

基于演化博弈的网络货运平台四方协同监管策略

甘卫华¹, 段慧星^{1*}, 桂夏芸¹, 刘郑^{1,2}

1. 华东交通大学交通运输工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 浙江中通通信有限公司, 浙江 杭州 310014

摘要:为有效监管网络货运平台,构建国家级监管部门-省级监管部门-网络货运平台-社会公众四方主体演化博弈模型,通过四方主体的复制动态方程计算得到博弈模型的 16 个纯策略均衡点,其中无绝对稳定点,有 9 个一定条件下的稳定点,分析 9 个稳定点的稳定条件,并通过数值仿真分析理想策略组合(0,1,1,0)下,监管系统参数变化时四方主体协同监管策略的演化路径。结果表明:不同层级的政府监管部门间的协调交互能促进监管系统的稳定性,增大国家级监管部门对省级监管部门消极监管的处罚力度,提高对省级监管部门积极监管的奖励,均能促进省级监管部门与网络货运平台更快达到稳定的策略组合;增大对网络货运平台合规运营的奖励较适合作为短期监管策略;加大对网络货运平台违规运营的处罚力度,能促使网络货运平台迅速演化至合规运营的稳定状态,提高惩罚力度是更优的监管方式,更有利于治理网络货运平台违规运营现象;限制网络货运平台违规运营的收益是有意义的治理策略;增大社会公众对网络货运平台违规运营举报奖励仅在前期能提高公众参与监管的积极性。

关键词:网络货运平台;四方演化博弈;平台治理;政府监管

中图分类号:U493.2;F542

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2024)04-0029-10

引用格式:甘卫华,段慧星,桂夏芸,等.基于演化博弈的网络货运平台四方协同监管策略[J].山东交通学院学报,2024,32(4):29-38.

GAN Weihua, DUAN Huixing, GUI Xiayun, et al. Four-party-collaborative regulatory strategy of network freight platform based on evolutionary game[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2024, 32(4): 29-38.

0 引言

网络货运平台是将互联网技术与传统货运物流深度融合的典型行业之一,能优化资源配置,提高运营效率,但监管体系尚未完善。2022 年,货运物流行业被列为黑猫投诉平台投诉量排名前 5 的行业之一^[1],引发了相关各界对该行业监管的高度关注。探索构建完善、高效的网络货运平台监管体系,对提升服务质量、保障消费者权益、促进行业健康发展具有重要的现实意义。

学者对网络平台监管及治理展开了大量研究。在平台监管方面,尤美虹等^[2]对网络货运平台进行实证研究,建议完善市场准入机制;高金平等^[3]研究网络货运平台的税收监管问题;丁晓东^[4]研究网络货运平台的中立性问题,认为网络架构监管与平台责任监管应跨过形式性的中立性责任要求,迈向更实质性的治理型监管;高薇^[5]研究公用话语下的平台监管;王磊等^[6]梳理我国互联网平台监管现状,从监管理念、监管规则、监管架构等多方面提出加强互联网平台监管的相关政策建议。

收稿日期:2024-03-01

基金项目:国家自然科学基金项目(72061013);江西省重点研发计划“揭榜挂帅”项目(20223BBE51038)

第一作者简介:甘卫华(1969—),女,南昌人,教授,博士研究生导师,工学博士,主要研究方向为物流系统规划、网络货运平台等,E-mail:727595249@qq.com。

***通信作者简介:**段慧星(1999—),男,江西吉安人,硕士研究生,主要研究方向为物流与供应链管理、网络货运平台等,E-mail:hdjddhx@163.com。

在网络平台协同治理方面,王勇等^[7]构建动态博弈模型,从机制层面分析政府部门和平台企业协同监管问题;甘卫华等^[8-9]研究物流平台与用户间的共生关系,探讨政府奖惩机制下的平台协同监管问题;岳鹄等^[10]为构建平台治理新模式,研究大型平台、小微平台及政府间的协同共治,提出应适当把握对小微平台企业的罚款力度;郭海等^[11]提出单一主体动态平衡和双元主体结构平衡2种监管策略,构建政府与平台合作监管模式;He等^[12]针对平台经济的协同治理,构建相关奖励制度,弥补当前平台的监管缺陷;Liu等^[13]研究服务平台、政府和消费者的策略协调,提出防止服务平台使用大数据歧视性定价的治理机制;Zhang^[14]基于惩罚机制研究平台与用户间的监管博弈,发现处罚额度越高,越有利于系统更早达到稳定状态;Wilkin等^[15]从利益相关者的角度,提出治理多方主体协调困难的方案。

在平台治理研究方法方面,何涌等^[16]通过引入社会评价和合规激励指标,从双方演化博弈的角度分析监管机构与平台间的博弈过程;孙韶阳^[17]通过构建双方演化博弈模型,探讨平台-政府双层治理新模式;曲薪池等^[18]通过构建平台、用户及政府间三方演化博弈模型,论证对用户不实举报的惩罚无法解决用户信息泄露问题,认为政府应加大对平台泄露用户信息的处罚力度;周晓阳等^[19]构建政府-平台-企业3个主体间的非对称演化博弈模型,分析平台补贴与成本共担对企业的影响;汪旭晖等^[20]通过构建双方演化博弈模型,分析政府动态惩罚机制下的平台策略选择;胡春华等^[21]构建三方演化博弈模型,发现平台保证金制度能在一定程度上约束商家不自律经营行为;张兴刚等^[22]通过构建平台企业、消费者、供给方、政府四方演化博弈模型,考察平台市场的私人监管与公共监管的有效性;Wu等^[23]通过演化博弈分析平台“大数据杀熟”的问题;Sun等^[24]、Wan等^[25]通过研究平台的演化博弈模型提出加大监管强度的建议;Peng等^[26]研究发现要实现违约风险控制下的平台演化稳定策略,需强有力的信用约束或建立适当强度的协调监管模式。目前,我国网络货运平台的监管由国家级监管部门与省级监管部门协同监管,前者主要制定监管政策,后者提供相应的具体规定和措施,以往研究将二者统称为政府监管,对不同级别政府部门协同监管模式及网络货运平台监管主体在复杂环境中的多维度监管机制的研究较少。

