

文章编号: 0451-0712(2006)04-0192-07

中图分类号: F832.41

文献标识码: B

我国高速公路建设采取 BOT 融资方式的风险评价

富 宁

(中国农业大学 北京市 100083)

摘 要: 运用数学模型对我国高速公路建设采取 BOT 融资方式的市场风险、经济风险、财务风险、政治风险及综合风险进行评价,特别是运用贝叶斯推断理论对交通量预测的风险评价是科学的和可行的。

关键词: 公路建设; BOT 项目; 融资方式; 风险评价

高速公路作为现代交通的后起之秀,是衡量国民经济现代化的重要标志之一,加快高速公路建设的关键在于资金的筹集。通过有效融资,实现运输基础设施的网络建设,也是发展基础设施平台、加速运输业向现代化物流业转变的重要一环。因此,加快我国高速公路建设投融资体制的制度创新对振兴我国经济发展有着非同寻常的重要意义。BOT 作为一种适合基础设施建设新型融资方式,引起了各界的广泛重视,被认为是代表国际项目融资发展趋势的一种新型结构,显示了极强的生命力。但是 BOT 融资方式存在着诸多的风险,所以对风险的评价将尤为重要。

1 BOT 项目融资方式及风险评价的概念

1.1 BOT 的概念

收稿日期: 2006-01-25

的结果取决于样本采集的精度、网络计算的精度、算法的选择等等,在有些环节还无法达到实际的要求,因而预测的结果目前只可作为一个决策判断的辅助依据。

无论对于高速公路交通规划,还是高速公路交通管理来说,预测工作都是首要的环节,准确高效的预测结果均是交通规划和管理的基本前提。交通流模型方面的研究成果以及神经网络理论在交通流建模方面的应用,为交通软件系统的实现打下了基础。若开发出适合我国交通特点的预测软件系统,将为科学研究、工程技术提供更强的技术支持,达到事半功倍的效果。

BOT (Build—Operate—Transfer), 即“建设—运营—转让”。它的含义是: 一个建设项目, 承建者或发起者通过契约从委托人(通常为政府)手中获得特许权, 成为特许权所有者之后, 着手从事这个项目的投资、建设、经营, 并在政府的特许期内, 拥有该项目设施的使用权和项目的经营权; 特许权期满后, 将项目设施全部移交给委托人, 在特许权期间, 承建者或发起者通过对项目的良好经营, 收回投资融资成本, 并获得合理利润; BOT 特许期, 一般为 10~35 年。

1.2 风险评价的概念

项目融资的风险分析是在可行性研究的基础上, 按照项目融资的特点和要求, 对项目风险做出进一步详细的分类研究, 并根据这些分析结果, 为在项目融资结构设计中减少和分散这些风险提供具体的

参考文献:

- [1] 王伟, 等. 交通工程学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2002.
- [2] 王亦兵, 韩曾晋, 史其信. 高速公路交通流建模[J]. 系统工程学报, 1998.
- [3] 吕琪, 王慧. 基于动态神经网络模型的交通事件检测算法[J]. 公路交通科技, 2003.
- [4] 郭郴生, 刘伟铭, 姜山. 基于遗传神经网络的道路交通量预测[J]. 广西交通科技, 2002.
- [5] 杨行峻, 郑君里. 人工神经网络与盲信号处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [6] 高隽. 人工神经网络原理及仿真实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

依据。风险的评价是在风险分析的基础上对风险因素做出评价,即根据一定的标准去判定项目的经济强度和各种风险要素对项目经济强度的影响程度。由此可见,项目的风险评价既包括定性的分析,也包括定量的评价。项目的风险评价过程也就分为两个阶段:首先确定用什么样的标准来测定项目的经济强度;然后通过与所设定的标准进行比较,判断各种风险因素对项目经济强度的影响程度。

2 我国公路项目BOT融资方式的风险评价

2.1 市场风险评价

公路建设项目的市场风险主要包括车流量风险与收费价格的风险。但由于我国的公路收费标准实行“一路一批”的方式,即每条公路按照其建造成本确定收费价格后上报所在省物价局审批,这说明收费价格的实现是在保证投资者有一定盈利前提下确定的。所以我国公路建设项目采用BOT方式的市场风险部分着重分析车流量风险。

项目各方都非常关心车流量波动的特性及其概率分布,尽管政府可给予最低车流量保证,但这只不过是车流量的风险转移给了政府,但风险超过政府的承受能力时,也一样会影响到项目的经济强度。所以对车流量的预测是项目融资市场风险评价中很重要的一部分。

