

基于信息熵与物元 可拓法的风险投资动态决策研究

郑君君 赵贵玉*

摘要: 由于不对称信息的存在,风险投资公司在对风险投资项目进行选择的过程中普遍存在着逆向选择问题,风险投资项目的价值得不到真实的揭示,市场效率低下。本文建立基于信息熵与物元可拓法的风险投资决策模型实现了对风险项目的初步筛选,并通过引入风险投资动态利润评价函数为实施中的风险投资项目进行后续投资提供决策依据,很大程度上解决了风险投资过程中普遍存在的逆向选择问题,信号传递博弈模型的建立在理论上证明了该方法的有效性。

关键词: 风险投资 逆向选择 物元可拓法 信号传递博弈

一、引言

风险投资是把资本投向新技术、新服务的研究开发领域,旨在促使新技术、新服务的商品化和产业化,从而达到获得高额资本收益的目的。但风险投资的高额回报是建立在风险投资项目高风险的基础之上的,要保证风险投资的高额收益首先要做好风险投资项目的评估和筛选。在风险投资项目的评估和筛选过程中,现金流量折现法(DCF)在相当长的时期内占据着主导地位。然而,该方法自20世纪70年代后期以来受到了越来越多的批评。由于其忽略了项目未知信息中蕴含的机会给项目带来的进一步选择的灵活性,Myers(1984)和Luehman(1998)认为此法只适用于短期的、确定性高的一次性投资项目,不适用于具有不确定性高、期限长、分阶段动态决策等特点的风险投资项目。此外,马蒙蒙等(2004)还证明DCF在很多情况下倾向于低估风险投资项目的内在价值。由于DCF在评价风险投资项目时缺乏柔性,在实际运用中遇到了一系列困难,于是,人们开始寻找其他方法。1977年,Myer提出了实物期权的思想:投资项目的价值不仅来自单个投资项目所直接带来的现金流量,还来自成长的机会。尽管实物期权法弥补了DCF的不足,但这种方法实质上将项目的价值进行了最大化,用此种方法评价项目,项目价值将被抬高,其评价值的可信度将会降低。另外,此方法仅从风险投资家的角度出发考虑问题,在项目成功时要使其收益最大,在项目不成功时要使其损失最小,而把风险企业家的利益排除在外,这不利于双方合作开发项目。因此,理论上就需要探索更有效的替代评估方法。

物元可拓法主要用于研究和处理不相容问题,是一种定性与定量相结合的方法,目前已经广泛应用于优化决策、控制评价等各领域。由于风险投资项目的评估、筛选具有模糊、主观性强的特点,因此物元可拓法可以较好地解决风险投资项目的评估、筛选问题。本文通过建立基于偏好信息熵与物元可拓法的风险投资决策模型实现了对风险项目的初步筛选,并通过引入风险投资动态利润评价函数为实施中的风险项目进行后续投资提供了决策依据,有效解决了风险投资过程中普遍存在的逆向选择问题,为风险投资公司进行投资决策提供了有力的决策工具。

* 郑君君,武汉大学经济与管理学院,邮政编码:430072,电子信箱:99zhengjunjun@163.com;赵贵玉,武汉大学经济与管理学院,邮政编码:430072,电子信箱:z_gy2009@163.com。

本文获教育部人文社会科学规划基金资助,资助编号(08JA630062)。

二、基于物元可拓法的风险投资动态决策模型

(一)“物元”的定义

给定事物名称 M , 它关于特征 c 的量值为 v , 以有序三元组 $R = (M, c, v)$ 作为描述事物的基本单元, 简称物元。若事物 M 有 n 个特征分别用 c_1, c_2, \dots, c_n 表示, 对应的量值分别为 v_1, v_2, \dots, v_n , 则称:

$$R(x) = \begin{bmatrix} M & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M(x) & c_1(x) & [a_1(x), b_1(x)] \\ & c_2(x) & [a_2(x), b_2(x)] \\ & \dots & \dots \\ & c_n(x) & [a_n(x), b_n(x)] \end{bmatrix} \text{ 为 } n \text{ 维物元。}$$

其中: $a_i(x)$ 表示事物 M 关于第 i 个特征 c_i 的量值下限, $b_i(x)$ 表示事物 M 关于第 i 个特征 c_i 的量值上限。

(二)确定风险投资项目评价的经典域物元与节域物元

由风险投资项目的基本评价指标及其取值范围组成的物元矩阵称为经典域, 用 R_{0j} 表示。

$$R_{0j} = (M_{0j}, c_{ij}, v_{0ij}) = \begin{bmatrix} M_{0j} & c_1 & [a_{01j}, b_{01j}] \\ & c_2 & [a_{02j}, b_{02j}] \\ & \dots & \dots \\ & c_n & [a_{0nj}, b_{0nj}] \end{bmatrix} \quad (j = 1, 2, \dots, k)$$