本文将政府、网络货运平台及平台用户三方演化博弈模型中的政府分为国家级监管部门和省级监管部门2个主体,将平台用户扩充为社会公众,构建基于国家级监管部门-省级监管部门-网络货运平台-社会公众的四方主体演化博弈模型,分析不同状态下的主体行为及影响,为制定网络货运平台协同监管政策提供参考建议。

1 演化博弈模型假设及构建

构建以国家级监管部门、省级监管部门、网络货运平台及社会公众为主体的网络货运平台四方监管架构如图1所示。政府对网络货运平台的监管主要由交通运输部与各省交通运输厅同步监管,网络货运平台自我监管的同时将数据上传至交通运输部及本省交通运输厅,国家级监管部门与省级监管部门协调交互,监管网络货运平台,网络货运平台对社会公众提供服务的同时接受社会公众的监督。

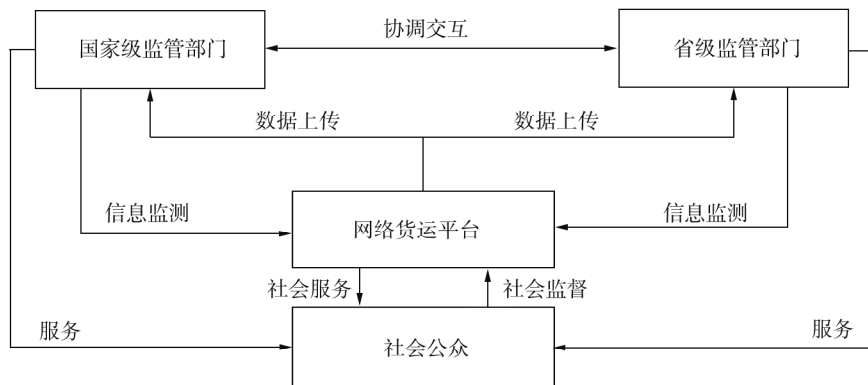


图1 网络货运平台四方监管架构

1.1 模型基本假设及参数说明

演化博弈理论将博弈理论分析与动态演化过程分析相结合,用于分析不同群体在博弈过程中,通过遗传或学习等机制不断适应环境变化,生成的行为策略。以国家级监管部门、省级监管部门、网络货运平台及社会公众作为4个博弈主体,分别确定4个主体的选择策略。为分析各主体在动态环境中的策略调整与演化规律,及不同策略间的相互影响关系,基于演化博弈理论构建四方主体演化博弈模型,提出6个模型假设。

假设1:国家级监管部门、省级监管部门、网络货运平台及社会公众等参与演化博弈的主体均为有限理性主体。

假设2:国家级监管部门的选择策略为严格监管与不严格监管,监管成本为 c_1 。

假设3:省级监管部门的选择策略为积极监管与消极监管,监管成本为 c_2 ;网络货运平台合规运营时,监管部门的收益为 r_1 ,违规运营时监管部门损失为 r_2 ,国家级监管部门和省级监管部门的损益分担系数为 k ;省级监管部门消极监管的处罚为 f_1 。当省级监管部门积极监管时,国家级监管部门给省级监管部门的补贴为 b_1 。

假设4:网络货运平台的选择策略为合规运营与违规运营,合规运营的成本为 c_3 ,省级监管部门对其奖励为 b_2 ;不考虑违规运营成本,违规运营为网络货运平台带来的额外收益为 s_3 ,监管部门对其处罚为 f_2 。

假设5:社会公众的选择策略为举报与不举报,举报成本为 c_4 ,举报成功时由政府奖励 r_3 ,举报失败时不予奖励(若网络货运平台违规运营,举报必成功)。网络货运平台合规运营时对公众的收益为 s_1 ,违规运营时给公众带来的损失为 s_2 。

假设6:国家级监管部门选择严格监管的概率为 $x(0 \leq x \leq 1)$,则选择不严格监管的概率为 $1-x$;省级监管部门选择积极监管的概率为 $y(0 \leq y \leq 1)$,则选择消极监管的概率为 $1-y$;网络货运平台选择合规运营的概率为 $z(0 \leq z \leq 1)$,则违规运营的概率为 $1-z$;社会公众选择举报的概率为 $m(0 \leq m \leq 1)$,则不举报的概率为 $1-m$ 。

根据以上假设及参数设置,网络货运平台合规运营时的四方主体收益及违规运营时的四方主体收益分别如表1、2所示。

表1 网络货运平台合规运营时的各方收益

国家级监管部门策略	省级监管部门策略	社会公众策略	国家级监管部门收益	省级监管部门收益	网络货运平台收益	社会公众收益
严格监管	积极监管	举报	$\theta_1 = -c_1 - b_1 + kr_1$	$\theta_2 = -c_2 + b_1 - b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_3 = -c_3 + b_2$	$\theta_4 = -c_4 + s_1$
		不举报	$\theta_5 = -c_1 - b_1 + kr_1$	$\theta_6 = -c_2 + b_1 - b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_7 = -c_3 + b_2$	$\theta_8 = s_1$
	消极监管	举报	$\theta_{17} = -c_1 + kr_1$	$\theta_{18} = (1-k)r_1 - b_2$	$\theta_{19} = -c_3 + b_2$	$\theta_{20} = -c_4 + s_1$
		不举报	$\theta_{21} = -c_1 + kr_1$	$\theta_{22} = (1-k)r_1 - b_2$	$\theta_{23} = -c_3 + b_2$	$\theta_{24} = s_1$
不严格监管	积极监管	举报	$\theta_{33} = -b_1 + kr_1$	$\theta_{34} = -c_2 + b_1 - b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_{35} = -c_3 + b_2$	$\theta_{36} = -c_4 + s_1$
		不举报	$\theta_{37} = -b_1 + kr_1$	$\theta_{38} = -c_2 + b_1 - b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_{39} = -c_3 + b_2$	$\theta_{40} = s_1$
	消极监管	举报	$\theta_{49} = kr_1$	$\theta_{50} = -b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_{51} = -c_3 + b_2$	$\theta_{52} = -c_4 + s_1$
		不举报	$\theta_{53} = kr_1$	$\theta_{54} = -b_2 + (1-k)r_1$	$\theta_{55} = -c_3 + b_2$	$\theta_{56} = s_1$

