

文章编号: 1673-095X(2007)04-0049-05

综合风险评价法在工程项目风险分析中的应用

陈勇强, 宋莹

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 风险分析是风险管理的基础, 只有对风险进行准确地分析, 决策层才能制定并采取有效的防范措施. 本文基于模糊集理论从风险大小和风险重要性二维因素变量的角度对风险因素进行模糊评价, 并结合工程项目对综合风险进行分析, 最后给出一个应用实例. 该方法对工程项目综合风险从不同层次进行分析评价, 为决策层制定风险管理计划提供了一种有效的风险分析工具.

关键词: 模糊集; 综合风险; 工程项目; 风险分析

中图分类号: F280 **文献标识码:** A

Application of aggregative risk evaluation method for analysis of engineering project risk

CHEN Yong-qiang SONG Ying

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract Analyzing risk is crucial to risk management and manager will make effective measures for mitigating risk with the precise analysis. In this paper based on the fuzzy sets theory the rate of risk factors is characterized by the fuzzy values and analyzed through two dimension variables of grades of risk and grades of importance and then the rate of aggregative risk item is evaluated by the two fuzzy sets in the engineering project. Finally a case study is given to illuminate the proposed method which manager can take advantage of and to make risk management plans effectively with the rate of aggregative risk at different hierarchy.

Key words fuzzy sets; aggregative risk; engineering project; risk analysis

在工程项目的生命周期中, 风险将会对项目的实施产生积极和消极的影响, 必须进行有效的风险管理. 风险分析是风险管理的基础, 只有对风险进行准确地分析, 决策层才能制定并采取有效的防范措施. 在有关工程项目的风险问题研究中, 常以概率理论为基础的成本模型作为对项目不确定性进行评价的工具. 但是, 概率方法正越来越多地受到质疑并怀疑概率并非是风险的本质特性之一^[1]. 美国学者 Zadeh 于 1965 年首次提出模糊集合的概念, 对模糊行为和活动建立了模型. 模糊数学的发展为工程项目风险管理提供了一种较好的工具, 针对概率理论的不足, 许多学者开始利用模糊理论研究项目风险问

题^[2-4].

另一方面, 在工程项目风险识别、风险分析以及风险控制等相关领域目前许多学者都进行了研究, 但一般都是基于“风险大小”一维变量角度进行分析. Kerzner^[5]提出了风险程度概念, 并指出风险程度是风险大小和风险重要性二维变量的函数, 从两方面对风险进行综合评价, 这使得工程项目风险分析的量化模型更趋于合理.

本文正是基于以上两点分析, 基于模糊集理论对风险因素进行量化, 并从风险大小和风险重要性二维因素变量的角度对工程项目综合风险进行分析评价. 同时考虑到现实中常采用专家群体决策方式,

收稿日期: 2006-01-11

基金项目: 北京市软科学研究课题资助项目(H030130120490).

第一作者: 陈勇强(1964—), 男, 副教授, 博士.

对文献 [6] 中的方法作了进一步的改进. 该风险分析方法不仅具有理论上的先进性, 而且在实践中具有很强的可操作性, 可以方便地对工程项目综合风险从不同层次进行分析评价, 为决策层制定风险管理计划提供了一种有效的风险分析工具.

1 相关理论

1.1 模糊集论

有关模糊数以及模糊数的运算在 20 世纪 70 年代即被人们提出和研究并得到了广泛的应用. 在模糊数学的应用研究中, 有两种最常用的模糊数, 正态模糊数和一种最简单实用的三角模糊数, 本文采用三角模糊数进行分析.

设有正有界闭三角模糊数 $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$, $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ 且 $\lambda \in R, \lambda > 0$ 则:

$$A_1 \otimes A_2 = [a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2]$$

$$A_1 \otimes A_2 = [a_1 \cdot a_2, b_1 \cdot b_2, c_1 \cdot c_2]$$

$$\frac{1}{A} = \left[\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right] \quad (1)$$

$$\lambda A = [\lambda a, \lambda b, \lambda c]$$

关于模糊数之间如何比较的问题, 很多学者提出了独特的方法但并未形成一种统一的观点. 目前用得最多的方法是利用类似于计算空间曲面质心坐标的思想来量化模糊数使之清晰化^[6], 这是一种很有效的方法, 下面给出三角模糊数的清晰量化公式.

