

基于投资方角度的项目融资风险分配研究*

吴艳霞, 王雷, 殷仲民

(西安理工大学 工商管理学院, 陕西西安 710054)

摘要:从风险分担问题的博弈分析出发,探讨项目融资风险分配的最优原则。分析项目融资的风险类别和利益相关者,利用模糊层次分析法,建立项目融资各参与方的风险矩阵,按照风险最优分配原则,使用匈牙利法对风险矩阵求解,为各类风险确定最优承担者。

关键词:项目融资; 风险分配; 匈牙利法

中图分类号:F293 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2006)02-0115-05

Analysis of project financing risk distribution Based on Investor

WU Yan-xia, WANG Lei, YIN Zhong-min

(School of Business Administration of Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, P. R. China)

Abstract: By analyzing the kinds of risk and participants in project financing in this paper, the optimal principle of project financing risk distribution through the game theory analysis is studied. The authors use the fuzzy analytic hierarchy process to establish the participants risk matrix, then, solve the matrix through Hungarian Algorithm according to the principle of risk effective distribution. After optimization, the best one who should undertake the risk will be decided.

Keywords: project financing; risk distribution; Hungarian Algorithm

项目融资涉及资金规模大、期限长、参与方众多和融资结构复杂,导致风险因素多、风险影响结果比较严重,使风险成为项目融资成功与否的关键。因此,如何有效地进行风险防范与规避,以及如何进行风险分配,一直是项目融资实践中与理论上的焦点问题^[1]。

目前,国内外学者对项目融资风险管理的研究主要集中在以下几个方面:1)风险的度量与评价方法研究,其中以风险的动态模糊综合评价为典型代表;2)风险的控制技术研究,采取的主要手段有回避、预防、减轻、隔离、结合和转移等;3)参与方的信用评估方法研究;4)完善项目融资风险管理的政策法规的对策研究等。项目融资的任务是将与项目利益有关的,和对项目发展有需求的各个方面所能提供的担保及所能承担的责任组织起来,使得其中任何一方都不因需要承受过重的财务负担或者过高的项目风险而无法开发或经营项目。因此,针对各类风险,选择一个适宜的风险承担者,不仅可以有效地规避和减小部分风险,也容易在各参与者之间达成协议,使项目融资最终得以实现。而国内外学者对如何在各项目的参与方之间进行风险分配以及风险分配原则的确定等方面的研究几乎没有

涉及到,正是从这一角度出发,探讨项目融资风险最优分配的原则,从而为我国项目融资风险最优分配探讨一个通用的方法体系,以促进项目融资事业在中国的发展。

主要从投资方的角度,从风险分担的博弈分析出发,得出风险最优分配原则,即将所有的风险都分配给最适合承担它的一方时项目的整体满意度最大,并根据帕累托最优来求取、解决各风险的利益相关者,进而为各类风险确定最优承担主体,最后签署风险承担协议,分散项目融资的风险。

1 项目融资风险类型及评价指标确定

项目融资风险是指在项目融资过程中,出现的不确定因素,以及这些不确定性因素对项目目标产生不利影响的机会事件发生的可能性及损失发生的不确定性。项目融资是一个系统工程,在实施的过程中涉及到很多的不确定性因素:在项目建设开发阶段,需要大量的资金投入,同时贷款利息也开始计入资金成本,随着项目建设的进展,投入的资金额不断增加,项目的风险也随之增加;项目的试生产阶段,如果不能生产出合

* 收稿日期:2005-09-20

基金项目:陕西省教育厅软科学基金资助项目(03JK178)

作者简介:吴艳霞(1964-),女,江苏南京人,教授,主要从事投融资管理、技术经济及风险管理研究。

格的产品就意味着对项目的现金流量的分析和预测是不准确的,项目就可能没有足够的支付生产费用和偿还债务;项目生产经营阶段的风险主要有:原料及燃料供应风险、市场风险、长期金融风险(汇率波动、利率上升、通货膨胀等)、法律风险(如税法修改等)、环境保护、生产以及其他一些不可预见因素等方面的风险。

