基于 Monte Carlo 模拟的生物制药项目实物期权价值评估

袁永宁　夏恩君(博士生导师)

(北京理工大学管理与经济学院　北京　100081)

【摘要】本文针对生物制药项目的特点及传统 NPV 法的不足,介绍了一种易于实际投资分析使用的实物期权评估模型。该模型借鉴 Boeing 公司用于研发项目实物期权价值评估的 D-M 方法,在 Monte Carlo 模拟的基础上计算项目市场阶段的实物期权价值,再利用决策树模型向前递推得到项目价值。

【关键词】价值评估　Monte Carlo　实物期权

NPV 法作为传统的项目价值评估方法是目前使用得最广泛的方法之一。然而 NPV 法假设投资者采用“买入且持有”的战略,不考虑“灵活性”战略的存在,且仅将最可能发生情景下的未来现金流折现,使得其评估值难以准确反映项目价值。因而 NPV 法仅适合评估被动管理型的项目,对于生物制药这样研发时间长、面临的不确定性因素多且灵活性战略对价值有重大影响的项目,实物期权方法则要优于 NPV 方法。本文针对生物制药项目及传统 NPV 法的不足,提出了基于Monte Carlo 模拟的生物制药项目实物期权价值评估方法。

一、评估模型及计算方法

1. 生物制药研发项目评估模型。本模型根据生物制药研发项目的特点,将生物制药项目分为七个阶段:第一个阶段为实验室研发阶段,主要为发现药理及实验室研究阶段,一般为 2 年左右;第二个阶段为临床前研发阶段,主要为动物实验结合实验室研发阶段,一般为 3 年左右;第三阶段为Ⅰ期临床试验阶段,一般为 1 年左右;第四阶段为Ⅱ期临床试验阶段,一般为 2 年左右;第五阶段为Ⅲ期临床试验阶段,一般为 2 年左右;第六阶段为新药申请审批阶段,新药一般在完成Ⅲ期临床试验后需报国家药品监督管理局(简称“药监局”)批准,一般为 2 年左右;第七个阶段为商业化阶段,新药通过药监局审批后开始进入商业化生产阶段。在进行大规模商业化生产之前,项目必须成功地通过五个研发阶段和药监局审批阶段。

在每个阶段结束后根据该阶段研发成功、失败的情况决定项目是继续还是放弃,在实验室研发阶段和临床前研发阶段若失败则项目价值为 0,在临床试验阶段和审批阶段失败可选择出售项目或者寻找合作者。还可以在前景不明朗的情况下选择延迟,即等待基础研发好转后再进入下一阶段。在商业化阶段之前主要是研发风险,进入商业化阶段后主要为市场风险。根据此特点,模型采用了 Monte Carlo 方法来模拟商业化阶段的市场风险;研发阶段的灵活性期权价值以决策树方法来进行分析。

2. 利用 Monte Carlo 方法模拟商业化阶段项目市场价值。

(1)确定不确定性变量的概率分布。传统 NPV 法一般都将项目未来面临的所有不确定性市场情景缩减到单一的最可能发生的情景进行预测。实际上,产品的售价、产品成本都是变化的,且近似服从正态分布。产品的销售增长率根据市场上类似产品的市场数据确定,一般销售增长率变量服从三角分布,即最小值、最可能值和最大值。项目的销售费用可以设定为销售收入的一定比例,管理费用可设定为服从正态分布。根据这种情况,我们选择 Monte Carlo 方法来模拟不确定情况下随主要变量随机变化的项目现金流值的分布情况。

(2)实现从已知概率分布变量的随机抽样。在确定不确定性变量的概率分布后,可得出不确定性变量的代表值,我们用每个随机数及其对应的概率分布来产生不确定性变量的代表值。这个过程可以通过 MATLAB 软件进行编程实现,其主要算法为产生随机数,通过逆转换,将其代入不确定性变量中。Excel 中也有现成的函数来实现该随机抽样。例如,Anderson(2006)利用 Excel 中的“RAND( )”函数产生 0~1 之间的一个随机数,然后以此随机数产生一个正态分布的随机值。

