

区块链技术下的供应链金融信用水平研究

杨雪宁¹, 马树建²

(1. 南京工业大学经济与管理学院, 南京, 210000;

2. 南京工业大学数理科学学院, 南京, 210000)

摘要: 针对供应链金融融资中小企业由于信用水平不高获取贷款困难的现象, 本文以金融机构、核心企业和中小企业为主体, 基于信用水平构建三方演化博弈模型, 分析各主体决策的稳定性, 并针对相关因素进行调整, 探究演化模型的影响因素。结果表明: 金融机构引入区块链技术后获得的额外信用、消耗的信用以及金融机构不引入区块链技术消耗的信用影响系统演化速度, 其中金融机构引入区块链技术后消耗的信用对系统产生的影响最为明显, 因此要从金融机构引入区块链技术后消耗的信用进行改善, 从而构建健康稳定发展的供应链。

关键词: 供应链金融; 信用水平; 中小企业

中图分类号: F832.4

Research on the Credit Level of Supply Chain Finance under Blockchain Technology

YANG Xue ning¹, MA Shu jian²

(1. School of Economics and Management, Nanjing Tech University, Nanjing 210000;

2. School of Mathematical Sciences, Nanjing Tech University, Nanjing, 210000)

Abstract: In view of the difficulty in obtaining loans for small and medium-sized enterprises in supply chain finance financing due to low credit level. this paper takes financial institutions, core enterprises and small and medium-sized enterprises as the main body, builds a tripartite evolutionary game model based on credit level. analyzes the decision-making stability of each body, and makes adjustments to relevant factors to explore the influencing factors of the evolutionary model. The results show that: The additional credit obtained by financial institutions after the introduction of blockchain technology, the credit consumed Research on credit level of supply chain finance based on blockchain technology by financial institutions without the introduction of blockchain technology and the credit consumed by financial institutions without the introduction of blockchain technology affect the system evolution speed, among which the credit consumed by financial institutions after the introduction of blockchain technology has the most obvious impact on the system. Therefore. it is necessary to improve the credit consumed after the introduction of blockchain technology from financial institutions. So as to build a healthy and stable supply chain.

Keywords: supply chain finance; credit level; small and medium-sized enterprises

0 引言

截至 2022 年末, 中小微企业的数量已超 5200 万户, 是我国经济发展的主力军, 但因其规模较小, 往往面临资金短缺的境况, 又因其缺乏商业信用, 陷入融资困难的窘境。供应链金融作为一种新型融资服务, 帮助中小企业缓解融资压力提供了解决途径, 但由于参与的企业众多, 信息透明度不足, 导致了供应链金融风险的增加(郭清马, 2010)^[1]。宋华和卢强(2017)^[2]通过比较商业银行主导的供应链金融模式和企业主体的供应链金融模式, 发现在

作者简介: 杨雪宁(2000-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 供应链金融

通信联系人: 马树建(1977-), 男, 教授、硕导, 主要研究方向: 供应链金融. E-mail: shujianma@njtech.edu.cn

企业主导的供应链金融模式下，能够较为有效的提高中小企业融资效率，降低信息不对称。同时学者们通过引入合约对供应链各方进行协调，考虑回购合约、期权合约、收益共享合约等对供应链各方的协调情况，并在此基础上考虑将多个合约结合，进一步改善供应链的协调策略。此外，三方演化博弈模型也常出现在学者们的研究中，探讨影响供应链金融各主体稳定的相关因素，并根据演化结果，提出相关建议，进行供应链金融的调整。

信息不对称问题是阻碍供应链金融进一步发展的难题，区块链技术作为一种安全、透明、防篡改、块链式储存的分布式账本技术，被学者们应用到了供应链金融中，以提高信息透明度，降低信息不对称问题。且针对区块链技术增信作用进行了部分研究，刘露（2021）^[3]利用区块链信用传递功能的特点，对供应链的融资策略进行了研究与分析，指出基于区块链的供应链金融更能为供应链创造价值。

企业的信用水平对供应链金融的融资能否顺利进行有着重要作用。张浩（2008）^[4]建立了信用评级模型，为银行判断中小企业的信用风险提供了解决方法；周再清等（2010）^[5]发现，信用评级模型能够为供应链解决信息不对称的问题，帮助中小企业获得融资。刘若阳（2023）^[6]通过研究验证了区块链技术的引用，有利于供应链中信用信息的流转，降低了供应链金融的授信风险。

关于供应链金融的相关研究，基本都是在收益的基础上进行的，鲜少有文献是基于信用水平进行研究的。本文将信用数字化，以金融机构、核心企业和中小企业为三方主体建立基于信用水平的三方演化博弈模型，分析影响博弈主体策略的因素，探索区块链技术的增信作用。

1 文献综述

1.1 供应链金融

有关供应链金融方面，国外学者认为供应链金融是以核心企业为主导为上下游企业提供信用担保的金融服务，在此基础上，国内学者也对供应链金融的概念进行了定义。从广义上讲，对供应链金融的资源进行整合的、由供应链中特定的金融组织者为供应链资金流管理提供的一整套解决方案的，就是供应链金融（胡跃飞等，2009）^[7]。

为帮助中小企业解决融资问题，许多学者对供应链金融进行了探索与研究。王宗润（2016）^[8]、Zhao, Ma et al.(2013)^[9]、Wang, Li et al.(2015)^[10]、Vafa Arani, Rabbani et al.(2016)^[11]对基于合约的供应链金融进行了研究与分析，研究发现制造商对剩余产品按照一定的比例回购的回购合约，在一定程度上能够刺激零售商的订购量，但存在着一定的风险；在救援物资的预采购模式下，期权合约给供应链带来的效益比回购合约带来的效益要大；在期权合约的基础上，学者们进一步发现双向期权合约能实现供应链的协调；此外，与批发价格机制相比，期权合约下的供应链会获得更多的利润，若在期权合约中加入风险厌恶程度和谈判权力，对额外利润进行分配，发现利润分配只与风险厌恶程度有关，风险厌恶程度高，分配的利润少；在此基础上，学者们考虑了将收益共享合约和期权合约结合，当购买的东西超出期权合约约定的数量时，以另外的价格进行购买；与单独的收益共享合约和期权合约相比，两者的结合给供应链带来的效益更大。

中小企业融资难的主要原因是缺乏信用，由此学者们提出了信用担保、延期支付等模式

帮助缺乏信用的中小企业获得融资。Chen and Wang(2012)^[12]研究发现贸易信贷合约的有限责任制，导致零售商的订购策略激进，可能给制造商带来巨大损失；Yan, Sun et al.(2016)^[13]提出了部分信用担保的模式，银行和制造商共同承担由于中小企业破产带来的损失，该模式使供应链利润实现了最优，达成了融资平衡。关于延期支付方面，Goyal(2017)^[14]研究发现延期支付的期限与零售商订购的数量有关，允许的延期支付部分的价值越高，订单数量越大，年相关总成本越小，利润也会增加；同样 Sarmah, Acharya et al.(2007)^[15]也发现了这点，并且将折扣政策与延期支付政策相比，当供应商财政实力雄厚时，延期支付政策更适合供应商；而 Du, Banerjee et al.(2013)^[16]将延期支付政策和批发价格政策相比，得出了延期支付政策对提高供应链利益更有效的结论，并且发现适当时间的延期支付加批发折扣更能提高供应链整体利润。

