

风险型决策的蒙特卡罗模拟 ——风险项目投资决策案例分析

李志伟

(厦门大学会计系, 福建 厦门 361005)

【摘要】进行风险型决策的两种传统方法是决策树法和贝叶斯法,但在复杂决策前,单独应用这两种方法都无法达到一种满意的决策。本文引进了蒙特卡罗模拟的方法,并设计了一个相对复杂的风险项目投资决策的案例,以阐述蒙特卡罗模拟在风险型决策上的灵活性和简洁性。

【关键字】风险型决策 蒙特卡罗

一、引言

风险型决策的主要特点是具有状态发生的不确定性。这种不确定性不能通过相同条件下的大量重复试验来确定其概率分布。因而往往只能根据“过去的信息或经验”由决策者估计。为区别由随机试验确定的客观概率,我们把前者称为主观概率。

在进行风险型决策时,常用的两种传统方法是决策树法和贝叶斯法。

决策树法多用于随机性决策,是随机性决策的一种图解形式。决策树是把所有备选方案和各方案可能出现的各种未来事件,按它们之间的相互关系用树形图表示出来。最后采用逆向简化法修枝选择方案,即用收益的期望值来代替随机事件,然后按期望值大小从后向前得出最优决策方案。

而贝叶斯法则是通过先验信息它估计出先验概率(分布);为了提高先验概率分布的准确性和客观性,人们常常设计一些抽样调查、质量检验等方法,借以收集新信息来修正先验概率分布,即后验概率分布;最后利用后验概率分布求出期望收益最大的决策。

但两种方法都存在着一些难以弥补的缺陷,使得在复杂的系统中难以应用这些方法。

决策树法可以应用于复合决策的情况,我们可以根据所需做的决策,将决策树的层层伸展,以包括所有可能的决策。但是决策树方法一般仅用于离散型概率分布的决策,而无法应用于连续型概率分布的决策,因为连续型概率分布会使得决策树的枝叶无限增多。

贝叶斯法可以通过积分的方法来解决连续型概率分布的决策。但是采用积分方法需要建立起收益的函数,而当系统涉及多个不同参数,而且参数之间相互影响密切时,建立这样的函数就相当困难;此外,如果出现复合决策时,采用贝叶斯法的复杂度就大大增加了。

为了改进这两种方法,本文引进了蒙特卡罗模拟的方法,来进行复杂的风险型决策。

二、风险项目投资决策案例综述

本部分通过一个风险项目投资的案例,对蒙特卡罗模拟在风险决策整个过程中的应用做综合的分析。

（一）风险项目概况

假设要投资一个新兴市场，该投资项目投资周期为 5 年，初始投资需要 2500 万元，其中 2000 万元是固定资产投资，按直线法摊销，无残值，500 万元是营运资本，在投资结束可以收回。

假设该产品目前市场单价为 5 元/件，市场价格增长与通货膨胀率一致。产品的成本包括变动成本和固定成本两种，变动成本与销售额直接相关，假设变动成本率是 70%，固定成本是 400 万元/年，其增长与通货膨胀率一致。

假设企业的所得税率为 30%，如果发生亏损，亏损额可由下一年度的盈利进行弥补，由于投资周期只有 5 年，所以假设可向后无限期弥补。

（二）涉及的风险

1. 市场风险

由于是新兴行业，其市场容量（或者是市场规模）是不确定的，本案例中假设投资第一年的市场容量在一定范围内均匀分布；此外由于是新兴行业，那么市场容量也不是一成不变的，是处于一个增长的过程，但增长率本身又是一个不确定的因素，假设增长率成正态分布，并且均值和方差已知。此外，企业的市场份额也不会是固定的，会在一定的范围内波动，本案例中假设第一年的市场份额在一定范围内均匀分布，而且变动率成正态分布，并且均值和方差已知。具体参数参见表 1。

