

基于生命周期理论的软件项目投标风险评估

董铁牛,杨乃定,晏鹏宇,姜继娇

DONG Tie-niu, YANG Nai-ding, YAN Peng-yu, JIANG Ji-jiao

西北工业大学 管理学院,西安 710072

School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China

E-mail: dtnkaiwen@mail.nwpu.edu.cn

DONG Tie-niu, YANG Nai-ding, YAN Peng-yu, et al. Risk evaluation in bidding for software projects based on life cycle theory. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(9): 18-22.

Abstract: This paper addresses risk evaluation in traditional bidding for software projects, in which risk evaluation is prone to be limited to certain stage in the bidding process and is quite subjective. To solve this problem, based on project life cycle theory, entropy weight method and AHP method are adopted to confirm relatively weight of risk factors and risk in every stage of project life cycle, and fuzzy synthetic evaluation is used to synthetically evaluate the risk in the bidding for software projects. An example is given to indicate; the risk evaluation model formulated in this paper gets over the drawback of the subjective judge, and confirms the key fields to risk control in the whole and each stage of project life cycle. The model has well applicability, as well.

Key words: life cycle theory; software project; bidding; risk evaluation

摘要:传统软件项目投标的风险评估往往局限在投标过程的某个阶段,且评估具有较强的主观性。针对此问题,论文基于项目生命周期理论,采用熵权系数法和 AHP 方法来确定各个风险因素和项目生命周期各阶段风险的相对权值,利用模糊综合评判法对软件项目投标的风险进行综合评估。实例分析表明:所建立的风险评估模型克服了主观判断的弊端,使投标者明确整个项目生命周期及生命周期各阶段的风险控制的重点领域,具有良好的适用性。

关键词:生命周期理论;软件项目;投标;风险评估

文章编号:1002-8331(2007)09-0018-05 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP393

1 引言

软件项目的投标过程中存在着诸多风险,大量的不确定因素都会影响投标者是否可以中标。同时,软件项目作为一个高风险领域,其开发过程中蕴含的大量风险经常使项目成本超支、交付延时、产品质量无法达到预期要求等,甚至会造成项目的最终破产,从而使得那些中标企业往往因为中标后项目效益的不确定性而不能获得预期的利润^[1-3]。这就要求投标企业在软件项目投标时,需要对投标过程与随后的项目开发中蕴含的风险进行综合评估,为标的项目的选择以及具体投标策略的制定提供科学依据。

目前,关于软件项目投标风险的研究还相对较少,其中 Kitchenham 等构建了一个软件项目投标的框架来对风险进行可视化操作,帮助投标人做出是否投标的决策^[4]; Jorgensen 和 Carelius 通过研究发现过度的风险补偿金常使软件项目的投标价格更高^[5]; Kitchenham 等对其原有研究中的软件项目投标框架进行了拓展,并提出了一个评价软件投标模型的方法^[6]。但是这些研究通常仅局限在软件投标过程中的某个阶段(如投标报价),而软件项目投标过程及中标后的软件开发过程的各个阶

段都蕴含着大量的风险,企业在投标时不仅需要分析投标过程的风险,也需要对中标后的软件开发过程中的风险进行分析。因此,软件开发过程中的风险应该被系统地整合到投标过程当中,来对以投标为起点的项目生命周期内的风险进行综合评估,并对标的项目生命周期各阶段的风险做出预判。基于此思想上, Xie 等利用项目的生命周期理论,对软件项目投标过程中的风险进行了全方位的分析^[7]。但是,该研究更多的是给出软件项目投标的风险评估的定性分析,具体量化有待于进一步深入的研究。

本文在 Xie 等研究的基础之上,利用模糊综合评判法对软件项目投标的风险进行评估。其中,采用熵权系数法来确定各个风险因素的权值,采用 AHP 方法来确定项目生命周期各阶段风险的相对权值。后文的结构如下:首先建立软件项目投标的风险评估模型,包括风险识别、风险分析和风险排序;然后将该模型应用到一个实际案例当中,以反映其良好的适用性及可行性;最后为研究结论。

2 软件项目投标的风险评估模型

根据软件风险管理之父 Boehm 的理论^[8],可将软件项目投

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.70571064);国家教育部新世纪人才支持计划(the New Century Excellent Talent Foundation from MOE of China under Grant No.NCET-05-0864)。