其中: M_{0j} 表示风险投资项目水平的第 j 等级, a_{0ij} 表示 j 等级的风险投资项目第 i 个评价指标量值的取值下限, b_{0ij} 表示 j 等级的风险投资项目第 i 个评价指标量值的取值上限。

由经典域物元及其所描述事物的特征拓广了的量值范围组成的物元矩阵称为节域, 用 R_c 表示。

$$R_c = \begin{bmatrix} M & c_1 & v_{1c} \\ & c_2 & v_{2c} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_{nc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & c_1 & [a_{1c}, b_{1c}] \\ & c_2 & [a_{2c}, b_{2c}] \\ & \dots & \dots \\ & c_n & [a_{nc}, b_{nc}] \end{bmatrix}$$

其中: a_{ic} 表示节域物元特征量值的取值下限, b_{ic} 表示节域物元特征量值的取值上限。

(三)确定待评项目物元

对于待评选的投融资申请项目, 将其相关数据或相应的分析结果用物元表示如下:

$$R = \begin{bmatrix} M & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix}$$

其中: M 表示待评项目, $c_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示项目的第 i 个评价指标, $v_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示项目第 i 个评价指标的量值。

(四)风险投资项目水平与风险投资公司项目等级的“综合关联度”

应用可拓学中的关联函数计算和表示待评选项目的第 i 个指标的量值 v_i 与区间 $v_{ij} (a_{ij}, b_{ij})$ 和区间 $v_{cij} (a_{cij}, b_{cij})$ 的“接近度”, 分别用 (v_i, v_{ij}) 和 (v_i, v_{cij}) 表示:

$$(v_i, v_{ij}) = \left| v_i - \frac{a_{ij} + b_{ij}}{2} \right| - \frac{b_{ij} - a_{ij}}{2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$(v_i, v_{cij}) = \left| v_i - \frac{a_{cij} + b_{cij}}{2} \right| - \frac{b_{cij} - a_{cij}}{2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$(v_i, v_{ij}) = 0$ 表示 v_i 不在区间 v_{ij} 内, $(v_i, v_{cij}) = 0$ 表示 v_i 在区间 v_{cij} 内, 且其不同的取值代表在该区间内的不同位置。

根据可拓集合理论和风险投资项目的特点我们采用以下关联函数表示待评选的风险投资项目与风险投资公司评选等级的隶属程度。待评选项目的第 i 个评价指标与风险投资公司内部评审等级 j 的第 i 个指标水平的关联度 $K_r(v_i)$ 表示为:

$$K_r(v_i) = \begin{cases} \frac{(v_i, v_{ij})}{(v_i, v_{ij}) - (v_i, v_j)} & v_i \neq v_{ij} \\ -\frac{(v_i, v_{ij})}{|v_{ij}|} & v_i = v_{ij} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k) \quad (3)$$

$K_r(v_i) > 0$ 表示 $v_i \neq v_{ij}$,且其取值越大说明 v_i 具有 v_{ij} 的属性越多; $K_r(v_i) = 0$ 表示 $v_i = v_{ij}$,其取值越小说明 v_i 具有 v_{ij} 的属性越少。

1. 由基于偏好的信息熵确定评价指标的权重系数

在风险投资项目筛选过程中,由于各个评价指标对风险投资项目的优劣程度影响不同,应根据其在风险投资项目中作用的不同确定不同的权重。本文选用一种基于偏好的信息熵来确定权重系数,具体方法如下:

设有 m 个风险投资待评项目, n 个评价指标,用矩阵表示如下:

$$F = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} x_{11} \\ x_{21} \\ \dots \\ x_{m1} \end{matrix} & \begin{matrix} x_{12} \\ x_{22} \\ \dots \\ x_{m2} \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \dots \\ x_{mn} \end{matrix} \end{matrix}$$

因此,评价指标 c_i 输出的熵值 E_i 为:

$$E_i = - \sum_{j=1}^m S_{ji} \ln(S_{ji}) \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

其中: S_{ji} 为常数且 $S_{ji} = \frac{x_{ji}}{\sum_{j=1}^m x_{ji}}$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$)

由 $0 < S_{ji} < 1$ 可知 $0 < E_i < 1$,我们定义偏差度为 d_i ,则:

$$d_i = 1 - E_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

在风险投资公司对风险投资项目评价指标无偏好时,评价指标 c_i 的权重系数 w_i 采用以下公式计算:

