

实物期权投资风险状态辨析

郭明伟

(武汉理工大学 外国语学院, 湖北 武汉 430070)

摘要 在分析了风险投资决策的实物期权特性的基础上,建立了基于实物期权的风险投资决策模型,把实物期权理论引入风险投资决策评价体系,并采用集对论的分析原理(SPA)和集值统计分析原理(CAS)对提名候选的风险投资工程项目,通过从同、异、反的三个方面计算出其联系度,来辨识工程项目 I 和 II 的风险状态。结果表明,这种方法具有有效性,能为风险投资公司或政府提供参考。

关键词 风险投资; 实物期权; 集对分析; 集值统计分析; 风险状态

中图分类号: F830.59 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2009)03-0032-04

Analysis on Investment Risk Condition of Real Options

GUO Ming-wei

(School of Foreign Languages, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei, 430070)

Abstract This paper analyzes the features of real options in risk investment decision and establishes a model of risk investment decision on the basis of real options. By means of Set Pair Analysis(SPA) and Collective Amount Statistics(CAS), this paper calculates the relevant coefficient from the perspectives of similarity, difference and reverse to identify the risk condition of Project I and II. The study shows that this method is effective and can be used as a reference for the risk investment companies and government.

Key words risk investment; real options; Set Pair Analysis; Collective Amount Statistics Analysis; risk condition

随着高新技术产业的崛起,我国风险投资项目迅速增长,但由于风险投资项目具有高风险和高收益性回报但及时性差的特点,在实践中成功率不高、效益不佳,故这种项目具有高不确定性。因此,如何有效地实施科学合理的风险投资决策评价,从而降低风险,提高风险投资的成功率,对我国高新技术的发展具有较强的现实意义。

实物期权理论把投资过程看作一个受诸多不确定性因素影响的随机过程,侧重发掘投资过程信息,可以对既定风险投资方案进行不同阶段灵活地阶段性调整投资额度和量化评价投资项目的当前定价值,从而规避和降低投资风险^[1]。

集对分析(Set Pair Analysis, SPA)是一种新的不确定理论^[2]。其核心思想是将确定性数据(硬指

标值)和不确定性数据(软指标值)建立相互联系、影响和制约的特性关系。可用于分析一个系统的状态或一个专业对象类型的影响因素(指标)与其因果的逻辑关系,以获得一个案例的状态或类型。

本文把实物期权理论,集对分析原理和集值统计分析原理引入到风险投资决策过程之中,集对分析法对候选的风险投资项目的影响因素所存在的同、异、反的特性信息综合加以量化,计算出同、异、反三方面的联系度,采取最大联系度准则来供政府或风险投资公司的风险投资参考。

一、风险投资决策的实物期权特性

一个风险投资项目在其整个发展过程中,面临着许多的不确定性因素或事件,这些不确定性因素

的存在,就使得风险投资项目的整个投资过程,实际上就是一个动态调整的过程^[3]。当不确定性事件发生时,风险投资者就会获得一种新的权利,即根据风险项目进行的实际情况,进行选择的权利。通过这种权利的行使,使风险投资项目朝着更有利的方向发展。可以看出,这种权利是有经济价值的。即投资者根据不确定性事件做出相应决策,对风险投资项目进行调整,使投资者可以把握市场有利机会,也可以在市场不利时尽量避免损失。

在风险投资项目中,投资者具有选择权即为一个看涨期权,风险投资者有权在未来某个时间支付一定的投资费用取得项目。这样,投资者可以根据市场条件和项目本身的发展情况,在最适当的时候做出是否继续投资的重大决策,从而尽量保证自己投资的项目有持续的增值能力。

对风险投资者来说,其拥有的期权是根据市场环境和项目的发展情况,对投资项目进行调整的权利而非义务。风险投资项目中所隐藏的灵活性,是由项目面对的风险和期权自身具有的权利与义务的特定关系决定的。期权赋予风险投资者履行合同的权力,但并不要求其一定履行,它支出的费用是有限的,但收益可能是无限的。即当市场状况对自己有利时,选择执行期权以获得收益;当不利状况发生时,可以选择放弃执行。

