

文章编号:1671-6833(2012)03-0005-05

工程项目主体行为风险预警的物元分析模型

李娟芳, 刘 幸

(武汉大学 土木建筑工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 针对我国多数综合评价研究中存在的信息屏蔽和主观性问题, 尝试采用物元分析法对我国工程项目主体行为风险进行预警评价, 构建了包含6个准则层、16项具体指标的工程项目主体行为风险预警指标体系。为了方便专家对项目进行评价和更加有效地表达专家的评价信息, 在专家采用语言变量对定性指标进行评价的基础上, 运用三角模糊数将专家给出的各指标权重和定性评价结果进行量化和规范化, 并在集结权重和评价值的基础上得到基于三角模糊数的权重向量和指标值向量, 同时结合物元分析法中的综合关联度计算, 确定预警风险等级。最后通过实证分析说明了具体运用过程, 结果表明, 该方法具有很强的实用性和借鉴价值。

关键词: 工程项目; 主体行为风险; 物元分析; 三角模糊数; 风险预警

中图分类号: TU723; F224

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.03.002

0 引言

工程项目风险包含客观风险和主观(主体行为)风险, 目前对工程项目风险的评价和研究取得的成果主要集中于客观风险, 而对主体的不当行为或决策可能给项目带来损失的研究明显不足。随着项目风险管理研究的进一步发展, 人们逐渐将视线从项目外部转移到内部。现在越来越多的研究者认为, 在外部客观条件没有发生重大变化的情况下, 能够决定项目能否成功的主要因素在内部, 即相关的行为主体如业主、设计单位、承包商、供应商、监理单位、政府管理部门等。工程项目主体行为与项目风险紧密相关, 项目主体行为的失范是项目风险的起源, 因此, 建立工程项目主体行为风险的识别、预警和对策的系统模型是有效管理工程项目的基

础。目前, 用于工程项目风险预警的方法有很多, 如层次分析法、模糊评判法、BP神经网络法等。层次分析法在属性较多时, 判断矩阵容易出现严重的不一致性问题; 模糊评价法隶属函数的确定较困难, 且存在极值掩盖、信息丢失、权重值的科学性不够明确、评价主观性较强等不足; 人工神经网络算法运算过于复杂^[1]。而由我国学者蔡文创立

的物元分析理论具有分辨能力强, 不丢失中间信息等优点, 它以促进事物转化、研究不相容问题为核心, 通过建立事物某特征多指标性能参数的评定模型, 定量表征各评价因子及方案之间的细微差别, 能有效克服多指标、多标准评价中的主观片面性, 使评价结果更科学合理^[2]。鉴于此, 笔者在物元分析的基础上, 结合模糊集理论的相关概念, 建立了基于三角模糊数权重的物元分析预警模型, 以合理评价项目参与主体行为风险, 有利于项目管理者及时进行风险防范, 提高工程项目建设的成功率。

1 工程项目主体行为风险预警模型的构建

1.1 建立预警指标体系

工程项目主体行为风险预警是一个多因素综合评价过程。根据指标体系建立的科学性、可比性、独立性、目标导向性等原则, 采用系统评价的原理与方法综合确定工程项目主体行为风险预警指标体系。笔者在分析研究影响工程项目主体行为风险的各种因素基础上, 参考相关文献^[3-5], 构建了包含6个准则层、16项具体指标的工程项目主体行为风险预警指标体系, 如表1所示。需要说

收稿日期: 2011-12-13; 修订日期: 2012-02-05

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(201121002020005)

作者简介: 李娟芳(1986-), 女, 河南平顶山人, 武汉大学博士生, 研究方向为建设工程项目管理, E-mail: lijuanfang@

126.com.

明的是,这里所构建的工程项目主体行为风险预警指标体系具有一般性,对于不同的工程项目主体行为应该有针对性地对预警指标进行相应的调整,以保证预警体系的合理性。

将上述指标按风险程度分为“低风险”、“较低风险”、“中度风险”、“较高风险”和“高风险”5个等级^[6]。由于支配工程项目主体行为风险评价意识的直觉和思维习惯方法具有明显的模糊性,

而且多项指标间的风险程度差异不明显,所以评价指标多为定性指标,且评判结果一般具有模糊性,故各项指标属性值多由专家定性给出,通过对专家的信息进行集成,以确定各定性指标的风险水平。测算和评估出风险水平之后,就可以根据事先确定的预警区间确定风险因素的预警信号。根据风险由低到高的程度将预警信号依次设为蓝灯、绿灯、黄灯、橙灯、红灯。

