

文章编号:1006-7329(2000)03-0039-07

模拟法在建设项目财务评价中的运用*

39-45

张国敏, 任宏, 竹隰生

(重庆建筑大学 管理学院, 重庆 400045)

F285
J282

摘要:为给项目决策提供可靠的经济性依据,应在前期就要较为准确地估算出项目的各类经济指标,如财务净现值、内部收益率等。然而,这些经济指标都是将来发生的值,大多具有随机性,站在项目前期对它们的估算存在风险。在此,作者以财务净现值为例,将模拟技术应用到财务净现值的估算中,推出一种较为客观的建设项目财务评价方法,并通过对比检验了模拟法所得结果的准确性。

建设项目财务评价

关键词:模拟; 独立性原理; 财务净现值; 风险

中图分类号:F282

文献标识码:A

建设项目占据固定资产投资的绝大部分,是以实物形态表示的具体项目。它具有无重复性、庞大复杂、建设周期长、相关单位多等特点。无重复性要求建设项目的投资决策具有科学性,在项目前期就应进行较为准确的财务评价,以免投资决策失误;而庞大复杂、建设周期长、相关单位多等特点则体现了在项目实施过程中进行投资控制的难度。因此每一位项目决策者在前期就应做出有效的项目财务评价,为随后的项目建设提供可靠的经济性依据。

财务评价可以从项目的财务净现值出发,通过估算项目每年的财务净现值,达到研究项目总的财务净现值的目的。然而,项目的地理气候条件、建设和运营所用材料的市场价格、实施时的国家政策、项目成果的市场需求状况等因素都在不断变化。同时,建设项目大多为非标准作业,部分项目甚至是非连续性作业,这些原因都决定了项目生命周期内每年的收支状况变化的必然性。另一方面,每年的收支状况互不影响,相互独立。因此,根据独立性原理,项目每年的财务净现值是相互独立的随机变量。如何估算该随机变量,并据此计算项目总的财务净现值,是摆在每一位项目决策者面前的现实问题。作者在另一篇文章——《风险分析在建设项目财务评价中的运用》一文中,详尽地论述了如何利用概率及数理统计知识进行建设项目财务净现值的估算,并给出了如何依据所得的估算结果进行项目财务评价的方法。然而,这种方法在判定项目每年财务净现值的分布时含有一定的随机性。为了避免这一点,本文中作者将采用另一种较为客观的方法——模拟法(Simulation Method)进行项目财务净现值的计算,具体方法如下。

1 模拟法简介及建模

1.1 蒙特卡罗模拟技术简介

模拟法是投资决策分析中最强有力的工具之一,尤其适用于不确定性条件下的投资决策分析。模拟法的关键是建立有效的数学模型,并利用计算机强大的处理数据的能力来实现对样本参数的模拟。在实际中蒙特卡罗(Monte Carlo)模拟法使用的较多,它的理论基础是用样本参数(样本平均数及样本方差)来估计总体的参数。为了得到总体分布参数的无偏性,应保证抽样的随机性。在模

* 收稿日期:2000-04-03

作者简介:张国敏(1976-),男,湖北人,硕士生,主要从事技术经济研究。

拟过程中,样本变量的抽样值是通过抽取随机数,并经过数学计算产生所需的随机变量值,来模拟项目的经济效果指标的。由于这种方法比较成熟,故本文将采用该方法来实现对建设项财务净现值的模拟。

蒙特卡罗模拟法是利用随机数在随机变量中取值从而得到结果的。如前所述,建设项目由于受多种因素的制约,项目每年的财务净现值是相互独立的随机变量,并且每一个随机变量的取值都是在一定的范围之内。因此,依据蒙特卡罗模拟法,可以通过计算机产生随机数的方法在这个范围内模拟建设项目每年财务净现值。模拟的次数越多,得出的结果越可靠。在得出项目每年财务净现值后,即可通过累加法得出项目总的财务净现值,并进行相应的财务评价和风险分析。

1.2 建立数学模型

对于不同的问题,用蒙特卡罗模拟法建立的数学模型各不相同。联系到本文的研究内容,可以参照相似的已建项目给出该项目每年财务净现值的大概分布区间。然后,利用 EXCEL97 软件函数库中的 RAND 函数,产生界于区间(0,1)之间的随机数(由于项目每年的财务净现值是随机的,无法确定其分布形式,为简便起见,本文采用均匀分布形式进行随机数的选取),即可得出项目第*i*年的一个模拟值,如公式(1)所示。

$$NPV_{ij} = a_i + \omega_j \times (b_i - a_i) \quad (1)$$

式中: NPV_{ij} ——第*j*次模拟所得的项目第*i*年财务净现值($i=1,2,\dots,m$);

m ——建设项目的生命周期数或计算期数;

a_i, b_i ——项目第*i*年财务净现值 NPV_i 的分布区间(a_i, b_i)的两端点;

