

监管科技影响下互联网金融监管演化博弈研究

李 杰¹, 郭栋炜^{1,2}, 杨 芳¹, 张 睿¹

(1. 河北工业大学经济管理学院, 天津 300401; 2. 中南大学商学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 为明确监管科技对互联网金融行业监管的影响, 构建互联网金融企业与金融监管机构的演化博弈模型, 分析监管科技对博弈双方演化稳定策略选择的影响. 结果表明, 互联网金融监管易陷入此消彼长的博弈对抗状态, 而监管科技的引入能够打破双方的不良策略选择, 使系统进入严格监管、合规经营的相对稳定状态; 监管科技的投入程度、成本节约及其风险识别能力是影响监管科技应用效果的关键因素. 因而, 政府应完善各级金融监管机构政绩考核制度, 提供技术和制度保障促进监管科技发展, 落实监管科技应用, 以防范金融风险.

关键词: 监管科技; 互联网金融; 金融监管; 演化博弈

中图分类号: F224.32; F830

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2022)06-0721-15

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2022.06.001

Evolution game study of internet finance supervision under the regulatory technology

Li Jie¹, Guo Dongwei^{1,2}, Yang Fang¹, Zhang Rui¹

(1. School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China;

2. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This paper constructs an evolutionary game model between internet financial enterprises and financial regulators to examine the influence of regulatory technology on the supervision over the internet financial industry. The impact of regulatory technology on the evolutionary stability strategy of both parties is analyzed. Results show that internet financial supervision is easy to fall into a state of game confrontation, while introducing regulatory technology can break the bad strategy choices of both parties and make the system reach the stable state of strict supervision and compliance operation. The commitment degree, the abilities of cost saving and risk identification are the key factors affecting the application of regulatory technology. Therefore, in order to prevent financial risks, the government should improve performance appraisal of financial regulators at all levels, and promote the development and application of regulatory technology by providing technical and institutional guarantees.

Key words: regulatory technology; internet finance; financial supervision; evolutionary game

1 引言

在互联网与金融业务快速融合过程中, 互联网金融企业在行政许可与准入、公司治理与内控、资本与风险管理、会计与审计、风险处置与市场退出方面出现了众多不合规经营行为^[1]. 互联网金融企业的违规经营,

收稿日期: 2020-04-17; 修订日期: 2020-10-19.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(16FGL014); 河北省自然科学基金资助项目(G2019202350).

不仅损害消费者权益,还给我国金融市场的稳定运行增加不确定性,甚至诱发系统性风险^[2,3].因此,互联网金融企业监管问题变得尤为重要.

互联网金融作为传统金融与互联网技术相结合的产物,具有普惠金融属性,第三方支付、余额宝、互联网借贷等典型业务模式将更多的普通互联网用户纳入到了金融市场之中^[4].另一方面,其本质仍属于金融,没有改变金融风险隐蔽性、传染性、广泛性和突发性的特点.但与传统金融主要为大客户服务,并且客户之间基本没有联系不同,互联网金融行业依托云计算、大数据和社交网络等互联网工具,在金融市场的各个参与主体之间建立了更加密切的连接^[5,6].因此,互联网金融所建立的金融关系网络更加复杂,局部风险更易放大为系统性风险.目前,我国互联网金融企业和监管机构都面临着比较严峻的挑战.首先,对于金融监管机构来说,传统手段无法满足互联网金融监管工作需求,监管压力不断上升.其次,对于互联网金融企业来说,在监管要求日益严格、法律法规日益繁杂的情况下,合规成本日益高昂.因此,金融监管及合规经营的迫切需求促使监管科技成为双方的共同选择^[7].

监管科技概念由英国金融行为监管局于2015年提出,包含“合规”和“监管”两方面内涵^[8,9].国际金融协会将监管科技定义为将金融业务背景与科技紧密结合,以解决监管和合规要求的新技术^[10].具体场景中,金融监管机构通过直接从互联网和金融企业信息系统中抓取数据,之后利用大数据、机器学习等监管科技手段实现社会舆情和关键指标的实时把控^[11,12].实现金融企业违规行为事前、事中的预警和监测,事后的证据收集和惩罚,提高数据收集和分析效率,满足监管目标^[13].金融企业在项目初期利用法规智能解读与压力测试系统进行自我合规审查,交易过程中将人脸识别、声纹识别等技术用于客户身份识别,对产生的海量交易数据基于云计算、人工智能等技术提升风险管理和数据报送的自动化、实时化^[14].

近年来,我国对监管科技的投入逐步加大,主要以经济实力较强地区的金融监管机构和大型互联网金融企业为主,发展势头强劲,取得了显著成效.但金融监管机构和互联网金融企业在投入监管科技的过程中面临着监管双方信息不对称且尚未形成统一的标准和体系等困境,不能充分发挥监管科技的作用.因此,对监管科技影响下互联网金融企业合规与金融监管机构监管的博弈行为进行系统研究,深入分析监管科技对互联网金融监管的影响机理十分必要.

互联网金融是金融领域的研究热点,在概念与基本理论^[4,15,16]、其对金融行业的影响^[17-19]、风险防范与监管^[3,5,20]等方面取得较多研究成果.互联网金融监管方面的研究从政策建议逐步深入到监管机制的讨论.谢平等^[20]阐述了互联网金融监管的必要性,针对监管原则提出政策建议.李苍舒等^[3]针对网络借贷提出建立监管沙盒、穿透式监管和缓释机制.许多奇^[5]针对我国传统分业监管模式的不足,提出金融监管改革和互联网监管的优化机制.互联网金融企业是互联网金融行业的主体,其经营策略的选择是和金融监管机构博弈的结果.已有学者关注到了互联网金融监管的博弈行为.刘伟等^[21]运用演化博弈理论,考察了动态惩罚机制对金融平台和监管方博弈演化轨迹的影响.周正龙等^[22]基于P2P网贷交易双边市场的特征,建立了两种不同情形下的博弈模型.卜亚等^[23]基于KMRW声誉模型揭示了在博弈行为中声誉对互联网金融企业的激励和约束作用.然而,现有对互联网金融企业和金融监管机构的策略互动研究没有涉及监管科技因素,因此从监管科技出发研究互联网金融监管博弈问题是对现有研究的重要补充.

演化博弈是分析第三方影响下复杂博弈关系和策略演化路径的有效工具,被广泛用于监管及策略选择问题^[24-26].本文运用演化博弈理论,构建监管科技影响下互联网金融企业与金融监管机构之间的非对称演化博弈模型,分析博弈双方不同条件下的行为演化规律,揭示监管科技对博弈双方演化稳定策略选择结果的影响机理,为互联网金融监管问题提供政策建议.

2 互联网金融企业监管演化博弈模型

2.1 模型假设

在我国以政府为主导的互联网金融监管机制下,金融监管机构监管互联网金融企业,对发现的不合规经

营行为进行处罚,维护投资者权益,防控金融风险。然而,互联网金融企业面对违规的超额收益与合规的高昂成本,仍然可能选择不合规经营。监管科技作为有效和高效地解决监管与合规要求的新技术,被金融监管机构与互联网金融企业双方采用。采用监管科技需投入一定成本,但应用后金融监管机构能够提高监管效率和风险识别能力,同时降低监管成本,互联网金融企业可以提高合规效率,降低合规成本及惩罚成本。

基于上述博弈关系,建立监管科技影响下金融监管机构与互联网金融企业的动态演化博弈模型,通过博弈双方策略选择不断调整,最终达到演化博弈稳定状态。为明确模型含义,结合实际给出模型假设如下:

假设1 金融监管机构监管策略 金融监管机构对互联网金融市场监管,可选择的行为集合为(严格监管,不严格监管)两种监管策略。选择严格监管的概率为 y , $0 \leq y \leq 1$, 不严格监管的概率为 $1 - y$ 。

假设2 金融监管机构不同监管策略下的成本及效益 金融监管机构实施的监管措施主要有合规审查与惩罚^[27]。严格监管和不严格监管两种策略的监管成本、风险识别能力、惩罚金额和社会效益不同。随着监管强度 λ , $0 \leq \lambda < 1$, 的升高,监管风险识别能力、惩罚金额和社会效益更大,相应的需付出更高监管成本, $\lambda = 1$ 时为严格监管策略,即 $c_1 > \lambda c_1$, $\omega + \theta b > \lambda(\omega + \theta b)$, $(\omega + \theta b)fv > \lambda(\omega + \theta b)fv$, $(\omega + \theta b)\beta v > \lambda(\omega + \theta b)\beta v$, 其中 ω 为金融监管机构严格监管的风险识别能力, θb 为投入监管科技而提升的风险识别能力, β 为查处互联网金融企业不合规经营行为而带来的单位社会效益。

