

基于二项式期权定价模型的风险 投资最优时机选择研究

党兴华, 涂宴卿, 何凌燕

(西安理工大学 工商管理学院, 陕西 西安 710048)

摘 要: 针对传统风险投资最优时机选择方法的局限性, 分析了风险投资最优时机选择过程中的实物期权特性, 在二项式期权定价模型的基础上, 对风险投资最优时机选择中采用的净现值法(NPV)进行了修正, 构建了一种适用于风险投资项目最优时机选择的决策模型, 并利用该模型进行了实例分析。

关键词: 二项式期权定价模型; 风险投资; 最优投资时机

中图分类号: F832.48

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)09-0177-03

0 前 言

风险投资是指向具有高增长潜力的未上市创业企业进行股权投资, 并通过提供创业管理、服务, 参与所投资企业的创业过程, 以期在所投资企业发育成熟后, 通过股权转让, 实现高资本增值收益的资本运营方式^[1]。风险投资最优时机选择是在对风险投资项目的价值进行科学评估的基础上, 依据风险投资项目的价值最大化标准来选择是否投资以及何时投资。长期以来, 风险投资最优时机选择的方法主要是净现值法, 但是净现值法没有考虑到风险投资项目可能包含的期权价值, 进而低估了项目的真实价值, 这样一来有可能使投资者错过风险投资的最优时机。因此, 风险投资最优时机选择的关键在于科学评估风险投资项目的真实价值。实际上, Myers和Ross曾撰文指出, 风险投资项目潜在的投资机会可视为另一种期权形式——实物期权^[2], 并由此引发了用实物期权法对风险投资项目的真实价值进行评估的深入探讨^[3]。实物期权法克服了净现值法没有考虑经营柔性价值的缺点, 增加了风险投资灵活性的潜在价值, 改变了过去风险投资最优时机选择过程中, 经常低估风险投资项目的价值, 错过最优投资时机的状况^[4]。在运用实物期权法对风险投资项目的价值进行评估时, 需要运用期权定价模型, 常用的期权定价模型主要有二项式期权定价模型和Black-Scholes期权定价模型。

1 风险投资最优时机选择中的实物期权特性分析

按照风险企业所处发展阶段的不同, 可将风险投资划分为种子期投资、创建期投资、成长期投资、扩张期投资和成熟期投资^[5]。风险投资项目往往采取分期投资的方法, 即在第一次投资完成以后, 投资者将每期对风险公司进行审核, 以决定是否继续投资^[6], 这就使得在风险投资最优时机选择的过程中存在一系列相机选择权, 而每一个相机选择权可以被看作是和金融期权相对应的实物期权, 如表1所示。

表1 风险投资最优时机选择中对应的实物期权

期权的标的物	第t年以后项目的价值
期权的到期日	第t年
期权的执行价格	I_t 的现值
期权的费用	第t年以前项目投资的现值

另外, 风险投资项目由于其自身具有高风险性、长期性和阶段性等特点, 使得风险投资者在投资时机选择的过程中, 为了寻找风险和收益的均衡, 会经常逐步地、谨慎地制订长期的投资计划, 并且随着情况的变化而不断地作出多种选择以抓住投资的最优时机。这样, 风险投资者在投资时机选择的过程中拥有了更多的选择机会, 可以据此相机作出或更改投资计划。如果出现不利于进一步投资的情况, 投资者就会果断地作出延迟、缩小规模, 甚至退出的投资计划; 如果出现更多的利好机会, 投资者可能会作出大规模扩张的投资计划^[7]。显然, 风险投资者投资时机的选择会创造价值, 这种价值就是风险投资项目的灵活性价值, 它可以被看作是和金融期权相对应的实物期权价值, 这就使得运用实物期权方法来科学评估风险投资项目的真

收稿日期: 2006-06-28

基金项目: 陕西省软科学课题(2005KR32)