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

但是,对所有评价指标无偏好的情况在风险投资项目指标评价过程中是很少出现的,风险投资公司在确定项目评价指标的权重系数时往往赋予主要的评价指标较高的权重,此时需要对无偏好情况下确定的权重进行修正,从而得到基于偏好的权重系数 w_{pi} ,如果风险投资公司对评价指标 c_i 的偏好为 α_i ,则基于偏好的评价指标权重系数修正公式如下:

$$w_{pi} = \frac{\alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

2 风险投资项目与风险公司项目评价等级的综合关联度

以上我们利用基于偏好的信息熵确定了风险投资项目评价指标的权重系数,并且已知风险投资项目第 i 个指标与风险投资公司内部评审等级 r 的第 i 个指标水平的关联度,由此我们可以得到第 j 个风险投资项目与评审等级 r 的关联度 K_{rj} :

$$K_{rj} = \sum_{i=1}^n w_{pi} K_r(v_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, k) \quad (7)$$

风险项目 j 所处等级为:

$$R = r(K_{rj} = \max K_{rj}) \quad (r = 1, 2, \dots, k) \quad (8)$$

至此,本文通过建立基于物元可拓法的筛选模型将风险投资申请项目划分为不同的等级,去除等级较低的风险项目,实现了对风险投资项目的初步筛选。但还存在一个问题,由于市场环境是时刻变化的,在风险项目投资决策初期较优的风险项目在项目实施一段时间后可能变为次优,甚至可能给风险投资公司带来损失,因此探索基于项目实施时间或阶段的风险项目动态评价方法成为必要。

(五) 风险投资动态利润评价函数

目前大多数风险投资公司进行投资决策时采用的是一种相对静态的评价模式,对风险投资项目的利润评价是通过预测风险投资项目一定时期内的现金流实现的。这种方法的弊端是风险项目一旦在初选中被选中,以后无论出现什么情况都会被执行下去。由于市场环境的复杂性和多变性,在风险投资初期前景较优的风险投资项目在实施过程中极可能变为前景差的项目,这不仅给风险投资公司造成资本损失,而且造成机会损失,因此采用静态的投资决策方法对风险投资项目进行全局的筛选、评价是不科学的,不利于风险投资公司在风险投资项目实施过程中及时发现问题,避免更严重的损失。实物期权法弥补了 DCF 的不足,但这种方法仅从风险投资家的角度出发考虑问题,在项目成功时要使其收益最大,在项目不成功时要使其损失最小,而把风险企业家的利益排除在外,这不利于双方合作开发项目。因此本文在前人研究的基础上对风险投资公司的风险资本动态利润评价函数做了进一步探索,通过实时调整参数的取值实现了对项目风险进行模糊控制、对投资项目进行动态决策。基于投资项目各个阶段的任务完成时间越长风险越大、时间越短风险越小的假设前提,得到风险投资机构的动态利润评价函数 R_i 和风险企业的利润评价函数 RC_i 如下:

$$R_i = (qNF_v + qNP_i) + (1 -)qS_p + (1 -)S_{i-1}(1 + r_i) + O_{i-1}(f_i/t_i) - C_{i-1} \log(t_i/f_i) (1 + r_0) - iC \quad (9)$$

$$RC_i = (pNF_v + pNP_i) + (1 -)pS_p + (1 -)S_{i-1}(1 + r_i) + O_{i-1}(f_i/t_i) - C_i \log(t_i/f_i) - iC \quad (10)$$

其中: $\begin{cases} 0, \text{风险企业股票未上市} \\ 1, \text{风险企业股票上市} \end{cases}$; q 表示风险投资公司所拥有的风险企业股份比例,其中 $p = 1 - q$ N

表示风险企业发行的股票数量; F_v 表示风险企业发行的股票面值; P_i 表示在投资的第 i 期风险企业所发行股票的股票溢价; S_p 表示预计股票总价值; \quad 表示可转换债券所占比重; S_{i-1} 表示在投资的第 $i-1$ 期风险投资公司所拥有的风险企业的债券价值总额; r_i 表示当期存款利息率(此处实则将债券当作存款处理); O_i 表示风险投资公司所拥有风险企业的广义期权总价值; \quad 表示动态技术参数; t_i 表示完成第 i 期计划所需要的时间; f_i 表示第 i 期已完成任务占全部任务的比重; f_i/t_i 表示资金的使用效率; t_i/f_i 表示风险系数折扣; C_{i-1} 表示第 $i-1$ 期投入资本额的净现值; r_0 表示市场长期公债利率; iC 表示不确定因素造成的资本损失; C 表示已投入资本累计净现值。