表 1 工程项目主体行为风险预警指标体系

Tab.1 Subjects' behavior risk early-warning indicator system of the construction project

目标层	准则层	指标层	低风险	较低风险	风险等级	中度风险	较高风险	高风险
			(蓝灯)	(绿灯)	(黄灯)	(橙灯)	(红灯)	(红灯)
工程项目主体行为风险评价	业主 行为风险 u_1	业主组织管理能力 u_{11}	强	较强	中等	较弱	很弱	
		投资决策风险 u_{12}	小	较小	中等	较大	很大	
		合同管理风险 u_{13}	小	较小	中等	较大	很大	
	设计单位 行为风险 u_2	设计方案风险 u_{21}	小	较小	中等	较大	很大	
		设计师的综合素质 u_{22}	高	较高	一般	较低	很低	
		设计单位组织协调能力 u_{23}	强	较强	中等	较弱	很弱	
	承包商 行为风险 u_3	承包商组织管理能力 u_{31}	强	较强	中等	较弱	很弱	
		施工技术风险 u_{32}	小	较小	中等	较大	很大	
		商业信誉风险 u_{33}	小	较小	中等	较大	很大	
	监理单位 行为风险 u_4	监理单位组织管理能力 u_{41}	强	较强	中等	较弱	很弱	
		监理工程师综合素质 u_{42}	高	较高	一般	较低	很低	
	供应商 行为风险 u_5	建筑材料质量风险 u_{51}	小	较小	中等	较大	很大	
		建筑材料供应风险 u_{52}	小	较小	中等	较大	很大	
	政府管理部门 行为风险 u_6	重视程度风险 u_{61}	小	较小	中等	较大	很大	
		政策法律风险 u_{62}	小	较小	中等	较大	很大	
		工作程序及管理风险 u_{63}	小	较小	中等	较大	很大	

1.2 风险预警指标的数据处理

由表 1 可知,风险预警指标中均为定性指标,其指标值和权重都难以用数据准确表示,但可给出大致范围的模糊评价,因此可根据模糊集理论,用模糊语言对权重和预警指标进行赋值并用对应三角模糊数表示,然后采用群决策方法来进行主观信息的集成^[7]。权重和预警指标的语言评价与三角模糊数之间的对应关系见表 2 和表 3。风险预警指标的数据处理过程如下。

表 2 权重语言评价与三角模糊数对应表

Tab.2 Language evaluation and triangular fuzzy number of the weight

语言评价	三角模糊数
很不重要 VU	(0.00,0.00,0.25)
不重要 U	(0.00,0.25,0.50)
重要 I	(0.25,0.50,0.75)
较重要 CI	(0.50,0.75,1.00)
很重要 VI	(0.75,1.00,1.00)

表 3 预警指标语言评价与三角模糊数对应表

Tab.3 Language evaluation and triangular fuzzy number of the risk early-warning indicator

语言评价	三角模糊数
低风险 LU	(0,0,10)
较低风险 VU	(0,10,40)
中度风险 R	(10,40,70)
较高风险 CR	(40,70,100)
高风险 VR	(70,100,100)

(1)专家评价. 设有 q 个专家参与评价,共有 n 个预警指标,则专家群给出的预警指标的权重矩阵与评价值矩阵为:

$$W = \begin{bmatrix} W_1^1 & W_2^1 & \cdots & W_n^1 \\ W_1^2 & W_2^2 & \cdots & W_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_1^q & W_2^q & \cdots & W_n^q \end{bmatrix}; \quad (1)$$

$$X = \begin{bmatrix} X_1^1 & X_2^1 & \cdots & X_n^1 \\ X_1^2 & X_2^2 & \cdots & X_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_1^q & X_2^q & \cdots & X_n^q \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: W_i^k 为第 k 个专家给出的第 i 个指标权重的语言评价; X_i^k 为第 k 个专家给出的第 i 个指标风险等级的语言评价。

(2) 语言评价与三角模糊数转换. 利用三角模糊数对专家给出的语言评价进行量化转换, 即将专家群给出的预警指标的权重矩阵与评价矩阵用三角模糊数表示, 从而形成了基于三角模糊数的指标权重与指标值的初始综合评价矩阵 \bar{W} 与 \bar{X} .

