

有限理性下群落中企业创新行为的进化博弈分析

于全辉

(西南政法大学 管理学院, 重庆 400031)

摘 要: 在有限理性条件下, 运用进化博弈论中的经典模型——猎鹿博弈模型, 对群落中企业创新行为的长期演化趋势进行了研究。结果表明, 在单群体模仿者动态分析时, 系统进化的长期均衡结果可能是合作策略, 也可能是不合作策略, 究竟沿着哪条路径到达哪一状态取决于系统的初始状态。而在多群体情形下, 即博弈双方在创新资源占有或者资金实力存在较大差异的情况下, 博弈双方合作的可能性很小, 往往是弱势类型企业更倾向于采用合作策略。

关键词: 企业群落; 创新行为; 企业进化博弈

中图分类号: F403.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)01-0083-04

0 引言

企业群落是指按专业化分工和协作原则形成的、集中在特定区域、在业务上相互联系的一群企业及相关结构(Michael. Porter, 1998)^[1]。在我国民营经济较发达的地区, 特别是浙、苏、闽、粤一带, 已经形成了乡镇企业群落和高新技术企业群落等不同类型的企业群落。企业群落式发展现象, 正如大自然生物群落的自然形成一样, 是“适者生存”的市场选择结果。与自然界的生物群落一样, 企业群落也是一个开放系统, 与周围企业生态环境相互作用、协同进化。

群落内的企业要在激烈的市场竞争中生存与发展, 必须不断地进行技术创新, 而创新资源不足是制约企业技术创新, 特别中小企业技术创新的一个关键因素。为了共享创新资源, 众多相互关联的企业会选择聚集形成技术创新群体, 通过合作创新以获取集群创新优势。群落内的企业之间相互学习与借鉴, 也推动了企业群落的技术进步和产业结构升级。如美国的硅谷、日本的筑波、韩国的 Taedok、印度的班加罗尔、芬兰的赫尔辛基、台湾的新竹等成功的创新型企业群落, 其集群创新优势在实践中凸现出来。刘友金(2003)^[2]在组织层面上明确提出了集群式创新(clustering innovation)概念, 认为集群式创新是企业技术创新的一种有效组织模式。

目前, 关于群落中企业创新行为的研究多采用实证方法, 也有学者采用合作博弈论来研究, 但是这些研究的局

限在于它们是从静态、微观的角度来分析的。本文尝试采用进化博弈论方法对群落中企业的创新行为进行研究, 从单群体模仿者动态和多群体模仿者动态两个角度, 以企业创新群体为研究对象, 来探讨群落内创新投资决策是否一定会发生以及企业在创新投资决策中合作竞争策略行为的稳定性问题。

1 进化博弈模型

进化博弈理论最初产生于行为生态学, 在 Smith 和 Price(1973)发表的创造性论文中首次提出进化稳定策略概念(evolutionary stable strategy, ESS)以后, 才标志着进化博弈理论的正式诞生(方齐云, 2005)^[3]。进化博弈理论把博弈理论分析和动态演化过程分析结合起来, 从有限理性的个体出发, 以群体行为为研究对象, 认为现实中个体并不是行为最优化者, 个体的决策是通过个体之间模仿、学习和突变等动态过程来实现的。

在进化博弈理论中应用最多的是由 Taylor 和 Jonker (1978)^[4]提出的模仿者动态(replicator dynamics)模型。模仿者动态是进化博弈理论的基本动态, 它能较好地描绘出有限理性个体的群体行为变化趋势。Selten(1980)^[5]引入角色限制行为(role conditioned behavior)把群体分为单群体(monomorphic population)与多群体(polymorphic populations), 进而将进化博弈动态模型分为两大类: 单群体动态模型与多群体动态模型。单群体动态模型是指所考察的对象只含有一个群体, 并且群体中的个体都有相同的纯策略

集,个体与虚拟的参与人进行对称博弈。多群体动态模型是指所考察的对象中含有多个群体,不同群体中的个体可能有不同的纯策略集,不同群体中的个体之间进行的是非对称博弈。在实践方面,进化博弈论有着非常广泛的应用。国外学者如 Kandori, M⁹等认为,人类的经济社会行为是有限理性个人的动态博弈,是对环境变化和经济社会发展的适应性进化。国内学者,如李少斌(2003)^[7]在研究企业家创新投资决策时运用了进化博弈论方法,认为政府与企业家是一对为创新进行决策的博弈主体;刘振彪、陈晓红(2005)^[8]则将处于相同境况的企业家视为一个群体。