1.2 基于区块链的供应链金融

近些年，由于区块链技术安全、透明、防篡改、块链式储存的特点，出现在了学者们的视野，为了更好的引入区块链技术，缓解供应链金融信息不透明的问题，优化供应链金融服务，许多专家和学者也搭建了相关数学模型，去验证引入区块链技术能否为供应链金融服务带来效益。邓卫国等（2021）^[17]基于系统动力学原理，通过引入区块链技术，构建了信用辐射子系统和信任传递子系统，帮助小微公路物流企业实现了融资增信，弥补信用不足的缺陷，并加强了信用信息的传递。刘露等（2021）^[18]通过将传统供应链金融模式与基于区块链的供应链金融模式对比，发现区块链供应链金融模式下的最优批发价、分销价和订购量决策要优于传统供应链金融模式下的最优批发价、分销价和订购量决策。李佳佳等（2021）^[19]通过四个区块链平台的案例，介绍了区块链技术在供应链金融中的应用，可以实现信用流通和信用增值。Shu, Chen et al.(2024)^[20]提出了一种基于区块链技术的供应链金融信任传递模型，将信任值量化，用直接信任、间接信任和激励信任量化综合信任价值的可转移性，优化了信任难以传递到终端企业的问题。姜浩（2019）^[21]利用区块链能够将信用转变成数字化的权益凭证的特点，使得核心企业的信用能够进行流转拆分，中小微企业可凭借数字化的权益凭证向金融机构进行融资，也可以凭借该证明支付，金融机构与核心企业约定最高的融资额度，在额度内给中小微企业提供融资。为抑制企业将数字信用卖给供应链外的企业，刘若阳等（2023）^[22]基于区块链技术构建了信用寻租约束模型，通过加入惩罚因子，保护银行利益，提高银行参与区块链的积极性。王莹等（2023）^[23]、焦媛媛等（2023）^[24]、楼永等（2022）^[25]通过建立三方演化博弈模型，对比区块链技术引入前后系统均衡的变化，证明区块链技术下的供应链金融能够提高融资效率，更好的优化各主体的行为决策。

1.3 供应链金融信用水平

信用是企业进行供应链金融融资的重要基础，企业内部的所有环节包括生产、销售和管理等都离不开信用，企业与企业之间的交流合作也离不开信用的支持，可以说信用是企业间联系的桥梁（Arrow, 1999）^[26]，而对企业的信用进行等级划分，能够有效降低供应链金融的信用风险，许多学者对此展开了研究。Gang Wang（2011）^[27]认为企业的盈利能力、偿债能力、营运能力和成长能力是信用评价指标体系的重要因素。并且为了更好对企业信用进行评估，学者们研究了一些定量模型来对企业信用进行度量，如 Z-score 模型，CPV 模型，KMV 模型等，以此来对企业的信用等级进行划分。对企业信用进行评价，能够加强中小企业的信用意识，降低中小企业的融资成本，徐超等（2017）^[28]发现构建新型农业经营主体信用评价

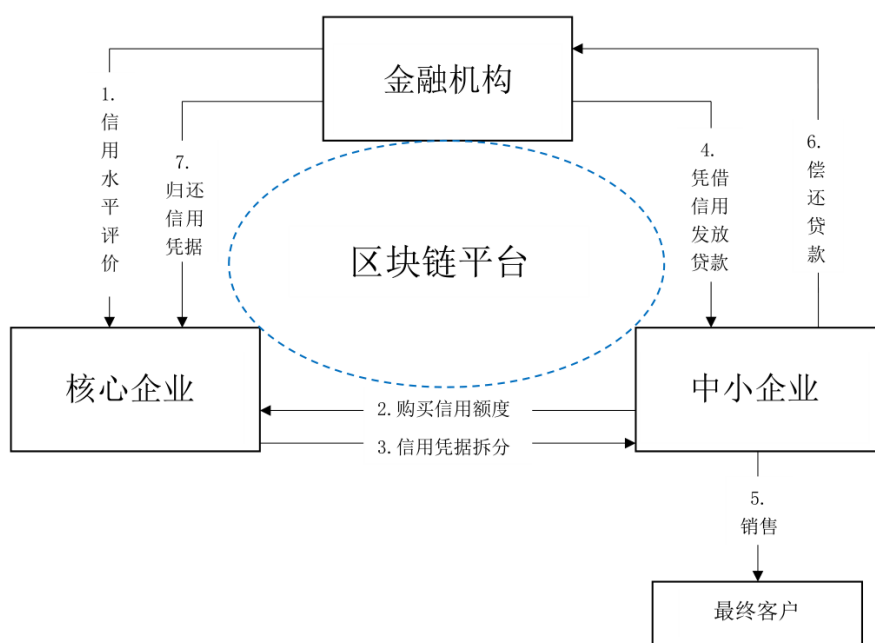
120 体系能够改善农村信用环境和融资环境，推动农业产业结构调整、升级。为了更好的发展供应链金融，一些学者研究了区块链技术的增信作用，对基于区块链技术的中小企业的信用评价、信用分享和信用监管进行了研究与分析，林泓(2017)^[29]指出通过引入区块链技术能解决供应链金融中的信任问题，从而降低风控成本。张明裕(2017)^[30]设计了基于区块链的核心企业信用分享方案，帮助供应链整体提升信用水平，降低供应链金融的风险。

125 2 模型构建

2.1 问题描述

130 在中小企业融资过程中，中小企业常常因为缺乏信用或缺乏抵押品而面临融资难的困境。由于传统供应链存在信息不透明的问题，导致只有核心企业下一级的企业能够接收到来自核心企业的信用传递，供应链末端的中小企业很难受到核心企业的信用辐射，使得末端中小企业的信用水平得不到提升，从而陷入资金获取困难的尴尬局面。而区块链技术的去中心化、不可篡改、安全等特点，使得供应链的信息变得公开透明，降低供应链金融中的信用风险，使得核心企业的信用能够传递到供应链末端企业，帮助中小企业实现信用水平的提升，进而解决中小企业的融资问题。

135 本文利用信用数字化的特点，使数字信用可购买。中小企业获得融资难的主要原因是缺乏信用，在融资初期，中小企业能够根据初始资金向核心企业购买信用，再凭借购买的数字信用向金融机构获取贷款，同时数字信用从核心企业转移到中小企业，再转移到金融机构，当中小企业守约完成偿还贷款的动作时，数字信用回到核心企业，区块链技术下的供应链金融融资过程如图 1 所示：



140 图 1 区块链供应链融资流程

Fig. 1 Blockchain supply chain financing process

本文以信用水平为基础，探究金融机构、核心企业、中小企业的决策过程，若中小企业

145 违约则中小企业受到降低信用水平的惩罚,核心企业和金融机构共同承担中小企业违约的信用损失,同时获得来自中小企业的信用补偿;若中小企业守约,则各主体都会获得基于区块链的信用辐射,且获得相应的信用奖励。供应链上的各企业通过融资过程,对其信用水平进行更新,完成基于区块链技术的供应链金融融资增信过程。