$$\bar{W} = \begin{bmatrix} \bar{W}_1^1 & \bar{W}_2^1 & \cdots & \bar{W}_n^1 \\ \bar{W}_1^2 & \bar{W}_2^2 & \cdots & \bar{W}_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{W}_1^q & \bar{W}_2^q & \cdots & \bar{W}_n^q \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1^1 & \bar{X}_2^1 & \cdots & \bar{X}_n^1 \\ \bar{X}_1^2 & \bar{X}_2^2 & \cdots & \bar{X}_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{X}_1^q & \bar{X}_2^q & \cdots & \bar{X}_n^q \end{bmatrix}. \quad (4)$$

式中: $\bar{W}_i^k = (r_i^k, s_i^k, t_i^k)$ 为第 k 个专家对第 i 个指标权重的语言评价对应的三角模糊数, 且 r_i^k, s_i^k 和 t_i^k 分布表示其三角模糊数的左、中、右 3 个数值; $\bar{X}_i^k = (f_i^k, g_i^k, h_i^k)$ 为第 k 个专家对第 i 个指标风险等级的语言评价对应的三角模糊数, 且 f_i^k, g_i^k 和 h_i^k 分布表示其三角模糊数的左、中、右 3 个数值。

(3) 消除专家的偏好. 根据专家的工作背景、工作经验等因素, 确定参与决策的专家的权重, 记为 $E = [e_1, e_2, \cdots, e_q]$, e_k 表示第 k 个专家给出的评价在综合评价中所占的比重. 根据以下公式对各位专家给出的信息进行集成:

$$\begin{aligned} W' &= E\bar{W} \\ &= [(r_1, s_1, t_1), (r_2, s_2, t_2), \cdots, (r_n, s_n, t_n)]; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} X' &= E\bar{X} \\ &= [(f_1, g_1, h_1), (f_2, g_2, h_2), \cdots, (f_n, g_n, h_n)]. \end{aligned} \quad (6)$$

(4) 结果处理. 设三角模糊数为 $A = (\alpha, \beta, \delta)$, 根据三角模糊数的分布特点^[8], 利用公式 $G(A) = \frac{\alpha + 4\beta + \delta}{6}$ 可将三角模糊数化为单值,

于是可得

$$w_i = G(W') = \frac{r_i + 4s_i + t_i}{6}; \quad (7)$$

$$x_i = G(X') = \frac{f_i + 4g_i + h_i}{6}; \quad (8)$$

$$\text{将权重归一化处理得 } w'_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}. \quad (9)$$

其中, 权重向量可表示为 $w' = (w'_1, w'_2, \cdots, w'_n)$, 指标评价向量为 $x = (x_1, x_2, \cdots, x_n)$.

1.3 建立基于物元分析的工程项目主体行为风险预警模型

运用物元分析方法, 可以建立工程项目主体行为多指标性能参数的风险预警模型, 并以定量的数值表示评定结果, 从而能较完整地反映工程项目主体行为风险的综合水平。

(1) 确定模型的经典域与节域物元. 根据工程项目主体行为风险预警标准及预警指标, 可确定风险预警的经典域物元 R_j 与节域物元 R_p :

$$\begin{aligned} R_j &= (N_j, c_i, x_{ji}) = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & x_{j1} \\ & c_2 & x_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & (a_{j1}, b_{j1}) \\ & c_2 & (a_{j2}, b_{j2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & (a_{jn}, b_{jn}) \end{bmatrix}; \\ R_p &= (N_p, c_i, x_{pi}) = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & x_{p1} \\ & c_2 & x_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & (a_{p1}, b_{p1}) \\ & c_2 & (a_{p2}, b_{p2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & (a_{pn}, b_{pn}) \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

式中: N_j 表示所划分的第 j 个风险等级 ($j = 1, 2, \cdots, m$); c_i 表示风险等级 N_j 的第 i 个评价指标 ($i = 1, 2, \cdots, n$); x_{ji} 分别为 N_j 关于 c_i 所规定的量值范围, 即各风险等级关于所对应指标所取得数值范围; N_p 表示风险等级的全体; x_{pi} 为 N_p 关于 c_i 所取的量值范围。

(2) 确定待评物元. 对待评的工程项目主体行为风险预警指标, 把专家评判得到的数据或分析的结果用物元表示为

$$R_0 = (N_0, c_i, x_i) = \begin{bmatrix} N_0 & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_n \end{bmatrix}.$$

