

基于激励相容理论的金融科技创新监管策略研究

王玉婷, 卜 亚

江苏科技大学经济管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2024年10月8日; 录用日期: 2024年11月27日; 发布日期: 2024年12月6日

摘 要

随着金融科技的迅猛发展, 其风险日益显现而监管却相对滞后。本文基于激励相容理论分析了金融科技创新与监管的激励冲突问题, 并通过构建包含激励机制的金融科技创新监管动态演化模型, 设计了激励相容的监管机制。结果表明: 激励相容的监管机制能够优化监管资源的配置, 在金融科技企业与监管机构之间形成(合规创新, 适度监管)的正反馈激励机制。因此, 监管机构需要秉持激励相容的思想, 通过最优的机制设计, 设计出一种既包容又审慎的监管机制, 以实现金融科技“创新 - 监管”的动态平衡。

关键词

金融科技, 激励相容, 金融监管, 动态演化博弈

Strategic Research on Fintech Innovation and Regulation Based on Incentive Compatibility Theory

Yuting Wang, Ya Bu

School of Economy and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu

Received: Oct. 8th, 2024; accepted: Nov. 27th, 2024; published: Dec. 6th, 2024

Abstract

With the rapid development of fintech, its risks are becoming increasingly apparent and regulation is relatively lagging behind. Based on the incentive compatibility theory, this paper analyzes the incentive conflict between fintech innovation and regulation, and designs an incentive-compatible regulatory mechanism by constructing a dynamic evolution model of fintech innovation supervision

that includes incentive mechanisms. The results show that the incentive-compatible regulatory mechanism can optimize the allocation of regulatory resources and form a positive feedback incentive mechanism (compliance innovation and appropriate supervision) between fintech enterprises and regulators. Therefore, regulators need to uphold the idea of incentive compatibility and design an inclusive and prudent regulatory mechanism through optimal mechanism design, so as to achieve the dynamic balance of “innovation and supervision” in fintech.

Keywords

Fintech, Incentive Compatibility, Financial Regulation, Dynamic Evolutionary Game

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球新一轮信息技术革命中,金融科技成为一种新型生产要素,对金融生态系统形成巨大冲击,主要表现出“多元化”“混业性”与“去中心化”等特征。一方面,金融科技因其内在多元化的特征而具备创新性,催化了金融领域的革新与进步;另一方面,金融科技具有风险性,其跨界融合与去中心化的特点,对传统的金融监管框架构成了前所未有的冲击与考验。金融创新的发展需要适度的监管,过于严格或宽松都只会起到反作用。因此,新时代背景下如何构建激励相容的金融科技监管,是提升我国金融科技全球竞争力战略的重大需求。

金融科技监管的研究目前还处于深化阶段,学者对监管力度的问题存在争执。部分学者认为,应加强监管力度,以保证金融科技的风险在可控范围内(Zetzsche et al., 2017; 宋寒亮, 2022; 胡滨, 2022) [1]-[3]; 还有一部分学者认为,监管应充分考虑到金融科技的快速发展,也就是更多的通过激励措施实现监管目标(Jun & Yeo, 2016; 王鹏民, 2023) [4] [5]。在金融科技发展初期,各国为了鼓励金融科技发展以及对金融科技概念的模糊,出于鼓励金融创新的角度考虑,采取宽松监管的政策(Laidroo, 2019; Bu et al., 2022) [6] [7]。宽松的监管环境一定程度上为金融科技的发展提供了短期助力,但是在发展的同时也积聚了大量的风险(刘伟等, 2018; 田利辉等, 2024) [8] [9]。于是,又有学者提出对于金融科技监管应该采取审慎监管的策略(胡滨, 2021; 刘志彪, 2023) [10] [11]。但是存在着监管力度和违规创新行为的同向增长问题,即监管困境(Omarova, 2020; 韦浩等, 2024) [12] [13]。

金融科技创新与监管领域的既有研究集中在被动监管方面,而忽视对于激励冲突导致的“整体次优”的治理。激励相容的金融科技创新与监管是指一种最优的包容审慎的金融监管制度,它能够通过一定的监管机制设计,成功破解金融科技创新与监管难以平衡的“科林格里奇困境”,统筹金融科技发展“安全-效率”的动态平衡。本文基于金融科技创新与监管的激励冲突问题,构建了包含激励机制的动态演化模型,分析在激励机制下金融科技创新与监管的演化路径及均衡策略。希望通过本文的研究能为引导金融科技企业规范自身创新行为,同时为优化金融科技监管机制提供一定借鉴。

2. 金融科技创新与监管的激励冲突

在金融科技创新与监管中,金融科技企业与金融监管机构的效用函数存在冲突。金融科技企业的目标是谋求利润空间的最大化拓展,存在对短期内激进创新的渴望。因而,将金融科技企业视为自私自利的“经济人”。金融监管机构作为金融消费者的代表,其目标是引导金融科技企业适度创新,从而维护

金融市场的稳定, 保护金融消费者的权益。因此, 监管机构需要秉持激励相容的思想, 通过最优的机制设计, 设计出一种既包容又审慎的监管机制, 实现金融科技“创新-监管”的动态平衡。

