

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2020.06.007

政府与科技型企业创新发展的演化博弈与仿真研究

何燕子¹, 丁志鹏¹, 郭柯楠²

(1. 湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007; 2. 河南农业大学 信息与管理科学学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 我国进入创新高质量发展阶段, 研究如何高效稳定创新发展成为首要问题, 据此构建了政府和科技型企业的演化博弈模型, 研究两者在技术创新中的策略选择。首先, 通过复制动态方程求出模型的局部均衡点, 并对其稳定性进行分析, 然后运用 Matlab 软件对政府和科技型企业的交互行为演化稳定趋势进行数值仿真。研究表明: 基层政府的监管成本、监管获得的社会收益、上级政府对基层政府的督查力度、科技型企业进行技术创新的成本以及被基层政府惩罚的金额, 均可影响博弈双方的决策行为。因此建议从提升基层政府的监管能力, 完善惩罚制度; 将地区技术创新程度划入基层政府绩效考核指标; 政府激励科技型企业的技术创新主动性; 合作共赢, 提高创新效率, 缩减创新成本 4 个方面着手, 加快科技型企业技术创新的步伐, 推进社会全面高质量发展。

关键词: 政府; 科技型企业; 技术创新; 演化博弈; Matlab; 仿真分析

中图分类号: F224.32

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2020)06-0041-09

引文格式: 何燕子, 丁志鹏, 郭柯楠. 政府与科技型企业创新发展的演化博弈与仿真研究 [J]. 湖南工业大学学报, 2020, 34(6): 41-49.

Evolutionary Game and Simulation Study on Innovation Development Between Government and Technology-Oriented Enterprises

HE Yanzi¹, DING Zhipeng¹, GUO Kenan²

(1. Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. College of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: With China's entry into the stage of high-quality innovation development, the pursuit of an effective and stable innovation development has become the primary issue. Based upon this fact, an evolutionary game model of government and technology-oriented enterprises has thus been constructed to study the strategic choice of the two in technological innovation. Firstly, the local equilibrium point of the model can be obtained by copying the dynamic equation, followed by an analysis of its stability. Then, a numerical simulation is to be carried out of the stable trend of interaction behavior between government and technology-oriented enterprises by using Matlab software. The results show that such factors as the supervision cost of the local governments, the social benefits obtained by supervision, the supervision strength of the superior government on the local governments, the cost of technological innovation of technological enterprises and the amount of punishment by the local governments can affect the decision-making process of both sides of the game. Therefore, it is suggested to speed up the pace of technological innovation of science and technology enterprises so as to promote the overall and high-quality development of society from the

收稿日期: 2020-04-14

基金项目: 国家社会科学基金资助项目 (19BJY082), 湖南省社会科学评审委员会课题基金资助重点项目 (XSP20ZDI014)

作者简介: 何燕子 (1973-), 女, 湖南永顺人, 湖南工业大学教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事产业经济方面的教学与研究, E-mail: 248126415@qq.com

following four aspects: enhancement of the supervision ability of local governments, improvement of the punishment system, classification of the degree of regional technological innovation into the performance evaluation index of local governments, encouragement for the technological innovation initiative of scientific and technological enterprises, and acceleration of the innovation development and reduction of the innovation cost.

Keywords: government; technology-oriented enterprise; technology innovation; evolutionary game; Matlab; simulation analysis

0 引言

改革开放以来,我国经济稳定上升,并保持着较高的速度向前发展。党的十九大报告中指出,我国经济正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。

落后就要挨打,在科技强国的背景下,科技发展进程决定了国家的强弱,国家经济的增长离不开科技创新,科技的创新发展是经济增长的第一指标。在“十三五”期间,国家陆续出台了有利于中小企业发展的相关政策,“在三去一降一补”中,对企业减负尤为突出。科技型企业本身具备一定的科技创新能力以及产品研发导向,因此,在减税降费背景下,研究政府激励与惩罚措施对科技型企业的创新发展影响,构建政府与企业的互利情形,保证科技型企业能够在创新高质量发展的同时达到政府的满意度,成为当前经济发展阶段必须要考虑的问题。实践证明,技术创新能力是内生的,需要通过有组织的学习和产品开发实践才能获得^[1]。由于科技创新需要前期成本投入以及存在失败的风险,因此需要外部环境进行适度的引导,只有这样才能保证其稳定发展。由此可见,研究政府与科技型企业创新发展之间的博弈关系具有重大意义。因此,本研究拟考虑企业的高效稳定创新发展,构建政府和科技型企业的演化博弈模型,并研究两者在技术创新中的策略选择。即首先,通过复制动态方程求出模型局部均衡点,然后对均衡点的稳定性进行分析,最后运用 Matlab 软件对政府和科技型企业的交互行为演化稳定趋势进行数值仿真,以验证所提模型的有效性,给出相应的政策建议,为我国经济的高质量稳定发展提供理论依据。

1 研究综述

1.1 创新

创新效率的概念最早是由 S. N. Afriat^[2]提出来的,创新效率主要是指创新活动的技术效率,即合

理的投入产出比例。此后, K. Pavitt^[3]的研究结果证明了研发与创新之间有着显著的关系。C. Franco 等^[4]研究了创新效率的主要影响因素,发现随着时间的推移,放松监管能够较大幅度地提升研发效率。周姣等^[5]、余珮等^[6]、刘满凤等^[7]均对我国高新区的创新效率进行了考察。在社会经济高速增长的时代,省内部分区域创新效率高的企业能够带动其他效率低的企业。随后,一些学者根据现有数据继续深入研究,其中,范德成等^[8]认为中国高技术产业技术创新实际效率整体处于中等水平,三大区域间、省际间均存在显著的差异。

