

# 基于 CRITIC-云模型的基础设施 REITs 项目风险评估方法及应用

雷 鸣 刘泞玮 王丹丹 崔美丽 王德玲

(长江大学,荆州 434023)

**内容提要:**基础设施项目引入 REITs 融资模式,是盘活存量资产、拓宽融资渠道的有效手段,但运作复杂、参与方多等特点导致其具有更强的风险,现阶段该领域却未展开过风险评估研究,缺少全面的风险指标体系及科学的风险评价模型。基于此,本文采用文献分析法、核对表法及问卷调查法构建了包括 5 个一级指标、28 个二级指标的风险指标体系;基于 CRITIC 方法赋权,并利用云模型进行综合评价,提出基础设施 REITs 项目风险评价模型;以富国首创水务 REITs 项目为例,验证方法的适用性。结果表明:所构建的指标体系较好地描述出基础设施 REITs 项目风险,评估结果与实际情况基本吻合。最后根据结果,提出进一步优化的分析思路和后续风险决策的决策依据。

**关键词:**基础设施 REITs 项目 风险识别 风险评估 CRITIC 云模型

**中图分类号:**F812 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-9544(2023)03-0102-11

## 一、引言

在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出建设现代化基础设施体系、加快培育完整内需体系的战略部署下,基础设施领域不动产投资信托基金(以下简称基础设施 REITs)作为防风险、去杠杆、稳投资、补短板的有效政策工具,同样被纳入十四五规划中。然而,作为一种基础设施领域“全新”的融资模式,基础设施 REITs 所涉及的风险问题也具有自

身的独特性。与资产证券化相比,基础设施 REITs 的运作结构更为复杂,增加了交易安排风险发生的可能性;与特许经营相比,其申报环节更多、对监管要求更高,为审批风险、行政监管风险的出现埋下隐患;与公私合营相比,市场化程度的提高、参与主体的增多可能引致更为繁杂的经济风险、市场风险与信用风险。因此,在国家大力推行基础设施 REITs 的背景下,展开 REITs 项目风险研究,对其健康发展十分必要。

1960 年 REITs 于美国诞生,至今已有不少于

[收稿日期]2022-10-22

[作者简介]雷鸣,城市建设学院副教授,高级经济师,研究方向为风险管理;刘泞玮,城市建设学院硕士研究生,研究方向为项目投融资与风险管理;王丹丹,经济与管理学院讲师,研究方向为金融风险;崔美丽,城市建设学院硕士研究生,研究方向为风险管理;王德玲,城市建设学院副教授,研究方向为风险管理。

[基金项目]教育部人文社会科学研究规划基金项目(22YJAZH023);湖北省教育厅省级教研项目(2018284)。

39个国家建立了REITs市场,全球总市值近1.7万亿美元。<sup>[1]</sup>在REITs繁荣发展的同时,国外理论界展开了大量研究,可大致分为投资决策、融资决策、回报与风险三类。<sup>[2]</sup>但已有研究以投资者视角为主<sup>[3-4]</sup>,少数融资风险研究也是在REITs公司视角下(此处REITs公司不是指UPREITs或DOWNREITs中的经营性合伙企业),对资本结构、杠杆率等企业融资问题进行分析。<sup>[5]</sup>反观国内领域,REITs相关研究长期以域外启示类为主,直到类REITs在我国开始试点推行,其他方面的研究才开始陆续增加。而风险作为REITs领域不可回避的问题,却并未得到过多关注<sup>[6]</sup>,仅有少数学者对推广REITs存在的风险<sup>[7-8]</sup>、REITs投资风险<sup>[9]</sup>以及REITs融资风险<sup>[10-11]</sup>展开过研究。

与REITs领域不同的是,在风险评估领域,中外成果均较为丰富,研究覆盖多个学科。风险评估是指量化测评某一事件或事物带来的影响或损失的可能程度,由风险识别和风险评价两部分组成,风险识别常用方法可分为头脑风暴法、专家访谈法等主观方法以及案例研究法、文献分析法等客观方法两类。而风险评价则包括指标赋权和综合评价两个步骤,在指标赋权上,同样可以分为主、客观两类方法,已有研究采用最多的包括层次分析法、主成分分析法以及熵值法等。<sup>[12]</sup>综合评价方法则包括基于模糊数学的模糊综合评价法<sup>[13]</sup>、模糊积分等方法<sup>[14]</sup>,以及基于随机数学的贝叶斯网络和证据理论。<sup>[15,16]</sup>

现有研究奠定了本文的研究基础,但存在一定的不足。第一,专门针对基础设施REITs风险的研究较少,而基础设施REITs又有着优先支持基础设施短板项目的资产范围限制、特有的公募基金+专项计划+私募基金+项目公司运作模式,其风险与国

外成熟市场REITs、我国过往的类REITs相比,具有自身的独特性和复杂性。第二,过往国内外REITs领域的风险研究,多从单一参与方角度展开,未从项目角度对REITs的风险问题进行过综合考虑。而风险作为一复杂系统,并非是相互割裂独立存在的,单一角度展开的风险研究,无法客观评价出REITs风险。第三,尽管风险评估领域成果较为丰富,但REITs风险评估,尤其是基础设施REITs风险评估的研究很少,且风险评估领域的已有方法或未综合考虑模糊性和随机性,或限制性过强,指标体系不得随意变动,难以保证科学性和普适性。