ω_j ——用于第*j*次模拟 NPV_i 的随机数($j=1,2,\dots,n; n \geq 50$)。

项目总的财务净现值是项目净利润的标志,等于各年财务净现值的累加和。现利用 EXCEL97 任意取出一组 m 个随机数,分别对项目每年财务净现值 NPV_i 进行第*j*次模拟,可得出 m 个 NPV_{ij} 值,即为进行第*j*次模拟所得的项目每年财务净现值。它们的累加和就是进行第*j*次模拟所得的项目总的财务净现值,如公式(2)所示:

$$NPV_{Tj} = NPV_{1j} + NPV_{2j} + \dots + NPV_{mj} = \sum_{i=1}^m NPV_{ij} \quad (2)$$

式中: NPV_{Tj} ——进行第*j*次模拟所得建设项目总的财务净现值。

进行*n*次这样的模拟可得出*n*个总的财务净现值的模拟值 NPV_{Tj} 。无论项目总的财务净现值服从何种分布,由*n*个子样值一定可以模拟出该样本的均值和方差,即可得出项目总的财务净现值的均值和方差,如公式(3)、(4)所示:

$$E_{NPV_T} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n NPV_{Tj} = \frac{1}{n} (NPV_{T1} + NPV_{T2} + \dots + NPV_{Tn}) \quad (3)$$

$$\sigma_{NPV_T}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n NPV_{Tj}^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n NPV_{Tj} \right)^2 \quad (4)$$

式中: $E_{NPV_T}, \sigma_{NPV_T}^2$ ——建设项目总的财务净现值的均值与方差;

依据模拟所得的建设项目总的财务净现值的均值和方差,就可以进行项目财务评价和风险分析,为投资者提供投资决策的依据。

2 案例

重庆某公司拟开发一建设项目,项目的建设期为5年,运营期为20年,由于施工条件、建设和运营时的材料价格、产品市场销售状况等的不确定性,在前期做项目的经济性研究和评价时,无法准确地预测出项目每年的收支状况,只能估算出可能的变化范围。表一中列出了项目每年财务净现值的分布区间,试用模拟法估算建设项目总的财务净现值并做相应的财务评价和风险分析。

表1 建设项目每年财务净现值的分布区间 (a, b) 单位:(万元)

年序	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	
(a, b)	(-10 893, -10 625)	(-19 451, -192 92)	(-15 303, -17 083)	(-7 753, -7 499)	(-6 696, -6 469)	(7 852.8, 8 207.4)	(7 011.4, 7 282.8)	
8th	9th	10th	11th	12th	13th	14th	15th	16th
(6 583.2, 6 825.6)	(6 094.3, 6 274.6)	(5 473.5, 5 634.5)	(4 829.7, 5 059.6)	(4 337.9, 4 440.6)	(3 964.8, 4 102.3)	(3 519.5, 3 662.7)	(3 179, 3 325.1)	(2 838.3, 2 968.8)
17th	18th	19th	20th	21st	22nd	23rd	24th	25th
(2 461.5, 2 578)	(2 314.7, 2 444.8)	(2 031.9, 2 124.8)	(1 803.9, 1 917.9)	(1 601.3, 1 730.9)	(1 388.4, 1 446.2)	(1 254.4, 1 306.1)	(1 133.1, 1 159.5)	(1 005.8, 1 052.9)

2.1 第一次模拟项目总的财务净现值 NPV_T 2.1.1 第一次模拟项目各年财务净现值 NPV

建设项目的生命周期为25年,因此首先需要产生25个随机数来分别模拟项目各年财务净现值。利用EXCEL97中的RAND函数产生的随机数如下:

表2 25个随机数 ω

0.236	0.086	0.388	0.559	0.725	0.754	0.767	0.777	0.534	0.558
0.989	0.849	0.974	0.193	0.939	0.187	0.292	0.258	0.981	0.895
0.820	0.814	0.448	0.950	0.779					