1.2 科技型企业

科技型企业也称高技术企业,这些企业的发展与壮大源自于高新技术产业的发展,而高新技术的发展离不开企业的研发与创新。K. J. Arrow^[9]、A. Q. Krueger^[10]、P. M. Romer^[11]、Z. ACS 等^[12]均认为,政府财政科技支出能够促进企业创新。钱丽等^[13]认为,管理水平、区域创新生产技术不足影响了我国企业技术研发与成果转化能力。张娜等^[14]认为,研发经费的投入、国有产权的比例、外商直接投资等是影响我国高技术产业技术创新的重要因素。张永安等^[15]研究发现,创新政策、政府项目、补助资金等都对企业的创新效率产生积极作用。杜楠等^[16]研究认为,政府可通过发展战略、税收优惠政策等引导科技型中小企业的创新方向;此外,可通过资助、补贴等手段降低企业创新成本,提高企业的研发效率。戴浩等^[17]认为政府补助能够帮助科技型中小企业,通过技术创新实现企业成长,效果明显,且需要进一步推行与完善引导政策。

1.3 博弈论演化理论

博弈论现已成为经济学研究的重要工具。基于博弈论视角的探讨主要分为政府与企业之间的博弈以及企业与企业之间的相互博弈。赵慧芳等^[18]以静态博弈模型分析了政府投资和企业投资间的博弈关系。李恩极等^[19]认为,政府有必要对企业给予创新补贴,但补贴方法和效率有待改善。黎振强等^[20]、李煜华

等^[21]分别构建了科技型企业合作创新的动态博弈模型,讨论了企业合作创新的条件和动力机制。

2 模型假设与符号定义

国内外科研工作者关于政府与企业间的博弈关系研究也不少,但是针对政府与科技型企业创新发展之间的关系则少有探讨,特别是关于政府与科技型企业间的演化机理及动态关联少见报道。因此,本文拟对政府与科技型企业创新发展间的博弈关系进行分析。首先,基于博弈论演化理论,构建政府与科技型企业间的动态博弈模型,并加入政府上级第三方监督力量,合理构建科技型企业创新体系。然后,对构建的博弈模型进行仿真。在仿真分析方面,本文采用 Matlab 软件,仿真分析各因素对博弈双方行为的动态影响,探索科技型企业创新高效发展道路,为我国经济高质量发展阶段提供理论与实证依据。

作为利益相关者的“科技型企业”和“基层政府”,均期望通过不同策略的调整来获得各自最大利益,因而双方间存在着博弈关系。

假设 1 博弈双方均为理性经济人,企业策略集可选择创新与不创新,基层政府的策略集可以选择监管或者不监管行为,科技型企业的策略集可以选择进行技术创新与不进行技术创新。

假设 2 基层政府根据科技型企业创新行为采取奖励措施,观察到科技型企业不创新进行处罚。

假设 3 基层政府监管的比例为 x ($0 \leq x \leq 1$),不监管比例为 $(1-x)$;科技型企业进行技术创新的概率为 y ($0 \leq y \leq 1$),不进行技术创新的比例为 $(1-y)$ 。

假设 4 基层政府进行监管,付出的监管成本为 C_a ,基层政府进行监管而获得的相应社会收益为 E_a ,因此基层政府进行监管的收益为 $(E_a - C_a)$,若基层政府不进行监管,则收益为 0。

假设 5 科技型企业不选择技术创新的收益为 E_b ;选择技术创新付出的成本为 C_b ,其中技术创新付出的成本包括创新人才的培养,以及购买高端先进设备等。因此,科技型企业选择技术创新获得的收益为 $(E_b - C_b)$ 。

假设 6 科技型企业进行技术创新的主动性不强,管理层下达技术创新的决策会增加企业的额外运营成本。因此,基层政府需要对实施技术创新决策的科技型企业给予补贴或者对不进行技术创新性行为的科技型企业给予惩罚。

因此,本研究以基层政府惩罚科技型企业不进行技术创新为方向。即基层政府监管且发现科技型企业

不进行技术创新,假设基层政府有 a ($0 \leq a \leq 1$)^[22]比例检查到科技型企业不进行技术创新,对其惩罚金额为 R_1 ,则政府的收益为 $(E_a - C_a + aR_1)$,科技型企业的收益为 $(E_b - aR_1)$ 。

假设 7 基层政府不监管,科技型企业不进行技术创新,不作为的基层政府会受到上级政府的处罚,声誉损失为 D ,此时政府的收益为 $-D$ 。

3 演化模型构建

根据前文假设,建立如表 1 所示基层政府与科技型企业演化博弈收益矩阵。

表 1 基层政府与科技型企业演化博弈的收益矩阵
Table 1 Income matrix of the evolutionary game between local governments and technology-oriented enterprises

		基层政府	
		监管 (x)	不监管 ($1-x$)
科技型 企业	进行技术创新 (y)	$(E_b - C_b, E_a - C_a)$	$(E_b - C_b, 0)$
	不进行技术创新 ($1-y$)	$(E_b - aR_1, E_a - C_a + aR_1)$	$(E_b, -D)$

3.1 基层政府与科技型企业的演化博弈分析

3.1.1 基层政府的演化博弈复制动态方程

假设基层政府群体中选择监管的概率为 x ,则基层政府收益矩阵为

$$A_1 = \begin{bmatrix} E_a - C_a & 0 \\ E_b - C_a + aR_1 & -D \end{bmatrix}, \quad (1)$$