假设3 互联网金融企业经营策略 互联网金融企业在金融机构监管和市场条件下,可选择的行为集合为(合规经营,不合规经营)。互联网金融企业选择合规经营的概率为 x , $0 \leq x \leq 1$, 选择不合规经营的概率为 $1 - x$ 。

假设4 互联网金融企业不同经营策略下的成本及收益 互联网金融企业合规经营和不合规经营两种策略的合规成本不同,不合规经营的成本更低,即 $c_2 > (1 - v)c_2$, 其中 v , $0 < v \leq 1$, 为互联网金融企业不合规经营程度。互联网金融企业会因不合规经营获得额外收益,但若被监管机构发现,将受到惩罚^[21,28]。互联网金融企业合规经营收益为 p , 不合规经营额外收益为 e , $e > 0$, 金融监管机构单位风险识别能力对不合规经营程度的罚金为 f , $f > 0$, 则不合规经营惩罚金额为 $(\omega + \theta b)fv$ 。

假设5 监管科技投入的影响 互联网金融企业与金融监管机构独立选择在多大程度上投入监管科技,以 θ 和 γ 分别表示其投入监管科技的力度, $0 < \theta, \gamma < 1$ 。假设投入单位监管科技费用为 m , 成本节约比例为 n , 提升金融监管机构风险识别能力 b 。随着投入力度的增大,监管科技在节约成本和提升风险识别能力的效果越显著。

以上变量假设符号说明,如表1所示。

表1 符号与说明
Table 1 Symbols and explanations

符号	意义与说明
c_1	金融监管机构严格监管时所需的监管成本, $c_1 > 0$
c_2	互联网金融企业合规经营时的合规成本, $c_2 > 0$
λ	金融监管机构的监管力度, λ 越小表示越不严格监管, $0 \leq \lambda < 1$
v	互联网金融企业不合规经营的程度, $0 < v \leq 1$
p	互联网金融企业合规经营时获得的收益, $p > 0$
e	互联网金融企业不合规经营时获得额外收益, $e > 0$
f	互联网金融企业不合规经营时,金融监管机构单位风险识别能力下产生的罚金, $f > 0$
β	金融监管机构因查处互联网金融企业不合规经营行为而产生的单位社会效益, $\beta > 0$
θ	金融监管机构监管科技投入程度, $0 < \theta < 1$
γ	互联网金融企业监管科技投入程度, $0 < \gamma < 1$
m	单位监管科技投入程度所需费用, $m > 0$
n	投入监管科技后的成本节约率, $0 < n < 1$
ω	金融监管机构严格监管时的风险识别能力, $\omega > 0$
b	单位监管科技投入程度下所提升的风险识别能力, $b > 0$

2.2 模型构建

通过以上模型假设, 互联网金融企业可以随机独立的选择策略“合规经营”或“不合规经营”, 金融监管机构可以随机独立的选择策略“严格监管”或“不严格监管”. 基于上述四种策略组合, 最终得出互联网金融企业与金融监管机构的博弈收益支付矩阵, 如表 2 所示.

表 2 金融监管机构与互联网金融企业的收益支付矩阵

Table 2 The income payment matrix of internet financial enterprises and financial regulators

	监管机构严格监管	监管机构不严格监管
金融企业合规经营	$p - (1 - n\gamma)c_2 - \gamma m, -(1 - n\theta)c_1 - \theta m$	$p - (1 - n\gamma)c_2 - \gamma m, -(1 - n\theta)\lambda c_1 - \theta m$
金融企业不合规经营	$p + e - (1 - n\gamma)(1 - v)c_2 - \gamma m - (\omega + \theta b)fv, -(1 - n\theta)c_1 - \theta m + (\omega + \theta b)\beta v + (\omega + \theta b)fv$	$p + e - (1 - n\gamma)(1 - v)c_2 - \gamma m - \lambda(\omega + \theta b)fv, -(1 - n\theta)\lambda c_1 - \theta m + \lambda(\omega + \theta b)\beta v + \lambda(\omega + \theta b)fv$

根据上述支付矩阵和博弈关系构建金融监管机构与互联网金融企业之间的复制动态方程. 首先求出金融监管机构和互联网金融企业选择两种策略的适应度和平均适应度.

互联网金融企业选择合规经营策略的期望收益 F_1 和选择不合规经营策略的期望收益 F_2 分别为

$$F_1 = y[p - (1 - n\gamma)c_2 - \gamma m] + (1 - y)[p - (1 - n\gamma)c_2 - \gamma m], \quad (1)$$

$$F_2 = y[p + e - (1 - n\gamma)(1 - v)c_2 - \gamma m - (\omega + \theta b)fv] + (1 - y)[p + e - (1 - n\gamma)(1 - v)c_2 - \gamma m - \lambda(\omega + \theta b)fv]. \quad (2)$$

互联网金融企业的平均期望收益为

$$\bar{F}_{12} = xF_1 + (1 - x)F_2. \quad (3)$$

在演化博弈中, Malthusian 方程指群体选择策略的增长率等于其相对期望收益, 一旦采取这个策略的个体期望收益比群体的平均期望收益高, 采用该策略的人群就会增长^[29]. 因此, 根据 Mathusian 方程, 互联网金融企业选择合规经营的数量增长率 $\dot{x}/x$ 为其期望收益 F_1 减去平均期望收益 $\bar{F}_{12}$, 代入相关表达式并整理可得

$$\dot{x}/x = (1 - x)[(y + (1 - y)\lambda)(\omega + \theta b)fv - e + (n\gamma - 1)vc_2]. \quad (4)$$

金融监管机构选择严格监管策略的期望收益 F_3 和选择不严格监管策略的期望收益 F_4 分别为

$$F_3 = x[-(1 - n\theta)c_1 - \theta m] + (1 - x)[-(1 - n\theta)c_1 - \theta m + (\omega + \theta b)\beta v + (\omega + \theta b)fv], \quad (5)$$

$$F_4 = x[-(1 - n\theta)\lambda c_1 - \theta m] + (1 - x)[-(1 - n\theta)\lambda c_1 - \theta m + \lambda(\omega + \theta b)\beta v + \lambda(\omega + \theta b)fv]. \quad (6)$$

金融监管机构的平均期望收益为

$$\bar{F}_{34} = yF_3 + (1 - y)F_4. \quad (7)$$

同理, 代入相关表达式整理即可得出金融监管机构选择严格监管策略的数量增长率 $\dot{y}/y$ 为

$$\dot{y}/y = (1 - y)(1 - \lambda)[(n\theta - 1)c_1 + (1 - x)(\beta + f)(\omega + \theta b)v]. \quad (8)$$

由式(4)和式(8)可得到金融监管机构与互联网金融企业的复制动态方程为

$$\begin{cases} \dot{x} = x(1 - x)[(y + (1 - y)\lambda)(\omega + \theta b)fv - e + (n\gamma - 1)vc_2], \\ \dot{y} = y(1 - y)(1 - \lambda)[(n\theta - 1)c_1 + (1 - x)(\beta + f)(\omega + \theta b)v]. \end{cases} \quad (9)$$

令 h_1 与 h_2 分别为金融监管机构严格监管时消除金融风险, 保护消费者权益带来的社会效益和对互联网金融企业不合规经营的罚金; 令 q_1 与 q_2 分别为投入监管科技后金融监管机构严格监管时的监管成本和投入监管科技后互联网金融企业合规经营时的合规成本. 则 $h_1 = (\omega + \theta b)\beta v$, $h_2 = (\omega + \theta b)fv$, $q_1 = (1 - n\theta)c_1$, $q_2 = (1 - n\gamma)c_2$.

根据微分方程理论, 令式(9)的右端项等于0可得到该动力系统的均衡点为(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), 当参数条件满足 $q_1 < h_1 + h_2$, $\lambda h_2 < q_2 + e < h_2$ 时, (x^*, y^*) 也是该系统的均衡点, 其中

$$x^* = \frac{(\beta + f)(\omega + \theta b)v - (1 - n\theta)c_1}{(\beta + f)(\omega + \theta b)v} = \frac{h_1 + h_2 - q_1}{h_1 + h_2},$$

$$y^* = -\frac{(n\gamma - 1)vc_2 - e + (\omega + \theta b)fv\lambda}{(\omega + \theta b)(1 - \lambda)fv} = \frac{e + vq_2 - \lambda h_2}{(1 - \lambda)h_2}.$$

3 演化稳定性分析

3.1 均衡点及稳定性分析

利用雅可比矩阵的局部稳定性分析金融监管机构与互联网金融企业的复制动态方程, 对微分方程组(9)求得雅可比矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} (1 - 2x)[\lambda h_2 + (1 - \lambda)yh_2 - e - vq_2] & x(1 - x)h_2 \\ -y(1 - y)(1 - \lambda)(h_1 + h_2) & (1 - 2y)(1 - \lambda)[-q_1 + (1 - x)(h_1 + h_2)] \end{bmatrix}, \quad (10)$$

则 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 分别为

$$\det(J) = (1 - 2x)[\lambda h_2 + (1 - \lambda)yh_2 - e - vq_2](1 - 2y)(1 - \lambda) \times \\ [-q_1 + (1 - x)(h_1 + h_2)] + x(1 - x)h_2y(1 - y)(1 - \lambda)(h_1 + h_2), \quad (11)$$

$$\text{tr}(J) = (1 - 2x)[\lambda h_2 + (1 - \lambda)yh_2 - e - vq_2] + (1 - 2y)(1 - \lambda)[-q_1 + (1 - x)(h_1 + h_2)]. \quad (12)$$

将五个均衡点(0,0), (0,1), (1,0), (1,1)和 (x^*, y^*) 分别代入, 整理后得到 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 的表达式如表3所示.