2. 通货膨胀风险

在现实生活中，通货膨胀是不可避免的，本案例中假设已知当前（第 0 年）的通货膨胀率，并假设通货膨胀率的变动率成正态分布，并且均值和方差已知。通货膨胀影响到几个因素：一个是产品的单价，另一个是固定成本，它们都要根据通货膨胀进行适当的调整。具体参数参见表 1。

3. 其他风险

实际生活中，可能还有一些意外的损失和收益（这里指一些比较大的损失和收益），本案例中假设以外损失和收益发生的概率是已知的，而且在哪一年发生的概率均等，而当损失和收益发生时，其损失或收益的金额在一定范围内均匀分布。具体参数参见表 1。

表 1 各个风险变量的相关参数

	最小值	最大值	增长率均值	标准差
市场容量（万件）	3000	6000	10%	10%
市场份额	13%	17%	0%	10%
通货膨胀率	5%	5%	0	20%
随机损失（万元）	100	300	概率	5%
随机收益（万元）	50	150	概率	10%

（三）企业能选择的决策

1. 技术改造

如表 2 所示,企业可能实施一些技术改造,技术改造需要投入一定的资金,技术改造可能成功也可能失败,而且在哪一年成功也不能确定,假定成功的概率服从一定的离散分布。但技术改造一旦成功的话,可以使企业市场份额增加,另外还可以使企业的变动成本率降低。

表 2 技术改造的相关参数

第几年成功	概率	投资额	300 万元
不成功	40%	市场份额增长百分点	
1	5%	最小值	3%
2	8%	最大值	7%
3	12%	变动成本率降低百分点	
4	15%	最小值	8%
5	20%	最大值	12%

2. 购买权威市场情报

企业可以向权威机构购买市场情报,但市场情报也不一定完全准确,市场情报和实际数据具有一定的相关性,假设相关系数为 80%,市场情报金额为 20 万元。

3. 等待一年观察市场容量

企业可以等待一年观察市场容量的数据,假设等待一年可以完全观察清楚市场容量的情况,但是由于延迟进入,会使得企业的市场份额降低,假设企业第二年进入能争取到的市场份额在 11%~15%之间均匀分布。

三、模拟分析与决策

(一) 模拟过程的描述

本模拟过程假设投资者是风险中性的,对风险项目按净现值进行评价,因此需要模拟出各个年度的现金流入和流出的情况。假设该项目所有的收入都是现金收入,除折旧外所有成本都是现金支出,那么经营现金净流量=净利润+折旧;而由于项目需要进行投资,第 0 年会产生-2500 万元的投资现金流出,第 5 年会产生 500 万元的投资现金流入(营运资本收回)。

为了防止折现率选择的武断¹,本文在模拟上选用了多个折现率(5%、10%、15%、20%,也可根据需求自行选择),模拟出各个折现率下的 NPV,并据此对进行风险分析与决策。此外,对不同折现率的选择,也可以看作对决策者风险偏好的一个近似,适当减少风险中性假设对决策的影响。各个变量的 Excel 计算公式,详见附表 1。

(二) 是否进行技术改造项目的决策

为了能够和没有技术改造的情况进行对比,风险变量中除了市场份额和变动成本率变化外,

¹ 就折现率的选择而言,在传统方法下,对于风险条件下的投资常常使用风险调整贴现率法和肯定当量法进行调节。风险调整贴现率法主要是利用资本资产定价模型(CAPM)或者风险报酬模型来调整贴现率;肯定当量法则是先用一个肯定当量系数把有风险的现金收支调整为无风险的现金收支。但是这些传统的风险调整方法不可避免存在许多的缺陷。在使用 CAPM 进行贴现率的调整时,由于 CAPM 模型只能测度不可分散的风险(一般是行业整体风险);利用风险报酬模型,虽然通过标准离差率的计算可以考虑公司特有的风险,但是风险报酬系数又是个主观的估计量。而用肯定当量系数来进行调整的话,主观性就更强了,主要靠分析人员的主观判断而定,即使利用标准离差率来进行肯定当量系数的选择,这种选择也缺乏可信的依据。