故可得基层政府进行或不进行监管的期望收益 E_1 、 E_2 及政府平均收益 $\bar{u}_1$ 分别如下:

$$E_1 = y(E_a - C_a) + (1-y)(E_a - C_a + aR_1) = E_a + aR_1 - C_a - ayR_1, \quad (2)$$

$$E_2 = -D(1-y) = Dy - D, \quad (3)$$

$$\bar{u}_1 = xE_1 + (1-x)E_2. \quad (4)$$

根据 Malthusian 动态方程^[23],基层政府选择监管的复制动态过程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_1 - \bar{u}_1) = x(1-x)(E_1 - E_2) = x(1-x)(E_a + aR_1 - C_a - ayR_1 - Dy + D). \quad (5)$$

3.1.2 科技型企业的演化博弈复制动态方程

假设科技型企业中选择技术创新的概率为 y ,则科技型企业收益矩阵为

$$B_1 = \begin{bmatrix} E_b - C_b & E_b - C_b \\ E_b - aR_1 & E_b \end{bmatrix}, \quad (6)$$

则科技型企业进行技术创新收益的期望 E_3 、不进行技术创新收益的期望 E_4 ,以及平均收益的期望 $\bar{u}_2$ 可

分别表示如下:

$$E_3 = x(E_b - C_b) + (1-x)(E_b - C_b) = E_b - C_b, \quad (7)$$

$$E_4 = x(E_b - aR_1) + (1-x)E_b = E_b - axR_1, \quad (8)$$

$$\bar{u}_2 = yE_3 + (1-y)E_4. \quad (9)$$

同样, 参考文献 [23], 可得科技型企业选择技术创新的复制动态过程为

$$F(y) = \frac{dy}{dx} = y(E_3 - \bar{u}_2) = y(1-y)(E_3 - E_4) = y(1-y)(axR_1 - C_b). \quad (10)$$

令 $F(x)=0$ 、 $F(y)=0$, 可得系统演化的 5 个均衡点: $(0,0)$ $(0,1)$ $(1,0)$ $(1,1)$ (x^*,y^*) 。其中:

$$x^* = \frac{C_b}{aR_1} \quad (0 \leq x^* \leq 1),$$

$$y^* = \frac{E_a + aR_1 + D - C_a}{aR_1 + D} \quad (0 \leq y^* \leq 1).$$

根据演化博弈原理, 5 个均衡点的局部稳定性可以由该系统相应的雅可比矩阵 J 的行列式 $\det J$ 和迹 $\text{tr } J$ 的值判定^[24]。即当且仅当 $\det J > 0$ 、 $\text{tr } J < 0$ 时, 均衡点具有稳定性。

根据式 (5) 和式 (10), 可以得出系统的雅可比矩阵 J 为

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\alpha F(x)}{\alpha x} & \frac{\alpha F(x)}{\alpha y} \\ \frac{\alpha F(y)}{\alpha x} & \frac{\alpha F(y)}{\alpha y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}.$$

其中, p_{11} 、 p_{12} 、 p_{21} 、 p_{22} 分别如下:

$$p_{11} = (1-2x)(E_a + aR_1 - C_a - ayR_1 - Dy + D),$$

$$p_{12} = x(x-1)(aR_1 + D),$$

$$p_{21} = y(1-y)aR_1,$$

$$p_{22} = (1-2y)(axR_1 - C_b).$$

矩阵 J 的行列式为 $p_{11} \times p_{22} - p_{12} \times p_{21}$,

矩阵 J 的迹为 $p_{11} + p_{12}$ 。

代入均衡点 (x,y) 的值, 得到各均衡点的雅可比行列式和迹的值, 见表 2。

表 2 均衡点对应的雅可比矩阵行列式和迹的值

Table 2 expressions of determinant and trace of jacobian matrix corresponding to equilibrium points

均衡点	雅可比行列式的值	迹的值
$(0,0)$	$C_a C_b - E_a C_b - aR_1 C_b - DC_b$	$E_a + aR_1 + D - C_a - C_b$
$(0,1)$	$E_a C_b - C_a C_b$	$E_a + C_b - C_a$
$(1,0)$	$(C_b - aR_1)(E_a + aR_1 - C_a + D)$	$C_a - C_b - E_a - D$
$(1,1)$	$(E_a - C_a)(aR_1 - C_b)$	$C_a + C_b - E_a - aR_1$
(x^*,y^*)	A	0

因均衡点 (x^*,y^*) 的迹的值为 0, 不满足条件 $\text{tr } J < 0$, 因此 (x^*,y^*) 不是进化稳定策略 (evolutionarily stable strategy, ESS)。表 3 给出了 4 个均衡点为局部稳定点的条件。

表 3 各个均衡点成为局部稳定点的条件

Table 3 Conditions for each equilibrium point to be a locally stable point

均衡点	条 件
$(0,0)$	$C_a > aR_1 + E_a + D, C_b > 0$
$(0,1)$	$C_a > E_a, C_b \leq 0$
$(1,0)$	$C_b > aR_1, E_a + aR_1 + D > C_a$
$(1,1)$	$E_a > C_a, aR_1 > C_b$

3.2 均衡点稳定性分析

3.2.1 点 $(0,0)$

对于点 $(0,0)$, 即 (基层政府不监管, 科技型企业不进行技术创新), 当 $C_a > aR_1 + E_a + D$ 且 $C_b > 0$ 时, 其为唯一稳定点。该情况出现在基层政府监管初期和科技型企业进行技术创新发展阶段。一方面, 政府需要支付过多的人力进行监管, 获得的社会收益 E_a 较少, 监管惩罚力度不够, 带来的收益 aR_1 较少, 以及来自上级政府的惩罚 D 较小, 容易出现 $C_a > aR_1 + E_a + D$; 另一方面, 受技术或设备方面的限制, 科技型企业进行技术创新成本较大。从而形成 $(0,0)$ 即 (基层政府不监管, 科技型企业不进行技术创新) 的局面。