信用风险是项目有关参与方不能履行协定责任和义务而出现的风险。在项目融资中,即使对借款人、项目发起人有一定的追索权,贷款人也将评估项目参与方的信用、业绩和管理技术,因为这些因素是贷款人依赖的项目成功的保证。信用风险贯穿项目始终,项目参与方的资信、技术、资金能力、业绩和管理水平是评价项目信用风险程度的重要指标。

项目的建设风险存在于项目建设开发和试生产阶段。其主要表现为:项目建设延期;项目建设成本超支;由于种种原因,项目迟迟达不到“设计”规定的技术经济指标;极端情况下,由于技术和其他方面的原因,项目完全停工放弃等。

市场风险是指在一定的成本水平下能否按计划维持产品质量与产量,以及产品市场需求量与市场价格波动所带来的风险。市场风险主要有价格风险、竞争风险和需求风险。这三种风险之间相互联系,相互影响。同时,还应将市场准入情况、竞争程度、时效性等纳入评价范围。

项目的金融风险主要表现在利率风险和汇率风险两个方面,如汇率波动、利率上涨、通货膨胀、国际贸易政策的趋向等,这些因素会引发项目的金融风险。

生产风险是指在项目试生产阶段和生产运营阶段中存在的技术、资源储量、能源和原材料供应、生产经营、劳动力状况等风险因素的总称。它是项目融资的另一个主要的核心风险。生产风险主要表现在:技术风险;资源风险;能源和原材料供应风险;经营管理风险。

此外,对于一些跨国融资项目还存在一定的政治和法律风险,已成为一个不容忽视的影响因素。

风险在项目融资的各个进展阶段具有不同的表现形式,根据项目融资的特点和项目的实施过程可将风险分为八类即:信用风险、建设风险、市场风险、金融风险、政治风险、法律风险、环境风险、生产风险^[2]采用层次分析法,将上述8类指标分解为32个子指标,构成风险指标评价体系,如图1所示。

2 项目融资主要参与方及其合同关系

项目融资中参与方众多、关系复杂,其主要参与方

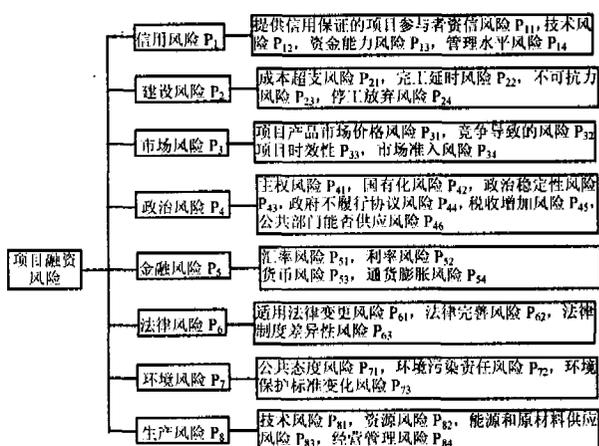


图1 项目融资风险评价指标

有^[3]:(1)项目主办方;(2)项目实际投资者;(3)项目所在国有关政府机构;(4)项目贷款银行;(5)项目管理公司;(6)项目建设工程公司;(7)项目产品购买者;(8)项目设备、能源、原材料供应商等。项目融资主要参与方及其合同关系如图2所示。