作者简介:董铁牛(1978-),男,汉,管理学院博士生,研究方向为金融工程与风险管理。

标的风险评估分解为风险识别、风险分析和风险排序等三个过程。该风险评估的目的在于为软件项目投标时的风险控制提供有力的支持,使管理者在风险控制时做到有的放矢,其关键在于对风险进行测度,判定风险的等级,即风险分析为风险评估的核心。

2.1 软件项目投标的风险识别

Ward 和 Chapman 认为项目生命周期开始于企业收到客户投标邀请的时刻,结束于产品的交付使用与维护^[9]。在 Xie 等研究的基础上,本文将项目生命周期大体分为七个阶段:投标项目分析(A_1)、制定方案并提交(A_2)、方案评估与开标(A_3)、系统分析(A_4)、系统设计(A_5)、系统实现(A_6)、系统运行与维护(A_7)。项目生命周期的流程图如图 1 所示,从中可看出项目生命周期包括投标过程与项目开发过程两大部分。虽然投标失败时实际的项目生命周期仅为投标过程,即前 3 个阶段,但是投标者在投标时仍要考虑完整的项目生命周期的这 7 个阶段。

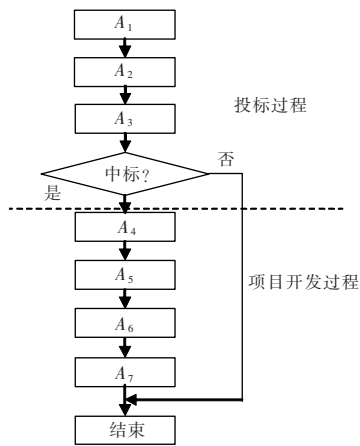


图 1 软件项目生命周期流程图

由于中标后的软件项目开发中的风险被整合到投标过程当中,因此,软件项目投标的风险识别是指利用系统化的方法,识别出软件项目生命周期中已知的、可预测的及潜在的风险源,其目的是在风险发生之前,挖掘出潜在的风险,并评估其发生的可能性及危害,以便采取措施缓解或避免,使风险危害降至最低。本文采用 Xie 等的研究成果,将软件项目投标的风险分为五大类别(U_1, U_2, \dots, U_5),包含 15 个风险因素(u_1, u_2, \dots, u_{15}),如图 2 所示。需要注意的是,在项目生命周期各阶段,识别出的与该阶段相对应的风险因素并不尽相同,如表 1 所示。

表 1 项目生命周期各阶段对应的风险因素

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
u_4	u_6	u_4	u_1	u_4	u_1	u_1
u_5	u_7	u_5	u_2	u_{10}	u_2	u_2
u_7	u_8	u_6	u_3	u_{13}	u_3	u_3
u_8	u_{13}	u_7	u_5		u_{10}	u_5
	u_{14}	u_8	u_6		u_{11}	u_6
	u_{15}	u_9	u_7		u_{12}	u_7
					u_{13}	
					u_{14}	
					u_{15}	
4	6	6	6	3	9	6

2.2 软件项目投标的风险分析

软件项目投标的风险分析就是对项目生命周期各阶段的风险以及整体风险进行评估,判定风险的级别。本文利用模糊综合评判法对软件项目投标的风险进行评估,采用熵权系数法

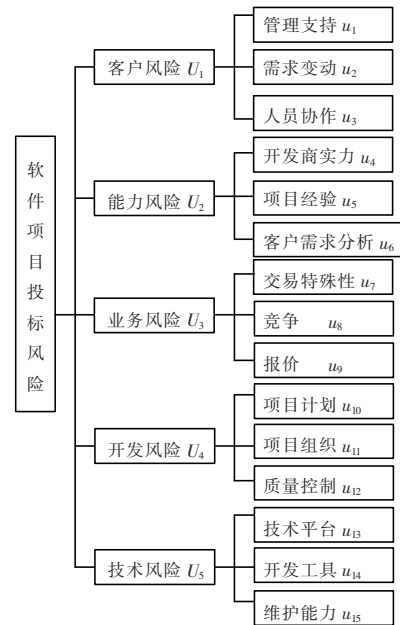


图 2 风险指标体系

来确定各个风险因素的权值,采用 AHP 方法来确定项目生命周期各阶段风险的相对权值。

假设某企业有 S 个软件投标项目可供选择,项目的生命周期可以划分为 T 个阶段:

