

基于 WSR - 云模型的保障性住房 PPP 项目 建设风险评价

郭 平,任康飞^{*},高 明,李玉凤

(青岛理工大学 管理工程学院,山东 青岛 266520)

摘要:保障性住房 PPP 项目在建设过程中面临着多种不确定性的发生。为了降低风险发生时造成的影响和损失,有必要对项目的建设风险进行评价。首先运用 WSR 系统方法从物理、事理、人理三个维度进行风险分析,构建保障性住房 PPP 项目建设风险评价指标体系;其次运用 G1 法和改进 CRITIC 法分别确定风险因素的主客观权重,利用组合赋权对指标权重进行优化;然后以云理论为基础,建立云模型保障性住房 PPP 项目建设风险评价模型;最后选取 H 市一保障性住房 PPP 项目作为案例,进行建设风险评价研究,最终确定该项目建设风险水平为中等风险,其中在指标体系中成本增加风险和资金链不稳定风险需要重点关注。通过结合实例验证了该方法的适用性和有效性,同时,根据评估结果提出了具体的风险预防及应对措施,为项目后续建设风险管理提供可借鉴性的依据和指导。

关键词:保障性住房;PPP 项目;风险评价;云模型;WSR 理论

中图分类号: F403 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008 - 7192 (2021) 05 - 0085 - 08

随着社会经济的稳步增长,中低收入人群的住房需求与居高不下的房价之间矛盾不断加剧。住房保障开始制约社会的稳健发展,是我国极需解决的一大民生问题。为了解决中低收入人群安居这一需求,国家出台了一系列住房保障政策文件,提出大力建设保障性住房并将其作为未来发展的重要范畴。但由于项目自身特点,发展过程中一直受到资金短缺、建设周期长、政府管理精力有限等问题影响,尤为突出的是资金短缺问题。在这种大量资金需求的背景下,PPP 模式成为保障性住房项目投融资的创新模式,有效缓解了政府财政压力,同时,在提高项目服务质量、合理分担风险和转变政府职能等方面也起到了一定作用^[1]。而保障性住房 PPP 项目在发展的过程中,如何准确的识别和防范项目建设风险是项目成功的关键。

在对保障性住房 PPP 项目进行建设风险评价时,首先要建立评价指标体系。本文选用具有中国传统哲学思辨思想的 WSR 理论分析项目建设风险,其具有系统性、动态性、科学性的特点,在解

决复杂问题方面具有较强的影响力^[2]。目前,WSR 理论已经应用于多个领域,在项目风险评价方面取得了一系列成果。周汉卿^[3]运用 WSR 理论建立了电镀小微企业园区安全管理评价指标体系,找出安全管理的薄弱环节;姬荣斌等^[4]建立了企业安全生产应急管理 WSR 模型,阐述了物理、事理、人理三者之间的关系;陈佳等^[5]运用 WSR 方法论、犹豫模糊集法建立风险模型;石广斌等^[6]提出了基于 WSR - TOPSIS 的学生公寓火灾风险评价方法;刘艳等^[7]运用 WSR 方法完善了装配式建筑施工质量评价体系;刘金林等^[8]运用 WSR 方法论构建风险框架并建立污水处理厂升级扩建 PPP 项目融资风险模型进行融资风险分析。同时,关于保障性住房项目风险有关研究也取得一定的研究成果。林晓燕^[9]利用演绎推理法分析大型保障房社区产生社会风险的作用机理,构建了社会风险产生和传染逻辑并提出完善建设管理保障房的有关建议;郑禹江^[10]基于层次分析法构建保障性安居工程 PPP 项目的风险评价模型对保障性安

收稿日期:2021-05-06

基金项目:国家自然科学基金项目(71471094);“十三五”山东省高等学校人文社会科学研究平台项目“智慧城市建设管理研究中心”

作者简介:郭 平(1966 -),男,青岛理工大学管理工程学院副教授,硕士生导师,研究方向为房地产经营管理、物业管理;任康飞(1997 -),女,青岛理工大学管理工程学院硕士研究生,研究方向为工程项目管理。

^{*}通讯作者:任康飞。E-mail:1059186743@qq.com

居工程 PPP 项目风险因素进行评价;李洋^[11]对保障房项目各阶段财务风险进行了识别并采用层次分析法和综合评价法构建了保障性住房项目财务风险评估模型对项目风险进行了评价;司冰^[12]探索 PPP 模式保障性住房风险因素,构建基于 AHP 的 PPP 模式保障性住房的风险评价模型,促进项目风险评价;何廉清^[13]梳理了近年来我国在经适房、廉租房、公共租赁住房方面的政策,认为当前我国的保障性住房建设中的主要瓶颈是融资模式。