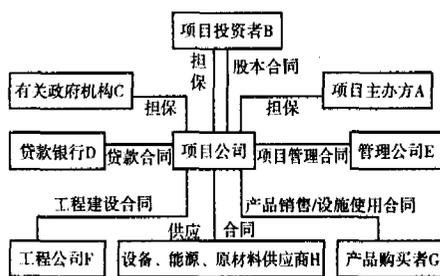


图2 项目融资参与方之间的基本合同关系

3 项目融资风险最优分配原则探讨

设项目参与方有 n 个,其编号为 $1, 2, \dots, n$;项目有 m 种风险,其编号为 $1, 2, \dots, m$ 。以 $r_i^j (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m)$ 表示第 i 个项目参与方所承担的第 j 种风险。假设收益与风险正相关,即承担的风险越大,获得的收益也就越高。假定项目已经采取了所有的风险防范措施,所需解决的只是那些不能避免的风险分配问题,同时假定任一风险已不可再细分,即最多只有一个风险承担者。这样,项目各参与方为承担风险而要求得到的收益,以及因此而付出的代价只与其所承担的风险有关^[4]。

则有:第 i 方收益:

$$y_i = y_i(r_i^1, r_i^2, \dots, r_i^m), i = 1, 2, \dots, n$$

第 i 方成本:

$$c_i = c_i(r_i^1, r_i^2, \dots, r_i^m), i = 1, 3, \dots, m$$

为简化计算,假设项目各参与方的收益与代价(成本)均为各种风险的线性函数,即:

$$y_i = y_i^1 r_i^1 + y_i^2 r_i^2 + \dots + y_i^m r_i^m = \sum_{j=1}^m y_i^j r_i^j, i = 1, 2, \dots, n$$

$$c_i = c_i^1 r_i^1 + c_i^2 r_i^2 + \dots + c_i^m r_i^m = \sum_{j=1}^m c_i^j r_i^j, i = 1, 2, \dots, n$$

y_i^j 和 c_i^j 分别表示第 i 方因承担第 j 种风险每个单位所得到的收益和付出的成本,那么, $y_i^j - c_i^j$ 就是第 i 方因承担第 j 种风险每个单位所得到的净收益。由于项目各参与方对风险的态度和承担能力不同,因此对任一风险 j , y_i^j 和 c_i^j 是不同的。实际上, $y_i^j - c_i^j$ 表示的是第 i 方对第 j 种风险的一种态度,称之为风险偏好。用 $p_i^j = y_i^j - c_i^j$ 表示第 i 方对第 j 种风险的偏好系数,用 $p_i = y_i - c_i$ 表示项目第 i 方的净收益即满意度。

首先就任意两个项目参与方 a, b 之间的博弈进行分析,分别以承担和不承担表示参与方是否承担第 j 种风险的行动选择,设 a, b 对第 j 种风险的偏好系数分别为 p_a^j 和 p_b^j ,那么可得如图3所示情形^[5]。按 p_a^j 和 p_b^j 的数值不同取向,分四种情况进行考虑:

	b	不承担	承担
a	不承担	(0,0)	(0, $p_b^j r_b^j$)
	承担	($p_a^j r_a^j, 0$)	(-, -)

图3 参与方风险分配的博弈模型

1) 当 $p_a^j > 0, p_b^j > 0$, 可得在 a 和 b 的博弈中存在两个纳什均衡,即(承担, 不承担)、(不承担, 承担), 存在两种风险承担方式。但考虑到项目整体满意度的最大化, 当 $p_a^j > p_b^j$ 时, $\max(P_a, P_b) = p_a^j r_a^j$, 显然(承担, 不承担)是最合理的风险分配格局, 虽然参与方 b 也有积极性承担此类融资风险; 当 $p_a^j < p_b^j$ 时, $\max(P_a, P_b) = p_b^j r_b^j$, 显然(不承担, 承担)是最合理的风险分配格局。

2) $p_a^j > 0, p_b^j < 0$ 时, 由于 b 期望净收益为负值, 其没有积极性承担该类风险, 而 a 则正好相反, 故两者的博弈中, a 成为唯一的风险承担者, 可得在 a 和 b 的博弈中存在唯一的纳什均衡, 即(承担, 不承担)。