(1) 构造隶属度矩阵

根据识别出的软件投标项目 P_i 在 A_j 阶段的各个风险因素 $u_a(P_i, A_j), a=1, 2, \dots, n$, 构造出相对应的风险因素集合 $U(P_i, A_j) = \{u_1(P_i, A_j), u_2(P_i, A_j), \dots, u_n(P_i, A_j)\}$ 。参数 n 和各个风险因素均由 A_j 来决定。同时,构造出用来评价各风险因素等级的评判集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。聘请有关专家参照各评判因素 $v_b (b=1, 2, \dots, m)$ 对风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 进行评价,构造出表示风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 对评判集 V 中各评判因素支持程度的模糊映射:

$f: u_a(P_i, A_j) \rightarrow f(u_a(P_i, A_j)) = (r_{a1}(P_i, A_j), r_{a2}(P_i, A_j), \dots, r_{am}(P_i, A_j)) \in F(V)$, 其中 $F(V)$ 是 V 上的模糊集全体。

通过上述过程可以得到风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 对评判集合 V 的隶属度向量:

$$R_a(P_i, A_j) = \{r_{a1}(P_i, A_j), r_{a2}(P_i, A_j), \dots, r_{am}(P_i, A_j)\}$$

其中 $r_{am}(P_i, A_j)$ 表示风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 对评判因素 v_m 的支持程度。因此可以构造出相应的隶属度矩阵:

$$R(P_i, A_j) = \begin{bmatrix} r_{11}(P_i, A_j) & r_{12}(P_i, A_j) & \dots & r_{1m}(P_i, A_j) \\ r_{21}(P_i, A_j) & r_{22}(P_i, A_j) & \dots & r_{2m}(P_i, A_j) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1}(P_i, A_j) & r_{n2}(P_i, A_j) & \dots & r_{nm}(P_i, A_j) \end{bmatrix}$$

(2) 风险度量值的计算

软件投标项目 P_i 在 A_j 阶段由风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 所产生的风险的度量值为:

$$Risk_a(P_i, A_j) = \delta_a(P_i, A_j) \cdot R_a(P_i, A_j) \cdot B^T \quad (1)$$

其中, $\delta_a(P_i, A_j)$ 为某种准则下(本文采用熵权系数法), 风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 相对于其它风险因素的权值。 B 为评判集 V 中各指标所赋予的权值构成的权值向量: $B = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m)$, B^T 为 B 的转置。

投标项目 P_i 在 A_j 阶段风险的度量值为:

$$Risk(P_i, A_j) = \sum_{a=1}^n Risk_a(P_i, A_j) =$$

$$\mathbf{A}(P_i, A_j) \cdot \mathbf{R}(P_i, A_j) \cdot \mathbf{B}^T \quad (2)$$

其中, $\mathbf{A}(P_i, A_j)$ 为各风险因素 $u_a(P_i, A_j)$, $a=1, 2, \dots, n$, 权值构成的权值向量:

$$\mathbf{A}(P_i, A_j) = (\delta_1(P_i, A_j), \delta_2(P_i, A_j), \dots, \delta_n(P_i, A_j))$$

软件项目 P_i 投标风险的度量值为:

$$\begin{aligned} Risk(P_i) &= \sum_{j=1}^T W_{A_j} Risk(P_i, A_j) = \sum_{j=1}^T \sum_{a=1}^n W_{A_j} Risk_a(R_i, A_j) = \\ &= \sum_{a=1}^n \sum_{j=1}^T W_{A_j} Risk_a(P_i, A_j) \end{aligned} \quad (3)$$

其中, W_{A_j} 为某种准则下(本文采用 AHP 方法), 项目生命周期各阶段 A_j ($j=1, 2, \dots, T$) 的风险度量值的相对权值。

(3) 各风险因素权值向量 $\mathbf{A}(P_i, A_j)$ 的确定

熵是系统不确定性的度量, 可以用被消除不确定性的多少来表示。假设系统 S 可能会处于 n 种不同的状态: S_1, S_2, \dots, S_n , 每一种状态出现的概率分别为 p_1, p_2, \dots, p_n 。当满足 $0 < p_i \leq 1$, 且

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \text{ 的条件时, 系统的熵为: } H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)。$$

当某个状态出现的概率为 0 时, 为了使公式有意义, 可认为该状态出现的概率为一个极小正值。可以看出 $H \geq 0$, 且当 $p_i = 1/n$ ($i=1, 2, \dots, n$) 时, 系统的熵有最大值为 $\ln(n)$ 。

