

马氏链在国际工程投标风险预测中的应用^{*}

胥悦红 刘嘉

(天津大学管理学院, 天津 300072)

摘要 根据国际工程承包的特点, 概述国际承包市场现有的主要问题及投标风险研究的必要性. 在论证马氏链(Markov)解决国际工程投标风险预测的适用性后, 建立国际工程投标风险预测的马氏链模型. 同时, 给出利用专家评价法和概率统计确定法来确定转移概率的方法; 结合实例运用所建立的马氏链预测模型, 对国际工程投标的风险预测过程进行了模拟运算. 最后求出投标在不同阶段的中标率和风险系数, 以提高风险预测的定量化水平和准确程度.

关键词 马尔柯夫链, 国际工程投标, 风险预测, 风险系数, 状态转移概率

分类号 O 211.62 : F 224.0

随着时代的发展, 国际工程承包的涉及面广、项目规模大、周期长、资金占用多, 以及内容复杂等特点更加突出. 近年来, 国际承包市场发包项目相对减少, 承包商的数量相对增加, 世界承包市场显示出典型的买方市场特点: 成交条件苛刻、带资承包、实物支付和延期付款等, 盈利水平普遍下降, 增加了对承包商的限制条件等. 所有这些都增加了开拓这个领域的风险. 风险分析已成为国际工程投标决策过程中的突出问题. 从总体上看, 国内目前比较成熟地应用于工程投标、风险分析的模型和方法还很少. 现有的风险分析理论与方法的研究成果与实际应用还有一些不足与缺陷, 甚至有时无法进行有效的运用. 本文探讨用马氏链理论与专家评价法结合, 在专家评价法分析的基础上给出投标风险预测的一个量的分析方法.

1 国际工程投标风险预测马氏链模型

1.1 模型的适用性论证

图1为国际工程投标的过程. 由图可见, 系统的状态转移关系是: 来承包公司在某次投标的全过程中, 系统先从“预研阶段”开始, 然后或以 q_1 的概率进入“资格预审阶段”, 或以 r_1 的概率不参加投标而退出. 若进入资格预审阶段后, 则或以 q_2 的概率通过资格预审, 或以 r_2 的概率不能通过资格预审而“退出”. 若该公司已通过资格预审, 并进入“投标阶段”, 则或以 q_3 的概率进入“决标阶段”, 或以 r_3 概率不去投标而“退出”. 决定投标以后, 或以 q_4 的概率中标, 或以 r_4 的概率失标而“退出”. 且 $q_i + r_i = 1, (i = 1, 2, 3, 4), q_i > 0, r_i > 0$.

由于某承包公司在各阶段能否进入下一阶段, 只与本阶段的决策依据有关, 而与本阶段以前各阶段的决策依据无关. 故本文研究的问题满足后无效性, 是一个有限状态的马尔柯夫链. 记为 $\{x_n, n \geq 0\}$. 我们将条件概率 $P\{x_{n+1} = j | x_n = i\}$ 记作 $P_{ij}(n)$. 由于它与 n 无关, 故这一马氏

链还是时齐的,其一步转移概率可表示为 P_{ij} . 由此可得,系统的状态转移矩阵为

$$P = P_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & q_1 & 0 & 0 & 0 & r_1 \\ 0 & 0 & q_2 & 0 & 0 & r_2 \\ 0 & 0 & 0 & q_3 & 0 & r_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_4 & r_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

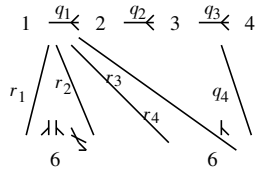


图1 系统状态转移图

从马氏链的理论及图 1 可知^[1], 状态空间 I 可分解为 $N + C_1 + C_2$, 其中 $N = [1, 2, 3, 4]$, $C_1 = [5]$, $C_2 = [6]$. 由于 C_1 和 C_2 为两个互不相交的基本常返闭集, N 为非常返态, 且状态 5 和状态 6 分别为正常返、非周期的吸收态. 即系统的状态转移一旦进入状态 5 (中标) 或状态 6 (退出) 两阶段, 就永远处于这两个状态, 不会再转移到其它状态. 所以 $\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)}$ ($j = 5, 6$) 存在, 但与 i 有关. 国际工程投标的风险问题, 可由一个带有 2 个吸收状态和 4 个非常返状态的可约马氏链来表示. 下面利用可约马氏链的一些性质, 建立风险预测模型.