其他的项目都是引用没有进行技术改造的数据。各变量的计算公式，详见附表 2。公式发生改变后，具体的现金流也会发生变动，再根据变动后的现金流计算各种折现率下的 NPV 值，并与无改造情况下的 NPV 值进行对比，如果进行改造的 NPV 值大于无改造的 NPV 值，就应该进行改造。

模拟 10000 次后，对各种折现率下的 NPV 平均值进行比较（如表 3 所示），可以看出在折现率为 5%—15% 时，应该进行技改，而折现率为 20%，不应进行技改，也不应进行投资。

表 3 技改与非技改情况下 NPV 的对比

单位：万元

折现率	5%	10%	15%	20%
正常	1257.969	697.908	283.519	-25.892
技改	1397.464	761.531	292.159	-57.380

（三）是否购买市场情报的决策

是否购买情报的决策并不影响各项具体数值，因此该项目的各年现金流并不会发生变动。但是购买情报后，我们可以根据情报提供的数据决定是否进行投资，如果不投资，NPV = -情报价格，如果投资，NPV = 实际 NPV - 情报价格。此外，具体情报中提供的市场容量超过多少才进行投资我们无法确定，利用公式“IF(市场情报数据 > 某具体数值, 实际 NPV, 0) - 情报价格”可以得到购买情报情况下，当市场情报容量超过某具体数值才进行投资的 NPV 值；再从各个 NPV 的平均值中选出最大的一个。

进行 10000 次的模拟后，得到表 4 的数据。从表中数据可以看出当折现率为 5% 和 10% 的情况下，情报价值都小于情报价格，不应购买情报；而当折现率为 15% 和 20% 的情况下，情报价值都大于情报价格，应该购买情报。

表 4 购买情报与不购买情报 NPV 的对比

单位：万元

	无情报	购买情报					
折现率	5%	2500	2600	2700	2800	2900	价值
NPV	1257.969	1258.139	1258.237	1258.114	1257.869	1256.358	0.268
折现率	10%	3000	3100	3200	3300	3400	价值
NPV	697.908	709.619	711.622	712.566	712.720	712.506	14.812
折现率	15%	3900	4000	4100	4200	4300	价值
NPV	283.519	353.921	355.411	355.025	355.722	353.841	72.203
折现率	20%	4300	4400	4500	4600	4700	价值
NPV	-25.892	145.275	149.586	152.260	151.297	146.587	152.260

注：表中 NPV 未扣除情报价格；加黑部分表示购买决策中的最优决策，两栏数字的含义为，当市场情报提供的数据超过上一栏数据才进行投资，而下一栏数据则代表所能得到的 NPV 的平均值，情报价值等于最优决策的 NPV 减去无情报情况下的 NPV。

（四）是否等待的决策

直观地，等待一年的 NPV 一般小于立即投资的 NPV，但是等待一年后，我们可以根据第一年的市场容量决定是否投资，如果不投资的话， $NPV=0$ 。

为了能够与不等待的情况进行对比，风险变量中除了初始市场份额发生变化外，其他的项目都是引用上面的不等待时的数据（包括市场份额的增长率），当然那些依照市场份额计算的项目也要跟着改变；由于不等待情况下没有第六年的数据，因此还需模拟出第六年的数据。此外，如果等待后进行投资的话，投资于第一年投入，营运资本于第六年收回；计算 NPV 时还要考虑第一年虽然没有数据，但也要考虑第一年的时间价值。

进行 10000 次的模拟后，得到表 5 的数据。从表中数据可以看出，在折现率 5% 的情况下，等待的 NPV 最大值为 1198.47 万元，比立即投资情况下的 NPV 小，不应等待；而折现率为 10%—20% 的情况下，等待的 NPV 都比立即投资的 NPV 大，应该等待。