利用风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 的熵权作为其权值, 表明在给定风险因素集和评判集后, 各指标在竞争意义上的相对激烈程度。如果风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 对评判集中各指标的支持度(即 $r_{ab}(P_i, A_j)$, $b=1, 2, \dots, m$) 相差越大, 信息熵值越小, 熵权越大, 该风险因素在风险评估中的作用也越大。因此, 根据 $r_{ab}(P_i, A_j)$ 计算各风险因素的熵权。首先, 以归一化的信息熵来计算风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 相对重要性的熵值:

$$H_a(P_i, A_j) = \frac{1}{L} \sum_{b=1}^m r_{ab}(P_i, A_j) \ln r_{ab}(P_i, A_j) \quad (4)$$

其中 L 为 $r_{ab}(P_i, A_j)$ 取值相等时的最大熵值。

不难发现 $0 \leq H_a(P_i, A_j) \leq 1$, 并且当熵值越大时, 对应的风险因素对风险评估贡献越小, 熵权越小。因此, 紧接着通过对 $1 - H_a(P_i, A_j)$ 进行归一化处理, 最终确定了风险因素 $u_a(P_i, A_j)$ 的权值 $\delta_a(P_i, A_j)$:

$$\delta_a(P_i, A_j) = \frac{1 - H_a(P_i, A_j)}{n - \sum_{a=1}^n H_a(P_i, A_j)} \quad (5)$$

满足 $0 \leq \delta_a(P_i, A_j) \leq 1$ 且 $\sum_{a=1}^n \delta_a(P_i, A_j) = 1$ 。

(4) 项目生命周期各阶段风险度量值的相对权值 W_{A_j} 的确定

建立项目生命周期各阶段风险度量值两两比较的判断矩阵:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1T} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{T1} & c_{T2} & \dots & c_{TT} \end{bmatrix}$$

其中 c_{ij} 表示第 i 阶段的风险度量值相对于第 j 阶段的风险度量值的重要程度。

根据判断矩阵, 利用方根法计算各阶段风险度量值的相对权重。首先求出特征向量 $\mathbf{M} = (m_1, m_2, \dots, m_T)$, 其中 $m_j = \sqrt[T]{c_{j1}c_{j2}\dots c_{jT}}$; 然后, 通过对 \mathbf{M} 进行归一化处理, 得到权向量

$\mathbf{W}: \mathbf{W} = (W_{A_1}, W_{A_2}, \dots, W_{A_T})$, 其中 $W_{A_j} = m_j / \sum_{j=1}^T m_j$; 最后进行一致性检验, 一致性指标为 CI :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - T}{T - 1} \quad (6)$$

其中 $\lambda_{max} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^T (c_{ij} W_{A_j} / W_{A_i} T)$ 为判断矩阵 \mathbf{C} 的最大特征根。当 CI 小于 0.1 时, 表明判断矩阵 \mathbf{C} 一致性成立, 否则给予相应的调整。

2.3 软件项目投标的风险排序

首先根据各项目的风险度量值 $Risk(P_i)$, $i=1, 2, \dots, S$, 对软件项目的风险进行排序, 为投标者对标的选择提供参考。其次, 投标者在确定标的为项目 P 后, 根据项目 P 在第 j 个阶段 A_j ($j=1, 2, \dots, T$) 的风险度量值 $Risk(P, A_j)$, 对该项目在生命周期各阶段的风险级别进行排序, 使投标者明确应该重点控制哪个阶段的风险, 并通过比较各风险因素在该阶段及整个项目生命周期的风险度量值的大小, 确定出该阶段及整个项目生命周期内风险防范、控制的重点领域, 使投标者可以把有限的资源投入到最主要风险的控制当中。

3 风险评估模型的应用实例

西安某软件有限公司有 2 个软件投标项目 P_1 和 P_2 可供选择, 由图 1 可知项目完整的生命周期可以划分为 7 个阶段(分别表示为 A_1, A_2, \dots, A_7), 根据图 2 和表 1, 构造出 P_1 和 P_2 在项目生命周期各阶段的风险因素集合 $U(P_i, A_1) = \{u_4, u_5, u_7, u_8\}$ 、 $U(P_i, A_2) = \{u_6, u_7, u_8, u_{13}, u_{14}, u_{15}\}$ 、 $U(P_i, A_3) = \{u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9\}$ 、 $U(P_i, A_4) = \{u_1, u_2, u_3, u_5, u_6, u_7\}$ 、 $U(P_i, A_5) = \{u_4, u_{10}, u_{13}\}$ 、 $U(P_i, A_6) = \{u_1, u_2, u_3, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}\}$ 、 $U(P_i, A_7) = \{u_1, u_2, u_3, u_5, u_6, u_7\}$ 。同时, 构造出评价这些风险因素的评判集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_5\}$, 其中 v_1, v_2, \dots, v_5 分别表示导致风险等级不断提高的风险因素的状态, 根据不同风险因素有不同的语义。如对于风险因素 u_2 , v_1, v_2, \dots, v_5 可分别表示为客户需求变动很小、客户需求变动较小、客户需求变动一般、客户需求变动较大、客户需求变动很大; 对于风险因素 $u_3, v_1, v_2, \dots, v_5$ 可分别表示为客户的协作很积极、客户的协作较为积极、客户的协作一般、客户的协作较为消极、客户的协作很消极。

