

数字信任监管与小微运力企业融资信用风险 ——基于网络货运平台的演化博弈分析

庞瑞琪, 储雪俭, 杨玉彬
(上海大学 管理学院, 上海 200444)

摘要: 网络货运平台承担了小微运力企业的融资监管,但在融资监管策略的选择上会权衡数字信任监管与传统物流监管的成本与收益.基于演化博弈理论,构建了网络货运平台与小微运力企业的动态博弈模型,探讨平台融资监管策略的选择对小微运力企业融资信用风险的影响.研究结果显示,数字信任监管能够促进小微运力企业守约,当小微运力企业的融资成本低于数字信任监管为其带来的守约激励与违约惩罚之和时,融资的信用风险能够有效抑制.同时,在博弈中还引入了银行激励,进一步讨论了平台的监管策略选择问题,并为银行选择贷款合作伙伴提出了建议.

关键词: 数字信任监管;小微运力企业;网络货运平台;演化博弈;信用融资

中图分类号: F 204; F 506 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2861(2022)06-0970-11

Digital trust regulation and the credit risk of small and micro transportation capacity enterprises' financing: evolutionary game analysis based on online freight platform

PANG Ruiqi, CHU Xuejian, YANG Yubin
(School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Online freight platforms have been directly or indirectly involved in assisting the regulation of small and micro transportation capacity enterprises (SMTCEs) financing transactions. However, when choosing regulation strategies, these platforms must weigh the costs and benefits of adopting digital trust regulation methods versus traditional logistics regulation methods. Based on evolutionary game theory, this thesis statement utilizes dynamic game theory model testing correlations between online freight platforms and SMTCEs to analyze the influence of the financing regulation strategy, chosen by the platforms, on SMTCEs' credit risks. The research shows that digital trust regulation methods can help lower SMTCEs' default rates. When SMTCEs' financing cost is lower than the sum of compliance incentives and default penalties under the digital trust regulation, credit risks of financing can be mitigated effectively. In addition, bank incentives are considered in the game model for further discussion of the platform's choice of regulation

收稿日期: 2022-09-05

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(11871327)

通信作者: 储雪俭(1961—),男,教授,博士生导师,研究方向为供应链金融. E-mail: chuxj@shu.edu.cn

strategy, and some recommendations are provided for banks to choose partners in loan cooperation.

Key words: digital trust regulation; small and micro transportation capacity enterprises; online freight platform; evolutionary game; credit financing

中国公路运输市场规模位居世界第一,但公路货运行业“颗粒化、碎片化”运营特征显著。据交通运输部公路科学研究院和中交兴路联合发布的《2020年度基于大数据的中国公路货运行业运行分析报告》统计,中国小微运输业户多达273.74万户,占全国公路运力构成的84.52%,但平均每家企业仅拥有约1.5辆货车。由大、中、小微运力企业及货主企业构成的运力供应链已经成为中国公路货运行业发展的支柱,小微运力企业(small and micro transportation capacity enterprises, SMTCEs)的生存问题已经关系到中国生产、消费市场的稳定。

在运力供应链中,中国公路货运行业是典型的买方市场,上游托运方与小微运力企业的运费结算普遍存在1~3个月及以上的账期。运费拖欠使得小微运力企业的商业信用透支现象颇为严重,流动性不足甚至威胁到这些企业的寿命。运费结算之前,小微运力企业正常经营产生的人员工资开销、车辆燃油费、车辆维修费、路桥通行费等支出形成了巨大的资金压力。目前,小微运力企业往往以轻资产运营为主,核心固定资产货运车辆的主要保有途径是司机挂靠,加之运力服务的无形性和瞬时性,使其难以通过传统抵押或质押的方式获得融资。中国物流与采购联合会物流与供应链金融分会(简称中物联金融委)的调查显示,中国物流企业的年融资需求规模超过3万亿元,其中仅运费垫资一项就高达6000亿元,而受信贷配给影响,银行贷款能够覆盖的比例不足10%。

在这种情况下,以网络货运平台为核心开展的金融服务成为小微运力企业获得融资的重要渠道。具有产业背景的网络货运平台比银行更容易获取小微运力企业的交易信息和交易信用,网络货运平台的监管背书有效地分散了银行贷款的信用风险,从而提升了小微运力企业信用融资的绩效。尤其是当网络货运平台投入数字信任建设时,在区块链、大数据、物联网等数字技术的支持下,小微运力企业的交易全流程能够被平台监管,隐式信用数据可以被挖掘和分析,进一步降低了信息不对称风险。然而,平台投入数字信任建设需要付出大额成本,其监管策略的选择如何影响小微运力企业的信用风险值得深入讨论。

