

收费道路投资风险分析的计算机模拟技术研究

段海林

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045)

摘要:介绍收费道路投资风险分析方法——蒙特卡洛模拟技术的计算模型构造过程, 并提供计算机模拟实例, 以验证模型的可靠性。

关键词:道路投资; 风险分析; 蒙特卡洛模拟技术

中图分类号: O242.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)01-0079-03

1 概述

根据计办投资[2002]15号国家计委办公厅关于出版《投资项目可行性研究报告(试用版)》的通知要求, 新建投资项目将参考执行该书可研报告编制方法。在新的编制方法中, 经济评价部分新增了风险分析内容。本文结合某收费道路可研经济评价编制实践, 探讨风险定量分析方法。

由于交通预测、投资、收益、建设成本等因素的不确定性, 增加了投资项目的建设风险。为了有效减少和规避风险, 在收费道路建设之前, 需要进行风险分析, 包括风险定性分析和风险定量分析。

风险定量分析一般采用蒙特卡洛(Monte Carle)概率分析法, 该法在西方国家已得到广泛应用, 而在我国还处于起步阶段。由于该法计算量很大, 需要借助计算机数百次模拟才能满足精度要求, 因此, 本文在介绍风险定量分析方法的过程中, 重点探讨蒙特卡洛模拟分析技术的计算模型构造过程。

蒙特卡洛模拟分析技术主要是运用概率论和数量统计的有关原理, 对满足一定概率分布的风险变量进行随机抽样, 然后定量计算项目经济评价指标的频率和概率分布的一种概率分析方法。通过定量计算, 得到项目是否可行的概率, 估计项目投资所承担风险。蒙特卡洛模拟分析计算流程如图1所示。

2 蒙特卡洛模拟分析过程

2.1 确定模拟次数

蒙特卡洛模拟分析首先要确定合适的模拟次数, 由于风险变量不是精确符合给定的概率分布模型, 模拟次数太多, 也无必要; 而模拟次数太少, 模拟

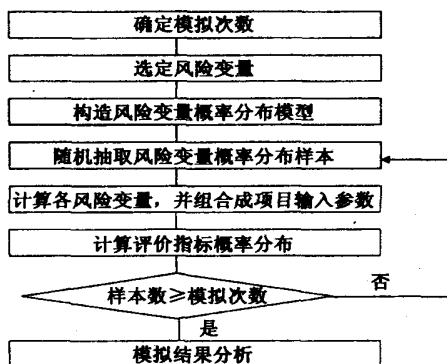


图1 蒙特卡洛模拟分析法计算流程图

结果又不可靠, 因此, 综合考虑模拟结果的可靠性和风险变量概率分布的不精确性, 并参考有关研究成果, 模拟次数一般选定在200~500次。

2.2 选定风险变量

通过该投资项目敏感性分析可知: 敏感性因素主要有建设投资、运营收入和经营成本。

2.3 构造风险变量概率分布模型

根据有关统计资料, 该投资项目建设投资、运营收入和经营成本的取值变化范围为: 建设投资变化幅度(α_1, α_2)为(-5%, 10%), 运营收入变化幅度(- α, α)为(-20%, 20%), 经营成本变化幅度(- α, α)为(-10%, 10%)。

由常用的概率分布特性可知: 三角分布适用于描述不对称分布的输入变量, 正态分布适用于描述一般经济变量的概率分布。因此, 该项目建设投资采用三角分布, 运营收入和经营成本采用正态分布。

假设三角分布悲观值为a, 最大可能值为b, 乐观值为c, 见图2。则三角分布函数为:

$$F(x) = (x-a)/2 / [(b-a)(c-a)] \quad x \leq b$$

$$F(x) = 1 - (c-x)/2 / [(c-b)(c-a)] \quad b < x \leq c$$

假设正态分布期望值为 μ 、方差为 σ^2 , 见图3。

作者简介:段海林(1970-), 男, 河南人, 高级工程师, 副主任, 从事道桥工程设计与交通规划工作。

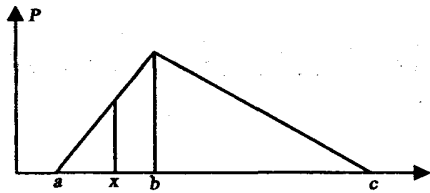


图 2 三角分布

则正态分布函数为：

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad -\infty < x < +\infty$$

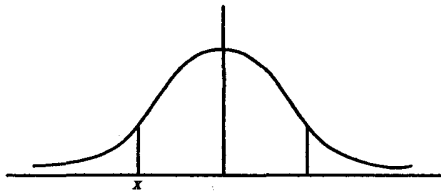


图 3 正态分布

2.4 随机抽取 0-1 级分布样本

随机抽取等概率的 0-1 级分布样本，作为风险变量样本为 x 时的概率分布值 $F(x)$ 。

2.5 计算各风险变量，并组合成项目输入参数

2.5.1 三角分布变量计算

根据三角分布特性，对于任意样本 x ，有：

$$x = a + \sqrt{F(x) \times (b-a) \times (c-a)} \quad x \leq b$$

$$x = c - \sqrt{[1-F(x)] \times (c-b) \times (c-a)} \quad b < x \leq c$$

根据建设投资的取值变化幅度 (a_1, a_2) ，有： $a = (1+a_1)b$ 和 $c = (1+a_2)b$ ，则建设投资样本取值的变化幅度 x_a 为：

$$x_a = \frac{x-b}{b} = a_1 + \sqrt{F(x) \times a_1 \times (a_2-a_1)} \quad x_a \leq 0$$

$$x_a = \frac{x-b}{b} = a_2 - \sqrt{[1-F(x)] \times a_2 \times (a_2-a_1)} \quad x_a > 0$$

