

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2022.10.022

基于三方演化博弈的网络货运动态发展 机制及仿真研究

杨 扬, 李成杰

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 网络货运平台的应用普及是推动我国物流效率提升的重要举措, 为进一步提高网络货运平台服务的针对性和有效性, 需对网络货运机制构建过程中相关主体的决策行为进行深入研究。运用演化博弈理论中的复制动态分析方法建立了网络货运平台、第三方物流企业和政府间的演化博弈模型, 虽然政府位于机制构建的核心地位, 但是最终的网络货运体系形成均受3方博弈行为的影响。基于政府监管的复杂性, 根据李普亚诺夫定理分析了3方参与主体的演化稳定策略, 并通过建模仿真方法探究了影响演化的主要因素。研究表明: 在3方演化博弈过程中, 网络货运平台的策略选择主要受政府相关政策的影响, 当政府平台的罚款力度较大时, 趋向合作策略; 政府对平台的奖赏并非越大越好, 过大会对系统演化造成负向作用, 第三方物流企业加入网络货运平台的策略主要受政府补贴影响, 当政府增大对企业的补贴时, 有利于构建良好的网络货运动态机制, 但结果并不理想, 且网络货运平台的敏感程度要大于第三方物流企业; 当三方初始参与积极性较高时, 政府越倾向于采取严格监管政策, 越能推动网络货运平台的发展; 当政府采取联合监管策略, 且三方主体的初始参与积极性较高时, 会出现(严格监管, 提供高质量服务, 加入平台)的良好局面, 但并不稳定, 需要政府坚持长期严格监管。

关键词: 运输经济; 动态发展机制; 三方演化博弈; 网络货运; 仿真建模

中图分类号: F572

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2022) 10-0180-11

Study on Dynamic Development Mechanism and Simulation of Network Freight Transport Based on Tripartite Evolutionary Game

YANG Yang, LI Cheng-jie

(School of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan 650500, China)

Abstract: The application and popularization of network freight platform is an important measure to promote the logistics efficiency in China. In order to further improve the pertinence and effectiveness of network freight platform services, it is necessary to conduct in-depth research on the decision-making behaviors of relevant subjects in the construction process of network freight mechanism. The evolutionary game model among network freight platform, the third party logistics enterprises and government is established by using replication dynamic analysis method of evolutionary game theory. Although government is at the core of the mechanism construction, the final formation of network freight system is affected by the tripartite game behaviors. Based on the complexity of government regulation, the evolutionary stability strategy of the 3 participants is analyzed according to Lyapunov theorem, and the main factor affecting the evolution is explored through modeling and simulation. The result shows that (1) In the process of tripartite evolutionary game, the strategy choice of network freight platform is mainly affected by the relevant government policies,

收稿日期: 2021-03-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71864022)

作者简介: 杨扬 (1974-), 男, 江苏常州人, 博士, 教授. (yytongji@ qq. com)

when government platform has a large penalty, it tends to cooperate strategy. (2) The government's reward for the platform is not the greater the better, too much reward will have a negative effect on the system evolution. The strategy of the third party logistics enterprises to join the network freight platform is mainly affected by the government subsidies. When government increases the subsidies to enterprises, it is conducive to build a good dynamic mechanism of network freight, but the result is not ideal, and the sensitivity of network freight platform is greater than that of the third party logistics enterprises. (3) When the initial participation enthusiasm of the 3 parties is high, the more the government is inclined to adopt strict supervision policies, the more it can promote the development of the network freight platform. (4) When the government adopts the strategy of joint supervision, and the initial participation enthusiasm of the 3 parties is high, there will be a good situation (strict supervision, providing high-quality services, joining the platform), but it is not stable, and the government needs to adhere to long-term strict supervision.

Key words: transport economics; dynamic development mechanism; tripartite evolutionary game; network freight; simulation modeling

0 引言

运输服务合同委托实际承运人完成道路货物运输, 承担承运人责任的道路货物运输经营活动。我国自《网络平台道路货物运输经营管理暂行办法》颁布后, 大力发展网络货运平台, 但由于我国物流业采起步较晚, 存在科学技术应用较少、信息化程度不高、管理水平较为落后等现状, 总体发展缓慢^[1]。为解决这些现状, 我国近几年开展了一批无车承运人试点, 并取得了出色的成绩, 但也存在一些弊端, 如平台的运输主体信息和运输业务不真实等问题。如何解决网络货运平台构建过程中存在的问题, 还需要细致研究和探讨。本研究将通过演化博弈中的理论分析及仿真分析对该问题进行研究。

随着网络货运平台在我国的大力发展^[2], 我国学者对网络货运平台的研究也日益深入。王丹丹^[3]分析了如何经营网络货运平台, 总结出组建自己的技术团队、发展多式联运、制订标准化流程等方法。陈煜婧等^[4]分析了影响无车承运人策略的因素, 证明了单一的运价竞争不再是道路运输市场核心竞争力, 信誉水平和信息利用率对发货人选择承运商起到重要作用。金忠旭等^[5]基于“互联网+”的无车承运人物流模式, 建立了一站式运输服务平台, 实施精细化专业运输, 拓展增值服务等措施。贾艳丽等^[6]通过建立车货匹配系统的节能评价模型将平台与绿色物流连接起来。刘薇等^[7]从优化税收方面提出平台增值税税制优化建议。国外发达国家从 20 世纪 90 年代便已开始发展网络货运平台, 特别是对平台的算法设计研究颇为全面与深入。Unnikrishnan

等^[8]提出了一种自适应路由策略, 通过相应信息更新来帮助托运人和承运人节省成本, 解决了新型货运网络分配问题。Geng 等^[9]根据现有的退货运费保险, 开发了利润最大化模型, 并计算了包括保险费和赔偿金在内的最优定价策略。Miller 等^[10]通过在线货物交换平台 (OFEX) 的力量, 将 OFEX 路由问题描述为一个 Markov 决策问题, 通过在每个可能的地点和时间寻找使期望利润最大化的竞价策略来解决。