表3 演化博弈系统各均衡点 $\det(J)$ 值和 $\text{tr}(J)$ 值
Table 3 Determinant and trace of J of equilibrium points in evolutionary game

均衡点 $E(x, y)$	矩阵行列式和迹表达式
(0,0)	$\det(J) = -(e + vq_2 - \lambda h_2)(1 - \lambda)(h_1 + h_2 - q_1)$ $\text{tr}(J) = -(e + vq_2 - \lambda h_2) + (1 - \lambda)(h_1 + h_2 - q_1)$
(0,1)	$\det(J) = (e + vq_2 - h_2)(1 - \lambda)(h_1 + h_2 - q_1)$ $\text{tr}(J) = -(e + vq_2 - h_2) - (1 - \lambda)(h_1 + h_2 - q_1)$
(1,0)	$\det(J) = -(e + vq_2 - \lambda h_2)(1 - \lambda)q_1$ $\text{tr}(J) = (e + vq_2 - \lambda h_2) - (1 - \lambda)q_1$
(1,1)	$\det(J) = (e + vq_2 - h_2)(1 - \lambda)q_1$ $\text{tr}(J) = -(e + vq_2 - h_2) - (1 - \lambda)q_1$
(x^*, y^*)	$\det(J) = x^*(1 - x^*)h_2y^*(1 - y^*)(1 - \lambda)(h_1 + h_2)$ $\text{tr}(J) = 0$

依据演化博弈理论, 当均衡点满足 $\det(J) > 0$, $\text{tr}(J) < 0$ 时, 此时均衡点即为演化稳定策略(ESS). 令 $\pi_1 = e + vq_2 - \lambda h_2$, $\pi_2 = e + vq_2 - h_2$, $\pi_3 = h_1 + h_2 - q_1$, 由表达式可得出 $\pi_1 > \pi_2$. 其中 π_1 为金融监管机构不严格监管时, 互联网金融企业不合规经营的净收益, π_2 为金融监管机构严格监管时, 互联网金融企业不合规经营的净收益, π_3 为互联网金融企业不合规经营时, 金融监管机构严格监管的净收益.

对不同情况下的演化稳定策略进行讨论分析如下:

情况1 当 $\pi_1 < 0$, $\pi_2 < 0$, $\pi_3 < 0$ 时, 如表4所示, 系统演化稳定策略为(1,0), 即互联网金融企业选择合规经营, 金融监管机构选择不严格监管.

情况2 当 $\pi_1 < 0$, $\pi_2 < 0$, $\pi_3 > 0$ 时, 如表4所示, 系统演化稳定策略为(1,0), 即互联网金融企业选择合规经营, 金融监管机构选择不严格监管.

情况 3 当 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0, \pi_3 > 0$ 时, 如表 4 所示, 系统演化稳定策略为(0, 1)和(1, 1). 根据演化博弈的稳定性定理, 此时只有 $x = 0$ 是稳定策略, 因此系统最终的演化稳定策略只有(0, 1), 即互联网金融企业不合规经营, 金融监管机构严格监管.

表 4 情况 1、情况 2 和情况 3 均衡点稳定性分析表
Table 4 Stability analysis table of equilibrium point for cases 1, 2 and 3

均衡点 $E(x, y)$	情况 1			情况 2			情况 3		
	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性
(0, 0)	—	不定	鞍点	+	+	不稳健	—	不定	鞍点
(0, 1)	+	+	不稳健	—	不定	鞍点	+	—	ESS
(1, 0)	+	—	ESS	+	—	ESS	—	不定	鞍点
(1, 1)	—	不定	鞍点	—	不定	鞍点	+	—	ESS

注: + 号表示相应的量取正值, — 号表示相应的量取负值

情况 4 当 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0, \pi_3 < 0$ 时, 如表 5 所示, 系统演化稳定策略为(0, 0)和(1, 1). 根据演化博弈的稳定性定理, 此时只有 $y = 0$ 是稳定策略, 因此系统最终的演化稳定策略只有(0, 0), 即互联网金融企业不合规经营, 金融监管机构不严格监管.

情况 5 当 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0, \pi_3 < 0$ 时, 如表 5 所示, 系统演化稳定策略为(0, 0), 即互联网金融企业选择不合规经营, 金融监管机构选择不严格监管.

情况 6 当 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0, \pi_3 > 0$ 时, 如表 5 所示, 所有均衡点都是鞍点, 系统进入循环状态, 不存在演化稳定策略.

表 5 情况 4、情况 5 和情况 6 均衡点稳定性分析表
Table 5 Stability analysis table of equilibrium point for cases 4, 5 and 6

均衡点 $E(x, y)$	情况 4			情况 5			情况 6		
	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$	稳定性
(0, 0)	+	—	ESS	+	+	ESS	—	不定	鞍点
(0, 1)	—	不定	鞍点	+	+	不稳健	—	不定	鞍点
(1, 0)	—	不定	鞍点	—	—	鞍点	—	不定	鞍点
(1, 1)	+	—	ESS	—	—	鞍点	—	不定	鞍点

对于情况 6, 演化博弈过程中双方的策略选择互相影响, 系统没有演化稳定策略, 最终的系统演化形态取决于 x, y 的初始比例. 临界值 x^*, y^* 将演化博弈相位图划分为 I, II, III 和 IV 四个区域, 如图 1 所示.

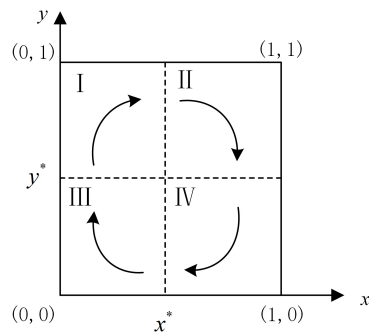


图 1 情况 6 演化示意图

Fig. 1 Evolution diagram for case 6

当双方策略落在区域 I 时, 系统状态趋于稳定点(1, 1), 即(合规经营, 严格监管); 当双方策略落在区域 II 时, 系统状态趋于稳定点(1, 0), 即(合规经营, 不严格监管); 当双方策略落在区域 III 时, 系统趋于稳定点(0, 1), 即(不合规经营, 严格监管); 当双方策略落在区域 IV 时, 系统趋于稳定点(0, 0), 即(不合规经营, 不

严格监管). 当区域 I 和区域 III 面积越大, 金融监管机构越倾向选择严格监管, 当区域 I 和区域 II 面积越大, 互联网金融企业越倾向选择合规经营.

命题 1 降低金融监管机构不严格监管时互联网金融企业不合规经营的净收益 π_1 , 降低金融监管机构选择严格监管策略的比例临界值 y^* , 有利于互联网金融企业选择合规经营策略.

证明 不同情况下演化稳定策略见表 6.

表 6 不同情况下演化稳定策略
Table 6 Evolution stability strategies in different situations

情况	π_1	π_2	π_3	演化稳定策略
1	—	—	—	(1, 0)
2	—	—	+	(1, 0)
3	+	+	+	(0, 1)
4	+	+	—	(0, 0)
5	+	—	—	(0, 0)
6	+	—	+	无

结合表 6 可知, 在情况 1、情况 2、情况 3、情况 4 和情况 5 中, 当 $\pi_1 < 0$ 时, 则互联网金融机构即选择合规经营策略; 在情况 6 中, 由演化相位图可知, 当区域 I 和区域 II 的面积变大, 即 $y^* = \frac{e+vq_2-\lambda h_2}{(1-\lambda)h_2}$ 减小时, 互联网金融机构更倾向选择合规经营策略. 证毕.

命题 2 提高互联网金融企业不合规经营时金融监管机构严格监管的净收益 π_3 , 增大互联网金融企业选择合规经营策略的比例临界值 x^* , 有利于促进金融监管机构严格监管.