2.1.1 项目车流量的概率分布

把每月或每年的车流量 q 看作一个独立的序列并具有正态分布(数学上已证明即使 q 不独立,也不是正态分布,其和的极限分布仍然很像正态分布,所以假设为正态分布是适当的)的随机变量,那么其和的极限分布将是一个正态分布(也就是说累计车流量的总和为一个正态分布),其概率函数为:

$$f(q|\mu, \sigma^2) = (2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot e^{-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

其均值 $E(q) = \mu$, 方差 $V(q) = \sigma^2$ 。

2.1.2 项目车流量的贝叶斯推断

前面已经知道车流量是一个正态分布。假设 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ 是通过变动影响车流量的因素得到的样本,并且服从正态分布,具有已知的精度 r ($r = 1/\sigma^2$),但是未知其均值 ω ,假设 ω 的分布是一个正态分布,具有已知的均值 μ' 和精度 t' ,则当 Q 等于 Q_i ($i=1, 2, \dots, n$)时, ω 的后验概率分布仍然是一个正态分布,依式可知其后验均值和后验精度分别是:

$$\mu'' = \frac{t' \mu' + nr \bar{Q}}{t' + nr}$$

$$\text{其中: } \bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$\mu'' = t' + nr$$

2.1.3 举例

(1)假如某条公路通过变动影响车流量的因素得到了下列不同的车流量(单位:万辆,并将所有车型折合为小型客车):

11.5, 10.0, 12.6, 8.8, 13.1, 10.9, 13.8, 14.3, 13.2, 9.8。

这就是我们取得的随机样本,那么:

$$\bar{Q} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} Q_i = 11.8$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{10} (Q_i - \bar{Q})^2 \\ &= \frac{1}{9} [(11.5 - 11.8)^2 + \dots + (9.8 - 11.8)^2] \\ &= 3.52 \end{aligned}$$

$$r = \frac{1}{S^2} = \frac{1}{3.52}$$

(2)确定先验概率分布。邀请8名专家,专家给出 Q 的值如表1。

表1

专家	1	2	3	4	5	6	7	8
Q	10	9.8	13.2	11.5	13.6	13.9	10.7	11.1

那么,我们可以计算出先验均值和精度。

均值:

$$\begin{aligned} \mu' &= \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 Q_i \\ &= \frac{1}{8} (10 + \dots + 11.1) \\ &= 11.725 \end{aligned}$$

精度:

$$\begin{aligned} S_{\text{先}}^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^8 Q_i \\ &= \frac{1}{7} [(10 - 11.725)^2 + \dots + (11.1 - 11.725)^2] \\ &= 2.66 \end{aligned}$$

先验精度:

$$t' = \frac{1}{S^2} = \frac{1}{2.66}$$

(3)综合先验信息与样本信息进行后验贝叶斯

推断。

后验均值:

$$\begin{aligned}\mu'' &= \frac{t'\mu' + nr\bar{Q}}{t' + nr} \\ &= \frac{11.725}{2.66} + \frac{10}{3.52} \times 11.8 \\ &= \frac{1}{2.66} + \frac{10}{3.52} \\ &= 11.79\end{aligned}$$

后验精度:

$$\begin{aligned}t'' &= t' + nr = \frac{1}{2.66} + \frac{10}{3.52} = 3.22 \\ Q'' &= 1/t'' = 0.31 \\ Q'' &= \sqrt{0.31} = 0.56\end{aligned}$$

给定置信度 $\lambda = 0.05$, 那么置信区间为 $(\mu'' \pm 1.96Q'')$, 即 $(11.79 \pm 1.96 \times 0.56)$, 亦即 $(10.70, 12.88)$ 。

这就是说, 算例中 Q 落入区间 $(10.70, 12.88)$ 的概率为 95%。

可以反复应用上面的贝叶斯原理, 计算出某年车流量的分布或者项目特许期内各年车流量的分布。随着样本值的增加 (即不同的车流量的组合), 我们可以得到越来越多的值, 越来越接近实际值, 从而可以确定随机变量的概率分布。在这个过程中, 由于值越来越多, 计算量相当大。对于项目融资方式中市场风险部分的车流量便可以有更清楚的认识, 从而有效地进行风险管理。