鉴于此,本文从项目整体角度切入,综合考虑各参与方风险,在构建全面周详的风险指标体系基础上,基于CRITIC和云模型进行风险评价,提出一种适用于各参与方的科学风险评估方法。

## 二、基础设施REITs项目风险指标体系构建

全面、前瞻识别风险因素,构建科学的风险指标体系,是展开风险评估研究必要的一环。因此,选择适用的风险识别方法便成为重中之重。综合考虑基础设施REITs项目特点可以发现:基础设施REITs在我国推广时间较短,相关从业、研究人员经验不足,若仅采用头脑风暴法、专家访谈法等方法,难免存在主观臆断性问题。此外,我国本次推广的基础设施REITs在多方面与类REITs、国外REITs存在差别,因此,仅靠已有案例、过往研究进行风险识别,同样难以保证其科学性。本文综合考虑各方法适用范围,以及基础设施REITs项目风险特征,选择以文献分析法进行第一轮风险识别,并形成风险核对表,然后结合问卷调查法,邀请专家进行第二轮识别,对风险核对表中因素进行判断、补充,并

最终形成基础设施 REITs 项目风险指标体系。

(一)基础设施 REITs 项目风险初步识别

由于现阶段专门针对基础设施 REITs 风险的研究较少,因此,本文主要从 REITs 风险、基础设施投融资风险等方向寻找支撑文献。同时,为保证初步风险识别结果的科学性,本文仅围绕中国知网及

Web of Science 中的核心论文展开研究。最终,基于 41 篇中文核心论文及 18 篇外文核心论文,从基础设施项目相关风险、公募基金相关风险、经济与市场风险、政治与法律风险、信用风险五个角度展开,识别出风险因素 24 个,各风险因素释义及部分支撑文献见表 1。

表 1 初步风险识别结果

风险分类	风险因素	释义	支撑参考文献
经济与市场风险	利率风险	市场利率变动带来的不利影响	17
	周期性风险	行业周期性波动带来的不利影响	18
	市场竞争风险	与同类项目竞争进而影响未来收益	10
	通货膨胀风险	通货膨胀导致成本上升等	10
	市场需求风险	市场需求量变化导致的不利影响	19
政治与法律风险	政策、法律变更风险	如支持性政策变更、法律的不利变化等	20
	审批风险	如审批延误、未获批准带来的不利影响	21
	行政监管缺位或越位	监管体系不完善、监管不到位带来的影响	22
	政策、法律不完善风险	如缺少符合 REITs 特点的制度安排等	23
	合规风险	未遵循法律法规等受到的制裁或处罚	24
信用风险	委托代理风险	各参与方可能存在的逆向选择及道德风险	11
	参与方违约风险	参与方违反合同约定带来的不利影响	25
与基础设施项目相关的风险	现金流预测及估值风险	如估值未体现公允价值等	26
	运营、维护成本超支风险	如维修升级、提标改造导致的成本大幅上升	27
	运营收入不足风险	项目运营收入过低导致的不利影响	9
	不可抗力	水灾、战争等事件带来的不利影响	28
	征收、国有化	如底层资产被征收带来的不利影响	29
	项目运营管理机构能力不足	操作不当、管理不善带来的不利影响	7
	资产市值下降	底层资产价值缩水导致资金净值下降等	9
与公募基金相关的风险	流动性风险	市场不完善、交易不活跃和缺乏交易对手	30
	基金管理人管理能力不足	基金管理人因知识、经验未能做出最佳决策	8
	借款风险	如可支配现金流无法偿债导致的不利影响	28
	发售失败风险	如募集基金份额总额未达到规模的不利影响	31
	基金价格波动风险	如基金价格下降到买入成本之下等	32

(二)基础设施 REITs 项目风险二次识别

过问卷调查的形式，邀请 120 位业内专家进行判

基于风险初步识别结果，编制风险核对表，通

断、补充，专家组成见表 2，共收回问卷 119 份。

表 2 专家组成

问题	选项	人数	比例
所在单位	高校及科研院所	32	26.89%
	基金公司及银行等金融机构	29	24.37%
	国有企业	39	32.77%
	发改委等政府部门	11	9.24%
	证监会等监管部门	1	0.84%
	会计事务所等中介机构	7	5.88%
工作和研究年限	5 年(含)以内	53	44.54%
	5-10 年	36	30.25%
	10-15 年	21	17.65%
	15 年(含)以上	9	7.56%
最后学历	本科	67	56.30%
	硕士研究生	44	36.97%
	博士研究生	8	6.72%