1 相关研究

公路运力供应链是一条层层转包的委托代理服务链,由货主、运力集成商、运力中介商和功能型运力提供商构成^[1]。小微运力企业位于公路运力供应链尾端,主要提供功能型运输服务。物流业普遍具有典型的需求导向特征,货主对运力服务的需求是供应链的动力来源^[2]。因此,小微运力企业的收入主要受到市场需求不确定性的影响。小微运力企业在日常经营中资金压力较大,应收账款积累、信息化投入,以及保证金和押金占压的流动性是其资金压力的主要来源^[3]。由于小微运力企业信用等级不高且缺乏抵押品,因此融资困难突出^[4]。有学者指出了小微运力企业运输成本构成的复杂性,其中很多隐性成本具有偶然性,加之小微运力企业运输规模较小,难以通过集中运输和线路优化产生规模效应,导致运输费用在成本结构中占比较大^[5]。而运输费用与运费结算的账期错配进一步增加了小微运力企业的资金压力,而小微运力企业可以应用的资本甚微,学者们呼吁政府部门为小微运力企业的发展提供物流科技、网络科技和资金支持,通过互联网思维和一体化平台促进小微运力企业的集聚发展^[6-7]。

网络货运平台重新定义了货主、运力集成商、小微运力企业与运输中介等企业之间的关系,提升了运力交易匹配的效率,改善了运力交易市场的信用水平^[8]。平台型服务商还在促进

供应链买卖双方与金融机构之间的信息交换等方面发挥了重要作用, 能够使供应链金融各参与方自动及时地获取供应链交易信息和信用数据, 降低融资信用风险^[9]. 基于网络货运平台的供应链金融创新能够促进物流资源的集聚, 为小微运力企业融资提供信用背书, 并对运力服务的全流程起到监管作用^[10], 供应链金融创新也有助于网络货运平台的可持续发展^[11]. 基于网络货运平台的金融创新具有典型的普惠金融特点, 其信用风险管理主要依赖数字化创新和数字监管^[12].

在数字信任监管方面, McKnight等^[13]通过对比技术信任与人际信任, 指出用户对技术属性的评估结果在某种程度上反映了用户对技术实现其客观特征承诺能力的信任. 在此基础上, 国内外学者开始关注技术对信任的影响, 并提出了“数字信任”的概念^[14]. 崔久强等^[15]将数字信任定义为链入或映射到数字空间的两个网络实体, 双方基于可信任的数字身份和对彼此网络安全能力、数据活动的稳定性预期, 形成可持续的数字交互关系, 并将委托人与受托人的二元关系拓展至包含基础技术提供方(如平台)的三元关系. 特别地, 区块链技术的去中心化和不可篡改等特征能够促使一种新的社会信任机制产生, 从而构建数字信任^[16]. 在数字信任支持下, 利益相关方对数字技术赋能的商业环境、供应链运营和企业行为等质量信号的认同, 使其具备对特定企业、技术和流程创建可靠金融模式的信心. 但必须实现业务和行为的数字化, 客观、真实而全面地反映供应链运营的状况和经营主体的能力, 从而帮助资金供给方进行融资决策^[17]. 聚焦公路货运行业, 物联网技术能够改善供应链金融的物流活动, 实时监管物流在途状态, 加强供应链金融主体间的信息交互^[18]. 数字信任能够使公路运力供应链上的货主、车主及小微运力企业的信用信息得到透明化管理, 有助于小微运力企业信用体系的形成, 帮助小微运力企业拓宽融资渠道^[19].

已有研究中鲜有学者关注基于网络货运平台开展的金融业务, 关于传统供应链金融的讨论也大多基于商品融资, 对无形服务的研究较少. 学者们呼吁通过网络科技解决小微运力企业的融资难问题, 但现有证据不足以解释数字信任监管如何在小微运力企业的信用风险治理中发挥作用. 基于以上分析, 本工作拟对网络货运平台与小微运力企业群体在运力融资中的策略选择及演化机理进行研究.

2 网络货运平台与小微运力企业的演化博弈模型

2.1 问题描述与变量假设

在运力供应链金融中, 网络货运平台起到了小微运力企业与银行之间的桥梁作用. 银行与网络货运平台合作, 为小微运力企业授信, 并委托平台对小微运力企业及其运力服务过程进行监管. 在银行授信的前提下, 本节拟探讨网络货运平台的监管策略选择对小微运力企业融资信用风险的影响.

网络货运平台企业采取的监管模式与小微运力企业的行为之间相互影响. 出于对利益最大化的追求, 双方会在重复博弈中不断学习和积累经验, 动态调整己方策略选择. 网络货运平台的策略空间为{传统物流监管, 数字信任监管}, 小微运力企业的策略空间为{违约, 守约}. 为了演化博弈模型构建, 本工作在提炼实践业务流程的基础上作出如下假设.