通过梳理相关研究文献,发现目前研究虽然针对保障性住房 PPP 项目风险评价从不同角度进行了分析,也结合各种评价方法建立了评价模型,但其评价指标体系的建立无相应的理论基础指导,并且指标权重的确定比较简单,使评价结果具有片面性。因此,本文将立足于保障性住房 PPP 项目的整体发展情况,以 WSR 理论基础作为指导,对保障性住房项目建设风险进行梳理,建立风险评价指标体系;其次,运用 G1 法和改进 CRITIC 法进行组合赋权,合理科学的确定风险指标权重,对项目风险进

行系统的分析;最后,采用云模型进行风险评价,为项目建设风险管理提供参考和依据。

一、保障性住房 PPP 项目建设风险评价指标体系构建

物理-事理-人理(WSR)理论是顾基发教授于1994年提出的一种系统方法论,该理论在解决复杂系统问题时既能考虑研究对象本身,即物理;又能考虑如何更好地运用实现物本身的方面,即事理;同时,还能考虑人对理解现象、发现问题和实施管理等主观能动性的方面,即人理^[14]。体现了这一理论的科学性、动态性与系统性,避免了因指标过少而考虑不全面或因指标过多导致计算繁琐的问题,有益于建立更科学更条理的风险评价指标体系。通过对相关文献进行梳理总结^[15-23]以及专家访谈,再根据保障性住房 PPP 项目自身实际情况,以 WSR 方法为基础提出 8 个一级指标、28 个二级指标(表 1)。

表 1 保障性住房 PPP 项目建设风险评价指标体系

维度	一级指标	二级指标	具体含义	
物理	市场经济环境 C_1	利率变动 C_{11}	利率上涨会导致利息增加,进而增加建设成本	
		通货膨胀 C_{12}	通货膨胀引起货币贬值导致建设成本增加	
		资金链不稳定 C_{13}	资金链断裂会导致供应中断和项目本身停工等情况	
		供需不平衡 C_{14}	由于规划不当使某些地区出现供需不平衡	
	法律环境 C_2	法律法规变化 C_{21}	法律法规的变动导致原有合同条款不合理	
		法律监管不完善 C_{22}	有关法律和监管部门还不能全面指导监督项目展开	
		建设标准变动风险 C_{23}	建设标准变更直接影响项目的成本和进度	
	地理位置环境 C_3	项目选址风险 C_{31}	项目选址过偏或施工条件恶劣	
		基础设施不完善 C_{32}	项目选址周边基础设施不齐全加大施工难度	
	不可抗力 C_4	人为不可抗力 C_{41}	罢工、冲突等由人类行为产生的风险	
自然不可抗力 C_{42}		降雨、地震等无法控制的自然界现象带来的风险		
事理	合同 C_5	风险分担不当 C_{51}	风险分担不合理影响参与方的积极性	
		合同不完备 C_{52}	合同内容有漏洞、缺失等问题造成参与方产生矛盾	
		违约 C_{53}	参与方一方违约影响项目顺利进行	
	项目管理 C_6	完工风险 C_{61}	未及时完成项目导致不能按时交付	
		成本增加 C_{62}	建设成本超出预算造成超支费用无资金来源	
		质量风险 C_{63}	偷工减料或施工技术不当最终造成质量问题	
		技术风险 C_{64}	建设过程由技术因素带来的风险	
		工程变更 C_{65}	由于受到客观或主观原因将对建设进度产生影响	
	人理	政府 C_7	政府信用风险 C_{71}	政府不履行或者部分履行合同
			项目审批延误 C_{72}	审批环节手续复杂、执行滞后
政府决策风险 C_{73}			政府未根据目前实际情况做出正确判断	
财政能力风险 C_{74}			政府财政支出不足影响项目进展	
社会资本方 C_8		采购可靠性差 C_{81}	采购物资质量和时交货及时性影响工程质量和进度	
	组织协议能力 C_{82}	建设过程中管理人员组织调度能力不足		
	信息沟通状况 C_{83}	管理者与合作单位及属下的沟通能力以及信息对称性		
	健康安全水平监护 C_{84}	项目的健康、安全管理水平		
	学习及创新能力 C_{85}	管理者的学习能力及创新能力是否满足项目建设要求		