作者简介: 党兴华(1952-), 男, 汉族, 陕西蒲城人, 西安理工大学工商管理学院院长、教授、博士生导师, 研究方向为风险投资与创业管理; 涂宴卿(1983-), 男, 汉族, 湖北十堰人, 西安理工大学工商管理学院硕士研究生, 研究方向为风险投资与创业管理。

实价值成为可能。

根据实物期权定价理论，在确定投资机会的价值和最优投资时机时，理性的投资者应采取一种建立在市场基础上的使项目价值最大化的方法，即实物期权方法^⑧。因此，从实物期权分析的角度来看，风险投资项目的价值应该由项目本身的净现值(NPV)和项目的灵活性价值两部分组成^⑨，这种包含了项目灵活性价值的项目真实价值可称为项目的扩展净现值(ENPV)。其中，风险投资项目的灵活性价值可以用项目的实物期权溢价 Q(即期权价值和期权费用之差)表示。这样一来，风险投资项目最优时机选择的决策问题，就转化为运用实物期权中的期权定价模型对风险投资项目的扩展净现值进行评估的问题。

因此，无论是从传统的净现值法来看，还是从投资者进行投资时机选择所带来的期权价值来看，风险投资者在不同时机进行投资，给整个项目带来的价值是不同的。作为风险投资者，在投资行为上就需要抓住投资的最优时机，而投资最优时机选择的依据，显然应该是包含项目灵活性价值的项目扩展净现值最大化。本论文研究的风险投资最优时机选择问题，正是结合传统的净现值法，并在实物期权中的二项式期权定价模型的基础上展开的。

2 基于二项式期权定价模型的风险投资最优时机选择决策模型

2.1 模型的构建基础——二项式期权定价模型

对期权价值的计算，目前应用较广的是二项式期权定价模型。二项式期权定价模型假设标的资产的价格运动是时间离散的，标的资产的当前价值用 V 表示，下一期标的资产的价值上升到 V_u 的概率为 p，下降到 V_d 的概率为(1-p)，通过构造等价资产组合，得到期权定价公式为：

$$f = e^{-r} [p f_u + (1-p) f_d]$$

$$p = \frac{e^r - d}{u - d}$$

其中，f 为期权的价值，r 为期权有效时间内的无风险利率，f_u 为下一期标的资产价值上升时期权的价值，f_d 为下一期标的资产价值下降时期权的价值，p 为风险中性概率，0 < d < 1, u > 1。

2.2 模型的构建过程

假设风险投资者在风险企业处于第 t 年时进入该企业 (这里我们把从项目期初进行投资的情况也考虑在内，所以 t=0, 1, 2, 3, ... T-1)，各年份依据具体的风险投资项目的发展阶段划分的不同，分别对应于各个发展阶段，且投资行为均发生在年末。设项目期初投资额为 I₀，在该投资下各年净现金流量为 A_t，风险投资者在第 t 年进入时的投资额为 I_t，从第 t+1 年开始以后各年就有一个额外的现金流入，直到风险投资项目发展阶段结束，结束时间为第 t 年，r 为各年折现率(假定项目寿命期内各年折现率相同)。

另外，我们假设风险投资者在第 t 年投资以后，从第 t+1 年开始以 P_{t+1} 的概率获得较高的现金流入 R_{t+1} (乐观预测)，以 1-P_{t+1} 的概率获得较低的现金流入 R_{t+1} (保守预测)，

例如 R₅, P₅ 分别表示风险投资者在第 4 年进行投资，在第 5 年获得的较高的现金流入及其概率，R₄, 1-P₄ 分别表示风险投资者在第 3 年进行投资，在第 4 年获得的较低的现金流入及其概率，第 t+1 年以后各年的现金流入情况依此类推。这里我们还假定在投资期限以内该追加投资是不可分割的。

根据以上假设和分析，计算该风险投资项目的净现值(NPV)。

首先，项目期初进行投资产生的净现金流(NPV')为：

$$NPV' = \sum_{t=1}^T \frac{A_t}{(1+r)^t} - I_0 \tag{1}$$

然后，风险投资者在第 t 年投资 I_t 后产生的额外净现金流(NPV_t)为：

$$NPV_t = \sum_{t+1}^T \frac{P_{t+1} R_{t+1} + (1 - P_{t+1}) R_{t+1}}{(1+r)^{t+1}} - \frac{I_t}{(1+r)^t} \tag{2}$$