综合多名专家的评价结果, 通过计算投标项目 P_1 和 P_2 在 A_1, A_2, \dots, A_7 阶段的各风险因素 $u_a(P_i, A_j)$, ($a=1, 2, \dots, n, i=1, 2, j=1, 2, \dots, 7$) 对集合 V 中各指标的隶属度概率, 得到隶属度矩阵表 $\mathbf{R}(P_i, A_j)$, $i=1, 2, j=1, 2, \dots, 7$, 如表 2 和表 3 所示。

由公式(4)、(5)可求得各风险因素的权重向量 $\mathbf{A}(P_i, A_j) = (\delta_1(P_i, A_j), \delta_2(P_i, A_j), \dots, \delta_n(P_i, A_j))$, $i=1, 2, j=1, 2, \dots, 7$:

$$\mathbf{A}(P_1, A_1) = (0.340, 0.362, 0.088, 0.210)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_2) = (0.200, 0.087, 0.208, 0.119, 0.200, 0.186)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_3) = (0.257, 0.274, 0.152, 0.067, 0.159, 0.091)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_4) = (0.140, 0.227, 0.162, 0.242, 0.162, 0.067)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_5) = (0.275, 0.349, 0.376)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_6) = (0.139, 0.138, 0.139, 0.051, 0.148, 0.092, 0.069, 0.116, 0.108)$$

$$\mathbf{A}(P_1, A_7) = (0.152, 0.175, 0.187, 0.262, 0.152, 0.072)$$

$$\mathbf{A}(P_2, A_1) = (0.336, 0.358, 0.119, 0.187)$$

$$\mathbf{A}(P_2, A_2) = (0.204, 0.116, 0.184, 0.116, 0.184, 0.196)$$

$$\mathbf{A}(P_2, A_3) = (0.256, 0.272, 0.16, 0.09, 0.142, 0.080)$$

$$A(P_2, A_4) = (0.119, 0.229, 0.152, 0.229, 0.215, 0.056)$$

$$A(P_2, A_5) = (0.286, 0.298, 0.416)$$

$$A(P_2, A_6) = (0.118, 0.124, 0.142, 0.052, 0.124, 0.141, 0.070, 0.111, 0.118)$$

$$A(P_2, A_7) = (0.161, 0.151, 0.168, 0.289, 0.161, 0.070)$$

确定评判集 V 中各指标的权重, 形成指标权值向量: $B = (1/15, 2/15, 3/15, 4/15, 5/15)$ 。

采用 1-9 标度法对项目生命周期 7 个阶段的风险度量值进行两两比较, 构建判断矩阵:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{17} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{27} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{71} & c_{72} & \cdots & c_{77} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 4 & 2 & 3 & 7 & 9 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 2 & 5 \\ 2 & \frac{1}{2} & 4 & 1 & 2 & 6 & 8 \\ 1 & \frac{1}{3} & 2 & \frac{1}{2} & 1 & 3 & 4 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{9} & \frac{1}{5} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

根据对所求出的特征向量 $M = (1.290, 3.140, 0.767, 2.340, 1.220, 0.428, 0.263)$ 进行归一化, 得到权向量:

$W = (W_{A_1}, W_{A_2}, \dots, W_{A_7}) = (0.137, 0.332, 0.080, 0.248, 0.130, 0.045, 0.028)$ 。由公式(6)计算出一致性指标 $CI = 0.022 < 0.1$, 表明判断矩阵一致性成立。

根据公式(1)、(2)、(3)可以计算出软件投标项目 P_1 和 P_2 在各个阶段内, 15 个风险因素(5 类)产生的风险的度量值(如 u_1 在 A_7 阶段给项目 P_1 带来的风险的度量值为 0.04)、项目 P_1 和 P_2 在各阶段风险的度量值(如项目 P_1 在 A_3 阶段的风险的度量值为 0.155)、项目 P_1 和 P_2 投标风险的度量值(项目 P_1 和 P_2