注:网络货运平台合规运营下, $\theta_1 \sim \theta_4$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_5 \sim \theta_8$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{17} \sim \theta_{20}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{21} \sim \theta_{24}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{33} \sim \theta_{36}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{37} \sim \theta_{40}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{49} \sim \theta_{52}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{53} \sim \theta_{56}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众不举报时四方主体的收益。

表2 网络货运平台违规运营时的各方收益

国家级监管部门策略	省级监管部门策略	社会公众策略	国家级监管部门收益	省级监管部门收益	网络货运平台收益	社会公众收益
严格监管	积极监管	举报	$\theta_9 = -c_1 - b_1 - kr_2$	$\theta_{10} = -c_2 + b_2 + f_2 - (1-k)r_2$	$\theta_{11} = s_3 - f_2 - r_3$	$\theta_{12} = -c_4 + r_3 - s_2$
		不举报	$\theta_{13} = -c_1 - b_1 - kr_2$	$\theta_{14} = -c_2 + b_1 + f_2 - (1-k)r_2$	$\theta_{15} = s_3 - f_2$	$\theta_{16} = -s_2$
	消极监管	举报	$\theta_{25} = -c_1 + f_1 - kr_2$	$\theta_{26} = -f_1 - (1-k)r_2 + f_2 - r_3$	$\theta_{27} = s_3 - f_2$	$\theta_{28} = -c_4 + r_3 - s_2$
		不举报	$\theta_{29} = -c_1 + f_1 - kr_2$	$\theta_{30} = -f_1 - (1-k)r_2 + f_2$	$\theta_{31} = s_3 - f_2$	$\theta_{32} = -s_2$
不严格监管	积极监管	举报	$\theta_{41} = -b_1 - kr_2$	$\theta_{42} = -c_2 + b_1 + f_2 - (1-k)r_2$	$\theta_{43} = s_3 - f_2 - r_3$	$\theta_{44} = -c_4 + r_3 - s_2$
		不举报	$\theta_{45} = -b_1 - kr_2$	$\theta_{46} = -c_2 + f_2 + b_1 - (1-k)r_2$	$\theta_{47} = s_3 - f_2$	$\theta_{48} = -s_2$
	消极监管	举报	$\theta_{57} = -kr_2$	$\theta_{58} = -r_4 - (1-k)r_2 + f_2$	$\theta_{59} = s_3 - f_2$	$\theta_{60} = -c_4 + r_3 - s_2$
		不举报	$\theta_{61} = -kr_2$	$\theta_{62} = -(1-k)r_2$	$\theta_{63} = s_3$	$\theta_{64} = -s_2$

注:网络货运平台违规运营下, $\theta_9 \sim \theta_{12}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{13} \sim \theta_{16}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{25} \sim \theta_{28}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{29} \sim \theta_{32}$ 分别为国家级监管部门严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{41} \sim \theta_{44}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{45} \sim \theta_{48}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门积极监管、社会公众不举报时四方主体的收益; $\theta_{57} \sim \theta_{60}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众举报时四方主体的收益; $\theta_{61} \sim \theta_{64}$ 分别为国家级监管部门不严格监管、省级监管部门消极监管、社会公众不举报时四方主体的收益。

1.2 构建四方主体复制动态方程

在演化博弈论中,不同的策略会根据其在竞争中的成功程度而获得不同收益。个体的选择策略不断变化时,复制动态方程可描述不同选择策略的比例变化。由 Malthusian 动态方程得博弈主体的复制动态方程为:

$$F(U) = dU/dt,$$

式中: U 为某策略在种群中所占比例, t 为时间。

1.2.1 国家级监管部门的复制动态方程及收益

国家级监管部门选择严格监管时的预期收益

$$U_{11} = yzm\theta_1 + yz(1-m)\theta_5 + y(1-z)m\theta_9 + y(1-z)(1-m)\theta_{13} + (1-y)zm\theta_{17} + (1-y)z(1-m)\theta_{21} + (1-y)(1-z)m\theta_{25} + (1-y)(1-z)(1-m)\theta_{29}。$$

国家级监管部门选择不严格监管时的预期收益

$$U_{12} = yzm\theta_{33} + yz(1-m)\theta_{37} + y(1-z)m\theta_{41} + y(1-z)(1-m)\theta_{45} + (1-y)zm\theta_{49} + (1-y)z(1-m)\theta_{53} + (1-y)z(1-m)\theta_{57} + (1-y)(1-z)(1-m)\theta_{61}。$$

国家级监管部门的平均期望收益

$$U_1 = f_1x - c_1x - kr_2 - b_1y + kmr_2 - f_1xy + kr_1z - f_1xz - kmr_2x - kmr_2y + kr_2xz + kr_2yz + f_1xyz + kmr_2xy - kr_2xyz。$$

国家级监管部门的复制动态方程

$$F(x) = x(x-1)(c_1 - f_1 + f_1y + f_1z + kmr_2 - kr_2z - f_1yz - kmr_2y + kr_2yz)。$$

1.2.2 省级监管部门的复制动态方程及收益

省级监管部门选择积极监管时的预期收益

$$U_{21} = xzm\theta_2 + xz(1-m)\theta_6 + x(1-z)m\theta_{10} + x(1-z)(1-m)\theta_{14} + (1-x)zm\theta_{34} + (1-x)z(1-m)\theta_{38} + (1-x)(1-z)m\theta_{42} + (1-x)(1-z)(1-m)\theta_{46}。$$