二、保障性住房 PPP 项目建设风险评价模型构建

1. G1 法确定主观权重

G1 法是在层次分析法基础上建立的一种更加完善的权重分析方法,该方法无需进行一致性检验,大大减少了权重确定过程中的计算量^[24]。其步骤如下。

(1)确定评价指标重要性排序。邀请本领域内相关专家从评价指标中选出最重要指标记为 C_1 ,然后继续在剩余的指标中选出最重要指标记为 C_2 ,重复上述工作直至最后指标均被标记为 C_n 。经过 $n-1$ 次选择,确定评价指标重要性排序。

(2)确定评价指标相对重要程度。邀请本领域内相关专家根据表 2 确定相邻评价指标的相对重要程度。其中 R_i 为 C_{i-1} 与 C_i 之比, W_i 为第 i 个指标的权重。其中,

$$R_i = \frac{W_{i-1}}{W_i} \quad (1)$$

表 2 R_i 赋值参考表

R_i	说明
1.0	指标 C_{k-1} 与指标 C_k 同样重要
1.2	指标 C_{k-1} 与指标 C_k 稍微重要
1.4	指标 C_{k-1} 与指标 C_k 明显重要
1.6	指标 C_{k-1} 与指标 C_k 强烈重要
1.8	指标 C_{k-1} 与指标 C_k 极端重要
1.1, 1.3, 1.5, 1.7	指标 C_{k-1} 比指标 C_k 的重要程度介于上述情况之间

(3)计算权重 W_i 。计算公式为:

$$W_i = (1 + \sum_{i=2}^n \prod_{k=i}^n R_i)^{-1} \quad (2)$$

$$W_{i-1} = R_i W_i \quad (3)$$

(4)多个专家决策下的评价指标权重计算。假设有 t 位专家,确定各专家的权重指数 a ,则第 j 个指标的权重 W_j 计算公式为:

$$W_j = \sum_{k=1}^t a_k W_j^k \quad (4)$$

2. 改进 CRITIC 法确定客观权重

传统的 CRITIC 法能综合考虑指标信息量和关联性来确定权重,但忽视了两者的有效结合。因此,本文运用改进 CRITIC 法^[25],提高权重分配准确性,具体步骤如下:

(1)邀请专家对建设风险评价指标重要程度进行打分,构建原始评价矩阵 X 。

(2)将评价矩阵 X 中各指标标准化,计算公式为:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}} \quad (5)$$

式中, m 为指标个数, n 为专家人数。

(3)确定指标变异系数,计算公式为:

$$W_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (6)$$

(4)根据标准化矩阵 X 计算各指标相互关联程度的量即相关系数,得出相关系数矩阵 Q 。

(5)计算各风险指标的综合性系数,计算公式为:

$$v_j = w_j \sum_{i=1}^m (1 - q_{ij}) \quad (7)$$

(6)计算各风险指标客观权重,计算公式为:

$$V_j = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^m v_j} \quad (8)$$

3. 组合赋权优化权重

运用组合赋权,将 G1 法和改进 CRITIC 法有效结合,分别为主、客观的权重赋予合理系数,使项目风险评价结果更接近实际情况, $W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$ 为主观权重, $V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ 为客观权重,假设组合赋权所得的权重向量为 $\bar{w} = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \bar{w}_3, \dots, \bar{w}_n)$,计算公式如下^[26]:

$$\text{Min} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\mu \left(\frac{1}{2} (\bar{w}_i - w_i)^2 + (1 - \mu) \left(\frac{1}{2} (\bar{w}_i - v_i)^2 \right) \right) \right] \right\} \quad (9)$$

式中, $i = 1, 2, 3, \dots, n, 0 \leq \mu \leq 1$, 用 Lingo 求解上式可行域中的唯一解。

$$\bar{w}_i = \mu w_i + (1 - \mu) v_i \quad (10)$$

4. 云模型评价项目风险

云模型是一种基于模糊理论和概率论处理定量描述和定性概念的不确定性转换模型^[26]。该模型可以充分考虑所得数据模糊性和随机性的特点,克服风险评价的不确定问题,客观反映项目风险因素的分布情况,为项目风险评价提供科学参考。

(1) 云的定义

设 X 是一个定量集合 $X = \{X\}$, D 在 X 中是定性概念, 确定参数 x 在 D 中随机发生, 对于集合中的任何元素 x , D 中 x 的确定性程度为 $\mu(x)$, $\forall x \in X, x \in \mu(x)$, x 在 X 上的分布称为云, 每个 x 称为云滴, 大量的云滴组成云^[27]。