2.2 模型假设

150 为构建“金融机构-核心企业-中小企业”三方演化博弈模型,探究影响各主体企业策略选择的因素,现对模型进行如下假设。

假设 1: 本文研究的博弈三方主体为金融机构、核心企业和中小企业三方构成,三者皆以自身利益最大化为决策目的。

155 假设 2: 金融机构选择“引入区块链技术”策略的概率为 x ,选择“不引入区块链技术”的概率为 $1-x$;核心企业选择“同意授信”策略的概率为 y ,选择“拒绝授信”策略的概率为 $1-y$;中小企业选择“守约”策略的概率为 z ,选择“不守约”策略的概率为 $1-z$; $x,y,z \in [0,1]$ 。

160 假设 3: 金融机构参与中小企业信用融资过程获得的基础信用为 L_1 ,当金融机构“引入区块链技术”时,核心企业“同意授信”时,由于信息透明度提升,获得的额外的信用为 R_1 ,消耗的信用 c 由金融机构和核心企业共同承担(金融机构承担的系数为 α_1 ,核心企业承担的系数为 α_2 , $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$)。当中小企业“守约”时,受到基于区块链技术的信用辐射为 J_1 ;当中小企业“不守约”时,金融机构受到惩罚,损失的信用为 P_1 ,获得来自中小企业的信用补偿为 B_1 ;核心企业“拒绝授信”时,若中小企业“守约”,金融机构受到基于区块链的信用辐射为 J_4 ;若中小企业“不守约”,金融机构受到惩罚损失的信用为 P_4 ,获得来自中小企业的信用补偿为 B_4 ;当金融机构“不引入区块链技术”时,由于信息不透明,消耗的信用为 c_1 ,若中小企业“不守约”,则损失的信用为 P_6 。

170 假设 4: 核心企业参与中小企业信用融资过程获得的基础信用为 L_2 ,核心企业选择“同意授信”策略,金融机构“引入区块链技术”时,额外的信用奖励为 R_2 ,若中小企业“守约”,则获得来自金融机构的信用辐射 J_2 ;若中小企业“不守约”,则受到惩罚损失的信用为 P_2 ,同时获得来自中小企业的信用补偿 B_2 ;当金融机构“不引入区块链技术”,核心企业消耗的信用为 c_2 ,当中小企业“不守约”时,受到惩罚损失的信用为 P_6 。核心企业选择“拒绝授信”策略时,核心企业不获得基础信用。

175 假设 5: 中小企业在信用融资过程中获得的基础信用为 L_3 ,当中小企业选择“守约”,金融机构“引入区块链技术”时,中小企业获得额外的信用奖励为 R_3 ,若核心企业“同意授信”,则中小企业受到来自核心企业的信用辐射为 J_3 ;若核心企业“拒绝授信”,则中小企业受到来自金融机构的信用辐射为 J_5 ;当金融机构“不引入区块链技术”时,中小企业因信息不透明消耗的信用为 c_3 。当中小企业选择“不守约”策略,金融机构“引入区块链技术”时,若核心企业“同意授信”,受到惩罚损失的信用为 P_3 ,且补偿金融机构和核心企业的信用为 B_3 ($B_3 = B_1 + B_2$);若核心企业“拒绝授信”,受到惩罚损失的信用为 P_5 ;当金融机构“不引入区块链技术”时,中小企业受到惩罚损失的信用为 P_6 。

180 假设 6: 为保证金融机构和核心企业得到的奖励不为负, 设置 $J_1 > J_2 > J_3 > J_4 > J_5$; 金
 融机构引入区块链技术后, 由于信息透明度的提升, 中小企业一旦违约, 就会被记录在链,
 导致中小企业的信誉极大的降低, 并且当核心企业选择“拒绝授信”时, 受到惩罚的只有金
 融机构和中小企业, 因此设置 $P_6 < P_1, P_2, P_3 < P_4, P_5$; 核心企业选择“拒绝授信”时,
 185 核心企业不承担信用损失, 中小企业只需要补偿金融机构, 因此 $B_3 > B_4$; 为保证各企业都
 会受到惩罚, 设置 $P_1 > B_1; P_2 > B_2; P_3 > B_3; P_4 > B_4$; 由于引入区块链技术后, 供应链
 信息透明度提升, 因此供应链整体消耗的信用小于不引入区块链技术时消耗的总信用,
 $c < c_1 + c_2 + c_3$ 。

基于以上假设, 得到金融机构、核心企业和中小企业的三方博弈矩阵, 如表 1 所示:

表 1 基于信用水平的三方博弈矩阵

190

Tab. 1 Three party game matrix based on credit level

策略集合		金融机构			
		引入区块链技术 x		不引入区块链技术 $1-x$	
中小企业		守约 z	不守约 $1-z$	守约 z	不守约 $1-z$
核 心 企 业	同意授 信	$L_1 - \alpha_1 c + R_1 + J_1 - J_2$	$L_1 - \alpha_1 c + R_1 + B_1 - P_1$	$L_1 - c_1$	$L_1 - c_1 - P_6$
	拒绝授 信	$L_2 - \alpha_2 c + R_2 + J_2 - J_3$	$L_2 - \alpha_2 c + R_2 + B_2 - P_2$	$L_2 - c_2$	$L_2 - c_2 - P_6$
	1-y	$L_3 + R_3 + J_3$	$L_3 + R_3 - P_3 - B_3$	$L_3 - c_3$	$L_3 - c_3 - P_6$
	拒绝授 信	$L_4 - \alpha_1 c + R_1 + J_4 - J_5$	$L_1 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4$	$L_1 - c_1$	$L_1 - c_1 - P_6$
	1-y	$L_5 + R_5 + J_5$	$L_5 + R_5 - P_5 - B_5$	$L_5 - c_5$	$L_5 - c_5 - P_6$

注: 从上到下依次是金融机构、核心企业、中小企业的信用的收益

1. 金融机构信用的期望收益和复制动态方程

金融机构引入区块链技术时信用的期望收益为:

$$\begin{aligned}
 U_{11} &= yz(L_1 - \alpha_1 c + R_1 + J_1 - J_2) + (1-y)z(L_1 - \alpha_1 c + R_1 + J_4 - J_5) \\
 &\quad + y(1-z)(L_1 - \alpha_1 c + R_1 + B_1 - P_1) \\
 &\quad + (1-y)(1-z)(L_1 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4) \\
 &= yz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) \\
 &\quad + z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4) + (L_1 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4)
 \end{aligned}$$

195

金融机构不引入区块链技术时信用的期望收益为:

$$\begin{aligned}
 U_{12} &= yz(L_1 - c_1) + (1-y)z(L_1 - c_1) + y(1-z)(L_1 - c_1 - P_6) \\
 &\quad + (1-y)(1-z)(L_1 - c_1 - P_6) = zP_6 + (L_1 - c_1 - P_6)
 \end{aligned}$$

金融机构信用的平均期望收益为:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= xU_{11} + (1-x)U_{12} \\
 &= xyz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + xy(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) \\
 &\quad + xz(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) + x(c_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4) + zP_6 \\
 &\quad + (L_1 - c_1 - P_6)
 \end{aligned}$$