(1) 博弈双方均为有限理性经济人, 小微运力企业申请贷款的金额为运费 P , 贷款的利率为 r_1 , 贷款投入使用的回报率为 r_2 . 当小微运力企业守约时, 银行会将 k 比例的贷款利息支付给网络货运平台, 作为物流监管费用, 记为 kPr_1 .

(2) 在传统物流监管模式下, 网络货运平台在授信前需要投入精力和资源对小微运力企业进行尽职调查, 在授信后还要跟踪监控运力服务, 付出的监管成本为 C_1 ; 在数字信任监管模式

下,小微运力企业的信息采集难度大幅降低,但网络货运平台前期投入数字化基础设施建设时会产生高昂成本,后期运营中还会产生少量边际成本和数字维护成本,设数字信任监管成本为 C_2 ,满足 $C_1 < C_2$.

(3) 在传统物流监管模式下,网络货运平台监管能力有限且无法保障信息获取的有效性和及时性,小微运力企业能够在不提供运力服务的情况下伪造交易流水骗贷,由此引发违约;在数字信任监管模式下,小微运力企业提供运力服务的全过程会被实时监控,以确保运力交易和服务真实发生. 设小微运力企业提供运力服务的成本为 C_3 ,该模式下小微运力企业违约的原因主要是托运方拖欠运费,导致贷款期末缺少还款来源.

(4) 网络货运平台通过银行向小微运力企业提供授信服务,需要缴纳保证金 w ,若小微运力企业违约,保证金即被扣除. 在数字信任监管模式下,网络货运平台具备更高水平的监管能力和监管信用,此时保证金缴纳的额度会有 α ($0 < \alpha < 1$)比例的调整.

(5) 在传统物流监管模式下,小微运力企业若选择违约,需要承担在网络货运平台和金融机构处的信用损失 f ,一般情况下 $f < P(1 + r_1)$;同时,网络货运平台会受到银行的失职惩罚,记为 P_B ;在数字信任监管模式下,小微运力企业的违约信息会被更加广泛地传播,影响其后续交易合作,将该部分声誉损失记为 F ,而网络货运平台也会因监管不力损失声誉并遭到失职惩罚,记为 D ,满足 $F > f$, $D > P_B$.

(6) 小微运力企业能够从数字信任中获得敏捷性,网络货运平台会根据小微运力企业的履约情况动态调整授信额度和授信利率,信用履历较好的小微运力企业融资成本更低、融资效率更高,即履约行为能够带来超额收益,从而激励企业履约形成良性循环;网络货运平台也能够通过建设数字信任获得银行的认可,取得竞争优势. 记数字信任监管模式下小微运力企业履约的超额收益为 g ,网络货运平台的超额收益为 S .

(7) 假设在博弈初始阶段,网络货运平台群体中选择“数字信任监管”的比例为 x ,则选择“传统物流监管”的比例为 $1 - x$;小微运力企业群体中选择“履约”的比例为 y ,则选择“违约”的比例为 $1 - y$,其中 $x, y \in [0, 1]$.

相关模型参数及其含义如表1所示.

表1 模型参数及其含义
Table 1 Model parameters and their meanings

参数	参数含义
P	小微运力企业申请贷款的金额与运费一致
r_1	网络货运平台与银行合作贷款的利率
r_2	小微运力企业将贷款投入经营获得的回报率
k	银行贷款利息收入中支付给网络货运平台物流监管费用的比例
C_1	传统物流监管模式下网络货运平台的监管成本
C_2	数字信任监管模式下网络货运平台的监管成本
C_3	小微运力企业提供运力服务的成本
w	网络货运平台与银行进行贷款合作需要缴纳的保证金
α	数字信任监管模式下网络货运平台需要缴纳的保证金比例
f	传统物流监管模式下小微运力企业违约需要承担的损失
P_B	传统物流监管模式下小微运力企业违约时银行对网络货运平台监管失职的惩罚
F	数字信任监管模式下小微运力企业违约需要承担的损失
D	数字信任监管模式下小微运力企业违约对网络货运平台造成的损失
g	数字信任监管模式下小微运力企业履约时获得的超额收益
S	数字信任监管模式下小微运力企业履约为网络货运平台带来的超额收益

2.2 收益矩阵与模型求解

根据假设条件, 网络货运平台与小微运力企业的收益矩阵如表 2 所示.