投标风险的度量值分别为 0.16 和 0.155); 此外, 还可以计算出对于项目 P_1 和 P_2 , 15 个风险因素(5 类)所带来的总风险的度量值(如 u_1 给项目 P_1 带来的风险的度量值为 0.016 6, 客户风险 U_1 给项目 P_1 带来的风险的度量值为 0.023), 如表 4 所示。

从表 4 中可以看出, 软件项目 P_2 的投标风险(度量值为 0.155)略小于软件项目 P_1 的投标风险(度量值为 0.16)。如果选择软件项目 P_2 作为标的, 制定方案并提交 (A_2) 阶段存在着最大的风险, 在该阶段, 首先要对业务风险和技术风险加以控制与防范; 对软件项目 P_2 的整个生命周期而言, 业务风险和财力风险是其面临的最主要的两个风险。

4 结论

软件项目投标是一个复杂的决策过程, 由于软件项目投标过程及中标后的软件开发过程的各个阶段都蕴含着大量的风险, 这些风险不仅会影响投标者是否可以中标, 还会使中标后的软件项目不能获得预期的利润。而以往软件项目投标的风险评估往往局限在投标过程的某个阶段, 且评估具有较强的主观性。

基于项目生命周期理论, 本文采用熵权系数法和 AHP 方法来确定各个风险因素和项目生命周期各阶段风险的相对权重, 利用模糊综合评判法对软件项目投标的风险进行客观的定量评估, 克服了主观判断的弊端。评估结果可为标的项目的选择以及具体投标策略的制定提供科学依据, 使投标者明确应该重点控制哪个阶段的风险, 确定各阶段及整个项目生命周期内风险防范、控制的重点领域, 把有限的资源投入到最主要风险的控制当中。(收稿日期: 2006 年 12 月)

参考文献:

[1] Lyytinen K. Expectation failure concept and system analysts' view

表 2 项目 P_1 各阶段对应的隶属度矩阵

$R(P_1, A_1)$					$R(P_1, A_2)$					$R(P_1, A_3)$					$R(P_1, A_4)$					$R(P_1, A_5)$					$R(P_1, A_6)$					$R(P_1, A_7)$									
v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5					
u_4	0.6	0.4	0	0	u_6	0.4	0.4	0.2	0	u_4	0.6	0.4	0	0	u_1	0.3	0.5	0.2	0	u_4	0.3	0.4	0.3	0	u_1	0.1	0.5	0.4	0	u_1	0	0	0.3	0.5	0.2				
u_5	0.3	0.7	0	0	u_7	0	0.2	0.3	0.3	u_5	0.3	0.7	0	0	u_2	0.4	0.6	0	0	u_{10}	0	0	0.2	0.6	0.2	u_2	0	0.2	0.6	0.2	u_2	0	0	0.5	0.4	0.1			
u_7	0	0.2	0.3	0.3	u_8	0	0	0.2	0.3	u_6	0.4	0.4	0.2	0	u_3	0.1	0.5	0.4	0	u_{13}	0.1	0.6	0.3	0	u_3	0	0.1	0.4	0.5	u_3	0.1	0.3	0.6	0	u_3	0.1	0.3	0.6	0
u_8	0	0	0.2	0.3	u_{13}	0.2	0.4	0.3	0.1	u_7	0	0.2	0.3	0.3	u_5	0.3	0.7	0	0	u_{10}	0	0.2	0.3	0.3	u_5	0.3	0.7	0	0	u_5	0.3	0.7	0	0					
					u_{14}	0.2	0.4	0.4	0	u_8	0	0	0.2	0.3	u_6	0.4	0.5	0.1	0	u_{11}	0.1	0.3	0.6	0	u_6	0.3	0.5	0.2	0	u_6	0.3	0.5	0.2	0					
					u_{15}	0.3	0.3	0.4	0	u_9	0.2	0.4	0.3	0.1	u_7	0	0.2	0.4	0.2	u_{12}	0.1	0.3	0.5	0.1	u_7	0	0.2	0.4	0.2	u_7	0	0.2	0.4	0.2					
																				u_{13}	0.1	0.2	0.4	0.3	u_{13}	0.1	0.2	0.4	0.3	u_{13}	0.1	0.2	0.4	0.3					
																				u_{14}	0.2	0.4	0.4	0	u_{14}	0.2	0.4	0.4	0	u_{14}	0.2	0.4	0.4	0					
																				u_{15}	0.3	0.3	0.4	0	u_{15}	0.3	0.3	0.4	0	u_{15}	0.3	0.3	0.4	0					