二、风险投资的多阶段复合期权

风险投资即企业公开上市前的投资,包括风险资本种子期、导入期和扩张期三个阶段,属于多阶段的复合期权。风险投资决策模型是基于多阶段复合期权而建立的^[4]。风险投资项目的价值 $V = NPV + Ct_1$, 这就是风险投资决策模型。

式中: NPV 为风险投资项目的净现值;

Ct_1 为风险投资的多阶段复合期权价值。

$$C_t = E\{\max\{e^{-r(t_2-t_1)} E\{\max\{e^{-r(t_3-t_2)} E\{\max\{e^{-r(t_4-t_3)} E[\max(V_{t_4} - I_{t_4}), 0] - I_3, 0\}\} - I_2\}\} - I_1\}\}$$

式中: E 为风险中性期望值的运算因子; I_t 为当前现金流入, 预期融资额度值; r 为市场无风险利率; t_{i+1} 为期权的到期日; t_i 为期权评价的时点。

(1) 风险资本种子期。在种子期根据 $C_{t_2-t_1}$ 进行决策, 此阶段的实物期权是以看涨期权所表示的延迟期权, 表示为: $C_{t_2-t_1} = e^{-r(t_2-t_1)} E[\max(C_{t_3-t_2} - I_{t_2}, 0)]$

(2) 风险资本导入期。在导入期, 被投资企业的经营决策将会根据 $C_{t_4-t_3}$ 值与预期融资额度 I_{t_3} 的比

较值 $C_{t_4-t_3}/I_{t_3}$ 来决定投资项目是否继续进行(即是否执行期权)。此阶段的期权是以看涨期所表示的扩张期权来进行, 复合期权价值表示为: $C_{t_3-t_2} = e^{-r(t_3-t_2)} E[\max(C_{t_4-t_3}, 0)]$

(3) 被投资企业的扩张期。被投资企业的扩张期是被投资企业公开上市的前一期, 风险投资公司可根据 $C_{t_4-t_3}$ 的值, 判断是否继续对企业投资。当 $C_{t_4-t_3}/I_{t_3} \geq 1$ 时, 表明被投资企业未来上市的期权价值高于当前的现金流入。因此, 风险投资公司会执行期权, 继续投资于企业; 反之, 公司会放弃执行期权(放弃投资)。此期权是以看涨期权所表示的扩张期权。该期权的期末价值以无风险利率 r 折现到扩张阶段起始点 t_3 可表示为: $C_{t_4-t_3} = e^{-r(t_4-t_3)} E[\max(V_{t_4} - I_{t_4}, 0)]$

(4) 企业成熟期。在企业成熟期, 风险资本在其公开上市时撤出, 则风险投资公司实现的价值就是这些股份的市场价值, 这个期权是以看涨期权形式出现的放弃期权, 可以表示为 $\max(V_{t_4} - I_{t_4}, 0)$ 。 V_4 为标的资产到 t_4 期的价格, I_{t_4} 为 t_4 时的现金流入, t_4 为期权的到期日, t_3 为期权评价的时点。

由上可见, $C_{t_2-t_1}/I_{t_1}$, $C_{t_3-t_2}/I_{t_2}$, $C_{t_4-t_3}/I_{t_3}$ 大于 1 或小于 1, 决定风险投资公司是否继续执行期权, 继续投资, 故可作为判断被投资企业或被投资工程项目的风险状态评价指标。

三、集对分析原理

“集对”即集合元素之间的相对性, 元素之间的相对特性关系有 3 种属性: 同一性, 差异性和对立性。如果两个事件或对象具有同一特性, 则具有同一性; 如果存在差异, 则具有差异性, 如优与良有差异, 优与劣属于具有对立的属性。从量化观点看, 当一个指标在不同风险状态, 对应存在表 1 所示的上限值和下限值, 例如, 状态 1 的指标 1 的上下限值为 $[0, m_1]$, 状态 3 的指标 1 的上下限值为 $[n_1, p_1]$ 。也就是存在 $[0, m]$ 、 $[m, n]$ 、 $[n, p]$ 、 $[p, q]$, 其中 $q > p > n > m > 0$ 为递减的上下限值。