省级监管部门选择消极监管时的预期收益

$$U_{22} = xzm\theta_{18} + xz(1-m)\theta_{22} + x(1-z)m\theta_{26} + x(1-z)(1-m)\theta_{30} + (1-x)zm\theta_{50} + \\ (1-x)z(1-m)\theta_{54} + (1-x)(1-z)m\theta_{58} + (1-x)(1-z)(1-m)\theta_{62}。$$

省级监管部门的平均期望收益

$$U_2 = f_2m - r_2 + b_1y - b_2z - c_2y + kr_2 - f_1x + f_2x + f_2y - mr_4 + r_1z + r_2z - f_2mx - f_2my - f_2mz + f_1xy - kr_1z - \\ f_2xy - kr_2z + f_1xz - f_2xz + mr_3y - f_2yz + mr_3z + f_2mxy + f_2mxz + f_2myz - f_1xyz + f_2xyz - mr_3yz - f_2mxyz。$$

省级监管部门的复制动态方程

$$F(y) = y(1-y)(b_1 - c_2 + f_2 - f_2m + f_1x - f_2x + mr_3 - f_2z + f_2mx + f_2mz - f_1xz + f_2xz - mr_3z - f_2mxz)。$$

1.2.3 网络货运平台的复制动态方程及收益

网络货运平台选择合规运营时的预期收益

$$U_{31} = xym\theta_3 + xy(1-m)\theta_7 + x(1-y)m\theta_{19} + x(1-y)(1-m)\theta_{23} + (1-x)ym\theta_{35} + \\ (1-x)y(1-m)\theta_{39} + (1-x)(1-y)m\theta_{51} + (1-x)(1-y)(1-m)\theta_{55}。$$

网络货运平台选择违规运营时的预期收益

$$U_{32} = xym\theta_{11} + xy(1-m)\theta_{15} + x(1-y)m\theta_{27} + x(1-y)(1-m)\theta_{31} + (1-x)ym\theta_{43} + \\ (1-x)y(1-m)\theta_{47} + (1-x)(1-y)m\theta_{59} + (1-x)(1-y)(1-m)\theta_{63}。$$

网络货运平台的平均期望收益

$$U_3 = s_3 - f_2m + b_2z - c_3z - f_2x - f_2y - s_3z + f_2mx + f_2my + f_2mz + f_2xy + f_2xz - \\ mr_3y + f_2yz - f_2mxy - f_2mxz - f_2myz - f_2xyz + mr_3yz + f_2mxyz。$$

网络货运平台的复制动态方程

$$F(z) = z(1-z)(b_2 - c_3 - s_3 + f_2m + f_2x + f_2y - f_2mx - f_2my - f_2xy + mr_3y + f_2mxy)。$$

1.2.4 社会公众的复制动态方程及收益

社会公众选择举报时的预期收益

$$U_{41} = xyz\theta_4 + xy(1-z)\theta_{12} + x(1-y)z\theta_{20} + x(1-y)(1-z)\theta_{28} + (1-x)yz\theta_{36} + \\ (1-x)y(1-z)\theta_{44} + (1-x)(1-y)z\theta_{52} + (1-x)(1-y)(1-z)\theta_{60}。$$

社会公众选择不举报时的预期收益

$$U_{42} = xyz\theta_8 + xy(1-z)\theta_{16} + x(1-y)z\theta_{24} + x(1-y)(1-z)\theta_{32} + (1-x)yz\theta_{40} + \\ (1-x)y(1-z)\theta_{48} + (1-x)(1-y)z\theta_{56} + (1-x)(1-y)(1-z)\theta_{64}。$$

社会公众的平均期望收益

$$U_4 = mr_3 - c_4m - s_2 + s_1z + s_2z - mr_3z。$$

社会公众的复制动态方程

$$F(m) = m(m-1)(c_4 - r_3 + r_3z)。$$

2 基于四方主体的演化博弈稳定策略

2.1 四方主体的演化博弈均衡点

令 $F(x) = F(y) = F(z) = F(m) = 0$, 依次可得 $x = 0$ 或 1 , $y = 0$ 或 1 , $z = 0$ 或 1 , $m = 0$ 或 1 , 按 (x, y, z, m) 组合得到 16 个纯策略均衡点分别为: $(0, 0, 0, 0)$ 、 $(1, 0, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0, 0)$ 、 $(0, 0, 1, 0)$ 、 $(0, 0, 0, 1)$ 、 $(1, 1, 0, 0)$ 、 $(1, 0, 1, 0)$ 、 $(0, 1, 1, 0)$ 、 $(1, 0, 0, 1)$ 、 $(0, 1, 0, 1)$ 、 $(0, 0, 1, 1)$ 、 $(1, 1, 1, 0)$ 、 $(1, 1, 0, 1)$ 、 $(1, 0, 1, 1)$ 、 $(0, 1, 1, 1)$ 、 $(1, 1, 1, 1)$ 。

将 16 个均衡点代入雅各比矩阵中, 求解矩阵的特征值, 若雅各比矩阵的特征值符号均为负时, 该点为绝对稳定点; 若雅各比矩阵的特征值符号均为正时, 该点为非稳定点; 否则该点为一定条件下的稳定点。计算发现 16 个均衡点中无绝对稳定点, 有 9 个一定条件下的稳定点, 分别为 $(0, 0, 0, 0)$ 、 $(1, 0, 0,$

$(0,0,1,0)$ 、 $(0,0,1,0)$ 、 $(0,0,0,1)$ 、 $(1,0,1,0)$ 、 $(0,1,1,0)$ 、 $(1,0,0,1)$ 、 $(0,1,0,1)$ 。