表 5 等待与立即投资情况下 NPV 的对比

单位：万元

	立即投资	等待					
折现率	5%	3000	3100	3200	3300	3400	3500
NPV	1257.969	1192.551	1196.877	1198.196	1198.47	1194.837	1187.984
折现率	10%	3500	3600	3700	3800	3900	4000
NPV	697.908	697.554	698.981	699.061	695.152	688.345	679.581
折现率	15%	3800	3900	4000	4100	4200	4300
NPV	283.519	362.771	368.317	371.312	373.674	372.844	368.070
折现率	20%	4400	4500	4600	4700	4800	4900
NPV	-25.892	166.779	168.667	169.620	169.948	166.317	163.026

注：加黑部分表示等待决策中的最优决策；两栏数字的含义为，当所观察到市场容量的数据超过上一栏数据才进行投资，而下一栏数据则代表所能得到的 NPV 的平均值。

（五）组合决策——购买情报并进行技术改造

可以看到，这三种决策中，购买市场情报和等待一年观察市场容量这两种决策都与市场容量这一风险变量有关，因此是互斥的决策，不可能同时选择。所以可能进行的组合决策有：购买市场情报并进行技术改造以及等待一年后进行投资并进行技术改造。

为了使决策具有可比性，市场情报的数据引用上面“是否购买市场情报决策”中的市场情报数据。由于是否购买情报的决策并不影响各项具体数值，因此也不会影响改造的结果。但是购买情报后，我们可以根据情报提供的数据决定是否进行投资，如果不投资， $NPV=-$ 情报价格，如果投资， $NPV=$ 改造的 NPV-情报价格。

最后，具体情报中提供的市场容量超过多少才进行投资我们无法确定，利用公式“ $IF(\text{市场情报数据} > \text{某具体数值}, \text{改造的 NPV}, 0) - \text{情报价格}$ ”，可以得到购买情报并进行技术改造情况下，当市场情报中提供的市场容量数据超过某具体数值的 NPV 值。再求出各种具体数值下的 NPV 值的最大值，该 NPV 值最大值对应的市场情报数据就是我们进行决策的依据。

模拟 10000 次以后, 得到如表 6 所示的 NPV 对比数据。可以看出, 当折现率为 5%和 10%的情况下, 选择了技术改造后, 就不应再购买情报了, 而当折现率为 15%和 20%的情况下, 选择了技术改造后, 还应该再购买情报。

表 6 技改与技改并购买情报情况下 NPV 的对比

单位: 万元

	技改	技改+情报					
折现率	5%	2400	2500	2600	2700	2800	情报价值
NPV	1397.464	1397.464	1397.535	1397.308	1396.976	1396.455	0.0713
折现率	10%	3200	3300	3400	3500	3800	情报价值
NPV	761.531	776.880	777.482	777.328	774.583	758.531	15.951
折现率	15%	3900	4000	4100	4200	4300	情报价值
NPV	292.159	371.918	375.020	375.634	377.194	376.655	85.035
折现率	20%	4400	4500	4600	4700	5000	情报价值
NPV	-57.380	148.191	152.389	152.437	149.458	131.425	152.437

注: “技改+情报”部分 NPV 未扣除情报价格, 加黑部分表示所选择的最优决策。

(六) 组合决策——等待一年并进行技术改造

为了使决策具有可比性, 风险变量中除了市场份额和变动成本率变化外, 其他的项目都是引用上面的“等待一年投资决策”的数据, 当然那些依照市场份额和变动成本率计算的项目也要跟着改变。

进行 10000 次模拟后, 得到如表 7 所示的数据, 可以看出, 如果要进行技术改造的话, 应该等待一年后再进行技术改造。

表 7 等待并技改与立即技改情况下 NPV 的对比

单位: 万元

	技改	等待+技改					
折现率	5%	3000	3100	3200	3300	3400	3500
NPV	1397.464	1987.194	1975.336	1958.282	1942.437	1919.238	1894.199
折现率	10%	3000	3100	3200	3300	3400	3500
NPV	761.531	1224.884	1228.197	1229.124	1229.441	1224.862	1217.266
折现率	15%	3500	3600	3700	3800	3900	4000
NPV	292.159	715.010	715.595	716.600	711.094	706.333	699.034
折现率	20%	3700	3800	3900	4000	4100	4200