(3)将不确定性变量的随机值代入项目现金流公式求解。自产品投放市场后第 t 年的项目市场价值现金流现值为:

$$PV(t)=[(P-C)Q(t)-M(t)-GA(t)]/(1+r)^t \qquad (1)$$

其中,P 为产品售价、C 为产品生产成本、Q(t)为第 t 年销量、M(t)和 GA(t)分别为销售费用及管理费用。其中 P 服从 $N(\mu_1,\sigma_1^2)$的正态分布,C 服从 $N(\mu_2,\sigma_2^2)$的正态分布。

$$Q(t)=Q_1(1+k_1)(1+k_2)\Lambda(1+k_{t-1}) \qquad (2)$$

其中,Q_1 为第 1 年销量,k_{t-1} 为第 t 年比第 t-1 年的销售增长率。

项目总的市场价值 $V=\sum_{t=1}^{n}PV(t)$,其中,n 为项目的生命周期。通过将不同的变量随机值代入项目市场价值公式可求得对应的项目市场价值数值。

(4)实现 Monte Carlo 软件程序选择。可以利用MATLAB 软件编程完成整个 Monte Carlo 模拟,也可直接使用基于Excel

加载宏的软件包 Crystal Ball 进行 Monte Carlo 模拟，这样可以简化数学编程，大量减少模拟成本。其只需要定义不确定性变量的概率分布以及要模拟的预测变量，设定运行参数，就能生成模拟结果。

3. 利用 D-M 方法计算项目市场阶段的实物期权价值。在经过 Monte Carlo 模拟得出的项目市场价值的基础上，根据 Mathews(2007)提出的 D-M 方法：项目 NPV 预期分布中减去产品投放市场投资后正的部分的平均值为实物期权的价值，即图 1 深色部分的均值。其原理为考虑到项目放弃期权价值，如果项目市场价值低于产品投放市场投资，则管理者会选择终止项目，所以只考虑大于产品投放市场投资部分项目市场价值的均值作为项目市场阶段实物期权价值。

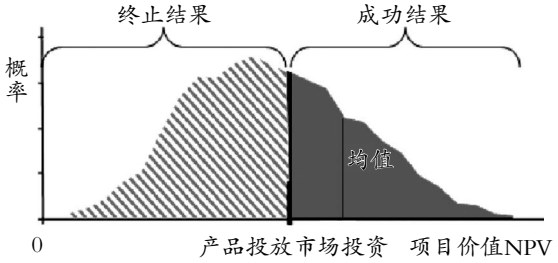

图 1　D-M 方法下的项目市场阶段实物期权价值

4. 利用决策树方法计算研发期间项目的实物期权价值。在得到项目市场价值的基础上可选择决策树方法计算研发阶段含有延迟期权的项目价值，在项目第一阶段实验室研发阶段和第二阶段临床前试验阶段，若研发失败则项目终止，项目终止价值为 0。进入临床试验阶段后，若研发成功则继续进入下一阶段，若失败则可选择出售项目，还可以选择延迟后续研发阶段的进行。例如在新药申请审批阶段，批准的概率为 p_1，对应的新药市场价值为 V_m；不批准的概率为 $1-p_1$，对应的项目出售价值为 V_s^1，折现率为 r，新药申请审批阶段投资为 I_1，n_1 为新药审批阶段时间，则有：

$$V_{新药申请审批阶段}=\frac{p_1V_m+(1-p_1)V_s^1}{(1+r)^{n_1}}-I_1 \quad (3)$$

研发期间如果管理层选择执行项目的延迟期权，例如，如果在Ⅱ期临床试验后延迟一年，再进入Ⅲ期临床试验，使得Ⅲ期临床试验时间减少 1 年，投资额缩减为原来的一半，成功率由 p_2 上升为 p_2*，不成功项目出售价值为 V_s^2，相应将Ⅱ期临床试验时间增加 1 年，则有：

$$V_{Ⅲ期临床试验阶段}=\frac{p_2^*V_{新药申请审批阶段}+(1-p_2^*)V_s^2}{(1+r)^{n_2-1}}-\frac{I_2}{2} \quad (4)$$