金融科技创新监管的激励相容设计实质上是金融科技企业与金融监管机构之间的特殊的不完全信息博弈。在这场博弈中, 金融监管机构需要设计出一套博弈规则, 促成金融科技创新与监管的共赢。在博弈的过程中, 金融监管机构的支付函数是共同认知, 而金融科技企业的支付函数只有企业自己知道。当然, 监管机构可以要求金融科技企业报告自己的类型, 但是由于存在信息不对称, 企业可能会欺骗监管机构。因此, 监管机构必须为金融科技企业提供足够的激励, 以鼓励企业遵守规则。但这种激励是有成本的, 监管机构需要在成本和收益之间进行权衡。

3. 金融科技创新监管的激励相容设计

3.1. 参与主体、策略及参数设定

参与主体与策略集合

激励相容机制的服务对象主要包括监管实践中的金融监管机构和金融科技企业。其目的是确保监管者与金融科技企业之间的目标一致, 激励金融科技企业适度创新, 以有效防范和化解金融风险。金融监管机构与金融科技企业之间存在多周期的博弈, 企业在不同阶段的博弈周期中不断学习以更新认知。

博弈参与主体为{金融科技企业, 金融监管机构}, 金融科技企业策略集合为{合规创新 S_1 , 违规创新 S_2 }, 金融监管机构的策略集合为{严格监管 A_1 , 适度监管 A_2 }。这一博弈过程属于不完全信息博弈, 即每位参与者都对自己的类型有清晰的认知, 但对于其他参与者的类型则不了解。

3.2. 参数设定与解释

第一, 对金融科技企业相关参数的设定。

金融科技企业是金融科技产品及服务的供给者。企业是利益驱动者, 在进行创新时, 可能采取合规的且能体现公共福祉的创新; 也可能采取虚假的且暗藏高风险的创新。金融科技企业的收益 v_1 为:

$$v_1 = R_1 + \Delta R - P_1 \quad (1)$$

其中, R_1 是金融科技企业合规创新的基本收益(这里的 R_1 实际上已经扣除了企业合规创新的成本); ΔR 是金融科技企业违规创新的额外收益, 当 $\Delta R > 0$ 时则代表企业进行了违规创新; P_1 表示当企业违规创新被金融监管机构发现时所面临的行政成本。

第二, 对金融监管机构相关参数的设定。

金融监管机构是监管制度及行为的供给者, 承担市场中监管规则制定、企业行为监督、信息披露资源投入等义务。监管机构在博弈过程中有两种选择, 一是为了促进创新、节约成本, 选择适度监管; 二是为了抑制创新、控制风险, 选择严格监管。监管机构的收益 v_2 为:

$$v_2 = R_2 + P_1 - C \quad (2)$$

其中, R_2 是金融监管机构监管有效(主要表现为市场上没有违规创新)时所获得的来自政府补贴以及群众认可的社会效益的收益; C 表示监管机构在实施监管过程中所需要的成本。在现实生活中金融监管机构无论是严格监管还是适度监管都会付出监管成本, 假设严格监管时的成本为 C_1 , 适度监管时的成本为 C_2 。

第三, 对激励机制相关参数的设定。

金融监管机构对金融科技企业的声誉状况进行监测和管理以建设有效的激励机制。企业会因为合规创新而获得声誉激励, 设声誉激励系数为 ρ , 则企业的声誉变现价值为 ρr 。借鉴 DAVIS (2020), 假设声誉激励系数与金融监管机构建设声誉机制的成本呈正比例关系, 即 $\rho(c) = kc (0 < k < 1)$, 其中 k 表示监管

机构监管成本中用作激励企业的比例。但是,一旦金融科技企业被发现进行违规创新将对其声誉产生严重影响,声誉越高的企业,影响越大。假设金融科技企业在违规创新时声誉损失为

$\varphi(r), \varphi'(r) > 0, \varphi''(r) < 0$ 。参考 Liu et al. (2016) 的设定[14], 可以将声誉损失函数表示为 $\varphi(r) = kr^2$ 。

此外,由于金融科技企业的逐利性以及金融监管机构的高监管成本,可能滋生腐败现象。因此,假设企业违规创新时将有概率 α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 产生寻租行为,寻租成本为 D 。当企业违规创新、监管机构适度监管时,有 β ($0 \leq \beta \leq 1$) 的概率被投资者曝光。此时,监管机构会因监管不力而被上级机关问责,设受到的惩罚为 P_2 。

3.3. 激励相容机制设计

在金融科技创新监管中,监管机构需要协调与金融科技企业的利益,实现利益主体的共赢。在激励相容原则下,要协调金融科技企业的利益与社会的集体利益相一致,就要充分发挥监管机构的制度和政策激励作用,降低企业合规创新的成本,给予适当的财政补贴和政策上的激励,引导金融科技行业形成追求经济效益和社会效益并重的良性发展趋势。

金融科技企业进行合规创新只能获得基本的利差收益,而选择违规创新则会获得超额收益。因此,无论监管机构是否严格监管,企业在一次性交易环境中的最优选择是进行违规创新,市场陷入高风险陷阱。金融风险一旦产生就会造成社会损失以及企业自身的声誉损失。在现实情况中,金融科技企业需要可持续性发展就会避免短期机会主义行为。直觉上来说,违规创新能够给企业带来一次性的高额利润,但是声誉信号能够在市场上传播、被验证以及被捕捉,一旦金融科技企业进行违规创新,就会面临退出市场的风险,在长期来看会损害企业利润,这就是声誉机制。