证明 由表 6 分析可知, 将情况 1、情况 4、情况 5 和情况 2、情况 3 对比可知, 当 $\pi_3 > 0$ 时, 金融监管机构才有可能选择严格监管, 互联网金融企业不合规经营时金融监管机构严格监管的净收益 π_3 大于 0 是金融监管机构选择严格监管的必要条件; 在情况 6 中, 由演化相位图已知, 当区域 I 和区域 III 面积变大, 即 $x^* = \frac{h_1+h_2-q_1}{h_1+h_2}$ 变大时, 金融监管机构更倾向于选择严格监管策略. 证毕.

3.2 监管科技对博弈方策略的影响分析

命题 3 当互联网金融企业监管科技投入程度 γ 越高, 投入监管科技的成本节约率 n 越大, 金融监管机构监管科技投入程度 θ 越高, 金融监管机构单位监管科技投入程度下所提升的风险识别能力 b 越大, 互联网金融企业越倾向选择合规经营.

证明 根据命题 1 已知, 减小金融监管机构不严格监管时互联网金融企业不合规经营的净收益 π_1 , 减小金融监管机构选择严格监管策略的比例临界值 y^* , 有利于互联网金融企业合规经营. 已知 $\pi_1 = e + vq_2 - \lambda h_2 = e + v(1 - \gamma n)c_2 - \lambda(\omega + \theta b)fv$, 当其它因素一定时, 将 π_1 分别对 γ, n, θ 和 b 求导, 得到 $\frac{\partial \pi_1}{\partial \gamma} = -vc_2n < 0$, $\frac{\partial \pi_1}{\partial n} = -vc_2\gamma < 0$, $\frac{\partial \pi_1}{\partial \theta} = -\lambda fvb < 0$ 和 $\frac{\partial \pi_1}{\partial b} = -\lambda fv\theta < 0$.

已知 $y^* = \frac{e+vq_2-\lambda h_2}{(1-\lambda)h_2} = \frac{e+v(1-n\gamma)c_2}{(1-\lambda)(\omega+\theta b)fv} - \frac{\lambda}{(1-\lambda)}$, 当其它因素一定时, 将 y^* 分别对 γ, n, θ 及 b 求导, 得到 $\frac{\partial y^*}{\partial \gamma} = -\frac{c_2nv}{(1-\lambda)(\omega+\theta b)fv} < 0$, $\frac{\partial y^*}{\partial n} = -\frac{c_2\gamma v}{(1-\lambda)(\omega+\theta b)fv} < 0$, $\frac{\partial y^*}{\partial \theta} = -\frac{e+v(1-n\gamma)c_2}{[(1-\lambda)(\omega+\theta b)fv]^2}(1-\lambda)fv\theta < 0$, $\frac{\partial y^*}{\partial b} = -\frac{e+v(1-n\gamma)c_2}{[(1-\lambda)(\omega+\theta b)fv]^2}(1-\lambda)fv\theta < 0$.

综上, 分析可知, 当 $\gamma \uparrow, n \uparrow, \theta \uparrow, b \uparrow$, 则 $\pi_1 \downarrow, y^* \downarrow$, 互联网金融企业越倾向于选择合规经营. 证毕.

命题 4 投入监管科技的成本节约率 n 越大, 金融监管机构监管科技投入程度 θ 越高, 金融监管机构单位监管科技投入程度下所提升的风险识别能力 b 越大, 金融监管机构越倾向选择严格监管策略.

证明 根据命题 2 已知, 提高互联网金融企业不合规经营时金融监管机构严格监管的净收益 π_3 , 增大金融监管机构选择严格监管策略的比例临界值 x^* , 有利于促进金融监管机构严格监管.

已知 $\pi_3 = h_1 + h_2 - q_1 = (\omega + \theta b)\beta v + (\omega + \theta b)fv - (1 - n\theta)c_1$, 当其它因素一定时, 将 π_3 分别对 n, θ 和 b 求导, 得到 $\frac{\partial \pi_3}{\partial n} = \theta c_1 > 0$, $\frac{\partial \pi_3}{\partial \theta} = b\beta v + bfv > 0$, $\frac{\partial \pi_3}{\partial b} = \theta\beta v + \theta fv > 0$.

已知 $x^* = \frac{h_1+h_2-q_1}{h_1+h_2} = 1 - \frac{(1-n\theta)c_1}{(\omega+\theta b)\beta v+(\omega+\theta b)fv}$, 当其它因素一定时, 将 x^* 分别对 n, θ 和 b 求导, 得

到 $\frac{\partial x^*}{\partial n} = \frac{c_1 \theta}{(\omega + \theta b) \beta v + (\omega + \theta b) f v} > 0$, $\frac{\partial x^*}{\partial \theta} = \frac{(\beta v + f v)(n \omega + b) c_1}{[(\omega + \theta b) \beta v + (\omega + \theta b) f v]^2} > 0$, $\frac{\partial x^*}{\partial b} = \frac{(1 - n \theta) c_1}{[(\omega + \theta b) \beta v + (\omega + \theta b) f v]^2} (\beta v \theta + f v \theta) > 0$.

综上, 分析可知, 当 $n \uparrow, \theta \uparrow, b \uparrow$, 则 $\pi_3 \uparrow, x^* \uparrow$, 金融监管机构越倾向选择严格监管策略. 证毕.

命题 5 其它条件不变时, 随着金融监管机构对监管科技投入程度 θ 的变化, 互联网企业策略选择不断发生变化. 当 $\theta < \frac{e + v q_2}{f v b} - \frac{\omega}{b}$ 时, 不管金融监管机构选择何种策略, 互联网金融企业一定会不合规经营; 当 $\frac{e + v q_2}{f v b} - \frac{\omega}{b} < \theta < \frac{e + v q_2}{\lambda f v b} - \frac{\omega}{b}$ 时, 互联网金融企业的策略选择取决于金融监管机构的策略选择; 当 $\frac{e + v q_2}{\lambda f v b} - \frac{\omega}{b} < \theta$ 时, 不管金融监管机构选择何种策略, 互联网金融企业一定选择合规经营策略.

证明 对于互联网金融企业, 令 $F(x) = x(1-x)[(y + (1-y)\lambda)(\omega + \theta b) f v - e + (n\gamma - 1) v c_2] = 0$, 可以得到 $x = 0, x = 1$ 和 $y^* = \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$.

当 $y > \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 时, $F(x) > 0, F'(0) > 0$ 和 $F'(1) < 0$ 根据演化博弈的稳定性定理可知, 此时只有 $x = 1$ 是稳定策略, 如图 2(a); 同理当 $y < \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 时, $F(x) < 0, F'(0) < 0$ 和 $F'(1) > 0$, 根据演化博弈的稳定性定理可知, 此时只有 $x = 0$ 是稳定策略, 如图 2(b).



图2 互联网金融企业的演化相位图

Fig. 2 Evolution diagram of internet financial enterprises

情形 1 当 $\theta < \frac{e + v q_2}{f v b} - \frac{\omega}{b}$ 时, $\frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2} > 1$, 又因为 $y \in [0, 1]$, 所以 $y < \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 恒成立, 此时只有 $x = 0$ 是稳定策略, 不管金融监管机构选择何种策略, 互联网金融企业一定会不合规经营.

情形 2 当 $\frac{e + v q_2}{f v b} - \frac{\omega}{b} < \theta < \frac{e + v q_2}{\lambda f v b} - \frac{\omega}{b}$ 时, $0 < \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2} < 1$, 则存在两种情况 $y < \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 或者 $y > \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$. 当 $y \in (0, \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2})$ 时, $y < \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 恒成立, 此时 $x = 0$ 是稳定策略; 当 $y \in (\frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}, 1)$ 时, $y > \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 恒成立, 此时 $x = 1$ 是稳定策略, 即此时互联网金融企业的策略选择取决于金融监管机构的策略选择.

情形 3 当 $\frac{e + v q_2}{\lambda f v b} - \frac{\omega}{b} < \theta$ 时, $\frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2} < 0$, 同理因为 $y \in [0, 1]$, 所以 $y > \frac{e + v q_2 - \lambda h_2}{(1-\lambda) h_2}$ 恒成立, 此时只有 $x = 1$ 是稳定策略, 不管金融监管机构选择何种策略, 互联网金融企业一定选择合规经营策略.

综上, 随着金融监管机构对监管科技投入程度 θ 的变化, 互联网企业策略选择不断发生变化. 证毕.

4 数值仿真

4.1 动态演化博弈仿真

为了更好的从整体上展示在演化博弈过程中互联网金融企业与金融监管机构行为策略的选择, 验证构建模型及结果的有效性, 运用 MATLAB 数值仿真验证演化博弈系统在不同情况下的演化稳定策略.