网络货运机制的构建实质上是一个内外部监管问题, 针对运用博弈方法解决相关监管问题, 我国学者的研究也日益深入。不少学者均认为, 政府的监管和干预行为对整个市场来说十分必要^[11-13]。卢艳秋、张莉等^[14-15]学者发现, 政府监管尤其是监管力度会影响企业创新行为。李泊洲等^[16]通过设置惩罚阈值来研究政府监管的有效性。朱立龙等^[17]通过设置政府惩罚与用户反馈机制得出了政府是监管最后的最后一道关卡的结论。从政府层面来说, 监管成本越小, 是否监管的社会影响力越大, 政府越倾向严格监管^[18]。杨扬等^[19]依据古诺模型构建博弈模型, 得出企业联盟稳定发展的前提是有足够及时止损者还有少数合作者。

可以发现, 目前国外学者针对网络货运平台的研究主要集中于平台的算法设计, 国内学者主要对网络货运平台的经营模式进行研究, 而国内外学者对网络货运平台形成的机理和演化特征的形成亟需进一步研究。且在研究上述相关监管问题时对多政策联合监管的研究较少, 均是单一政策研究, 说服力不强。基于此, 本研究总结相关文章的优点与不足, 运用演化博弈论进行理论分析, 并通过计算机

仿真,将政府单一政策与联合政策的监管效果进行对比,以证实政府政策的重要性。

1 模型建立及参数假设

假设1:政府监管门为参与方1,网络货运平台为参与方2,平台上的第三方物流企业为参与方3。3方均是有限理性的参与主体,策略选择随时间逐渐演化稳定于最优策略。

假设2:政府有“严格监管”和“宽松监管”2种策略。当政府选择严格监管时,会设立相应的监管部门,要求网络货运平台将每个月的营业数据上传到政府监管部门的数据库中,监管部门通过分析相应数据来决定赏罚。即政府监管门的策略空间 $a = (a_1, a_2) = (\text{严格监管}, \text{宽松监管})$,并以概率 x 选择 a_1 ,以概率 $1-x$ 选择 a_2 , $x \in [0, 1]$ 。当政府选择严格监管时,会要求网络货运平台将每个月的营业数据上传到政府监管部门的数据库中,监管部门通过分析相应数据来决定赏罚。

网络货运平台会有“提供高质量的服务”和“提供低水平服务”2种策略。当提供高质量服务时,平台会利用相关技术设备来实现车货匹配的最优化。即网络货运平台的策略空间 $b = (b_1, b_2) = (\text{提供高质量的服务}, \text{提供低水平服务})$,并以概率 y 选择 b_1 ,以概率 $1-y$ 选择 b_2 , $y \in [0, 1]$ 。

第三方物流企业的策略空间 $c = (c_1, c_2) = (\text{加入平台}, \text{不加入平台})$,并以概率 z 选择 c_1 ,以概率 $1-z$ 选择 c_2 , $z \in [0, 1]$ 。

假设3:当政府严格监管时,如果网络货运平台提供低水平服务,会被罚款 Q ;若平台提供高质量的服务,政府会奖励其 M ;若第三方物流企业加入平台,政府会补贴 S 。当政府宽松监督时,则无法得知平台与企业的策略选择信息,不做奖惩。政府严格监管的成本为 C_g 。

假设4:网络货运部平台提供高水平服务时的成本为 C_1 ,收益为 W_1 ;提供低劣服务时的成本为 C_2 ,收益为 W_2 。 $C_1 > C_2$, $W_1 > W_2$ 。当平台提供高水平服务时会吸引第三方物流企业加入,促进市场发展,为政府带来社会收益 A_g 。

假设5:当平台提供高水平服务,第三方物流企业加入时,企业会获得收益 V_t ;若平台提供低水平服务,第三方物流企业加入,企业会获得收益 V_m ,但因服务水平低,会造成损失 P ;企业选择自己单干时,会获得收益 I 。 $I > V_t > V_m$ 。

总的参数如表1所示。

表1 模型参数及含义

Tab. 1 Model parameters and meaning

模型参数	含义
C_g	政府严格监管成本
Q	政府对不良平台的罚款
M	政府对平台的奖励
S	政府对企业的补贴
C_1	平台提供高质量服务的成本
C_2	平台提供低水平服务的成本
W_1	平台提供高质量服务的收益
W_2	平台提供低水平服务的收益
A_g	企业加入平台带来的社会效益
I	企业单干的收益
V_t	平台提供高质量服务时企业的收益
V_m	平台提供低水平服务时企业的收益
P	平台提供低水平服务时企业的损失

假设以上参数大于0。由以上假设,可得到三方博弈的支付表如表2所示。

表2 三方博弈支付矩阵

Tab. 2 Tripartite game payment matrix

政府	网络货运平台	第三方物流企业	
		加入平台 z	不加入平台 $1-z$
严格 监管 x	提供高质量服务 y	$Ag-M-S-Cg$	$Ag-M-Cg$
		$M+W1-C1$	$M+W1-C1$
	提供低水平服务 $1-y$	$S+Vt$	I
		$Q-S-Cg$	$Q-Cg$
宽松 监管 $1-x$	提供高质量服务 y	$W2-C2-Q$	$W2-C2-Q$
		$Vm-P+S$	I
	提供低水平服务 $1-y$	Ag	Ag
		$W1-C1$	$W1-C1$
		Vt	I
		0	0
$W2-C2$	$W2-C2$		
$Vm-P$	I		

2 博弈模型分析

2.1 政府、网络货运平台、物流企业博弈均衡分析

2.1.1 政府博弈均衡分析

设政府分别选“监督”、“不监督”获得的期望收益是 π_{x1} 和 π_{x2} , 计算公式为:

$$\begin{cases} \pi_{x1} = yz(Ag - M - S - C_g) + y(1-z)(Ag - C_g - M) + (1-y)z(Q - C_g - S) + (1-y) \cdot (1-z)(Q - C_g) \\ \pi_{x2} = yzAg + y(1-z)Ag \end{cases} \quad (1)$$