表 3 项目 P_2 各阶段对应的隶属度矩阵

$R(P_2, A_1)$					$R(P_2, A_2)$					$R(P_2, A_3)$					$R(P_2, A_4)$					$R(P_2, A_5)$					$R(P_2, A_6)$					$R(P_2, A_7)$						
v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5		
u_4	0.6	0.4	0	0	u_6	0.5	0.3	0.2	0	u_4	0.6	0.4	0	0	u_1	0.4	0.3	0.3	0	u_4	0.4	0.4	0.2	0	u_1	0.2	0.4	0.4	0	u_1	0	0.2	0.4	0.4		
u_5	0.3	0.7	0	0	u_7	0	0.1	0.3	0.4	u_5	0.3	0.7	0	0	u_2	0.3	0.7	0	0	u_{10}	0	0	0.3	0.5	0.2	u_2	0	0	0.3	0.5	0.2	u_2	0	0.3	0.4	0.3
u_7	0	0.1	0.3	0.4	u_8	0	0	0.3	0.3	u_6	0.5	0.3	0.2	0	u_3	0.2	0.6	0.2	0	u_{13}	0.1	0.7	0.2	0	u_3	0	0.1	0.5	0.4	u_3	0.2	0.3	0.5	0		
u_8	0	0	0.3	0.3	u_{13}	0.2	0.3	0.4	0.1	u_7	0	0.1	0.3	0.4	u_5	0.3	0.7	0	0	u_{10}	0	0.2	0.3	0.3	u_5	0.3	0.7	0	0	u_5	0.3	0.7	0	0		
					u_{14}	0.3	0.4	0.3	0	u_8	0	0	0.3	0.3	u_6	0.4	0.6	0	0	u_{11}	0.2	0.5	0.3	0	u_6	0.4	0.4	0.2	0	u_6	0.4	0.4	0.2	0		
					u_{15}	0.2	0.4	0.4	0	u_9	0.1	0.3	0.3	0.3	u_7	0	0.2	0.3	0.3	u_{12}	0.2	0.6	0.2	0	u_7	0	0.2	0.3	0.3	u_7	0	0.2	0.3	0.3		
																				u_{13}	0.2	0.4	0.3	0.1	u_{13}	0.2	0.4	0.3	0.1	u_{13}	0.2	0.4	0.3	0.1		
																				u_{14}	0.3	0.4	0.3	0	u_{14}	0.3	0.4	0.3	0	u_{14}	0.3	0.4	0.3	0		
																				u_{15}	0.2	0.4	0.4	0	u_{15}	0.2	0.4	0.4	0	u_{15}	0.2	0.4	0.4	0		

表 4 软件项目投标风险评估结果

项 目	P_1							加 权 和	P_2							加 权 和		
	$Risk_a(P_1, A_j), a=1, 2, \dots, 15, j=1, 2, \dots, 7$								$Risk_a(P_2, A_j), a=1, 2, \dots, 15, j=1, 2, \dots, 7$									
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7			
U_1				0.067		0.081	0.113	0.023	0			0.061		0.080	0.090	0.021	0	
u_1				0.018		0.021	0.040	0.016	6			0.015		0.017	0.034	0.005	4	
u_2				0.024		0.028	0.042	0.003	6			0.026		0.032	0.030	0.008	7	
u_3				0.025		0.032	0.031	0.003	2			0.020		0.031	0.026	0.007	0	
U_2	0.073	0.024	0.073	0.045	0.037		0.049	0.041	0	0.072	0.023	0.073	0.049	0.034		0.052	0.041	0
u_4	0.032		0.024		0.037			0.011	0	0.031		0.024		0.034			0.010	5
u_5	0.041		0.031	0.027			0.030	0.015	6	0.041		0.031	0.026			0.033	0.015	5
u_6		0.024	0.018	0.018			0.019	0.014	4		0.023	0.018	0.023			0.019	0.015	3
U_3	0.081	0.080	0.082	0.015			0.016	0.048	0	0.080	0.079	0.081	0.013			0.016	0.047	0
u_7	0.021	0.020	0.016	0.015			0.016	0.015	0	0.029	0.029	0.022	0.013			0.016	0.019	0
u_8	0.060	0.060	0.046					0.031	8	0.051	0.050	0.039					0.026	7
u_9			0.020					0.001	6			0.020					0.001	6
U_4					0.093	0.053		0.014	0					0.077	0.048		0.012	0
u_{10}					0.093	0.012		0.012	6					0.077	0.012		0.010	6
u_{11}						0.025		0.001	1						0.017		0.000	8
u_{12}						0.016		0.000	7						0.019		0.000	9
U_5		0.073			0.055	0.045		0.033	0		0.073			0.058	0.043		0.034	0
u_{13}		0.018			0.055	0.013		0.013	7		0.019			0.058	0.011		0.014	3
u_{14}		0.029				0.017		0.010	4		0.025			0.015			0.009	0
u_{15}		0.026				0.015		0.009	3		0.029			0.017			0.010	4
总 和	$Risk(P_1, A_j), j=1, 2, \dots, 7$							0.160	0	$Risk(P_2, A_j), j=1, 2, \dots, 7$							0.155	0
	0.154	0.177	0.155	0.127	0.185	0.179	0.178			0.152	0.175	0.154	0.123	0.169	0.171	0.158		