现有一个被监测收集到的具体指标值或评分值 V 。当 $n < v < p$, 属于 $[n, p]$ 之中, 则 V 与集合 $[n, p]$ 具有同一性, 以 +1 表示同一性, 在 $n < v < p$ 条件下, V 与 $[0, m]$ 具有对立性, 以 -1 表示对立性, V 与集合 $[m, n]$ 和 $[p, c]$ 具有差异性, 以 $[-1, +1]$ 中的 i_k 值表示差异性。

集对分析就是分析各个指标的具体值处于指标序别集合值的那种集对的相对属性: 是同一性 +1,

还是差异性 $[-1, +1]$ 或对立性 -1 。对应影响一种状态的所有指标的 3 种属性,全部加起来,求出其量化的代数和值,此值称为联系度:

$$\zeta = S/N + \sum F/N \times i_k + P/N \times j = a + b \times j_k + c \times j$$

式中, N 为指标的总数目, $N = S + F + P$;

S 是指标中同一度的个数,具体指标值或打分值处于指标额定区间的数目; P 是指标中对立度的个数,具体指标值不处于 S 的额度区间和相邻区间的数目, $J = -1$ 为对立性标识符; F 是指标中差异度的个数,具体指标值不处于 S 的额定区间,而处于相邻区间的数目, i_k 为差异性标识符; $a = S/N$ 是 2 个集合的同一度,以 $+1$ 表示; $b = F/N$ 是 2 个集合的差异度,以 $i_k = [-1, +1]$,凡是 $i_k > +1$, $i_k < -1$ 分别取 $+1, -1$; $c = P/N$ 是 2 个集合的对立度,以 -1 表示。 i_k 是差异度的对应系数,求法参见表 1,表 1 中以具体指标值 V 值在 $n < v < p$ 为条件来求 i_k 值。

表 1 求 $n_1 < v < p_1$ 条件下 i_k 值

指标 1	指标 2	
状态 1	$[0, m_1]$	$[0, m_2]$ $v > m_1$ 则 $p = 1, j = -1$
状态 2	$[m_1, n_1]$	$[m_2, n_2]$ $v/n_1, i_k = 1 + (v - n_1) /$ (上限 下限 n_1)
状态 3	$[n_1, p_1]$	$[n_2, p_2]$ $n < v < p, s = +1$
状态 4	$[p_1, q_1]$	$[p_2, q_2]$ $v > p_1, i_k = 1 - (v - p_1) /$ (上限 下限 n_1)
状态 5	$[q_1, q_1]$	$[q_2, q_2]$ $v < q, p = 1,$

集对分析法应注意以下事项:

(1) 区间的阈值可用经验专业取值法、专业统计法,专业属性总值均分法或等概率法获得,阈值应符合递增递减规则 $o < m < n < p < q$ 。如果存在非递增递减区间,用户可不按状态或类型的顺序,而找到递增或递减区间来确定集对度值。

(2) 若无 $[m, n]$,但 $V < n$,仍按 $i_k = 1 + (V - n) / (p - n)$ 求 i_k ;

(3) 若无 $[p, q]$,但 $V > p$,仍按 $i_k = 1 - (V - p) / (p - n)$ 求 i_k ;

优选确认的状态或类型 = $\max\{H_{\text{类型 1}}, H_{\text{类型 2}}, H_{\text{类型 3}}, \dots\}$ 中的最大联系度值所对应的状态。

表 4 两个投资工程项目的风险状态辨识表——联系度值表

投资工程项目	较大风险 H_A	有风险 H_B	基本安全 H_C	安全	确认项目状态	投资与否
I	0.06	5.166	3.263	1.635	有风险 $H_{BI} = 5.166$	停止投资
II	-3.20	0.900	7.000	5.100	基本安全 $H_{CII} = 7.000$	可以投资

例示:

$$H_{BI} = [1 + (1.6 - 1.5) / (3 - 1.5)] + [1 + (3.3 - 3) / (4 - 3)] + 1 - 1 + [1 - (0.12 - 0.15) / (0.15 - 0.1)] + [1 + (3.5 - 4) / (4 - 1.5)] = 5.166$$