政府的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)(\pi_{x1} - \pi_{x2}) = x(1-x) \cdot [Q - Cg - y(M+Q) - zS]. \quad (2)$$

为便于分析, 令 z_0 为使 $F(x)=0$ 的点:

$$z_0 = \frac{Q - Cg - y(M+Q)}{S}. \quad (3)$$

(1) 若 $z=z_0$, 则 $F(x) \equiv 0$, 意味着所有水平都是稳定状态, 即政府以何种比例选择“严格监管”策略均为稳定策略。

(2) 若 $z \neq z_0$, 令 $F(x)=0$, 可得 2 个稳定点为 $x=0$, $x=1$ 。

对式 (2) 求导得:

$$F'(x) = \frac{dF(x)}{dx} = (1-2x)[Q - Cg - y \cdot (M+Q) - zS]. \quad (4)$$

演化稳定策略 (ESS) 要求 $F'(x) < 0$, 此时有 2 种情况:

①若 $z < z_0$, 可知 $F'(0) > 0$, $F'(1) < 0$, 可知 $x=1$ 为演化稳定策略;

②若 $z > z_0$, 可知 $F'(0) < 0$, $F'(1) > 0$, 可知 $x=0$ 为演化稳定策略。

由以上分析可知, 政府策略选择的演化不仅会受到网络货运平台策略选择的影响, 还会受到第三方物流企业策略选择的影响。政府监管的策略演化相位图如图 1 所示 (图 1、图 2、图 3 中 x , y , z 轴含义相同, 分别为政府严格监管的概率、平台提供高质量服务的概率、企业加入平台的概率)。

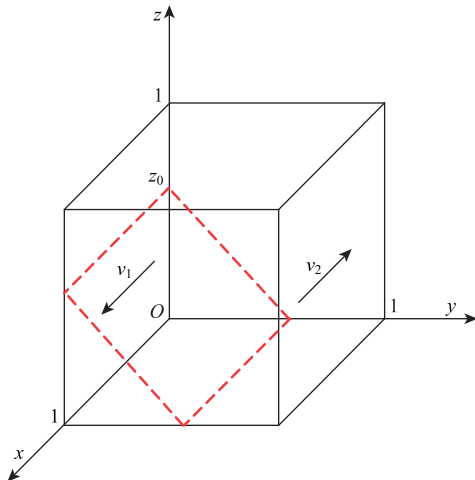


图 1 政府监管的策略演化相位图

Fig. 1 Strategy evolution phase diagram of government regulation

图 1 中虚线部分将空间分为 2 部分 (v_1 和 v_2), 当政府监管部门初始状态处于空间 v_1 时, $x=1$ 是均衡点, 即政府会趋向严格监管。当政府监管部门初始状态处于空间 v_2 时, $x=0$ 是均衡点, 即政府会趋向宽松监管。进一步分析可知, 减小 S 或增大 Q 时, z_0 会增大, 导致空间 v_1 增大而空间 v_2 减少, 说明减少对加入平台企业的补贴或增大对不良平台的罚款时, 将提高政府严格监管的积极性。

2.1.2 网络货运平台博弈分析均衡

设网络货运平台分别选“提供高水平服务”、“提供低水平服务”获得的期望收益为 π_{y1} 何 π_{y2} , 计算公式为:

$$\begin{cases} \pi_{y1} = xz(M+W1-C1) + x(1-z) \cdot (M+W1-C1) + (1-x)z(W1-C1) + (1-x)(1-z)(W1-C1) \\ \pi_{y2} = xz(W2-C2-Q) + x(1-z) \cdot (W2-C2-Q) + (1-x)z(W2-C2) + (1-x)(1-z)(W2-C2) \end{cases} \quad (5)$$

网络货运平台的复制动态方程为:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)(\pi_{y1} - \pi_{y2}) = y(1-y) \cdot [x(M+Q) + W1 - W2 + C2 - C1]. \quad (6)$$

为便于分析, 令 x_0 为使 $F(y)=0$ 的点:

$$x_0 = \frac{W2 - W1 + C1 - C2}{M+Q}. \quad (7)$$

(1) 若 $x=x_0$, 则 $F(y) \equiv 0$, 意味着所有水平都是稳定状态, 即网络货运平台以何种比例选择“提供高质量服务”策略均为稳定策略。

(2) 若 $x \neq x_0$, 令 $F(y)=0$, 可得 3 个稳定点为 $y=0$, $y=1$ 。

对 (6) 式求导得:

$$F'(y) = \frac{dF(y)}{dy} = (1-2y)[x(M+Q) + W1 - W2 + C2 - C1]. \quad (8)$$

演化稳定策略 (ESS) 要求 $F'(y) < 0$, 此时有 2 种情况:

①若 $x < x_0$, 可知 $F'(0) < 0$, $F'(1) > 0$, 可知 $y=0$ 为演化稳定策略;

②若 $x > x_0$, 可知 $F'(0) > 0$, $F'(1) < 0$, 可知 $y=1$ 为演化稳定策略。

由以上分析可知, 网络货运平台策略选择的演化仅会受到政府策略选择的影响。

网络货运平台的策略演化相位图如图 2 所示。图 2 中虚线部分将空间分为 2 部分 (v_3 和 v_4), 当网

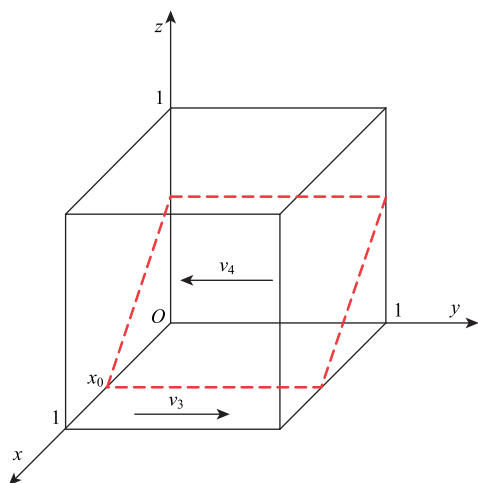


图2 网络货运平台的策略演化相位图

Fig. 2 Strategy evolution phase diagram of network freight platform

络货运平台的初始状态处于空间 v_3 时, $y=1$ 是均衡点, 即平台趋于提供高质量的服务。当网络货运部平台的初始状态位于空间 v_4 时, $y=0$, 即平台趋于提供低水平服务。进一步分析, 当减小 Q 和 M 时, x_0 会增大, 导致空间 v_3 减少而空间 v_4 增大。即政府减少对平台的罚款、奖励时, 将促使网络货运平台向提供低水平服务转变。