1.2 模型的建立

根据可约马氏的性质, 将矩阵 P 写成分块矩阵的形式

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ \Phi & I \end{bmatrix},$$

其中 Q 为 4×4 矩阵, 表示预研、资格预审及购买标书、投标和决标 4 个非常返状态之间的转移概率; R 为 4×2 矩阵, 表示 4 个非常返状态转移成 2 个吸收状态 (中标或退出) 的转移概率; Φ 为 2×4 零矩阵; I 为 2×2 单位矩阵, 表示 2 个吸收状态之间的转移概率. (1) 基本矩阵. $G = (I - Q)^{-1} = [g_{ij}]$, 这里的 I 是 4×4 单位矩阵. 因为 $I - Q$ 是一个上三角矩阵, 所以它的逆矩阵

也是一个上三角矩阵, 且 $\begin{cases} g_{ij} = 0 & (i > j), \\ g_{ij} > 0 & (i \leq j). \end{cases}$ (2) 预测矩阵^[1]. $B = GR$ (3) 报酬向量. 对于国际工程

招投标的风险决策问题, 设某公司全部投标项目在各非常返状态的平均成本, 可用向量 K 表示为 $K = (K_1, K_2, K_3, K_4)$, 其中 K_i 是第 i 状态的平均成本 ($i = 1, 2, 3, 4$). 再令 $K' = (K_1, K_1 + K_2, K_1 + K_2 + K_3, K_1 + K_2 + K_3 + K_4) = (K_1, K_2, K_3, K_4)$. 下面, 将预测矩阵 B 归一化处理成 $B = (B_{ij})$, 使其每列之和为 1. 那么, 这个公司每个项目中标的平均成本和退出的平均成本为 $Y = KB = (y_1, y_2)$. (4) 方差计算. 中标或退出投标的平均成本的方差 $\sigma^2 = (\sigma_1^2, \sigma_2^2)$, 其中 $\sigma_1^2 = (k_1 - y_1)^2 B_{11} + (k_2 - y_1)^2 B_{21} + (k_3 - y_1)^2 B_{31} + (k_4 - y_1)^2 B_{41}$, $\sigma_2^2 = (k_1 - y_2)^2 B_{12} + (k_2 - y_2)^2 B_{22} + (k_3 - y_2)^2 B_{32} + (k_4 - y_2)^2 B_{42}$. (5) 风险计算. 假定某承包公司每年所有投标项目, 平均每项可预期盈利 M 万美元. 那么, 该公司的投标风险计算如下: (a) 实际平均盈利 $m = M - y_1$; (b) 中标时平均成本 y_1 的均方差 $\sigma = \sigma_1^2$; (c) 公司在投标中的风险系数 $V = \frac{\sigma_1}{m} \times 100\%$.

中标平均成本与平均盈利值的比值越接近, 则盈利越小, 风险系数也越大, 风险越大. 表明在预期盈利 M 一定情况下, 若中标平均成本 y_1 越大, 则平均盈利值 m 越小, 风险系数就越大, 风险也越大. 以上结果对于承包公司进行国际工程投标的风险分析只是初步的, 但也是基本的. 进一步的分析还必须考虑贴现率、通货膨胀率和汇率等其它因素.

1.3 转移概率的确定

1.3.1 专家评价法 首先,逐一列举每阶段构成风险的各种因素. 根据其对工程承包市场形势的变化可能引起的作用,规定适当的权重和等级得分,再加权求和得出该评价阶段的总分. 总分愈高,说明风险愈大. 对于不同的公司,每个阶段的得分是不同的,得分越高,说明该公司进入下一个阶段的可能性越大. 在各公司间进行比较时,将其进行归一化处理后的得分值即可作为进入下一阶段的概率^[6]. 最后,为了减少由于专家经验和知识水平不同而带来的评价结果的差别. 将多个专家的评分根据专家的权威性进行综合,列出影响权威性的指标,再进行一次加权平均.

1.3.2 概率统计法 专家评价法可用于承包工程较少,缺乏一定的统计数据的公司. 但是,对于一个有着多年承包工程历史的承包公司,并且每年的有关统计数字都有记录,可以采用概率统计确定法来确定转移概率(表 1). 表中预研阶段、资格预审、投标阶段、决标阶段和中标阶段 5 个阶段,以及预期盈利值分别用 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 和 H_i 表示. 该法记录历年来投标所有工程的各阶段的工作开支,以及每个工程从预研 投标 决标 中标过程中,是中标还是从中途退出. 5 个阶段开支总和 $D[D = \sum_{j=1}^n X_{ij}(i=1 \sim 4)]$ (万美元)分别为 10.00, 18.00, 21.00, 25.00 和 15.72, 其预期盈利总值 $H[H = \sum_{i=1}^n H_i]$ 为 200.00 万美元; 5 个阶段平均成本 $K[K = \sum_{j=1}^n X_{ij}/n_i(i=1 \sim 4)]$ (万美元)分别为 1.00, 2.00, 3.00, 5.00 和 5.24, 而其预期盈利总值 $M[M = \sum_{i=1}^n X_i/n]$ 为 20.00 万美元; 5 个阶段参与投标的工程数 n_i 分别为 10, 9, 6, 4 和 2; 5 个阶段退出投标的工程数 s_i 分别为 0, 2, 3, 2 和 2; 5 个阶段退出投标的概率 r_i 分别为 0.2, 0.3, 0.4, 0.6