以上风险投资动态利润评价函数使投融资双方在契约框架下动态地一致起来,既克服了 DCF 静态、柔性差的缺陷,又弥补了实物期权方法难以实现“共赢”的不足。以时间衡量风险大小,通过监督风险项目完成各阶段任务所需时间的长短实现了对风险投资项目风险的间接监督,为风险投资公司提供了一种平衡收益与风险动态决策方法。

三、实证分析

影响风险投资项目水平的因素很多,且对于不同风险投资项目的评价指标体系也不相同。因此,在确定项目评价指标时应充分考虑各方面的影响因素,选取能够真实、客观地反映风险投资项目水平的指标。为了更加具有一般性,本文选取以下 8 个较为普遍的风险投资项目评价指标进行实证分析,分别为:产品独特性、市场需求、市场竞争、管理层素质、财务状况、技术水平、退出机制、宏观经济环境因素(包括政策、法规等)。

根据风险投资公司的自身要求和风险投资项目的特点,一般情况下采用四级评价标准设定评价指标等级范围,即风险投资项目水平可划分为 R_1 (优)、 R_2 (良)、 R_3 (中)、 R_4 (差)四个等级。将风险投资项目各评价指标的最高值和最低值作为物元评价模型的经典域范围,得出这四种等级的经典域分别为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} \text{优} & \text{产品独特性} & [7.0, 8.2] \\ & \text{市场需求} & [7.5, 9.0] \\ & \text{市场竞争} & [7.8, 8.5] \\ & \text{管理层素质} & [6.8, 8.8] \\ & \text{财务状况} & [7.0, 8.8] \\ & \text{技术水平} & [7.5, 9.0] \\ & \text{宏观经济环境} & [7.2, 8.7] \\ & \text{退出机制} & [6.8, 8.6] \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} \text{良} & \text{产品独特性} & [5.8, 7.2] \\ & \text{市场需求} & [6.2, 7.6] \\ & \text{市场竞争} & [6.9, 7.8] \\ & \text{管理层素质} & [5.7, 7.0] \\ & \text{财务状况} & [6.2, 7.1] \\ & \text{技术水平} & [6.8, 7.6] \\ & \text{宏观经济环境} & [6.5, 7.5] \\ & \text{退出机制} & [6.0, 7.0] \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} \text{中} & \text{产品独特性} & [5.4, 6.2] \\ & \text{市场需求} & [5.5, 6.5] \\ & \text{市场竞争} & [6.2, 7.2] \\ & \text{管理层素质} & [5.4, 6.8] \\ & \text{财务状况} & [5.6, 6.8] \\ & \text{技术水平} & [6.0, 7.2] \\ & \text{宏观经济环境} & [6.0, 7.0] \\ & \text{退出机制} & [5.8, 6.5] \end{bmatrix} \quad R_4 = \begin{bmatrix} \text{差} & \text{产品独特性} & [4.9, 5.7] \\ & \text{市场需求} & [3.2, 6.0] \\ & \text{市场竞争} & [3.8, 6.3] \\ & \text{管理层素质} & [3.6, 5.7] \\ & \text{财务状况} & [4.6, 5.5] \\ & \text{技术水平} & [4.2, 6.1] \\ & \text{宏观经济环境} & [4.5, 6.0] \\ & \text{退出机制} & [4.0, 6.0] \end{bmatrix}$$

由以上风险投资项目水平各等级的经典域物元可以确定此类项目的节域物元 R_c , 同时给出样本项目的评价物元 R 、 R 、 R 如下:

$$R_c = \begin{bmatrix} \text{节域} & \text{产品独特性} & [4.9, 8.2] \\ & \text{市场需求} & [3.2, 9.0] \\ & \text{市场竞争} & [3.8, 8.5] \\ & \text{管理层素质} & [3.6, 8.8] \\ & \text{财务状况} & [4.6, 8.8] \\ & \text{技术水平} & [4.2, 9.0] \\ & \text{宏观经济环境} & [4.5, 8.7] \\ & \text{退出机制} & [4.0, 8.6] \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} \text{样本 1} & \text{产品独特性} & 7.5 \\ & \text{市场需求} & 6.7 \\ & \text{市场竞争} & 7.8 \\ & \text{管理层素质} & 6.2 \\ & \text{财务状况} & 6.4 \\ & \text{技术水平} & 8.0 \\ & \text{宏观经济环境} & 7.0 \\ & \text{退出机制} & 6.6 \\ \text{样本 2} & \text{产品独特性} & 6.8 \\ & \text{市场需求} & 7.4 \\ & \text{市场竞争} & 8.3 \\ & \text{管理层素质} & 7.6 \\ & \text{财务状况} & 7.8 \\ & \text{技术水平} & 8.5 \\ & \text{宏观经济环境} & 7.0 \\ & \text{退出机制} & 6.5 \\ \text{样本 3} & \text{产品独特性} & 5.5 \\ & \text{市场需求} & 6.2 \\ & \text{市场竞争} & 5.7 \\ & \text{管理层素质} & 4.2 \\ & \text{财务状况} & 5.5 \\ & \text{技术水平} & 5.1 \\ & \text{宏观经济环境} & 7.0 \\ & \text{退出机制} & 5.8 \end{bmatrix}$$