从调查的结果来看，除少数专家提出补充及修改意见外，绝大多数专家均认可已识别的风险因素。补充及修改意见包括：未考虑底层资产意外事件、未考虑项目运营管理机构更换过程中可能存在缺少续聘机构或因原始权益人干涉无法更换的问题、未考虑 REITs 到期可能无法按时清算或无法按公允价值出售、未考虑扩募过程中可能对原始权益人或投资人利益造成损害的问题。此外，项目运营管理机构能力不足，基金管理人管理能力不足等表述不清晰。根据专家意见，补充项目运营管理机构更换风险、清算风险及扩募风险，将不可抗力修改为意外事件及不可抗力，将项目运营管理机构能力不足修改为项目运营机构专业性风险，将基金管理人管理能力不足修改为基金管理人专业性风险。最

终形成包括 5 个一级指标、28 个二级指标的基础设施 REITs 项目风险指标体系，见图 1。

三、基础设施 REITs 项目风险评价模型构建

在形成基础设施 REITs 项目风险指标体系后，科学选择赋权方法及综合评价方法构建风险评价模型，是保障风险评估方法适用性及实用性的前提条件。本文选用 CRITIC 法进行指标赋权，云模型进行综合评价，主要原因有以下几点：首先，基础设施 REITs 项目风险指标多为定性指标，在综合评价过程中需要依靠专家打分进行定性描述，若赋权方法也选用主观赋权法，则进一步放大了模型的主观臆断性。而选用 CRITIC 法既可有效应对上述问题，又

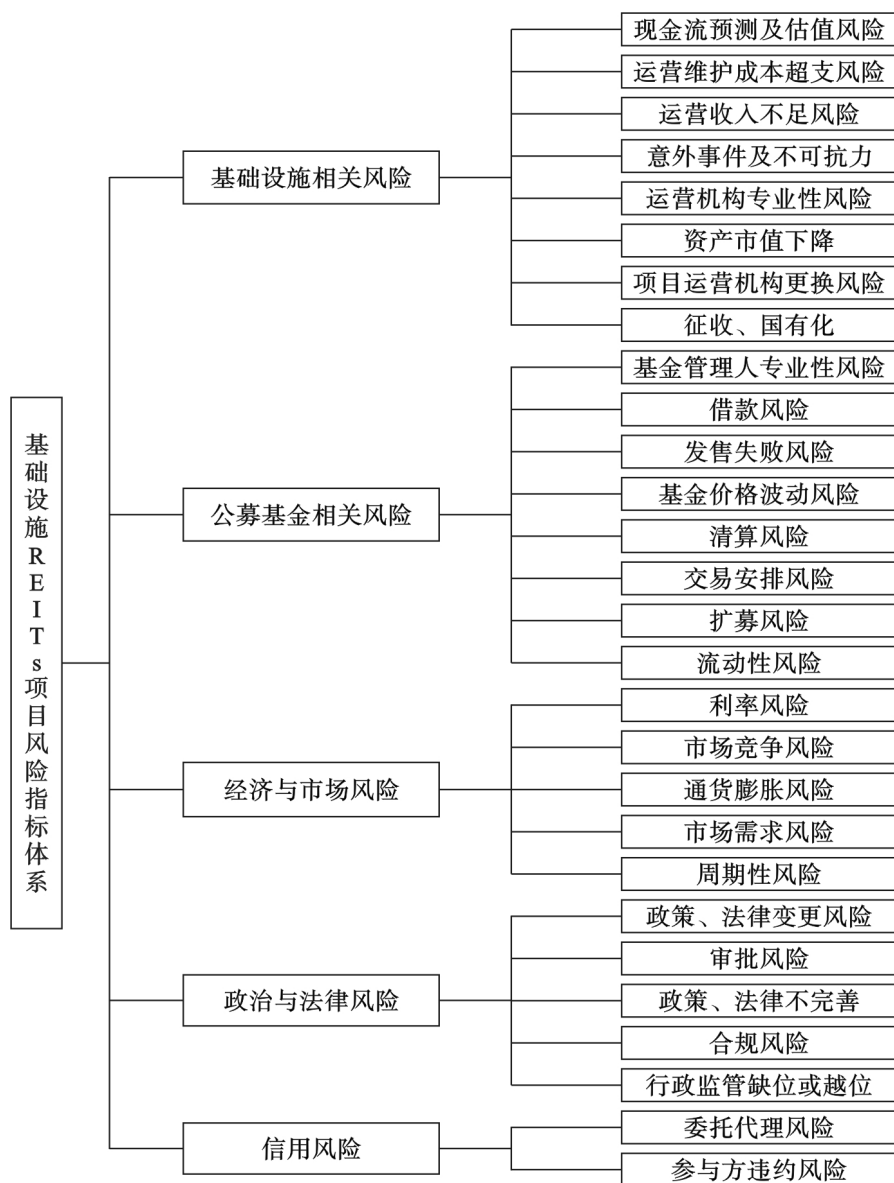


图1 基础设施REITs项目风险指标体系

综合考虑不同专家打分结果的波动性(不一致性),这也正与云模型中熵越大则定性描述结果不确定性越大相契合。选用CRITIC法进行赋权,一方面可以避免多轮打分工作量过大这一缺点,另一方面也实现了本模型对REITs各参与方普遍适用的目的,即增加或删除某些风险指标,不影响方法的适用性。其次,采用云模型进行综合评价可以同时兼顾不确定概念中的随机性、模糊性及二者关系,有效实现定性描述与定量表示之间的转换,相较基于随

