

溢出效应对企业 R&D 行为的影响研究

李志伟

(厦门大学 管理学院, 福建 厦门 361005)

摘 要: 技术创新是企业参与市场竞争的重要方式, 然而溢出效应的存在却是无法避免的。利用实物期权和博弈论的方法, 可以对存在溢出效应情况的企业 R&D 行为进行建模, 并反映溢出效应对企业 R&D 行为的影响。模拟的结果表明, R&D 项目的溢出效应与竞争对手的模仿能力, 都将降低 R&D 项目价值及其成功的概率。研发过程和市场需求的不确定性, 都将提高 R&D 项目的价值。然而, 前者会提高项目研发成功的概率, 后者则会阻碍项目研发的成功。

关键词: R&D 行为; 溢出效应; 实物期权

中图分类号: F273.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0438-0460(2007)03-0055-08

引 言

现代企业的竞争是全方位的竞争, 而研发(R&D)行为的竞争占有极其重要的地位。然而, 企业技术创新的成果具有公共产品的部分属性, 这就决定了创新成果不可能被创新企业独自占有, 必然会扩散到其他企业, 这种技术传播的机制称为技术溢出(Spillovers)。^[1-2] 虽然专利权可以提供对发明者的保护, 但并不完美。Mansfield、Schwartz 和 Wagner 指出了大多数已申请专利的创新在一个相对短的时间内被复制; 当专利权不能提供有效保护以对抗溢出时, 创新将越来越少, 企业也可能因此而选择不申请专利。^[3]

R&D 投资的估价通常使用实物期权的方法。Pindyck 提供了一个用来估计项目不确定成本的模型, 企业可以在 R&D 实施过程中不断获得成本的有关信息。^[4] 这一研究结果具有双重的好处, 一方面, 它可以提供 R&D 项目的中间结果; 另一方面, 它帮助企业确定完成研究项目的复杂性(完成项目的期望剩余时间和成本), 允许企业在需要时中止项目。Schwartz 和 Moon 对该模型进行了扩展, 在模型中包含了项目收入的不确定性和灾难性事件的概率。^[5-6] Miltersen 和 Schwartz 又进一步将双头垄断市场引入估价模型中。^[7]

然而这些模型都未将模仿行为引入到 R&D 投资的估价模型中。本文的创新之处是在 R&D 投资的博弈过程中引入模仿行为, 利用了博弈论和实物期权模型的框架来解决不确定性下的 R&D 的

* 收稿日期: 2006-08-29

基金项目: 国家社会科学基金项目(05BJY014)

作者简介: 李志伟(1980-), 男, 福建厦门人, 厦门大学管理学院博士研究生。

估价问题,并用计算机模拟的方法来进行求解。这样可以更准确地计算出 R&D 项目的投资价值,同时也有利于国家进行宏观调控,以激励企业进行 R&D 投资。

一 R&D 投资的估价模型

本文所提出的模型与以前模型的不同之处,在于本文将企业 R&D 投资的溢出效应以及竞争者的模仿能力引入了模型,为企业进行 R&D 投资决策提供依据。

(一) R&D 估价问题的决策过程分析

本文提出的模型考虑了两个企业,一个是领先者,一个是模仿者。领先者先进行 R&D 的投资,在领先者完成 R&D 后,模仿者对领先者的 R&D 项目进行模仿。模型中假设该项目的溢出效应、项目的不确定性以及领先者和模仿者的投资能力是公共知识。为了分析的简便,我们将 R&D 投资和模仿的过程分为四个阶段。第一个阶段是 R&D 阶段,领先者进行 R&D 项目的研发,同时领先者可能根据项目的成本和收益的变动决定是否放弃研发。第二个阶段是模仿阶段,领先者已经完成了 R&D 项目的研发,并投入生产,获得了垄断利润;而模仿者开始进行模仿,同时模仿者也可能根据项目的成本和收益的变动决定是否放弃模仿。第三个阶段是双头垄断阶段,领先者和模仿者都完成了研发,市场进入了双头垄断阶段。第四个阶段是自由竞争阶段,由于专利过期,所有的企业都能进行生产,所以都只能获得零利润。