(2) 基于云模型的项目风险评价模型构建

①构建评语集。参考以往风险级别划分习惯, 将保障性住房 PPP 项目风险评价指标按威胁程度由低至高分五个等级, 分别是低、较低、中等、较高、高等五级, 即 $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5\}$, 其对应的评语值范围分别是 $[0, 2)$ 、 $[2, 4)$ 、 $[4, 6)$ 、 $[6, 8)$ 、 $[8, 10]$ 。

②计算数字特征值。标准云是根据上述评语集构建的云, 期望 Ex 、熵 En 和超熵 He 三个参数特征值计算公式如下:

$$Ex_v = \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{2} \quad (11)$$

$$En_v = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{6} \quad (12)$$

$$He_v = k \quad (13)$$

式中, Q_{\min} , Q_{\max} 分别对应区间下限和区间上限, k 为常数, 一般取值较小。通过计算可得评语集的数字特征值, 如表 3; 同时绘制项目风险评价标准云如图 1。

表 3 标准云参数特征值

风险程度	期望 Ex	熵 En	超熵 He
低	1.000 0	0.333 3	0.030 0
较低	3.000 0	0.333 3	0.030 0
中等	5.000 0	0.333 3	0.030 0
较高	7.000 0	0.333 3	0.030 0
高	9.000 0	0.333 3	0.030 0

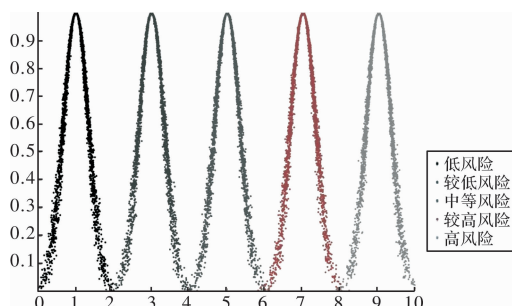


图 1 标准隶属云图

二级指标评价云是专家根据上述评语集对保障性住房 PPP 项目风险因素打分得到的数据, 运用

云理论生成的云, 参数特征值计算公式如下:

$$Ex = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (14)$$

$$En = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}| \quad (15)$$

$$He = \sqrt{S^2 - En^2} \quad (16)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (17)$$

综合云是根据下级风险指标的参数特征值和权重加权运算得到新的特征值后, 运用云理论生成的云, 参数特征值计算公式如下:

$$Ex = \sum_{u=1}^n Ex_u \bar{\omega}_u \quad (18)$$

$$En = \sqrt{\sum_{u=1}^n En_u^2 \bar{\omega}_u} \quad (19)$$

$$He = \sum_{u=1}^n He_u \bar{\omega}_u \quad (20)$$

③评判结果的确定。将标准云和综合云的三个参数特征值分别输入 MATLAB 软件, 构建标准云图和综合云图, 根据二者在坐标内的空间位置对比, 评价云图越接近某个标准云图, 风险就处于某个标准程度。

若根据位置判断比较模糊可根据相似度最大原则进行风险程度确定。输入评价指标云图和 5 个标准云的三个参数特征值, 运用 MATLAB 软件输出相似度并进行比较, 相似度最大对应的风险等级为评价结果。

三、案例分析

1. 案例背景

H 市积极响应国家政策, 采用 PPP 模式建设安置小区 6 个, 拟提供 3 000 套安置房。占地面积约为 288 亩, 总建筑约为 40.2 万平方米。除此之外, 该项目还将根据实际需要提供水电、绿化等基础设施, 6 个安置小区及其配套基础设施的总投资额约为 7.34 亿元, 其中政府方出资代表占股 20%。该项目采用 BOT 运作方式, 项目特许经营期是 10 年, 建设期为 2 年。政府和社会资本方合作组建 SPV 公司, 负责规划、建设、运营维护等其它工作。特许经营期结束后, SPV 公司把该项目无偿移交给政府。