机性或模糊性中单一特性提出的综合评价方法,具有更强的科学性。<sup>[39]</sup>采用云模型进行综合评价最大程度还原了专家打分结果,除了基于最大隶属度得到的唯一结果外,还可以掌握项目风险与其他风险等级的相似度,作为辅助风险决策的依据。

#### (一)CRITIC法确定指标权重

CRITIC法是基于对比强度和指标间冲突性进行客观赋权的方法,其中,对比强度为一指标不同专家打分差距的大小,冲突性为两个指标间相关性

的大小。相较于熵权法、变异系数法等方法,CRITIC法既考虑了数据离散程度,又降低了赋权冗余度,其具体步骤如下:

第一步,根据专家对实例中各二级指标的风险打分结果,建立评估指标矩阵  $X$ :

$$X = \begin{bmatrix} x_1(k_1) & x_2(k_1) & \cdots & x_n(k_1) \\ x_1(k_2) & x_2(k_2) & \cdots & x_n(k_2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_1(k_m) & x_2(k_m) & \cdots & x_n(k_m) \end{bmatrix} = (x_j(k_j))_{n \times m}$$

( $j=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m$ ) (1)

式中,  $x_j(k_i)$  为第  $i$  个专家对第  $j$  个风险指标的打分值。

第二步,由于本研究为定性研究,各指标量纲相同,因此,无需进行无量纲化,直接计算各指标对比强度  $S_j$ ,用标准差表示,对比强度越大,该指标打分结果包含信息量越大。

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [x_j(k_i) - \bar{x}_j]^2} \quad (2)$$

式中,  $\bar{x}_j$  为指标  $j$  的算术平均值。

第三步,计算各指标冲突性  $R_j$ ,基于相关系数计算得出,冲突性越强,该指标打分结果包含信息量越大。

$$R_j = \sum_{q=1}^n \left( 1 - \frac{\text{Cov}(j, q)}{S_j \times S_q} \right) \quad (3)$$

式中,  $\text{Cov}(j, q)$  为指标  $x_j$  和指标  $x_q$  的协方差( $q$  为非  $j$  的其余  $n-1$  个数之一)。

第四步,计算指标的信息量  $C_j$ ,用对比强度和冲突性之积表示,该值越大,包含信息量越大,该指标相对重要性越大。

$$C_j = S_j \times R_j \quad (4)$$

第五步,计算各指标权重:

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad (5)$$

## (二)云模型进行综合评价

### 1.云模型的定义

云模型是由李德毅院士在概率论和模糊数学理论的基础上,提出的一种将定性概念定量化的方法。该模型综合考虑了概念的随机性、模糊性及二者关系,有效实现定性定量信息的自然转换。其定义为:设  $U$  是一个数值表示的定量论域,  $C$  是  $U$  上的定性概念,若定量数值  $x \in U$  是定性概念  $C$  的一次随机实现,  $x$  对  $C$  的确定度  $\mu(x) \in [0, 1]$  是具有稳定倾向的随机数,即  $\mu: U \rightarrow [0, 1], \forall x \in U \rightarrow \mu(x)$ , 则  $x$  在论域  $U$  上的分布称为云,即为  $C(x)$ , 每一个  $X$  称为一个云滴。

### 2.云模型的数字特征

云模型通过期望( $Ex$ )、熵( $En$ )和超熵( $He$ )三个数字特征来刻画一个概念。其中期望为云滴在论域空间分布的期望,在云图中为云图顶点。熵是定性概念不确定性的度量,即期望的随机性和模糊性,在云图中为云图的跨度。超熵是熵的不确定性度量,即熵的熵,在云图中表现为云图的厚度。

### 3.云发生器

正向、逆向云发生器是云模型最重要的两个算法,正向云发生器的作用是实现概念内涵到外延的映射,即定性到定量,逆向云发生器的作用则与之相反,两者共同满足分析需求。其中正向云发生器的算法通常不变,因为人类对特定概念的认知总体一致,而逆向云发生器的算法则包括单步式和多步式两种。回顾过往研究可以发现,单步式的应用最为普遍,但存在超熵为虚数及误差较大等不足,因此,选用王国胤<sup>[34]</sup>等提出的多步还原逆向云发生器算法。

### 4.云模型综合评价步骤

(1)根据式(6)将风险区间转化为标准云参数

Cloud ( $Ex_q, En_q, He_q$ ), 用来与评价云进行相似度比较, 进而衡量实际风险大小。

$$\begin{cases} Ex_q = (C_q \min + C_q \max) / 2 \\ En_q = (C_q \max - C_q \min) / 6 \\ He_q = a \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $q$  为标准云等级序号;  $C_q \min$ 、 $C_q \max$  取值为风险区间的最小、最大边界;  $a$  为常数, 自由取定, 但应符合  $3En$  原则。