(二) 成本估价模型

假定在 R&D 阶段,领先者有一个固定的投资率 I 。此外,用 τ_1 表示完成 R&D 阶段所需的时间, $K_1(t)$ 表示在时间 t 时完成 R&D 阶段所需的条件期望成本。

本文选择 Pindyck 的模型对不可回收投资的不确定成本进行估计。^[4] 该模型假定投资完成的期望剩余成本遵循如下的扩散过程:

$$dK_1 = -I dt + \sigma_1 \sqrt{K_1} dW_1(t), \text{当 } 0 < t < \tau_1 \text{ 时} \quad (1)$$

其中 σ_1 表示领先者研发成本的波动率, dW_1 是一个标准的维纳过程。

当领先者完成 R&D 阶段时,模仿者进入模仿阶段,而领先者进入垄断销售阶段。对模仿阶段的时间和成本作如下的定义: $\tau_2 - \tau_1$ 表示完成模仿阶段所需的时间; $K_2(t)$ 表示在时间 t 时完成模仿阶段所需的条件期望成本。

假设 R&D 项目的溢出效应为 s ,溢出效应将影响模仿的总期望成本,如下所示:

$$K_2(\tau_1) = (1-s)K_1(0), s \in [0, 1] \quad (2)$$

其中, $K_2(\tau_1)$ 表示模仿者进行模仿前预计的总模仿成本;而 s 是溢出效应,取值是 $[0, 1]$,当 s 越大时,溢出效应越大,模仿者模仿所需的总模仿成本就越小。

此外假定模仿者的模仿能力为 A ,假定模仿完成的期望剩余成本遵循如下过程:

$$dK_2 = -A dt + \sigma_2 \sqrt{AK_2} dW_2(t), \text{当 } \tau_1 < t < \tau_2 \text{ 时} \quad (3)$$

其中, σ_2 表示模仿者研发成本的波动率, dW_2 是一个标准的维纳过程。

(三) 收入估价模型

首先假定该产品的价格为 $P(t)$,在任何给定的时间 t ,有如下的公式:

$$P(t) = Y(t)Q(q(t)) \quad (4)$$

其中, $q(t)$ 表示在时间 t 时的瞬时产量; Y 是一个外生的随机过程, Y 过程表示了关于产品需求变化的所有随机冲击,假定 Y 遵循一个如下的随机过程:

$$dY = \mu_Y Y dt + \sigma_Y Y dW_Y, \text{其中 } Y(0) = 1 \quad (5)$$

其中, μ_y 和 σ_y 分别表示需求变化的漂移率和波动率; dW_y 是一个标准的维纳过程。

$Q(\cdot)$ 是产品的反需求函数, 这里借鉴 Miltersen 和 Schwartz 提出的反需求函数的模型^[7], 假定:

$$Q(q) \equiv ae^{-bq^2}, q \geq 0 \quad (6)$$

其中, a 和 b 是固定的正数。为了简便起见, 我们假定产品的变动成本率为 0, 那么在 t 时刻的垄断利润率为^[7]:

$$\Pi_M(t) = \frac{a}{\sqrt{2be}}Y(t) \quad (7)$$

当模仿者完成模仿阶段, 领先者和模仿者双方就进入了双头垄断阶段, 由于双方卖的是同一种产品, 我们假定双方之间将达成古诺均衡。各个企业在 t 时刻的双头垄断利润为:

$$\Pi_D(t) = \frac{a}{2e\sqrt{b}}Y(t), i \in \{1, 2\} \quad (8)$$

(四) 灾难事件

最后, 本文还必须引入灾难事件在产品生命周期发生的概率, 这些灾难事件将使 R&D 投资或者模拟中止, 并迫使产品撤出市场。根据 Schwartz 和 Moon 提出的模型, 利用泊松过程为这些事件建模, 可以简单地把灾难事件看作是价值的一个折现。^[5] 据此, 我们假设在 R&D 投资阶段和模仿阶段, 灾难事件的发生服从一个泊松过程, 参数分别为 λ_1 和 λ_2 。