2. 模型运用

(1) G1 法确定权重。为了保证风险评价的准

确性,本文对参与打分的专家按照工作类别、职称级别、工作年限、学历四个方面进行遴选,以此来保障专家组(6 位)的质量^[28]。以一级指标为例,某位专家根据项目现有信息资料,对风险指标重要程度进行排序,顺序为 $C_6 > C_8 > C_1 > C_7 > C_5 > C_3 > C_2 > C_4$,记为 $X_1 > X_2 > X_3 > X_4 > X_5 > X_6 > X_7 > X_8$ 同时根据表 2 确定相邻评价指标的相对重要程度 R_i ,得到 $w_1/w_2 = R_2 = 1.1, w_2/w_3 = R_3 = 1.4, w_3/w_4 = R_4 = 1.2, w_4/w_5 = R_5 = 1.2, w_5/w_6 = R_6 = 1.3, w_6/w_7 = R_7 = 1.2, w_7/w_8 = R_8 = 1.4$,根据公式(2)和(3)依次计算 $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8$, 得到一级指标的权重 $w = (0.147\ 8, 0.065\ 8, 0.079\ 0, 0.047\ 0, 0.102\ 7, 0.227\ 6, 0.123\ 2, 0.206\ 9)$ 。同理,统计其他专家对一级指标的判断,设各专家权重指数均相同,根据公式(4)求得一级指标加权权重为 $W = (0.146\ 2, 0.066\ 1, 0.078\ 9, 0.046\ 9, 0.103\ 1, 0.228\ 1, 0.122\ 8, 0.207\ 9)^T$ 。依据此方法,分别对一级指标下的二级指标主观权重进行计算,结果见表 4。

(2)改进 CRITIC 法确定权重。邀请上述专家

对风险评价指标重要程度进行打分,构建原始评价矩阵 X 。以评价指标体系的一级指标的权重确定为例,根据式(5)~式(6)对矩阵 X 进行标准化处理,确定指标变异系数并计算各指标的相关系数,得出相关系数矩阵 Q 。再根据式(7)~式(8)计算一级指标的综合性系数,最终确定一级指标客观权重为 $V = (0.156\ 7, 0.065\ 5, 0.076\ 7, 0.054\ 7, 0.093\ 9, 0.225\ 1, 0.136\ 8, 0.190\ 6)^T$ 。同理,其他二级指标的权重计算结果见表 4。

(3)组合赋权优化权重。根据上文建立的最优化模型,并通过 Lingo 计算式(9)~式(10)得 $\mu = 0.367$,带入公式(10)可得优化权重。一级指标权重为 $W = (0.152\ 8, 0.065\ 7, 0.077\ 6, 0.051\ 8, 0.097\ 3, 0.226\ 2, 0.131\ 7, 0.196\ 9)^T$,二级指标计算结果见表 4。

(4)云模型评价风险。邀请上述专家对风险大小进行打分,根据式(14)~式(17)得出各风险因素数字特征值,计算结果见表 4。

表 4 二级指标权重及数值特征值

指标	主观权重	客观权重	综合权重	相对综合权重	Ex	En	He
C_{11}	0.147 2	0.132 6	0.138 0	0.021 1	2.7	0.623 1	0.074 2
C_{12}	0.142 3	0.141 1	0.141 5	0.021 6	3.2	0.542 9	0.105 4
C_{13}	0.475 1	0.502 3	0.492 3	0.075 2	5.4	0.452 3	0.061 5
C_{14}	0.235 4	0.224 0	0.228 2	0.034 9	3.1	0.412 7	0.136 1
C_{21}	0.347 3	0.295 3	0.314 4	0.020 7	2.9	0.635 2	0.055 7
C_{22}	0.315 2	0.321 7	0.319 3	0.021 0	2.6	0.231 4	0.042 4
C_{23}	0.337 5	0.383 0	0.366 3	0.024 1	2.7	0.562 4	0.064 5
C_{31}	0.561 2	0.523 7	0.537 5	0.041 7	3.6	0.252 6	0.045 2
C_{32}	0.438 8	0.476 3	0.462 5	0.035 9	3.2	0.215 4	0.034 4
C_{41}	0.302 4	0.316 8	0.311 5	0.016 1	2.1	0.552 5	0.051 1
C_{42}	0.697 6	0.683 2	0.688 5	0.035 7	2.9	0.412 8	0.056 4
C_{51}	0.329 0	0.341 2	0.336 7	0.032 8	3.8	0.317 2	0.048 4
C_{52}	0.302 6	0.312 4	0.308 8	0.030 0	3.7	0.789 1	0.104 5
C_{53}	0.368 4	0.346 4	0.354 5	0.034 5	3.2	0.458 4	0.035 1
C_{61}	0.165 4	0.172 3	0.169 8	0.038 4	4.5	0.522 4	0.063 1
C_{62}	0.266 3	0.270 2	0.268 8	0.060 8	5.8	0.524 1	0.046 1
C_{63}	0.234 3	0.229 6	0.231 3	0.052 3	4.9	0.423 1	0.045 2
C_{64}	0.194 6	0.179 4	0.185 0	0.041 8	4.6	0.125 4	0.036 2
C_{65}	0.139 4	0.148 5	0.145 2	0.032 8	4.7	0.285 2	0.031 4
C_{71}	0.194 6	0.167 4	0.177 4	0.023 4	3.2	0.274 2	0.074 3
C_{72}	0.291 3	0.283 6	0.286 4	0.037 7	4.2	0.526 5	0.033 5
C_{73}	0.165 3	0.135 4	0.146 4	0.019 3	3.6	0.456 6	0.042 6
C_{74}	0.348 8	0.413 6	0.389 8	0.051 3	4.6	0.341 5	0.055 0
C_{81}	0.232 7	0.245 3	0.240 7	0.047 4	4.8	0.522 6	0.042 3
C_{82}	0.274 3	0.306 4	0.294 6	0.058 0	4.9	0.235 4	0.030 3
C_{83}	0.153 2	0.190 3	0.176 7	0.034 8	4.7	0.423 6	0.031 0
C_{84}	0.102 3	0.114 6	0.110 1	0.021 7	3.6	0.345 1	0.031 0
C_{85}	0.237 5	0.143 4	0.177 9	0.035 0	2.9	0.351 7	0.041 3

