	1.000 0	0.000 0	0.833 3	0.483 2	0.534 0	0.457 8	0.521 3
F_{19}	6.3	8.2	7.2	7.4	0.000 0	1.000 0	0.473 7	0.578 9	0.431 1	0.561 2	0.492 7	0.506 4

表 4 指标权重值

指标	FAHP 法权重	CRITIC 法权重	组合权重
F_1	0.263 8	0.049 3	0.167 8
F_2	0.019 2	0.044 8	0.030 5
F_3	0.035 2	0.068 1	0.047 9
F_4	0.069 9	0.040 6	0.050 6
F_5	0.239 6	0.043 5	0.152 3
F_6	0.044 4	0.046 7	0.040 3
F_7	0.023 1	0.056 9	0.038 4
F_8	0.093 9	0.057 5	0.068 9
F_9	0.021 4	0.058 8	0.039 1
F_{10}	0.009 8	0.064 6	0.040 9
F_{11}	0.007 4	0.058 4	0.036 8
F_{12}	0.016 7	0.051 1	0.033 6
F_{13}	0.036 0	0.055 5	0.041 4
F_{14}	0.011 6	0.041 5	0.027 0
F_{15}	0.003 6	0.062 0	0.038 8
F_{16}	0.057 1	0.059 0	0.051 4
F_{17}	0.006 0	0.042 6	0.026 9
F_{18}	0.029 7	0.061 3	0.042 6
F_{19}	0.011 5	0.038 0	0.024 8

表 5 各 PC 构件供应商 S_j 、 R_j 及 Q_j 值及排序结果

评价对象	S_j	R_j	Q_j	S_j 值 排序	R_j 值 排序	Q_j 值 排序
P1	0.528 0	0.142 7	0.694 7	3	2	3
P2	0.616 5	0.167 8	1.000 0	4	4	4
P3	0.368 3	0.068 9	0.000 0	1	1	1
P4	0.377 3	0.152 3	0.439 8	2	3	2

4 结论

为解决装配式建筑 PC 构件供应商选择问题,构建了 PC 构件供应商的评价指标体系,提出一种基于 FAHP-CRITIC 及 VIKOR 法的 PC 构件供应商评价方法,并用实例证明了该评价方法在 PC 构件供应商选择中的有效性和科学性。本评价选择方法采用整体最优组合赋权法对各项评价指标进行组合赋权,基于 VIKOR 进行评价,克服了以往单一赋权方法的主观性和片面性以及组合赋权法的不足,使得赋权结果更加科学、合理,评价方法更具鲁棒性,也更加接近实际结果,为 PC 构件供应商综合评价选择提供了新的思路。

参考文献

[1] 石晓波,任佳,刘晨晨.装配式建筑预制构件供应商评价指标体系构建[J]. 建筑经济,2019,40(1):92-97.

[2] 潘雨红,詹翌,马旭.基于 DEMATEL-BP 的装配式住宅预制构件供应商选择的影响因素识别[J]. 数学的实践与认识,2017,47(9):22-34.

[3] 张青霞,余健俊,叶嵩.基于 GRAP-VIKOR 的装配式建筑 PC 构件供应商选择决策[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(1):165-172.

[4] 陈艳,柴访,谢运慧.基于 SEM-FAHP 的装配式建筑预制构件供应商选择[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2021,23(1):68-74.

[5] 潘雨红,潘永飞,马旭. 基于 Entropy-Topsis 方法的住宅预制构件的物流供应商选择[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(2):101-107.

[6] 赵辉,马胜彬,卜泽慧,等. 基于前景理论的装配式建筑预制构件供应商选择[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(5):1-7,14.

[7] 李强,汪永超,侯力,等. 基于改进的 FAHP-CRITIC 和 VIKOR 法的专用机床优选方法[J]. 组合机床与自动化加工技术,2020(11):135-138,143.

[8] 张发明. 综合评价基础方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2018:7-8.

Evaluation and Selection Method of PC Component Suppliers Based on
FAHP-CRITIC and VIKOR Method

LIU Chang¹, LIU Jianjun¹, LIU Fujiang²

(1. Gansu Integrated Prefabricated Construction Industry Development Co.,Ltd.,Lanzhou 730000,China;
2. Gansu Construction Investment Technology Research and Development Co.,Ltd.,Lanzhou 730000,China)

Abstract: The selection of high quality and appropriate PC component suppliers is the key for the smooth development of prefabricated construction projects. Aiming at the problem of evaluation and selection of PC component suppliers, an evaluation and selection method based on FAHP-CRITIC and VIKOR method was proposed. Based on the evaluation index system of component suppliers including performance, price, supply, enterprise development and cooperation, the FAHP and CRITIC methods were used to determine the subjective and objective weights of each evaluation index, and the combination weight method based on ideal point method was used to determine the combination weight. Based on this, VIKOR method was used to calculate the comprehensive evaluation value of the suppliers to be selected and rank the advantages and disadvantages. Finally, an example was given to verify the practicability and scientificity of the method. The research results can provide a scientific selection method for PC component purchasers, and also provide a reference for PC component suppliers to further enhance their competitiveness.

Keywords: prefabricated building; prefabricated components(PC); suppliers; selection; evaluation