本文把创新环境中群落内所有的企业看作一个大群体,群落内每一个企业的技术创新只有两种策略可供选择,即要么采取合作策略,要么采取不合作策略。合作策略是指参与人积极与对方合作共同开发,进行创新投资;不合作策略是指参与人不愿意与对方合作,独立进行创新投资。假定企业群落通过“物竞天择,适者生存”的原则演化发展,群落中的企业根据其他成员的策略选择,考虑自身在群体中的相对适应性,来选择和调整各自的策略。

群落中企业创新行为博弈的支付矩阵结构与猎鹿博弈模型相似。猎鹿博弈是基于 Rousseau 的猎鹿故事提出的,是进化博弈理论的一个实例。其基本含义是当猎手们出外围猎时若单打独斗只能逮到兔子,但是当大家一起合作围猎时,则能够逮到更有价值的鹿。因此,猎鹿博弈的两种纯策略分别为合作型的“鹿”策略(记为 S₁)和不合作型的“兔”策略(记为 S₂)。根据猎鹿博弈的思想建立群落中企业创新行为博弈的支付矩阵,如图 1。

		列博弈方	
		合作	不合作
行 博 弈 方	合作	a,a	b,c
	不合作	c,b	d,d

(注:c<a,b<d<a)

图 1 猎鹿博弈双方的支付矩阵

2 单群体模仿者动态:二人对称合作博弈的ESS

单群体模仿者动态模型把一个生态环境中所有的种群看作一个大群体,而把群体中每个种群都想象为一个特定的纯策略,群体在不同时刻所处的状态一般用混合策略来表示。在进化博弈模型中,2×2 对称博弈的特征是博弈双方在策略和支付方面都是对称的。因此,参与人究竟是在行博弈方的位置博弈还是在列博弈方的位置博弈并没有区别。这种博弈适合于在由相似个体组成的单群体成员之间随机配对重复博弈的框架下进行分析。2×2 猎鹿博弈是 2×2 对称博弈的一个经典例子,根据图 1 所示的支付矩阵,用行列式表示,记 A 为行博弈方,经过行列式变换得,

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \iff A = \begin{pmatrix} a-c & 0 \\ 0 & d-b \end{pmatrix}$$

根据 Taylor 和 Jonker (1978) 提出的连续时间模仿者动态模型,得到 2×2 猎鹿博弈的模仿者动态方程为:

$$\frac{dx}{dt} = x(1-x)[(a-c-b+d)x - (d-b)] \quad (1)$$

其中,x表示群落中企业创新采用合作策略 S₁ 的比例,1-x 表示企业采用不合作策略 S₂ 的比例, $\frac{dx}{dt}$ 则表示群落中采用合作策略时 S₁ 的增长率。

令 $\frac{dx}{dt} = 0$, 得到 2×2 猎鹿博弈模仿者动态方程的 3 个均衡点,分别是 $x^*=0, x^*=1, x^* = \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$ 。对应于经典博弈理论,猎鹿博弈有两个纯策略纳什均衡 (S₁, S₁)、(S₂, S₂) 和一个混合策略纳什均衡 (, 1-) (记 $= \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$)。

接下来,我们来检验和验证 2×2 猎鹿对称博弈的两个纯策略纳什均衡是进化稳定策略,而混合策略纳什均衡 (, 1-) 不是进化稳定策略。一个策略 x 是一个 ESS, 当且仅当它满足以下两个条件之一^[9]:

第一顺序条件: $u(y,x) < u(x,x), \forall y \neq x$;

第二顺序条件: $u(y,x) = u(x,x) \implies u(y,y) < u(x,y), \forall y \neq x$ 。

其中,u 为支付函数,第一顺序条件为纳什均衡条件,第二顺序条件为稳定性条件,y 为突变策略 (mutant strategy)。显然,当条件一为严格不等式时,x 必为 ESS。当条件一为等式时,y 为 x 的最佳反应。

在 2×2 猎鹿对称博弈模型中,两个纯策略纳什均衡 $x^*=0$ 和 $x^*=1$ 是 ESS, 因为在该博弈中,博弈双方都采取 S₁, 或都采取 S₂ 是严格纳什均衡策略,满足第一顺序条件,即条件一为严格不等式;而混合策略 $x^* = \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$ 不是严格纳什均衡策略,策略 $x^* = \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$ 同时不满足条件一和条件二,因此不是 ESS。下图 2 是单群体情形下的系统进化过程图。

