

Simulation Study on Evolutionary Game Model between Small Technology-Based Firms and Banks under Verification System

Huafeng Chen Mu Zhang Lan Xiang

School of Finance, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang Guizhou 550025, China

Abstract

In this paper, under the evolutionary game theory, the risk compensation funds are added to establish the evolutionary game model of the small technology-based firms and the bank loans under the verification system, and the evolutionary game results of the four different evolution strategies are studied by Matlab simulation. Finally, we give some suggestions of the choice of strategy and the formulation of loans.

Keywords

Evolutionary game model; small technology-based firms; risk compensation funds; verification system

核查制度下科技型中小企业与银行间的演化博弈模型及仿真研究

陈华丰 张目 向岚

贵州财经大学金融学院, 贵阳 550025, 中国

摘要: 本文在演化博弈理论下, 加入风险补偿资金, 建立了核查制度下科技型中小企业与银行贷款演化博弈模型, 并运用 Matlab 仿真研究了 4 种不同演化策略下模型演化博弈结果. 最后, 对博弈双方的策略选择和贷款制定制定给出一些建议。

关键词: 演化博弈模型; 科技型中小企业; 风险补偿资金; 核查制度; 仿真

1. 引言

科技型中小企业作为提高综合国力和国家竞争优势的重要源泉, 它的发展关系整个国家经济的未来。与一

般的中小企业相比,科技型中小企业的最大区别是在于它主要从事高新技术产品的研究开发、生产与销售,拥有较强的创新能力和较强的发展潜力。我国政府一直积极探索如何通过政策导向,发挥政府宏观调控的作用,增强我国自主创新能力,使科技创新成为撬动我国经济增长的新动力。因此,促进科技型中小企业快速发展将增强我国的科技创新能力,推动我国经济的快速发展。但是科技型中小企业具有高风险、规模小、有形资产少、无形资产多和信用等级低等特点,导致了它融资十分困难。部分学者在中小企业自身缺陷的方面做了一些研究。例如,

银行作为主要放贷机构,面对科技型中小企业的一系列特点,以及放贷过程中的信息不对称和道德风险。这使得银行产生“惜贷”现象,使科技型中小企业融资困难。余明桂,潘红波(2008)^[1]研究发现,有政治关系的企业比无政治关系的企业获得更多的银行贷款和更长的贷款期限,而且,在金融发展越落后、法治水平越低和政府侵害产权越严重的地区,政治关系的这种贷款效应越显著。姬会英(2011)^[2]研究发现由于金融机构贷款的发放程序、经办环节等大致相同,而每户中小企业平均获得的贷款规模大大低于大企业,因而中小企业每笔贷款的经营成本对金融机构来说相对较高。张目,周宗放(2012)^[3]利用 k - means 聚类算法从初始聚类中心开始,得到最终的聚类中心,然后对信用等级进行分区。从而实现了企业的信用评级。刘金文(2012)^[4]发现中小企业外部融资主要依靠银行贷款的情况下,中小企业信贷市场存在的“逆向选择”和“道德风险”问题进一步加剧了中小企业的资金短缺,贷款难已经成为制约中小企业发展的“瓶颈”。张晓玫,钟祯(2013)^[5]基于上市中小企业 2008 年

银行贷款数据,对我国银行规模和上市中小企业贷款之间的关系进行了实证。得出结论:在中国,小银行不应将优质上市中小企业作为贷款对象。颜白鹭(2015)^[6]采用因子分析法,建立非均衡模型对中小企业融资供需情况进行分析,并运用 Fisher 判别研究了中小企业银行贷款违约的影响因素。研究发现,无论是民间借贷还是银行贷款,都倾向于向规模更大的企业提供融资;民间借贷多、民间借贷利率高的中小企业,银行贷款违约的可能性更大。

综上所述,国内外学者对中小企业融资问题的研究成功比较丰富,但对科技型中小企业融资问题研究的较少。本讨论了在有限理性的前提下,将演化博弈理论应用在科技型中小企业与银行之间的博弈问题上,建立了核查制度下科技型中小企业与银行贷款演化博弈模型,对企业行为策略选择与银行行为策略选择的互动机制进行分析。旨在促进银行发放贷款,科技型中小企业能按时还款,从而改善科技型中小企业的融资难现状。