设 $A = (a, b, c)$ 为有正有界闭三角模糊数, 隶属函数为 $\mu_A(x)$, 则:

$$C_A = \frac{\int_a^c x \mu_A(x) dx}{\int_a^c \mu_A(x) dx} = \frac{a + b + c}{3} \quad (2)$$

1.2 风险模糊权重

对于某些大系统的决策问题, 尤其是复杂的工程项目, 为了充分发挥群体的智慧和经验, 尽量避免和减少决策上可能产生的失误, 往往需要采用群体

决策的方式进行. 风险因素的模糊权重可以通过模糊判断矩阵来确定.

假设 m 位决策者通过群体意见的不断交流最终可以确定模糊判断矩阵, 考虑到决策者个人的经验、能力等因素不同而赋予不同的决策权重, 其中模糊判断矩阵 A 中元素 $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 是根据所有决策者的模糊判断矩阵 $A_k (k=1, 2, \dots, m)$ 中对应元素通过加权计算得到.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

对于模糊判断矩阵 A 的模糊权重 $\tilde{\omega}_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的计算, 可以将非模糊环境中的排序权数的计算方法依据扩展原理作相应的模糊扩展^[7], 采用行和正规化方法:

$$\tilde{\omega}_i = \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n a_{kj}}, \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n b_{kj}}, \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n c_{kj}} \right] \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

2 工程项目综合风险评价

2.1 风险识别

风险识别是风险分析中第一个也是非常重要的一步, 它直接影响到风险分析的准确程度. 由于工程项目风险因素复杂多样, 需要通过系统地分析才能全面、准确的识别风险. 常采用的方法是在项目分解结构的基础上, 结合专家的经验将辨识出的风险列出并建立风险清单. 再将风险清单中的风险进行分类, 可使决策者更清晰地了解风险, 在管理风险时更有针对性, 并为下一步评估风险做好准备. 采用上述方法, 以某水电工程项目投标阶段承包商的风险分析为例构造风险结构图, 如图 1 所示.

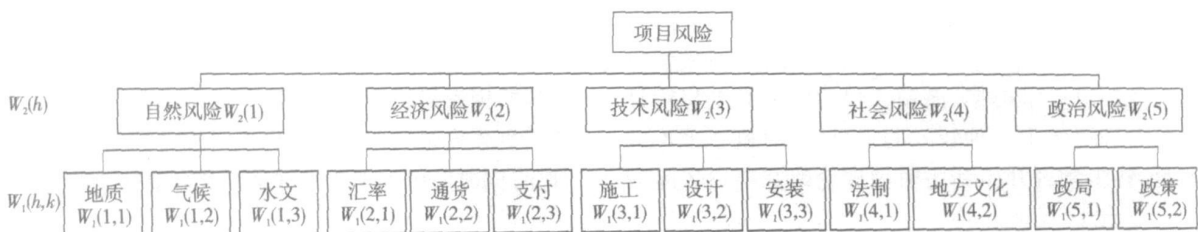


图 1 风险结构图

Fig 1 Structure model of risk

2.2 进行专家评分

首先, 为尽量细化风险分析的量化结果使其有一定的区分度, 本文采用 13 种不同等级分别对风险大小和风险重要性二维变量进行描述, 并利用正有界闭三角模糊数和分别对每一等级进行模糊语言描述, 如表 1 所示。

表 1 二维变量描述表

Tab. 1 Statement of two dimension variables

风险大小等级 r	N_r	风险重要性等级 i	N_i
0 无	(0 0 0 0 0 0)	0 无	(0 0 0 0 0 0)
1 极低	(0 0 0 0 0 1)	1 极低	(0 0 0 0 0 1)
2 非常低	(0 0 0 1 0 2)	2 非常低	(0 0 0 1 0 2)
3 很低	(0 1 0 2 0 3)	3 很低	(0 1 0 2 0 3)
4 低	(0 2 0 3 0 4)	4 低	(0 2 0 3 0 4)
5 略低	(0 3 0 4 0 5)	5 略低	(0 3 0 4 0 5)
6 中等	(0 4 0 5 0 6)	6 中等	(0 4 0 5 0 6)
7 略高	(0 5 0 6 0 7)	7 略高	(0 5 0 6 0 7)
8 高	(0 6 0 7 0 8)	8 高	(0 6 0 7 0 8)
9 很高	(0 7 0 8 0 9)	9 很高	(0 7 0 8 0 9)
10 非常高	(0 8 0 9 1 0)	10 非常高	(0 8 0 9 1 0)
11 极高	(0 9 1 0 1 0)	11 极高	(0 9 1 0 1 0)
12 完全	(1 0 1 0 1 0)	12 完全	(1 0 1 0 1 0)