情况 1 与情况 2 仿真 对于情况 1 和情况 2, 当满足 $\pi_1 < 0, \pi_2 < 0, \pi_3 < 0$ 或者 $\pi_1 < 0, \pi_2 < 0, \pi_3 > 0$ 时, 随着演化时间的推移, 系统演化稳定策略为 (1, 0), 即 (合规经营, 不严格监管). 仿真参数设置为 $\theta = 0.8, b = 2, c_1 = 4, \omega = 3, \lambda = 0.5, f = 4, e = 2, c_2 = 4, v = 0.5, \beta = 6, n = 0.5, \gamma = 0.8$.

如图 3 所示, 若金融监管机构进行不严格监管时互联网金融企业不合规经营的收益仍小于合规经营的收益, 互联网金融企业倾向选择合规经营. 此时, 受互联网金融企业策略的影响, 金融监管机构严格监管相

对不严格监管的净收益无论正负, 金融监管机构都倾向选择不严格监管. 这一策略演化结果下互联网金融市场合规经营的机会成本较小, 有利于互联网金融企业合规经营, 但此时金融监管机构没有监管动力, 一旦市场发生变化, 金融监管机构不能提前采取措施, 不利于“黑天鹅事件”的预防.

情况3 仿真 对于情况3, 当满足 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0, \pi_3 > 0$ 时, 随着演化时间的推移, 系统演化稳定策略为(0, 1), 即(不合规经营, 严格监管). 仿真参数设置为 $\theta = 0.4, b = 2, c_1 = 3, \omega = 1, \lambda = 0.5, f = 2, e = 2, c_2 = 4, v = 0.5, \beta = 2, n = 0.5, \gamma = 0.8$.

如图4所示, 金融监管机构严格监管时, 若互联网金融企业不合规经营收益大于合规经营的收益, 互联网金融企业仍倾向选择不合规经营. 此时不管互联网金融企业初始合规比例为多少, 在多次博弈后金融监管机构选择严格监管, 系统最终的演化稳定策略为(不合规经营, 严格监管). 这一策略演化结果出现在互联网金融行业野蛮生长阶段, 由于缺乏准入门槛、行业规则和深入的监管, 企业违规经营获得的大量违法收益远超监管机构开出的处罚, 导致互联网金融行业出现“顶风作案”现象.

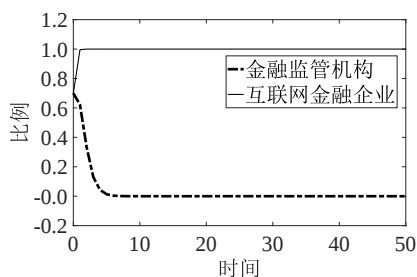


图3 情况1和情况2演化过程仿真

Fig. 3 Simulation of evolution process for cases 1 and 2

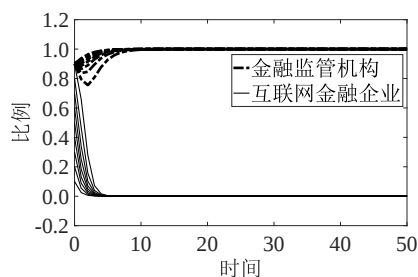


图4 情况3演化过程仿真

Fig. 4 Simulation of evolution process for case 3

情况4与情况5 仿真 对于情况4和情况5, 当满足 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0, \pi_3 < 0$ 或者 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0, \pi_3 < 0$ 时, 随着演化时间的推移, 系统演化稳定策略为(0, 0), 即(不合规经营, 不严格监管). 仿真参数设置为 $\theta = 0.4, b = 2, c_1 = 4, \omega = 1, \lambda = 0.5, f = 2, e = 1, c_2 = 2, v = 0.5, \beta = 1, n = 0.5, \gamma = 0.8$.

情况4和情况5演化过程仿真见图5. 如图5所示, 在金融监管机构不严格监管时, 若合规经营的机会成本较大, 互联网金融企业即选择不合规经营行为. 此时, 金融监管机构发现严格监管总成本高昂, 监管措施对互联网金融企业起效甚微, 更加倾向选择不严格监管, 最终导致系统趋向(不合规经营, 不严格监管)这一最差稳定策略. 这一演化结果中金融监管机构监管能力及创新能力不足, 进而导致选择不作为策略. 这种情况易造成违规经营企业不被严格惩处, 而合规经营企业面临巨大竞争压力的行业现象, 导致互联网金融行业进入“劣币驱逐良币”的恶性循环, 不利于互联网金融行业的持续发展, 并给金融稳定带来巨大的潜在危险.

情况6 仿真 对于情况6, 当满足 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0, \pi_3 > 0$ 时, 随着演化时间的推移, 系统没有演化稳定策略, 博弈双方的策略互相影响不断循环. 仿真参数设置为: $\theta = 0.4, b = 2, c_1 = 2, \omega = 1, \lambda = 0.5, f = 2, e = 1, c_2 = 2, v = 0.5, \beta = 1, n = 0.5, \gamma = 0.8$. 情况6演化过程仿真见图6.

如图6所示, 双方的策略选择互相影响, 系统没有稳定的演化策略, 双方的策略选择在相位图中的四个区域循环. 扩大区域I的面积, 有利于系统朝着(合规经营, 严格监管)的方向演化, 但系统一旦进入区域II, 由于金融监管机构监管动力迅速下降, 使系统在区域II中维持时间较短, 很快演化至区域III开始新一轮循环. 此时, 金融监管机构严格监管策略对互联网金融企业不合规经营的行为有显著影响力, 但由于监管措施不连贯, 导致合规行为出现波动. 同时, 也反映出金融监管机构对违规行为事后监管的特性, 事后监管虽然能够规范互联网金融企业行为, 但不合规行为已对消费者权益和金融市场造成了损害. 这表明监管政策的连续性和稳定性对互联网金融市场的规范发展至关重要.

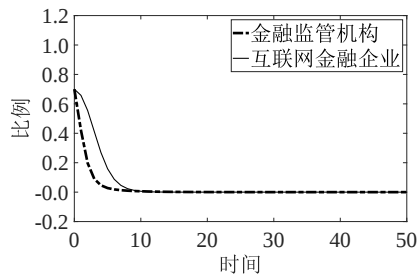


图5 情况4和情况5演化过程仿真

Fig. 5 Simulation of evolution process for cases 4 and 5

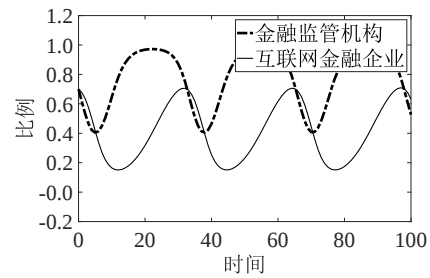


图6 情况6演化过程仿真

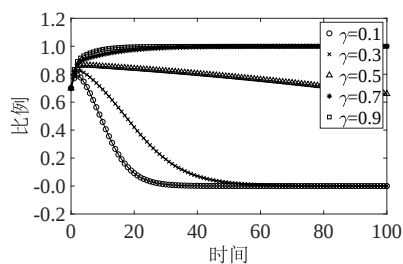
Fig. 6 Simulation of evolution process for case 6

4.2 监管科技对博弈双方策略影响仿真

为了进一步更好的显示监管科技因素对互联网金融企业与金融监管机构行为的影响, 验证理论推导的有效性, 运用 MATLAB 分别对互联网金融企业与金融监管机构策略选择的变化过程进行数值仿真.

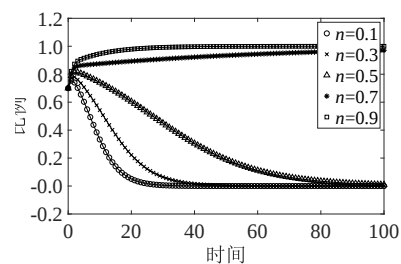
4.2.1 命题3的仿真

通过对系统演化过程的整体分析, 已知 π_1, π_2, π_3 共同影响互联网金融企业与金融监管机构的演化稳定策略, 为全面反映监管科技因素对互联网金融企业经营策略选择的影响, 因此分别在 $\pi_3 < 0$ 与 $\pi_3 > 0$ 两种情况下, 仿真分析监管科技因素如何影响互联网金融企业策略选择. 结果如图7和图8所示, 即 $\gamma \uparrow, n \uparrow, \theta \uparrow, b \uparrow$, 互联网金融企业越倾向选择合规经营, 仿真结果与命题3结论一致.