金融监管机构可以利用声誉机制设计激励相容的监管机制。监管机构通过调整原监管成本结构,建设激励机制。监管资源的重新分配能够实现激励相容的“合作约束、激励分配、监督问责”三维机制。这使金融科技创新监管体系中公共利益的增加不会损害企业的盈利,并实现利益体合作得益的增加与公共利益的提升。具体地,金融科技创新的激励相容的监管机制设计如图1所示。

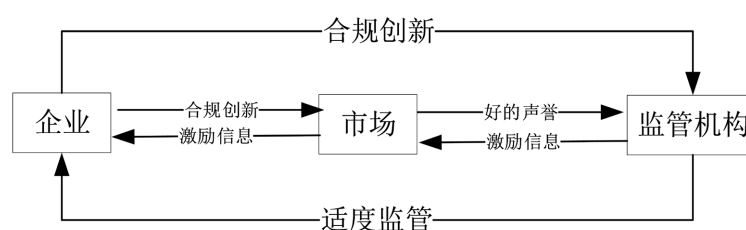


Figure 1. Incentives for fintech innovation and compatible regulatory mechanisms

图1. 金融科技创新的激励相容的监管机制

首先,合作约束机制是基本行动规制和保障。监管机构与金融科技企业通过合作共同构建声誉约束机制。声誉好的企业从中获得更高的收益,监管机构也能对企业作出更准确的评级标准。

其次,激励分配机制是打破无效博弈的关键。从企业来看,它所关注的合作收益是基于盈利性导向下在获得激励后的合规创新收益的潜在利益的增长;而监管机构所关注的合作收益是基于公共性导向下金融科技创新效率的提高以及风险事件概率的下降。因此,寻找双方在合作收益分配中的平衡点是激励相容的实现路径。

最后,监督问责机制是良性合作可持续的根本因素。对违规创新的企业进行惩罚能够警示其他企业,并且进一步增加了违规创新成本,提高了激励带来的相对收益。

基于上述分析, 设定激励相容机制下双方博弈支付矩阵如表 1 所示。

Table 1. Payoff matrix of the game under the incentive compatibility mechanism

表 1. 激励相容机制下双方博弈的支付矩阵

金融科技企 业	金融监管机构	
	A1(y)	A2(1-y)
S1(x)	$R_1 + \rho_2 r, R_2 - C_2$	$R_1 + \rho_1 r, R_2 - C_1$
S2(1-x)	$R_1 + \Delta R - \alpha D - (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)),$ $-C_2 + \alpha(D - \beta P_2) + (1-\alpha)P_1$	$R_1 + \Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r)) + (1-\beta)\rho_1 r,$ $-C_1 - \beta P_2$

4. 激励相容的动态演化博弈过程

4.1. 激励机制的正反馈过程

根据 Friedman 演化博弈分析方法和演化原则, 可由表 1 的博弈支付矩阵计算得到金融科技企业选择策略 S1 和策略 S2 所获得的期望收益 π_{S1} 、 π_{S2} 和平均期望收益 π_S 分别为:

$$\begin{cases} \pi_{S1} = R_1 + y\rho_2 r + (1-y)\rho_1 r \\ \pi_{S2} = R_1 + \Delta R + y[(\alpha-1)(P_1 + \varphi(r)) - \alpha D] + (1-y)[(1-\beta)\rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))] \\ \pi_S = x\pi_{S1} + (1-x)\pi_{S2} \end{cases} \quad (3)$$

监管机构选择策略 A1 和策略 A2 所获得的期望收益 π_{A1} 、 π_{A2} 和平均期望收益 π_A 分别为:

$$\begin{cases} \pi_{A1} = xR_2 + (1-x)[\alpha(D - \beta P_2) + (1-\alpha)P_1] - C_2 \\ \pi_{A2} = xR_2 - (1-x)\beta P_2 - C_1 \\ \pi_A = y\pi_{A1} + (1-y)\pi_{A2} \end{cases} \quad (4)$$

根据演化博弈的复制动态原理, 构建金融科技企业的复制动态方程:

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(\pi_{S1} - \pi_S) \\ &= x(1-x)[y(\rho_2 r + (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D) + (1-y)(\beta\rho_1 r + \beta(P_1 + \varphi(r))) - \Delta R] \end{aligned} \quad (5)$$

同理, 金融监管机构的复制动态方程为:

$$\begin{aligned} F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(\pi_{A1} - \pi_A) \\ &= y(1-y)[(1-x)(\alpha(D - \beta P_2) + (1-\alpha)P_1 + \beta P_2) - C_2 + C_1] \end{aligned} \quad (6)$$

令 $F(x) = \frac{dx}{dt} = 0$, 可解得 $x_1 = 0, x_2 = 1, y^* = \frac{\Delta R - \beta\rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1-\alpha-\beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta\rho_1 r}$ 。由复制动态微分

方程稳定性定义以及演化稳定策略性质可知, 当 $F(x) = \frac{dx}{dt} = 0$, 且满足 $F'(x) < 0$ 时, x 为金融科技企业的演化稳定策略。对金融科技企业的复制动态方程(5)求导, 可得:

$$F'(x) = (1-2x)[y(\rho_2 r + (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D) + (1-y)(\beta\rho_1 r + \beta(P_1 + \varphi(r))) - \Delta R] \quad (7)$$

金融科技企业的演化稳定策略存在以下三种可能情形, 具体情况如图 2 所示。

第一, 当 $y^* = \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$ 时, $F(x) = 0$, $F'(x) = 0$, 金融科技企业的策略不受演化系统影响, 所有的 x 都处于稳定状态。