(2) 基于多步还原逆向云算法, 将概念外延的定量数值转化成用数字特征表示的定性概念的内涵, 即将指标  $x_j$  的专家打分数据转化为评价云参数  $x_j(Ex_j, En_j, He_j)$ , 用来与标准云进行相似度比较。

一是根据指标  $x_j$  的各专家打分数值  $x_j(k_i)$ , 按照公式(7)计算样本均值, 得到各二级指标  $x_j$  的期望  $Ex_j$ :

$$Ex_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_j(k_i) \quad (7)$$

二是对指标  $x_j$  的原始样本  $x_j(k_i)$  进行随机可重复抽样, 分为  $o$  组, 每组  $p$  个样本 ( $m=o \times p$ , 且  $m, o, p$  均为正整数), 进而实现对熵 ( $En_j$ ) 和超熵 ( $He_j$ ) 的多步式估计。

三是根据分组后的每组样本, 计算各组组内均值, 用以计算组内样本方差:

$$Ex_h = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_j(k_i) \quad (h=1, 2, \dots, o) \quad (8)$$

四是由前式计算的组内均值计算各组组内样本方差:

$$y_h^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_j(k_i) - Ex_h)^2 \quad (9)$$

五是由组内样本方差计算各二级指标的熵 ( $En_j$ ) 和超熵 ( $He_j$ ):

$$En_j = \left[ \frac{1}{2} \sqrt{4(EY^2)^2 - 2DY^2} \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$He_j = (EY^2 - En_j^2) \quad (11)$$

$$\text{式中, } EY^2 = \frac{1}{o} \sum_{h=1}^o y_h^2; DY^2 = \frac{1}{o-1} \sum_{h=1}^o (y_h^2 - EY^2)^2。$$

(3) 基于前文所求各二级指标权重和公式(7)(10)和(11)所计算的各二级指标云参数, 计算出各一级指标云参数:

$$X_l(Ex_l, En_l, He_l) = \sum_{j=1}^s \frac{W_j}{W_l} \begin{bmatrix} Ex_j \\ En_j \\ He_j \end{bmatrix} \quad (12)$$

再由 5 个一级指标云参数汇总计算出项目综合风险评价云参数:

$$C(Ex, En, He) = \sum_{j=1}^5 W_l \begin{bmatrix} Ex_l \\ En_l \\ He_l \end{bmatrix} \quad (13)$$

式中  $X_l(Ex_l, En_l, He_l)$  ( $l=1, 2, 3, 4, 5$ ) 为各一级指标云参数;  $s$  为各一级指标对应的二级指标个数;  $W_l$  为各一级指标权重, 等于对应二级指标权重之和;  $C(Ex, En, He)$  为项目总体风险云参数。

(4) 基于正向云算法及公式(13)所计算的项目综合风险评价云参数, 生成评价云, 并绘制评价云图, 实现项目风险的可视化。一是基于  $C(Ex, En, He)$ , 生成以  $En$  为期望值、 $He^2$  为方差的正态随机数  $En'$ 。二是生成以  $Ex$  为期望、 $En'$  为方差的正态随机数  $Ex'$ 。三是按照公式(14)计算隶属度。四是令  $[Ex', \mu(Ex')]$  为论域  $U$  中的一个云滴坐标。五是重复前述 4 个步骤, 直至生成所需云滴数。

$$\mu(Ex') = \exp \left( -\frac{(Ex' - Ex)^2}{2En'^2} \right) \quad (14)$$

(5) 计算项目综合风险评价云参数与各区间标准云之间的隶属度, 进而计算相似度, 判断项目综合风险等级。一是基于  $Cloud(Ex_q, En_q, He_q)$ , 生成以  $En_q$  为期望、 $He_q^2$  为方差的正态随机数  $En_q'$ 。二是根据公式(15)计算  $Ex'$  在标准云中的隶属度。三是重复前两步, 直至生成所需数量  $N$ 。四是根据公式(16)

计算相似度。五是根据公式(17)对云模型与各区间的相似度  $\delta_q$  做归一化处理,判断风险等级。

$$\mu_z(En_q') = \exp\left(-\frac{(Ex' - Ex_q)^2}{2En_q'^2}\right) \quad (15)$$

$$\delta_q = \frac{1}{N} \sum_{z=1}^N \mu_z(En_q') \quad (16)$$

$$P_q = \frac{\delta_q}{\sum_{q=1}^5 \delta_q} \quad (17)$$

#### 四、富国首创水务 REITs 项目风险评估

为论证本文方法的可行性,选择富国首创水务 REITs 项目进行实证研究。

##### (一)实例介绍

富国首创水务 REITs 项目,是我国首批 9 个 REITs 项目之一。该项目的基金运作方式为契约型、封闭式,合同期限为 2021 年 6 月 7 日至 2047 年 9 月 29 日,基金份额总额为 5 亿份。REITs 项目底层资产包括深圳市福永(设计规模为 12.5 万吨/日)、松岗(设计规模为 15 万吨/日)、公明(设计规模为 10 万吨/日)水质净化厂 BOT 项目(暂未全部完成决算),以及合肥市十五里河污水处理厂 PPP 项目(设计规模为 30 万吨/日、投资规模约为 100646 万元)两个子项目。项目主要参与方包括:北京首创股份有限公司(原始权益人及运营管理机构)、富国基金管理有限公司(基金管理人)和招商银行(基金托管人)。