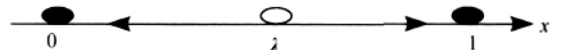


图 2 单群体情形下的系统进化

从上图中可以看出,若初始状态 $x_0 < \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$, 复制动态会收敛到 $x^*=0$, 即群落中所有的企业创新都采用不合作策略 S₂, 只能得到各自的小额利益,体现了“小富即安”的思想,创新和合作意识不强;而若初始状态 $x_0 > \frac{d-b}{(a-c)+(d-b)}$, 复制动态会收敛到 $x^*=1$, 即群落中所有的企业创新都采用合作策略 S₁, 都能得到各自的最大利益,实现双赢的局面。因此,系统在单群体情形下进化的路径选择和均衡取决于系统的初始状态。确切地说,取决于参数 $\eta = \frac{a-c}{d-b}$ 。若 $\eta = \frac{a-c}{d-b}$ 的分子越大,分母越小,参数 η 就越大,即合作的前景越好、依赖现状越危险,那么系统收敛到 $x^*=1$, 即所有的企业创新行为都采用合作策略 S₁ 的概率就会越大。

3 多群体模仿者动态: 二人非对称合作博弈的ESS

3.1 模仿者动态方程

下面引入个体角色区分继续分析上面的博弈。当处于单群体时, 由于群体中的个体无角色区分, 因而无法分离出不同群体的个体; 而多群体就不同了, 不同角色的个体可以从群体中分离出来。2×2 猎鹿对称博弈模型的观点是博弈双方的差异只表现在策略行为的选择上, 而在其它方面不存在差异。但实际上, 除了博弈双方可能在策略识别上存在差异外, 群落中的企业在创新投资决策时还存在着其它一些重要差异。比如存在着对创新资源占有的差异、企业实力大小的差异等等。

因此, 在多群体情形下, 行博弈方和列博弈方是有区别的(记为类型 R 和类型 L)。本文假设有两种创新群体类型: 具有创新资源或资金优势的强势类型 R(如产品差异化能力强的企业)和创新资源或资金优势相对较弱的弱势类型 L(如产品差异化能力弱的企业)。进一步, 若两类企业在创新过程中采取合作策略, 意味着双方创新资源共享, 风险分担, 利益分享; 而不合作意味着两类企业通过各种手段争抢创新资源, 独立进行技术创新项目开发, 承担创新的风险和失败所带来的损失, 但可以获得大部分的创新收益, 若双方都独立进行开发将造成恶性竞争的结果。显然, 这是一种典型的非对称博弈。为了讨论方便, 我们对上图 1 的猎鹿博弈支付矩阵作一些变化, 对非对称博弈构造如下支付矩阵, 见图 3。

		群体 L	
		S_L, y	$S_L, 1-y$
群 体 R	S_R, x	a_1, a_2	$0, c_2$
	$S_R, 1-x$	c_1, a_2	d_1, d_2

注: $d_2 < d_1 < 0 < a_2 < a_1 < c_2 < c_1$

图 3 非对称博弈支付矩阵

假设在类型 R 中, 采用合作策略 S_R 的比例为 x , 采用不合作策略 S 的比例为 $1-x$; 在类型 L 中采用合作策略 S_L 的比例为 y , 采用不合作策略 S 的比例为 $1-y$, 则非对称博弈的模仿者动态方程为:

$$\frac{dx}{dt} = x(1-x)[d_1 - (a_1 - c_1 + d_1)y] \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1-y)[d_2 - (a_2 - c_2 + d_2)y] \quad (3)$$

3.2 非对称博弈求解

我们首先对创新群体类型 R 的参与人群体的模仿者动态方程进行分析, 令 $\frac{dx}{dt} = 0$, 得 $x^* = 0, x^* = 1, y^* = \frac{d_1}{a_1 - c_1 + d_1}$; 同样地, 对创新群体类型 L 的参与人群体的模仿者动态方程进行分析, 当 $y^* = 0, y^* = 1, x^* = \frac{d_2}{a_2 - c_2 + d_2}$ 时, $\frac{dy}{dt} = 0$ 。因此,

该系统有 5 个局部均衡点, 分别是 $(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), (\frac{d_2}{a_2 - c_2 + d_2}, \frac{d_1}{a_1 - c_1 + d_1})$ 。