表 2 网络货运平台与小微运力企业演化博弈模型的收益矩阵

Table 2 Income matrix of the evolutionary game model between online freight platforms and SMTCEs

网络货运平台 监管模式	小微运力企业	
	守约	违约
数字信任监管	$kPr_1 - c_2 + S, P(r_2 - r_1) - c_3 + g$	$-c_2 - \alpha w - D, Pr_2 - c_3 - F$
传统物流监管	$kPr_1 - c_1, P(r_2 - r_1) - c_3$	$-c_1 - w - P_B, P(1 + r_2) - f$

(1) 网络货运平台的复制动态方程.

根据演化博弈收益矩阵, 可以得到网络货运平台选择数字信任监管和传统物流监管的期望收益分别为

$$U_{f_1} = y(kPr_1 - c_2 + S) + (1 - y)(-c_2 - \alpha w - D), \quad (1)$$

$$U_{f_2} = y(kPr_1 - c_1) + (1 - y)(-c_1 - w - P_B), \quad (2)$$

则网络货运平台的平均期望收益为

$$\overline{U}_f = xU_{f_1} + (1 - x)U_{f_2}. \quad (3)$$

由此可得, 网络货运平台的复制动态方程为

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(U_{f_1} - \overline{U}_f) = x(1 - x)(U_{f_1} - U_{f_2}) \\ &= x(1 - x)(yS + yD - yP_B + y\alpha w - yw + c_1 - c_2 - \alpha w + w - D + P_B). \end{aligned} \quad (4)$$

(2) 小微运力企业的复制动态方程.

根据演化博弈收益矩阵, 可以得到小微运力企业选择守约策略和违约策略的期望收益分别为

$$U_{m_1} = x(P(r_2 - r_1) - c_3 + g) + (1 - x)(P(r_2 - r_1) - c_3), \quad (5)$$

$$U_{m_2} = x(Pr_2 - c_3 - F) + (1 - x)(P(1 + r_2) - f), \quad (6)$$

则小微运力企业的平均期望收益为

$$\overline{U}_m = yU_{m_1} + (1 - y)U_{m_2}. \quad (7)$$

由此可得,小微运力企业的复制动态方程为

$$\begin{aligned} F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(U_{m_1} - \bar{U}_m) = y(1-y)(U_{m_1} - U_{m_2}) \\ &= y(1-y)(xg + xc_3 + xP + xF - xf - Pr_1 - P + f - c_3). \end{aligned} \quad (8)$$

2.3 演化均衡状态及稳定性分析

联立网络货运平台和小微运力企业的复制动态方程构成微分方程组,可以得到复制动态系统的5个均衡点: $E_1(0,0)$ 、 $E_2(0,1)$ 、 $E_3(1,0)$ 、 $E_4(1,1)$ 、 $E_5((P(1+r_1)-f+c_3)/(g+F-f+c_3+P), (D-c_1+c_2+\alpha w-w-P_B)/(S+D-P_B+(\alpha-1)w))$, 其中 E_5 作为均衡点必须满足条件 $0 < (P(1+r_1)-f+c_3)/(g+F-f+c_3+P) < 1$, 且 $0 < (D-c_1+c_2+\alpha w-w-P_B)/(S+D-P_B+(\alpha-1)w) < 1$, 即 $Pr_1 < g+F$, 且 $(1-\alpha)w-D+P_B < c_2-c_1 < S$. 根据 Friedman^[20]提出的判别方法, 可以通过 Jacobian 矩阵行列式和迹的正负来判断动态博弈均衡点的稳定性. 当且仅当 $\det(J) > 0$, 且 $\text{tr}(J) < 0$ 时, 对应均衡点具有局部稳定性, 对应策略组合为演化稳定策略(evolutionarily stable strategy, ESS). Jacobian 矩阵 J 由微分方程组分别对 x 和 y 求偏导数得到,

$$\begin{aligned} J &= \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{dF(x)}{dx} & \frac{dF(x)}{dy} \\ \frac{dF(y)}{dx} & \frac{dF(y)}{dy} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1-2x)(yS+yD-yP_B+y\alpha w-yw) & x(1-x)(S+D-P_B+\alpha w-w) \\ +c_1-c_2-\alpha w+w-D+P_B) & \\ y(1-y)(g+F-f+c_3+P) & (1-2y)(xg+xc_3+xP+xF \\ -xf-Pr_1-P+f-c_3) & \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (9)$$

分别计算5个均衡点 Jacobian 矩阵行列式的值 $\det(J)$ 和矩阵的迹 $\text{tr}(J)$, 根据符号正负能够判定演化均衡的局部稳定点ESS. 结果显示, 只有当 $c_2-c_1 < S$ 时, 小微运力企业才有可能在重复博弈中稳定选择守约策略(见表3).