第二, 当 $y^* > \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$ 时, $F'(x)|_{(x=1)} < 0$, $F'(x)|_{(x=0)} > 0$, 则 $x_2 = 1$ 为演化稳定策略, 即金融科技企业选择合规创新。

第三, 当 $y^* < \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$ 时, $F'(x)|_{(x=1)} > 0$, $F'(x)|_{(x=0)} < 0$, 则 $x_1 = 0$ 为演化稳定策略, 即金融科技企业选择违规创新。

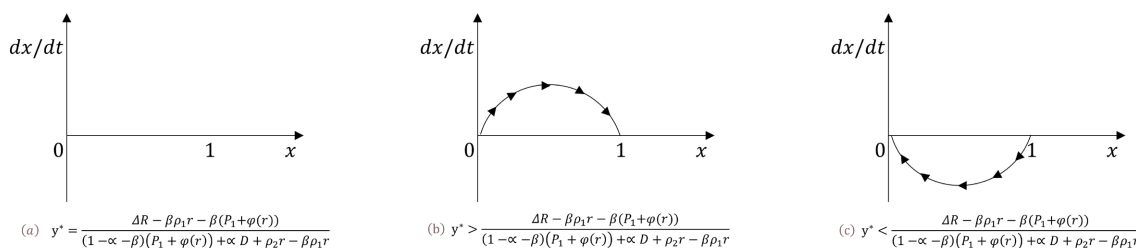


Figure 2. Phase diagram of evolutionary trends of FinTech company strategies

图 2. 金融科技企业策略演化趋势相位图

令 $F(y) = \frac{dy}{dt} = 0$, 可解得 $y_1 = 0, y_2 = 1, x^* = 1 - \frac{C_2 - C_1}{\alpha D + (1 - \alpha)(P_1 + \beta P_2)}$ 。由复制动态微分方程稳定性定义以及演化稳定策略性质可知, 当 $F(y) = \frac{dy}{dt} = 0$, 且满足 $F'(y) < 0$ 时, y 为金融科技企业的演化稳定策略。对金融监管机构的复制动态方程(6)求导, 可得:

$$F'(y) = (1 - 2y) \left[(1 - x) (\alpha (D - \beta P_2) + (1 - \alpha) P_1 + \beta P_2) - C_2 + C_1 \right] \quad (8)$$

金融监管机构的演化稳定策略存在以下三种可能情形, 具体情况如图 3 所示。

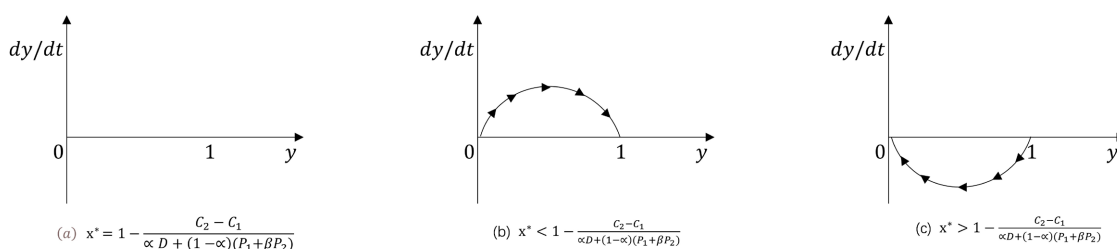


Figure 3. Phase diagram of evolutionary trends of Financial Regulatory Authority strategies

图 3. 金融监管机构策略演化趋势相位图

第一, 当 $x^* = 1 - \frac{C_2 - C_1}{\alpha D + (1 - \alpha)(P_1 + \beta P_2)}$ 时, $F(y) = 0$, $F'(y) = 0$, 金融科技企业的策略不受演化系统影响, 所有的 x 都处于稳定状态。

第二, 当 $x^* > 1 - \frac{C_2 - C_1}{\alpha D + (1 - \alpha)(P_1 + \beta P_2)}$ 时, $F'(y)|_{(y=1)} > 0$, $F'(y)|_{(y=0)} < 0$, 则 $y_1 = 0$ 为演化稳定策略, 即金融监管机构选择适度监管。

第三, 当 $x^* < 1 - \frac{C_2 - C_1}{\alpha D + (1 - \alpha)(P_1 + \beta P_2)}$ 时, $F'(y)|(y=1) < 0$, $F'(y)|(y=0) > 0$, 则 $y_2 = 1$ 为演化稳定策略, 即金融监管机构选择严格监管。

金融监管机构投入更多的监管资源用于激励相容机制的建设, 激励相容机制的激励和惩罚效应越强 (即 $\rho_1 r$ 、 $\varphi(r)$ 越大), 对于金融科技企业群体来讲, 会更倾向于“合规创新”; 反之, 金融科技企业群体更偏向于“违规创新”。