根据上表中各二级指标的权重及数字特征值, 字特征值, 结果见表5。
参考式(18)~式(20)可得一级指标和目标层的数

表5 一级指标和目标层数值特征值

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C
Ex	4.191 2	2.731 0	3.415 0	2.650 8	4.091 2	4.990 0	4.090 7	4.341 7	4.090 6
En	0.484 6	0.509 7	0.236 1	0.460 9	0.548 3	0.419 9	0.410 7	0.385 9	0.434 7
He	0.086 5	0.054 7	0.040 2	0.054 7	0.061 0	0.044 8	0.050 5	0.035 3	0.052 4

运用 MATLAB 软件, 将物理指标、事理指标、人理指标及整个项目建设风险综合云放在平面直角坐标系内, 如图2~图5所示。

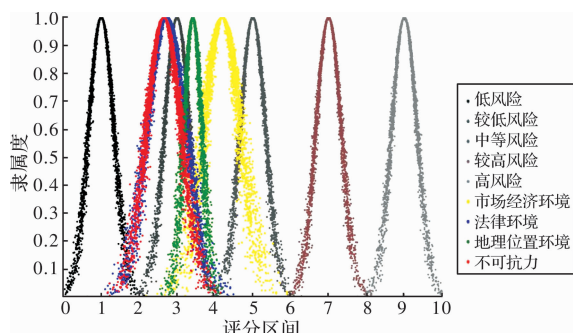


图2 物理指标风险云图

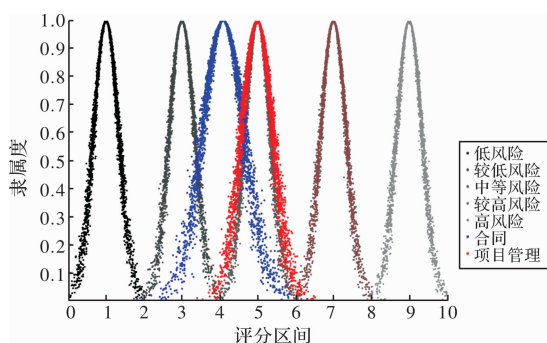


图3 事理指标风险云图

根据图2~图4一级指标云图分布可以得知, 事理指标和人理指标中的所有风险因素和物理指

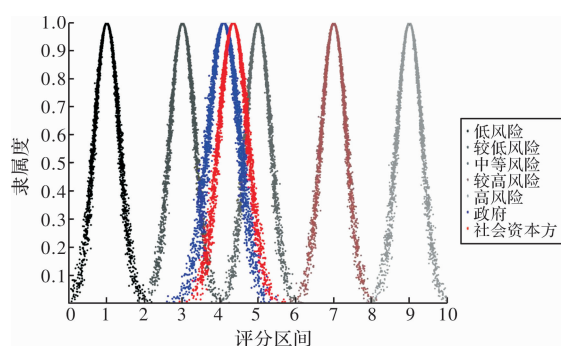


图4 人理指标风险云图

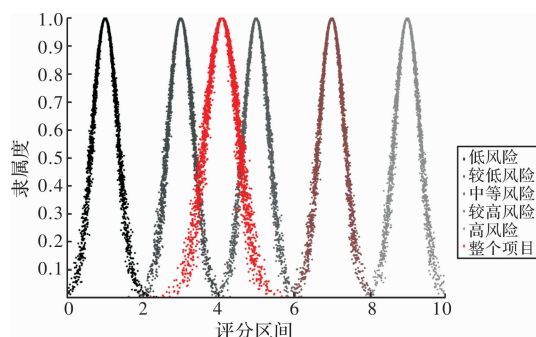


图5 项目建设风险综合云图

标中的市场经济环境因素为中等风险, 其他指标因素为较低风险。其中, 成本增加风险和资金链不稳定风险需要重点关注。

运用 MATLAB 软件得出相似度(表6), 根据相似度最大原则以及结合图5综合云的分布情况可知, 该项目整体建设风险水平处于中等风险。

表6 建设风险综合云与标准云相似度

评分区间	$[0, 2)$	$[2, 4)$	$[4, 6)$	$[6, 8)$	$[8, 10)$
风险程度	低	较低	中等	较高	高
相似度	$6.766\ 3e-08$	0.088 7	0.127 0	$1.023\ 8e-06$	$1.947\ 4e-18$

3. 风险预防及应对措施