通过公式(1),并结合表1和表2中的数据可计算出第一次模拟所得的项目各年财务净现值 NPV ,如表3所示:

表3 第一次模拟所得的项目各年财务净现值 NPV 单位:(万元)

-10 830	-19 413	-15 457	-7 654	-6 569	8 110	7 216	6 769	6 234	5 559
4 957	4 440	4 082	3 659	3 207	2 961	2 483	2 353	2 056	1 916
1 717	1 436	1 296	1 145	1 051					

2.1.2 计算第一次模拟所得项目总的财务净现值 NPV_T

建设项目总的财务净现值等于生命周期内各年财务净现值的累加和,其第一次模拟值依据公式(2)计算如下:

$$NPV_T = (-10\ 830) + (-19\ 413) + \dots + 1\ 051 = 12\ 724$$

2.2 进行100次项目总的财务净现值 NPV_T 的模拟

多次模拟项目总的财务净现值的方法与2.1小点中所用的方法一样,这里不在赘述,仅将这100次模拟的结果列于表4中。

表4 进行100次模拟所得的项目总的财务净现值 NPV_T 单位:(万元)

12 724	12 060	11 221	11 873	11 704	11 700	11 319	12 402	11 246	12 778
12 339	11 779	11 896	11 171	12 263	11 290	11 411	11 158	12 087	11 514
11 193	12 455	11 193	11 927	11 597	11 811	11 791	12 387	11 713	12 063
11 774	12 294	11 586	12 121	11 726	11 965	10 988	12 500	12 067	12 181
11 928	12 027	11 551	11 631	11 317	11 037	11 715	11 724	11 784	11 184
11 961	11 832	11 723	11 334	12 228	12 489	11 627	11 635	11 324	11 169
11 317	12 331	11 128	12 065	11 580	11 640	10 983	11 500	12 140	11 841
11 361	11 873	12 056	11 832	10 727	11 516	12 197	11 230	10 856	12 037
11 718	11 384	11 582	11 347	11 878	11 735	12 594	11 769	11 690	11 128
11 502	11 354	11 877	11 699	11 896	12 123	12 257	11 352	11 550	11 753

2.3 求解项目总的财务净现值 NPV_T 的均值和方差

通过公式(3)和(4),并结合表4中的数据可计算出 NPV_T 均值和方差。

$$E_{NPV_T} = \frac{1}{100}(12\,724 + 12\,060 + \dots + 11\,753) = 11\,729$$

$$\sigma_{NPV_T}^2 = \frac{1}{100}(12\,724^2 + 12\,060^2 + \dots + 11\,753^2) - 11\,729^2 = 184\,496$$

建设项目总的财务净现值 NPV_T 的标准差为:

$$\delta_{NPV_T} = \sqrt{\sigma_{NPV_T}^2} = \sqrt{184\,496} = 429.53$$

3 项目总的财务净现值特征值和分布假设检验

上面案例中项目总的财务净现值的特征值是通过模拟法获到100组数据计算得出的。在另一篇文章——《风险分析在建设项目财务评价中的运用》一文中,作者利用概率及数理统计知识也估算出了这些特征值,下面将两种方法得出的数据列于表5中。

表5 项目总的财务净现值的模拟值

计算方法	期望值	方差	标准差
模拟法	11 729	184 496	429.53
概率统计估算法	11 746	179 154	423.27

3.1 项目总的财务净现值误差分析

通过模拟法与概率统计估算法所得结果的对比,即可得出两者之间的相对误差。

期望误差分析: $\frac{11\,729 - 11\,746}{11\,746} = \frac{-17}{11\,746} = 0.15\%$

方差误差分析: $\frac{184\,496 - 179\,154}{179\,154} = \frac{5\,341}{179\,154} = 2.98\%$

标准差误差分析: $\frac{429.53 - 423.27}{423.27} = \frac{6.26}{423.27} = 1.48\%$

从上面三个等式可看出,由模拟法模拟出的期望、方差和标准差同由概率统计法估算得出的值相差甚小。如果模拟的次数更多,两种方法所得结果的偏差将趋向于零。由此,一方面可以认定通过模拟法模拟所得的项目总的财务净现值比较准确,另一方面也反映出前一篇文章中概率统计法的正确性。

3.2 项目总的财务净现值分布假设检验

以上介绍了如何模拟建设项目总的财务净现值,但行文至此还不知总的财务净现值是否服从某种分布,下面将利用数理统计知识来分析模拟所得100组 NPV_T 值。图1为进行100次模拟得出