式中: R_0 为待评工程项目主体行为风险状况物元模型; N_0 表示待评价项目的名称; x_i 为 N_0 的第 i 个评价指标的量值。

(3) 确定关联函数. 关联函数表示物元的量值取值为实轴上一点时, 物元符合要求的范围程度^[9]. 则工程项目主体行为第 i 个风险预警指标

数值域属于第 j 个等级的关联度函数为

$$K_j(x_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(x_i, x_{j_i})}{|x_{j_i}|}, & x_i \in x_{j_i} \\ \frac{\rho(x_i, x_{j_i})}{\rho(x_i, x_{p_i}) - \rho(x_i, x_{j_i})}, & x_i \notin x_{j_i} \end{cases}; \quad (10)$$

其中,

$$\rho(x_i, x_{j_i}) = \left| x_i - \frac{a_{j_i} + b_{j_i}}{2} \right| - \frac{1}{2}(b_{j_i} - a_{j_i}); \quad (11)$$

$$\rho(x_i, x_{p_i}) = \left| x_i - \frac{a_{p_i} + b_{p_i}}{2} \right| - \frac{1}{2}(b_{p_i} - a_{p_i}); \quad (12)$$

$$|x_{j_i}| = b_{j_i} - a_{j_i}. \quad (13)$$

(4) 确定关联度. 由各评价指标 c_i 的关联函数 $K_j(x_i)$ 及其权重 w_i 即可得待评项目 N_0 关于等级 j 的关联度.

$$K_j(N_0) = \sum_{i=1}^n w'_i K_j(x_i). \quad (14)$$

(5) 确定评定等级.

$$K_j = \max K_j(N_0) \quad (j = 1, 2, \dots, m). \quad (15)$$

式中待评工程项目主体行为风险的等级为第 j 级.

2 实证分析

以武汉市某工程项目各相关参与主体为研究对象,聘请 3 位专家对指标进行了统计和偏好判断,同时根据专家的工作背景、工作经验等因素,确定参与评价专家的权重,这里设为 $E = (e_1, e_2, e_3) = (0.4, 0.3, 0.3)$. 3 位专家根据表 2 和表 3 给出的语言评价分别对各指标的权重和风险等级进行定性评价,得到表 4 和表 5. 决策者将专家给出的定性评价意见按照表 2 和表 3 转换成三角模糊数评价值,然后采用式(1)~(9)分别对指标权重和指标值进行集结,得到集结后的各指标权重

值与语言评价值(由于篇幅问题,在此未列出集结结果表). 最后根据式(10)~(15),运用 MATLAB 编程计算出该项目主体行为风险的综合评价结果,如表 6 所示.

根据最大隶属度原则,确定评判结果. 由表 6 可以看出,该工程项目总的主体行为风险状态物元 $\max K_j(N_0) = 0.1524$, 对应的 $j = 2$, 即较低风险,表明该项目总的主体行为风险处于较低风险状态,项目各参与主体整体水平较高. 同样,对于各准则层物元风险状态,分析结果显示:业主行为风险、供应商行为风险、政府管理部门行为风险为较低风险,承包商行为风险、监理单位行为风险为中度风险,设计单位行为风险为较高风险. 因此,有必要对设计单位行为风险进行防范,选择更为优秀的设计单位及设计师,严格监管设计程序,尽可能减少设计变更. 通过实例也可以看出,基于物元分析的预警方法能够获得满意的结果,采用三角模糊数与物元分析相结合的方法,对工程项目的主体行为风险进行预警评价是完全可行的.

3 结论

笔者应用三角模糊数与物元分析理论建立了工程项目主体行为风险预警模型,并通过实例进行论证.

(1) 该模型利用综合关联度进行风险综合评价,更具有科学性和很好的区分度,且计算过程简单,便于计算机编程.

(2) 在指标权重与评价值的确定方面,三角模糊数不仅扩大了可以利用的信息域,而且将各专家语言形式的评价信息与数值形式的评价信息相结合,能够很好地量化专家对各定性预警指标

表 4 各专家对指标权重的语言评价

Tab. 4 Language evaluation of the index weights

q	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{31}	u_{32}	u_{33}	u_{41}	u_{42}	u_{51}	u_{52}	u_{61}	u_{62}	u_{63}
q_1	I	CI	I	CI	VI	I	I	VU	I	I	VI	CI	VU	CI	CI	CI
q_2	CI	VI	I	VI	CI	CI	CI	U	I	CI	CI	VI	U	CI	I	VI
q_3	I	VI	CI	CI	VI	I	I	U	CI	I	VI	CI	U	VI	CI	VI