2. 模型建立

演化博弈理论的形成和发展大致经历三个阶段:首先,生物学家从博弈论中得到启示,运用博弈论建构各种生物竞争演化模型,包括动物竞争、性别分配以及植物的成长和发展等;接着,生物学家根据生物演化的自身规律,对传统博弈论进行改造,包括将传统博弈论中支付函数转化为生物适应度函数、引入突变机制将传统的纳什均衡精炼为演化稳定均衡以及引入选择机制建构复制者动态模型。随后,鉴于演化博弈对传统博弈的拓展,经济学家又反过来借鉴生物学家思想,将演化博弈运用到经济

学中，这又进一步推动演化博弈的发展^[7]。

2.1. 核查制度下科技型中小企业与银行贷款演化博弈模型

演化博弈模型假设：①博弈中仅有两个参与者：科技型中小企业（和银行，博弈双方都是有限理性的）。②行为策略：科技型中小企业的策略选择集合为 $S_1 = \{ \text{逾期违约, 按时还款} \}$ ；银行的策略选择集合为 $S_2 = \{ \text{核查, 不核查} \}$ 。③行为策略采取的比例：科技型中小企业和银行博弈的初始阶段，假设科技型中小企业采取逾期违约的概率为 $1-q$ ，采取按时还款的概率为 q ；银行采取贷款的概率为 p ，采取不贷款的概率为 $1-p$ 。④参数假设和基本解释： L ：科技型中小企业用于项目投资需要从银行贷款的资金； K ：企业用于项目投资的自有资金； a ：科技型中小企业投资项目成功时企业的收益率，失败时为 0； r ：银行的贷款利率； T ：贷款期限； i ：银行的资金成本率； r_0 ：政府部门设立风险补偿资金，在企业违约时给予放贷银行的 r_0 比例的补偿； p_i ：科技型中小企业投资项目成功的平均概率，且 $0 \leq p_i \leq 1$ ； C ：银行监管过程中核查到科技型中小企业在贷款后存在着骗贷的行为，将对科技型中小企业进行的惩罚； vL ：银行核查成本，并假设 $vL < C$ 。假设银行的贷后监管核查是 100% 有效，只要银行选择监管核查，即表示银行可以准确知晓科技型中小企业是否存在骗贷违约的行为。

结合上述银行和科技型中小企业在各种情况下的收益分析建立支付矩阵，如表 1 所示。

表 1：支付矩阵

		科技型中小企业	
		逾期违约	如期还款
核 查 银 行	核	$p_i(C-vL)-(1-p_i)vL-L(1+i-r_0)(\text{银行})$	$p_i(Lr(T)-Li)-vL(\text{银行})$
	查	$p_i((L+K)a-C)(\text{企业})$	$P_i((L+K)a-Lr(T))(\text{企业})$
	不	$-L(1+i-r_0)(\text{银行})$	$p_i(Lr(T)-Li)(\text{银行})$
	核	$P_i(L+K)a(\text{企业})$	$P_i((L+K)a-Lr(T))(\text{企业})$