2.2 经济风险评价

研究 BOT 项目风险对项目经济收益的影响具有至关重要的意义, 它们直接反映出投资运营商在该项目中可能收益与所承担的风险程度。为此, 从投资者的角度出发, 以 BOT 项目的动态现金流量分析为基础, 对项目经济评价最具有代表性的指标——财务净现值、内部收益率等指标进行动态风险分析, 提出了 BOT 项目经济风险评价指标计算表达式及其项目的经济风险度量。

2.2.1 财务净现值指标

BOT 项目的净现值指标表达式应为:

$$FNPV = \sum_{t=1}^n [CI_t(p, t, q, S_v) - CO_t(t, q, f_1, f_2, I_0)] \prod_{j=1}^t (1+r_j)^{-1} \quad (1)$$

式中: n 为 BOT 项目特许经营年限; t 为计算年; p, q 为产品价格和项目运营量; f_1, f_2 分别为材料物价因素和人力资源消耗因素; S_v 为移交终结现

金流量; I_0 为初期投入现金流量; r_j 为第 j 年折现率; CI_t 为第 t 年的现金流入额; CO_t 为第 t 年的现金流出额。

2.2.2 财务内部收益率指标

在建设项目经济评价中, 另一个重要评价指标是财务内部收益率 (FIRR), 它是指项目在整个计算期内各年净现金流量现值累计等于零时的折现率, 用公式表示为:

$$\sum_{t=1}^n \frac{(CI - CO)_t}{(1 + FIRR)^t} = 0 \quad (2)$$

在传统的基础设施项目经济评价计算中, 通常使用基价 (亦称固定价格或不变价格) 为基础计算项目的评价指标, 忽略了物价变动的影响和各经济变量在时间序列上的变动。但是对于 BOT 项目而言, 由于项目的特点以及投资运营商所承担的风险, 要求较全面地分析 BOT 项目的经济变量, 真实地反映项目的财务状况。为此, 可以得出 BOT 项目内部收益率的动态指标计算公式:

$$\sum_{t=1}^n [CI_t(p, t, q, S_v) - CO_t(t, q, f_1, f_2, I_0)] (1 + I_s)^{-t} = 0 \quad (3)$$

式中: I_s 为实际价格下的内部收益率。

2.2.3 投资回收期指标

同理, 可以得到项目投资回收期的动态分析计算式:

$$\sum_{t=1}^T [CI_t(p, t, q, S_v) - CO_t(t, q, f_1, f_2, I_0)] \prod_{j=1}^t (1+r_j)^{-1} = 0 \quad (4)$$

式中: T 为项目投资回收期。

由于产品价格或收费价格 p 、项目的运营量 q 、材料物资价格水平 f_1 、人力资源消耗水平 f_2 以及折现率 r_j 都是对未来的预测值, 并具有一定的变化范围, 可以认为服从某一函数分布, 不同的变量具有不同的分布函数及其特征值。因此, 这些经济指标很难直接使用数值方法求解其均值和均方差。为了对 BOT 项目的经济风险做出较全面的度量, 必须对各经济变量进行预测 (如时间序列法、投入产出法、神经网络法等), 分析出各变量的分布函数, 通过模拟方法 (如最常用的蒙特卡罗模拟计算方法) 求解项目各指标的期望值及其分布函数 (见图 1), 以此来判断 BOT 项目的经济指标和风险程度。