进一步, 考虑金融科技企业与金融监管机构的动态博弈系统, 由企业与管理机构的复制动态方程(5)和(6)组成的动态系统在平面 $S = \{(x, y); 0 \leq x, y \leq 1\}$ 共有 4 个纯策略均衡解和 1 个混合策略均衡解: $O(0,0)$, $M(1,0)$, $N(0,1)$, $L(1,1)$, $H(x^*, y^*)$ 。利用 Friedman 判断法对策略均衡解进行分析以获得系统的演化稳定策略(ESS), 根据式(5)和式(6)可得博弈系统的雅可比矩阵:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2x) \left[y(\rho_2 r + (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D) \right. \right. & x(1-x) \left[\rho_2 r + (1-\alpha-\beta)(P_1 + \varphi(r)) \right. \\ \left. \left. + (1-y)(\beta \rho_1 r + \beta(P_1 + \varphi(r))) - \Delta R \right] & \left. \left. + \alpha D - \beta \rho_1 r \right] \right] & \\ y(1-y) [\alpha(\beta P_2 - D) - (1-\alpha)P_1 + \beta P_2] & (1-2y) \left[(1-x)(\alpha(D - \beta P_2) + (1-\alpha)P_1 + \beta P_2) \right. \\ & \left. \left. - C_2 + C_1 \right] \right] \end{bmatrix} \quad (9)$$

当 $\text{tr}(J) < 0$ 且 $\det(J) > 0$ 时, 平衡点处于局部稳定状态, 即 ESS 稳定。系统的均衡点局部稳定分析结果如表 2 所示。

Table 2. Stability analysis of equilibrium points

表 2. 均衡点的稳定性分析

均衡点	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$
$O(0,0)$	$\begin{bmatrix} \beta(\varphi(r) + P_1 + \rho_1 r) - \Delta R \\ \times [\alpha D + (1-\alpha)(\beta P_2 + P_1) - C_2 + C_1] \end{bmatrix}$	$\alpha D + (1-\alpha)(\beta P_2 + P_1) - C_2 + C_1 - \Delta R + \beta(P_1 + \varphi(r) + \rho_1 r)$
$M(1,0)$	$(C_2 - C_1) [\beta(P_1 + \varphi(r) + \rho_1 r) - \Delta R]$	$\Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r) + \rho_1 r) - C_2 + C_1$
$N(0,1)$	$\begin{bmatrix} (1-\alpha)\varphi(r) - \Delta R + \rho_2 r + (1-\alpha)P_1 + \alpha D \\ \times [(1-\alpha)(\beta P_2 + P_1) + \alpha D - C_2 + C_1] \end{bmatrix}$	$C_2 - C_1 + \Delta R + (1-\alpha)(\beta P_2 + \varphi(r)) + \rho_2 r$
$L(1,1)$	$(C_1 - C_2) [(1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \Delta R]$	$C_2 - C_1 + \Delta R - (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) - \rho_2 r - \alpha D$
$H(x^*, y^*)$	+	0

由于在混合策略均衡点 $H(x^*, y^*)$ 处, $\text{tr}(J) = 0$, 所以 H 点必为鞍点, 金融科技企业与金融监管机构的策略最终必定稳定在其余奇点处。通过局部稳定性分析, 可以得到以下四种情形下的推论:

情形 1: 当 $\Delta R - \alpha D - (1-\alpha)(P_1 + \varphi(r)) > \rho_2 r$, $\alpha(D - \beta P_2) + (1-\alpha)P_1 + \beta P_2 < C_2 - C_1$ 时, 系统在 $O(0,0)$ 处达到 ESS 结果, 系统演化稳定策略趋向于(S2, A2)。

情形 2: 当 $\Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r)) < \beta \rho_1 r$ 时, 系统在 $M(1,0)$ 处达到 ESS 结果, 系统演化稳定策略趋向于

(S1, A2), 此时系统在声誉机制的作用下形成了“无为而治”。

情形 3: 当 $\Delta R - \alpha D - (1 - \alpha)(P_1 + \varphi(r)) > \rho_2 r$, $\alpha(D - \beta P_2) + (1 - \alpha)P_1 + \beta P_2 > C_2 - C_1$ 时, 系统在 $N(0, 1)$ 处达到 ESS 结果, 系统演化稳定策略趋向于(S2, A1)。

情形 4: 当 $\Delta R - \alpha D - (1 - \alpha)(P_1 + \varphi(r)) < \rho_2 r$, $\alpha(D - \beta P_2) + (1 - \alpha)P_1 + \beta P_2 > C_2 - C_1$ 时, 此时根据 Friedman 法则求得的 $\det(J) < 0$ 且无法判断 $\text{tr}(J)$ 的正负情况, 因此 L1,1 是不稳定的局部均衡点, 不能达到 ESS 结果, 在策略集(S1, A1)下系统不会趋向于长期稳定状态。

4.2. 激励相容的有效条件

结合此前的分析, 形成(合规创新, 适度监管)的正反馈激励机制需要具备两个条件: 激励信号的有效性; 激励机制能够带给金融科技企业正的合规创新收益。

令 $x^* = 1 - \frac{C_2 - C_1}{\alpha D + (1 - \alpha)(P_1 + \beta P_2)}$, $y^* = \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$, 用 x 、 y 为坐标轴的平面图来表示金融科技企业与金融监管机构策略变化的动态演化趋势, 可得图 4。