3) $p_a^j < 0, p_b^j < 0$ 时, 无论 a 还是 b , 一旦承担该风险, 则可能意味着损失的发生, 故两者间无任一方有承担此类风险的积极性^[6], 可得唯一的纳什均衡, 即(不承担, 不承担)。

4) $p_a^j < 0, p_b^j > 0$ 时, 由于 a 期望净收益为负值, 其没有积极性承担该类风险, 而 b 则正好相反, 故两者的博弈中, b 成为唯一的风险承担者, 可得唯一的纳什均衡, 即(不承担, 承担)。

将上面的博弈分析由两个参与方推广到 n 个参与方和 m 种风险:

对应于第一种情形, 如果各参与方的期望净收益都大于零, 那么为满足项目整体满意度最大化, 期望净收益最优选择应为:

$$\max \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_i^j - c_i^j) r_i^j \right] = \max \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i^j r_i^j \right]$$

由于项目融资的各项风险是一定的, 因此有:

$$\sum_{i=1}^n r_i^j = C(j), j = 1, 2, \dots, m$$

式中: $C(j)$ 表示常数 j 。即偏好系数最优选择应为 $(\max_{i=1}^n p_i^j)$, 偏好系数最大也意味着项目整体满意度最大。

对应于第二、四种情形, 如果 n 个参与方的偏好系数既有大于零的, 也有小于零的, 那么可以得出只有 $p_i^j > 0$ 的参与方有积极性承担该类风险, 从这类参与方间选择整体满意度最大的主体, 得 $(\max_{i=1}^n p_i^j)$ 为最优风险承担主体的风险偏好系数。

对应于第三种情形, 如果所有参与方的风险偏好系数都小于零, 那么意味着任一主体承担该种风险都将可能意味着损失的发生, 在这种情况下, 除非风险损失较小, 可以采取风险自留的形式或者不作为考虑的重点, 否则就需重新对项目进行可行性分析, 或寻找新的风险承担主体和承担方式。

综合以上分析可知, 项目的任一风险完全由对该风险偏好系数最大的项目参与方承担时, 项目整体的满意度最大。对某种风险的偏好系数最大, 意味着最适合承受该风险。于是, 得到了项目融资风险最优分配的最基本原则: 将所有风险都分配给最适合承担它的一方。

4 项目融资风险分配模型的构建

根据以上对项目融资风险因素的分析, 本文建立了模糊层次分析法的递阶层次结构模型, 并给出了模糊互补判断矩阵排序的一个通用公式, 计算指标向量的权重, 将之运用项目融资风险的评价。

4.1 建立分配问题的层次结构模型

第一层为目标层 Q , 即项目融资风险分配的整体满意度最大;

第二层为指标层 $P = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8)$, 是评价的主指标体系, 即项目融资的主要风险: 信用风险、建设风险、市场风险、金融风险、政治风险、法律风险、环境风险、生产风险。

第三层为子指标层 $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ik})$, 是对第二层指标的细化;

第四层为方案层, 即项目融资参与方的风险分配。

4.2 分配问题的权重计算

对各风险子指标的相对重要性进行评价, 建立判断矩阵。采用 0.1~0.9 五标度法, 具体含义见表 1。

定义 1: 设模糊矩阵 $A = (\alpha_{ij})_{n \times n}$, 若有 $\alpha_{ij} + \alpha_{ji} = 1$, 则称矩阵 A 是模糊互补矩阵。可以看出采用 0.1~

0.9 五标度构成的判断矩阵 $A = (\alpha_{ij})_{n \times n}$ 是模糊互补矩阵。

表1 风险标度含义表

0.1~0.9 五标度	含 义
0.1	表示风险 X 极端重要于风险 Y
0.3	表示风险 X 明显重要于风险 Y
0.5	表示风险 X 与风险 Y 同等重要
0.7	表示风险 Y 明显重要于风险 X
0.9	表示风险 Y 极端重要于风险 X