NPV	-57.380	360.880	367.631	375.386	380.074	383.757	382.368
-----	---------	---------	---------	---------	---------	----------------	---------

四、结论

表 8 各种决策 NPV 的综合

单位：万元

折现率	5%	10%	15%	20%
正常	1257.969	697.908	283.519	-25.892
技改	1397.464	761.531	292.159	-57.380
市场容量	3300	3700	4100	4700
等待	1198.470	699.061	373.673	169.9484
情报数据	2600	3300	4200	4600
情报	1238.237	692.720	335.722	131.297
情报数据	2500	3300	4200	4600
情报+技改	1377.535	757.482	357.194	132.437
市场容量	3000	3300	3700	4100
等待+技改	1987.194	1229.441	716.600	383.757

将上面各种结果整理后，得到表 8。从表 8 中可以看到，等待一年并进行技术改造的组合决策显示出了巨大的优势，都优于上面任何一种单独的决策。之所以产生这种情况主要有以下几点原因：

首先，等待一年的决策和技术改造具有互补的特性。等待一年与购买情报的决策在折现率较高时能产生比立即投资更高的 NPV，而技术改造则在折现率较低时能发挥优势。

其次，等待一年的决策和技术改造所产生的影响具有乘数效用。等待一年与购买情报的决策都使得企业能在市场容量比较高的情况下进行投资，而技术改造决策使得企业的市场份额增加而变动成本率降低。根据“毛利=市场容量×市场份额×（1-变动成本率）”的公式，两个决策的组合能够发挥比单独决策更大的效用。

最后，等待一年还有两个购买情报决策所不能比拟的优势。等待一年所观察到的市场容量数据是真实的数据，而情报提供的数据仅是估计的数据，存在一定的偏差；此外，等待一年决策还占了市场容量不断增加这一假设的便宜，由于市场容量不断增加，等待一年后的市场容量会更大，其与技术改造结合后的乘数效用大大超过了等待一年所造成的货币时间价值的损失。

本案例所示的投资决策如果用传统方法是无法解决的。本案例中，所涉及到的风险变量是多种多样的，不仅分布上的多样性，有各种不同的分布，也有不同分布所组合而成的复合分布；而且风险变量类型也是多种多样的，既有收益又有损失，既有市场份额，又有通货膨胀率。在一个模拟周期过程中，既涉及到对风险变量的模拟，也涉及到随着风险变量变化而变化的因变量的计算，而且综合考虑了一些特殊的政策（如所得税的亏损弥补等），此外，一个周期可能跨越几个时间段。而在传统的模型中往往只是对某个进行分析，这种分析相对比较单一。

在风险决策过程中，不仅考虑单一的决策，还考虑了复合的决策，如本例中就考虑了技术改造和购买市场情报相结合以及技术改造和等待一年再投资相结合的复合决策，这种决策方法的复杂性，是传统决策方法难以解决的。

附录

附表 1 风险投资项目各变量公式

项目	公式
第 1 年市场容量	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
第 1 年市场份额	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
市场容量	=上一年市场容量*(1+NORMSINV(RAND())*标准差+均值)
市场份额	=上一年市场份额*(1+NORMSINV(RAND())*标准差+均值)
通货膨胀率	=上一年通货膨胀率*(1+NORMSINV(RAND())*标准差+均值)
销售量	=市场容量*市场份额
单价	=上一年单价*(1+通货膨胀率)
销售额	=销售量*单价
变动成本	=销售额*变动成本率
固定成本	=上一年固定成本*(1+通货膨胀率)
折旧	=固定资产投资/5
随机收益	=IF(RAND()<随机收益概率,RAND()*(最大值-最小值)+最小值,0)
随机损失	=IF(RAND()<随机损失概率, RAND()*(最大值-最小值)+最小值,0)
利润	=销售额-变动成本-固定成本-折旧+随机收益-随机损失
计税利润	=MIN(上一年计税利润,0)+本年利润
所得税	=IF(C14<0,0,计税利润)*所得税率
净利润	=利润-所得税
经营现金流	=净利润+折旧
投资现金流	第 0 年=-(固定资产+营运资本)，第 5 年=营运资本
总现金流	=经营现金流+投资现金流