所以，项目总净现值(NPV)为：

$$NPV = NPV' + NPV_t$$

$$\text{即：} NPV = \sum_{t=1}^T \frac{A_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{P_{t+1} R_{t+1} + (1 - P_{t+1}) R_{t+1}}{(1+r)^{t+1}} - I_0 - \frac{I_t}{(1+r)^t} \tag{3}$$

现在就需要考虑由于投资时机选择的不确定性给项目带来的期权价值，根据无套利原理和股票期权价格的上下限来计算投资时机的期权价值^⑩，即期权的价格。在第 t 年进行追加投资以后，投资额 I_t 的折现值为 I_t (I_t = $\frac{I_t}{(1+r)^t}$)，在第 t+1 年现金流入为 R_{t+1} 时的期权价值 E_{t+1}^u = max [0, R_{t+1} - I_t]，在第 t+1 年现金流入为 R_{t+1} 时的期权价值 E_{t+1}^d = max [0, R_{t+1} - I_t]。}}

根据上述二项式期权定价模型，风险投资者在第 t 年进行投资给整个风险投资项目带来的期权价值即实物期权溢价 Q 为：

$$Q = \sum_{t+1}^T \frac{q_{t+1} E_{t+1}^u + (1 - q_{t+1}) E_{t+1}^d}{(1+r)^t} \tag{4}$$

式中：r_f 为无风险利率，q_{t+1} = $\frac{[(1-r_f)I_t - R_{t+1}]}{(R_{t+1} - R_{t+1})}$ 。

由前文分析可知，风险投资项目的真实价值即项目的扩展净现值(ENPV)包括项目本身的净现值(NPV)和项目的灵活性价值(Q)两部分，即 ENPV=NPV+Q。

$$ENPV = \sum_{t=1}^T \frac{A_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{P_{t+1} R_{t+1} + (1 - P_{t+1}) R_{t+1}}{(1+r)^{t+1}} - I_0 - \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t+1}^T \frac{q_{t+1} E_{t+1}^u + (1 - q_{t+1}) E_{t+1}^d}{(1+r)^t} \tag{5}$$

所以，该风险投资项目的投资最优时机选择目标函数为：

$$\max(ENPV) = \max(NPV + Q) \tag{6}$$

因此，风险投资者在进行投资的最优时机选择时，选择的依据应该是包含期权价值即项目的灵活性价值在内的扩展净现值(ENPV)最大化，此时是投资的最优时机。

3 算例

下面就以一个风险投资项目为例，分别运用传统的净

现值法和改进的基于二项式期权定价模型的风险投资最优时机选择决策模型, 对该风险投资项目的价值进行评估, 来比较二者如何选择该项目的最优投资时机。

某风险投资者欲投资一个风险投资项目, 该项目的寿命期为 10 年, 该项目的期初投资额为 $I_0=300$ 万元, 现欲在该风险投资项目发展阶段中的第 t 年投资 ($0 < t < 9$), 投资金额为 $I_t=500$ 万元, 且这笔投资不可分割, 相关现金流入和其它数据见表 2、表 3。

表 2 项目期初进行投资的现金流量

单位: 万元					
年份	净现金流	年份	净现金流	年份	净现金流
0	30	1	35	2	40
3	50	4	55	5	65
6	80	7	52	8	35
9	15				

表 3 项目发展阶段内投资现金流量预测和相关参数

发展阶段	t (年)	R_{t+1} (万元)	R'_{t+1} (万元)	P_{t+1}
种子期	0	60	20	0.56
	1	95	30	0.55
创建期	2	150	-15	0.54
	3	218	-18	0.52
成长期	4	250	-20	0.50
	5	285	-30	0.48
扩张期	6	360	-35	0.46
	7	315	-70	0.45
成熟期	8	260	-20	0.42
	9	210	-15	0.40