金融机构的复制动态方程为:

$$\begin{aligned}
 F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - U_1) = x(1-x)(U_{11} - U_{12}) \\
 &= x(1-x)[yz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) \\
 &\quad + z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) + (c_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4)]
 \end{aligned}$$

200

2. 同理可得核心企业的复制动态方程

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(U_{21} - U_2) = y(1-y)(U_{21} - U_{22})$$

$$= y(1-y)[xz(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + x(R_2 + B_2 - P_2 + P_6) + zP_6 + (L_2 - P_6)]$$

中小企业的复制动态方程

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(U_{31} - U_3) = z(1-z)(U_{31} - U_{32})$$

$$= z(1-z)[xy(J_3 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4) + x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4) + P_6]$$

205 2.3 模型分析

2.3.1 金融机构演化稳定策略分析

通过对金融机构行为策略的复制动态微分方程求导，可推导出

$$F'(x) = (1 - 2x)[yz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) + z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) + (c_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4)]$$

令

$$G(z) = yz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) + z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) + (c_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4)$$

210

，由于 $G'(z) > 0$ ，可知 $G(z)$ 为增函数。基于稳定性理论，当 $F(x) = 0$ 且 $F'(x) < 0$ 时，金融机构选择“引入区块链技术”策略的概率趋于稳定状态。

根据金融机构的复制动态方程，当 $Z = \frac{(\alpha_1 c + P_4 - P_6 - c_1 - R_1 - B_4) - y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4)}{y(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + (J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6)}$ 时，此

时无论 x 取值如何， $F(x) = 0$ 恒成立，系统的稳定性都不会改变。当

$$Z \neq \frac{(\alpha_1 c + P_4 - P_6 - c_1 - R_1 - B_4) - y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4)}{y(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + (J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6)}$$

215

时，令 $F(x) = 0$ ，可得 $x = 0$ 或 $x = 1$ 。
 (1) 当 $\frac{(\alpha_1 c + P_4 - P_6 - c_1 - R_1 - B_4) - y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4)}{y(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + (J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6)} < Z < 1$ 时，由于 $G(z) > 0$ ，则 $F'(0) > 0$ ， $F'(1) < 0$ ，此时 $x = 1$ 为演化稳定点，金融机构的演化稳定策略为“引入区块链技术”。

(2) 当 $0 < Z < \frac{(\alpha_1 c + P_4 - P_6 - c_1 - R_1 - B_4) - y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4)}{y(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) + (J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6)}$ 时，由于 $G(z) < 0$ ，则 $F'(0) < 0$ ， $F'(1) > 0$ ，此时 $x = 0$ 为演化稳定点，金融机构的演化稳定策略为“不引入区块链技术”。

220

2.3.2 核心企业演化稳定策略分析

通过对核心企业行为策略的复制动态微分方程求导，可推导出

$$F'(y) = (1 - 2y)[xz(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + x(R_2 + B_2 - P_2 + P_6) + zP_6 + (L_2 - P_6)]$$

225

令 $H(x) = xz(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + x(R_2 + B_2 - P_2 + P_6) + zP_6 + (L_2 - P_6)$ ，由于 $H'(x) > 0$ ，可知 $H(x)$ 为增函数。对于核心企业选择“同意授信”策略的概率来说，当 $F(y) = 0$ 且 $F'(y) < 0$ 时，策略趋于稳定状态。

根据核心企业的复制动态方程可知，当 $x = \frac{P_6 - L_2 - zP_6}{z(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + (R_2 + B_2 - P_2 + P_6)}$ 时， y 取任意值，

$F(y) = 0$ 恒成立，博弈均为稳定状态。当 $x \neq \frac{P_6 - L_2 - zP_6}{z(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + (R_2 + B_2 - P_2 + P_6)}$ 时，令 $F(y) = 0$ ，

230 可得 $y = 0$ 或 $y = 1$ 。

(1) 当 $\frac{P_6 - L_2 - zP_6}{z(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + (R_2 + B_2 - P_2 + P_6)} < x < 1$ 时, 由于 $H(x) > 0$, 则 $F'(0) > 0$, $F'(1) < 0$, 此时 $y = 1$ 为演化稳定点, 核心企业的演化稳定策略为“同意授信”。

(2) 当 $0 < x < \frac{P_6 - L_2 - zP_6}{z(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) + (R_2 + B_2 - P_2 + P_6)}$ 时, 由于 $H(x) < 0$, 则 $F'(0) < 0$, $F'(1) > 0$, 此时 $y = 0$ 为演化稳定点, 核心企业的演化稳定策略为“拒绝授信”。

235 2.3.3 中小企业演化稳定策略分析

通过对中小企业行为策略的复制动态微分方程求导, 可推导出

$$F'(z) = (1 - 2z)[xy(J_3 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4) + x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4) + P_6]$$

令 $A(y) = xy(J_3 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4) + x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4) + P_6$, 由于 $A'(y) > 0$, 可知 $A(y)$ 为增函数。对于中小企业选择“守约”策略的概率来说, 当 $F(z) = 0$ 且 $F'(z) < 0$ 时, 策略趋于稳定状态。

240

根据中小企业的复制动态方程可知, 当 $y = \frac{P_6 - x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4)}{x(J_2 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4)}$ 时, z 取任意值, $F(z) = 0$ 恒成立, 博弈均为稳定状态。当 $y \neq \frac{P_6 - x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4)}{x(J_2 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4)}$ 时, 令 $F(z) = 0$, 可得 $z = 0$ 或 $z = 1$ 。

(1) 当 $\frac{P_6 - x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4)}{x(J_2 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4)} < y < 1$ 时, 由于 $A(y) > 0$, 则 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$, 此时 $z = 1$ 为演化稳定点, 中小企业的演化稳定策略为“守约”。

245

(2) 当 $0 < y < \frac{P_6 - x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4)}{x(J_2 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4)}$ 时, 由于 $A(y) < 0$, 则 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$, 此时 $z = 0$ 为演化稳定点, 中小企业的演化稳定策略为“不守约”。

2.4 演化博弈系统均衡点的稳定性分析

2.4.1 均衡点求解

将金融机构、核心企业和中小企业三方的复制动态方程联立, 可得

$$\begin{cases} F(x) = x(1-x) \left[\begin{array}{l} yz(J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 + P_1 + B_4 - P_4) \\ +y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) + z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) \\ + (c_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4) \end{array} \right] \\ F(y) = y(1-y) \left[\begin{array}{l} xz(J_2 - J_3 - B_2 + P_2 - P_6) \\ +x(R_2 + B_2 - P_2 + P_6) + zP_6 + (L_2 - P_6) \end{array} \right] \\ F(z) = z(1-z) \left[\begin{array}{l} xy(J_3 - J_5 - P_5 + P_3 + B_3 - B_4) \\ +x(J_5 - P_6 + P_5 + B_4) + P_6 \end{array} \right] \end{cases}$$

250

令 $F(x) = 0, F(y) = 0, F(z) = 0$, 可得系统的 8 个纯策略均衡点, $E_1(0, 0, 0)$ 、 $E_2(0, 1, 0)$ 、 $E_3(0, 1, 1)$ 、 $E_4(0, 0, 1)$ 、 $E_5(1, 0, 0)$ 、 $E_6(1, 1, 0)$ 、 $E_7(1, 0, 1)$ 、 $E_8(1, 1, 1)$, 由于渐近稳定结果必定是严格纳什均衡, 严格纳什均衡策略均是纯策略, 因此仅考虑上述 8 个纯策略均衡点。