根据公式 (1)、(2)、(3) 计算样本项目指标与风险项目水平各等级的关联度如表 1 所示:

表 1 样本项目指标与各个风险项目等级指标水平的关联度

评选指标	产品独特性	市场需求	市场竞争	管理层素质	财务状况	技术水平	宏观经济环境	退出机制	
样本项目 1	$K_1(v_i)$	2.5	-0.258	0	-0.188	-0.25	1	-0.105	-0.091
	$K_2(v_i)$	-0.3	0.278	0	0.238	0.125	-0.286	0.417	0.25
	$K_3(v_i)$	-0.65	-0.08	-0.462	0.3	0.286	-0.444	0	-0.048
	$K_4(v_i)$	-0.72	-0.233	-0.682	-0.061	-0.333	-0.655	-0.37	-0.231
样本项目 2	$K_1(v_i)$	-0.125	-0.059	-1.667	2	4	-2	-0.015	-0.125
	$K_2(v_i)$	0.4	0.143	-0.714	-0.333	-0.412	-0.643	0.417	0.313
	$K_3(v_i)$	-0.3	-0.36	-0.846	-0.4	-0.5	-0.722	0	0
	$K_4(v_i)$	-0.44	-0.467	-0.909	-0.613	-0.697	-0.828	-0.37	-0.192
样本项目 3	$K_1(v_i)$	-0.714	-0.317	-0.525	-0.813	-0.625	-0.727	-0.015	-0.357
	$K_2(v_i)$	-0.333	0	-0.387	-0.714	-0.438	-0.654	0.417	-0.1
	$K_3(v_i)$	-7	0.12	3.75	-1.3	-3.25	-1.75	0	0.636
	$K_4(v_i)$	0.5	-0.067	0.462	-1.667	0	-10	-0.37	0.125

根据公式 (4)、(5)、(6) 计算各项指标的权重系数, 假设风险投资公司对这 8 个评价指标的偏好依次为 7:6:4:5:6:8:3:6.5, 则由基于偏好的信息熵确定的指标权重系数如表 2 所示:

表 2 基于偏好信息熵的评选指标权重系数

评选指标	产品独特性	市场需求	市场竞争	管理层素质	财务状况	技术水平	宏观经济环境	退出机制
E_i	0.992691	0.997601	0.988649	0.974624	0.990618	0.979137	1	0.998528
d_i	0.007309	0.002399	0.011351	0.025376	0.009382	0.020863	0	0.001472
w_i	0.0935	0.0307	0.1452	0.3247	0.1201	0.2670	0	0.0188
基于偏好的权重 w_{pi}	0.1087	0.0306	0.0965	0.2696	0.1196	0.3547	0	0.0203

由表 2 可知基于偏好的权重系数 w_{pi} 相比 w_i 明显体现了风险公司的偏好, 此外在样本项目选取时我们选择的是同一类项目, 因此它们所处的宏观经济环境相同, 在权重系数上表现为宏观经济环境的权重为 0.

当然更一般的在不同类项目之间进行决策时,由于它们的行业背景不同使得它们所处的宏观经济环境也不同,此时宏观经济环境的权重不再为 0。

根据公式 (7)计算样本项目与各等级的综合关联度,然后根据等级评定法按公式 (8)最终评定项目的优劣等级,如表 3 所示:

评选指标	优	良	中	差	评定等级
样本 1	0.53624	-0.04124	-0.16120	-0.47162	优
样本 2	0.129442	-0.38187	-0.54909	-0.69588	优
样本 3	-0.69702	-0.55243	-1.7423	-3.8969	良

由表 3 可知样本项目 1 与样本项目 2 评定等级为优,即风险投资公司可以考虑投资这两个风险项目,如果风险投资公司想进一步了解这两个项目的优劣排序,可以将等级优的经典域物元分为几个等级,重复上述过程即可得到处于优等的风险项目的优劣排序,比如经过计算,本文中的样本项目 1 要优于样本项目 2。此外将本文基于偏好信息熵的物元评价方法与模糊灰色评价、综合指数评价等方法进行比较,得到相同的评价结果,且基于偏好信息熵的物元评价方法易于将待评项目等级细化,这充分说明此方法的科学性和有效性。