2.2.4 举例

现以某一条公路 BOT 项目的净现值为例, 通过

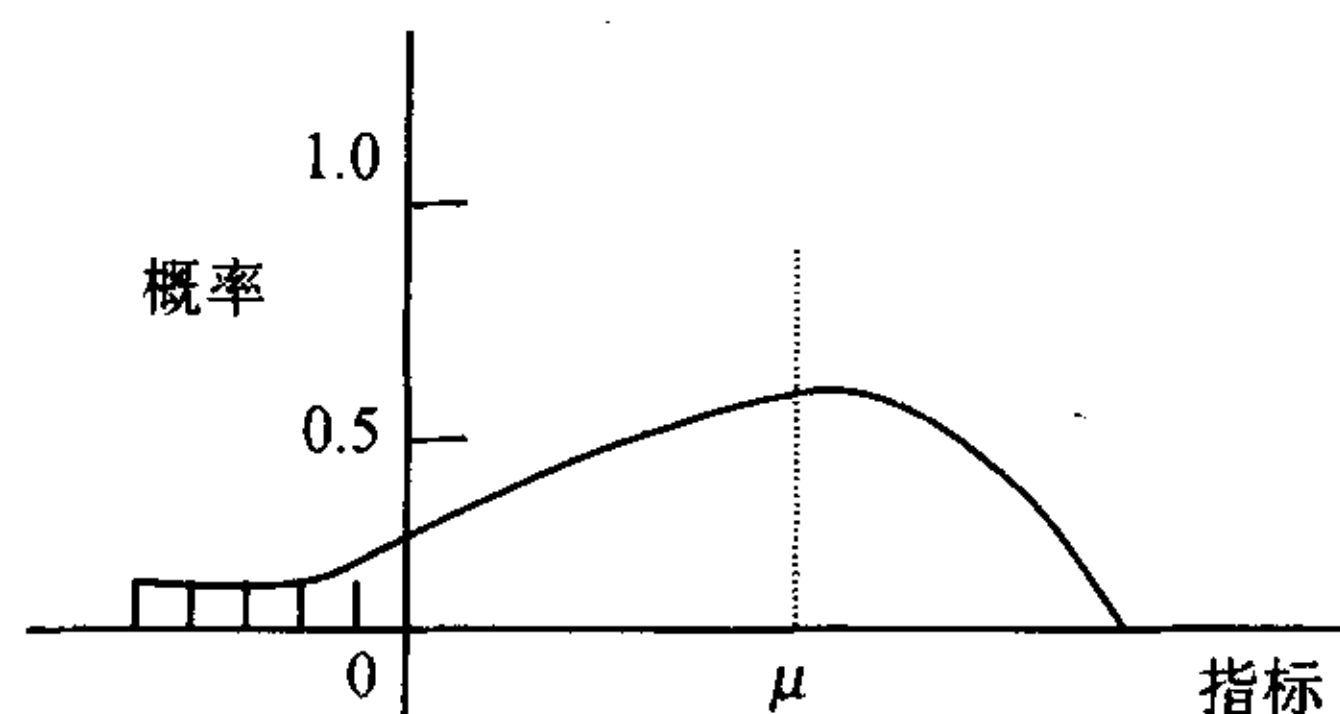


图1 动态经济指标的分布函数及其特征值

对该项目的经营期内交通量的预测(指数预测法)和区域经营期内宏观经济预测(投入产出法),分析其变化趋势和函数分布。经过模拟方法(蒙特卡罗法)计算得出该项目的净现值(NPV)服从正态分布(4 520, 3 320),则依据传统的净现值评价方法,认为期望净现值为4 520万元大于零,项目是可行的。然而,根据BOT项目的经济风险度量法分析如下。

(1) NPV为零时的风险度: $\lambda = -4\,520/3\,320 = -1.36$,求得风险度为8.69%,亦即投资商有91.31%的机会获得保本,而不出现亏损。

(2) 置信度为95%时的最小净现值: $NPV_{\min} = \mu - 1.65\sigma = 4\,520 - 1.65 \times 3\,320 = -958$ 万元,这表明投资者在置信度为95%时,获取最不利的净现值为-958万元。

(3) 不同的投资运营商对待风险的态度不同,假设某一投资商希望至少获取2 500万元的净现值,则风险度为: $\lambda = (2\,500 - 4\,520)/3\,320 = -0.6084$,求得置信度为72.84%,亦即只有72.84%的可能性获取2 500万元的收益。

由此可见,应用该方法进行经济指标风险计算,可以根据投资商对项目的风险好恶程度,为决策依据提供更加详细的经济分析。同理,也可以对项目的财务内部收益率和投资回收期进行风险度量,计算出财务内部收益率的期望值与银行中长期贷款利率或企业内部最低收益率或行业基准折现率的差距,以及投资回收期的期望值与行业基准回收期的差距,并分析出各指标的分布情况和存在的风险概率,进行更全面的项目经济风险分析。

2.3 财务风险评价

很自然,对于车流量风险的评价非常有助于BOT方式的财务风险评价。在上面,可以根据贝叶斯理论计算出某月车流量的期望与方差。那么很自然地可以计算出项目各年净现金流量的期望与方差 $(\mu_1, \sigma_1), (\mu_2, \sigma_2), \dots, (\mu_t, \sigma_t), \dots, (\mu_N, \sigma_N)$, (t 表示项目第 t 年, N 为项目的特许期),则项目第 t 年的净现