2.5.2 正态分布变量计算

运营收入和经营成本符合期望值为 μ 、方差为 σ^2 的正态分布 $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ ，令 $\mu = (t-\mu)/\sigma$ ，将 $x \sim N(\mu,$

$\sigma^2)$ 转换为标准正态分布 $z \sim N(0,1)$ ，分布函数为：

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{(x-\mu)}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi \frac{x-\mu}{\sigma} = \Phi(z)$$

根据正态变量的“3 σ 规则”，正态变量的取值范围为 $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$ ，由前述可知，运营收入和经营成本的取值范围为 $[(1-\alpha)\mu, (1+\alpha)\mu]$ ，其中 α 为变化幅度。则有：

$(1-\alpha)\mu = \mu - 3\sigma$ 或 $(1+\alpha)\mu = \mu + 3\sigma$ ，则有 $\sigma = (\sigma\mu)/3$ 。

令 $z = (x-\mu)/\sigma$ ，则正态风险变量样本值 x 和变化幅度 x_a 分别为：

$$x = \mu + z\sigma = \mu + \frac{z\alpha\mu}{3}$$

$$x_a = \frac{x-\mu}{\mu} = \frac{(\mu + \frac{z\alpha\mu}{3}) - \mu}{\mu} = \frac{z\alpha}{3}$$

根据随机抽取的概率分布值 $\varphi(z)$ 和风险变量的概率分布模型，计算偏离系数 z ，进而得到风险变量样本值 x 或变化幅度 x_a 。

最后，将各风险变量样本值或变化幅度组合起来，作为计算项目指标的输入参数。

2.6 计算评价指标概率分布

根据项目输入参数，计算评价指标，重复以上步骤，直至满足模拟次数要求。最后对模拟指标值进行统计分析，计算评价指标的频率、期望值、方差、概率分布以及项目可行或不可行的概率。

2.7 模拟结果分析

本文以某收费道路经济评价中的风险分析为例，对风险分析结果作一简要分析。

该项目全长 18.40 km，投资估算额 14.23 亿元，远景年预测日平均交通量 3.99 万 pcu/d，分车型计程收费。该项目风险概率模拟结果见表 1，指标统计结果见表 2，评价指标频率统计和概率分布见图 4。

由风险概率分析结果可知：该投资项目内部收益率大于 3%、5% 和 7% 的概率分别为 100%、64%

表 1 模拟结果一览表

| 序号 | 随机数 | | | 变化幅度 | | | 计算指标 | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------|
| | 建设投资 | 运营收入 | 经营成本 | 建设投资 | 运营收入 | 经营成本 | NPV(万元) | IRR(%) | 概率 $f(x)$ |
| 1 | 0.9616 | 0.9528 | 0.7589 | 0.152 | 0.112 | 0.012 | 31481 | 5.382 | 0.003 |
| 2 | 0.4389 | 0.7914 | 0.4939 | 0.017 | 0.054 | 0.000 | 39734 | 6.020 | 0.003 |
| 3 | 0.2940 | 0.6083 | 0.2092 | -0.021 | 0.018 | -0.013 | 38708 | 6.036 | 0.003 |
| 4 | 0.7124 | 0.4728 | 0.8192 | 0.069 | -0.005 | 0.015 | 22711 | 5.020 | 0.003 |
| 5 | 0.5845 | 0.8124 | 0.7453 | 0.042 | 0.059 | 0.011 | 37098 | 5.832 | 0.003 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 299 | 0.4564 | 0.4428 | 0.2404 | 0.019 | -0.010 | -0.012 | 28625 | 5.405 | 0.003 |
| 300 | 0.5147 | 0.8778 | 0.6683 | 0.029 | 0.078 | 0.007 | 41964 | 6.115 | 0.003 |