二、利用实物期权方法计算放弃期权和解决 R&D 估价问题

我们把这个 R&D 项目看成一个实物期权, 企业(无论是领先者还是模仿者)可以在适当时机实行放弃期权, 放弃 R&D 投资或者放弃模仿。

(一) 双头垄断销售阶段的价值计算

如果在 τ_2 时点, 模仿者也完成了模仿阶段, 双方共同进入了双头垄断阶段。在此阶段, 如果两个企业都存在的话, 那么在 t 时刻, 它们的价值为:

$$V_{D2}(Y(t), t) \equiv E^Q \left[\int_t^T e^{-r(s-t)} \Pi_D(s) ds \mid F_1 \right] = \frac{a}{2(r - \mu_y) e \sqrt{b}} [1 - e^{-(r - \mu_y)(T-t)}] Y(t), t \in [\tau_2, T] \quad (9)$$

其中, r 是无风险利率, 为简单起见, 假定固定不变。注意到, 价值只取决于需求的变化变量 Y 和时间 t 。下标 D2 表示进入到双头垄断阶段有两个企业。

如果是模仿者由于经历灾难事件或者是放弃了模仿项目, 那么在双头垄断阶段就只存在领先者一家企业, 因此形成了垄断利润。在双头垄断任一阶段, 它的价值为:

$$V_{D1}(Y(t), t) \equiv E^Q \left[\int_t^T e^{-r(s-t)} \Pi_M(s) ds \mid F_1 \right] = \frac{a}{(r - \mu_y) e \sqrt{2eb}} [1 - e^{-(r - \mu_y)(T-t)}] Y(t), t \in [\tau_2, T] \quad (10)$$

(二) 模仿阶段的价值计算

在模仿阶段, 即从 τ_1 到 τ_2 阶段, 领先者享受垄断利润, 而模仿者则投资于模仿过程, 因此在这一阶段我们要分别计算两家企业的价值。模仿者的价值可以分解为:

$$\begin{aligned} V_{M2}(Y(t), K_2(t), t) &\equiv \max_{v_2 \in S(F)} E^Q \left[- \int_t^{\tau_2} e^{-\lambda_2(s-t)} e^{-r(s-t)} Ads + 1_{\{v_2 = r_2\}} e^{-\lambda_2(\tau_2-t)} e^{-r(\tau_2-t)} V_{D2}(Y(\tau_2), \tau_2) \mid F_1 \right] \\ &= \max_{v_2 \in S(F)} E^Q \left[- \int_t^{\tau_2} e^{-(\lambda_2+r)(s-t)} Ads + \frac{a}{2(r - \mu_y) e \sqrt{b}} e^{-\lambda_2(\tau_2-t)} e^{-r(\tau_2-t)} \times [1 - e^{-(r - \mu_y)(T-t)}] 1_{\{v_2 = r_2\}} Y(\tau_2) \mid F_1 \right] \end{aligned} \quad (11)$$

公式的前一部分是指从时刻 t 到完成模仿阶段还需花费的成本, 后一部分是指模仿者在双头垄断阶段所能实现的价值折现到时刻 t 的价值。

公式 (11) 可以利用动态规划(dynamic programming) 方法进行求解。其边界条件是:

$$V_{2M2}(Y(\tau_2), 0, \tau_2) = V_{D2}(Y(\tau_2), \tau_2) \quad (12)$$

如果模仿者仍继续其模仿的投资, 那么在时刻 t , 模仿者的价值为:

$$\begin{aligned} \bar{V}_{2M2}(Y(t), K_2(t), t) \equiv E^Q & \left[- e^{-(r+\lambda_2)t} Adt + e^{-(r+\lambda_2)t} V_{2M2}(Y(t) + dY(t), K_2(t), \right. \\ & \left. t + dK_2(t), t + dt) \mid F_t \right] \end{aligned} \quad (13)$$