金流量现值为 $\frac{\mu_t}{(1+i)^t}$, 方差为 $\frac{\sigma_t^2}{(1+i)^{2t}}$ 。

由统计学知识我们知道,若随机变量 $X = A + B$, 其中 A 和 B 为相互独立的随机变量,则 X 的数学期望值 $E(X) = E(A+B)$, X 的方差 $D(X) = D(A+B) = D(A) + D(B)$ 。假设项目各年的净现金流量相互独立,根据财务净现值公式(此方法和经济风险评价中的财务净现值分析的角度不同):

$$\begin{aligned}
 E(NPV) &= E\left(c_0 + \frac{c_1}{(1+i)} + \frac{c_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{c_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{c_N}{(1+i)^N}\right) \\
 &= E(c_0) + E\left(\frac{c_1}{(1+i)}\right) + E\left(\frac{c_2}{(1+i)^2}\right) + \dots + E\left(\frac{c_t}{(1+i)^t}\right) + \dots + E\left(\frac{c_N}{(1+i)^N}\right) \\
 &= E(c_0) + \frac{E(c_1)}{(1+i)} + \frac{E(c_2)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E(c_t)}{(1+i)^t} + \dots + \frac{E(c_N)}{(1+i)^N} \\
 &= \frac{\mu_1}{(1+i)} + \frac{\mu_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\mu_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{\mu_N}{(1+i)^N} \\
 &= \sum_{t=1}^N \frac{\mu_t}{(1+i)^t} \\
 D(NPV) &= D\left(c_0 + \frac{c_1}{(1+i)} + \frac{c_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{c_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{c_N}{(1+i)^N}\right) \\
 &= D(c_0) + D\left(\frac{c_1}{(1+i)}\right) + D\left(\frac{c_2}{(1+i)^2}\right) + \dots + D\left(\frac{c_t}{(1+i)^t}\right) + \dots + D\left(\frac{c_N}{(1+i)^N}\right) \\
 &= D(c_0) + \frac{D(c_1)}{(1+i)} + \frac{D(c_2)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{D(c_t)}{(1+i)^t} + \dots + \frac{D(c_N)}{(1+i)^N} \\
 &= \sigma_0^2 + \frac{\sigma_1^2}{(1+i)^2} + \frac{\sigma_2^2}{(1+i)^4} + \dots + \frac{\sigma_t^2}{(1+i)^{2t}} + \dots + \frac{\sigma_N^2}{(1+i)^{2N}} \\
 &= \sum_{t=1}^N \frac{\sigma_t^2}{(1+i)^{2t}} \\
 NPV &= c_0 + \frac{c_1}{(1+i)} + \frac{c_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{c_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{c_N}{(1+i)^N} \\
 &= \sum_{t=1}^N \frac{c_t}{(1+i)^t}
 \end{aligned}$$

知道了项目财务净现值的数学期望和方差,就可以根据项目财务净现值的分布来评价项目的风险。评价方法如下。

假设经过上述方法用蒙特卡罗模拟法计算出项目的财务净现值的期望值为 μ ,均方差为 σ ,其产生的分布服从正态分布。根据蒙特卡罗模拟法的理论,该项目的财务净现值随机变量 $NPV = \mu + \sigma \cdot X$,其中 $X \sim N(0,1)$ 有:

$$\frac{NPV - \mu}{\sigma} \sim N(0,1)$$

$$P\left(\frac{NPV - \mu}{\sigma} > Z_\alpha\right) = \alpha \quad 0 < \alpha < 1$$

如果投资者的最低期望财务净现值为 NPV_0 ,则实际项目财务净现值小于 NPV_0 的概率就是风险,可以从下式求得:

$$P\left(\frac{NPV - \mu}{\sigma} < Z_\alpha\right) = 1 - \alpha$$

在标准正态分布概率表中查出 $Z_\alpha = \frac{NPV_0 - \mu}{\sigma}$ 时所对应的概率值 α ,就可以计算出财务净现值小于期望的最低财务净现值 NPV_0 的概率。

2.4 政治风险评价

BOT 项目融资方式具有投资规模大、建设周期长等特点,政府在其中扮演的角色极为重要,因此政治风险对项目的影响不可忽视,从而对 BOT 项目政治风险的评估就显得非常重要。

目前,常用的政治风险评价方法主要采用国家风险指数法。国家风险指数是一项重要的间接情报,可以为进行国际投资活动的企业作为风险估计的依据。国家风险指数主要有以下几种。