博弈双方的均衡策略选择取决于数字信任监管为双方带来的综合效用水平. 数字信任监管对网络货运平台的正向效用能够促进银行对平台的信任, 具体表现为降低平台的保证金等; 负向效用是监管成本的增加, 且当小微运力企业违约时, 网络货运平台因监管不力需要承担更多损失. 数字信任监管对小微运力企业的正向效用是守约获得的超额收益, 负向效用是违约行为被广泛传播带来的失信惩罚, 具体可以分为如下4种情况讨论.

(1) 当 $c_2-c_1+D-P_B > (1-\alpha)w$, 且 $Pr_1 < F+g$ 时, 系统共有2个ESS, 即 $E_1(0,0)$ 、 $E_4(1,1)$. 也就是说, 当网络货运平台选择数字信任监管策略, 增加的监管成本与其在小微运力企业违约时多承担的损失之和大于节约的保证金时, 网络货运平台选择“传统物流监管”、小微运力企业选择“违约”的策略组合是ESS. 同时, 当小微运力企业的单次融资成本小于其违约时的声誉损失与守约时所获超额利益的绝对值之和时, 局限于数字信任监管模式下企业守约为平台带来的超额收益, 网络货运平台选择“数字信任监管”、小微运力企业选择“守约”的策略组合也是ESS.

表 3 演化博弈系统的演化稳定策略分析

Table 3 Analysis on ESS of the evolutionary game system

情况	条件	均衡点个数	均衡点	$\det(J)$ 符号	$\text{tr}(J)$ 符号	稳定性	相位图
(1)	$c_2 - c_1 + D - P_B > (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 < F + g$	5	E_1	+	-	ESS	
			E_2	+	+	不稳定	
			E_3	+	+	不稳定	
			E_4	+	-	ESS	
			E_5	+	0	中心点	
(2)	$c_2 - c_1 + D - P_B > (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 > F + g$	4	E_1	+	-	ESS	
			E_2	+	+	不稳定	
			E_3	-	不确定	鞍点	
			E_4	-	不确定	鞍点	
(3)	$c_2 - c_1 + D - P_B < (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 < F + g$	4	E_1	-	不确定	鞍点	
			E_2	+	+	不稳定	
			E_3	-	不确定	鞍点	
			E_4	+	-	ESS	
(4)	$c_2 - c_1 + D - P_B < (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 > F + g$	4	E_1	-	不确定	鞍点	
			E_2	+	+	不稳定	
			E_3	+	-	ESS	
			E_4	-	不确定	鞍点	

(2) 当 $c_2 - c_1 + D - P_B > (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 > F + g$ 时, $E_1(0,0)$ 是 ESS, 即当数字信任监管为网络货运平台带来的综合效用为负, 为小微运力企业带来的守约激励和失信惩罚总和低于其单次融资成本时, 网络货运平台投入数字化建设的驱动力不足, 小微运力企业容易滋生侥幸心理, 从而短视自利地选择“违约”. 此时, 网络货运平台选择“传统物流监管”、小微运力企业选择“违约”的策略组合是 ESS.

(3) 当 $c_2 - c_1 + D - P_B < (1 - \alpha)w$, $Pr_1 < F + g$ 时, $E_4(1,1)$ 是 ESS, 即当数字信任监管为网络货运平台带来的综合效用为正, 为小微运力企业带来的守约激励和失信惩罚总和高于其单次融资成本时, 网络货运平台会积极投入数字化建设, 而在高水平的违约机会成本约束下, 小微运力企业出于对长期利益的追求也更倾向于“守约”. 此时, 网络货运平台选择“数字信任监管”、小微运力企业选择“守约”的策略组合是 ESS.

(4) 当 $c_2 - c_1 + D - P_B < (1 - \alpha)w$, 且 $Pr_1 > F + g$ 时, $E_3(1,0)$ 是 ESS, 即当数字信任监管为网络货运平台带来的综合效用为正, 但为小微运力企业带来的守约激励和失信惩罚总和低于其单次融资成本时, 网络货运平台选择“数字信任监管”、小微运力企业选择“违约”的策略组合是 ESS.

2.4 数值仿真分析

为了进一步探讨平台方与企业方在博弈中的演化路径, 本工作调用 Matlab 的 ode45 函数对不同初始情况下博弈双方的演化进程进行数值仿真分析. 结合实践中网络货运平台融资产品的运营和定价情况, 对模型初始参数进行设定, 令 $P = 10$, $r_2 = 0.8$, $k = 0.05$, $c_1 = 3$, $c_2 = 4$, $c_3 = 1$, $w = 2.5$, $\alpha = 0.8$, $f = 0.2$, $S = 3$, 贷款利率为央行公布的基准利率(贷款期限