2.1.3 第三方物流企业博弈平衡分析

设物流公司分别选“加入网络货运平台”、“不加入网络货运平台”获得的期望收益 π_{z1} 和 π_{z2} 为:

$$\begin{cases} \pi_{z1} = xy(S + Vt) + x(1-y)(Vm - P + S) + (1-x)y(Vt) \\ \pi_{z2} = xyI + x(1-y)I + (1-x)yI + (1-x)(1-y)I \end{cases} \quad (9)$$

第三方物流企业复制动态方程为:

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(1-z)[y(Vt - Vm + P) + xS + Vm - P - I] \quad (10)$$

为便于分析, 令 y_0 为使 $F(z)=0$ 的点:

$$y_0 = \frac{I + P - xS - Vm}{Vt - Vm + P} \quad (11)$$

(1) 若 $y=y_0$, 则 $F(z) \equiv 0$, 意味着所有水平都是稳定状态, 即第三方物流企业以何种比例选择“加入网络货运平台”策略均为稳定策略。

$$J = \begin{bmatrix} (1-2x)[Q - Cg - y(M+Q) - zS] & -x(1-x)(M-Q) & -x(1-x)S \\ y(1-y)(M+Q) & (1-2y)[x(M+Q) + W1 - W2 + C2 - C1] & 0 \\ z(1-z)S & z(1-z)(Vt - Vm + P) & (1-2z)[y(Vt - Vm + P) + xS + Vm - P - I] \end{bmatrix} \quad (13)$$

(2) 若 $y \neq y_0$, 令 $F(z)=0$, 可得2个稳定点为 $z=0, z=1$ 。

对(10)式求导得:

$$F'(z) = \frac{dF(z)}{dz} = (1-2z)[y(Vt - Vm + P) + xS + Vm - P - I] \quad (12)$$

①若 $y < y_0$, 可知 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$, 可知 $z=0$ 为演化稳定策略;

②若 $y > y_0$, 可知 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$, 可知 $z=1$ 为演化稳定策略。

由以上分析可知, 第三方物流企业策略选择的演化不仅会受到政府策略选择的影响, 还会受到网络货运平台策略选择的影响。

第三方物流企业的策略演化相位图如图3所示。虚线部分将空间分为2部分 (v_5 和 v_6), 当第三方物流企业的初始状态处于空间 v_5 时, $z=1$ 是均衡点, 即企业趋于加入网络货运平台。当第三方物流企业的初始状态位于空间 v_6 时, $z=0$, 即企业趋于自己单干。进一步分析, 当增大 Vt 和 S 时, y_0 会减小, 导致空间 v_5 增大而空间 v_6 减少, 即企业加入平台获得的收益及获得政府补贴增大时, 企业会趋于加入网络货运平台。

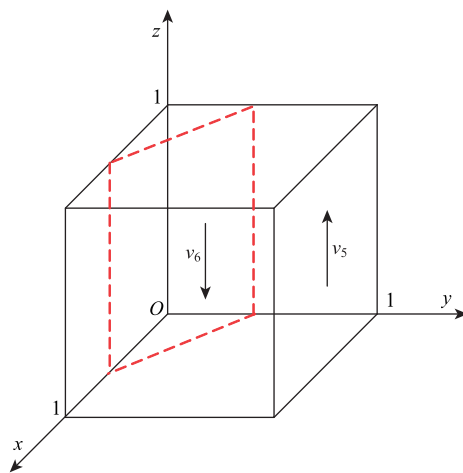


图3 第三方物流企业的策略演化相位图

Fig. 3 Strategy evolution phase diagram of third party logistics enterprises

2.2 三方演化策略分析

微分方程系统的演化稳定策略可由该系统的雅可比局部稳定性分析得到, 由式(1)、式(4)和式(7)可得到系统的雅可比矩阵:

利用李雅普诺夫 (Lyapunov) 间接法: 雅克比矩阵的所有特征值均具有负实部, 则均衡点为渐进稳定点; 雅克比矩阵的特征值至少有 1 个具有正实部, 则均衡点为不稳定点; 雅克比矩阵除具有实部为零的特征值外, 其余特征值都具有负实部, 则均衡点处于临界状态, 稳定性不能由特征值符号确定。分析各均衡点的稳定性, 如表 3 所示。

表 3 均衡点稳定性分析

Tab. 3 Stability analysis of equilibrium point

均衡点	特征值	符号	稳定结论
$E_1(0, 0, 0)$	$Q-Cg, Vm-P-I, C2-C1+W1-W2$	$(+, -, x)$	不稳定点
$E_2(1, 0, 0)$	$Cg-Q, S-P-I+Vm, C2-C1+M+Q+W1-W2$	$(-, x, x)$	讨论
$E_3(0, 1, 0)$	$Vt-I, -Cg-M, C1-C2-W1+W2$	$(-, -, x)$	讨论
$E_4(0, 0, 1)$	$Q-Cg-S, I+P-Vm, C2-C1+W1-W2$	$(x, +, x)$	不稳定点
$E_5(1, 1, 0)$	$Cg+M, S-I+Vt, C1-C2-M-Q-W1+W2$	$(+, x, x)$	不稳定点
$E_6(1, 0, 1)$	$S+Cg-Q, I+P-S-Vm, C2-C1+M+Q+W1-W2$	(x, x, x)	讨论
$E_7(0, 1, 1)$	$I-Vt, -Cg-M-S, C1-C2-W1+W2$	$(+, -, x)$	不稳定点
$E_8(1, 1, 1)$	$Cg+M+S, I-S-Vt, C1-C2-M-Q-W1+W2$	$(+, x, x)$	不稳定点