风险投资公司在对风险投资项目进行层层选择之后,便开始对选中的风险投资项目陆续投入风险资本,此时采用本文给出的风险投资动态利润函数对在投风险项目进行评估、监督和后续投资决策,这使得风险投资公司摆脱了单纯依靠预测现金流进行决策的瓶颈。

四、基于信息熵与物元可拓法的风险投资动态决策有效性证明

以上本文通过建立基于偏好信息熵与物元可拓法的风险投资决策模型实现了对风险项目的初步筛选,以下本文通过建立以风险项目商业计划书为信号的信号传递博弈模型来证明此方法的科学性和有效性。

(一)建立以风险项目商业计划书为信号的信号传递博弈模型

博弈模型假设:(1)博弈参与方 1:风险投资公司,即信号接受者,其类型为公共信息。(2)博弈参与方 2:风险企业,即信号发送者,其为私人信息,即风险资本申请者知道风险项目的实际价值,而风险投资机构不知道。(3)投资收益带来正效用,且边际效用递减。(4)商业计划书水平带来负效用,且边际成本递增,即风险项目的投资收益越高,则风险企业提供高水平的商业计划书的私人成本越低;反之,风险项目的投资收益越低,风险企业提供高水平的商业计划书的私人成本越高。

为了便于研究,我们假定风险投资项目只有两种可能:值得投资和不值得投资,商业计划书的水平 x 为连续变量。考虑动态利润评价函数 (9)在投资前可变形为:

$$R(x) = qS_p + (1 -)S_p + f(x) - C$$

上式引入风险项目商业计划书水平 x 的函数取代动态利润评价函数中的股票溢价、广义期权等未来不确定的价值,更一般的我们可以将不同水平的项目预期投资价值表示为:

$$R(x) = {}_x f(x) + V_0$$

其中: ${}_x$ 表示随风险项目盈利能力变动而变动的动态调整参数; $f(x)$ 表示商业计划书水平为 x 时所反映的预期投资价值,不同的风险项目 $f(x)$ 的表达式也不同,一般情况下由风险投资公司根据以往投资经验来确定; V_0 表示风险投资公司发现投资机会的能力所具有的价值,是风险投资公司的核心竞争力。

为了便于讨论,本文令 $f(x) = {}_x$,在风险投资项目值得投资的情况下,动态调整参数 ${}_x = {}_1$;在风险投资项目不值得投资的情况下,动态调整参数 ${}_x = {}_2$,且 ${}_1 > {}_2 > 0$,那么此时风险项目预期投资价值 R 可表示为:

$$R(x) = \begin{cases} {}_1 x + V_0, & \text{风险项目值得投资} \\ {}_2 x + V_0, & \text{风险项目不值得投资} \end{cases}$$

令 $u_w(R, x)$, $u_{nw}(R, x)$ 分别为值得投资和不值得投资的风险企业的效用函数,现在的问题是:风险企业在已知投资预期价值 R 的情况下,选择其项目商业计划书的水平 x ,最大化其效用函数 u_w 或 u_{nw} 。由信号传递博弈模型的原始假设可知: $\partial u / \partial R > 0$, $\partial^2 u / \partial R^2 < 0$; $\partial u / \partial x < 0$, $\partial^2 u / \partial x^2 > 0$; $\partial u_w / \partial x < \partial u_{nw} / \partial x$,因此表现在图形上值得投资的风险项目的无差异曲线较不值得投资的风险项目的无差异曲线平缓,且两者只有一个交点 A,如图 1 所示:

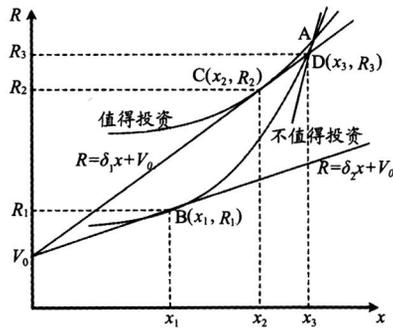


图 1 分离均衡

(二) 完全信息条件下的均衡

在完全信息条件下, 风险投资公司知道每个风险项目的投资预期价值, 因此风险企业选择与其风险项目预期价值相符合的商业计划书水平才是最优决策, 在这种情况下对于值得投资的风险项目来说, 当 $\partial R / \partial x = \delta_1$ 时取得均衡解, 即无差异曲线上斜率为 δ_2 的点 $C(x_2, R_2)$ 。此时, 风险项目的预期投资价值为 R_1 , 相应的风险企业选择商业计划书的水平为 x_2 ; 同理, 对于不值得投资的项目来说, 当 $\partial R / \partial x = \delta_2$ 时取得均衡解, 即无差异曲线上斜率为 δ_2 的点 $B(x_1, R_1)$ 。此时, 风险项目的预期投资价值为 R_1 , 相应的风险企业选择商业计划书的水平为 x_1 。