如果 $\bar{V}_{2M2}(Y(t), K_2(t), t)$ 是正的话, 那么模仿者在时刻 t 将继续模仿, 否则的话, 它将放弃模仿, 即:

$$V_{2M2}(Y(t), K_2(t), t) = \max \{ \bar{V}_{2M2}(Y(t), K_2(t), t), 0 \} \quad (14)$$

在这一阶段中, 如果模仿者仍然继续模仿, 领先者的价值可分解如下:

$$\begin{aligned} V_{1M2}(Y(t), K_2(t), t) \equiv E^Q & \left[\int_t^{\tau_2} e^{-r(s-t)} \Gamma_M(s) Y(s) ds + 1_{\{v_2^*(t) = \tau_2\}} e^{-\lambda_2(\tau_2-t)} e^{-r(\tau_2-t)} V_{D2}(Y(\tau_2), \tau_2) \right. \\ & \left. + [(1 - e^{-\lambda_2(\tau_2-t)} 1_{\{v_2^*(t) = \tau_2\}} + 1_{\{v_2^*(t) < \tau_2\}}] e^{-r(\tau_2-t)} V_{D1}(Y(\tau_2), \tau_2) \mid F_t \right] \end{aligned} \quad (15)$$

下标 1M2 表示如果模仿者继续模仿时领先者的项目价值。公式 (15) 包括三个部分: 第一部分是领先者从 t 时刻到垄断阶段结束时的项目价值; 第二部分是模仿者完成模仿后领先者在双头垄断阶段所能获得的项目价值折现的 t 时刻的价值; 第三部分是模仿者遭遇灾难事件或者放弃模仿时领先者在双头垄断阶段所能获得的项目价值折现的 t 时刻的价值。

如果在 t 时刻, 模仿者由于遭遇灾难事件或者放弃项目而退出市场时, 领先者的价值可以分解如下:

$$V_{1M1} \equiv Y_{D1}(Y(t), t) = \frac{a}{(r - \mu_y) \sqrt{2eb}} [1 - e^{-(r - \mu_y)(T-t)}] Y(t), t \in [\tau_1, \tau_2] \quad (16)$$

下标 1M1 表示模仿者退出市场时领先者的项目价值。

(三) R&D 阶段的价值计算

在 R&D 阶段, 即从时刻 0 到时刻 τ_1 , 只有领先者进行投资, 模仿者则进行等待。领先者在 R&D 阶段的价值可以分解如下:

$$\begin{aligned} V_{1R\&D}(Y(t), K_1(t), K_2(t), t) \equiv \max_{v_1 \in S(F)} E^Q & \left[- \int_t^{\tau_1} e^{-(r+\lambda_1)(s-t)} Ids \right. \\ & \left. + 1_{v_1 = \tau_1} e^{-(r+\lambda_1)(s-t)} V_{1M2}(Y(\tau_1), K_2(\tau_1), \tau_1 \mid F_t) \right] \end{aligned} \quad (17)$$

下标 1R&D 表示领先者在 R&D 阶段的价值。公式的前一部分是指从时刻 t 到完成 R&D 阶段还需花费的成本, 后一部分是指领先者在垄断阶段所能实现的价值折现到时刻 t 的价值。对于公式中的领先者在 R&D 阶段的价值求解问题, 其边界条件是:

$$V_{1R\&D}(Y(\tau_1), 0, K_2(\tau_1), \tau_1) = V_{1M2}(Y(\tau_1), K_2(\tau_1), \tau_1 \mid F_t) \quad (18)$$

如果领先者继续 R&D 投资, 那么在时刻 t , 领先者的价值为:

$$\begin{aligned} \bar{V}_{1R\&D}(Y(t), K_2(t), t) = E^Q & \left[- e^{-(r+\lambda_1)t} Idt \right. \\ & \left. + e^{-(r+\lambda_1)(s-t)} V_{1R\&D}(Y(t) + dY(t), K_1(t) + dK_1(t), K_2(t) + dK_2(t), t + dt) \mid F_t \right] \end{aligned} \quad (19)$$