注: x 表示符号未知。

由表 3 可知, 当 E_2, E_3, E_6 的特征值均小于 0 时为稳定点, 则表 4 给出了稳定性条件。

表 4 稳定性条件

Tab. 4 Stability condition

$E_2(1, 0, 0)$	$S-P-I+Vm<0, C2-C1+M+Q+W1-W2<0$
$E_3(0, 1, 0)$	$C1-C2-W1+W2<0$
$E_6(1, 0, 1)$	$S+Cg-Q<0, I+P-S-Vm<0, C2-C1+M+Q+W1-W2<0$
$E_7(1, 0, 0)$	$S-P-I+Vm<0, C2-C1+M+Q+W1-W2<0$

2.3 稳定条件分析

2.3.1 情形 1

当满足 $Vm+S-P<I, W1-C1+M<W2-C2-Q$ 时, 复制动态系统存在稳定点 $E_2(1, 0, 0)$ 。此时政府的惩罚力度较小、奖励力度较大或提供高质量服务收益很低, 根据三方策略选择初始点的不同, 策略组合演化稳定于 (严格监管, 提供低水平服务, 不加入网络货运平台) 和 (宽松监管, 提供水平劣服务, 加入网络货运平台) 2 个稳定点。此时, 政府监管缺乏有效性, 不能约束平台与企业的行为, 网络货

运平台服务水平低不利于传统物流企业转型升级。为避免上述组合出现, 监管部门必须设定足够大的罚款额或奖励额, 发挥奖惩机制的效用。

2.3.2 情形 2

当满足 $W2-C2<W1-C1$ 时, 复制动态系统存在稳定点 $E_3(0, 1, 0)$ 。可以发现, 对于 E_3 只需满足 1 个条件就可达到稳定, 于是推测系统最可能稳定于此点。此时, 网络货运平台选择提供高质量服务的收益较高, 策略组合演化稳定于“宽松监管, 提供高质量服务, 不加入网络货运平台”。

2.3.3 情形 3

当满足 $S+Cg<Q, I<Vm+S-P, W1-C1+M<W2-C2-Cg$ 时, 复制动态系统存在稳定点 $E_6(1, 0, 1)$ 。

当政府罚款力度较大但对于良心平台奖励力度较小时, 根据 3 方策略选择初始点的不同, 策略组合演化稳定于“严格监管, 提供低水平服务, 加入网络货运平台”。此时, 平台选择高质量服务得到的收益小于提供低劣服务的收益, 故会不选择提供高质量服务。为避免上述现象出现, 政府应适当提高奖励力度, 激励网络货运平台自身整改升级。

由以上分析可以得出结论: 当政府补贴力度不足或惩罚力度不足都会导致平台提供低质量的服务, 而企业的选择策略主要取决于平台的选择策略, 即在高质量还是低质量的平台中获益更多。因此, 政府的监管是否有效是网络货运机制能否稳定发展的前提条件。

3 博弈数值分析

随着网络货运平台在我国蓬勃发展, 加快了传统物流企业的转型升级。但目前还存在较大问题。平台型无车承运人, 特别是车货匹配型、物流技术型互联网平台仍以传统车货交易、信息撮合为主要模式, 以收取会员费和信息费用作为主要盈利点, 这与无车承运人赚取运费差价的模式还存在一定差距, 行业缺乏较为成熟的、适合无车承运模式的货运责任险等保险产品, 对企业身份转换、责任承担和可持续发展带来不小的压力和挑战。而且一些物流企业思想保守, 缺乏相应的管理人才, 转型十分困难。

针对以上问题, 并根据 2.3 得出的结论, 要求政府加强对平台的监督管理, 适当提高奖惩力度。根据实际情况, 对支付矩阵中的参数初始值给出如下假设, 单位统一为百万元。

取 $Cg=2, Q=3, S=3, P=2, I=10, Vm=4, Vt=6, C1=8, C2=1, W1=9, W2=8, M=2$ 。在这

种情况下, M , S , Q 相对较小, 即政府的罚款、奖励力度均很小, 不能有效行使监督作用。现实中, 政府的初始参与意愿值一般大于平台和企业, 设 3 方参与者选择策略 (x, y, z) 的初始值为 $(0.6, 0.4, 0.4)$, 在此种状态下进行模拟, 得到该博弈模型的 ESS 策略的演变趋势, 如图 4 所示。

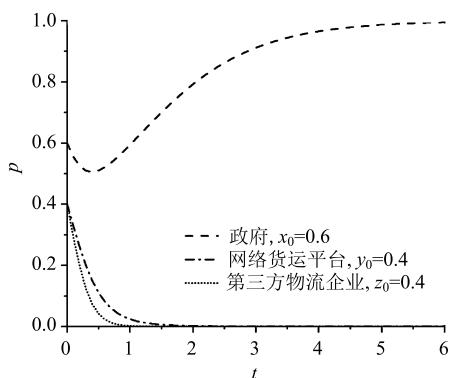


图 4 初始状态下的演化平衡

Fig. 4 Evolutionary equilibrium in initial state

由图 4 可知, 如果政府的参与度很低, 不能起到很好的监督作用, 最终的演化结果为 $(1, 0, 0)$, 符合情形 2.3 中情形 1 的分析。政府选择严格监管的概率先稍有下降, 后上升至 1, 并保持稳定; 网络货运平台与第三方物流企业的收敛速度较快, 最终都下降至 0 并保持稳定。