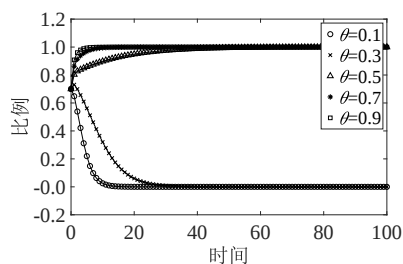
(a) 互联网金融企业监管科技投入程度

(a) Internet financial enterprises supervise the degree of investment in science and technology



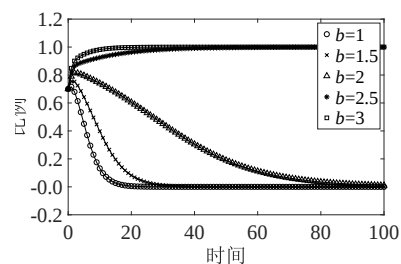
(b) 监管科技成本节约率

(b) Monitor technology cost saving rates



(c) 金融监管机构监管科技投入程度

(c) Financial regulators oversee the level of investment in technology



(d) 监管科技提升的单位风险识别能力

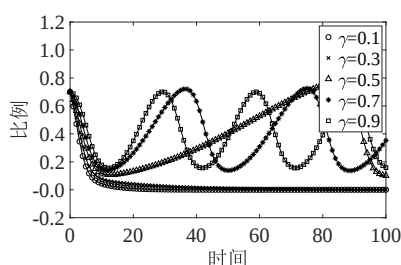
(d) Regulatory technology enhanced unit risk identification capability

图7 $\pi_3 < 0$ 下监管科技对互联网金融企业行为影响仿真Fig. 7 Simulation of the impact of regulatory technology on internet financial enterprises behavior for $\pi_3 < 0$

如图7(a)所示, 互联网金融企业监管科技投入程度越大, 互联网金融企业群体选择不合规经营策略的演化速度越慢, 甚至当监管科技投入程度达到一定程度时, 互联网金融企业会改变经营策略, 转而选择合规经

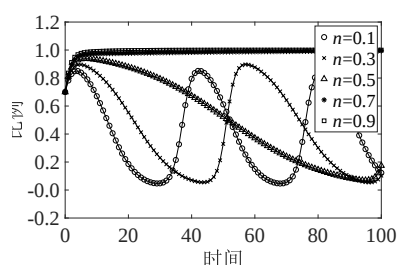
营. 其原因在于当互联网金融企业监管科技投入程度逐渐增大时, 监管科技节约的成本也逐渐变大, 进而互联网金融企业合规经营的总成本会逐渐下降, 即合规经营的机会成本越有可能小于当前违规收益. 总之, 此时互联网金融企业可以通过降低合规成本冲抵不合规经营的额外收益. 因此当互联网金融企业投入监管科技程度越大时, 越倾向选择合规经营.

同理, 如图 7(b)所示, 监管科技的成本节约率越大, 互联网金融企业合规经营的总成本越小, 进而更倾向合规经营. 如图 7(c)所示, 金融监管机构投入监管科技达到一定程度时, 互联网金融企业策略由不合规经营转向合规经营. 这是因为金融监管机构投入监管科技程度越大, 监管机构对不合规行为识别能力提升, 互联网金融企业合规经营的机会成本降低, 违规经营的动力下降. 同时, 金融监管机构监管成本下降, 严格监管总收益上升, 更倾向选择严格监管, 促使互联网金融企业合规经营. 同理, 如图 7(d)所示, 单位监管科技投入程度下所提升的风险识别能力越大, 互联网金融企业不合规经营惩罚风险上升, 金融监管机构严格监管总收益变大, 进而互联网金融企业更倾向于合规经营.



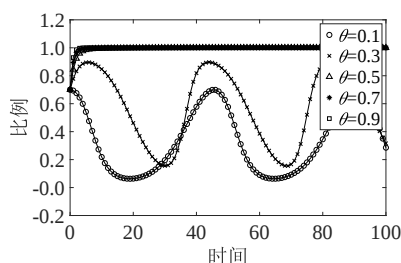
(a) 互联网金融企业监管科技投入程度

(a) Internet financial enterprises supervise the degree of investment in science and technology



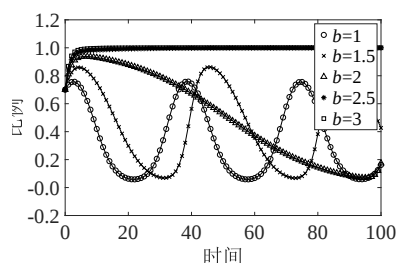
(b) 监管科技成本节约率

(b) Monitor technology cost saving rates



(c) 金融监管机构监管科技投入程度

(c) Financial regulators oversee the level of investment in technology



(d) 监管科技提升的单位风险识别能力

(d) Regulatory technology enhanced unit risk identification capability

图 8 $\pi_3 > 0$ 下监管科技对互联网金融企业行为影响仿真

Fig. 8 Simulation of the impact of regulatory technology on internet financial enterprises behavior for $\pi_3 > 0$

4.2.2 命题 4 的仿真

在对系统演化过程的整体分析中, 已知 π_1 , π_2 和 π_3 共同影响演化系统的稳定策略, 因此需分别在 π_1 , π_2 不同情况下仿真分析, 才能更加全面细致的反映监管科技因素如何影响金融监管机构的策略选择. $\pi_1 < 0$ 、 $\pi_2 < 0$ 时, 金融监管机构只存在不严格监管策略, 因此分别对 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0$ 与 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0$ 两种情况进行仿真分析. 结果分别如图 9 和图 10 所示, 即 $n \uparrow, \theta \uparrow, b \uparrow$, 金融监管机构越倾向进行严格监管, 仿真结果与命题 4 结论一致.

如图 9(a)所示, 随着监管科技成本节约率的提升, 金融监管机构选择严格监管的演化速度逐渐越来越快, 当监管科技成本节约率大于一定水平时, 出现群体策略选择的拐点, 并且监管科技的成本节约率越大, 拐点到来的越早. 其原因在于监管科技成本节约率的上升, 使得监管科技节约成本能力增强, 金融监管机

构监管成本大幅下降, 严格监管行为总收益变大. 因此, 监管科技成本节约率逐渐变大时, 金融监管机构倾向进行严格监管. 如图 9(b)所示, 金融监管机构在多大程度上采用监管科技, 对其监管策略有决定性影响. 随着监管科技投入程度的增大, 监管科技节约监管的份额增加, 总成本下降, 进而金融监管机构逐渐倾向选择严格监管. 如图 9(c)所示, 监管科技单位投入程度下提升的风险识别能力越大, 监管科技对监管能力的提升越明显, 金融监管机构对违规行为的识别能力逐渐提升, 进而金融监管机构倾向选择严格监管.

如图 10(a)所示, 随着监管科技成本节约率的提升, 金融监管机构监管策略从不严格监管这一稳定策略转而为在严格监管与不严格监管之间循环波动, 当监管科技节省监管成本的能力越大时, 金融监管机构向严格监管行为的变化越速度越快. 其原因在于监管科技成本节约率在逐渐提升的过程中, 监管成本逐渐降低, 使系统进入情况 6 的演化过程, 打破了金融监管机构完全不严格监管的稳定演化策略. 同理, 如图 10(b)所示, 随着金融监管机构监管科技投入程度的增大, 监管成本逐渐降低, 最终打破完全不严格监管的稳定演化策略. 如图 10(c)所示, 单位监管科技提升的风险识别能力逐步增大, 金融监管机构对违规行为的识别能力逐渐提升, 当达到某一水平时演化即出现拐点, 之后金融监管机构更倾向严格监管.

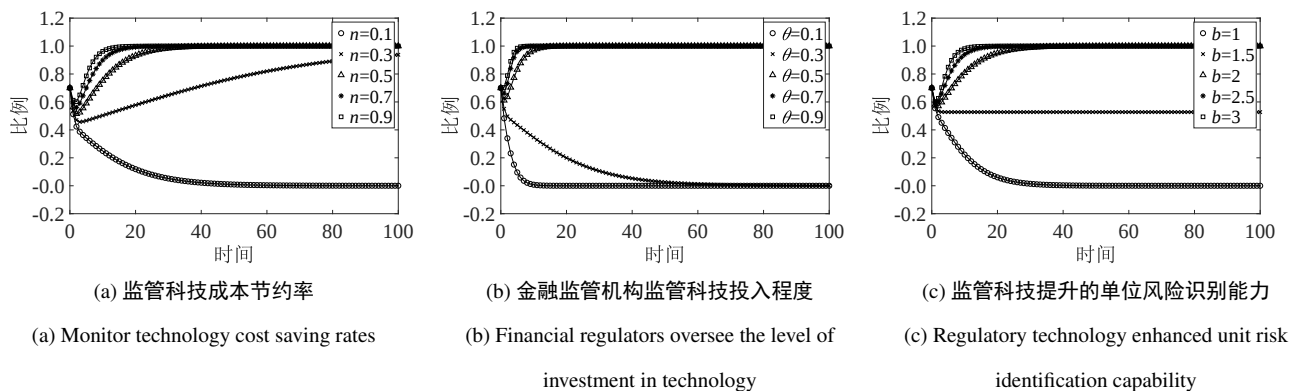


图 9 $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0$ 监管科技对金融监管机构行为影响仿真

Fig. 9 Simulation of the impact of regulatory technology on financial regulators behavior for $\pi_1 > 0, \pi_2 > 0$