(三) 不完全信息条件下的分离均衡

在不完全信息条件下, 风险投资公司不知道风险项目的预期投资价值, 这意味着不值得投资的风险企业可以选择与值得投资的风险企业相同的商业计划书水平, 导致风险投资公司对风险项目投资价值的错估, 因此在完全信息条件下的 $B(x_1, R_1)$ 、 $C(x_2, R_2)$ 不再是均衡解。

假设风险项目属于值得投资和不值得投资的先验概率相等, 令 $p(x)$ 为观察到商业计划书的水平为 x 时风险投资公司认为风险项目值得投资的后验概率 (由风险投资公司经验所得), 则 $1 - p(x)$ 即为风险投资公司认为风险项目不值得投资的后验概率。在不完全信息条件下, 要达到精炼贝叶斯均衡必须满足:

- (1) 自选择约束, 即: 对于给定的 $R(x)$, x^* 最大化 $u_w(R, x)$ 和 $u_{nw}(R, x)$
- (2) 参与约束, 即: $R(x^*) = p(x^*)(\delta_1 x^* + V_0) + (1 - p(x^*))(\delta_2 x^* + V_0)$

在分离均衡中, 尽管商业计划书的水平是连续变量, 但达到均衡时值得投资的风险项目将选择相同的商业计划书水平, 不值得投资的风险项目也将选择另一个相同的商业计划书水平。具体来说, 值得投资的风险项目所选择商业计划书的水平为 x_1 , 不值得拓展的风险项目所选择商业计划书的水平为 x_2 , 且 $x_1 < x_2$, 风险投资公司根据商业计划书的水平判断风险项目所属类别。由几何图形解释分离均衡如图 1 所示, 其中 $B(x_1, R_1)$ 和 $D(x_3, R_3)$ 是两个均衡点, $B(x_1, R_1)$ 是不值得投资的风险项目的最优点, $D(x_3, R_3)$ 是值得投资的风险项目的最优点。不值得投资的风险项目没有积极性选择 $D(x_3, R_3)$, 同样值得投资的风险项目也没有积极性选择 $B(x_1, R_1)$ 。由图 1 可知, 参与约束要求值得投资的项目的均衡点在 $R = \delta_1 x + V_0$, 不值得投资的项目的均衡点在 $R = \delta_2 x + V_0$ 上。显然分离均衡并不唯一, 对于不同的预期投资价值函数有不同的分离均衡, 但由非均衡路径上劣战略剔除法可得只有一个分离均衡是合理的。假定所有的申请项目都具有一定的投资价值, 那么可以预期所有项目的评估价值必然介于 $\delta_1 x + V_0$ 与 $\delta_2 x + V_0$ 之间, 因此在任何分离均衡中不值得投资的风险企业的最优选择与完全信息条件下的最优选择相同, 即 $B(x_1, R_1)$ 。对于不值得投资的风险项目来说, 不论风险投资公司的后验概率如何, 所有的 $x > x_1$ 均劣于 x_1 , 即当观察到商业计划书的水平高于 x_1 时, 合理的后验概率为 $p(x) = 1$, 合理的评估结果为该风险项目值得投资。实际上 x_3 是能将值得投资与不值得投资的风险项目进行区分的商业计划书的最低水平, 因此值得投资的风险项目没有选择水平大于 x_3 的商业计划书的积极性。综合以上分析我们得到唯一合理的分离均衡是 (B, D)。

(四) 不完全信息条件下的混同均衡

不完全信息条件下的混同均衡意味着两种类型的风险项目都将选择相同水平的商业计划书, 得到相同的评估结果。图 2 给出了一个混同均衡 $E(x^*, R^*)$, 因为对于所有满足 $R = \delta_2 x + V_0$ 的 (R, x) , 只要 $x > x^*$, $U(R^*, x^*) > U(R, x)$ 始终成立。但这样的混同均衡并不唯一, 采用简单剔除劣战略的方法不能减少混同均衡的数量, 但非均衡路径上劣战略剔除法 (直观标准, intuitive criterion) 可以剔除所有的混同均衡。假设风

险项目的商业计划书水平偏离了这个均衡,选择了另外一点 $F(x^* + \phi_x, R^* + \phi_x)$,对于值得投资的风险项目来说 F 优于混同均衡 E ,但对不值得投资的风险项目而言, F 劣于混同均衡 E 。因此当观察到 F 出现时,风险投资公司一个合理的评估是 $p(x^* + \phi_x) = 1$,即该风险项目值得投资,且预期投资价值 $R = \delta_1(x^* + \phi_x) + V_0$,雇主接受 F 。因此值得投资的风险项目应该选择 F 而不是 E ,此时 E 不满足直观标准,应从均衡中剔除。同理,所有的混同均衡都不满足直观标准,都会被从均衡中剔除。