显然, 点 $(0,0)$, 即 (基层政府不监管, 科技型企业不进行技术创新) 不是创新高质量社会期望状态。为打破这种均衡, 需减少 C_b , 增大 aR_1 、 E_a 、 D 。现实中, 不仅需加强对科技型企业进行技术创新时所需人才的培养和设备的研发, 以降低技术创新成本 C_b ; 而且基层政府需加大对不进行技术创新企业的惩罚力度 aR_1 , 并加大对科技型企业技术创新的扶持以及奖励, 上级政府需要对基层政府宣传创新, 并且对高质量创新的管理进行正向引导, 加大对其不作为行为的批评教育, 提高声誉损失 D 。

3.2.2 点 $(0,1)$

对于点 $(0,1)$, 即 (基层政府不监管, 科技型企业进行技术创新), 当 $C_a > E_a$ 且 $C_b \leq 0$ 时, 点 $(0,1)$ 为唯一稳定点。这显然是社会创新高质量发展最为理想的情况。然而现实社会中, 这是不可能出现的。因为基层政府不监管及科技型企业进行技术创新的成本为 0 的情况在现实环境中不存在。这是因为, 科技型企业进行创新负责研发投入的成本不可能为 0, 所以这种理想状态的均衡将会向点 $(0,0)$ 即 (基层政府不监管, 科技型企业不进行技术创新) 的方向倾斜。所以点 $(0,1)$, 即 (基层政府不监管, 科技型

企业进行技术创新)虽然是一种理想状态下的均衡,但不符合社会发展实情。

3.2.3 点(1, 0)

对于点(1, 0), 即(基层政府监管, 科技型企业不进行技术创新), 当 $C_b > aR_1$ 且 $E_a + aR_1 + D > C_a$ 时, 点(1, 0)为唯一稳定点。这种情况一般出现在政府对于创新高质量发展的关注期。一方面, 科技型企业进行技术创新的成本 C_b 依旧过高, 科技型企业为了追求利润依然自行其是; 另一方面, 上层政府督促基层政府以及监管带来的社会收益 (E_a 值较为合适), 能够满足 $E_a + aR_1 + D > C_a$, 但是基层政府对不进行技术创新的科技型企业惩罚力度仍过小 (aR_1), 易使 $C_b > aR_1$ 。形成点(1, 0), 即(基层政府不监管, 科技型企业不进行技术创新)的局面。

该情况也不是社会创新高质量发展的期望状态, 为打破这种均衡, 需继续增大 aR_1 , 降低 C_b 。即基层政府需继续增大惩戒力度 (F), 并推动合格技术设备的生产研发 (降低 C_b)。

3.2.4 点(1, 1)

对于点(1, 1), 即(基层政府监管, 科技型企业进行技术创新), 当 $E_a > C_a$ 且 $aR_1 > C_b$ 时, 点(1, 1)为唯一稳定点。这种情况一般出现在创新发展规范期, 企业进行技术创新所需要的人才培养成本以及设备研发成本较小 (E_a 值较小), 创新发展趋势越来越被大众重视 (企业同行竞争较大), 基层政府也有一个完备合理的惩罚机制 (aR_1 值较为合理), 上级政府对基层政府不作为的教育较严厉 (D 值较大), 可以达成 $E_a > C_a$ 且 $aR_1 > C_b$ 的条件。此时, 肯定社会创新发展是政府与科技型企业共赢的期望局面。

4 演化仿真分析

为进一步探究科技型企业与基层政府间的演化博弈关系, 探讨两者达到演化均衡状态的条件, 用 Matlab 软件对上述情况进行仿真分析。

由博弈分析可知, 当 $E_a > C_a$ 且 $aR_1 > C_b$ 时, 系统会向期望均衡点(1, 1)演化。设定满足条件 $E_a > C_a$ 且 $aR_1 > C_b$ 的参数值 $C_a=4$, $a=0.4$, $R_1=2$, $E_a=6$, $D=1$, $C_b=0.1$, 对 x 、 y 的初始值为 (0.3, 0.7) (0.8, 0.2) 进行仿真, 得到图1所示演化结果。由图1可知, 设定条件下, 无论 x 、 y 的初始值如何选取, 系统都会向点(1, 1), 即(基层政府监管, 科技型企业进行技术创新)的期望方向演化。接下来以图1的初始参数为基准, 设定 $x=0.5$ 、 $y=0.5$, 讨论 C_a 、 R_1 、 D 、 C_b 、 E_a 对演化结果的影响。

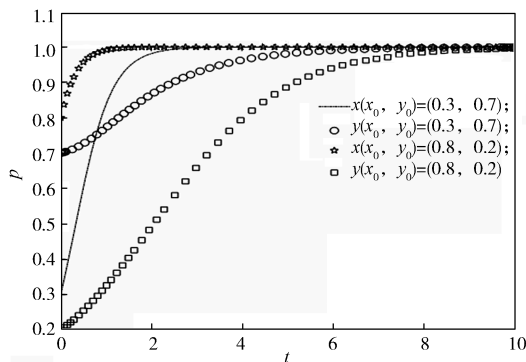
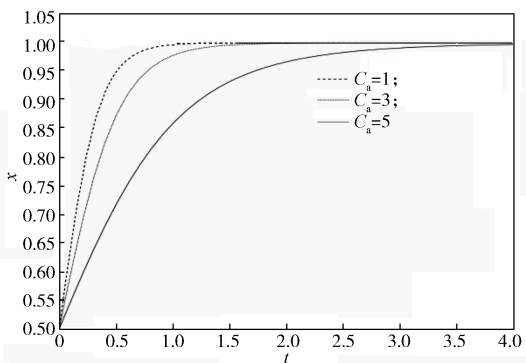