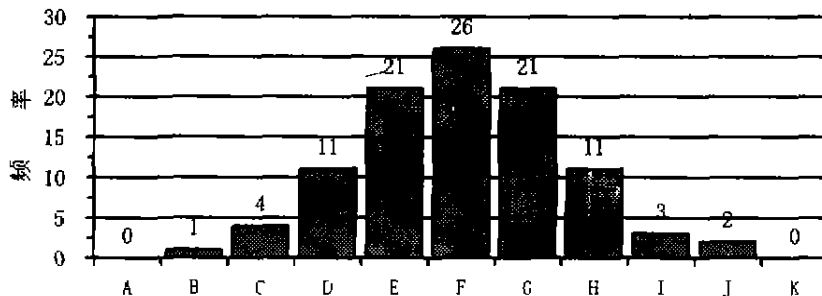


图1 项目总的财务净现值的区间频率分布

的 NPV_T 值的区间频率分布,其中 A 至 K 等字母代表分布区间。

从图 1 可以看出项目总的财务净现值可能服从正态分布,下面可通过 χ^2 检验来验证项目总的财务净现值是否服从正态分布。给定显著水平 $\alpha=0.05$ 。表 3 列出 χ^2 检验的相关数据, X_i 代表区间端点数值,列于表 4 中。

表 6 χ^2 检验

区 间	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	(x_0, x_1)	(x_1, x_2)	(x_2, x_3)	(x_3, x_4)	(x_4, x_5)	(x_5, x_6)	(x_6, x_7)	(x_7, x_8)	(x_8, x_9)	(x_9, x_{10})	(x_{10}, x_{11})
子样频数 f_i	0	1	4	11	21	26	21	11	3	2	0
区间频率 $P(x_i, x_{i+1})$	0.001 9	0.010 2	0.041 5	0.113 6	0.206 9	0.252 9	0.206 9	0.113 6	0.041 5	0.010 2	0.001 9
区间频数 $n P(x_i, x_{i+1})$	0.19	1.02	4.15	11.36	20.69	25.29	20.69	11.36	4.15	1.02	0.19

表 7 X_i 值 单位:(万元)

x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
$-\infty$	10 525	10 797	11 069	11 341	11 613	11 886	12 158	12 430	12 702	12 974	$+\infty$

表 6 中区间频率 $P(x_i, x_{i+1})$ 的计算公式为:

$$P(x_i, x_{i+1}) = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (i = 0, 1, \dots, 10) \quad (5)$$

现假设建设项目总的财务净现值服从正态分布,建立 χ^2 函数如下。由皮尔逊(K. Pearson)定理,当模拟次数 n 很大时(通常 $n \geq 50$), χ^2 函数渐近于自由度为 $(l-k-1)$ 的 χ^2 分布。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(f_i - np(x_i, x_{i+1}))^2}{np(x_i, x_{i+1})} = \frac{(0 - 0.19)^2}{0.19} + \frac{(1 - 1.02)^2}{1.02} + \dots + \frac{(0 - 0.19)^2}{0.19} = 1.698$$

查 χ^2 分布函数表得 $\chi_{0.05}^2(l-k-1) = \chi_{0.05}^2(8) = 15.507$, 其中 $l=11$ 代表项目总的财务净现值分布区间的个数, $k=2$ 代表均值和方差两个约束条件。显然, $\chi^2 = 1.698 < \chi_{0.05}^2(8) = 15.507$, 说明小概率事件没有发生, 应接受项目总的财务净现值服从正态分布的假设。因此, 通过模拟法可知项目总的财务净现值服从正态分布, 且显著水平超过 95%。这也证明了作者在前一篇文章中认为项目总的财务净现值近似服从正态分布的观点是正确的。

4 项目风险分析及置信区间估计

以上给出了如何模拟建设项目总的财务净现值的方法, 并证明了它服从正态分布, 经标准化后服从标准正态分布。这里引进风险分析中常用的概念——风险度 θ , 其计算方法为:

$$\theta = \delta_{NPV_T} / E_{NPV_T} = 429.53 / 11729 = 0.037$$

可见风险度 θ 很小, 说明投资该项目的风险非常小, 值得投资。然而, 在项目的投资实践中, 投资者不仅要知道该项目是盈利的, 而且要知道在一定风险下的盈利额大小, 即需预测出项目财务净现值的置信区间, 以便为多项目决策提供依据。