以此向前递推至实验室研发阶段，得到整个项目价值。

二、案例分析

1. 基本资料。某生物制药公司计划开发一种具有靶向治疗特点的抗癌症及人类免疫缺陷病毒（HIV）的生物制药项目，该药品特点在于能以癌细胞和 HIV 病毒作为特异性靶点，准确作用于肿瘤和 HIV 病毒，且不良反应很小。项目研发阶段共持续 9 年，研发总投入为 2 000 万元，在进入临床试验阶段后若研发不成功公司可选择出售该项目，研发阶段的相关数据见表 1。该新药在通过药监局审批后，进入商业化阶段的生产和销售，药品的生命周期约为 20 年。药品的售价服从N(300，60^2)的正态分布，药品的成本服从 N(180，55^2)的正态分布，预计投放市场后第 1 年药品的销量为 35 万支，销售增长率情况见表 2，销售费用情况见表 3，管理费用服从 N(1 000，100^2)的正态分布，预计投资约为 15 000 万元，项目折现率为 12%，税率为 20%。

若在Ⅱ期临床试验后发现进入下一阶段的研发遇到一些难以解决的问题，则可以选择延迟Ⅲ期临床试验 1 年，同时通过分析竞争对手的产品来加快开发速度以及降低研发成本。因而，在Ⅱ期临床试验后延迟一年，再进入Ⅲ期临床试验，使得Ⅲ期临床试验研发投入减少 60%，时间由 2 年缩减为 1 年，成功概率由 90%上升为 95%。

表 1　　研发各阶段相关数据

研发阶段	研发投入（万元）	持续时间（年）	成功概率	不成功项目价值(万元)
实验室研发	200	2	70%	0
临床前研发	300	1	90%	0
Ⅰ期临床试验	200	1	80%	200
Ⅱ期临床试验	300	1	85%	350
Ⅲ期临床试验	800	2	90%	500
新药申请审批	200	2	90%	600

表 2

	第1年	第2~3年	第4~6年	第7~10年	第11~13年	第14~16年	第17~20年
销售增长率(%)	—	(2,5,10)	(5,15,30)	(10,20,30)	(5,10,20)	(0,5,10)	(0,2,5)

注：(2,5,10)表示最小值为2%、最可能值为5%、最大值为10%的三角分布。其余类推。

表 3

	第1~3年	第4~7年	第8~10年	第11~13年	第14~16年	第17~20年
销售费用/销售收入	45%	30%	25%	15%	10%	6%

2. 计算项目市场阶段实物期权价值。利用 Crystal Ball 软件对市场数据进行 Monte Carlo 模拟，通过 3 000 次随机数输入模拟计算商业化阶段项目市场价值，输出的项目市场价值模拟 NPV 结果见图 2。从整个模拟情况来看，项目市场价值绝大部分集中在[621，12 825]区间内，在该区间的概率达到了 94%；出现概率最大的值（也就是最可能的值）为 6 538 万元。项目市场价值大于 0 的概率为 98.85%，利用 D-M 方法计算出的市场价值大于 0 部分结果的均值为 7 036 万元，即项目实物期权市场价值。若不考虑不确定性因素及实物期权价值，按传统 NPV 方法对服从正态分布的不确定性变量选择其均值，对服从三角分布的变量选择最可能值进行计算，则项目市场价值为 5 210 万元。

3. 计算项目研发阶段实物期权价值。若不考虑研发阶段的延迟期权，将项目实物期权市场价值 7 036 万元代入决策树模型结合公式(3)进行计算，最后得到项目价值为 147 万元，价值大于 0，则该研发项目是可行的。

新型农村合作医疗基金会计核算基础探讨

刘国英

（潍坊学院 山东潍坊 261061）

【摘要】本文从新农合基金会计核算的特点出发，分析了收付实现制在新农合基金会计核算中出现的问题以及权责发生制在新农合基金会计核算中的优势，并探讨了新农合基金会计核算基础改革的模式。