对于一个由微分方程系统描述的群体动态, 其均衡点的稳定性是由该系统得到的雅克比矩阵的局部稳定分析得到的^[11]。根据局部稳定分析法对 5 个均衡点进行稳定性分析, 得到 $E_2(0, 1)$ 和 $E_3(1, 0)$ 两个点是稳定的, 是 ESS。另外, 该进化系统有两个不稳定的均衡点 $E_1(0, 0)$ 和 $E_4(1, 1)$, 及一个鞍点 $E_5(\frac{d_2}{a_2 - c_2 + d_2}, \frac{d_1}{a_1 - c_1 + d_1})$ 不满足稳定性条件。上述两个类型参与人博弈的动态过程可以表示为如图 4 所示的状况。

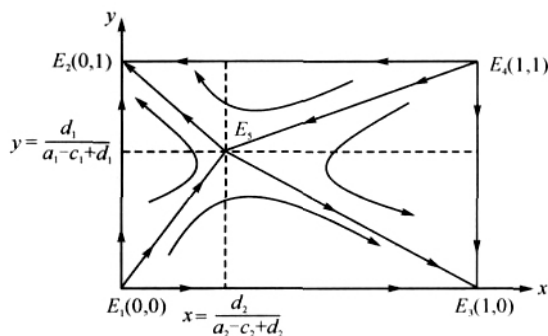


图 4 多群体情形下系统的动态进化

在图 4 中, 由两个不稳定的均衡点 E_1, E_4 和鞍点 E_5 连成的折线是系统收敛于不同状态的临界线, 它将相图分成两个区域, 即在折线左上方的 $E_1 E_5 E_4 E_2$ 区域和在折线右下方的 $E_1 E_5 E_4 E_3$ 区域。从图 4 中还可以看出, $E_2(0, 1)$ 和 $E_3(1, 0)$ 都是这个博弈的 ESS, 但是其最终收敛到哪个策略要看系统的初始状态。当初始状态落在 $E_1 E_5 E_4 E_2$ 区域时, 系统将会收敛于 $E_2(0, 1)$, 即创新群体强势类型 R 的群体将会采用不合作策略 S , 而创新群体弱势类型 L 的群体将会采用合作策略 S_L ; 而当初始状态落在 $E_1 E_5 E_4 E_3$ 区域时, 系统将会收敛于 $E_3(1, 0)$, 即创新群体强势类型 R 的群体将会采用合作策略 S_R , 而创新群体弱势类型 L 的群体将会采用不合作策略 S 。也就是说, 在创新投资过程中, 强势类型的大企业和弱势类型的小企业都有可能采取合作策略或者不合作策略, 而究竟采取哪种策略取决于现实中双方力量的对比和利益的大小。

另外, 鞍点 $E_5(\frac{d_2}{a_2 - c_2 + d_2}, \frac{d_1}{a_1 - c_1 + d_1})$ 是系统演化的阈值, 当系统的初始状态在这两个值附近时, 初始状态的微小变化将影响到系统演化的最终结果, 这是系统对初始条件的敏感性; 当系统的初始状态落在 $E_1 E_5 E_4 E_2$ 区域和 $E_1 E_5 E_4 E_3$ 区域时, 系统演化的最终状态是确定的, 这又表现出系统演化结果对初始条件的依赖性。

3.3 模型参数解释

在系统进化过程中, 系统进化是长期的, 且并不总是收敛于最优的均衡状态。系统进化以什么样的方式向哪一路径进化与系统进化的初始状态有关。同时, 诸多因素的变化也会影响系统进化的路径选择和最终的均衡结果。从

公式(2)和公式(3)可知,影响系统进化的参数有:创新群体合作或不合作的各自利益 a_1 和 a_2 、 d_1 和 d_2 以及鞍点 $E_5\left(\frac{d_2}{a_2-c_2+d_2}, \frac{d_1}{a_1-c_1+d_1}\right)$, 以下分别对其进行讨论。

(1) $d_2 < d_1 < 0 < a_2 < a_1 < c_2 < c_1$ 。在多群体情形下, 本文将创新群体分成两种类型 R 和 L, 分别对应于具有创新资源或资金优势的强势类型和处于创新资源或资金劣势地位的弱势类型。在创新投资过程中, 强势类型创新群体与弱势类型创新群体双方合作时的预期收益分别为 a_1 和 a_2 , 而双方不合作时的预期收益分别为 d_1 和 d_2 , 且 $0 < a_2 < a_1, d_2 < d_1 < 0$ 。

(2) $\left(\frac{d_2}{a_2-c_2+d_2}, \frac{d_1}{a_1-c_1+d_1}\right)$ 。由于强势类型创新群体的有限理性程度较高, 而且独立创新能力强, 因而强势类型创新群体采用合作策略 S_0 的概率要小于弱势类型创新群体。