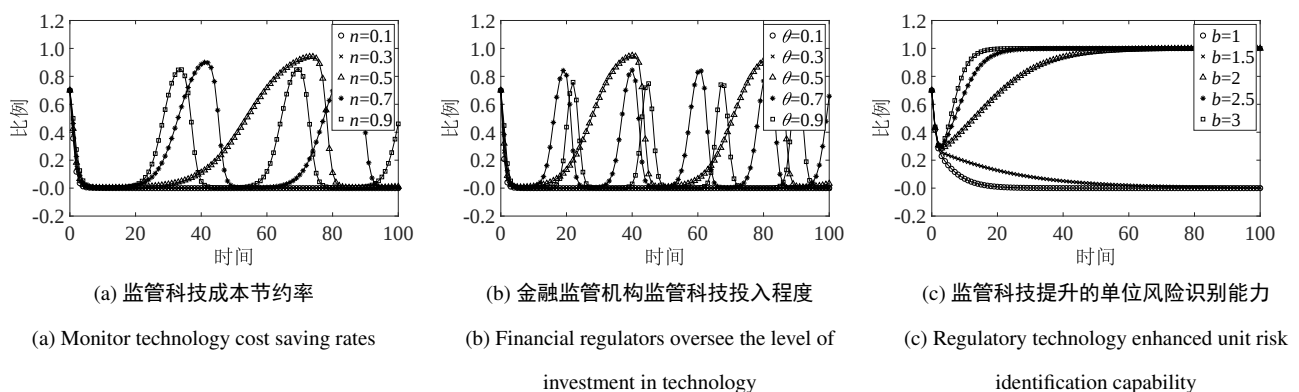


图 10 $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0$ 下监管科技对金融监管机构行为影响仿真

Fig. 10 Simulation of the impact of regulatory technology on financial regulators' behavior for $\pi_1 > 0, \pi_2 < 0$

综合命题 3 与命题 4 仿真结果, 提升监管科技的投入程度、成本节约率以及识别风险的效率, 能够打破原有的演化稳定策略, 促进互联网金融企业合规经营, 金融监管机构严格监管. 监管科技的投入程度取决于互联网金融监管中博弈各方的主观认识. 监管科技成本节约率和识别风险的效率, 取决于监管科技的发展程度, 监管科技越成熟, 其对互联网金融行业合理发展的作用越明显.

4.2.3 命题5的仿真

对于命题5中金融监管机构监管科技投入程度的三种情况分别验证, 其仿真参数设置为 $b = 2$, $c_1 = 2.2$, $\omega = 1$, $\lambda = 0.55$, $f = 2.5$, $e = 0.5$, $c_2 = 2$, $v = 0.5$, $\beta = 1$, $n = 0.5$, $\gamma = 0.4$, 分别令 $\theta = 0.1$, $\theta = 0.3$, $\theta = 0.5$ 满足情况1、情况2和情况3的参数条件. 如图11所示, 当 $\theta < \frac{e+vg_2}{fvb} - \frac{\omega}{b}$ 时, 互联网金融企业选择不合规经营策略; 当 $\frac{e+vg_2}{fvb} - \frac{\omega}{b} < \theta < \frac{(e+vg_2)}{\lambda fvb} - \frac{\omega}{b}$ 时, 互联网金融企业的策略选择不波动; 当 $\frac{e+vg_2}{\lambda fvb} - \frac{\omega}{b} < \theta$ 时, 随着演化的迭代互联网金融企业选择合规经营策略.

当金融监管机构监管科技投入程度小于区间 $(\frac{e+vg_2}{fvb} - \frac{\omega}{b}, \frac{(e+vg_2)}{\lambda fvb} - \frac{\omega}{b})$ 的下限时, 不管此时金融监管机构进行何种监管策略, 互联网金融企业一定不合规经营. 这是由于监管科技投入力度过低, 金融监管机构没有足够的监管能力惩处不合规经营行为. 若此时互联网金融企业大规模采用监管科技用于合规管理, 会加大监管机构与互联网金融企业信息不对称程度, 进而引发更严重的违规现象.

当金融监管机构监管科技投入程度位于区间 $(\frac{e+vg_2}{fvb} - \frac{\omega}{b}, \frac{(e+vg_2)}{\lambda fvb} - \frac{\omega}{b})$ 之间时, 互联网金融企业的行为策略演化进入情况6, 互联网金融企业的策略选择取决于金融监管机构的策略选择. 在这种情况下, 博弈的主动权掌握在金融监管机构, 持续稳定的严格监管措施能够有效改变互联网金融企业的不合规经营情况.

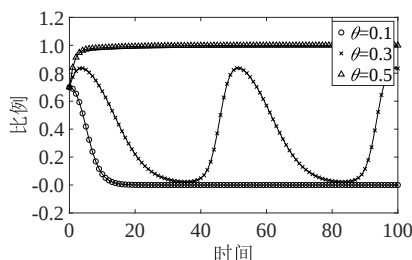


图11 金融监管机构监管科技投入程度仿真

Fig. 11 Simulation of the investment degree of regulatory technology by financial regulators

当金融监管机构监管科技投入程度大于区间 $(\frac{e+vg_2}{fvb} - \frac{\omega}{b}, \frac{(e+vg_2)}{\lambda fvb} - \frac{\omega}{b})$ 的上限时, 互联网金融企业不受金融监管机构监管策略的影响, 一定选择合规经营. 这表明充分发挥监管科技在监管端的作用, 能够有效促进互联网金融行业的良性发展, 维护金融行业稳定.

5 结束语

本文通过构建演化博弈模型, 研究了金融监管机构和互联网金融企业不同条件下的行为演化规律, 重点分析了监管科技对互联网金融监管演化结果的影响. 结合数值仿真分析发现, 金融监管机构具有监管不连续和事后监管的特性, 互联网金融企业不合规经营时才有更大的严格监管动力, 企业主体与监管主体易陷入此消彼长的对抗博弈状态; 监管科技投入程度和发展水平对互联网金融监管演化结果有重要影响, 监管科技能够降低合规成本和监管成本, 打破主体不良的策略选择, 使系统产生较好的稳定状态; 金融监管机构监管科技的投入水平对互联网金融企业的经营行为有明显影响, 达到一定水平时能有效促进互联网金融企业自觉合规经营.

目前, 我国对互联网金融的监管仍处于探索完善的阶段, 对于互联网金融的监管需从顶层设计入手, 完善现有对各级金融监管机构的政绩考核制度, 改变治理理念, 激励各级金融监管机构事前、事中监管动力. 同时, 严防地方政府急于借助互联网金融这种新兴金融业态实现“弯道超车”, 放松当地的金融监管规制强度; 其次, 应充分发展和利用监管科技, 降低监管科技成本, 提高效益转化能力. 互联网金融企业应强化技术研发, 创新监管科技应用方向, 重点关注监管科技降低人力与时间成本和把控人工操作风险的特点. 金融监管机构应加强自身技术研发, 创新研发模式, 通过与互联网金融企业、第三方科技公司合作开发以较低成本

提升监管能力. 另一方面, 也应为监管科技的发展提供制度保证, 整合现有非现场检查体系, 建立推广监管科技专业管理人才的培养和评价体系; 最后, 监管机构需把握互联网金融市场博弈所处的演化阶段, 充分利用监管科技, 以及时发现并规范互联网金融企业违规行为, 防范金融风险.