如果 $\bar{V}_{1R\&D}(Y(t), K_1(t), K_2(t), t)$ 为正, 那么领先者将继续 R&D 的投资; 反之, 领先者将放弃 R&D 投资。所以有:

$$V_{1R\&D}(Y(t), K_1(t), K_2(t), t) = \max \{ \bar{V}_{1R\&D}(Y(t), K_1(t), K_2(t), t), 0 \} \quad (20)$$

我们利用 Longstaff-Schwartz 模型的一个变形, 求解本文所提出的模型。^[18]

三、数值求解过程及结果

(一) 数值求解过程

我们先模拟出 100 000 条离散的样本路径, 每个时间点上三个状态变量 (Y, K_1 和 K_2)。因此, 我们可以简单地决定每条路径上的两个关键时间点 (τ_1 和 τ_2)。

在双头垄断阶段, 两家企业的价值可以利用公式(9)和公式(10)来进行计算。在模仿阶段, 模仿者未来现金流的价值可以利用公式(13)来进行估计。而在领先者的垄断销售阶段, 模仿者继续模仿和放弃模仿时领先者未来利润的价值可以用公式(15)和公式(16)分别表示。在 R&D 投资阶段, 我们只要估计领先者未来现金流的价值即可, 见公式(19)。

最后, 我们可以计算出每条样本路径下, R&D 项目分别给领先者和模仿者带来的净现值, 将这些净现值进行平均, 就得到项目在 0 时刻给领先者和模仿者带来的价值。

关于模拟参数的初始设置如表 1 所示。

表 1 模拟相关参数

模拟参数	初始设置	模拟参数	初始设置	模拟参数	初始设置	模拟参数	初始设置
投资率	10	模仿能力	10	a	10	需求漂移	0
投资波动率	0.5	模仿波动率	0.5	b	0.1	需求波动	0.25
无风险利率	0.05	溢出效应	0.5	垄断利润	13.56 244	λ_1	0.1
总成本	60	T	20	双头垄断利润	5.816 685	λ_2	0.1

(二) 溢出效应的影响

如表 2 所示, 对于领先者来说, 当不存在溢出效应时, R&D 项目的价值明显高于存在溢出效应时的价值, 甚至高于存在溢出效应时领先者和模仿者的价值总和; 而且企业放弃 R&D 投资的概率明显下降。因此, 从国家和社会的角度看, 应尽量限制 R&D 投资的溢出效应, 以提高 R&D 项目所能带来的社会总价值, 并更好地激励企业去进行 R&D 的投资, 增加社会创新的数量。

表 2 是否存在模仿行为情况下的对比

	领先者价值	模仿者价值	放弃 R&D	放弃模仿
存在溢出效应	5.8414	6.7857	36.99%	40.90%
不存在溢出效应	29.0900	—	14.48%	—

为了进一步说明溢出效应的大小对企业进行 R&D 的影响, 我们对溢出效应参数做了敏感性分析。由图 1 左图可以看出, 随着溢出效应的增强, 模仿者的价值不断上升, 但领先者的价值和社会总价值却是不断下降, 因此可以看出溢出效应对社会总价值具有破坏作用; 此外, 当溢出效应达到一定程度, 模仿者的价值也会下降, 因为这个时候领先者完成 R&D 投资的概率越来越小, 因此模仿者模仿的可能性也越来越小。由图 1 右图可以看出, 随着溢出效应的增大, 放弃 R&D 的概率越来越大, 而放弃模仿的概率越来越小; 但被模仿的概率则显示出先增后减的趋势, 这是因为随着溢出效应的增加, R&D 完成的概率越来越小, 因此被模仿的概率增长到一定程度也会逐渐减小。