(3) 均衡点 E_1, E_4 和鞍点 E_5 连成的折线 $E_1E_5E_4$ 。从图 4 可以发现, d_1 的绝对值较小、 a_1 越大, 折线 $E_1E_5E_4$ 左上方的面积将越大, 系统收敛于均衡点 E_2 的概率增加, 越来越多的弱势类型的小企业会选择合作策略 S_0 ; 而 d_2 的绝对值越小、 a_2 越大, 折线 $E_1E_5E_4$ 右下方的面积将越大, 系统收敛于均衡点 E_3 的概率增加, 越来越多的强势类型的大企业会选择合作策略 S_0 。

4 结论与思考

进化博弈理论建立在有限理性参与人假定的基础之上, 认为现实中参与人并不能免费获得决策所需要的信息, 也不具有无限的信息处理能力, 所以参与人并不满足理性要求。本文运用进化博弈方法对群落中企业创新行为的动态均衡从单群体动态拓展到多群体动态进行了深入分析, 得出以下结论:

(1) 在单群体情形下, 系统进化的长期均衡结果可能是合作策略, 也可能是不合作策略, 究竟沿着哪条路径到达哪一状态取决于系统的初始状态。确切地说, 取决于参数。当合作的前景越好、依赖现状越危险时, 系统收敛到 $x^*=1$, 即所有的企业创新行为都采用合作策略 S_0 的概率就会越大。

(2) 在多群体情形下, 引入角色限制行为, 将群落中的企业类型分成强势类型和弱势类型两类, 发现 $E_2(0, 1)$ 和 $E_3(1, 0)$ 是这个博弈的 ESS, 即在创新投资过程中, 产品差异化能力强的强势类型企业和差异化能力弱的弱势类型企业会分别采取合作策略或者不合作策略。换句话说, 在多群体情形下, 即在创新资源占有或者资金实力存在较大

差异的情况下, 博弈双方同时采取合作策略的可能性很小, 往往是差异化能力弱的弱势类型企业更倾向于采用合作策略来进行共同开发。而在单群体情形下, 即博弈双方在创新资源占有或者资金实力相当的情形下, 双方合作才容易形成。

与自然界的生物群落一样, 企业群落也是一个开放的系统, 具有类似于生物群落的行为特征。因此, 群落内的企业创新行为可以参照生物学意义上的进化博弈模型。本文的创新之处就在于运用进化博弈论这种在有限理性下由时间进程作用实现均衡的思维方法, 来研究企业群落中的创新行为, 为企业和政府的创新决策提供依据。作为进一步的研究方向, 从创新的微观主体——企业来看, 其市场开拓、新产品开发研究、管理创新等创新决策都适合用进化博弈论的模式来研究。从创新的宏观主体——政府来看, 由于创新是一个“试错”过程, 创新本身具有外部性, 因而研究政府在创新方面如何进行政策激励也是一个很有意义的研究方向。

参考文献:

- [1] Michael. Porter. Cluster and the New Economics of Competition[J]. Harvard Business Review, 1998, (6): 77- 90.
- [2] 刘友金, 郭新. 集群式创新形成与演化机理研究[J]. 中国软科学, 2003(2): 91- 95.
- [3] 方齐云, 郭炳发. 演化博弈理论发展动态[J]. 经济学动态, 2005(2): 70- 72.
- [4] Taylor, Jonker. Evolutionarily Stable Strategy and Game Dynamics[J]. Mathematic Bioscience, 1978(40): 145- 156.
- [5] Selten, R. A Note on Evolutionarily Stable Stratifies in Asymmetric Animal Conflicts [J]. Journal of Theoretical Biology, 1980, (84): 93- 101.
- [6] Kandori, M, G. Mailath, R. Rob. Learning, Mutation, and long-run Equilibria in Games [J]. Econometrica, 1993(61): 29- 56.
- [7] 李少斌. 政府与企业家创新的进化博弈分析[J]. 当代财经, 2003(7): 76- 78.
- [8] 刘振彪, 陈晓红. 企业家创新投资决策的进化博弈分析[J]. 管理工程学报, 2005(1): 56- 59.
- [9] Weibull. J. Evolutionary Game Theory [M]. Cambridge, MA, London: MIT Press, 1995.
- [10] 王永平, 孟卫东. 供应链企业合作竞争机制的演化博弈分析[J]. 管理工程学报, 2004(2): 96- 98.
- [11] Friedman. D. Evolutionary Games in Economics [J]. Econometrics, 1991(59): 637- 666.

(责任编辑: 高建平)