注：这里建立的并不是真正的 Excel 公式，具体使用时，要用具体的表格中的变量代替上述公式表中的文字变量部分，以下各部分相同。

附表 2 技术改造中与无技术改造不同的变量的公式

项目	公式
技术改造成功年份	=VLOOKUP(RAND(),技术改造概率表)
市场份额增加额	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
变动成本率减少额	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
各年市场份额	=当年无改造情况下的市场份额+IF(COLUMN()-1-技术改造成功年份>0,市场份额增加,0)
各年变动成本率	=当年无改造情况下的变动成本率+ IF(COLUMN()-1-技术改造成功年份>0,变动成本率减少,0)

注：具体对技术改造的离散概率的模拟参见第二章第二节的有关内容，在处理细节上，用值 999 表示未成功，而其他值表示成功的年份；COLUMN()是计算当前列的公式，在模拟表中第 1 列是项目，第 2 列是第 0 年数值，第 3 列开始是第 1 年数值。

附表 3 市场情报数据模拟公式

项目	公式
标准化市场份额	=(实际市场容量-0.5*(最小值+最大值))*SQRT(12)/(最大值-最小值)
标准化随机变量	=RAND()-0.5)*SQRT(12)
标准化市场情报	=标准化市场份额*相关系数+SQRT(1-相关系数^2)* 标准化随机变量
市场情报	=标准化市场容量/SQRT(12)*(最大值-最小值) -0.5*(最小值+最大值)

附表 4 等待一年后进行技术改造的各变量公式

项目	公式
技术改造成功年份	=VLOOKUP(RAND(),技术改造概率表)
市场份额增加额	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
变动成本率减少额	=RAND()*(最大值-最小值)+最小值
各年市场份额	=等待一年的市场份额+IF(COLUMN()-2-技术改造成功年份>0,市场份额增加,0)
各年变动成本率	=等待一年的变动成本率+IF(COLUMN()-2-技术改造成功年份>0,变动成本率减少,0)

注：IF 函数内在“技术改造决策中”是“COLUMN()-1”，现在变为“COLUMN()-2”，是因

为投资推迟了一年的缘故。

参考文献:

- [1] 【美】弗雷德里克·S·希利尔、马克·S·希利尔、杰拉尔德·S·利伯曼著,任建标译,田澎审. 数据、模型与决策——运用 Excel 电子表格建模与案例研究 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2001
- [2] 【美】詹姆斯·R·埃文斯、戴维·L·奥尔森,洪锡熙译. 模拟与风险分析 [M]. 上海: 上海人们出版社, 2001
- [3] 毛禹忠,张迪. 蒙特卡罗法与计算机模拟不编程序决策支持系统 [J]. 技术经济与管理研究, 2000 (2): 61-63.
- [4] 邱菀华著. 管理决策与应用熵学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [5] 阮连法,陆杰峰,樊益堂. 计算机模拟辅助投资风险分析 [J]. 浙江大学学报(工学版), 2001 (10): 468-472.
- [6] 吴锐. 房地产开发投资决策中的一种模拟方法 [J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2002 (3): 150-153.
- [7] 张国敏,任宏,竹隰生. 模拟法在建设项目财务评价中的运用 [J]. 重庆建筑大学学报, 2000 (6): 39-45.
- [8] Thompson, James R. *Simulation: A Modeler's Approach* [M]. New York: A Wiley-Interscience Publication, 1999
- [9] Anderson, Michael Q. *Quantitative Management Decision Making: with Models and Applications* [M]. Monterey, California: Brooks/Cole Publishing Company, 1982
- [10] Eales, Brian A. *Financial Risk Management* [M]. London: The McGraw-Hill Companies, 1994