3.1 初始参与意愿的仿真分析

图 5 是假定其他参数不变, 3 方初始参与意愿同时变化对演化结果的影响, 同时取较高和较低的初始意愿值 (0.8 和 0.3), 假设 3 方初始参与意愿相同。可以发现, 无论 3 方初始参与意愿是否大于 0.5, 最终收敛都于 $(1, 0, 0)$, 即政府严格监管, 网络货运平台提供低劣服务, 第三方物流企业不加入平台。可以观察到, 3 方的初始意愿值越大, 收敛速度越慢, 且 $x_0 = 0.8$ 时政府选择严格监管的概率会有一段大幅度下降, 这是因为当初始意愿值很大时, 政府会认为其他参与方会向理想的结果演化, 故先会向宽松监管演化。

图 6 (a) 是假定其他参数不变, 网络货运平台、第三方物流公司取中等初始意愿值 (即 0.5), 政府初始意愿值改变对其他参与者的影响。可以看出, 当 x_0 增大时, y 和 z 的收敛速度会减慢, 但结果并未改变。这说明当政府没确定有效的奖惩制度时, 其初始意愿值的上升并不能带动网络货运平台、第三方物流企业的演化结果发生变化。

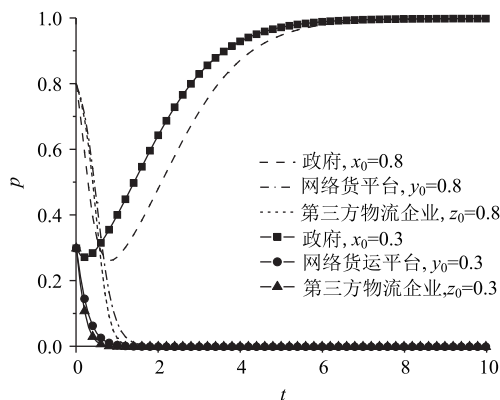
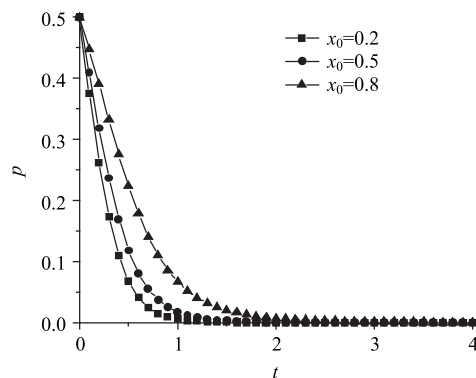
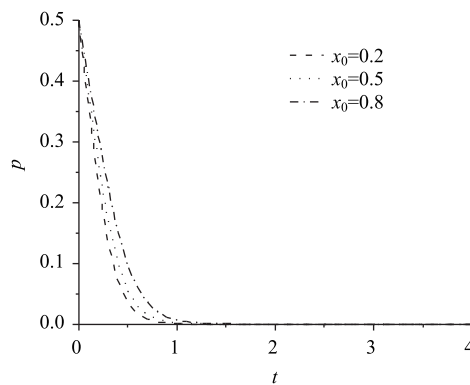


图 5 初始意愿不同对演化结果的影响

Fig. 5 Influence of different initial intentions on evolution result



(a) 对网络货运平台演化结果的影响



(b) 对第三方物流企业演化结果的影响

图 6 政府在初始意愿值不同下对演化结果的影响

Fig. 6 Influence of government on evolution result when initial willingness value is different

3.2 政府对网络货运平台奖励力度 M 的仿真分析

取 $C_g = 2$, $Q = 3$, $S = 3$, $P = 2$, $I = 10$, $V_m = 4$, $V_t = 6$, $C_1 = 6$, $C_2 = 4$, $W_1 = 9$, $W_2 = 8$ 。

令 $W_1 - C_1 + M \geq W_2 - C_2$, 即网络货运平台在选择提供高质量服务时有利可图。分别取 $M = 1, 4, 7$, 演化结果下图所示。由图 7 可知, 政府对网络货运

平台的奖励力度并非越大越好。政府过大的投入, 会使网络货运平台选择提供高质量服务的概率先增后减至0, 而物流企业一直选择不加入平台, 且收敛速度较快。究其原因, 当政府投入过大时, 会导致平台坐享其成, 缺少自己探索发展的动力, 进而会滋长平台发展的惰性, 此时系统会演变成为策略“宽松监管, 提供低水平服务, 不加入网络货运平台”的不良状态, 不利于我国无车承运人的良好发展局面。