参考文献:

- [1] 冯 乾, 王海军. 互联网金融不当行为风险及其规制政策研究: 以市场诚信、公平竞争与消费者保护为核心. 中央财经大学学报, 2017, 37(2): 24–31.
Feng Q, Wang H J. A study of misconduct risk and regulation policy of internet finance: Focus on the market integrity, fair competition and consumer protection. Journal of Central University of Finance & Economics, 2017, 37(2): 24–31. (in Chinese)
- [2] 黄益平. 防控中国系统性金融风险. 国际经济评论, 2017, 40(5): 80–96.
Huang Y P. China's prevention of systemic financial risks. International Economic Review, 2017, 40(5): 80–96. (in Chinese)
- [3] 李苍舒, 沈 艳. 数字经济时代下新金融业态风险的识别、测度及防控. 管理世界, 2019, 35(12): 53–69.
Li C S, Shen Y. Risk identification, measurement and prevention and control of new financial forms in the era of digital economy. Management World, 2019, 35(12): 53–69. (in Chinese)
- [4] 谢 平, 邹传伟, 刘海二. 互联网金融的基础理论. 金融研究, 2015, 38(8): 1–12.
Xie P, Zou C W, Liu H E. The fundamental theory of internet finance. Journal of Financial Research, 2015, 38(8): 1–12. (in Chinese)
- [5] 许多奇. 互联网金融风险的社会特性与监管创新. 法学研究, 2018, 40(5): 20–39.
Xu D Q. Social characteristics and regulatory innovation of internet finance risks. Chinese Journal of Law, 2018, 40(5): 20–39. (in Chinese)
- [6] 黄 远, 刘怡君. 多层多属性舆情传播网络的仿真研究. 系统工程学报, 2019, 34(6): 844–854.
Huang Y, Liu Y J. Simulation research on propagation network with multi-layer and multi-attribute public opinions. Journal of Systems Engineering, 2019, 34(6): 844–854. (in Chinese)
- [7] Anagnostopoulos I. Fintech and Regtech: Impact on regulators and banks. Journal of Economics and Business, 2018, 100(6): 7–25.
- [8] 何海峰, 银丹妮, 刘元兴. 监管科技(Suptech): 内涵、运用与发展趋势研究. 金融监管研究, 2018, 7(10): 65–79.
He H F, Yin D N, Liu Y X. Suptech: Research on connotation, application and development trend. Financial Regulation Research, 2018, 7(10): 65–79. (in Chinese)
- [9] Arner D W, Barberis J, Buckley R P, et al. Fintech, regtech, and the reconceptualization of financial regulation. Northwestern Journal of International Law and Business, 2016, 37(3): 373–415.
- [10] Silverberg K, Portilla A, French C, et al. Regtech in financial services: Solutions for compliance and reporting. Washington: Institute of International Finance, 2016.
- [11] Kavassalis P, Stieber H, Breymann W, et al. An innovative regtech approach to financial risk monitoring and supervisory reporting. Journal of Risk Finance, 2018, 19(1): 39–55.
- [12] 陈进东, 唐锡晋, 周晓纪, 等. 网络异源数据社会风险预估及有效性分析. 系统工程学报, 2019, 34(3): 312–323.
Chen J D, Tang X J, Zhou X J, et al. Societal risk estimation of network heterogeneous data and its effectiveness analysis. Journal of Systems Engineering, 2019, 34(3): 312–323. (in Chinese)
- [13] 陶 峰, 万轩宁. 监管科技与合规科技: 监管效率和合规成本. 金融监管研究, 2019, 8(7): 68–81.
Tao F, Wan X N. Regulatory technology and compliance technology: Regulatory efficiency and compliance costs. Financial Regulation Research, 2019, 8(7): 68–81. (in Chinese)
- [14] 傅 强. 监管科技理论与实践发展研究. 金融监管研究, 2018, 7(11): 32–49.
Fu Q. Research on the theory and practice development of regulatory technology. Financial Regulation Research, 2018, 7(11): 32–49. (in Chinese)
- [15] 周光友, 施怡波. 互联网金融发展、电子货币替代与预防性货币需求. 金融研究, 2015, 38(5): 67–82.
Zhou G Y, Shi Y B. Internet financial development, electronic money substitution and precautionary money demand. Journal of Financial Research, 2015, 38(5): 67–82. (in Chinese)
- [16] 何 飞, 张 兵. 互联网金融的发展: 大数据驱动与模式衍变. 财经科学, 2016, 41(6): 12–22.
He F, Zhang B. Internet finance: Big data-driven and pattern evolution. Finance & Economics, 2016, 41(6): 12–22. (in Chinese)
- [17] 张庆君, 刘 靖. 互联网金融提升了商业银行资本配置效率吗: 基于中国上市银行的经验证据. 金融论坛, 2017, 22(7): 27–38.
Zhang Q J, Liu J. Does internet finance improve the capital allocation efficiency of commercial banks: Empirical evidences of Chinese listed banks. Finance Forum, 2017, 22(7): 27–38. (in Chinese)

- [18] 王聪聪, 党超, 徐峰, 等. 互联网金融背景下的金融创新和财富管理研究. 管理世界, 2018, 34(12): 168–170.
Wang C C, Dang C, Xu F, et al. Research on financial innovation and wealth management under the background of internet finance. Management World, 2018, 34(12): 168–170. (in Chinese)
- [19] 杜军, 韩子惠, 焦媛媛. 互联网金融服务的盈利模式演化及实现路径研究: 以京东供应链金融为例. 管理评论, 2019, 31(8): 277–294.
Du J, Han Z H, Jiao Y Y. Evolution path and realization path of profit model for internet financial services: A case study of JD supply chain finance. Management Review, 2019, 31(8): 277–294. (in Chinese)
- [20] 谢平, 邹传伟, 刘海二. 互联网金融监管的必要性与核心原则. 国际金融研究, 2014, 29(8): 3–9.
Xie P, Zou C W, Liu H E. The necessity and core principle of internet financial regulation. Studies of International Finance, 2014, 29(8): 3–9. (in Chinese)
- [21] 刘伟, 夏立秋, 王一雷. 动态惩罚机制下互联网金融平台行为及监管策略的演化博弈分析. 系统工程理论与实践, 2017, 37(5): 1113–1122.
Liu W, Xia L Q, Wang Y L. Analysis on the behavior of internet finance platform and regulation strategy under dynamic punishment mechanism based on evolutionary game theory. Systems Engineering: Theory & Practice, 2017, 37(5): 1113–1122. (in Chinese)
- [22] 周正龙, 马本江, 胡凤英. 双边密封竞标下的动态 P2P 网络借贷拍卖机制. 系统工程学报, 2018, 33(3): 341–354.
Zhou Z L, Ma B J, Hu F Y. Dynamic auction mechanism of online peer-to-peer lending market considering bilateral sealed bidding. Journal of Systems Engineering, 2018, 33(3): 341–354. (in Chinese)
- [23] 卜亚, 姜苏莉, 王芳. 基于 KMRW 声誉模型的互联网金融监管博弈研究. 金融监管研究, 2017, 6(11): 38–50.
Bu Y, Jiang S L, Wang F. Game study of internet finance supervision based on KMRW reputation model. Financial Regulation Research, 2017, 6(11): 38–50. (in Chinese)
- [24] 李杰, 张睿, 徐勇. 电商平台监管与商家售假演化博弈. 系统工程学报, 2018, 33(5): 649–661.
Li J, Zhang R, Xu Y. Evolutionary game between e-commerce platform supervision and merchants selling fakes. Journal of Systems Engineering, 2018, 33(5): 649–661. (in Chinese)
- [25] 李杰, 张睿, 徐勇. 虚假口碑信息控制演化博弈研究. 复杂系统与复杂性科学, 2018, 15(3): 39–46.
Li J, Zhang R, Xu Y. The evolutionary game theoretic study on the control of false word-of-mouth information. Complex Systems and Complexity Science, 2018, 15(3): 39–46. (in Chinese)
- [26] 李小莉. 考虑声誉的公私合作项目监管演化博弈分析. 系统工程学报, 2017, 32(2): 199–206.
Li X L. Evolution game analysis of public-private partnership projects regulatory with consideration of reputation. Journal of Systems Engineering, 2017, 32(2): 199–206. (in Chinese)
- [27] 张红伟, 徐镡菲. 基于动态博弈模型透视互联网金融监管的适度性. 金融经济研究, 2016, 31(5): 75–84.
Zhang H W, Xu Y F. An analysis of internet financial regulation through dynamic game model. Financial Economics Research, 2016, 31(5): 75–84. (in Chinese)
- [28] 张国兴, 高晚霞, 管欣. 基于第三方监督的食品安全监管演化博弈模型. 系统工程学报, 2015, 30(2): 153–164.
Zhang G X, Gao W X, Guan X. Evolutionary game model of food safety supervision based on the third-party intendant. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(2): 153–164. (in Chinese)
- [29] Weibull J W. Evolutionary Game Theory. Princeton: Princeton Press, 1997.

作者简介:

李杰(1973—), 女, 河北河间人, 博士, 教授, 研究方向: 金融监管, 电子商务, 大数据挖掘, Email: ljrsch@126.com;
郭栋炜(1995—), 男, 河北邢台人, 博士生, 研究方向: 智能决策, 金融监管中的博弈行为, Email: guodw5991@126.com;
杨芳(1981—), 女, 河北秦皇岛人, 博士, 讲师, 研究方向: 数据挖掘, 电子商务, Email: xinyuan9770@aliyun.com;
张睿(1993—), 男, 河北沙河人, 硕士, 研究方向: 演化博弈, 电子商务, Email: zrrsch@163.com.