2.2 演化博弈均衡点的稳定条件

1) 稳定点 $(0,0,0,0)$ 所需条件为: $f_1-c_1<0, b_1-c_2+f_2<0, b_2-c_3-s_3<0, r_3-c_4<0$ 。国家级监管部门严格监管成本大于发现省级监管部门消极监管时的处罚,选择不严格监管;省级监管部门积极监管的成本大于来自国家级监管部门的补贴与对平台违规经营的罚款之和,选择消极监管;网络货运平台的违规运营收益大于其合规运营的奖励与合规运营的成本之差,选择违规运营;社会公众的举报成本大于其举报成功获得的奖励,选择不举报。此时网络货运平台违规运营,但不会受到监管部门的有效监管与社会公众举报,不利于社会经济持续健康发展。

2) 稳定点 $(1,0,0,0)$ 所需条件为: $c_1-f_1<0, b_1-c_2+f_1<0, b_2-c_3+f_2-s_3<0, r_3-c_4<0$ 。国家级监管部门对省级监管部门消极监管的处罚收益大于其监管成本,选择严格监管;省级监管部门积极监管成本大于国家级监管部门给予的奖励与对网络货运平台违规运营的罚款之和,选择消极监管;网络货运平台违规运营的收益与罚款之差大于其合规运营的奖励与合规运营的成本之差,选择违规运营;社会公众的举报成本大于其举报成功获得的奖励,选择不举报。此时即使国家级监管部门有严格的监管意识,没有省级监管部门与社会公众的配合,网络货运平台依然选择违规运营。

3) 稳定点 $(0,1,0,0)$ 所需条件为: $-c_1<0, c_2-b_1-f_2<0, b_2-c_3+f_2-s_3<0, r_3-c_4<0$ 。国家级监管部门考虑监管成本,选择不严格监管;省级监管部门因积极监管成本小于来自国家级监管部门的奖励与对货运平台的违规处罚之和,选择积极监管;网络货运平台合规运营奖励与成本之差小于违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择违规运营;社会公众举报成本大于举报成功获得的奖励,选择不举报。此时省级监管部门的积极监管效果较差,网络货运平台可能为了高额利益选择违规运营。

4) 稳定点 $(0,0,1,0)$ 所需条件为: $kr_2-c_1<0, b_1-c_2<0, c_3-b_2+s_3<0, -c_4<0$ 。国家级监管部门严格监管成本大于网络货运平台违规运营的损失,选择不严格监管;省级监管部门积极监管成本大于国家级监管部门给予的奖励,选择消极监管;网络货运平台合规运营所获得的奖励与成本之差大于违规运营的收益,选择合规运营;社会公众考虑举报成本及网络货运平台违规运营概率小的情况,选择不举报。该策略组合是理想的策略组合,但在实际运营中,缺乏政府监管与社会公众的监督,网络货运平台可能难以坚持合规运营。

5) 稳定点 $(0,0,0,1)$ 所需条件为: $f_1-c_1-kr_2<0, b_1-c_2+r_3<0, b_2-c_3+f_2-s_3<0, c_4-r_3<0$ 。国家级监管部门的严格监管成本大于对省级监管部门消极监管的罚款与网络货运平台违规运营时给国家级监管部门带来的损失之差,选择不严格监管;省级监管部门积极监管成本大于国家级监管部门的奖励与对社会公众举报成功的奖励之和,选择消极监管;网络货运平台合规运营所获奖励与成本之差小于违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择违规运营;社会公众举报成功的收益大于举报成本,选择举报。尽管社会公众有良好的举报意识,但因缺乏政府的有效监管,网络货运平台选择违规运营。

6) 稳定点 $(1,0,1,0)$ 所需条件为: $c_1-kr_2<0, b_1-c_2<0, c_3-b_2-f_2+s_3<0, -c_4<0$ 。国家级监管部门严格监管成本小于网络货运平台违规运营时给国家级监管部门带来的损失,选择严格监管;省级监管部门的监管成本大于积极监管时国家级监管部门给予的奖励,选择消极监管;网络货运平台合规运营所获奖励与成本之差大于违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择合规运营;社会公众举报成本大于收益,选择不举报。说明在有效的政府监管和奖惩机制下,网络货运平台有足够的经济动力选择合规运营。

7) 稳定点 $(0,1,1,0)$ 所需条件为: $-c_1<0, c_2-b_1<0, c_3-b_2-f_2+s_3<0, -c_4<0$ 。国家级监管部门考虑监管成本,选择不严格监管;省级监管部门积极监管成本小于国家级监管部门给与的补贴,选择积极监管;网络货运平台合规运营所获奖励与成本之差大于违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择合规运营;社会公众考虑举报成本,选择不举报。说明在省级监管部门积极监管下,网络货运平台选择合规运营,在现实情况下是理想的策略组合。

8) 稳定点 $(1,0,0,1)$ 所需条件为: $c_1-f_1+kr_2<0, b_1-c_2+f_1+r_3<0, b_2-c_3+f_2-s_3<0, c_4-r_3<0$ 。国家级监管部门严格监管成本小于对省级监管部门消极监管的罚款与企业违规运营的损失之差,选择严格监管;省

级监管部门积极监管成本大于国家级监管部门的奖励、消极监管时国家监管部门的罚款及对公众举报成功的奖励之和,选择消极监管;网络货运平台合规运营所获奖励与成本之差小于其违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择违规运营;社会公众举报成功的收益大于其举报成本,选择举报。说明仅由国家级监管部门严格监管,难以获得有效的监管效果。

9) 稳定点 $(0,1,0,1)$ 所需条件为: $-c_1 < 0, c_2 - b_1 - r_3 < 0, b_2 - c_3 + f_2 - s_3 < 0, c_4 - r_3 < 0$ 。国家级监管部门考虑监管成本,选择不严格监管;省级监管部门积极监管成本小于来自国家级监管部门的补贴与给予社会公众的奖励之和,选择积极监管;网络货运平台的合规运营所获奖励与成本之差小于其违规运营获得额外收益与违规运营的罚款之差,选择违规运营;社会公众举报成功的奖励大于举报成本,选择举报。此时即使社会公众参与举报,省级监管部门选择积极监管,网络货运平台仍选择违规运营。