然后, 请专家对工程项目风险因素的二维变量分别按照定义的 13 种等级逐一进行专家评分, 各层次风险因素的模糊权重可由专家通过群体决策的方法得到。针对图 1 的风险结构, 通过专家评分可以得到下面一组数据:

$$W_{1(h,k)} = (a_{1(h,k)}, b_{1(h,k)}, c_{1(h,k)}), W_{2(h)} = (a_{2(h)}, b_{2(h)}, c_{2(h)}), \tilde{r}_{hk} = (a_{3(h,k)}, b_{3(h,k)}, c_{3(h,k)}), \tilde{i}_{hk} = (a_{4(h,k)}, b_{4(h,k)}, c_{4(h,k)})$$

其中 $W_{1(h,k)}$ 和 $W_{2(h)}$ 分别表示最底层和上一层风险因素的模糊权重, \tilde{r}_{hk} 和 \tilde{i}_{hk} 分别表示最底层风险因素的风险大小和风险重要性。

2.3 计算

第一步: 由已确定的风险因素二维变量模糊数计算最底层风险因素的风险程度。

根据 A Kaufmann^[8] 给出的计算风险程度 $R(h, k)$ 的方法, 先对风险因素二维变量的模糊数做乘积

运算 $\tilde{r}_{hk} \otimes_{i_{hk}}$ 隶属函数为 $\mu_{r_{hk} \otimes_{i_{hk}}}(x)$, 由 (1) 式和 (2) 式可以确定风险程度 $R(h, k)$ 。

$$\tilde{r}_{hk} \otimes_{i_{hk}} = (a_{3(h,k)} \times a_{4(h,k)}, b_{3(h,k)} \times b_{4(h,k)}, c_{3(h,k)} \times b_{4(h,k)})$$

$$R(h, k) = \frac{\int_{r_{hk} \otimes_{i_{hk}}}^{\mu_{r_{hk} \otimes_{i_{hk}}}(x)} dx}{\int_{r_{hk} \otimes_{i_{hk}}}^{\mu_{r_{hk} \otimes_{i_{hk}}}(x)} dx} = \frac{1}{3} (a_{3(h,k)} \times a_{4(h,k)} + b_{3(h,k)} \times b_{4(h,k)} + c_{3(h,k)} \times c_{4(h,k)}) \quad (4)$$

这样就可以得出最底层风险因素的相对风险程度 $R_1(h, k)$, 为方便计算本文将计算结果制成表 2, 这样在确定二维变量后可直接对照表 2 查得风险程度。从表 2 中可以明显看到表中数据构成对角矩阵而且风险程度随着二维变量等级的增大也不断增大。

第二步: 由已确定的 $R_1(h, k)$ 以及模糊权重计算不同层次综合风险因素的相对风险程度。

首先由 (2) 式对模糊权重清晰化处理得到:

$$C_{W_1(h,k)} = \frac{1}{3} [a_{1(h,k)} + b_{1(h,k)} + c_{1(h,k)}]$$

$$C_{W_2(h)} = \frac{1}{3} [a_{2(h)} + b_{2(h)} + c_{2(h)}]$$

然后由下面公式 (5) 可以求出上一层综合风险的相对风险程度:

$$R_2(h) = \frac{\sum_{k=1}^{n(h)} C_{W_1(h,k)} \times R_1(h, k)}{\sum_{k=1}^{n(h)} C_{W_1(h,k)}} = \sum_{k=1}^{n(h)} C_{W_1(h,k)} \times R_1(h, k) \quad (\text{因为 } \sum_{k=1}^{n(h)} C_{W_1(h,k)} = 1, h = 1, 2, \dots, 6) \quad (5)$$

为使问题一般化, 给出递推关系式 (6):

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^h C_{W_{n-1}(i)} \times R_{n-1}(i)}{\sum_{i=1}^h C_{W_{n-1}(i)}} = \sum_{i=1}^h C_{W_{n-1}(i)} \times R_{n-1}(i) \quad (\text{因为 } \sum_{i=1}^h C_{W_{n-1}(i)} = 1, i = 1, 2, \dots, h) \quad (6)$$