2.4.1 富兰德指数

富兰德指数是 20 世纪 60 年代末期,美国的 F·T·汉厄教授设计的反映国家风险大小的一种评价指标。富兰德指数用 0~100 表示,指数越高说明该国风险越低,信用地位越巩固。该指数是 3 个定量评级体系的综合指标。其中定量评级体系侧重评估一国的外债偿付能力,包括对外汇收入、外债数量、外汇储备状态及政府融资能力等 4 个方面的评分;定性评级体系主要考察该国的经济管理能力和外债结构、外汇管制状态、政府贪污渎职程度以及政府应付外债困难的措施等 4 个方面;环境评价体系包括 3 个指数系列:政治风险指数、商业环境指数及社会政治环境指数。前两者是通过邀请各方面专家进行咨询讨论而形成的,后者是由汉厄教授编写的。3 个评级

体系在富兰德指数中所占比重分别为 50%、25%和 25%。与指数相配合,美国商业环境情报所还定期发表富兰德报告,公布各国的基本统计数字和分析人员的评价。富兰德指数及报告基本包括了主要债务国和贸易国的环境分析,是投资者进行风险分析的重要依据之一。

2.4.2 国家风险指南综合指数

这是由美国纽约的国际报告集团编制的分析指标体系,每月发表一次。国家风险指南综合指数由政治、金融和经济 3 个部分组成,其中政治因素占 50%,后两项因素各占 25%。综合指数越高表示风险越低。政治因素包括领导权、法律、社会秩序及官僚化程度等 13 个指标;金融因素包括停止偿付、融资条件、外汇管制损害程度及政府毁约等 5 个指标;经济因素包括物价上涨、偿付外债比率及国家清偿能力等 6 个指标。

2.4.3 国家风险等级

国家风险等级是由有关机构根据其对各国的投资风险程度分析的结果,在其定期公布的国家等级表中加以确定。《欧洲货币》、《机构投资者》和日本公司债研究所等每年都定期公布国家等级表。

(1)《欧洲货币》国家风险等级。《欧洲货币》国家风险等级是由国际金融界权威杂志《欧洲货币》在每年 9 月或 10 月上旬公布的,反映一国在国际金融市场上的形象与地位的指数。国家风险等级主要包括 6 个方面的内容:①进入国际金融市场的能力,占 20%;②进行贸易融资的能力,占 10%;③偿付债券和贷款本息的记录,占 15%;④债务重新安排的顺利程度,占 5%;⑤政治风险状态,占 20%;⑥二级市场上的交易能力及转让条件,占 30%。

(2)《机构投资者》国家风险等级。国际金融界著名刊物《机构投资者》每 2 年在 9 月刊出国家风险等级表。此表将风险状况用 0~100 表示。0 分表示该国的国家信誉极差、风险大,100 分表示该国的国家信誉极好。

(3)日本公司债研究所国家风险等级。日本公司债研究所定期公布的国家风险等级用 0~100 分表示,分数越高风险越低。0 分表示该国国家风险最高,100 分表示该国国家风险最低。

2.4.4 国家风险的估计

国家风险估计是国家风险事件发生的可能性以及对所造成经济损失的大小进行测定的技术过程。其公式为:

国家风险(R) = 国家风险发生概率(P) × 风险损失额(L)

国家风险估计的技术方法很多,主要有以下几种。

(1)国别评估报告。这是对特定对象国社会、政治、经济状况进行的综合性评价,主要包括以下因素:政府因素、基本经济要素、对外金融、政治的安定性等。

(2)评分定级法。这是进行国家风险估计常用的一种方法。它是用一组固定的评分标准将考察对象国的风险因素加以衡量,从而确定风险分数的方法。一般分为4个阶段:一是考察风险因素,如负债率、战争次数、人均收入等;二是确定风险评分标准;三是将所有项目的分数汇总,确定该国的风险等级;四是进行国家间的风险比较,确定投资方向。

2.5 风险综合评价

基础设施项目中,风险因素的识别是重要且复杂的问题,这里采用模糊综合评判法。模糊理论是利用模糊和隶属度函数等概念,应用模糊变换原理,采用定性与定量相结合的方法,从多个方面对事物隶属等级状况进行整体的评价。下面利用模糊评价方法从定量和定性相结合的方法,对基础设施BOT项目的风险做综合评价。

2.5.1 BOT项目风险评价的指标体系

BOT项目风险分类方法很多,为便于从整体上把握风险的分析、辨识、控制和分担,BOT风险因素及其子因素划分为以下几类。

(1)完工风险(U_1):项目的设计及技术路线失误(U_{11});项目建设期可能产生的延误(U_{12});工程预算超支(U_{13});施工质量不达标(U_{14})。