表 1 某公司参加工程投标情况统计表(万美元)

项 目	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	H_i
A 工程	0.65	1.86	—	—	—	12.00
B 工程	0.95	1.94	2.68	—	—	25.00
C 工程	0.84	1.97	2.87	4.88	4.97	18.00
D 工程	0.79	1.99	—	—	—	21.00
E 工程	0.98	—	—	—	—	28.00
F 工程	1.05	2.00	2.98	4.97	—	20.00
G 工程	1.02	2.01	3.00	5.00	5.24	19.00
H 工程	1.16	2.03	3.02	—	—	20.00
I 工程	1.21	2.06	3.13	5.12	—	22.00
J 工程	1.35	2.14	3.32	5.03	5.51	15.00

和 0.0. 若从中途退出是从哪个环节退出,用统计的方法求出每年的投标工程中,各阶段退出的概率,即参数 r_1, r_2, r_3, r_4 . 这种概率统计确定法的统计表,可以设计成如表 1 的格式.

2 预测实例

利用表 1 的数据可知,某公司在某年中每个投标项目各阶段的平均成本(万美元)分别为 1.00, 2.00, 3.00 和 5.00. 本年度所有投标项目平均每项预期盈利值为 20 万美元. 由 $q_1=0.8$, $q_2=0.7, q_3=0.6, q_4=0.4$, 以及 $r_1=0.2, r_2=0.3, r_3=0.4, r_4=0.6$ 可得到可约的马尔柯夫链

的第一步转移矩阵 P . 进而可求出基本矩阵 G , 预测矩阵 $B =$ 报酬向量 Y . 最后经方差计算、风险计算, 可求出中标所需开支的均方差 $\sigma = 3.875$ 万美元, 风险系数 $V = 29.51\%$.

3 结论

这个实例说明, 在该公司将参加的国际工程投标项目中, 大约有 13.44% 的项目可以中标, 平均每个项目的中标成本为 6.871 万美元. 退出成本为 4.749 万美元, 平均每个项目的实际盈利为 13.129 万美元, 该公司投标的风险系数为 29.51%. 最终求出的中标率和风险系数, 可以向承包公司的决策人提供如下信息. (1) 由去年的投标情况, 可推知今年本公司在投标中的中标率为 13.44%. 这一数值反映的是本公司今年在投标中的竞争力. (2) 今年本公司所有投标项目的风险系数平均在 29.51%. 如果风险系数太大, 本公司就要考虑采取措施提高抵御风险的能力. 这样可以为承包公司的决策人提供一个定量分析的依据.

参 考 文 献

- 1 David F M. Markov Chains. New York: Springer-Verlag, 1983. 38 ~ 49
- 2 Kemeny J G, Snell J. Finite markov chains. Princeton: Van. Nosfrand, 1960. 57 ~ 62
- 3 Williams M. Using a risk register to integrate risk management in project definition. Int. J. of Project Mgmt., 1994, 12(1): 27 ~ 28
- 4 胥悦红. 马氏链在国际工程投标风险预测中的应用与研究: [学位论文]. 天津: 天津大学图书馆, 1997. 38 ~ 50

Application of Markov Chain to the Risk Forecasting in Entering a Transnational Project Bid

Xu Yuehong Liu Jiakun

(Dept. of Business Administration, Tianjin Univ., 300072, Tianjin)

Abstract In line with the characteristic of transnational project contractor, the main problems in this field and the necessity of studying the risk in entering the bid are briefly related. After demonstrating the applicability of Markov chain to risk forecasting in entering a transnational project bid, the authors give a model of Markov chain and two methods of defining transition probability including expert's evaluation and determination by probability and statistics; and give analog operation on risk forecasting in entering a project bid by using Markov chain as forecasting model in the light of practical examples; and work out the rates of winning the bid and coefficients of risk during different phases in entering the bid so as to improve the quantification and accuracy of risk forecasting.

Keywords Markov chain, transnational project contractor, risk forecasting, coefficient of risk, state transition probability