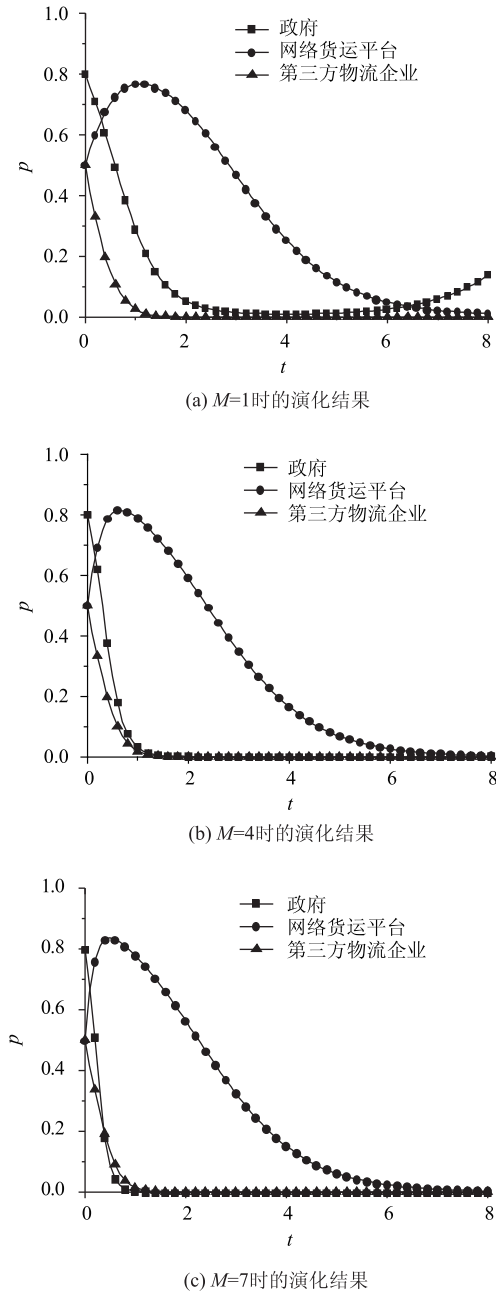


图7 不同程度的补贴对演化结果的影响

Fig. 7 Influence of different subsidy levels on evolution result

3.3 政府对网络货运平台的惩罚力度 Q 的仿真分析

取 $C_g=2$, $S=3$, $P=2$, $I=10$, $V_m=4$, $V_t=6$, $C_1=8$, $C_2=1$, $W_1=9$, $W_2=8$, $M=2$ 。此时取较大的惩罚力度 $Q=5$ 和 7 , 结果如图8所示。可以看出, 政府与网络货运平台的选择是处于一种波动、不稳定的状态, 更符合实际情况。随着 Q 的增大, 网络货运平台选择提供高质量服务的概率会略有上升、变化幅度减小, 且更加稳定; 政府实施严格监管策略的概率有所下降, 也会更加稳定; 不论 Q 如何变化, 第三方物流企业都会选择不加入平台。究其原因, 当 Q 增大时, 网络货运平台提供低质量服务被政府查到的罚款远远大于其获得的利润, 因此便提高了选择提供高质量服务的概率, 此时政府选择严格监管的概率便会下降。物流企业知道平台提供高水平服务、政府选择严格监管是不稳定的, 且 $V_m+S < I$ (即单干的风险最低), 故会选择观望, 不加入平台。

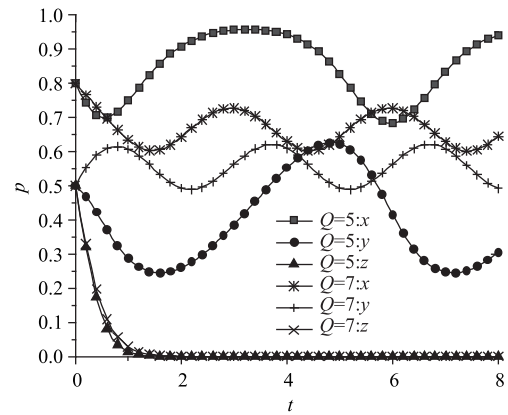


图8 惩罚力度不同对演化结果的影响

Fig. 8 Influence of different punishment on evolution result

3.4 政府对第三方物流企业补贴力度 S 的仿真分析

取 $C_g=2$, $Q=3$, $P=2$, $I=10$, $V_m=4$, $V_t=6$, $C_1=8$, $C_2=1$, $W_1=9$, $W_2=8$, $M=2$ 。 S 取3和10, 结果如图9所示。可以观察到, 政府只增大对第三方物流企业的补贴力度并不能使得演化结果向理想方向发展。根据网络货运管理办法, 一家物流企业想要正式转型网络货运平台, 从系统开发、技术储备、资料整理、与政府部门沟通对接到获得网络货运许可证, 完全按此流程跑1遍, 时间大约需要3~6个月。此时, 政府对不良平台罚款较少, 平台服务质量低, 导致企业转型时间显著增长, 虽然政府增大对企业的扶持, 但对企业来说, 其付出的时间成本远高于此。

3.5 政府联合政策监管的仿真分析

取 $C_g=2$, $Q=7$, $P=2$, $I=10$, $V_m=4$, $V_t=6$,

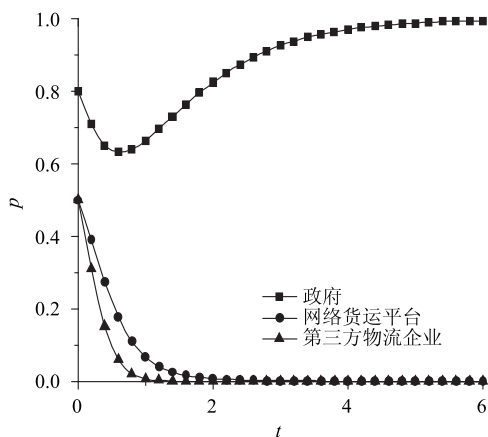
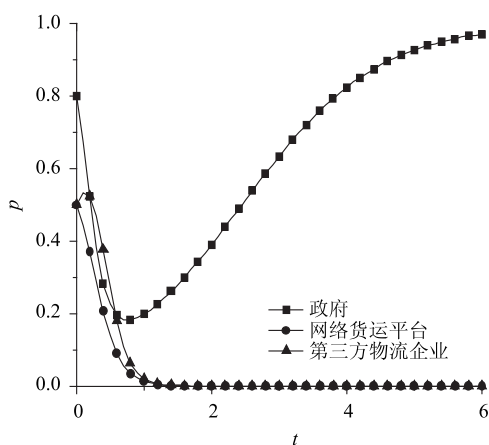
(a) 政府补贴 $S=3$ 对演化结果的影响(b) 政府补贴 $S=10$ 对演化结果的影响

图9 政府对第三方物流企业补贴力度对演化结果的影响

Fig. 9 Influence of government subsidies on evolution of third party logistics enterprises