银行采取核查的期望收益、银行采取不核查的期望收益、银行采取核查和不核查策略的平均期望收益函数 U_{11} 、 U_{12} 、 U_1 分别为：

$$U_{11} = (1-q) (p_i(C-vL)-(1-p_i)vL-L(1+i-r_0)) + q (p_i(Lr(T)-Li)-vL) ;$$

$$U_{12} = (1-q) (-L(1+i-r_0)) + q (p_i(Lr(T)-Li)) ;$$

$$U_1 = pU_{11} + (1-p) U_{12}$$

企业采取逾期违约的期望收益、企业采取按时还款的期望收益、企业采取逾期违约和按时还款策略的平均期望收益函数 U_{21} 、 U_{22} 、 U_2 分别为：

$$U_{21} = p (p_i((L+K)a-C)) + (1-p) (P_i(L+K)a) ;$$

$$U_{22} = p (P_i((L+K)a-Lr(T))) + (1-p) (P_i((L+K)a-Lr(T))) ;$$

$$U_2 = (1-q) U_{21} + qU_{22}$$

进而构建银行和企业策略的复制者动态方程组：

$$\frac{dp}{dt} = p(U_{11} - U_1) =$$

$$p(1-p)((1-q)(p_iC-vL-qvL))$$

$$\frac{dq}{dt} = q(U_{22} - U_2) =$$

$$q(1-q)(pp_iC - p_iLr(T))$$

3. 模型仿真分析

该复制者动态方程组的均衡点 $E(q, p)$ 有 5 个局部均衡点, $E_1(0, 0)$, $E_2(1, 0)$, $E_3(0, 1)$, $E_4(1, 1)$, $E_5(q^*, p^*)$, 其中 $q^* = \frac{p_i C - vL}{p_i C}$, $p^* = \frac{Lr(T)}{C}$, 且 $0 < \frac{p_i C - vL}{p_i C}, \frac{Lr(T)}{C} < 1$ 。

为了描述简便, 我们令 $a = p_i(C - vL) - (1 - p_i)vL - L(1 + i - r_0)$, $b = p_i(Lr(T) - Li) - vL$, $c = -L(1 + i - r_0)$, $d = p_i(Lr(T) - Li)$, $e = p_i(La - C)$, $f = p_iL(a - r(T))$, $g = p_iLa$, $h = p_iL(a - r(T))$ 。根据 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h 的相对大小, 对复制系统在平衡点附近进行线性稳定性分析, 可以得到演化博弈模型的各种均衡情况^[8]。因模型假设易知, $b < d$, $g > h$ 。结合模型假设后, 分析发现复制系统有 4 种演化情况。

3.1. 演化情况 1

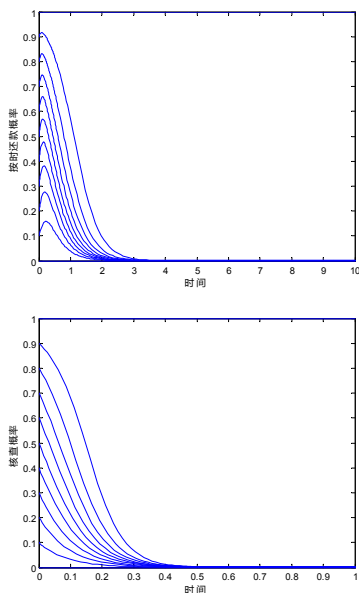


图 1: 演化情况 1 ($p_i=50\%$, $C=30$, $vL=20$, $L=100$, $r(T)=5\%$)

当模型参数满足 $a < c$, $b < d$, $e < f$, $g > h$ 时, $E_1(0, 0)$ 是稳定结点, $E_2(1, 0)$ 和 $E_4(1, 1)$ 是鞍点, $E_3(0, 1)$ 是不稳定结点。即在这种情况下, 科技型中小企业会采取“逾期违约”策略, 银行会采取“不核查”策略。设置参数如图 1, 进行仿真模拟, 得图 1。所得仿真结果与稳定性分析中的结果一致。如图分析, 银行策略的收敛速度较快, 在 0.5 个单位时间内所有博弈中“核查”策略已经趋向于 0。企业策略的收敛速度较慢, 在 3.5 个单位时间内所有博弈中“按时还款”策略趋向于 0。且 q 和 p 的起始博弈值设置的越小, 它趋向于稳定的速度就越快。还可以发现, 企业在博弈初始阶段“按时还款”的概率有一段上升的过程, 随后下降趋近于 0。可能是因为银行策略收敛的速度较快, 在 0.5 个单位时间内收敛至稳定策略“不核查”, 以至于企业选择“逾期违约”以便获得更大的收益。