255

2.4.2 系统稳定性分析

根据李雅普诺夫稳定性理论可知,当雅可比矩阵的所有特征值小于 0 时,该点为渐近稳定点;当雅可比矩阵的所有特征值大于 0 时,该均衡点为非稳定点;当雅可比矩阵的特征值正负情况同时存在时,该均衡点为鞍点。将上述 8 个均衡点代入雅可比矩阵,可得

$$J = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (1-2x) \begin{bmatrix} yz \left(\begin{matrix} J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 \\ +P_1 + B_4 - P_4 \end{matrix} \right) \\ +y(B_1 - P_1 - B_4 + P_4) \\ +z(J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) \\ + (c_1 + P_6 - \alpha_1 c) \\ +R_1 + B_4 - P_4 \end{bmatrix} & x(1-x) \begin{bmatrix} z \left(\begin{matrix} J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 \\ +P_1 + B_4 - P_4 \end{matrix} \right) \\ + (B_1 - P_1 - B_4 + P_4) \end{bmatrix} & x(1-x) \begin{bmatrix} y \left(\begin{matrix} J_1 - J_2 - J_4 + J_5 - B_1 \\ +P_1 + B_4 - P_4 \end{matrix} \right) \\ + (J_4 - J_5 - B_4 + P_4 - P_6) \end{bmatrix} \\ y(1-y) \begin{bmatrix} z \left(\begin{matrix} J_2 - J_3 - B_2 \\ +P_2 - P_6 \end{matrix} \right) \\ + (R_2 + B_2 - P_2 + P_6) \end{bmatrix} & (1-2y) \begin{bmatrix} xz \left(\begin{matrix} J_2 - J_3 - B_2 \\ +P_2 - P_6 \end{matrix} \right) \\ +x(R_2 + B_2 - P_2 + P_6) \\ +zP_6 + (L_2 - P_6) \end{bmatrix} & y(1-y) \begin{bmatrix} x \left(\begin{matrix} J_2 - J_3 - B_2 \\ +P_2 - P_6 \end{matrix} \right) \\ +P_6 \end{bmatrix} \\ z(1-z) \begin{bmatrix} y \left(\begin{matrix} J_3 - J_5 - P_5 \\ +P_3 + B_3 - B_4 \end{matrix} \right) \\ + (J_5 - P_6) \\ +P_5 + B_4 \end{bmatrix} & z(1-z) \begin{bmatrix} x \left(\begin{matrix} J_3 - J_5 - P_5 \\ +P_3 + B_3 - B_4 \end{matrix} \right) \end{bmatrix} & (1-2z) \begin{bmatrix} xy \left(\begin{matrix} J_3 - J_5 - P_5 \\ +P_3 + B_3 - B_4 \end{matrix} \right) \\ +x \left(\begin{matrix} J_5 - P_6 \\ +P_5 + B_4 \end{matrix} \right) + P_6 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

260

各均衡点的特征值如表 2 所示

表 2 策略组合点演化稳定性

Tab. 2 Evolutionary stability of strategy combination points

均衡点	特征值			稳定性
	λ_1	λ_2	λ_3	
$E_1(0, 0, 0)$	$L_1 + P_6 - \alpha_1 c + R_1 + B_4 - P_4$	$L_2 - P_6$	$P_6 > 0$	鞍点或非稳定点
$E_2(0, 1, 0)$	$B_1 - P_1 - \alpha_1 c + P_6 + R_1 + c_1$	$P_6 - L_2$	$P_6 > 0$	鞍点或非稳定点
$E_3(0, 1, 1)$	$J_1 - J_2 + R_1 - \alpha_1 c + c_1$	$-L_2 < 0$	$-P_6 < 0$	鞍点或 ESS
$E_4(0, 0, 1)$	$J_4 - J_5 + R_1 - \alpha_1 c + c_1$	$L_2 > 0$	$-P_6 < 0$	鞍点
$E_5(1, 0, 0)$	$\alpha_1 c + P_4 - R_1 - P_6 - B_4 - c_1$	$R_2 + B_2 - P_2 + L_2$	$J_5 + P_5 + B_4 > 0$	鞍点或非稳定点
$E_6(1, 1, 0)$	$P_1 - B_1 - c_1 - P_6 + \alpha_1 c - R_1$	$P_2 - R_2 - B_2 - L_2$	$J_3 + P_3 + B_3 > 0$	鞍点或非稳定点
$E_7(1, 0, 1)$	$J_5 + \alpha_1 c - J_4 - c_1 - R_1$	$J_2 - J_3 + R_2 + L_2 > 0$	$-J_5 - P_5 - B_4 < 0$	鞍点
$E_8(1, 1, 1)$	$J_2 - J_1 + \alpha_1 c - c_1 - R_1$	$J_3 - J_2 - R_2 - L_2 < 0$	$-J_3 - P_3 - B_3 < 0$	鞍点或 ESS

如表 2 所示,只有 E_3 和 E_8 两个均衡点可能为渐近稳定点,其余六个均衡点的特征值都存在大于 0 的情况,对于系统的稳定性分析如下:

265

情形 1: 均衡点 $E_3(0, 1, 1)$ 的渐近稳定条件是 $J_1 - J_2 + R_1 < \alpha_1 c - c_1$ 。

情形 2: 均衡点 $E_8(1, 1, 1)$ 的渐近稳定条件是 $\alpha_1 c - c_1 < J_1 - J_2 + R_1$ 。

由上述可知,影响金融机构决策的因素是金融机构引入区块链技术后,金融机构获得的额外信用,金融机构和核心企业受到的信用辐射,金融机构承担的信用损失以及金融机构不引入区块链技术时金融机构消耗的信用。

270

3 仿真分析

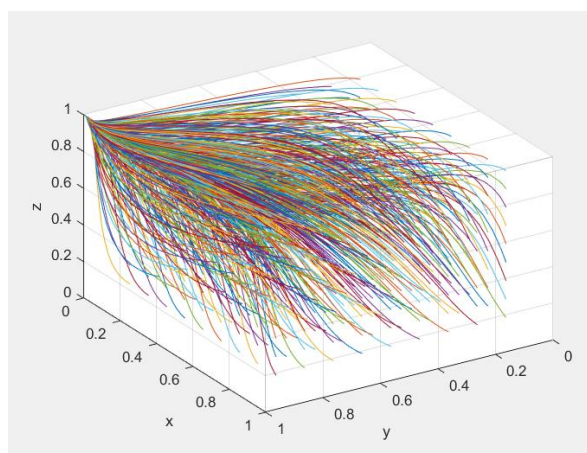
为验证上述三方演化博弈系统的稳定性分析，本文将对其进行数值仿真。结合上文的系统稳定性分析情况，将博弈模型的参数的初始值设为 2 组：

275 (1) $c = 5; R_1 = 1; R_2 = 1; R_3 = 1; L_1 = 7; L_2 = 6; L_3 = 6; J_1 = 5; J_2 = 4; J_3 = 3;$
 $J_4 = 2; J_5 = 1; P_1 = 4; P_2 = 5; P_3 = 6; P_4 = 7; P_5 = 8; P_6 = 3; B_1 = 2; B_2 = 2; B_3 = 4;$
 $B_4 = 3; c_1 = 1; c_2 = 4; c_3 = 4; \alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.3;$