(2)生产风险(U_2):运营费用超支(U_{21});供应条件不满足(U_{22});操作人员技术水平差(U_{23});管理人员经验不足(U_{24})。

(3)市场风险(U_3):行业竞争程度(U_{31});消费需求程度(U_{32});企业营销能力(U_{33});通货膨胀影响程度(U_{34})。

(4)政策法律风险(U_4):项目与法律的相容度(U_{41});国家产业政策的影响(U_{42});税率的变动(U_{43});环保政策的变更(U_{44})。

(5)金融风险(U_5):外汇兑换自由程度(U_{51});外汇汇率变动(U_{52});贷款利率变动(U_{53});其他投资收益率(U_{54})。

(6)不可抗力风险(U_6):战争、内乱、罢工造成

损害或毁灭(U_{61});地震、洪水、火灾等自然风险(U_{62})。

2.5.2 BOT项目风险模糊综合评价模型

上述BOT项目风险因素大都是模糊的,为减少判断的随意性,提高评价结果的可信度,采用将Fuzzy集合论与AHP结合的模糊综合评判法。该方法是把每个因素按其表现程度分为若干等级,又将所有因素按其性质分为类型。评判时,先按每一因素的各个等级进行一级模糊综合评判,得出单个因素的评判结果;再按每一类的各个因素进行二级模糊综合评判,得出一类因素的评判结果;最后再在各类之间进行综合评判,得出所有因素的评判结果。评判步骤如下。

(1)建立因素集。将上述22个BOT项目风险因素组成因素集 U ,则 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}$,其中 $U_1 = \{U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}\}$, $U_2 = \{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}\}$, $\dots, U_6 = \{U_{61}, U_{62}\}$ 。

将每个因素按 U_{ij} 表现程度分为5个等级,第 i 类因素中第 j 个因素的各个等级组成等级集 U_{ij} ,则 $U_{ij} = \{U_{ij1}, U_{ij2}, \dots, U_{ij5}\}$ 。

(2)建立权重集。因素的第 k 个等级对该因素的隶属度(也称等级权重) α_{ijk} ,由专家群组评定给出。具体过程是:先由一组评判人员对所调查的基因因素进行等级评判,然后对评判结果进行统计整理。设参评专家总人数为 Q ,其中认为因素 U_{ij} 属于 U_{ijk} 等级的人数为 Q_{ijk} ,则 $\alpha_{ijk} = Q_{ijk}/Q$,于是,因素的等级权重集为 $A_{ij} = (\alpha_{ij1}, \alpha_{ij2}, \dots, \alpha_{ij5})$, α_{ijk} 已经归一化。

对于多层次的综合评判问题,还需要根据每一层次中各个因素对上一层因素的重要程度,分别赋予相应的权数,即每个因素对于上层因素重要性的确认隶属度。第一层次因素权重集为 $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6)$,第二层次因素的权重集为 $A_i = (\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in})$, (n 为层次因素中包含二次因素的个数,当 $i=1, 2, \dots, 5, n=4$;当 $i=6, n=2$)。本模型中权重集的确定是采用AHP法。

(3)建立评判集。评判集是对评判对象可能做出的各种总的评价结果组成的集合,评判集大小可根据实际细分程度及计算量大小设定。这里把BOT项目风险程度分为低、较低、中等、较高、高5个等级。于是,评判集 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_5\}$, V_1 至 V_5 表示投资风险由低至高的各个等级。

(4)一级模拟综合评判。设按第 i 类中第 j 个因素的第 k 个等级进行评判,评判对象对评判集中第 l

个元素的隶属度为 r_{ijkl} ($i=1,2,3,4,5,6; j=1,2,\dots,n; k=1,2,3,4,5; l=1,2,3,4,5$), 则因素的等级评判矩阵为 $R_{ij}=(r_{ijkl})_{6 \times 5}$, 于是, 一级模糊综合评判集为 $B_{ij}=A_{ij} \oplus R_{ij}=(b_{ij1}, b_{ij2}, \dots, b_{ijg})$ 。这里的运算“ \oplus ”是一个算子符号。在进行模糊矩阵运算时采用该算子的计算方法进行。

(5) 二级模糊综合评判。即按因素子集的所有因素进行评判。显然, U_{ij} 的单因素评判集应是一级模糊综合评判集, 故 U_i 的单因素评判矩阵为 $R_i=(b_{ijl})_{6 \times 5}=(r_{ijl})_{6 \times 5}$, 于是, 二级模糊综合评判集为 $B_i=A_i \oplus R_i=(b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{i5})$ 。