图1 满足 $E_a > C_a$, $aR_1 > C_b$ 时系统的演化结果

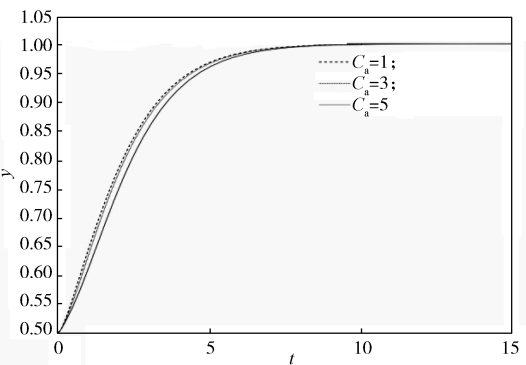
Fig. 1 Evolution results of the system with $E_a > C_a$, $aR_1 > C_b$

4.1 基层政府监管成本 C_a 对演化结果的影响

设定 C_a 为 1, 3, 5, 对基层政府和科技型企业的策略演化进行仿真, 结果见图2。



a) C_a 值对基层政府严格监管概率的影响



b) C_a 值对科技型企业进行技术创新概率的影响

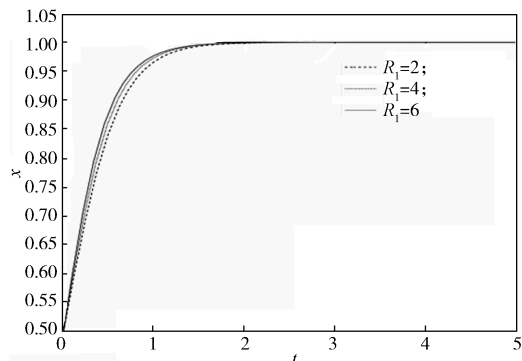
图2 $C_a=1$ 、 $C_a=3$ 、 $C_a=5$ 时的系统策略演化结果

Fig. 2 Results of the strategy evolution of the system with $C_a=1$, $C_a=3$, $C_a=5$

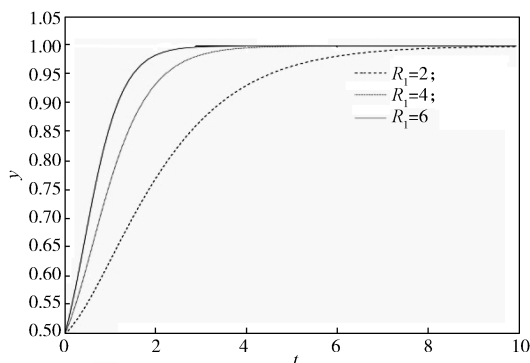
对比分析图中曲线可知, 基层政府监管成本 C_a 值越小, 基层政府收敛于严格监督策略和科技型企业进行技术创新的速度越快。其中基层政府对 C_a 值的变化非常敏感, 科技型企业次之, 均有明显变化。这一结果表明, 降低 C_a 值即降低政府监管成本将有利于社会创新高质量发展, 因而有利于社会创新高质量发展局面的达成。

4.2 基层政府对科技型企业不进行技术创新的处罚 R_1 对演化结果的影响

设定 $R_1=2$ 、 $R_1=4$ 、 $R_1=6$ ，对基层政府和科技型企业的策略演化进行仿真，结果见图3。



a) R_1 值对基层政府严格监管概率的影响



b) R_1 值对科技型企业进行技术创新概率的影响

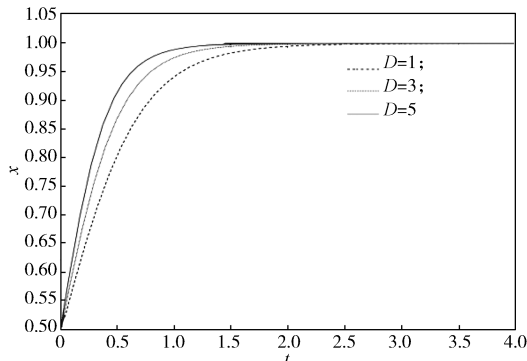
图3 $R_1=2$ 、 $R_1=4$ 、 $R_1=6$ 时的系统策略演化结果

Fig. 3 Results of the strategy evolution of the system with $R_1=2$ 、 $R_1=4$ 、 $R_1=6$

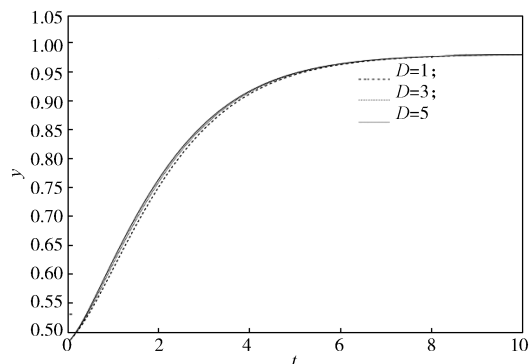
由图3可以得知，相较而言，基层政府对 R_1 值反应不敏感，而科技型企业对其敏感。可见，现实社会中，适当设置较高的罚金将有利于社会创新高质量发展的局面，并且科技型企业会更加积极推动社会高质量发展的进程。