3.2. 演化博弈 2

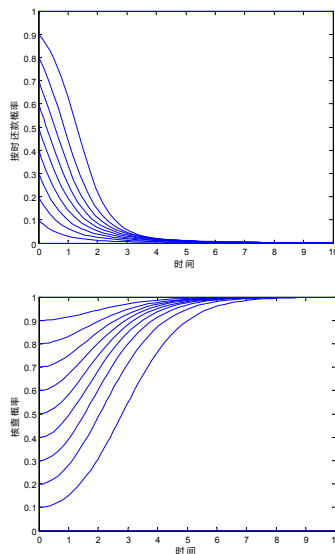


图 2: 演化情况 2 ($p_i=50\%$, $C=4$, $vL=1$, $L=100$, $r(T)=5\%$)

当模型参数满足 $a > c$, $b < d$, $e > f$, $g > h$ 时, $E_3(0, 1)$ 是稳定结点, $E_1(0, 0)$ 和 $E_2(1, 0)$ 鞍点, $E_4(1, 1)$ 是不稳定结点, 即在这种情况下, 科技型中小企业会采取“逾期违约”策略, 银行会采取“核查”策略。设置参数如图 2, 进行仿真模拟, 得图 2。所得仿真结果与稳定性分析中的结果一致。如图分析, 企业与银行博弈策略收敛的时间相近, 因此没有出现上一种在博弈初始阶段稳定策略概率向相反收敛方向运动的过程。

3.3. 演化情况 3

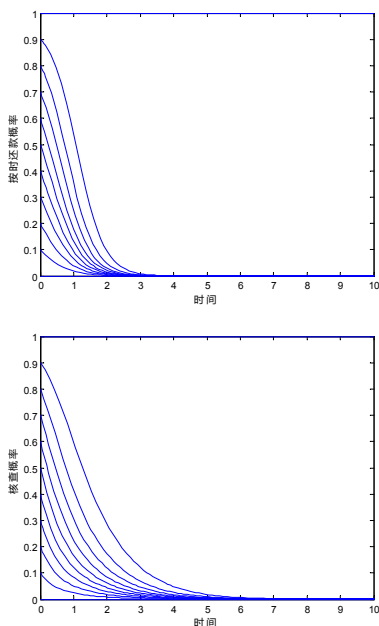


图 3: 演化情况 3 ($p_i=50\%$, $C=4$, $vL=3$, $L=100$, $r(T)=5\%$)

当模型参数满足 $a < c$, $b < d$, $e > f$, $g > h$ 时, $E_1(0, 0)$ 是稳定结点, $E_2(1, 0)$ 和 $E_3(0, 1)$ 鞍点, $E_4(1, 1)$ 是不稳定结点。即在这种情况下, 科技型中小企业会采取“逾期违约”策略, 银行会采取“不核查”策略。设置参数如图 3, 进行仿真模拟, 得图 3。所得仿真结果与理论结果一致。如图

分析, 企业策略的收敛速度较快, 在 3.5 个单位时间内所有博弈中“按时还款”策略的概率已经趋向于 0。且 X 得起始博弈值设置的越小, 它趋向于稳定的速度就越快。银行的收敛速度相对较慢, 大约在 7 个单位时间内所有博弈中“核查”策略已经趋向于 0。且起始博弈值设置的越小, 它趋向于稳定的速度就越快。在此种参数设置条件下, 科技型中小企业和银行收敛至稳定的时间相差不大, 但仍有先后。

3.4. 演化情况 4

当模型参数满足 $a > c$, $b < d$, $e < f$, $g > h$ 时, 在这种情况下, $E_1(0, 0)$, $E_2(1, 0)$, $E_3(0, 1)$, $E_4(1, 1)$ 是鞍点, $E_5(q^*, p^*)$ 是中心, 其中 $q^* = \frac{p_i C - vL}{p_i C}$, $p^* = \frac{Lr(T)}{C}$ 。科技型