现在, 假定该风险投资项目发展阶段内的折现率 $r=10\%$, $r_f=5\%$, 根据式(1)-(3)计算项目的 NPV, 根据式(4)计算项目的 O_t , 根据式(5)计算项目的 ENPV, 详细数据见表 4。

表 4 项目的 NPV、 O_t 、ENPV 数值

发展阶段	t (年)	NPV (万元)	O_t (万元)	ENPV (万元)
种子期	0	31.39	168.58	199.97
	1	35.29	152.62	187.91
创建期	2	42.66	140.18	182.84
	3	6.85	135.36	142.21
成长期	4	-31.41	132.15	100.74
	5	-70.93	130.66	59.73
扩张期	6	-111.33	128.78	17.45
	7	-160.48	78.32	-82.16
成熟期	8	-185.96	53.55	-132.41
	9	-205.54	21.86	183.68

由表 4 可知, 如果按照传统的净现值法来选择最优投资时机, 则应该选择 $t=2$ 年, 此时该风险投资项目的 NPV 最大, 为 42.66 万元; 我们运用修正后的基于二项式期权定价模型的风险投资最优时机选择决策模型, 则应该选择 $t=0$

年, 此时该项目的 ENPV 最大, 为 199.97 万元。显然, 传统的净现值法没有考虑该风险投资项目的期权价值, 大大低估了该项目的真实价值, 这对我们进行风险投资最优时机选择决策是不利的。

4 结论

实物期权方法是一种动态评价方法, 运用实物期权方法中的二项式期权定价模型对风险投资项目的真实价值进行评估, 这对我们进行合理的投资最优时机选择决策提供了新的思路。本文所构建的风险投资最优时机选择决策模型, 建立在实物期权方法中的二项式期权定价模型的基础上, 合理地解释了风险投资项目未来收益和回报的不确定性, 科学地评估了由于投资时机选择给风险投资项目带来的期权价值, 得出了投资最优时机选择的依据是包含项目灵活性价值的项目扩展净现值最大化, 这样也就增加了风险投资最优时机选择决策的科学性和合理性。

但是该模型也有它的适用性和局限性。首先, 该模型主要适用于风险投资者对中小高新技术产业项目进行投资最优时机选择决策, 特别是处于种子期和创建期的未来收益和回报具有高度不确定性的项目。其次, 该模型所运用的折现率, 我们假定在项目发展过程中是不变的, 而实际上折现率有可能是随时间而变化的。另外, 模型中的无风险利率也具有高度的不确定性。这也就需要我们在以后对风险投资最优时机选择决策作进一步的研究。

参考文献:

- [1] 刘健钧. 正确认识创业资本, 努力构建创业投资体制建设[J]. 管理世界, 1999, (4): 98-103.
- [2] Ross S.A. A Simple Approach to The Valuation of Risky Income streams[J]. J. Business, 1978, 51: 453-475.
- [3] 宋逢明. 期权定价理论和 1997 年度的诺贝尔经济学奖[J]. 管理科学学报, 1998, 1, (2): 6-10.
- [4] Avinash K. Dixit and Robert S. Pindyck. The Option Approach to Capital Investment [J]. Harvard Business Review, 1998.
- [5] 安实, 何琳, 王健. 基于实物期权的风险投资决策模型研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2002, (6): 389-391.
- [6] 刘德学, 夏坚, 樊治平. 风险投资项目价值评估的一种实物期权方法[J]. 东北大学学报, 2002, (5): 491-494.
- [7] 杨青, 殷林森. 基于期权定价理论的多阶段风险投资决策模型[J]. 科技进步与对策, 2004, (5): 95-97.
- [8] 陈仲伟, 朱莹. 基于实物期权的 R&D 项目投资决策研究[J]. 商业研究, 2004, (5): 94-96.
- [9] 茅宁. 期权分析——理论与应用[M]. 南京: 南京大学出版社, 2000.465-484.
- [10] 杨春鹏. 实物期权及其应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2003.18-21.

(责任编辑: 高建平)