R_n 表示由下至上第 n 层综合风险量化后的相对风险程度, h 表示第 n 层所对应的下一层综合风险因素的个数, $C_{W_{n-1}(i)}$ 表示 $n-1$ 层第 i 个综合风险元素的权重清晰化后相对值。

按照上述方法, 可以方便地计算出工程项目风险结构中每一层综合风险元素量化后的相对风险程度, 决策者可以依据这些计算结果从不同层次和角度掌握项目中存在的风险。

表 2 风险程度与二维变量对照表

Tab 2 The rate of risk and Ranking orders of two dimension variables

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1		0.003 0	0.006 2	0.009 5	0.012 8	0.016 1	0.019 5	0.022 8	0.026 1	0.029 5	0.032 8	0.033 3	0.033 3
2			0.015 0	0.025 0	0.035 0	0.045 0	0.055 0	0.065 0	0.075 0	0.085 0	0.095 0	0.099 2	0.100 0
3				0.045 0	0.065 0	0.085 0	0.105 0	0.125 0	0.145 0	0.165 0	0.185 0	0.195 8	0.200 0
4					0.095 0	0.125 0	0.155 0	0.185 0	0.215 0	0.245 0	0.275 0	0.295 0	0.300 0
5						0.165 0	0.205 0	0.245 0	0.285 0	0.325 0	0.365 0	0.389 2	0.400 0
6							0.255 0	0.305 0	0.355 0	0.405 0	0.455 0	0.485 9	0.500 0
7								0.365 0	0.425 0	0.485 0	0.545 0	0.582 6	0.600 0
8									0.495 0	0.565 0	0.635 0	0.679 2	0.700 0
9										0.645 0	0.725 0	0.795 9	0.800 0
10											0.815 0	0.872 6	0.900 0
11												0.936 1	0.966 7
12													1.000 0

3 实例分析

本文仍以前面某水电工程项目为背景对投标阶段承包商的风险进行分析(见图 1):

第一步:鉴于实际情况请 3 位专家对风险结构图中自然风险的 3 方面风险因素进行分析,并根据专家的能力和和经验赋予 3 位专家决策权重分别为 0.35 0.40 0.25 通过加权群体决策的方法,由(3)式最终确定地质、气候、水文 3 方面风险因素的模糊权重分别为:

$$W_{1(k,1)} = (0.30 \ 0.35 \ 0.40), W_{1(k,2)} = (0.45 \ 0.50 \ 0.55), W_{1(k,3)} = (0.10 \ 0.15 \ 0.20)$$

然后,请专家对风险因素的二维变量进行模糊分析评价,并对表 1 得到: $\tilde{r}_{11}, \tilde{r}_{12}, \tilde{r}_{13}$ 的等级分别为 6.5 6 $\tilde{r}_{11}, \tilde{r}_{12}, \tilde{r}_{13}$ 的等级分别为 8.8 9 由(4)式或对照表 2 就可以查到最底层风险因素的相对风险程度分别为: $R_1(1,1) = 0.355 \ 0$ $R_1(1,2) = 0.285 \ 0$ $R_1(1,3) = 0.405 \ 0$ 按照上述方法分别对其他风险因素的权重和二维变量进行分析,由分析结果可制成表 3

第二步:把相应数据代入(5)式求得上一层综合风险量化后的相对风险程度 $R_2(h)$, 分别为: $R_2(1) = 0.327 \ 5$ $R_2(2) = 0.648 \ 0$ $R_2(3) = 0.260 \ 0$ $R_2(4) = 0.113 \ 5$ $R_2(5) = 0.137 \ 0$ 由递推关系式(6)可以计

算得到 $R_3 = 0.418 \ 9$

从计算结果可以分析出:

1)从表 3 中 $R_1(h, k)$ 的数据可以明显看到汇率风险最大为 0.725 0 通货膨胀风险为 0.565 0 分析原因是由于此工程项目的施工期较长,所以汇率和通货膨胀风险相对比较大.决策者应该给予高度重视,应有针对性地制定相应防范措施,比如采用固定汇率,降低外汇比例,对价格系数作适当调整等.

2)从 $R_2(h)$ 的数据中决策者就可以很清晰地了解到该层综合风险量化后的相对风险程度并对其进行排序: $R_2(2) > R_2(1) > R_2(3) > R_2(5) > R_2(4)$ 可以分析出经济综合风险相对最大,自然风险次之,然后是技术风险,政治风险和社会风险相对较小.说明工程项目在技术方面相对成熟并且所在国的政治和社会环境比较稳定,然而由于施工期较长并且工程项目所在国的地域水文情况很复杂,所以决策者应该通过进一步深入的市场调查和现场考察加强对经济风险和自然风险的总体防范工作,针对风险因素制定更详细、更具有可操作性的措施.