为了降低风险的影响, 减轻风险发生所带来的损失, 根据风险评价结果建议对成本增加风险和资金链不稳定风险采取相应措施。首先, 在项目建设过程中, 社会资本方应合理制定施工建设计划, 控制好施工进度和成本, 避免无故停工导致成本增

加; 设立一定数额的备用金, 避免建设成本超预算时项目无法进行并难以按时完工。其次, 选择具有强大融资能力的投资方以保证投资的可靠性; 要求项目直接管理方保证项目运行各个阶段有充裕的流动资金, 保证项目实施过程中的资金链稳定; 作为建设方, 应在招投标期间选择具有经济实力的承

包方或分包方,保证资金链的稳定性与连贯性。

四、结论与展望

1. 结论

(1)从保障性住房PPP项目的特点及内涵出发,以WSR理论基础作为指导,对保障性住房项目建设风险进行梳理,建立了包含8个一级指标,28个二级指标的建设风险评价指标体系。

(2)为了提高风险评价的准确性和科学性,在运用G1法和改进CRITIC法得出各指标的主、客观权重后,结合组合赋权法将主、客观权重进行耦合,得到了保障性住房PPP项目建设风险评价指标的最优组合权重,避免单一赋权的不足,为指标组合赋权提供了一套更加科学可行的方法。

(3)在划分5个风险等级及其各评价指标取值标准的基础上,构建了保障性住房PPP项目建设风险评价云模型,以H市一项目为案例进行风险评价。研究结果表明,事理指标和人理指标中的所有风险因素和物理指标中的市场经济环境因素为中等风险,其他指标因素为较低风险。据此,结合实例验证了该方法的适用性和有效性,同时,根据评价结果提出了具体的风险预防及应对措施,为项目后续风险管理提供了一些具有可借鉴性的依据和指导。

2. 展望

就目前实际情况来看,越来越多的专家学者开始关注保障性住房PPP项目的发展。由于项目参与方多、合同关系复杂、项目不确定性大等原因,建设风险评价已经成了政府和社会资本方高度重视的问题。同时,PPP模式的应用不是生搬硬套,也没有现成的遵循模式,将PPP应用到新项目中难免会遇到新问题的出现和发生,由于经验不足甚至没有可以参考和借鉴案例的情况下,导致项目运行和实施受到影响。因此,各参与方均希望通过准确识别风险、提前预防风险、及时应对风险的方式,降低风险对项目运行的不利影响,保证项目的效益。根据本文分析,项目建设过程中面临着多种风险因素,对这些风险进行合理分配将有效促进项目顺利开展。同时,政府应采取何种激励措施吸引更多社会投资者参与保障性住房PPP项目建设,项目特许经营期限如何确定也是项目后期稳健推进的关键。