(2) $c = 2; R_1 = 2; R_2 = 1; R_3 = 1; L_1 = 7; L_2 = 6; L_3 = 6; J_1 = 5; J_2 = 4; J_3 = 3;$
 $J_4 = 2; J_5 = 1; P_1 = 4; P_2 = 5; P_3 = 6; P_4 = 7; P_5 = 8; P_6 = 3; B_1 = 2; B_2 = 2; B_3 = 4;$
 $B_4 = 3; c_1 = 5; c_2 = 4; c_3 = 4; \alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.3。$

280 3.1 均衡点 $E_3(0, 1, 1)$ 仿真分析

将第一组数据代入模型，其演化稳定图如图 2 所示，当金融机构引入区块链技术时获得的额外收益和基于区块链受到的信用辐射与核心企业受到金融机构的信用辐射的差小于引入区块链技术与不引入区块链技术由于信息透明度不同所消耗的信用之差时，金融机构倾向于选择“不引入区块链技术”的策略。金融机构引入区块链时，若金融机构获得的额外信用
 285 极少，受到区块链的信用辐射极小，而核心企业受到金融机构的信用辐射较大时，对于金融机构来说，缺乏引入区块链技术的动力；同样的，当金融机构引入区块链技术所消耗的信用较大，而不引入区块链技术消耗的信用较少时，区块链技术对金融机构来说也缺乏吸引力，促使系统趋向渐近稳定点 $E_3(0, 1, 1)$ ，即金融机构选择“不引入区块链技术”，核心企业选择“同意授信”，中小企业选择“守约”。



290

图 2 第一组数据演化稳定图

Fig. 2 The first set of data evolution stability chart

3.2 均衡点 $E_8(1, 1, 1)$ 仿真分析

将第二组数据代入博弈模型，其演化稳定图如图 3 所示。当金融机构引入区块链技术与

295 不引入区块链技术由于信息透明度不同所消耗的信用之差小于金融机构引入区块链技术时获得的额外收益和基于区块链受到的信用辐射与核心企业受到金融机构的信用辐射的差时，金融机构的策略选择倾向于“引入区块链技术”，系统趋向渐近稳定点 $E_g(1, 1, 1)$ 。

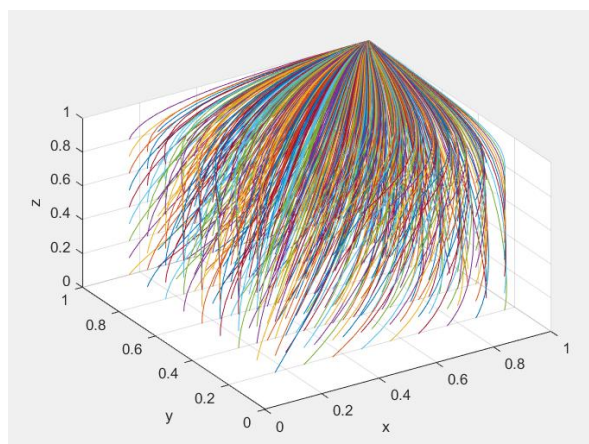


图3 第二组数据演化稳定图

Fig. 3 The second set of data evolution stability chart

300

3.3 影响因素分析

为进一步探究影响系统决策的因素，现选取第二组数据作为基础数据。

3.3.1 x 初始值对 y、z 演化动态影响

在给定的数据的基础上，设置y、z的初始值均为0.5，x的值分别为0.2、0.5和0.8，

305 y和z随时间的变化如图4：

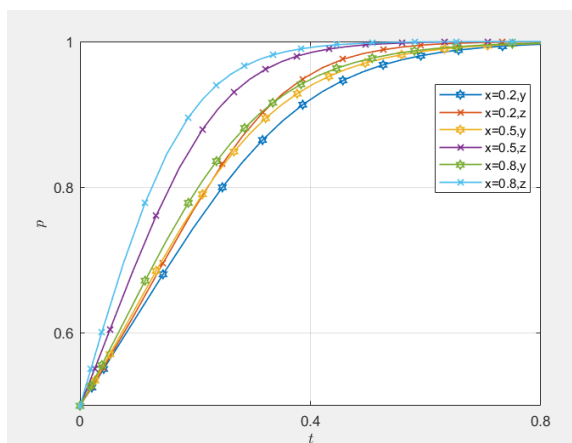


图4x 初始值对 y、z 值演化动态的影响

Fig. 4 The influence of the initial value of x on the dynamic evolution of y and z values

310 由图4可知，x的初始值不同，对y、z的收敛速度产生影响，且x与y、z都呈正向激励关系，即，随着x的增大，y和z的收敛速度也逐渐变快，这说明当金融机构选择“引入区块链技术”的意愿越强烈，越能促使核心企业选择“同意授信”，中小企业选择“守约”策略，最终使系统像稳定点 $E_g(1, 1, 1)$ 趋近。从图中可以看出，z受x的影响比y受x的影响大，金融机构选择“引入区块链技术”策略的概率，相较于核心企业来说，更能促使中小企业选择“守约”策略。图5为x、y、z的演化动态，对于x不同的初始值，系统最终都会演化到

315 $E_g(1, 1, 1)$ 的稳定状态, 与理论求解结果一致。

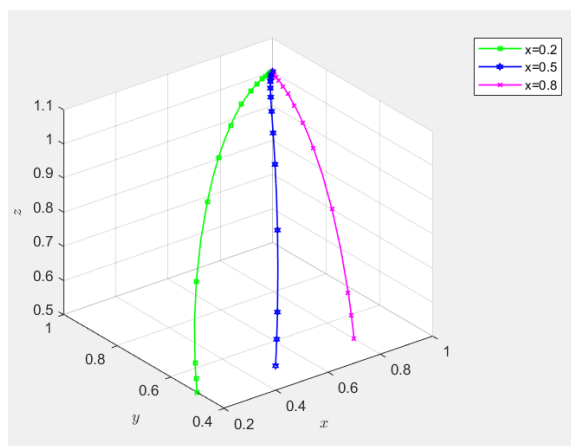


图 5x、y、z 演化动态

Fig. 5 Evolution dynamics of x, y and z

3.3.2 金融机构引入区块链技术获得的额外信用对系统的影响

320 为探究金融机构引入区块链技术后, 获得的额外信用 R_1 对金融机构策略选择的影响, 分别给 R_1 赋值, $R_1 = 2$ 、 $R_1 = 5$ 、 $R_1 = 7$, 其他参数不变, 得到的结果如图 6 所示:

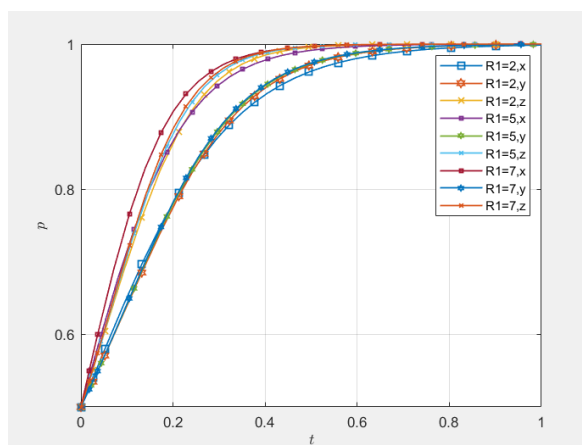


图 6 R_1 变动对系统的影响

Fig. 6 The impact of R_1 changes on the system

325 由上图可知, R_1 的增加能够促使系统加快收敛速度; R_1 由 2 增至 7, 对金融机构策略选择的概率 x 的影响最大, R_1 的值越大, x 的收敛速度越快, 即金融机构获得的额外信用越多, 越能促使金融机构选择“引入区块链技术”的决策。

3.3.3 金融机构消耗的信用对系统的影响

330 为分析金融机构消耗的信用对系统演化的影响, 对金融机构引入区块链技术后消耗的信用 c 和金融机构不引入区块链技术消耗的信用 c_1 进行赋值, 取 $c = 2$ 、 $c = 5$ 、 $c = 7$, 其他参数不变, 演化结果如图 6 所示; 取 $c_1 = 5$ 、 $c_1 = 8$ 、 $c_1 = 10$, 其他参数不变, 演化结果如图 7 所示。

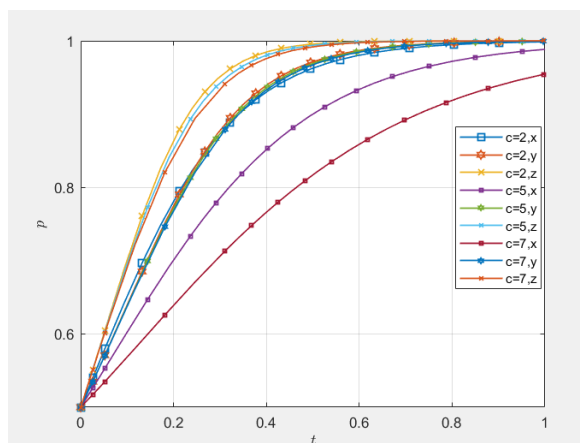


图 7c 变动对系统的影响

Fig. 7 The impact of c changes on the system

335

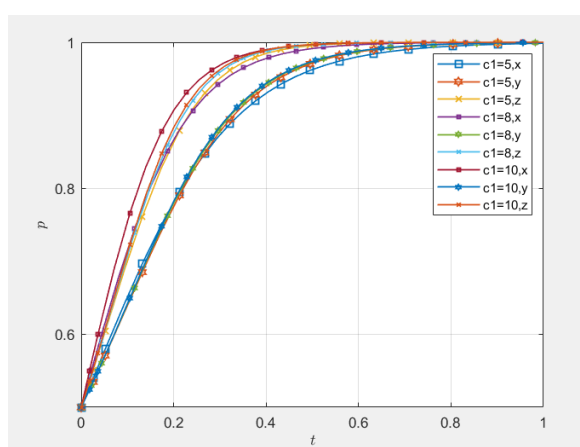


图 8c₁ 变动对系统的影响

Fig. 8 The impact of c₁ changes on the system

340

由图 7 可知，金融机构引入区块链技术后消耗的信用 c 与 x 、 y 、 z 都呈负向激励作用，尤其是对 x 和 z 的作用较为明显， c 的值越大， x 、 y 、 z 的收敛速度就越慢，因此要想促使金融机构、核心企业、中小企业积极的向 $E_B(1, 1, 1)$ 演化，就要针对 c 的值进行降低。

由图 8 可知，金融机构不引入区块链技术消耗的信用 c_1 与 x 、 y 、 z 呈正向激励作用，即 c_1 的值越大， x 、 y 、 z 的收敛速度就越快，因此，金融机构不引入区块链技术时，消耗的信用越大，越能更快的推进系统向稳定策略 $E_B(1, 1, 1)$ 演化。

345

通过对比图 6、图 7、图 8 可知，金融机构引入区块链技术后消耗的信用的变动比金融机构引入区块链技术获得的额外信用和金融机构不引入区块链技术消耗的信用的变动更能促使三方演化系统向积极方向演化。而金融机构引入区块链技术后消耗的信用的多少与信息透明度有关，若参与供应链的企业数量足够多，基于区块链技术的供应链上的信息也就越全面、越透明，消耗的信用也会随之减少。为促进金融机构选择“引入区块链技术”的决策，促使三方系统向 $E_B(1, 1, 1)$ 演化，就要吸引更多的企业加入供应链，提升供应链的信息透明度。

350

4 结论

中小企业融资一直是我国当前面临的难题,其中信用问题一直阻碍着中小企业融资的进度。本文以信用的变动为基础,构建了金融机构、核心企业和中小企业三方演化博弈模型,并探究了相关因素对系统演化的影响。研究表明,金融机构引入区块链技术后获得的额外信用、消耗的信用以及金融机构不引入区块链技术消耗的信用,都对系统向 $E_g(1, 1, 1)$ 演化具有积极作用,其中金融机构引入区块链技术后消耗的信用的变动更能引起系统的演化速度的加快,因此,基于以上研究结论,为了系统能积极的向 $E_g(1, 1, 1)$ 演化,实现供应链各方信用的增加,缓解信用融资难题,就要积极吸引更多的企业上链,进一步增加信息透明度,以达到降低金融机构引入区块链技术后消耗的信用的目的,促使供应链健康稳定的发展。

本文仅考虑了引入区块链技术后履约时信用的奖励和违约时信用的惩罚,但未细化奖励、惩罚和补偿的规则,为了更好的体现区块链技术的增信作用,未来可基于引入区块链技术后针对信用的奖惩规则进行研究与制定。

[参考文献] (References)

- [1] 郭清马. 供应链金融模式及其风险管理研究[J]. 金融教学与研究, 2010,(02):2-5+9.2010.02.015.
GUO Q M. Research on supply chain finance model and its risk management[J]. Exploration of Financial Theory, 2010,(02): 2-5+9.2010.02.015. (in Chinese)
- [2] 宋华, 卢强. 产业企业主导的供应链金融如何助力中小企业融资——一个多案例对比研究[J]. 经济理论与经济管理, 2017, 324(12): 47-58.
SONG H, LU Q. How supply chain finance led by industrial enterprises can assist small and medium-sized enterprises in financing: a comparative study of multiple cases[J]. Economic Theory and Business Management, 2017, 324(12): 47-58. (in Chinese)
- [3] 刘露, 李勇建, 姜涛. 基于区块链信用传递功能的供应链融资策略[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(05):1179-1196.
LIU L, LI Y J, JIANG T. Supply chain financing strategy based on blockchain credit transfer function[J]. System Engineering Theory and Practice, 2021, 41(5): 1179-1196. (in Chinese)
- [4] 张浩. 基于供应链金融的中小企业信用评级模型研究[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2008, 10(S2):54-58.
ZHANG H. Research on credit rating model for small and medium sized enterprises based on supply chain finance[J]. Journal of Southeast University(Philosophy and Social Science),2008, 10(S2):54-58. (in Chinese)
- [5] 周再清, 钟翼, 欧阳国良. 供应链上中小企业信用评价模型的构建及实证研究[J]. 上海金融, 2010, (11):100-102+108.
ZHOU Z Q, ZHONG Y, OUYANG G L. Construction and empirical study of credit evaluation model for small and medium sized enterprises in the supply chain[J]. Shanghai Finance,2010, (11):100-102+108. (in Chinese)
- [6] 刘若阳, 史稳健, 焦洋洋, 等. 区块链交易环境下中小微物流企业信用寻租约束机制研究[J]. 系统与数学, 2023,43(05):1276-1294.