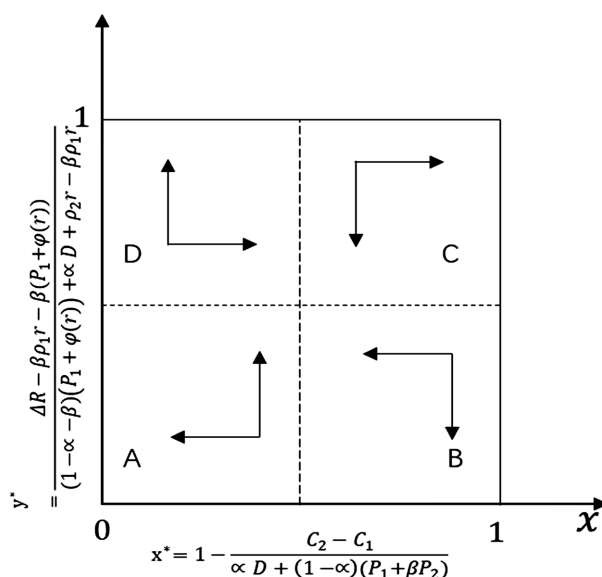


Figure 4. Replication dynamics and stability of FinTech Companies and Financial Regulatory Authorities

图 4. 金融科技企业和金融监管机构复制动态和稳定性

从图 4 可以推断出金融科技创新与监管系统演化稳定的四种情况:

第一, $\Delta R - \alpha D - (1 - \alpha)(P_1 + \varphi(r)) > \rho_2 r$, 恒有 $y^* < \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$ 。在图 4

中表示为区域 A 和区域 B, 此时区域 A 和 B 的演化稳定策略为 $x = 0$, 再次印证了当 $\Delta R - \alpha D - (1 - \alpha)(P_1 + \varphi(r)) > \rho_2 r$ 时, 金融科技企业将选择进行违规创新, 且企业的这种选择不依赖于金融监管机构的策略变化。

第二, $\Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r)) < \beta \rho_1 r$, 恒有 $y^* > \frac{\Delta R - \beta \rho_1 r - \beta(P_1 + \varphi(r))}{(1 - \alpha - \beta)(P_1 + \varphi(r)) + \alpha D + \rho_2 r - \beta \rho_1 r}$ 。在图 4 中表示为

区域 C 和 D, 此时区域 C 和 D 的演化稳定策略为 $x = 1$, 也再次印证了当 $\Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r)) < \beta \rho_1 r$ 时, 企

业将选择合规创新, 且企业的这种选择不依赖于金融监管机构的策略变化。

第三, $\alpha(D - \beta P_2) + (1 - \alpha)P_1 + \beta P_2 < C_2 - C_1$, 恒有 $x^* > 1 - \frac{C(r)}{R_2 + \alpha D + (1 - \alpha)P_1 + \beta P_2}$ 。在图 4 中表示

为区域 B 和 C, 此时区域 B 和 C 的演化稳定策略为 $y = 0$, 即无论金融科技企业的策略变化如何, 金融监管机构都将选择适度监管的策略。

第四, $\alpha(D - \beta P_2) + (1 - \alpha)P_1 + \beta P_2 > C_2 - C_1$, $\Delta R - \alpha D - (1 - \alpha)(P_1 + \varphi(r)) < \rho_2 r$, $\Delta R - \beta(P_1 + \varphi(r)) > \beta \rho_1 r$, 此时金融监管机构对金融科技企业进行严格监管得到的收益大于适度监管时的收益。这种情况下没有演化稳定策略, 最终的状态由博弈双方的学习调整速度决定。

以上四种情况与之前的四种情形相对应, 在三个稳定的局部均衡点中, $M(1, 0)$ 是金融监管机构所期望达到的最优监管目标。此时, 金融科技企业选择合规创新, 金融监管机构选择适度监管, 金融科技企业与金融监管机构之间基于声誉机制形成一种互信的创新与监管的激励相容机制, 企业实现利益最大化且监管资源也得到充分利用。因此, 激励信号有效性的条件应当使博弈双方选择(合规创新, 适度监管)策略的概率尽量增加。

4.3. 金融科技创新与监管的激励相容分析

Bengt et al. (2023) [15] 认为金融创新与监管不断地进行着的“创新 - 监管 - 再创新 - 再监管”行为类似于生态系统里的猎物与捕猎者的竞争关系。在金融生态视角下, 利用 Lotka-Volterra 模型对金融科技创新监管的博弈关系进行进一步的激励相容分析。

金融科技创新的扩散是指某种金融科技创新产品的市场交易主体和规模的增长, 假设其由市场参与率 $r(0 \leq r \leq 1)$ 表示。借用 Bass 扩散模型对金融科技创新的扩散进行建模。Bass 模型认为创新主体的购买行为独立于其他主体, 而消费者购买新产品的行为受到社会体系的影响, 消费者数量越多, 影响越大。其形式为:

$$\frac{dN(t)}{dt} = p[m - N(t)] + q \frac{N(t)}{m} [m - N(t)] \quad (10)$$

其中, $N(t)$ 表示某项创新产品消费者的数量, p 表示外部影响因子, q 表示内部影响因子, m 为最终采用创新产品的数量即市场潜力。 $p[m - N(t)]$ 表示主体受外部影响而采用创新产品的数量,

$q \frac{N(t)}{m} [m - N(t)]$ 表示主体受金融科技创新主体内部影响而采用创新产品的数量。当 $t = 0$ 时, 有 pm 个消费者采用金融科技创新产品。将(10)式方程微分, 得到解析解为:

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \left(\frac{q}{p}\right) e^{-(p+q)t}} \quad (11)$$

由式(11)可以看出, 当 $t \rightarrow \infty$ 时, $N(t) \rightarrow m$, 即在此模型中, 金融科技创新的上限为 m 。确定了金融科技创新自发扩散模型后, 接下来考虑在监管的影响下, 金融科技创新的扩散。