4.3 基层政府放松监管时的声誉损失 D 对演化结果的影响

设定 $D=1$ 、 $D=3$ 、 $D=5$ ，对基层政府和科技型企业的策略演化进行仿真，结果见图4。



a) D 值对基层政府严格监管概率的影响



b) D 值对科技型企业进行技术创新概率的影响

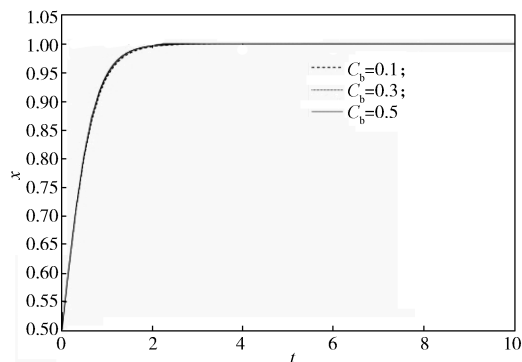
图4 $D=1$ 、 $D=3$ 、 $D=5$ 时的系统策略演化结果

Fig. 4 Results of the Strategy evolution of the system with $D=1$ 、 $D=3$ 、 $D=5$

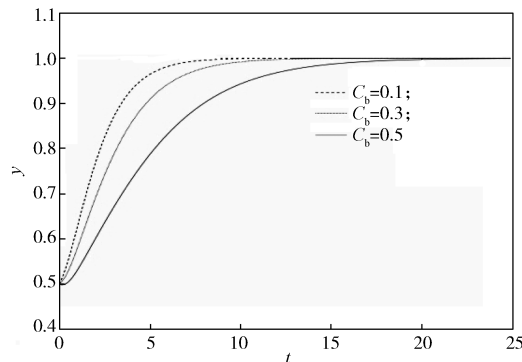
由图4可知，基层政府放松监管时受到上级政府批评的声誉损失 D 值越大，基层政府策略收敛于严格监督的速度越快，而科技型企业变化不显著。因此可预见在社会创新高质量发展体系中，创新水平高低与基层政府政绩考核挂钩，将有利于创新发展，且基层政府会更积极地推动社会创新高质量发展进程。

4.4 科技型企业进行技术创新的成本 C_b 对演化结果的影响

设定 $C_b=0.1$ 、 $C_b=0.3$ 、 $C_b=0.5$ ，对基层政府和科技型企业的策略演化进行仿真，结果见图5。



a) C_b 值对基层政府严格监管概率的影响



b) C_b 值对科技型企业进行技术创新概率的影响

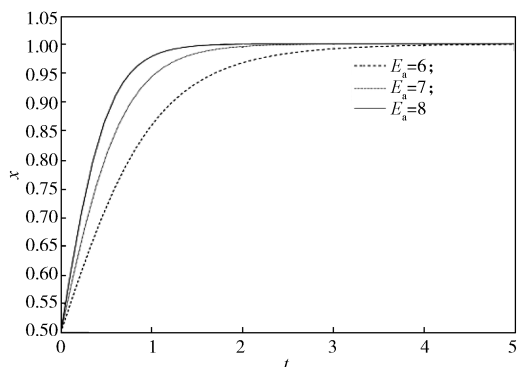
图5 $C_b=0.1$ 、 $C_b=0.3$ 、 $C_b=0.5$ 时的系统策略演化结果

Fig. 5 Results of the strategy evolution of the system with $C_b=0.1$ 、 $C_b=0.3$ 、 $C_b=0.5$

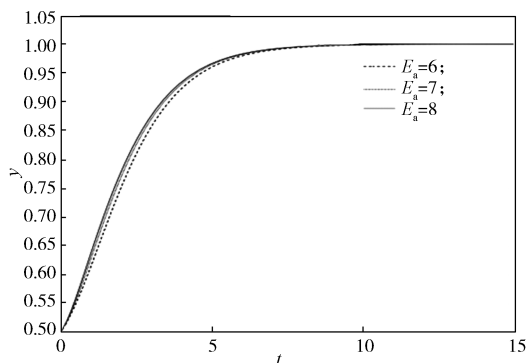
对比图5中曲线, 可得知基层政府对 C_b 的变化反应不敏感, 达均衡所需时间无明显变化; 但科技型企业对 C_b 的变化反应显著, 历时明显加快。可见, 现实社会中, 降低创新成本将使得科技型企业更倾向于选择创新发展。

4.5 政府获得社会收益 E_a 对演化结果的影响

设定 E_a 分别为6, 7, 8, 对基层政府和科技型企业的策略演化进行仿真, 结果见图6。



a) E_a 值对基层政府严格监管概率的影响



b) E_a 值对科技型企业进行技术创新概率的影响

图6 $E_a=6$ 、 $E_a=7$ 、 $E_a=8$ 时的系统策略演化结果

Fig. 6 Results of the strategy evolution of the system with $E_a=6$ 、 $E_a=7$ 、 $E_a=8$

由图6可以得知, 基层政府所获得的 E_a 值越大, 其收敛于严格监管的速度越快, 而科技型企业的变化不明显。因此, 加大政府的社会收益, 比如说技术突破后的区域GDP总值的提高、税收的提高等, 这有利于基层政府推进创新高质量发展进程。

4.6 研究结论

经过以上分析, 可得出以下结论:

1) 当满足 $E_a > C_a$ 且 $aR_1 > C_b$ 时, 系统会向期望均衡点(1, 1), 即(基层政府监管, 科技型企业进行技术创新)的方向演化。