表 5 各专家对指标风险等级的语言评价

Tab. 5 Language evaluation of the index risk level

q	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{31}	u_{32}	u_{33}	u_{41}	u_{42}	u_{51}	u_{52}	u_{61}	u_{62}	u_{63}
q_1	VU	CR	CR	CR	VU	LU	R	R	CR	R	R	VU	R	VU	VU	LU
q_2	VU	VR	R	R	LU	VU	CR	R	R	R	VU	VU	R	LU	R	VU
q_3	R	CR	R	CR	VU	LU	R	R	R	VU	R	R	CR	LU	VU	VU

表6 物元模式下工程项目主体行为风险评价结果

Tab.6 The assessment results of subjects' behavior risk based on matter-element model

名称	低风险	较低风险	中度风险	较高风险	高风险	风险等级
业主行为风险	-0.075 9	0.005 0	-0.072 5	-0.390 1	-0.635 7	较低风险
设计单位行为风险	-0.557 0	-0.195 4	0.021 8	0.080 5	-0.160 9	较高风险
承包商行为风险	-0.451 7	-0.155 0	0.347 2	0.152 8	-0.304 5	中度风险
监理单位行为风险	-0.407 0	0.367 0	0.800 0	-0.200 0	-0.543 0	中度风险
供应商行为风险	-0.360 9	0.367 8	0.211 4	-0.368 6	-0.631 9	较低风险
政府管理部门行为风险	0.076 3	0.270 6	-0.122 3	-0.715 1	-0.836 9	较低风险
风险状态	-0.291 0	0.152 4	0.104 2	-0.243 1	-0.443 3	较低风险

的权重和评价值,克服了用单个实数表达不完整性的问题。

(3)在评价指标较多时,该模型能够有效避免单一决策者的局限性,从而使各主体行为对项目的风险等级归属问题由定性判断推进到定量计算。

(4)与传统的风险预警方法相比,该模型评价出的结果更能客观的反应实际情况,方法科学合理,具有很强的实用性和借鉴价值。

参考文献:

[1] 杨玉中,孟祥中,刘曦,等.基于修正熵权的TOPSIS地下水水质评价方法[J].郑州大学学报:工学版,2011,32(2):121-124.

[2] 蔡文.物元模型及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1994:21-25.

[3] 向鹏成,孔得平.工程项目主体行为风险分析与综合评价[J].统计与决策,2010(6):183-185.

[4] 易石其.公路工程项目施工中主体行为风险评估及控制研究[D].长沙理工大学交通运输学院,2010.

[5] 曹荣,张瑞红,郭章林.矿业遗迹开发利益相关者风险GI模糊综合评价[J].资源与产业,2010,12(4):19-23.

[6] 汪文雄,李启明.PPP模式下基础设施项目私营方风险预警模型[J].重庆建筑大学学报,2008,30(5):90-94.

[7] CHEN S M. Fuzzy group decision making for evaluating the rate of aggregative risk in software development[J]. Fuzzy and System, 2001 (1):75-88.

[8] 张元,李敬.基于三角模糊数的民航企业“管理”安全综合评价模型研究[J].中国安全科学学报,2008,18(9):141-146.

[9] 胡启洲,张卫华.公路建设项目对环境安全影响的物元分析模型[J].中国安全科学学报,2008,18(10):141-147.

Matter-element Analysis Model for Subjects' Behavior Risk
Early-warning Model of the Project

LI Juan-fang, LIU Xing

(School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: To solve the problem of asymmetric information and the influence of subjectivity in major integrated assessment researches, the method of matter-element analysis was used to evaluate the subjects' behavior risk of the project, the project risk early warning indicator system which contained criteria and 16 specific indicators was constructed. In order to evaluate conveniently by experts and express experts' evaluation information well and truly, triangular fuzzy number was introduced into the model to quantify and standardize the index weight and evaluation results which were given by the experts after the experts evaluated qualitative indicators by linguistic variables, and the weight vector and index vector were obtained based on triangular fuzzy number after assembling the weight and the value, then combined with the comprehensive correlation calculation of matter-element analysis the early -warning of risk was determined. Finally, empirical analysis demonstrates the specific application process, and the conclusion shows that this method is very practical and reference value.

Key words: construction project; subjects' behavior risk; matter-element analysis; triangular fuzzy number; risk early-warning