of information system failures: results of an exploratory study [J]. Information & Management, 1988, 14(1): 45-56.

[2] Nidumolu S. A comparison of the structural contingency and risk-based perspectives on coordination in software-development projects [J]. Journal of Management Information Systems, 1996, 13(2): 77-113.

[3] Kwak Y H, Stoddard J. Project risk management: lessons learned from software development environment [J]. Technovation, 2004, 24(11): 915-920.

[4] Kitchenham B, Pickard L M, Linkman S, et al. Modeling software bidding risks [J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2003, 29(6): 542-554.

[5] Jogensen M, Carelius G J. An empirical study of software project

bidding [J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(12): 953-969.

[6] Kitchenham B A, Pickard L, Linkman S, et al. A framework for evaluating a software bidding model [J]. Information & Software Technology, 2005, 47(11): 747-760.

[7] Xie G, Zhang J L, Lai K K. Risk avoidance in bidding for software projects based on life cycle management theory [J]. International Journal of Project Management, 2006, 24(6): 516-521.

[8] Boehm B W. Software risk management: principles and practices [J]. IEEE Software, 1991, 8(1): 32-41.

[9] Ward S C, Chapman C B. Developing competitive bids: a framework for information processing [J]. Journal of the Operational Research Society, 1988, 39(2): 123-34.

(上接 13 页)

破坏的 goldhill 图像。图 6(b) 是该图像的直方图, 可以看出其灰度值主要集中在中间区域, 因此, 基于 LIP 模型的 Lee 算法无法对该图像完成有效的图像增强任务。图 6(c) 和图 6(d) 是基于 LIP 模型的 Lee 算法的处理结果。这里选用的窗口大小为 5×5 , 图 6(b) 的参数设置为: $\alpha=0.3, \beta=4.0$ 。图 6(c) 的参数设置为: $\alpha=1.8, \beta=4.0$ 。图 6(e) 是本文算法的处理结果。其中的参数 α 是根据图像的灰度值统计特性自动选择的, 这是本文的一个特点。可以看出新算法可以有效地增强图像的对比度, 提高图像的视觉效果。

6 结语

本文分析了 Lee 图像增强算法及其改进型算法的不足, 给出了相应的处理对策, 提出了一种新的自适应 Lee 图像增强算法。仿真结果证明了新算法的有效性。

(收稿日期: 2006 年 12 月)

参考文献:

[1] Lee J S. IEEE trans digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics [J]. Pattern Anal Machine Intell, 1980, PAMI-2(3): 165-168.

[2] Jourlin M, Pinoli J C. A model for Logarithmic image processing [J]. Microscopy, 1988, 149(1): 21-35.

[3] Jourlin M, Pinoli J C. Contrast definition and contour detection for logarithmic image [J]. Microscopy, 1989, 156(10): 33-40.

[4] Deng G, Cahill L W, Tobin G R. The study of logarithmic image processing model and its application to image enhancement [J]. IEEE Trans on Image Processing, 1995, 4: 506-512.

[5] 王保平, 刘升虎, 范九伦, 等. 基于模糊熵的自适应图像多层次模糊增强算法 [J]. 电子学报, 2005, 33(4): 730-734.

[6] 刘国军, 唐降龙. 基于模糊小波的图像对比度增强算法 [J]. 电子学报, 2005, 33(4): 643-646.