(6) 三级模糊综合评判。即在各类之间进行综合评判。显然, 第 i 类的单因素评判集应为二级模糊综合评判集, 故 U 的单因素评判矩阵为 $R=(b_{il})_{6 \times 5}=(r_{il})_{6 \times 5}$, 于是, 三级模糊综合评判集为 $B=A \oplus R=(b_1, b_2, \dots, b_5)$ 。

(7) 评判指标的处理。上述三级模糊评判集 B 中各分量 b_1, b_2, \dots, b_5 分别表示 BOT 项目风险 U 对于评语 V_1 (风险低), V_2 (风险较低), \dots, V_5 (风险高) 的隶属度。本模型评判指标的处理可使用最大隶属度法、模糊分布法和加权平均法。

最大隶属度法以 B 中的 $\max\{b_1, b_2, \dots, b_5\}$ 对应的评价等级作为评价结果。例如, 设对某 BOT 项目风险评价结果 $B=(0.207, 0.234, 0.305, 0.134, 0.120)$, 则 $\max\{b_1, b_2, \dots, b_5\}=0.305$ 项目风险等级为 V_3 , 即中等风险。最大隶属度法的不足是舍去了最大指标以外其他指标所提供的信息, 使评判结果不够全面, 因而只适于一般性地描述结果。另外, 当最大评判指标不止一个时, 该法难以确定评判结果。

加权平均法综合考虑了所有指标的贡献, 也是一种较好的处理办法。加权平均法在评判对象是非定量性的定性指标时, 需先将评判集中的元素量化。我们规定评语集 V 对应的分数 $V_1=1, V_2=2, V_3=3, V_4=4, V_5=5$, 则最终评判结果 V 的计算公式是:

$$V = BV^T = (0.207, 0.234, 0.305, 0.134, 0.120)(1, 2, 3, 4, 5)^T = 2.726$$
 (这里上标 T 表示矩阵转置)。

采用加权平均法处理评判指标时, 最终结果 V 是一个代数值, 其值介于 1 和 5 之间, 越接近 5, 说明

项目风险越高, 越接近 1, 说明风险越低。

3 结语

随着我国经济的高速增长、城市化的快速发展, 公路基本建设在 2010 年前年均投资 1 500 亿元人民币, 在 2010 年至 2020 年之间, 年均投资为 1 000 亿元, 国家财政不可能筹集如此多的资金, 因此 BOT 模式将是发展公路项目的一种重要的融资与建造模式。本文通过对我国公路建设采取 BOT 融资方式出现的各种主要风险进行科学地、合理地评价, 通过风险转移降低项目公司所承担的风险, 可以保证项目的顺利实施, 进而可以提高投资者的信心, 吸引更多的国外和私人资本, 促使我国的基础设施建设更快地发展。

参考文献:

- [1] 李金泽, 梅明华. 项目融资法律风险防范[M]. 中信出版社, 2004.
- [2] 费尔·布瑞登鲍尔·仁特, 郑伏虎. 项目融资和融资模型[M]. 中信出版社, 2003.
- [3] 马秀岩. 项目融资[M]. 东北财大出版社, 2002.
- [4] Henri L Beenhakker. Risk Management in Project Finance and Implementation [M]. An imprint of Greenwood Publishing Group, Inc.
- [5] 孙涛. BOT 模式下的风险管理研究[J]. 商业研究, 2004, (8).
- [6] 张星, 孙建平, 李胜. BOT 项目风险的模糊综合评价[J]. 上海经济研究, 2004, (10).
- [7] 王霁红. 特许经营模式下法律风险的识别与防范[R]. 特许经营项目国际前沿论坛, 2003.
- [8] 马力, 常相全. BOT 项目风险评价体系研究[J]. 济南大学学报, 2001, (11).
- [9] 俞波, 张曦. BOT 项目经济风险指标及其度量方法[J]. 福州大学学报, 2004, (4).
- [10] K T Yeo, Robert L K Tiong. Positive management of differences for risk reduction in BOT projects[J]. International Journal of Project Management, 2000, 18.
- [11] Chao-Chung Kang, Cheng-Min Feng, Haider A Khan. Risk assessment for build-operate-transfer projects: a dynamic multi-objective programming approach [J]. Computers & Operation Research, 2005, 32.