注:0.2,0.4,0.6,0.8 可以取为五标度相邻的判断中值。

定义2:设模糊互补矩阵 $A_I = (\alpha_{ij}^{(I)})_{n \times n}$, ($I = 1, 2, \dots, s$), 令 $\bar{\alpha}_{ij} = \sum_{I=1}^s \lambda_I \alpha_{ij}^{(I)}$, $\lambda_I > 0$, $\sum_{I=1}^s \lambda_I = 1$, 则称矩阵 $\bar{A} = (\bar{\alpha}_{ij})_{n \times n}$ 为 A_I ($I = 1, 2, \dots, s$) 的合成矩阵, 记为 $\bar{A} = \lambda_1 A_1 \oplus \lambda_2 A_2 \oplus \dots \oplus \lambda_s A_s$ [7]。

定理:设模糊矩阵 $A = (\alpha_{ij})_{n \times n}$, 对矩阵 A 按行求和: $r_i = \sum_{k=1}^n \alpha_{ik}$, $i = 1, 2, \dots, n$, 作如下数学变换:

$$r_{ij} = \frac{r_i - r_j}{2(n-1)} + 0.5$$

得到模糊一致性矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$, 由矩阵 R 采用行和归一化求得的排序向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 满足 [8]:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)}, i = 1, 2, \dots, n$$

4.3 模糊层次分析的运用

首先,由项目投资方聘请专家利用 0.1~0.9 五标度对八个主指标及其下属子指标的相对重要性进行评价,评判所得的模糊互补矩阵为:

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.8 & 0.7 & 0.7 \\ 0.2 & 0.5 & 0.4 & 0.3 \\ 0.3 & 0.6 & 0.5 & 0.6 \\ 0.3 & 0.7 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.7 & 0.2 \\ 0.6 & 0.5 & 0.8 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 0.2 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.3 \\ 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.6 & 0.7 & 0.5 & 0.2 \\ 0.3 & 0.8 & 0.8 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.7 & 0.3 & 0.8 & 0.4 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.7 & 0.7 & 0.5 & 0.7 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.6 & 0.8 & 0.8 & 0.7 & 0.5 & 0.7 \\ 0.6 & 0.7 & 0.7 & 0.8 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_5 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.7 & 0.4 \\ 0.7 & 0.5 & 0.8 & 0.6 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \\ 0.6 & 0.4 & 0.8 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_6 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.3 \\ 0.6 & 0.5 & 0.4 \\ 0.7 & 0.6 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_7 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.7 & 0.8 \\ 0.3 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_8 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.6 & 0.3 \\ 0.8 & 0.5 & 0.7 & 0.4 \\ 0.4 & 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.7 & 0.6 & 0.8 & 0.5 \end{bmatrix}$$

由于计算量较大,这里省略了计算过程,将子指标的权重计算结果归纳在表2中。

设项目融资各参与方对各风险程度的评价为“低”、“较低”、“中等”、“较高”、“高”(分别设为 1, 2, 3, 4, 5), 然后,使用 Delphi 法了解各参与方对各风险指标的评价,并对评分结果进行统计整理,表3为统计各参与方打分后得到的平均值。

表2 各指标归一化权重表

子指标	权重	归一化权重	子指标	权重	归一化权重
P_{11}	0.308	0.039	P_{51}	0.261	0.033
P_{12}	0.2	0.025	P_{52}	0.324	0.041
P_{13}	0.25	0.031	P_{53}	0.199	0.025
P_{14}	0.242	0.030	P_{54}	0.216	0.027
P_{21}	0.233	0.029	P_{61}	0.283	0.035
P_{22}	0.258	0.032	P_{62}	0.333	0.042
P_{23}	0.233	0.029	P_{63}	0.383	0.048
P_{24}	0.275	0.034			
P_{31}	0.233	0.029	P_{71}	0.417	0.052
P_{32}	0.2	0.025	P_{72}	0.317	0.040
P_{33}	0.242	0.030	P_{73}	0.267	0.033
P_{34}	0.317	0.040			
P_{41}	0.17	0.021	P_{81}	0.217	0.027
P_{42}	0.133	0.017	P_{82}	0.283	0.035
P_{43}	0.17	0.021	P_{83}	0.2	0.025
P_{44}	0.137	0.017	P_{84}	0.3	0.038
P_{45}	0.203	0.025			
P_{46}	0.187	0.023			