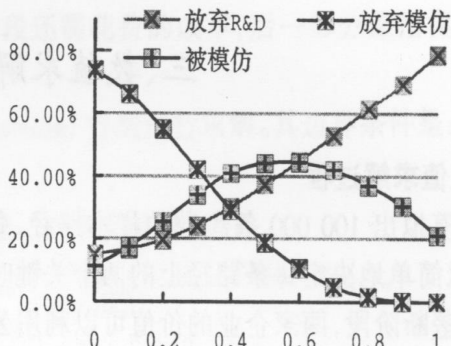
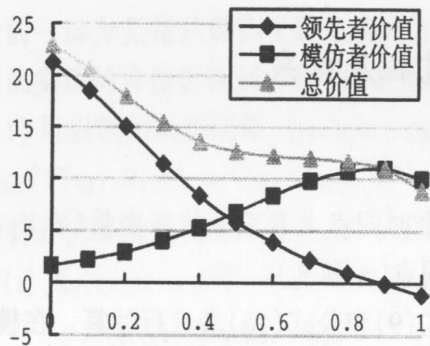


图 1 溢出效应的敏感性分析

(三) 模仿能力对 R&D 的影响

除了溢出效应以外,模仿者的模仿能力对 R&D 的影响也是巨大的,本文对模仿能力参数做了敏感性分析,如图 2 所示。

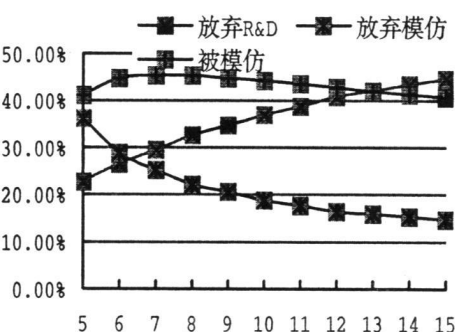
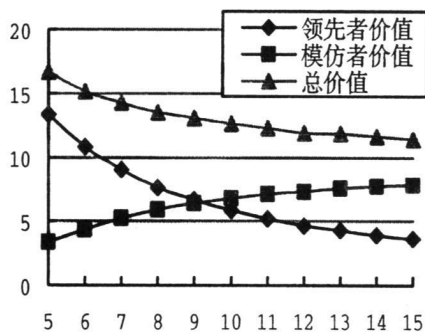


图 2 模仿能力的敏感性分析

比较图 1 和图 2 可以看出,溢出效应和模仿能力对 R&D 项目的影响是相似的,二者都提高模仿者的价值,降低了领先者的价值和总价值,并导致放弃 R&D 的概率上升。但是,当存在强大模仿能力的模仿者时,领先者价值和总价值虽然也下降,但无论是价值的下降或者是放弃 R&D 概率的上升都相对比较缓慢;而且被模仿的概率保持一个相对稳定的水平。这说明模仿者模仿能力相对溢出效应影响较小。

(四) 波动率的影响

根据 B-S 的期权模型,随着波动率的提高,期权的价值将上升,因此本文中也对波动率进行了敏感性分析。我们首先对成本的波动率做了敏感性分析,如图 3 所示,它反映了研究过程的不确定性对 R&D 项目的价值以及完成 R&D 的概率的影响。

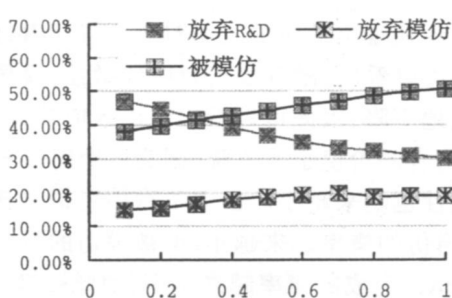
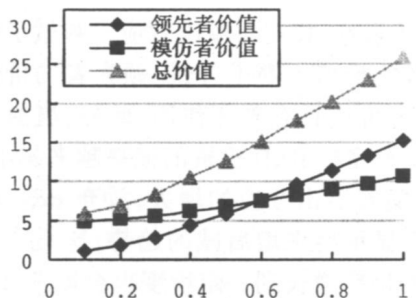