2) 满足上述条件的同时, 当基层政府付出的监管成本小于获得的社会收益时, 且基层政府进行监管获得的社会收益越多, 基层政府越倾向于严格监管, 这时双方达到演化平衡点的时间越短。若基层政府受

到上级政府的批评督促越多, 则基层政府倾向于严格监管的力度越大, 博弈双方达到演化平衡点的时间越短。

3) 对于科技型企业, 降低技术创新成本、增加基层政府对科技型企业不创新的罚金, 均有利于科技型企业加快演化速度。

5 政策建议

从以上结论可知, 基层政府和科技型企业能够朝着互相共赢的期望局面发展, 但是需要合理把控好两者之间的利益关系。因此, 如何构建基层政府和科技型企业之间的桥梁是促进社会进步、推进全面高质量发展的关键因素。

1) 提升基层政府的监管能力, 完善惩罚制度。首先, 应加强基层政府的监管力度, 把握好惩罚尺度以及金额, 合理引导科技型企业走向技术创新道路。基层政府的监管能力高低决定了双方演化博弈的稳定性, 因此基层政府要充分发挥引领作用, 具体为基层政府下设执法部门应该进行相关培训, 提高执法能力。监管科技型企业创新的同时, 自身也需要不断创新。其次, 应建立合理的奖励措施和对应的惩罚措施。对于科技型企业创新前期给予相应补助, 扶持科技型企业渡过资金难关。

2) 将地区技术创新程度划入基层政府绩效考核指标。一方面, 上级政府应当引导基层政府构建合理的政企关系, 对其进行指导和督促; 另一方面, 将地区科技型企业创新程度作为考核指标, 从而严格要求基层政府。通过对基层政府的创新绩效进行严格审查, 包括惩罚奖励措施和补偿方案等^[25-26], 促使基层政府达到上级政府要求的同时保证地区科技型企业的创新发展。

3) 政府激励科技型企业的技术创新主动性。科技型企业能否主动进行技术创新取决于技术创新带来的收益高低, 因此, 基层政府应当做好相应的鼓励以及奖励工作, 通过降低科技型企业创新成本来促进科技型企业进行创新活动。首先, 政府可与高校建立合作关系, 定向培养一大批科技型人才, 提高创新的可能性。其次, 引入大批先进设备, 保证技术同步。最后, 颁布相关法律法规, 对于科技型企业创新的优惠政策提供法律保障, 提高科技型企业创新的主动性。

4) 合作共赢, 提高创新效率, 缩减创新成本。因为科技型企业进行技术创新需要前期投入大量成本, 所以科技型企业进行技术创新不仅需要考虑政府与企业的关系, 更要注重相关科技型企业之间的关

系。一个地区内存在多家科技型企业,多方合作共享研究进展可以节省大批资金和时间。政府不仅需要搭建政企关系,同样需要关注企业与企业之间的关系。通过建立多方共享平台,可以实现技术共享、信息共享、资源共享等。这将大大提高创新效率,加快科技型企业技术创新的步伐。

参考文献:

- [1] 徐冠华. 中国科技发展的回顾和几点建议 [J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(10): 1096-1103.
XU Guanhua. Review of China's Scientific and Technological Development and Some Suggestions[J]. Proceedings of the Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(10): 1096-1103.
- [2] AFRIAT S N. Efficiency Estimation of Production Functions[J]. International Economic Review, 1972, 13(3): 568-598.
- [3] PAVITT K. Characteristics of Innovative Activities in British Industry[J]. Pergamon, 1983, 11(2): 113-130.
- [4] FRANCO C, PIERI F, VENTURINI F. Product Market Regulation and Innovation Efficiency[J]. Journal of Productivity Analysis, 2016, 45(3): 299-315.
- [5] 周 姣, 赵 敏. 我国高新技术产业开发区创新效率及其影响因素的实证研究 [J]. 科技管理研究, 2014, 34(10): 1-6.
ZHOU Jiao, ZHAO Min. Empirical Study on Innovation Efficiency and Its Influencing Factors in China's High-Tech Industrial Development Zones[J]. Science and Technology Management Research, 2014, 34(10): 1-6.
- [6] 余 珮, 程 阳. 我国国家级高新技术园区创新效率的测度与区域比较研究: 基于创新价值链视角 [J]. 当代财经, 2016(12): 3-15.
YU Pei, CHENG Yang. Measurement and Regional Comparison of Innovation Efficiency in National High-Tech Parks in China: from the Perspective of Innovation Value Chain[J]. Contemporary Finance and Economics, 2016(12): 3-15.
- [7] 刘满凤, 李圣宏. 基于三阶段 DEA 模型的我国高新技术开发区创新效率研究 [J]. 管理评论, 2016, 28(1): 42-52, 155.
LIU Manfeng, LI Shenghong. Innovation Efficiency Evaluation of Hi-Tech Development Zones Based on the Three-Stage DEA Model[J]. Management Review, 2016, 28(1): 42-52, 155.
- [8] 范德成, 李盛楠. 中国高技术产业技术创新实际效率测度及收敛性分析 [J]. 软科学, 2019, 33(10): 1-6, 19.
FAN Decheng, LI Shengnan. Research on Measurement and Convergence of Technology Innovation Actual Efficiency in China's High-Tech Industry[J]. Soft Science, 2019, 33(10): 1-6, 19.
- [9] ARROW K J. The Economic Implications of Learning by Doing[J]. The Review of Economic Studies, 1962, 29(3): 155-173.
- [10] KRUEGER A O. Trade Policy as An Input to Development[J]. American Economic Review, 1980, 70(2): 288-292.
- [11] ROMER P M. Increasing Returns and Long-Run Growth [J]. Journal of Political Economy, 1986, 94(5): 1002-1037.
- [12] ACS Z, FITZROY F, SMITH I. High Technology Employment, Wages and University R&D Spillovers: Evidence from US Cities[J]. Economics of Innovation and New Technology, 1999, 8(3): 57-78.
- [13] 钱 丽, 肖仁桥, 陈忠卫. 环境约束、技术差距与企业创新效率: 基于中国省际工业企业的实证研究 [J]. 科学学研究, 2015, 33(3): 378-389, 397.
QIAN Li, XIAO Renqiao, CHEN Zhongwei. Environmental Constraint, Technology Gap and the Enterprises, Innovation Efficiency: Empirical Research on the Provincial Industrial Enterprises in China[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(3): 378-389, 397.
- [14] 张 娜, 杨秀云, 李小光. 我国高技术产业技术创新影响因素分析 [J]. 经济问题探索, 2015(1): 30-35.
ZHANG Na, YANG Xiuyun, LI Xiaoguang. Analysis on Influencing Factors of Technological Innovation in China's High-Tech Industry[J]. Exploration of Economic Problems, 2015 (1): 30-35.
- [15] 张永安, 耿 喆, 李晨光, 等. 区域科技创新政策对企业创新绩效的影响效率研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2016, 37(8): 82-92.
ZHANG Yong'an, GENG Zhe, LI Chenguang, et al. Research on Efficiency of China's Regional Science and Technology Innovation Policy on Enterprise Innovation Performance[J]. Science of Science and Management of S. & T., 2016, 37(8): 82-92.
- [16] 杜 楠, 王大本, 邢明强. 科技型中小企业技术创新驱动因素作用机理 [J]. 经济与管理, 2018, 32(2): 81-88.
DU Nan, WANG Daben, XING Mingqiang. Mechanism of Driving Factors for Technological Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises[J]. Economics and Management, 2008, 32 (2): 81-88.
- [17] 戴 浩, 柳剑平. 政府补助、技术创新投入与科技型中小企业成长 [J]. 湖北大学学报 (哲学社会科学版), 2018, 45(6): 138-145.
DAI Hao, LIU Jianping. Government Subsidies, Investment in Technological Innovation and the Growth of Technology-Oriented Smes[J]. Journal of Hubei