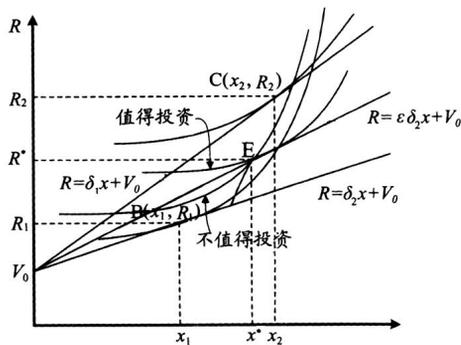


图 2 混同均衡

综合以上分析,唯一的合理均衡是分离均衡。在分离均衡的情况下,不值得投资的风险项目选择商业计划书的水平为 x_1 ,相应的评估结果是不值得投资;值得投资的风险项目选择商业计划书的水平为 x_2 ,相应的评估结果是值得投资,风险投资公司选择值得投资的风险项目进行投资。商业计划书的水平成为传递风险项目类别的信号充分说明基于偏好信息熵与物元可拓法的风险投资决策方法的有效性。

五、结束语

风险投资的高额回报是建立在高风险的基础之上的,要保证风险投资的高额收益首先要做好风险投资项目的筛选,尽量克服逆向选择问题。本文通过建立基于偏好信息熵与物元可拓法的风险投资决策模型实现了对风险项目的初步筛选,并通过引入风险投资动态利润评价函数为实施中的风险项目进行后续投资提供了决策依据,有效地解决了风险投资过程中普遍存在的逆向选择问题,为风险投资公司进行投资决策提供了有力的决策工具。最后,本文通过建立基于以商业计划书为信号的信号传递博弈模型证明了该方法的有效性。

参考文献:

1. 蔡文:《物元模型及其应用》,北京,科学技术文献出版社,1994。
2. 胡海峰、陈闯:《创业资本运营》,北京,中信出版社,1999。
3. 马蒙蒙、蔡晨、王兆祥:《基于二叉树期权定价模型的企业 R&D 项目价值评估研究》,载《中国管理科学》,2004(3)。
4. 唐明哲:《如何进行风险投资的理性决策》,载《复旦大学学报(社会科学版)》,2001(1)。
5. 张国富、孙金华:《高科技风险投资中的风险防范与控制》,载《北京大学学报(哲学社会科学版)》,2001(5)。
6. 张维迎:《博弈论与信息经济学》,上海,上海人民出版社、上海三联书店,2004。
7. Admati, A. R. and Pfleiderer, P., 1994. "Robust Financial Contracting and the Role of Venture Capitalists" *Journal of Finance*, Vol 49, pp. 371 - 402.
8. Barry, C. B., 1994. "New Directions in Research on Venture Capital Finance" *Financial Management*, Vol 23, pp. 3 - 15.
9. Fried, V. H. and Hisrich, R., 1994. "Toward a Model of Venture Capital Investment Decision Making" *Financial Management*, Vol 23(3), pp. 28 - 37.
10. Luehman, T. A., 1988. *Strategy as a Portfolio of Real Options* Harvard Business School Press.
11. Myers, S. C. and Majluf, N. C., 1984. "Corporate Financing and Investment Decisions when Firms Have Information that Investor Donot Have" *Journal of Financial Economics*, Vol 13, pp. 187 - 221.
12. Riley, J., 1979. "Informational Equilibrium" *Econometrica*, Vol 47, pp. 331 - 359.
13. Spence, A. M., 1974. "Job Market Signaling" *Quarterly Journal of Economics*, Vol 87, pp. 355 - 374.
14. Spence, A. M., 1974. *Market Signaling: Information Transfer in Hiring and Related Processes* Harvard University Press, Cambridge.
15. Stiglitz, J. and Weiss, A., 1981. "Credit Rationing in Market with Imperfect Information" *American Economic Review*, Vol 71, pp. 393 - 410.
16. Trester, Jeffrey J., 1994. "Venture Capital under Asymmetric Information" *Journal of Banking & Finance*, Vol 22, pp. 675 - 699.
17. Wilson, C., 1977. "A Model of Insurance Market with Incomplete Information" *Journal of Economic Theory*, Vol 16, pp. 167 - 207.
18. Wilson, C., 1980. "The Nature of Equilibrium in Markets with Adverse Selection" *Bell Journal of Economics*, Vol 11, pp. 108 - 130.

(责任编辑:刘成奎、彭爽)