图 3 成本波动率的敏感性分析

由图3左图可以看出,随着成本波动率的增大,领先者的价值和社会总价值急剧增大,但模仿者价值虽然也增大,但变化较小;而且当成本波动率较小时,模仿者的价值高于领先者的价值,随着成本波动率的增大,领先者的价值慢慢地会超过模仿者的价值。由图3右图可以看出,随着成本波动率的增大,领先者放弃R&D的概率不断下降,最终导致R&D项目被模仿的概率上升。

研发过程的不确定性,从社会需要创新的角度看是有利的,因为它降低了放弃R&D的概率,因此也就提高了完成R&D的概率;同时研发过程不确定性的提高,使得领先者能获得大量的放弃期权,将大大提高R&D投资的价值,而且这个放弃期权主要由领先者获得,模仿者在放弃期权上获得的利益较少。

此外,市场需求的不确定性对于R&D项目的价值也有影响,因此我们对需求波动率进行敏感性分析,如图4所示。

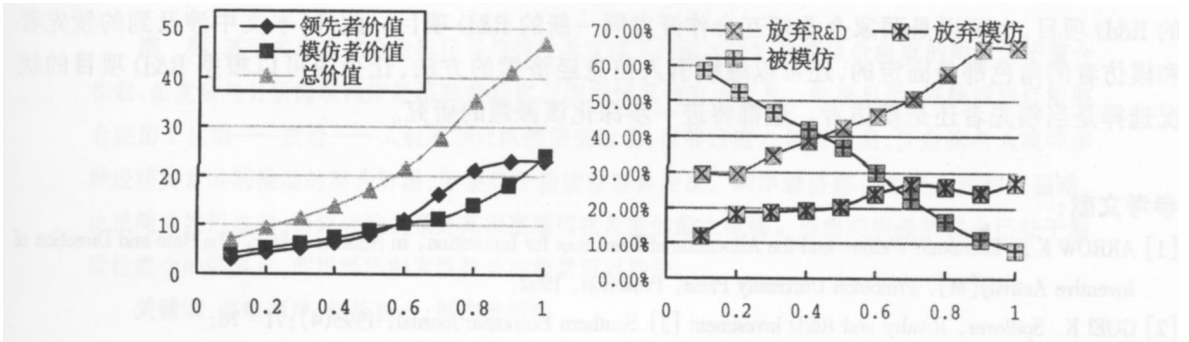


图4 需求波动率的敏感性分析

由图4左图可以看出,随着需求波动率的增大,领先者的价值和模仿者的价值有增大的趋势,这也导致总价值的急剧上升,但是领先者价值上升的趋势是先快后慢,而模仿者价值上升的趋势是先慢后快。而在图4的右图中,随着需求波动率的增大,放弃R&D的概率不断上升,因此完成R&D的概率也不断下降;同时由于需求波动率的增大,模仿者也更不愿意进行模仿而承担市场风险,被模仿的概率有下降的趋势。因此,需求波动率越高,从社会需要创新的角度看是不利的,它导致R&D项目更容易地被放弃;但需求波动率对于R&D项目价值的提升作用却是有利的。

结论

本文提出了一个模型用于分析存在溢出效应下的R&D项目的价值。在该模型中,利用了实物期权模型的框架来解决不确定性下的R&D项目的估价问题,同时将存在模仿的R&D项目视为一个动态不完全博弈的过程,并应用计算机模拟的方法来进行求解。最后,根据数值模拟的结果得到以下一些重要的结论:

第一,当存在溢出效应时,R&D项目的价值明显降低(不仅是领先者的价值降低,而且总价值也降低了),同时完成R&D项目的概率也明显降低,而且降低的幅度随着溢出效应的增大而增大。因此,从国家和社会的角度看,应尽量限制R&D投资的溢出效应,一方面有利于提高R&D项目的社会总价值,另一方面可以更好地激励企业去进行R&D的投资,提高R&D成功的概率,增加社会创新的数量。