- University (Philosophy and Social Sciences), 2008, 45(6): 138-145.
- [18] 赵惠芳, 李传军. 技术创新投资中企业与政府之间的博弈分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2003, 26(5): 959-962.
- ZHAO Huifang, LI Chuanjun. Investment in Technological Innovation: An Analysis of Game Between the Government and Enterprises[J]. Journal of Hefei University of Technology(Natural Science), 2003, 26(5): 959-962.
- [19] 李恩极, 李群, 毕然, 等. 基于契约理论的政府与企业创新补贴博弈分析[J]. 工业技术经济, 2018, 37(11): 12-18.
- LI Enji, LI Qun, BI Ran, et al. Game Analysis of Government and Enterprise Innovation Subsidy Based on Contract Theory[J]. Industrial Technology Economy, 2008, 37(11): 12-18.
- [20] 黎振强, 罗能生, 林英杰. 基于动态博弈的科技型中小企业合作创新行为分析[J]. 上海经济研究, 2008, 20(6): 101-106.
- LI Zhenqiang, LUO Nengsheng, LIN Yingjie. Analysis of Cooperative Innovation Behavior of Technology-Based Smes Based on Dynamic Game[J]. Shanghai Economic Research, 2008, 20(6): 101-106.
- [21] 李煜华, 刘洋, 胡瑶璞. 科技型小微企业与科技型大企业协同创新策略研究: 基于动态演化博弈视角[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(3): 90-93.
- LI Yuhua, LIU Yang, HU Yaoying. Research on Collaborative Innovation Strategies Between Small and Micro Technology-Based Enterprises and Large Technology-Based Enterprises: Based on the Perspective of Dynamic Evolutionary Game[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2015, 32(3): 90-93.
- [22] 聂丽, 张利江. 政府与排污企业在绿色技术创新中的演化博弈分析与仿真[J]. 经济问题, 2019(10): 79-86.
- NIE Li, ZHANG Lijiang. Evolutionary Game Analysis and Simulation of Government and Polluters in Green Technology Innovation[J]. Economic Problems, 2019(10): 79-86.
- [23] ROSS Cressman. The Stability Concept of Evolutionary Game Theory[M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1992: 95-122.
- [24] FRIEDMAN D. Evolutionary Games in Economics[J]. Econometrica, 1991, 59(3): 637.
- [25] 史竹琴, 朱先奇, 王强, 等. 科技型中小企业创新联盟稳定性的演化博弈分析: 基于协同创新的视角[J]. 经济问题, 2017(4): 91-96.
- SHI Zhuqin, ZHU Xianqi, WANG Qiang, et al. Evolutionary Game Analysis on the Stability of the Innovation Alliance of Small and Medium Sized Technology Enterprises: Based on the Perspective of Collaborative Innovation[J]. Economic Issues, 2017(4): 91-96.
- [26] 何燕子, 丁志鹏. 政府参与下物流企业低碳包装回收的演化博弈与仿真研究[J]. 包装学报, 2020, 12(3): 51-59.
- HE Yanzi, DING Zhipeng. Evolutionary Game and Simulation Study on Low-Carbon Packaging Recycling of Logistics Enterprises with Government Participation[J]. Packaging Journal, 2020, 12(3): 51-59.

(责任编辑: 廖友媛)