表3 各参与方子指标偏好系数表

子指标	A	B	C	D	E	F	G	H
P_{11}	2	3	3	3	3	3	3	3
P_{12}	1	3	4	4	3	3	3	3
P_{13}	1	2	4	3	2	3	3	3
P_{14}	2	2	3	3	3	3	3	3
P_{21}	4	4	4	4	3	2	3	3
P_{22}	4	3	4	4	3	2	4	4
P_{23}	2	3	3	4	4	2	3	3
P_{24}	3	3	3	4	2	1	2	2
P_{31}	3	4	4	4	4	4	1	1
P_{32}	4	3	4	3	4	3	2	3
P_{33}	2	3	3	3	3	4	3	3
P_{34}	2	4	4	3	3	3	3	2

续表3

P_{41}	3	3	1	3	3	3	3	3
P_{42}	3	4	1	4	3	4	4	3
P_{43}	2	3	1	4	3	2	3	3
P_{44}	2	3	1	4	4	4	4	4
P_{45}	2	2	3	5	4	4	4	4
P_{46}	3	2	2	3	3	3	3	4
P_{51}	4	4	4	1	4	4	3	4
P_{52}	4	4	4	2	4	4	3	4
P_{53}	3	3	3	1	3	3	3	3
P_{54}	5	4	5	2	4	4	4	4
P_{61}	2	3	1	4	4	4	3	3
P_{62}	3	3	4	4	4	3	4	4
P_{63}	2	2	2	3	2	2	2	2
P_{71}	2	3	4	3	4	4	4	4
P_{72}	2	2	4	4	4	4	3	4
P_{73}	2	2	4	4	3	3	3	3
P_{81}	3	3	3	3	1	2	3	3
P_{82}	3	2	3	3	2	3	3	3
P_{83}	2	2	3	3	2	3	3	3
P_{84}	3	3	4	3	1	2	3	3

根据8个主指标和32个子指标的权重分布以及表3的结果,可以计算出八个参与方的主指标偏好系数,见表4。

表4 八个参与方的主指标偏好系数表

	A	B	C	D	E	F	G	H
P_1	0.194	0.314	0.431	0.4	0.344	0.375	0.375	0.375
P_2	0.404	0.401	0.433	0.496	0.367	0.214	0.37	0.37
P_3	0.327	0.441	0.466	0.401	0.426	0.431	0.249	0.274
P_4	0.286	0.341	0.197	0.427	0.414	0.41	0.431	0.437
P_5	0.506	0.479	0.506	0.194	0.479	0.479	0.405	0.479
P_6	0.292	0.327	0.299	0.452	0.404	0.362	0.369	0.369
P_7	0.25	0.302	0.5	0.448	0.467	0.467	0.427	0.467
P_8	0.35	0.315	0.581	0.543	0.185	0.478	0.543	0.543

将表4转化为矩阵形式,记作矩阵 V ,令 $U = V^T$,得到项目融资各参与方的风险矩阵 U :

$$U = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \\ H \end{matrix} \begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \end{matrix} \begin{matrix} 0.194 & 0.404 & 0.327 & 0.286 & 0.506 & 0.292 & 0.25 & 0.35 \\ 0.314 & 0.401 & 0.441 & 0.341 & 0.479 & 0.327 & 0.302 & 0.315 \\ 0.431 & 0.433 & 0.466 & 0.197 & 0.506 & 0.299 & 0.5 & 0.581 \\ 0.4 & 0.496 & 0.401 & 0.477 & 0.194 & 0.452 & 0.448 & 0.543 \\ 0.344 & 0.367 & 0.426 & 0.414 & 0.479 & 0.404 & 0.467 & 0.185 \\ 0.375 & 0.214 & 0.431 & 0.41 & 0.479 & 0.362 & 0.467 & 0.478 \\ 0.375 & 0.37 & 0.249 & 0.431 & 0.405 & 0.369 & 0.427 & 0.543 \\ 0.375 & 0.37 & 0.274 & 0.437 & 0.479 & 0.369 & 0.467 & 0.543 \end{matrix}$$