第二,模仿能力对R&D项目价值的影响与溢出效应类似,当社会上存在强大的模仿者时,R&D投资的激励将会大大下降,而且导致R&D完成概率的下降,但两者的影响不尽相同。当溢出效应

高时, 领先者更容易主动放弃投资; 而当对手模仿能力强时, 领先者往往只能忍受着极低的价值回报, 极不情愿地完成 R&D 投资。因此, 当存在具有强大模仿能力的模仿者时, 企业可以和模仿者进行合作, 这样可以增加 R&D 项目的价值, 并提高 R&D 项目完成的概率。

第三, 研发过程的不确定性越强, 或是市场需求的不确定性越强, 都将提高 R&D 项目的价值; 但是研发过程的不确定性对领先者价值的提升大于对模仿者价值的提升, 而市场需求的不确定性对领先者和模仿者价值的影响几乎是一致的。而从促进 R&D 项目的完成方面看, 研发过程的不确定性降低了项目被放弃的可能性, 使得项目更可能研发成功, 但同时也提高了被模仿的概率; 而市场需求的不确定性则提高了项目被放弃的可能性, 使得项目更不容易被研发成功, 被模仿的概率也因而下降了。

本文所提出的模型还有很多的扩展空间, 如本文的模型只涉及到了一个领先者, 一个模仿者的情形, 但实际生活中还可能有多多个模仿者的情形, 或者是两家企业之间相互竞争, 同时开发同一新的 R&D 项目, 也可以是两家企业相互合作开发同一新的 R&D 项目。此外, 本文中涉及到的领先者和模仿者的角色都是固定的, 还可以继续引入信息经济学的方法, 让企业可以根据 R&D 项目的状况选择是当领先者还是模仿者。这都将进一步深化该课题的研究。

参考文献:

- [1] ARROW K J. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation, in Nelson, editor, The Rate and Direction of Inventive Activity[M]. Princeton University Press, Princeton, 1962.
- [2] GOEIK. Spillover, Rivalry and R&D investment [J]. Southem Economic Journal, 1995(4) : 71- 76.
- [3] MANSFIELD E, SCHWARTZ M, WAGNER S. Imitation Costs and Patents: An Empirical Study [J]. Economic Journal, 1981(6) : 907- 918.
- [4] PINDYCK R S. Investments of uncertain cost [J]. Journal of Financial Economics, 1993(1) : 53- 76.
- [5] SCHWARTZ E S, MOON M. Evaluating Research and Development Investments[M] // BRENNAN M J, TRIGEORGIS L. Innovation, Intrastructure and Strategic Options. New York: Oxford University Press, 2000.
- [6] SCHWARTZ E S. Patents and R&D as Real Options [J]. Economic Notes, 2004(1) : 23- 54.
- [7] MILTERSEN R, EDUARDO S. R&D Investments with Competitive Interactions[R]. working paper, 2003.
- [8] LONGSTAFF F A, SCHWARTZ E S. Valuing American Options by Simulation: A Simple Least- Squares Approach [J]. The Review of Financial Studies, 2001(1) : 113- 147.

[责任编辑: 叶颖玫]

Impact of Spillover Effects on Corporate R&D Behaviors

LI Zhi-wei

(School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian)

Abstract: Technological innovations are important means of competition for enterprises in the market, but spillover effects are inevitable. It is suggested that real option method and game theory can be used to model corporate R&D behaviors with spillover effects, and the model will reflect the impact of spillover effects on corporate R&D behaviors. The results of our simulation show that both spillover effects of R&D projects and imitation abilities of rivals will reduce the value and success probability of R&D projects. In addition, R&D process and uncertainty of market demand will enhance the value of R&D projects, though the former may increase the success probability of R&D projects while the latter may reduce it.

Key words: R&D behaviors, spillover effects, real options