1 年以内)4.35%, 即 $r_1 = 0.0435$ 。

根据 2.3 节的分析, 网络货运平台数字信任监管的效用是影响小微运力企业融资信用风险的重要因素。本工作结合实际情况对模型中的关键影响因素变量进行分组赋值。当 $P_B = 3, D = 4$ 时, 改变 F 和 g 的大小, 在不同数字信任监管效用水平下的演化进程分别如图 1(a)和(b)所示; 当 $P_B = 7, D = 6$ 时, 不同 F 和 g 取值下的演化进程分别如图 1(c)和(d)所示。数值仿真结果分别对应了表 3 中的 4 种情况, 与前文的分析结论相吻合。

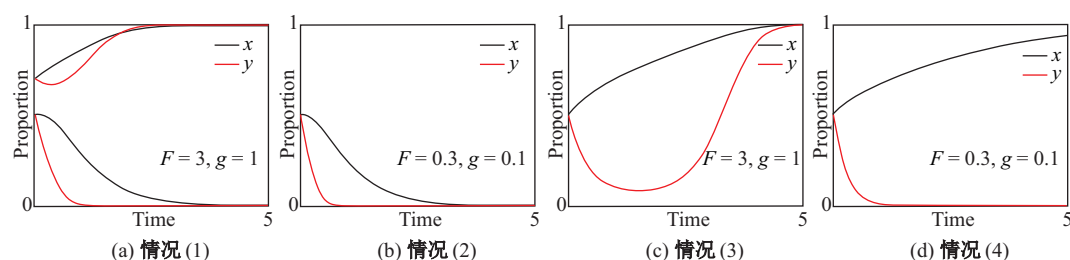


图 1 数值仿真分析

Fig. 1 Analysis of numerical simulation

当 $P_B = 3, D = 4$ 时, 满足 $c_2 - c_1 + D - P_B > (1 - \alpha)w$ 。在数字信任监管对小微运力企业的正向效用 g 与负向效用 F 的绝对值之和较大的情况下, 图 1(a)显示演化博弈的进程受到博弈双方策略选择的初始比例影响。例如, 当 x 和 y 的初始值均为 0.7 时, 平台方与企业方均收敛于理想状态; 而当 x 和 y 的初始值均为 0.5 时, 企业方收敛于“违约”的不良状态, 平台方收敛于“传统物流监管”。在 F 与 g 的绝对值之和较小的情况下, 图 1(b)显示平台方将收敛于“传统物流监管”, 企业方也会以更快的速度收敛于“违约”的不良状态。

当 $P_B = 7, D = 6$ 时, 满足 $c_2 - c_1 + D - P_B < (1 - \alpha)w$ 。当数字信任监管为小微运力企业带来的效用足够大, 即正向效用守约激励 g 足够大, 且负向效用违约惩罚 F 也足够大时, 图 1(c)显示平台方将收敛于“数字信任监管”, 企业方选择“守约”的比例先有所下降后迅速上升, 双方最终均收敛于理想状态。然而, 当数字信任监管无法为小微运力企业带来足够大的效用时, 图 1(d)显示虽然平台方会逐渐收敛于“数字信任监管”, 但企业方会极速收敛于“违约”的不良状态。

值得注意的是, 图 1(d)对应的情况(4)是现实中应当极力避免的状态。即使网络货运平台采取数字信任监管, 但若小微运力企业单次融资的成本较高也会引发融资信用风险, 在衡量惩罚效用、激励效用与融资成本之后, 小微运力企业容易铤而走险选择“违约”。因此, 网络货运平台可通过降低融资利率或融资额度等方式增加小微运力企业违约的机会成本, 这也是实践中网络货运平台开展运力融资服务普遍具有周期短、频率高、额度小、利率低等特征的原因。

3 银行激励对网络货运平台监管策略选择的影响

根据前述分析, 网络货运平台的数字信任监管能够促进小微运力企业的守约行为, 因此银行在与网络货运平台的贷款合作中, 可以通过激励平台进行数字化创新来降低贷款风险。考虑银行激励对网络货运平台监管策略选择的影响, 假设银行以提供资金支持的方式激励平台进行数字化创新, 提供资金的额度为 E , 选择“激励”的概率为 $z, z \in [0, 1]$ 。当银行选择“激励”时, 若网络货运平台采取“数字信任监管”, 进行数字化创新并追加成本投入 M , 其收益为 $U_{f1} + E - M$ 。此时, 银行的授信审核成本降低、效率提升且风险收敛, 将该部分收益记为

Q_1 . 当网络货运平台接受银行的激励, 但并未用于数字化创新, 仍采取“传统物流监管”时, 收益为 $U_{f_2} + E$, 银行损失 E . 当银行选择“不激励”时, 网络货运平台采取“数字信任监管”的期望收益为 U_{f_1} , 为银行带来的收益记为 Q_2 , 满足 $Q_1 > Q_2$. 由于小微运力企业的收益不受银行激励影响, 其决策仍与 2.2 节中的分析保持一致, 本节不再探讨其策略选择问题. 银行与网络货运平台的演化博弈收益矩阵如表 4 所示.