监管力度对金融科技创新的扩散具有双重影响: 当金融科技创新发展过快时, 严格监管会对其扩散起到抑制作用; 在创新陷入低迷时, 适度监管会对其起到促进作用。监管机构要以包容审慎的态度对待金融科技创新, 依据公共风险评估结果, 实施适时且适度的干预措施, 以实现金融科技创新与监管的动态均衡。在模型中具体表现为, 监管机构可以根据监管目标, 即金融科技创新产品的扩散程度, 来决定监管力度。

由此, 设监管力度为 g , 监管目标为 r^* , 金融科技创新内部扩散系数为 k_1 , 金融科技创新对监管的

灵敏度为 k_2 , 监管部门对市场参与率变化的反应速度为 k_3 , 金融科技创新外部扩散系数为 k_4 。受监管强度影响的 Lotka-Volterra 模型如下:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = k_1 r(1-r) + k_4(1-r) - k_2 gr \\ \frac{dg}{dt} = k_3(r-r^*) \end{cases} \quad (12)$$

令 $\frac{dr}{dt} = 0$ 且 $\frac{dg}{dt} = 0$ 得系统稳定点 $(r_1, g_1) = \left(r^*, \frac{k_4 + k_1 r - k_4 r^* - k_1 r^2}{k_2 r}\right)$, 式(12)在该点处的线性化系数矩阵对应的特征方程为:

$$\det \begin{pmatrix} -k_1 r^* - \frac{k_4}{r^*} & -k_2 r^* \\ k_3 & 0 \end{pmatrix} - \lambda I = 0 \quad (13)$$

由 Lyapunov 第一法可得, 若系数矩阵的全部特征值均有负实部, 则为渐进稳定。而系数矩阵对应的行列式 $\Delta = k_2 k_3 r^* > 0$, 迹 $T = -k_1 r^* - \frac{k_4}{r^*} < 0$, 系数矩阵特征值均含负实部, 因此动力系统在

$(r_1, g_1) = \left(r^*, \frac{k_4 + k_1 r - k_4 r^* - k_1 r^2}{k_2 r}\right)$ 处是渐进稳定的。但由于 $T^2 - 4\Delta = \left(k_1 r^* + \frac{k_4}{r^*}\right)^2 - 4k_2 k_3 r^*$ 符号不确定, 因

此从演化过程角度考虑, 当 $T^2 - 4\Delta \geq 0$ 时, 特征方程的两根均为实根, 且均为负根, 市场参与率 r 会向某一定点演化; 当 $T^2 - 4\Delta < 0$ 时, 特征方程的两根为复根, 虚根部分会使得 r 与 g 在稳定点附近做振荡运动。

金融科技创新与监管在现实情况中和经济周期息息相关。在经济形势向好时, 金融科技创新需求量大, 金融科技创新速度加快; 在经济形势低迷时期, 金融科技创新需求小, 金融科技创新速度放缓。因此, 进一步考虑在不同经济周期阶段金融科技创新与监管的演化, 使用具有周期性特征的三角函数来表示经济周期对金融科技创新扩散的影响。设 A 为经济周期影响的幅度, w 表示经济周期的频率。

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = k_1 r(1-r) + k_4(1-r) - k_2 gr + A \sin(wt) \\ \frac{dg}{dt} = k_3(r-r^*) \end{cases} \quad (14)$$

将(14)转化为自治方程组便于后续分析, 转换如下:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = k_1 r(1-r) + k_4(1-r) - k_2 gr + Ax_3 \\ \frac{dg}{dt} = k_3(r-r^*) \\ \frac{dx_3}{dt} = wx_4 \\ \frac{dx_4}{dt} = -w^2 x_3 \end{cases} \quad (15)$$

由式(15)可以得出, 点 $\left(r^*, \frac{k_4 + k_1 r^* - k_4 r^* - k_1 r^2}{k_2 r^*}, 0, 0\right)$ 为此非线性动力系统稳定点, 系统在该点的线性化系数矩阵对应的特征值方程为:

$$\det \left(\begin{bmatrix} -k_1 r^* - \frac{k_4}{r^*} & -k_2 r^* & 0 & 0 \\ k_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & w \\ 0 & 0 & -w^2 & 0 \end{bmatrix} - \lambda I \right) = 0 \quad (16)$$

化简, 得:

$$(\lambda^2 + w^3) \cdot \det \left(\begin{bmatrix} -k_1 r^* - \frac{k_4}{r^*} & -k_2 r^* \\ k_3 & 0 \end{bmatrix} - \lambda I \right) = 0 \quad (17)$$

由式(17)可得, 动力系统在 $\left(r^*, \frac{k_4 + k_1 r^* - k_4 r^* - k_1 r^2}{k_2 r^*}, 0, 0 \right)$ 处的稳定性由两部分决定。第一部分 $\lambda^2 + w^3 = 0$ 不存在实数根, 第二部分为在前文讨论过的式(13), 其得到的结果和前文叙述相同。第一部分得到的两个虚数根会使整个方程的解做周期性的守恒振荡, 最终得到的结果为式(13)情况下的周期性叠加。因此, 在经济周期的影响下, 系统在点 $\left(r^*, \frac{k_4 + k_1 r^* - k_4 r^* - k_1 r^2}{k_2 r^*}, 0, 0 \right)$ 处是渐进稳定的。