5 利用匈牙利法求解

匈牙利解法过程可以分为四个步骤^[9]:(1)使风险矩阵出现0元素;(2)试求最优解;(3)作能覆盖所有0元素的最少数的直线集合;(4)变换矩阵使0元素移动。

利用匈牙利法对风险矩阵 U 求解,并签署协议以分散风险过程如下:

1)从风险矩阵的每行元素减去各该行的最小元素;再从所得矩阵的各列中减去各该列的最小元素,则得到0元素。若矩阵 C 中第 i 行 C_{ik} 为最小元素,则意味着对 i 参与方而言,在所有风险中 i 承担 k 风险所需成本最小(效率最高);同样若第 j 列 C_{ij} 为最小,则 j 风险由 k 参与方承担成本最小。说明为求得分配问题的最优解,首先应尽量使每一风险由承担该风险所需成本最小(效率最高)的参与方承担,或应尽量使每一参与方承担最能发挥自身效率(风险最小)的风险。

2)风险矩阵经上述缩减变换后,出现同一行列中有多于0元素的情况,则由0元素最少的行开始,圈出一个0元素,用 \odot 表示,然后划去同行列的其它0元

素,用表示,依次做各行, \odot 所在的位置对应的 $X_{ij} = 1$ 。 i 行0元素越少,意味着综合来看,该行所代表的参与方 i 的承担成本越高;同样 j 列中0元素越少,意味着综合来看,承担该列所代表的 j 风险所需承担成本越大。说明为求得分配问题的最优解,其合理的分配顺序应是风险承担成本越高者,越要先安排其承担最能发挥其效率的风险;或风险承担成本越高的风险,越要先安排给承担该风险成本最低者承担^[11]。

3)作能覆盖所有0元素的最少数的直线集合,实际意味着确认已分配好的风险和对应的参与方,划出 \odot 的位置。

4)为达到每行都有0元素的目的,要在没被直线覆盖的部分中找出最小元素,圈出这一元素作为 \odot 元素;其后重复(3)、(4)过程,直到有 n 个不同行不同列的 \odot 元素为止。这说明在所有剩余待分配的风险和参与方中,应最先把承担某项风险成本最低者安排分摊该项风险,再重复(3)、(4)过程,直到所有的风险和参与方都已安排好为止。

风险分配结果: $A - P_1, B - P_7, C - P_4, D - P_5, E - P_8, F - P_2, G - P_3, H - P_6$ 。即:项目主办方承担信用风

(下转第136页)