表 4 银行与网络货运平台演化博弈模型的收益矩阵

Table 4 Income matrix of the evolutionary game model between online freight platforms and banks

网络货运平台 监管模式	银行	
	激励	不激励
数字信任监管	$U_{f_1} + E - M, -E + Q_1$	U_{f_1}, Q_2
传统物流监管	$U_{f_2} + E, -E$	$U_{f_2}, 0$

(1) 网络货运平台的均衡策略选择.

根据表 3, 可以计算网络货运平台的平均期望收益为

$$\bar{U}_f = x(z(U_{f_1} + E - M) + (1 - z)U_{f_1}) + (1 - x)(z(U_{f_2} + E) + (1 - z)U_{f_2}). \quad (10)$$

根据复制动态方程, 网络货运平台选择数字信任监管的变化率为

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1 - x)(U_{f_1} - U_{f_2} - zM), \quad (11)$$

对 $F(x)$ 求导可得

$$F'(x) = \frac{d^2x}{dt^2} = (1 - 2x)(U_{f_1} - U_{f_2} - zM). \quad (12)$$

当 $z < \frac{U_{f_1} - U_{f_2}}{M}$ 时, $F(1) < 0$, 故 $x^* = 1$ 是 ESS, 即网络货运平台选择“数字信任监管”; 当 $z > \frac{U_{f_1} - U_{f_2}}{M}$ 时, $F(0) < 0$, 故 $x^* = 0$ 是 ESS, 即网络货运平台选择“传统物流监管”.

(2) 银行的均衡策略选择.

根据表 3, 可以计算银行的平均期望收益为

$$\bar{U}_b = z(x(-E + Q_1) - (1 - x)E) + (1 - z)xQ_2. \quad (13)$$

根据复制动态方程, 银行选择激励的变化率为

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(1 - z)((Q_1 - Q_2)x - E), \quad (14)$$

对 $F(z)$ 求导可得

$$F'(z) = \frac{d^2z}{dt^2} = (1 - 2z)((Q_1 - Q_2)x - E). \quad (15)$$

当 $x > \frac{E}{Q_1 - Q_2}$ 时, $F(1) < 0$, 故 $z^* = 1$ 是 ESS, 即银行选择“激励”; 当 $x < \frac{E}{Q_1 - Q_2}$ 时, $F(0) < 0$, 故 $z^* = 0$ 是 ESS, 即银行选择“不激励”。

根据上述均衡条件, 对于网络货运平台, 当追加投入数字化建设的成本 M 固定时, 采取数字信任监管为平台带来的收益增长 $U_{f_1} - U_{f_2}$ 越大, 平台越有可能选择“数字信任监管”策略; 当数字信任监管为平台带来的收益增长 $U_{f_1} - U_{f_2}$ 固定时, 平台投入数字化创新需要追加的成本 M 越小, 平台选择“数字信任监管”的可能性越大。从银行的角度来看, $\frac{E}{Q_1 - Q_2}$ 的值越小, $z^* = 1$ 的条件越容易成立, 即银行付出的激励成本 E 越小, 取得的收益增长 $Q_1 - Q_2$ 越大, 银行越倾向于选择“激励”。考虑到平台进行数字化创新的前期研发成本和信息基础设施建设成本较高, 而后期运营和维护成本相对较低, 银行在选择贷款合作伙伴时, 应当尽量挑选已具备一定数字化建设基础的平台, 以增强激励绩效, 降低贷款风险。

4 结论与展望

本工作通过建立演化博弈模型, 首先分析了网络货运平台在运力融资服务中分别采取传统物流监管和数字信任监管时, 小微运力企业信用风险的变化情况; 随后进一步讨论了引入银行激励情况下的网络货运平台监管策略选择。根据演化博弈模型的均衡策略条件, 得到以下结论。

(1) 总体来看, 网络货运平台的数字信任监管能够促进小微运力企业守约, 降低银行贷款的信用风险。平台方与企业方的具体策略选择则取决于数字信任监管能够为双方带来的综合效用水平。网络货运平台应当重点布局物联网、区块链等先进数字化技术, 促进小微运力企业的信息透明。一方面, 加快小微运力企业的业务数据化进程, 提升融资过程中小微运力企业的货运车辆位置、货物在途状态、司机驾驶情况、车辆油耗情况等要素信息的透明度, 确保小微运力企业融资建立在真实、自偿的交易基础上。另一方面, 通过去中心化的管理增加小微运力企业受到的违约惩罚和守约激励, 约束小微运力企业的投机心理, 提升小微运力企业履约的积极性。