总之, 监管机构可以根据金融科技创新的扩散程度调整监管力度。在市场低迷时, 可以采取激励措施, 降低监管力度; 而在市场活跃时, 可以加强审慎监管, 提高监管力度。通过动态调整监管力度, 可以合理优化监管资源的配置, 实现金融科技创新监管“安全-效率”的动态平衡, 从而形成激励相容的监管机制。

5. 结论与建议

本文在演化博弈模型的基础上, 构建了一个基于非线性动力学的金融科技监管分析框架, 不仅考虑了金融科技创新与金融科技监管的内部动态, 还考虑了在不同的经济环境中监管与创新的相互作用。模型结果表明: 第一, 激励相容的监管机制能够降低监管成本, 避免监管机构陷入“猫捉老鼠”的演化博弈陷阱, 激励金融科技企业进行合规创新, 实现“无为而治”。第二, 激励相容的监管机制能够优化监管资源的配置, 在金融科技企业与监管机构之间形成(合规创新, 适度监管)的正反馈激励机制; 第三, 监管机制能够根据金融科技创新的扩散程度适时适度调整监管强度, 实现“安全-效率”动态均衡, 从而形成激励相容的监管机制。

基于上述结论, 给出以下几点建议:

第一, 变革金融监管理念, 发展包容审慎监管。包容性监管要求差异化的激励惩戒机制, 避免“一刀切”的困局。审慎监管则以风险为导向, 确保金融系统稳定, 逐步发展为主动性和功能性监管, 防范系统性金融风险。

第二, 调整金融监管目标, 遵循适度监管原则。适度监管基于安全的认知, 要求监管机构深入理解金融科技产品的复杂特性, 采取既不过度限制也不放任自流的管理措施。监管机构可以采用沙盒试验和合作伙伴关系等方法, 以支持创新并实现监管收益的最大化。

第三, 完善协同监管模式, 形成多元共治局面。协同监管模式强调不同监管主体之间的协作, 以确保监管的全面性和准确性。政府、行业协会、企业和社会专业组织可以共同制定规则、分享信息和协调行动, 以应对金融科技领域的挑战。

基金项目

国家社会科学基金一般项目“金融科技创新与监管的激励相容机制及政策设计”(21BJY148)。江苏

省研究生科研创新计划项目“基于声誉激励模型的金融科技创新监管研究”(KYCX23_3799)。

参考文献

- [1] Zetzsche, D.A., Buckley, R.P., Arner, D.W. and Barberis, J.N. (2017) From Fintech to Techfin: The Regulatory Challenges of Data-Driven Finance. *SSRN Electronic Journal*, **14**, 393-346.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2959925>
- [2] 宋寒亮. 风险化解目标下互联网金融监管机制创新研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2022(2): 105-114.
- [3] 胡滨. 金融科技、监管沙盒与体制创新: 不完全契约视角[J]. 经济研究, 2022, 57(6): 137-153.
- [4] Jun, J. and Yeo, E. (2016) Entry of Fintech Firms and Competition in the Retail Payments Market. *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, **45**, 159-184. <https://doi.org/10.1111/ajfs.12126>
- [5] 王鹏民, 罗公利, 侯贵生. 社会公众参与视角下金融创新监管的多方演化博弈分析[J]. 系统工程, 2023, 41(5): 104-114.
- [6] Laidroo, L. and Avarmaa, M. (2019) The Role of Location in Fintech Formation. *Entrepreneurship & Regional Development*, **32**, 555-572. <https://doi.org/10.1080/08985626.2019.1675777>
- [7] Bu, Y., Yu, X.H. and Li, H. (2022) The Nonlinear Impact of FinTech on the Real Economic Growth: Evidence from China. *Economics of Innovation and New Technology*, **7**, 1-19.
- [8] 刘伟, 夏立秋. 网络借贷市场参与主体行为策略的演化博弈均衡分析——基于三方博弈的视角[J]. 中国管理科学, 2018(5): 169-177.
- [9] 田利辉, 李懿行, 李政. 试验性监管能抑制区域金融风险吗——来自“金融科技创新监管试点”的证据[J]. 经济学家, 2024(7): 79-88.
- [10] 胡滨, 任喜萍. 金融科技发展: 特征、挑战与监管策略[J]. 改革, 2021(9): 82-90.
- [11] 刘志彪, 郭梦华. 全国统一大市场与产业链现代化: 内在逻辑及重点推进方向[J]. 求索, 2023(1): 142-150.
- [12] Omarova, S.T. (2020) Technology V Technocracy: Fintech as a Regulatory Challenge. *Journal of Financial Regulation*, **6**, 75-124. <https://doi.org/10.1093/jfr/fjaa004>
- [13] 韦洁, 武长海. 金融科技风险监管困境的二元应对路径: 理念转变与方式优化[J]. 南方金融, 2024(3): 63-74.
- [14] Liu, C., Aharony, J., Richardson, G. and Yawson, A. (2016) Corporate Litigation and Changes in CEO Reputation: Guidance from U.S. Federal Court Lawsuits. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, **12**, 15-34. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2016.02.003>
- [15] Larsson, B., Rolandsson, B., Ilsøe, A., Larsen, T.P., Lehr, A. and Masso, J. (2023) Digital Disruption Diversified—Fintechs and the Emergence of a Cooperative Market Ecosystem. *Socio-Economic Review*, **22**, 655-675. <https://doi.org/10.1093/ser/mwad046>