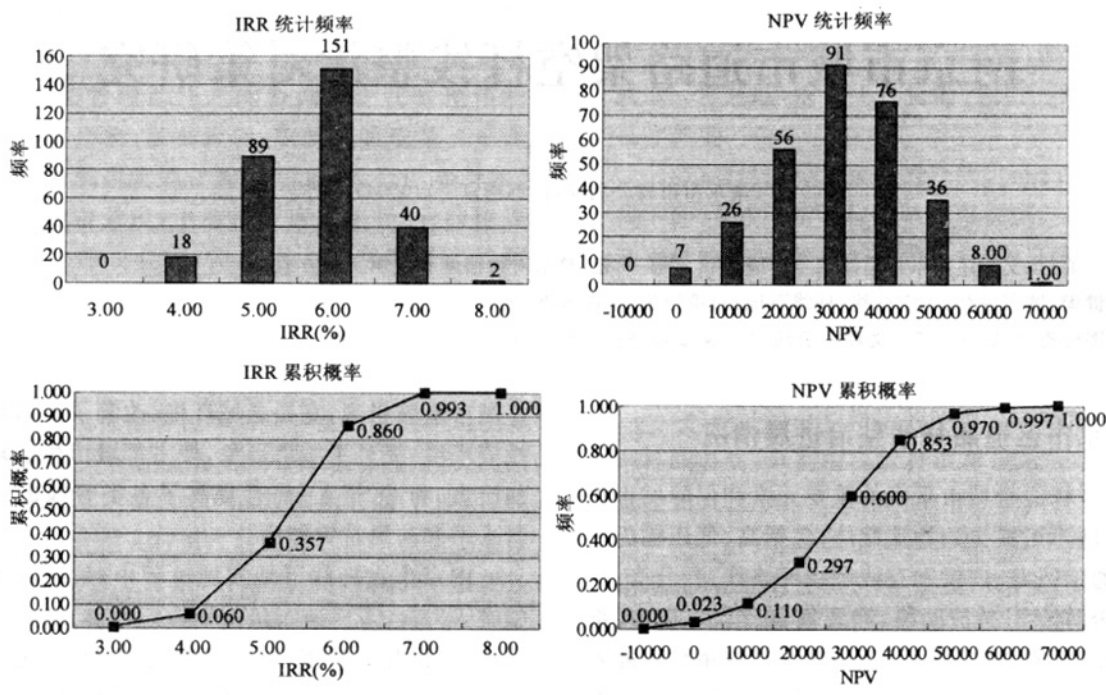


图 4 评价指标频率统计和概率分布图

表 2 模拟结果指标统计表

| 序号 | IRR (%) | 频率 | 概率 | 累积概率 P(x<IRR) | NPV (万元) | 频率 | 概率 | 累积概率 F(x≤NPV) |
|----|---------|-----|------|------------------|-------------|------|------|------------------|
| 1 | 3.0 | 0 | 0.00 | 0.000 | -10000 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 4.0 | 18 | 0.06 | 0.060 | 0 | 7 | 0.02 | 0.023 |
| 3 | 5.0 | 89 | 0.30 | 0.357 | 10000 | 26 | 0.09 | 0.110 |
| 4 | 6.0 | 151 | 0.50 | 0.860 | 20000 | 56 | 0.19 | 0.297 |
| 5 | 7.0 | 40 | 0.13 | 0.993 | 30000 | 91 | 0.30 | 0.600 |
| 6 | 8.0 | 2 | 0.01 | 1.000 | 40000 | 76 | 0.25 | 0.853 |
| 7 | | | | | 50000 | 35 | 0.12 | 0.970 |
| 8 | | | | | 60000 | 8.00 | 0.03 | 0.997 |
| 9 | | | | | 70000 | 1.00 | 0.00 | 1.000 |

和 1%，内部收益率期望值为 5.25%；财务净现值大于 0.2 亿元和 5 亿元的概率分别为 98%、70% 和 3%，财务净现值期望值为 2.65 亿元；表明该项目投资风险不大，有较大的盈利机会。

3 结论

蒙特卡洛模拟技术的优点在于通过构造计算模型，利用计算机模拟分析项目潜在风险，可以大大提高工程投资风险分析的精度和效率，为投资决策提供更为可靠的依据。

另外，该技术在我国还处于探索阶段，需要不断积累丰富的资料，才能精确描述风险变量的概率分布。

参考文献

- [1]于守法等. 建设项目经济评价方法与参数应用讲座[M]. 中国计划出版社,1995. 10.
- [2]中国国际工程咨询公司. 投资项目可行性研究指南[M]. 中国电力出版社,2002. 3
- [3]浙江大学. 工程数学概率论与数理统计[M]. 高等教育出版社, 1987. 7.

上海采取措施解决高速公路收费口拥堵问题

上海市高速公路运营管理将启动排堵保畅预案和措施，确保高速公路的安全畅通，重点解决部分流量集中的收费口的拥堵问题。

据悉，这套高速公路收费口排堵保畅预案，包括进口预案和出口预案。预案一：收费车道采取“快速发卡”的方式，即拉起栏杆，不实行“一车一键”规定，快速发放进口通行卡，提高车辆进入高速公路的通行速度。预案二：收费车道采取发放“预编码卡”或“预刷卡”代替普通通行卡的方式，以提高通行速度。使用“预编码卡”或“预刷卡”必须经应急指挥中心同意，在非高峰时段提前刷卡，在通行卡内写入收费站的信息，直接将卡发给车辆，提高通行速度。