- bilized biomass in fluidized bed and air - lift suspension reactors [J]. *Chemical Engineering Technology*, 13, 202 - 208.
- [20] Tjihuis et al. (1995). Formation of nitrifying biofilms on small suspended particles in airlift reactors [J]. *Biotechnology and Bioengineering*, 47, 585 - 595.
- [21] Fernando Camacho Rubio et al. (2001). Axial inhomogeneities in steady - state dissolved oxygen in airlift bioreactors; predictive models [J]. *Chemical Engineering Journal*, 84, 43 - 55.
- [22] Taku Fujiwara et al. (1998). Effect of draft tube diameter on nitrogen removal from domestic sewage in a draft tube type reactor [J]. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 38, No. 1, 51 - 57.
- [23] T. Hano et al. (1992). Biological nitrogen removals in a bubble column with a draft tube [J]. *Chemical Engineering Science*, 47, 3 737 - 3 744.
- [24] W. A. J. van benthum et al. (1998). Nitrogen removal using nitrifying film growth and denitrifying suspended growth in a Biofilm Airlift suspension reactor coupled with a chemostat [J]. *Wat. Res.*, Vol. 32, No. 7, 2 009 - 2 018.
- [25] W. A. J. van benthum et al. (1999). The biofilm airlift suspension extension reactor. Part I; Design and two - phase hydrodynamics [J]. *Chemical Engineering Science*, 54, 1 909 - 1 924.
- [26] W. A. J. van benthum et al. (2000). The biofilm airlift suspension extension reactor. Part II; Three - phase hydrodynamics [J]. *Chemical Engineering Science*, 55, 699 - 711.
- [27] Haiyan Guo, Jiti Zhou et al. (2004). Integration of nitrification and denitrification in airlift bioreactor [J]. *Biochemical Engineering Journal*, 2005, 23; 57 - 62.
- [28] 高旭. 城市污水处理能耗能效研究进展 [J]. *重庆大学学报(自然科学版)*, 2002, 25(6): 143 - 148.

(上接第 119 页)

险;项目投资者承担环境风险;有关政府机构承担政治风险;贷款银行承担金融风险;项目建设工程公司承担建设风险;项目产品购买方承担市场风险,项目设备、能源、原材料供应商等承担法律风险;项目管理公司承担生产风险。

6 结语

利用模糊层次分析法,建立项目融资各参与方的风险矩阵,按照风险最优分配原则,并使用匈牙利法对模型求解,为各类风险确定最优承担者,具有重要的实践意义。

在实际应用中,由于风险矩阵给出的模糊性和不精确性,通常是满意的而不一定是最优的分配决策结果,要结合具体项目的具体情况优化安排各风险的最优承担主体。如在本文给出的示例中,信用风险应由项目融资的所有参与方共同承担;项目设备、能源、原材料供应商等承担法律风险显然是不合适的,项目的环境风险、法律风险应由项目主办方和项目投资者共同承担;同时,应由项目设备、能源、原材料供应商和项目产品购买方共同承担市场风险。研究对象虽然是针对一个具体项目,但其研究结果却不失一般性,在实际应用中,可以根据不同项目的具体特点和投资者实际要求增加或者删除部分指标,以适应具体问题。

管理问题的定量化处理意义,不仅在于能求出最优或较优解,而且在于它同时含有丰富的管理指导意

义。寻求隐含在数量化过程中的管理意义与指导原则,以促进管理决策工作的科学化、最优化,是非常有价值的工作。

参考文献:

- [1] 屈哲. 项目融资的风险及其规避 [J]. *财经经济问题研究*, 2002, 5(5): 31 - 35.
- [2] 范小军, 王方华, 钟根元, 等. 大型基础项目融资风险的动态模糊评价 [J]. *上海交通大学学报*, 2004, 38(3): 450 - 454.
- [3] 张极井. 项目融资(第二版) [M]. 北京: 中信出版社, 2003.
- [4] 方芳. 工程项目投资与融资 [M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2003.
- [5] 陈赞. 工程项目融资风险分配的博弈分析 [J]. *长沙交通学院学报*, 2004, 20(2): 83 - 85.
- [6] 张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [7] 王上铭, 李树丞, 王贵军. AHP 法在项目融资风险管理中的应用 [J]. *湖南大学学报(社科版)*, 2002, 16(6): 20 - 22.
- [8] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法 [J]. *系统工程学报*, 2001, 16(4): 311 - 314.
- [9] 聂琦波. 指派问题的模糊数学方法求解研究及其启发 [J]. *南京工业大学学报*, 2002, 24(6): 26 - 29.
- [10] 刘晓红. 基于模糊关系的人力资源管理工作分配算法 [J]. *软科学*, 2004, 17(4): 62 - 64.