##### (二)风险评估过程与结果

对 REITs 项目风险进行量化评估,首先要对风险等级进行划分。在参考现有文献、专家意见后,综合考虑风险发生概率及影响后果,将 REITs 项目风险划分为小、较小、中等、较大和大五个风险等级,对应区间分别为(0,3)(2,5)(4,7)(6,9)和(8,11),区间划分依据为:第一,基于云理论,考虑到在风险

研究中,既要考虑随机性,又要考虑模糊性,即亦此亦彼性,若将区间划分为 [1,2]、[3,4]、[5,6]、[7,8]、[9,10]或[1,2]、(2,4]、(4,6]、(6,8]、(8,10]此类,则仅考虑了风险问题的随机性,忽略了风险研究中的模糊性问题。第二,基于风险定义,风险区间的两边界点,即无风险和必有风险两点,只能无限趋近,而无法取到,因此两边界应采用开区间,又考虑到专家打分过程中量表设计的准确性和便捷性问题,引入 0 和 11 表示无风险和必有风险两点。

在对风险等级进行划分后,邀请专家进行预调研,为便于专家打分及结果可靠性,引入 10 级量表设计专家打分表。根据预调研结果发现,若仅按 10 级量表对风险大小进行打分,则部分专家并未综合考虑发生概率和影响后果两个因素。因此,对专家打分表进行修正,先请专家对发生概率进行判断,将风险所属区间确定,在根据影响后果大小确定具体风险级别,例如:某专家先判断出该项目利率风险发生概率中等,则所属区间为(4,7),对应分值为 5、6;然后,判断出利率风险的发生对项目影响较小;最后,某专家给该项目利率风险打分为 5。实例具体评估步骤如下:

1.基于修改后的专家打分表,邀请参与过风险识别或风险评估预调研的专家 25 人进行打分,获得评估矩阵 X。由于评估矩阵由量表打分结果组成,不需要进行去量纲化,直接根据式(1)-(5)计算各指标 CRITIC 权重,各一级指标结果见表 3。

2.在确定完指标权重后,基于式(6)计算各区间云参数,并运用正向云算法生成由 1000 云滴组成的标准云模型,运用云图生成算法绘制标准云图,见图 2。由图 2 可知,从低到高 5 个风险区间分布于标准云图中,后续评价云图计算并绘制出后,将其置于标准云图中,即可直观看出风险等级。



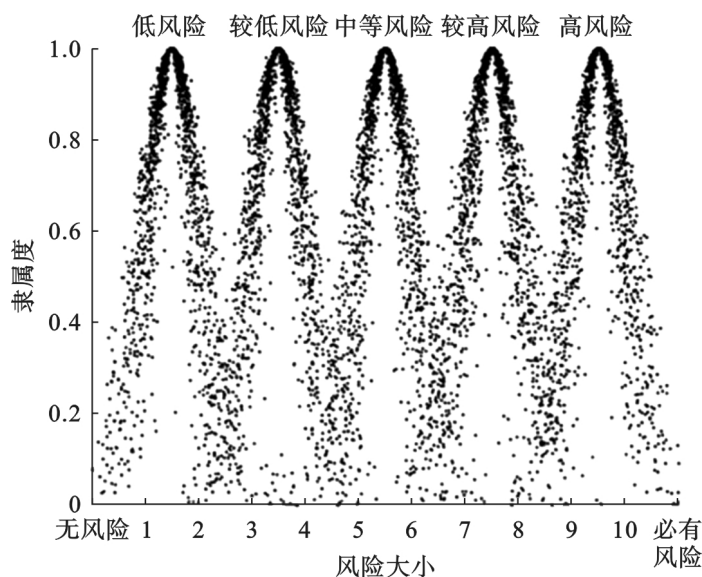


图2 基础设施REITs项目风险标准云图

3.基于式(7)–(13)的多步还原逆向云算法和云综合风险云参数。由于篇幅所限,仅列出项目综合融合算法,计算实例各二级指标、一级指标及项目风险及一级指标风险云参数,见表3。

表3 项目及一级指标云参数和权重

项目	云参数	一级指标	云参数	权重
富国首创水务REITs项目风险	(4.138, 1.411, 0.286)	$X_1$	(4.056, 1.321, 0.264)	0.2601
		$X_2$	(4.270, 1.354, 0.294)	0.2603
		$X_3$	(4.374, 1.741, 0.346)	0.2079
		$X_4$	(3.980, 1.329, 0.254)	0.2119
		$X_5$	(4.146, 1.311, 0.285)	0.0600

4.基于项目综合风险云参数,再次运用正向云算法,生成由1000云滴组成的评价云模型,并运用云图生成算法在标准云图基础上绘制评价云图,见图3。通过图3可以直观看出,富国首创水务REITs项目综合风险(红色点)集中在较低风险到中等风险之间,且更偏向于较低风险。