参 考 文 献

- [1] WANG H, XIONG W, WU G, et al. Public-private-partnership in public administration discipline: a literature review [J]. Public Management Review, 2017(19): 1-24.
- [2] 姬荣斌,何沙,钟雄. 油气企业安全生产的WSR模型及其分析研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(5): 139-144.
- [3] 周汉卿. 基于WSR的电镀小微企业园区安全管理研究[D]. 南京:江苏大学, 2016.
- [4] 姬荣斌,何沙,余晓钟. WSR系统方法论视角下的企业安全生产应急管理[J]. 系统科学学报, 2018, 26(4): 112-117.
- [5] 陈佳,王大明. 基于IVHFSs-IFAHF的水环境综合整治PPP项目政府信用风险评价研究[J]. 中国农村水利水电, 2018, 4(5): 84-88, 94.
- [6] 石广斌,赵浩杨,杨振宏,等. 基于WSR-TOPSIS的学生公寓火灾风险评价[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(3): 927-934.
- [7] 刘艳,陈为公,张娜等. 基于WSR方法和OWA-耦合协调度的装配式建筑施工质量评价[J]. 青岛理工大学学报, 2021, 42(3): 88-95.
- [8] 刘金林,白会人,王子超. 基于FANP-云模型的污水处理扩建PPP项目风险分析[J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(4): 101-106.
- [9] 林晓艳. 社会资本视域下大型保障房社区社会风险形成机理及其消弭[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2018, 4(2): 148-153.
- [10] 郑禹江. 赣州市经开区保障性安居工程PPP项目风险管理研究[D]. 济南:山东大学, 2020.
- [11] 李洋. JY房地产公司XL保障性住房项目财务风险控制研究[D]. 长春:吉林大学, 2018.
- [12] 司冰. 基于AHP的PPP模式保障性住房项目风险评价研究[D]. 天津:天津大学, 2018.
- [13] 何廉清. 房地产项目融资新模式研究[D]. 上海:华东交通大学, 2017.
- [14] GU J F, ZHU Z C. The Wu-li Shi-li Ren-li approach (WSR): An oriental systems methodology, possibility for cross-cultural learning and integration [R]. Hull: University of Hull, 1995.
- [15] ERNEST EFFAH AMEYAW, ALBERT P. C. Chan. Identifying public-private partnership (PPP) risks in managing water supply projects in Ghana [J]. Journal of Facilities Management, 2013(2): 152-182.

- [16] 柯永建,王守清,陈炳泉. 基础设施 PPP 项目的风险分担[J]. 建筑经济,2008(4):31-35.
- [17] 柯永建. 中国 PPP 项目风险公平分担[D]. 北京:清华大学,2010.
- [18] 槐琳. PPP 模式下保障性住房建设的关键风险因素分析[D]. 天津:天津大学,2016.
- [19] 杜泽超,苏酉坤. PPP 模式运用于保障房建设所面临的风险研究[J]. 价值工程,2015(22):36-38.
- [20] 魏修路. 绩效视角下棚户区改造 PPP 项目风险管控研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2020.
- [21] 郑彦璐,邓小鹏,李启明. 保障性住房 PPP 模式的风险分配理论分析[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版),2010,12(S1):22-25.
- [22] 胡立伟. BT 模式在保障性住房项目建设中的风险管理研究[D]. 天津:天津大学,2017.
- [23] 李鑫. 长租公寓项目全寿命周期风险管理研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2019.
- [24] ZHAO H, WANG Y, LIU X. The evaluation of smart city construction readiness in China using CRITIC-G1 method and the bonferroni operator[J]. IEEE Access,2021(9):70024-70038.
- [25] 殷巧云. 智慧城市评价指标权重确定算法研究[D]. 北京:北京信息科技大学,2019.
- [26] 杨承诚,王婷,莫姝. 基于云模型的自动化工装装配失效风险评估[J]. 数学的实践与认识,2021,51(5):103-113.
- [27] 曾凯. 基于云模型的市域铁路公交化运营评价研究[D]. 北京:北京交通大学,2020.
- [28] 凌云志. 行动导向的教师培训者培训研究[D]. 哈尔滨:东北师范大学,2019.

A Research on the Construction Risk Assessment of Indemnificatory Housing PPP Project Based on WSR and Cloud Model

GUO Ping, REN Kang-fei^{*}, GAO Ming, LI Yu-feng

(School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China)

Abstract: The PPP project of indemnificatory housing is faced with a variety of uncertainties in the construction process. In order to reduce the impact and loss caused by the risk, this paper thinks that it is necessary to assess the construction risk factors of the project. Firstly, the risk is analyzed from three dimensions of physics, reasons and human beings by means of WSR method to establish the risk assessment index system of indemnificatory housing PPP project. Secondly, the subjective and objective weight of risk factors are determined by G1 and improved CRITIC respectively to optimize the index weight with combinational empowerment. Moreover a cloud model to evaluate the risk of indemnificatory housing PPP project is constructed based on cloud theory. Finally, a PPP project of indemnificatory housing in H city is selected as a case to carry out the construction risk assessment research. It comes out that the construction risk level of the project is medium, though emphasis should be placed on the cost increase risk and the capital chain instability risk in the index system. At the same time, the applicability and validity of the assessment is verified according to the case study. Also, the specific risk prevention and the counter-measures are put forward to provide reference and guidance for the follow-up construction risk management of the project.

Key words: indemnificatory housing; PPP project; risk assessment; cloud model; WSR

【编辑 吴晓利】