中小企业和银行博弈的稳定策略概率在中点 $E_5(q^*, p^*)$ 附近震荡, 震荡的中心就是 $E_5(q^*, p^*)$ 。设置参数如图 4, 进行仿真模拟, 得图 4。如图分析, q 与 p 共同的博弈演化过程呈环形, 没有稳定点。 p 取值的变化会影响 q 取值的变化, q 取值的变化又会影响 p 取值的变化。为了自身利益的最大化, 科技型中小企业的策略选择会根据银行的策略选择而不断调整, 银行的策略选择也会根据科技型中小企业的策略选择而不断调整。 q 的取值先增大再逐渐减小, 之后一直如此循环。 p 的取值先减小至 0, 然后保持一段时间的稳定再逐渐增大, 之后一直如此循环。从图中还能发现, 起始博弈值越小, 博弈过程中策略的最大概率值也越小, 且循环周期也越短。

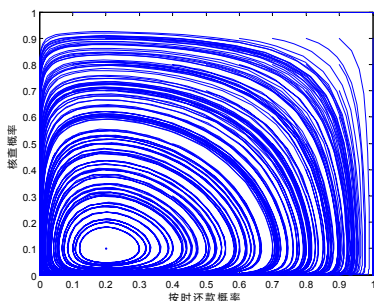


图 4: 演化情况 4 ($p_i=50\%$, $C=50$, $vL=20$,
 $L=100$, $r(T)=5\%$)

4. 结论

本文将演化博弈理论应用在银行与科技型中小企业之间的博弈问题上,对科技型中小企业贷款过程中,企业行为策略选择与银行行为策略选择的互动机制进行分析。结果发现,在演化情况 1、2、3 中,科技型中小企业的策略选择都是“逾期违约”。在演化情况 4 中,科技型中小企业和银行的策略选择围绕中心 $E_5(q^*, p^*)$ 震荡,并逐渐趋近于中心。并发现在这种演化情况下,科技型中小企业投资项目成功的平均概率(p_i)、对科技型中小企业进行的惩罚(C)与科技型中小企业“逾期违约”的概率呈反比。银行核查成本(vL)与科技型中小企业“逾期违约”的概率呈正比。银行贷款利息 $r(T)$ 与银行“核查”概率呈正比。

根据上述结论,本文建议①提升科技型中小企业投资项目成功的平均概率,政府应该对科技型中小企业投资项目提供一定的帮助。②加大违约时对科技型中小企业的惩罚力度,以使科技型中小违约时所要付出的代价更大,以降低科技型中小企业选择“预期违约”的概率。

致谢

基金项目: 本文获得 2017 年度贵州财经大学校级科研项目(青年项目)“贵州大数据产业集聚效应及金融支持体系研究”;贵州财经大学 2016 年度在校学生资助项目“贷款风险补偿机制下科技型中小企业信用风险感知及个主体间博弈仿真研究”资助。

参考文献

- [1] 余明桂, 潘红波. 政治关系、制度环境与民营企业银行贷款[J]. *管理世界*, 2008(8): 9-21.
- [2] 姬会英. 当前我国中小企业融资难的原因及对策探析[J]. *特区经济*, 2011, (2): 219-221.
- [3] Zhang M, Zhou Z. A Credit Rating Model for Enterprises Based on Projection Pursuit and K-Means Clustering Algorithm[J]. *Journal of Risk Analysis & Crisis Response*, 2012, 2(2): 131.
- [4] 刘金文. 基于中小企业、银行和政府三方动态博弈的中小企业贷款难题研究[J]. *金融监管研究*, 2012(9): 69-84.
- [5] 张晓玫, 钟祯. 银行规模与上市中小企业贷款——基于中国上市中小企业银行贷款数据的经验研究[J]. *南开经济研究*, 2013(2): 94-111.
- [6] 颜白鹭. 银行贷款、民间借贷与中小企业融资——基于对非上市中小企业调查数据的研究[J]. *金融监管研究*, 2015(5): 63-74.
- [7] 黄凯南. 演化博弈与演化经济学[J]. *经济研究*, 2009(2): 132-145.
- [8] 孙庆文, 陆柳, 严广乐, 等. 不完全信息条件下演化博弈均衡的稳定性分析[J]. *系统工程理论与实践*, 2003, 23(7): 11-16.