四、风险投资公司投资的风险状态辨识案例

1. 评价风险状态的指标集

风险投资公司执行期权,继续投资于企业或工程项目,即无风险状态,反之就有风险,停止执行期权,其评价风险状态指标包括 6 个: $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, J_6$,其中: $J_1: C_{t_2-t_1} / I_{t_1}$ 风险投资种子期的比值, t_2 为期权的到期日, t_1 为期权评价的时点, C 为期权价值, I 为当前现金流入或预期融资额度值; $J_2: C_{t_3-t_2} / I_{t_2}$ 风险投资导入期看涨期的比值; $J_3: C_{t_4-t_3} / I_{t_3}$ 风险投资扩张期的比值;当 $C_{t_4-t_3} / I_{t_3} \geq 1$ 时表明企业未来上市的期权值高于当前的现金流入, $J_4: \sigma$ 标的资产价格(项目价值)的波动率; $J_5: r$ 市场无风险利率; $J_6: T$ / 年投资现金期权期限^[4],指标集反映了影响投资风险状态的因素。

2. 风险预警指标的阈值和案例监测数据

风险预警指标的阈值区间参见表 2,风险投资工程项目 I 和 II 的会计事务所预估监测数据见表 3。

表 2 风险预警指标的阈值区间值

投资风险状态	指标					
	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
A 较大风险 (不投资)	$[0, 1]$	$[0.5, 1]$	$[0.8, 1]$	$[0.1, 0.2]$	$[0.1, 0.15]$	$[1.5, 4]$
B 有风险 (不投资)	$[1, 1.5]$	$[1, 3]$	$[1, 4]$	$[0.2, 0.25]$	$[0.1, 0.15]$	$[1.5, 4]$
C 基本安全 (可投资)	$[1.5, 3]$	$[3, 4]$	$[4, 4.5]$	$[0.25, 0.35]$	$[0.15, 0.20]$	$[1.5, 4]$
D 安全 (投资)	$[3, 5]$	$[4, 8]$	$[4.5, 10]$	$[0.35, 0.5]$	$[0.20, 0.30]$	$[1.5, 4]$

表 3 两个风险投资工程项目的指标预估监测数据

风险投资工程项目	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
I	1.6	3.2	1.2	0.4	0.12	3.5
II	3.2	3.5	4.4	0.24	0.25	2.0

采用上述集对分析方法,求投资风险状态 A、B、C、D 的联系度 $H_{AI}, H_{BI}, H_{CI}, H_{DI}$ 和 $H_{AII}, H_{BII}, H_{CII}, H_{DII}$,见表 4。

其它的联系度的计算与上例类似。按集对分析原理的最大联系度准则,以这两个投资工程项目的联系度最大值 $H_{BI\max} = 5.166, H_{CII\max} = 7.000$ 所对

应的风险状态,得到工程项目 I 有风险不能投资,工程项目 II 基本安全,可以投资。由此可见,集对分析法简明直观,具有参考的应用价值。

五、基于集值统计原理的指标预估值的可信度检验

采用集值统计原理(Collective Amount Statistic, CAS)可以对财务监测值、专家或群众的定性评分值进行数值的可信度检验(reliability judge)。数值统计是经典统计和模糊统计的一种拓广,它可以避免收集的财务监测值和打分值的不准确度。集值统计法可以尽可能多地综合各位专家对定性指标的看法和判断财务数据的可信度。

集值统计原理的要点如下^[5]:在指标体系中各个指标按其反馈的类型或状态等级具有对应的指标阈值估计区间,记为 $[u_1, u_2]$ (参见表 2)。以 k 表示风险投资工程项目 I($k_1=1$)项目 II($k_1=2$)或表示第 k 个评价者, $k=1,2,\dots,n$ 。可得 n 个财务监测值所对应的阈值区间,从而形成一个集值统计序列 $[\mu_1^1, \mu_2^1], [\mu_1^2, \mu_2^2], \dots, [\mu_1^k, \mu_2^k], \dots, [\mu_1^n, \mu_2^n]$ 。该序列叠加起来,则形成评价打分轴上的一种分布,称它为样本落影响函数,记为 $\bar{x}(u)$ 。

$$\bar{x}(u) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X[u_1^k, u_2^k](u)$$