3 模型仿真分析

对理想策略组合 $(0,1,1,0)$ 进行仿真分析,仅有省级监管部门积极监管,保障网络货运平台健康运营,可节约监管成本。通过数值仿真,分析在该策略组合下不同参数变化时博弈四方的演化路径。

3.1 博弈系统仿真初始参数设置

假设 $x=y=z=m=0.5$ 。设置初始参数为: $c_1=0.2, c_2=0.3, c_3=0.2, c_4=0.1, b_1=b_2=0.5, r_1=1.0, r_3=0.3, f_1=0.2, f_2=1.0, s_1=0.1, s_2=0.2, s_3=1.0, k=0.6$ 。

初始博弈四方主体协同监管策略的演化路径如图2所示,横轴为系统演化时间 t ,纵轴为各主体选择策略的概率,后文参数变化以图2为基础。由图2可知:省级监管部门以最大的初始速度向积极监管策略演变,约经过 $t=15$ 达到稳定状态,由于省级监管部门的积极监管,网络货运平台向合规运营演变,比省级监管部门先达到稳定状态。国家级监管部门考虑监管成本及网络货运平台合规运营的演变,逐渐向不严格监管的方向演变,约经过 $t=55$ 达到稳定状态;社会公众举报的概率因网络货运平台的合规运营概率的增大而逐渐减小。整个系统演化经过 $t=55$ 达到稳定状态,表明省级监管部门的积极监管能促使网络货运平台合规运营。

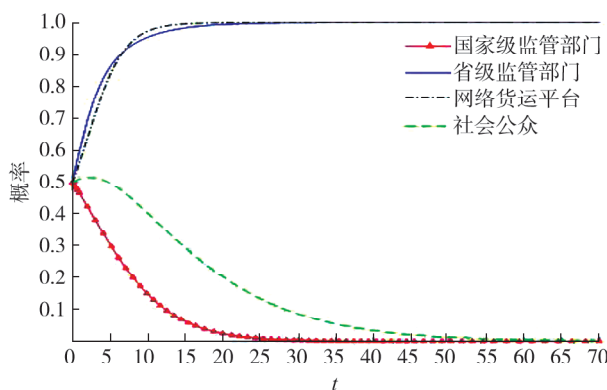


图2 初始博弈四方主体协同监管策略的演化路径

3.2 博弈系统参数变化的影响

依次改变监管系统参数 $f_1, b_1, b_2, f_2, s_3, r_3$ 的取值,仿真得到参数变化时博弈四方主体协同监管策略的演化路径如图3所示。

增大国家级监管部门对省级监管部门消极监管的罚款,设 $f_1=1.0$,其他参数保持不变,演化路径如图3a)所示。由图3a)可知:博弈系统最终演化至稳定点 $(0,1,1,0)$;加大对省级监管部门消极监管的处罚力度,能使省级监管部门以更快的速度向积极监管策略演变,约经过 $t=10$ 达到稳定状态。未明显提升网络货运平台向合规运营演变的速度,省级监管部门与网络货运平台间能更快达到稳定策略组合。

增大国家级监管部门对省级监管部门积极监管的奖励,设 $b_1=1.0$,其他参数保持不变,演化路径如图3b)所示。由图3b)可知: b_1 由0.5增至1.0时,能明显提高省级监管部门的监管积极性,达到稳定状态的时间由15减至5,使省级监管部门与网络货运平台间更快达到稳定策略组合。说明提高对省级监管部门积极监管的奖励,能明显促进省级监管部门演化至稳定状态的速度。

增大网络货运平台合规运营奖励,设 $b_2=1.0$,其他参数保持不变,演化路径见图3c)。由图3c)可知: b_2 由0.5增至1.0后,网络货运平台的演化稳定时间由15减至5。此策略无法让整个博弈系统以更少的时间达到稳定,但能在短期内迅速提高网络货运平台的运营合规率,整治网络货运平台违规经营乱象。