5.根据式(15)–(17),计算1000云滴下项目综合风险及一级指标评价云与标准云的相似度,见表4。由表4中数据可知,基于最大隶属度原则,综合风险及各一级指标风险均为较低风险。

### (三)结果分析与讨论

首创水务REITs项目在现有的24支公募

REITs中表现突出,项目运作状况良好,未有较大风险事件发生。自2021年上市以来,涨幅超25%,2022年初二级收益率一度翻番,2022年底扩募方案已进入实施阶段,项目实际情况与评价结果基本吻合,表明本方法具有较好适用性。

尽管按照云模型的3He原则,本实例的评价云已较好的描述出首创水务REITs项目的综合风险,且所得结果与实际情况基本相符,但通过图3和表4可以发现,正向云算法生成的1000个云滴,即还原1000位专家的打分结果,分布于(0,10)区间内,集中于(2,7)区间内,而较低风险的区间则为(2,5),针对这一问题,实践中可以在最大隶属度原则的基础上,

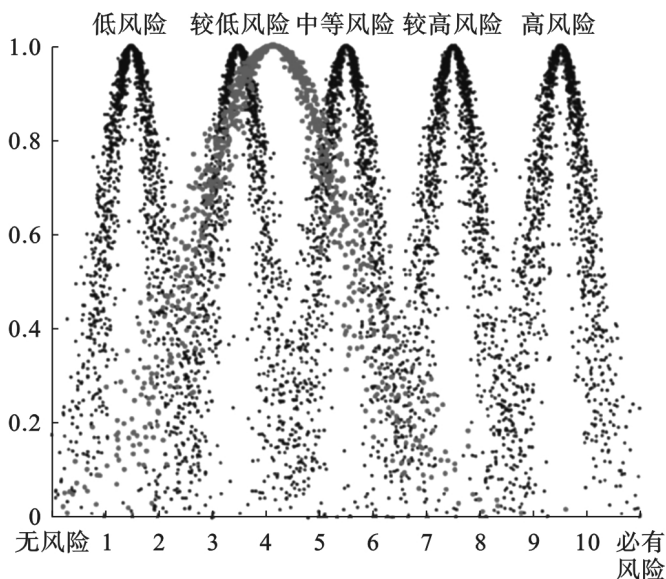


图3 富国首创水务 REITs 项目综合风险评价云图

结合评价云与各区间的相似度进行综合分析。以本实例为例:评价云与中等风险的相似度为 32%,与较低风险的相似度为 40%,与其他风险区间相似度较低,故将评估结果定为较低风险到中等风险。

此外,在风险评估后进行风险决策时,除了以本方法所得的最终评估结果作为决策依据,不同参与方的决策者和风险管理人员还可以结合本方的项目目标、风险偏好、风险应对能力等因素,设定对各风险区间相似度的接受范围。如在本实例中,若设定对较高风险及以上的接受范围为 15%,则本实例风险便在接受范围内。

## 五、结语

针对基础设施 REITs 领域缺少从项目角度展开的风险评估方法这一问题:首先,本文运用主客观相结合的方法,在保证风险识别科学性的基础上,构建了全面的基础设施 REITs 项目风险指标体系。其次,本文提出 CRITIC 和云模型相结合作为风险评价方法。一方面,在赋权中应用 CRITIC 法,不但考虑了云模型中熵越大描述结果不确定性越大这一原则,同时避免了过往评估方法中指标体系不可轻易改变的

问题,为本方法在不同参与方中的应用奠定了基础。另一方面,引入云模型进行风险评价,不但考虑了风险的模糊性,同时兼顾了其随机性,相较于仅基于单一角度的方法更为科学。最后,以富国首创水务 REITs 项目为实例,论证模型的适用性。结果表明,提出的评估方法科学、适用,所得结论与实际情况基本吻合。此外,在评估结果的基础上,提出结合相似度进行综合分析,进一步优化评估结果,以及在后续风险决策中,对各区间相似度设定接受范围,作为决策依据两个分析思路。未来研究可以基于本文所提方法,结合实际情况,对指标体系进行不断补充,或对本文中的定性指标进行量化探索。

## 参考文献:

- [1] Akinsomi O.How Resilient Are REITs to a Pandemic? The COVID-19 Effect[J].Journal of Property Investment & Finance,2020,39(1):19-24.
- [2] Corgel J,McIntosh W,Ott S.Real Estate Investment Trusts: A Review of the Financial Economics Literature[J].Journal of Real Estate Literature,1995,3(1):13-43.
- [3] Fisher G,Steiner E,Titman S,et al.How Does Property Location Influence Investment Risk and Return [R]. Working Paper,2020.