(2) 银行可以通过正向激励和负向惩罚措施, 促进网络货运平台的数字化建设与创新, 使平台发挥数字信任监管优势, 约束小微运力企业的机会主义行为, 降低贷款风险。银行在选择合作伙伴时, 应当尽量挑选数字化技术较为成熟, 或具有数字化转型基础的成长型平台进行贷款合作, 在缓释信用风险的前提下, 兼顾贷款成本和贷款效率。此外, 面向小微运力企业的融资服务应当具有“短、频、快”的特征, 单笔融资的额度和利率不宜过高, 可以通过按日计息、随借随还、循环授信等方式增加小微运力企业违约的机会成本。

本工作基于演化博弈理论讨论了银行与网络货运平台合作, 为小微运力企业提供融资的信用风险问题, 为网络货运平台监管策略的选择提供了理论依据。综合来看, 数字信任监管能够降低小微运力企业融资的信用风险, 但要确保小微运力企业能够从数字信任监管中获得一定水平的效用。在实践中, 对于监管信用较强的网络货运平台, 银行也会以集中授信的方式为平台提供一笔综合授信额度, 由平台全权对小微运力企业进行授信的审核和管理。在未来的研究中, 将继续讨论平台的监管策略选择对其与银行贷款合作模式的影响, 进一步研究平台的监管信用能否为小微运力企业的融资增信。

参考文献:

- [1] 储雪俭, 杨玉彬, 李佳阳. 运力供应链的内涵与模式 [J]. 交通与运输, 2018, 34(4): 74-76.
- [2] 刘伟, 高志军. 物流服务供应链: 理论架构与研究范式 [J]. 商业经济与管理, 2012(4): 19-25.

- [3] 李俊静, 闫博. 中小型物流企业的资本运作模式分析 [J]. 现代商业, 2015, 10(21): 76-77.
- [4] 刘永嘉. 基于互联网金融下的中小型物流企业的融资问题再研究 [J]. 现代经济信息, 2015(5): 302, 304.
- [5] 陆雪文, 潘家坪. 中小型物流企业运输成本控制对策探讨 [J]. 物流科技, 2020, 43(8): 121-123.
- [6] 赵琳琳. 基于经济学探究中小物流企业发展模式 [J]. 商场现代化, 2020, 49(14): 38-40.
- [7] 周凤鸣. 互联网思维的中小企业物流管理策略探析 [J]. 中国物流与采购, 2020, 41(19): 67-68.
- [8] 张家硕, 张浩. 车货匹配平台对货车运输行业的影响探究 [J]. 经营与管理, 2021(11): 181-185.
- [9] 宋华. 基于产业生态的供应链金融的创新趋势 [J]. 中国流通经济, 2016, 30(12): 85-91.
- [10] 余戴琴. 基于供应链金融的专线运输企业融资模式 [J]. 物流工程与管理, 2017, 39(6): 103-105.
- [11] 苏渝, 王茂春, 王书博. 网络货运平台业务创新研究 [J]. 物流科技, 2021, 44(9): 81-82.
- [12] 郭峰, 熊云军. 中国数字金融的测度及其影响研究: 一个文献综述 [J]. 金融评论, 2021, 13(6): 12-23, 117-118.
- [13] McKNIGHT D H, CHERVANY N L. An integrative approach to the assessment of E-commerce quality [J]. Journal of Electronic Commerce Research, 2002, 3(3): 114-127.
- [14] 宋华, 韩思齐, 刘文诣. 数字技术如何构建供应链金融网络信任关系? [J]. 管理世界, 2022, 38(3): 182-200.
- [15] 崔久强, 郑宁, 石英村. 数字经济时代新型数字信任体系构建 [J]. 信息安全与通信保密, 2020(10): 10-16.
- [16] 张清, 郭胜男. 人际信任、法律信任与数字信任: 社会信任的谱系及其演进 [J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2021, 23(6): 51-57.
- [17] 宋华. 数字平台赋能的供应链金融模式创新 [J]. 中国流通经济, 2020, 34(7): 17-24.
- [18] 弓永章, 刘逢, 庞瑞琪, 等. 基于物联网技术的供应链金融物流监管 [J]. 中国科技论坛, 2017(6): 131-136, 152.
- [19] 雷梓樱, 杨济宁. “互联网+”背景下中小型物流企业转型发展路径研究 [J]. 物流工程与管理, 2020, 42(8): 28-30.
- [20] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics [J]. Econometrics, 1991(5): 637-666.

(责任编辑: 赵 宇)