3)根据 $R_3 = 0.418 \ 9$ 决策高层可以对此工程项目总体的综合风险有定量的掌握,也可以和其他项目作比较,作为项目选择的参考依据.

表 3 风险评分表
Tab. 3 Sample of risk assessment

风险 X_h	权重 W_2	风险因素 $X_{h,k}$	权重 W_1	\tilde{r}_{hk}	\tilde{i}_{hk}	$R_1(h,k)$
X_1	(0 10 0 15 0 20)	$X_{1,1}$	(0 30 0 35 0 40)	6	8	0 355 0
		$X_{1,2}$	(0 45 0 50 0 55)	5	8	0 285 0
		$X_{1,3}$	(0 10 0 15 0 20)	6	9	0 405 0
X_2	(0 40 0 45 0 50)	$X_{2,1}$	(0 60 0 65 0 70)	9	10	0 725 0
		$X_{2,2}$	(0 20 0 25 0 30)	8	9	0 565 0
		$X_{2,3}$	(0 05 0 10 0 15)	6	8	0 355 0
X_3	(0 15 0 20 0 25)	$X_{3,1}$	(0 20 0 25 0 30)	4	7	0 185 0
		$X_{3,2}$	(0 45 0 50 0 55)	5	8	0 285 0
		$X_{3,3}$	(0 20 0 25 0 30)	5	8	0 285 0
X_4	(0 00 0 05 0 10)	$X_{4,1}$	(0 60 0 65 0 70)	3	8	0 145 0
		$X_{4,2}$	(0 30 0 35 0 40)	2	6	0 055 0
X_5	(0 10 0 15 0 20)	$X_{5,1}$	(0 30 0 35 0 40)	2	9	0 085 0
		$X_{5,2}$	(0 60 0 65 0 70)	3	9	0 165 0

4 结 论

1) 本文基于模糊集理论对风险因素的特性进行描述, 克服了以往以概率理论为基础的风险分析方法的不足。

2) 本文从风险大小和重要性二维变量的角度对风险因素进行分析, 并考虑到实际工程项目中风险复杂多样, 采用专家群体决策的方式优化风险分析过程, 使风险分析结果更合理。同时本文对二维变量从 13 个等级进行了细化描述, 并给出了风险程度和二维变量等级对照表, 使分析的量化结果具有一定的区分度而且实现过程更容易操作。

3) 本文结合某水利工程项目对风险结构图各个层次的综合风险进行了量化分析, 决策者可以依据这些计算结果从不同层次和角度掌握项目中存在的风险, 对于加强风险问题的事前认识, 制定有效的风险防范措施, 提高决策的科学性具有深远的意义。

参 考 文 献:

[1] Steven Pender Managing incomplete knowledge Why risk management is not sufficient[J]. International Journal of Project Management 2004, 19: 79-87.
[2] Hyo Nam Cho, Hyun Ho Choi, Yoon Bae Kim, etc A risk assessment methodology for incorporating uncertainties using

fuzzy concepts [J]. Reliability Engineering and System Safety 2002, 78: 173-183
[3] Cam V, Tah J H M. A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis Construction project risk management system [J]. Advances in Engineering Software 2004, 32: 847-857
[4] Dorota Kuchta Use of fuzzy numbers in project risk (Criticality) assessment [J]. International Journal of Project Management 2004, 19: 305-310
[5] Kerzner Harold Project management A system approach to planning scheduling and controlling [M]. New York NY: International Thomson Publishing Inc 1995.
[6] Huey Ming Lee A new algorithm for applying fuzzy set theory to evaluate the rate of aggregative risk in software development [J]. Information Sciences 2003, 153: 177-197.
[7] 翟晓燕. Fuzzy AHP 中的一种加权群体决策方法 [J]. 模糊系统与数学, 2004, 15(2): 79-84
[8] Kaufmann A, Gupta M M. Introduction to fuzzy Arithmetic theory and application [M]. New York: Van Nostrand Reinhold 1999.
[9] 杜 刚. 管理数学基础: 理论与应用 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2003
[10] 汪培庄. 模糊集合论及其应用 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983