上面已经证明了建设项目总的财务净现值从正态分布, 下面将采用正态母体平均数区间估计法来确定在风险度 $\theta=0.037$ 下的母体置信区间。通过模拟法已得出母体的 100 个子样服从正态分布 $N(11729, 429.53^2)$, 则有以下等式:

$$P\left\{-t_{\frac{\theta}{2}}(n-1) < \frac{E_{NPV_T} - \mu}{\delta_{NPV_T} / \sqrt{n}} < t_{\frac{\theta}{2}}(n-1)\right\} = 1 - \theta$$

式中: $t_{\frac{\theta}{2}}(n-1)$ ——自由度为 $n-1$ 的 t 分布关于 $\theta/2$ 的上侧分位数; μ ——母体均值。

由此代入数据并查 t 分布表可得: $t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) = t_{0.0185}(99) = 2.085$, 可得在风险度 $\theta = 0.037$ 下项目总的财务净现值的置信区间为 $(11\ 729 - 2.085 \times 429.53/10, 11\ 729 + 2.085 \times 429.53/10)$, 即为 $(11\ 639, 11\ 819)$ 。这一置信区间的含义是投资该项目的净利润额在 11639 万元到 12635 万元之间的可能性为 96.3%。依据此置信概率下的置信区间, 投资者即可从多目标中选优, 择取利润高而风险小的建设项目。

6 小 结

建设项目财务评价能够给投资者做投资决策提供有效经济依据, 因此直接关系到项目成败。在建设项目的实践中财务评价的方法有多种, 然而由于多重因素制约, 许多评价方法很大程度上带有个人主观臆测, 缺乏科学理论的支持, 导致预测的结果与实际相差甚远。本文作者立足于这一点, 从项目经济指标——财务净现值的角度出发, 利用计算机强大的数据处理能力, 用模拟法模拟出项目总的财务净现值, 推出了一种较为客观的项目财务评价方法。文中还列出使用概率及数理统计法计算项目总的财务净现值所得的结果, 通过对比来验证模拟法的正确性。最后, 文中还针对所获得的模拟数据进行了风险分析, 并介绍了利用数理统计估算项目总的财务净现值置信区间的方法, 为投资者进行多项目选优提供可靠的依据。

参考文献:

- [1] Robert S. Prindyck & Daniel L. Rubinfeld. 钱小平译. *Econometric Models and Economic Forecasts*(4th Edition) [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999
- [2] Ren Hong & Xiang Xiao-lin. Opening the Black Box of Cost Simulation[C]. Proceeding of International CIB Conference, Beijing, 1996
- [3] Ren Hong & Xiang Xiao-lin. How to Select a Known Probability Distribution for an Element Cost[R]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 1999
- [4] 张弘铭. 住宅经济学[R]. 上海: 上海财经大学出版社, 1998
- [5] 马钧, 毛瑛. 投资项目决策[M]. 北京: 中国经济出版社, 1997
- [6] 吕匡纯, 龙镇辉. 技术经济分析和项目评估的要求与应用[R]. 广州: 中山大学出版社, 1997
- [7] 冯忠途. 经济预测与决策[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1995
- [8] 谭庆琰, 张庆寿等. 投资业务与风险管理全书[M]. 北京: 中国金融出版社, 1994

Application of Simulation Method in Financial Evaluation of Construction Projects

ZHANG Guo-min, REN Hong, ZHU Xi-sheng

(Faculty of Management, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract: In order to provide a reliable foundation for project decision, some sorts of financial indexes of the project, such as NPV, IRR etc, should be accurately estimated out in the earlier stage. However, these indexes appear in the future randomly, and their estimation in the earlier stage is at risk. In this paper, taking the project's NPV as example and applying simulation method to its estimation, the authors developed a comparatively objective evaluation method of construction projects. Furthermore,

the outcome of the simulation method is tested by comparing it with the result of another evaluation method.

Keywords: simulation; independence; theory; financial net present value; risk

(上接第 20 页)

Changes of City Form in Three Gorges Areas

SHU Cong-quan

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianshu University, 400045, China)

Abstract: This paper based on the relationship between the natural geographic environment of the city and its form, analyses the effect of the Three Gorges reservoir on the city form in this area. The author believes that the round and ribbon form of the city in this area will be broken, and the group and ribbon group and constellation forms will be developed. It is pointed out that this is because of the diversity of natural environment so as "design with considering the nature".

Keywords: Three Gorges Reservoir; city form; natural environment