当 $u_1 \leq u \leq u_2$, $X[u_1^k, u_2^k] = 1$ 否则,也就是当 V 不存在于 $[u_1, u_2]$ 中,就不要将此 $[u_1, u_2]$ 纳入求以下 \bar{u} 和 g 的公式中,据此,得到一个指标的评价值(平均估分值) \bar{u} 。

$$\bar{u} = \frac{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n [(u_2^k)^2] - (u_1^k)^2}{\sum_{k=1}^n [\mu_2^k - \mu_1^k]}$$

经分析推演^[7]说明,监测值或打分值的可信度与修正的评价值 g 成反比,其可信度用 b_d 来度量。

$$g = \frac{\frac{1}{3} \sum_{k=1}^n [(\mu_2^k - \bar{\mu})^3 - (\mu_1^k - \bar{\mu})^3]}{\sum_{k=1}^n [\mu_2^k - \mu_1^k]}$$

可信度: $b_d = 1/(1+g)$

本文中的风险投资预警指标,标的资产价格波动率 σ 、市场无风险利率 γ 和期权期限 T 是银监会和市场双方公认,可信的,不需要进行可信度检验,而投资的种子期、导入期、扩张期的期权价值 C 与现

金流入值(及融资额度值) I 的比值则需要进行集值统计法可信度检验。表 5 中列出其检验结论值。

表 5 风险投资的预警指标可信度检验值

	J_1	J_2	J_3
I 项目监测预估值	1.6[1.5,3]	3.3[3,4]	1.2[1,4]
II 项目监测预估值	3.2[3,5]	3.5[3,4]	4.4[4,5]
指标平均估分值 \bar{u}	3.25	3.50	3.00
修正评价值 g	1.021	0.083	1.331
监测预估值的可信度 b_d	0.495	0.923	0.429

由表 5 可见,期权种子期 $J_1 - b_d = 0.495$,期权导入期 $J_2 - b_d = 0.923$,期权扩涨期 $J_3 - b_d = 0.429$,在种子期和扩涨期的 C/I 可信度低一些。银监会和风险投资公司应加强监管及时掌握相关信息。如果在 0.5 附近,那么对工程项目 II 可以投资。

六、结语

(1) 风险投资公司可以利用实物期权、集对分析法和集值统计分析法来改善风险投资效率。基于实物期权的风险投资,充分考虑了投资发生前(种子期),过程中(导入期)和发生后(扩涨期及成熟期)的各类实物复合期权,把其看作可以在不同点对投资方案进行调整的机会。

(2) 集对分析原理是一种新的不确定性理论方法。文中尝试将它作为识别风险投资处于什么状态:风险、有风险、基本安全、安全投资。文中案例获得工程项目 I 有风险,不可投资,工程项目 II 基本安全,可以投资。

(3) 集值统计分析原理可以处理不确切的判断,判断财务数据的可信度和提高监测值和打分值的客观性,文中案例说明,对工程项目的种子期和扩涨期的 C/I ,风险投资公司要加强监管及时掌握相关信息。

参 考 文 献

- [1] 赵振武,唐万生. 模糊实物期权理论在风险投资项目价值评价中的应用[J]. 北京理工大学学报:社会科学版,2006(1):50-52.
- [2] 赵克勤. 集对分析及初步应用[M]. 杭州:浙江科技出版社,2002.
- [3] 孙来强,完世伟. 实物期权理论在风险投资决策中的应用探析[J]. 生产力研究,2006(2):67-69.
- [4] LIN W T. Computing a multivariate normals integral for valuing compound real options[J]. Review of Quantitative Finance and Accounting,2002,18(2):185-209.
- [5] 张红红. 高速公路社会影响评价指标可靠度估算方法[J]. 西安公路交通大学学报,2000(4):57-59.

(责任编辑:陈万红)