- [4] Kim D, Lim D, Wiley J A. Narrative Investment-Risk Disclosure & REIT Investment[J]. The Journal of Real Estate Finance and Economics, 2021: 1-26.
- [5] Sari A F, Utomo C, Rahmawati Y. Research on Real Estate Investment Trust (REIT) As Real Estate Financing for Developers: A Methodology Review of Previous Study[C]// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020, 930(1): 012015.
- [6] 李智. 房地产投资信托制度(REITs)风险之法律规制与运营控制[J]. 中央财经大学学报, 2007(8): 41-47.
- [7] 田蕊, 刘丽薇. 我国试行房地产投资信托基金的风险研究[J]. 投资研究, 2010(7): 62-64.
- [8] 刘伟, 夏恩君, 杨尚洪. 房地产信托投资基金风险评价研究[J]. 山东社会科学, 2016(8): 154-159.
- [9] 范昱娟, 蔡轲. REITs 投资管理风险——以浙江省为例[J]. 浙江金融, 2010(2): 60+57.
- [10] 雷鸣, 王丹丹, 刘泞玮, 崔美丽. 基于交互作用矩阵的基础设施 REITs 融资风险因素分析[J]. 建筑经济, 2022, 43(7): 93-99.
- [11] 顾家明, 汪霄. 基于熵权法-CIM 的公租房 REITs 融资风险评价[J]. 建筑经济, 2019, 40(7): 116-120.
- [12] 杨宇. 多指标综合评价中赋权方法评析[J]. 统计与决策, 2006(13): 17-19.
- [13] 张晓慧, 冯英俊. 一种非线性模糊综合评价模型[J]. 系统工程理论与实践, 2005(10): 54-59.
- [14] Purba J H, Lu J, Zhang G, et al. A Fuzzy Reliability Assessment of Basic Events of Fault Trees through Qualitative Data Processing[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2014, 243: 50-69.
- [15] 周红波. 基于贝叶斯网络的深基坑风险模糊综合评估方法[J]. 上海交通大学学报, 2009, 43(9): 1473-1479.
- [16] 杜修力, 张雪峰, 张明聚, 侯本伟. 基于证据理论的深基坑工程施工风险综合评价[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(1): 155-161.
- [17] 侯玉凤. 基于全过程的 PPP 资产证券化运作风险分析及评价[J]. 财会月刊, 2018(17): 79-86.
- [18] Chen L, Huang X, Wu Z. The Research on Risk and Management of Real Estate Investment Trusts in China [M]// ICCREM 2020: Intelligent Construction and Sustainable Buildings. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2020: 781-792.
- [19] 李爱民, 杨世芳. 基于粗糙集的 PPP 产业基金投资项目风险评价[J]. 会计之友, 2018(10): 81-87.
- [20] 邓冰. PPP 资产证券化风险思考[J]. 中国财政, 2017(11): 51-53.
- [21] 周鲜华, 刘娜, 项英辉. 公共租赁住房 PFI 融资模式风险分担策略研究[J]. 建筑经济, 2014, 35(8): 106-109.
- [22] 刘合群. 基于 SVM-AFSA 的公租房 REITs 融资风险评估[J]. 建筑技术, 2017, 48(7): 768-771.
- [23] 李海凌, 史本山. 基于多视角的 PFI 项目风险评估研究[J]. 技术经济与管理研究, 2010(2): 12-15.
- [24] 胡玥鹏, 胡昊, 悦国勇, 戴磊. 铁路 REITs 项目成功的影响因素体系研究[J]. 建筑经济, 2022, 43(2): 38-44.
- [25] 谢咏梅. 智慧城市基建项目 PFI 融资模式风险管理探析[J]. 财会通讯, 2020(20): 134-138.
- [26] Zhao Hui, Bu Zehui, Ma Shengbin. Risk Evaluation of Sewage Treatment PPPABS Projects Using Combination Weight Method and D-S Evidence Theory[J]. Complexity, 2020.
- [27] Valipour A, Yahaya N, Md Noor N, et al. A fuzzy Analytic Network Process Method for Risk Prioritization in Freeway PPP Projects: An Iranian Case Study [J]. Statyba, 2015, 21(7): 933-947.
- [28] Ameyaw E E, Chan A P C. Evaluation and Ranking of Risk Factors in Public - Private Partnership Water Supply Projects in Developing Countries Using Fuzzy Synthetic Evaluation Approach [J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(12): 5102-5116.
- [29] 毛亮, 刘畅. 基于模糊综合评价法的 PPP 项目投资风险分析[J]. 会计之友, 2018(15): 94-100.
- [30] Chen L, Huang X, Wu Z. The Research on Risk and Management of Real Estate Investment Trusts in China [M]// ICCREM 2020: Intelligent Construction and Sustainable Buildings. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2020: 781-792.
- [31] Song Y, Hao S. Research on Financing Risk Factors of Expressway REITs in China with a Hybrid Approach [J]. Systems, 2022, 10(2): 38.
- [32] 赵晓玲. 首批基础设施公募 REITs 分析[J]. 中国金融, 2021(21): 68-70.
- [33] 李德毅, 刘常昱. 论正态云模型的普适性[J]. 中国工程科学, 2004(8): 28-34.
- [34] Xu C, Wang G, Zhang Q. A New Multi-Step Backward Cloud Transformation Algorithm Based on Normal Cloud Model[J]. Fundamenta Informaticae, 2014, 133(1): 55-85.

【责任编辑 郭艳娟】