- 390 LIU R Y, SHI W J, JIAO Y Y, et al. Credit rent seeking constraint mechanism of small medium and micro-sized logistics enterprises under blockchain environment[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2023, 43(05): 1276-1294. (in Chinese)
- [7] 胡跃飞, 黄少卿. 供应链金融: 背景、创新与概念界定[J]. 金融研究, 2009,(08):76-82.
HUY F, HUANG S Q. Supply chain finance: Background, innovation and concept definition[J]. Journal of Financial Research, 2009(8): 76-82. (in Chinese)
- 395 [8] 王宗润, 马振, 周艳菊. 核心企业回购担保下的保兑仓融资决策[J]. 中国管理科学, 2016,24(11): 162-169.
WANG Z R, MA Z, ZHOU Y J. Confirmed warehouse financing decision under repurchase guarantee of core enterprises[J]. Chinese Journal of Management Science,2016,24(11):162-169. (in Chinese)
- 400 [9] ZHAO, Y., et al. Coordination of supply chains with bidirectional option contracts[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 229(2): 375-381.
- [10] WANG X. et al. Pre-purchasing with option contract and coordination in a relief supply chain [J]. International Journal of Production Economics, 2015, 167:170-176
- [11] VAFA ARANI, H., et al. A revenue-sharing option contract toward coordination of supply chains[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 178: 42-56.
- 405 [12] CHEN, X. and WANG, A. Trade credit contract with limited liability in the supplychain with budget constraints[J]. Annals of Operations Research, 2012, 196(1):153-165
- [13] YAN, N., et al. A partial credit guarantee contract in a capital-constrained supplychain: Financing equilibrium and coordinating strategy[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 173: 122-133
- 410 [14] GOYAL, S. K.Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments[J]. Journal of the Operational Research Society, 2017, 36(4): 335-338.
- [15] SARMAH, S. P., et al. Coordination and profit sharing between a manufacturer and a buyer with target profit under credit option[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 182(3): 1469-1478
- 415 [16] DU,R.et al. Coordination of two-echelon supply chains using wholesale price discount and credit option[J].International Journal of Production Economics, 2013, 143(2):327-334.
- [17] 邓卫国, 储雪俭, 艾浩然. 基于区块链的小微公路物流企业融资增信问题研究[J]. 供应链管理, 2021,2(06):74-93.2021.06.008.
- 420 DENG W G, CHU X J, AI H R. Research on financing and credit enhancement of small and micro highway logistics enterprises based on blockchain[J]. Journal of Supply Chain Management, 2021, 2(06): 74-93. 2021.06.008. (in Chinese)
- [18] 刘露, 李勇建, 姜涛. 基于区块链信用传递功能的供应链融资策略[J]. 系统工程理论与实践, 2021,41(05):1179-1196.
- 425 LIU L, LI Y J, JIANG T. Supply chain financing strategy based on blockchain credit transfer function[J]. System Engineering Theory and Practice, 2021, 41(5): 1179-1196. (in Chinese)
- [19] 李佳佳, 王正位. 基于区块链技术的供应链金融应用模式、风险挑战与政策建议[J]. 新金融, 2021,(01):48-55.
- 430 LI J J, WANG Z W. Application mode, risk challenges and policy recommendations of supply chain finance based on blockchain technology[J]. New Finance,2021,(01):48-55. (in Chinese)
- [20] SHU, C. et al. Enhancing trust transfer in supply chain finance: a blockchain-based transitive trust model[J]. Journal of Cloud Computing, 2024,13(1)

- [21] 姜浩. 信用多级流转的供应链金融模式与国内实践研究[J]. 西南金融, 2019,(09):33-39.
JIANG H. Study on supply chain finance model and domestic practice of multi-level credit circulation[J]. Southwest Finance, 2019, (9): 33-39. (in Chinese)
435
- [22] 刘若阳, 史稳健, 焦洋洋, 等. 区块链交易环境下中小微物流企业信用寻租约束机制研究[J]. 系统与数学, 2023,43(05):1276-1294.
LIU R Y, SHI W J, JIAO Y Y, et al. Credit rent seeking constraint mechanism of small medium and micro-sized logistics enterprises under blockchain environment[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2023, 43(05): 1276-1294. (in Chinese)
440
- [23] 王莹, 陈南森, 陈进东, 等. 区块链技术对中小企业信用融资策略的影响机制研究[J]. 管理现代化, 2023,43(06):138-146.
WANG Y, CHEN N S, CHEN J D, et al. Research on the impact mechanism of blockchain technology on credit financing strategies for small and medium sized enterprises[J]. Modernization of Management, 2023,43(06): 138-146. (in Chinese)
445
- [24] 焦媛媛, 闫鑫, 杜军, 等. 区块链赋能视角下保理融资三方演化博弈研究[J]. 管理学报, 2023,20(04):598-609.
Jiao Y Y, Yan X, Du J, et al. Tripartite evolutionary game research of factoring financing under the integration of blockchain[J]. Chinese Journal of Management, 2023,20(04):598-609. (in Chinese)
450
- [25] 楼永, 常宇星, 郝凤霞. 区块链技术对供应链金融的影响——基于三方博弈、动态演化博弈的视角[J]. 中国管理科学, 2022,30(12):352-360.
LOU Y, CHANG Y X, HAO F X. The impact of blockchain technology on supply chain finance: from the perspective of three party game theory and dynamic evolutionary game theory [J]. Chinese Journal of Management Science, 2022,30(12):352-360. (in Chinese)
455
- [26] ARROW K.J., Frank H. Notes on sequences economics, transaction costs, and uncertainty[J]. Journal of Economics Theory, 1999,86(2):203-216.
- [27] WANG G, MA J. A hybrid ensemble approach for enterprise credit risk assessment based on Support Vector Machine. 2011,39(5):5325-5331.
- [28] 徐超, 宋丹, 周鹏程. 新型农业经营主体信用评价体系构建探析[J]. 征信, 2017,35(10): 41-45.
XU C, SONG D, ZHOU P C. Exploration on the construction of credit evaluation system for new agricultural business entities[J]. Credit Reference, 2017,35(10): 41-45. (in Chinese)
460
- [29] 林泓. 区块链对线上供应链金融的影响探究[J]. 内蒙古财经大学学报, 2017(05): 11-14.
LIN H. Exploration of the impact of blockchain on online supply chain finance[J]. Journal of Inner Mongolia University of Finance and Economics, 2017(05):11-14. (in Chinese)
465
- [30] 张明裕. 区块链驱动供应链金融创新[J]. 新理财, 2017(11):28-30.
ZHANG M Y. Blockchain driven innovation in supply chain finance[J]. Corporate Finance, 2017(11): 28-30. (in Chinese)