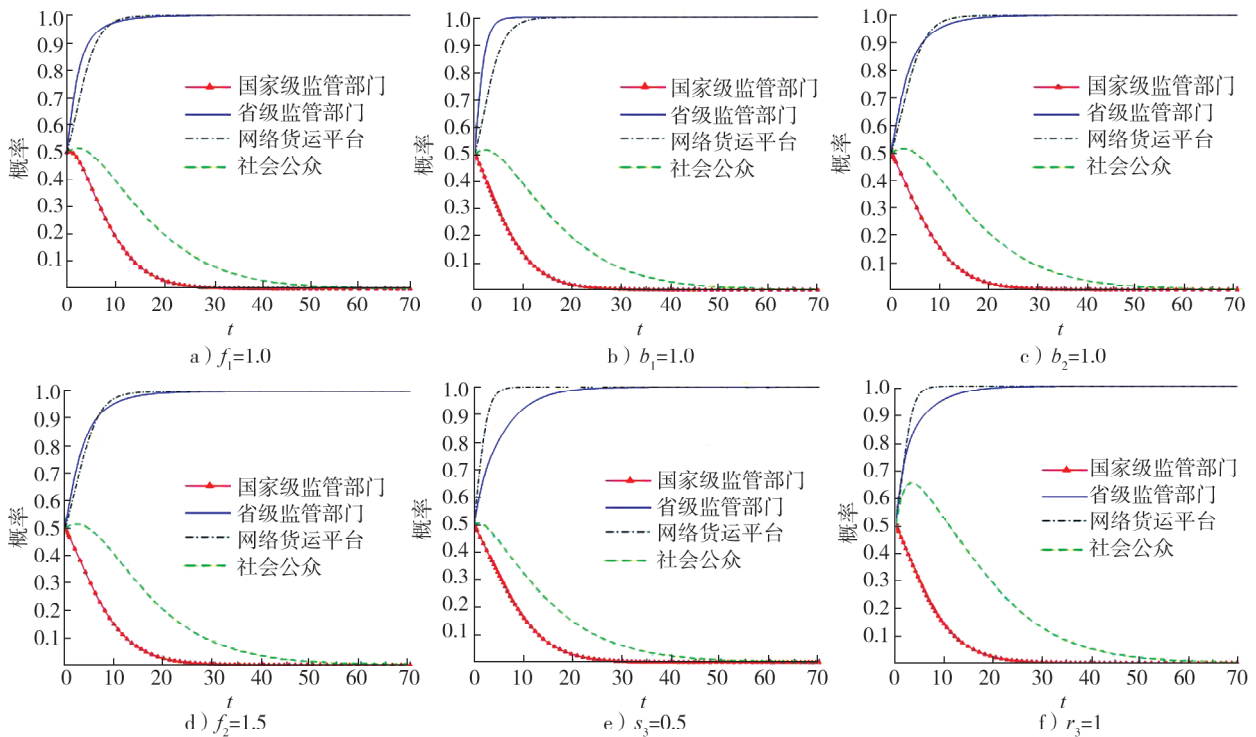


图3 监管系统参数变化下博弈四方主体协同监管策略的演化路径

此策略会打击省级监管部门监管的积极性,省级监管部门积极监管的演化稳定时间由15增至20,该策略不适合长期使用,不利于监管博弈系统的稳定性,增大对网络货运平台的奖励较适合作为短期监管策略。

增大对网络货运平台的违规经营的处罚力度,设 $f_2=1.5$,其他参数保持不变,演化路径如图3d)所示。由图3d)可知:网络货运平台以极快的初始演化速度,经过 $t=5$ 达到稳定状态;但省级监管部门积极监管的积极性降低,使得省级监管部门演化稳定时间由15增至20,国家级监管部门与社会公众的演化时间几乎无变化,因此整体演化稳定时间无变化,说明加大对网络货运平台的处罚力度让网络货运平台迅速演化至合规运营。

减小网络货运平台的违规运营收益,设 $s_3=0.5$,其他参数保持不变,演化路径见图3e)。由图3e)可知: s_3 由1.0减至0.5时,网络货运平台演化稳定的时间由15降至5;整体演化稳定时间不变,社会公众前期的举报概率比初始阶段有一定的减小;省级监管部门演化稳定时间由15增至20,国家级监管部门演化路径不变。限制网络货运平台的违规收益是有意义的治理策略,是治理网络货运平台违规运营的新思路。

增大社会公众对网络货运平台违规运营举报成功的奖励,设 $r_3=1.0$,其他参数保持不变,演化路径如图3f)所示。由图3f)可知: r_3 由0.3增至1.0时,除国家级监管部门的演化路径变化较小外,其他演化路径均出现明显变化,省级监管部门的演化稳定时间由15增至20,网络货运平台的演化稳定时间由15减至5,社会公众举报概率起初向积极举报的方向演变,在 $t=5$ 时社会公众举报概率达到0.65,随后网络货运平台演化至稳定的合规运营,考虑举报成本,社会公众的举报概率减小,当社会公众演化至稳定时,系统演化至稳定状态,说明社会公众的监管能促使网络货运平台快速演化至合规运营的稳定状态。

从国家级、省级监管部门角度提出对网络货运平台有效监管的政策建议:1)国家级监管部门可通过调整对省级监管部门消极监管的处罚或积极监管的奖励,加强国家级监管部门与省级监管部门的协调交互,优先选择处罚能节约监管成本;2)监管部门提高对网络货运平台违规运营的处罚或合规运营的奖励,加强对网络货运平台的监管,可优先选择处罚,且处罚力度应大于奖励力度;3)在网络货运平台发展初期,省级监管部门增大社会公众对网络货运平台违规运营举报的奖励,鼓励社会公众参与网络货运平台的监管;4)监管部门通过综合运用其他手段,降低网络货运平台违规运营的收益,促使其主动合规运营。

4 结论

本文构建基于国家级监管部门-省级监管部门-网络货运平台-社会公众的四方主体演化博弈模型,计算演化博弈模型的均衡点,分析各均衡点的稳定条件,采用数值仿真探讨理想策略组合 $(0,1,1,0)$ 下参数变化时四方主体策略的演化路径。

1)在四方主体演化博弈中有16个纯策略均衡点,无绝对稳定点,其中9个为一定条件下的稳定点,分别表示网络货运平台监管系统不同的演化策略组合。

2)在四方主体演化博弈下,国家级监管部门调整对省级监管部门的奖励或处罚,能缩短系统演化至稳定状态的时间,说明不同层级监管部门间的协调交互能促进监管系统稳定性。增大对省级监管部门消极监管的处罚力度,能使其以更快的速度达到稳定状态,提升省级监管部门的监管积极性;增大对省级监管部门积极监管的奖励,能加快其演化至稳定状态的速度,促进网络货运平台合规运营;增大对网络货运平台合规运营的奖励,能整治网络货运平台的违规乱象,但会打击省级监管部门监管的积极性;增大对网络货运平台违规运营的处罚力度,能促使网络货运平台迅速演化至合规运营的稳定状态;限制网络货运平台的违规收益,能缩短网络货运平台演化至稳定状态的时间;增大对社会公众举报成功的奖励,在初期能明显调动社会公众监管的积极性,促使网络货运平台合规运营,后期随网络货运平台的合规运营率的提升,社会公众策略逐渐演化至不参与举报。

3)奖励或惩罚措施均对网络货运平台监管有一定效果,考虑监管成本,处罚是更优选择。

可进一步丰富主体策略空间及监管系统参数,通过引入更多元化的策略选项、细化监管系统参数,构建更复杂且贴近实际的综合模型,全面解析网络货运平台协同监管与演化博弈的动态过程。

参考文献:

- [1] 黑猫大数据中心. 2022年“双十一”消费投诉数据报告[EB/OL]. (2022-11-30)[2024-01-20]. <https://tousu.sina.com.cn/articles/view/329292/>.
- [2] 尤美虹,骆温平,陶君成. 无车承运人及货运平台监管调查分析[J]. 中国流通经济,2019,33(8):45-53.
- [3] 高金平,宋星仪. 税收视角下网络货运平台发展研究[J]. 税收经济研究,2022,27(4):20-25.
- [4] 丁晓东. 网络中立与平台中立:中立性视野下的网络架构与平台责任[J]. 法制与社会发展,2021,27(4):122-142.
- [5] 高薇. 平台监管公用事业理论的话语展开[J]. 比较法研究,2022(4):171-185.
- [6] 王磊,王丹,郭璉. 新时期全面加强互联网平台监管的政策建议[J]. 价格理论与实践,2021(2):30-35.
- [7] 王勇,刘航,冯骅. 平台市场的公共监管、私人监管与协同监管:一个对比研究[J]. 经济研究,2020,55(3):148-162.
- [8] 甘卫华. 变革中的物流平台:资源整合与互动机制[M]. 北京:经济科学出版社,2019.
- [9] 甘卫华,刘郑,刘亚楠,等. 基于奖惩机制的网络货运平台监管策略演化博弈分析[J]. 华东交通大学学报,2023,40(1):34-43.
- [10] 岳鹄,刘汉文,袁华,等. 基于演化博弈的小微平台社会责任问题协同治理研究[J]. 工业工程,2022,25(5):143-152.
- [11] 郭海,李永慧. 数字经济背景下政府与平台的合作监管模式研究[J]. 中国行政管理,2019(10):56-61.
- [12] HE H, ZHUL L. Online shopping green product quality supervision strategy with consumer feedback and collusion behavior[J]. Plos One,2020,15(3):e0229471.
- [13] LIU W H, LONG S S, XIE D, et al. How to govern the big data discriminatory pricing behavior in the platform service supply chain? an examination with a three-party evolution game model[J]. International Journal of Production Economics, 2021,231:107910.
- [14] ZHANG S J. Evolutionary game research on the supervision of network platform under the punishment mechanism[J]. Journal of Mathematics and Informatics,2019,16:77-85.
- [15] WILKIN C L, CAMPBELL J, MOORE S, et al. Creating value in online communities through governance and stakeholder engagement[J]. International Journal of Accounting Information Systems,2018,30:56-68.

- [16] 何涌,修宇雯.清退转型与合规激励:P2P网络借贷平台监管的演化博弈[J].投资研究,2020,39(10):32-45.
- [17] 孙韶阳.网络市场平台与政府协同治理的策略选择与模式优化:基于“平台-政府”双层治理模式的演化博弈分析[J].企业经济,2021,40(3):132-141.
- [18] 曲薪池,侯贵生.基于三方演化博弈的平台信息安全治理研究[J].现代情报,2020,40(7):114-125.
- [19] 周晓阳,赵凡,刘莹,等.政府补贴和成本共担如何影响平台和企业策略选择:基于三方演化博弈[J].控制与决策,2022,37(2):293-302.
- [20] 汪旭晖,任晓雪.政府治理视角下平台电商信用监管的动态演化博弈研究[J].中国管理科学,2021,29(12):29-41.
- [21] 胡春华,孙思源,周新民,等.演化博弈视角下网络订餐平台安全监管研究[J].消费经济,2021,37(3):80-87.
- [22] 张兴刚,肖旭.平台市场监管的有效性:基于演化博弈的分析[J].商业研究,2021(3):9-17.
- [23] WU B, CHENG J, QI Y Q. Tripartite evolutionary game analysis for “deceive acquaintances” behavior of e-commerce platforms in cooperative supervision[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2020, 550: 123892.
- [24] SUN Q P, LI T Z, MA F, et al. Dynamic evolution of safety regulation of the ridesharing industry under social media participation[J]. Symmetry-Basel, 2020, 12(4): 560.
- [25] WAN X Y, LIU J, ZHAO S Q. Evolutionary game study on the governance and development of online car-hailing based on blockchain technology [J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 9388.
- [26] PENG J, TU G P, LIU Y H, et al. The integration role of governmental information disclosure platform: an evolutionary game analysis of corporate environmental monitoring data fraud[J]. Kybernetes, 2020, 49(5): 1347-1379.

Four-party-collaborative regulatory strategy of network freight platform based on evolutionary game

GAN Weihua¹, DUAN Huixing^{1}, GUI Xiayun¹, LIU Zheng^{1,2}*

1. School of Transportation Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Zhejiang Zhongtong Communications Co., Ltd., Hangzhou 310014, China

Abstract: To effectively regulate network freight platform, a four-party collaborative regulatory game model is constructed, involving national regulatory authorities, provincial regulatory authorities, network freight platform, and the general public. Through the calculation of the replicator dynamic equations of the four entities, 16 pure strategy equilibrium points are derived, among which there are no absolute stable points, but 9 stable points under certain conditions. The stability conditions of these 9 stable points are analyzed, and the evolution paths of the strategies of the four parties are examined through numerical simulations under the ideal strategy combination (0, 1, 1, 0) when regulatory system parameters change. The results show that coordination and interaction between different levels of government regulatory authorities can enhance the stability of the regulatory system. Increasing penalties from national regulatory authorities for passive regulation by provincial authorities and increasing rewards for active regulation can facilitate quicker achievement of stable strategy combinations between provincial authorities and network freight platform. Increasing rewards for compliant operations of network freight platform is more suitable as a short-term regulatory strategy. Strengthening penalties for non-compliant operations of network freight platform can quickly evolve them towards a stable compliant operation state, indicating that increasing penalties is a more effective regulatory approach for addressing non-compliance issues. Limiting the profits from non-compliant operations is a meaningful governance strategy, while increasing rewards for public reporting of non-compliant behavior by the network freight platform mainly improves public participation in regulation in the early stages.

Keywords: network freight platform; four-party evolutionary game; platform governance; government regulation

(责任编辑:赵玉真)