【关键词】农村合作医疗基金 会计核算 预算

新型农村合作医疗（简称“新农合”）基金，是指各统筹地区根据国家有关规定设立的，通过参加新农合的农民（简称“参合农民”）个人缴纳、集体扶持、政府资助筹集的，用于对参合农民医药费用进行补偿的专项资金。为规范新农合基金的管理，财政部制定了统一的财务制度和会计制度并已于2008年1月1日实施。财政部颁布的《新型农村合作医疗基金会计制度》中规定新农合基金的会计核算主要以收付实现制为基础。但由于新农合基金会计核算有其自身的特点，收付实现制在实际运用中还存在诸多问题，本文拟对此进行探索。

一、新农合基金会计核算运用收付实现制存在的问题

1. 年初预算编制问题。《新型农村合作医疗基金会计制度》中规定，年度终了前，经办机构应按照财政部门规定的形式、时间和编制要求，根据本年度基金预算执行情况和下年度影响基金收支的相关因素，编制下年度基金预算草案。在年度终了前，各新农合试点县（市、区）已将农民应缴纳下年度新农合基金筹集到位，下年度参合人数也已经确定。按目前新农合政策，基金总额由参合人数、人均缴费数额及各级配套标准共同确定，而在上年度终了前，这些数据均已确定。如果这样，只要预测出下年度支出数，便可编制基金收支预算。但在收付实

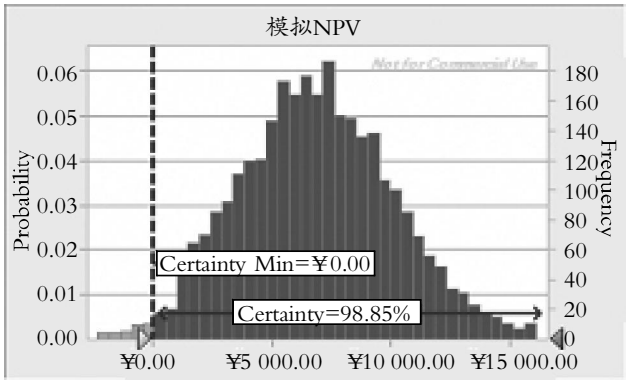

图2 项目市场价值NPV模拟结果图

若考虑研发阶段的延迟期权，则选择在Ⅱ期临床试验后延迟一年，再进入Ⅲ期临床试验，同时Ⅲ期临床试验投入减少为480万元，时间缩减为1年，成功率增加为95%，代入稍作调整的决策树模型结合公式（4）进行计算，得到项目价值为278万元。可以看到考虑研发阶段延迟期权的项目价值高于不考虑延迟期权的项目价值，这高出的部分充分体现了延迟期权的价值。

若既不考虑研发阶段的延迟期权，也不考虑市场阶段的放弃期权，按常规NPV方法计算项目价值，则选择将没有放弃期权的项目市场价值5 210万元代入决策树模型计算出项目价值为-82万元，价值小于0，显然按常规NPV方法计算该研发项目不可行。

从上述计算结果可以看到：考虑项目内包含的延迟期权和放弃期权的项目价值最大；只考虑项目放弃期权的价值小于前者；不考虑项目的延迟期权和放弃期权的价值，按常规NPV方法计算，项目价值小于0，项目不可行。

三、结论

1. 利用Monte Carlo模拟能有效将生物制药项目在市场阶段的产品售价、产品成本、销售增长率及管理费用等不确定性因素给项目带来的风险转化为不同情况下的项目市场价值NPV值的概率分布，其能准确反映市场风险对项目价值的影响。

2. D-M方法用于计算Monte Carlo模拟结果的放弃期权，研发阶段利用决策树模型计算延迟期权，简单易行，有助于实物期权法在实际投资分析中的推广运用。

3. 实例计算结果充分反映了延迟期权和放弃期权对于生物制药研发项目的价值，进一步证实了本方法比传统的NPV方法更能有效地评估项目面临的不确定性因素，帮助企业进行战略投资。

主要参考文献

1. 肖淑芳，阿晓芸.复合期权在生物制药项目评估中的应用研究.北京理工大学学报（社会科学版），2005；12

2. 王茜. 基于实物期权理论的医药生物企业研发投资特性分析.科学学与科学技术管理，2008；2