$C1=8$, $C2=1$, $W1=9$, $W2=8$, $M=2$, $S=10$ 。此时政府奖励、惩罚力度都较为严格,并且3方均取较高初始参与度(0.8)。结果如图10所示。可以观察到,当政府采取联合政策监管策略且3方初始参与度较高时,政府、平台、企业都会向理想结果演化,但无法趋向一个稳定点,整个市场处于周期震荡状态。同时也可发现,平台的敏感程度略大于企业的敏感程度。这说明政府采取联合政策监管的效果十分显著,而周期震荡的原因主要是我国网络货运平台治理中往往采用运动式治理模式,诸如每年“6·18”、“双11”等物流量激增的重大节日对网络平台进行全面强化监管,这导致了特定时期监管过度,更多时候监管不足。

4 结论

通过构建政府、网络货运平台和物流公司3方演化博弈模型,系统分析了3方的决策演化过程,

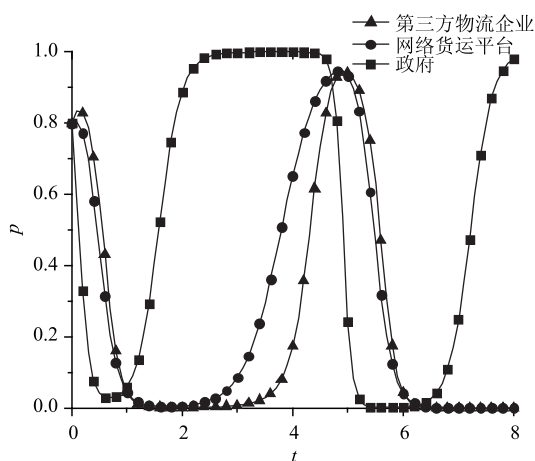


图10 政府采取联合监管策略对演化结果的影响

Fig. 10 Influence of government's joint regulatory strategy on evolution result

并运用 Matlab 模拟参数不同取值情形下博弈策略变动及演化趋势。主要研究了政府实行不同政策时对平台和企业演化结果造成的影响,得出以下结论:

(1) 加入平台的企业获得的补贴减少或政府增大对不良平台的罚款时,政府将倾向“严格监督”;政府对提供低劣服务平台的惩罚力度增大时,平台趋向“提供高质量服务”;企业加入平台获得的收益及获得政府补贴增大时,企业会趋向“加入平台”。

(2) 政府单一政策监管下,3方主体的初始参与意愿值、政府对平台的罚款、政府对企业的补贴对系统趋于构建良好网络货运模式方向演化均有一定作用,但结果并不理想。当仅增加初始参与意愿值或政府对企业的补贴时,平台和企业仍会向“提供低水平服务,不加入平台”演化,但收敛速度会减慢,且网络货运平台的敏感程度要大于第三方物流企业。

(3) 对于网络货运平台来说,政府对平台的奖励对系统的演化方向影响随情况而定。地方政府若能固定对符合认定的网络货运平台提供一定的奖励补贴,确实可以缓解在发展初期此类企业的财政压力。但是当地方政府过度提高补贴额度时,政府、平台均会向不利方向演化,且奖励越高,收敛为0的速度越快。网络货运平台应当加强技术研发,提升供给服务效率,以高质量的服务来吸引物流企业的加入。

(4) 政府采取联合监管策略时,系统会出现“严格监管,提供高质量的服务,加入平台”的良好局面,但处于周期震荡状态,且3方变动趋势基本一致。说明政府应当加强对平台和企业的惩罚和奖

励力度,在建立健全有效监管体制的同时,加大激励惩罚机制的力度,坚持长期严格监管,且需多从营业环境、人才引进等软实力方面对平台进行帮扶。

参考文献:

References:

- [1] 陈波莅. 我国无车承运人发展现状与建议 [J]. 交通世界, 2017 (27): 7-9.
CHEN Bo-li. Development Status and Suggestions of China's Car-free Carrier [J]. Transpo World, 2017 (27): 7-9.
- [2] 王婷. “互联网+”时代公路运输车货匹配平台的发展 [J]. 综合运输, 2015, 37 (12): 22-28.
WANG Ting. Study for the Highway Freight Information Platform on the Background of Internet [J]. Comprehensive Transportation, 2015, 37 (12): 22-28.
- [3] 王丹丹. 关于网络货运经营的分析 [J]. 中国物流与采购, 2020 (18): 50-52.
WANG Dan-dan. Analysis of Network Freight Operation [J]. China Logistics & Purchasing, 2020 (18): 50-52.
- [4] 陈煜婧, 杨斌. 多因素作用下道路运输市场结构演化及无车承运人的策略 [J]. 公路交通科技, 2020, 37 (7): 135-143.
CHEN Yu-jing, YANG Bin. Evolution of Road Transport Market Structure and Strategy of Non-truck Operating Carrier under Multi Factors [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2020, 37 (7): 135-143.
- [5] 金忠旭, 郭跃显. 基于“互联网+”的“无车承运人”物流模式研究 [J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2017, 11 (2): 6-11.
JIN Zhong-xu, GUO Yue-xian. “No Car Carrier” Logistical Model Research Based on the “Internet +” [J]. Journal of Shijiazhuang Railway Institute (Social Science Edition), 2017, 11 (2): 6-11.
- [6] 贾艳丽, 杨晓蕾, 刘明. 基于客户绿色偏好的无车承运人平台车货匹配研究 [J]. 交通运输工程与信息学报, 2019, 17 (4): 141-148.
JIA Yan-li, YANG Xiao-lei, LIU Ming. Vehicle-cargo Matching of Carrier Broker Based on Customer's Green Preference [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2019, 17 (4): 141-148.
- [7] 刘薇, 张晶晶. 博弈论视角下网络货运平台增值税税制优化研究 [J]. 财政科学, 2020 (6): 113-123, 136.
LIU Wei, ZHANG Jing-jing. Study on the Optimization of Value-added Tax System of Network Freight Platform from the Perspective of Game Theory [J]. Fiscal Science, 2020 (6): 113-123, 136.
- [8] UNNIKRISHNAN A, FIGLIOZZI M. Online Freight Network Assignment Model with Transportation Disruptions and Recourse [J]. Transportation Research Record, 2011, 2224: 17-25.
- [9] GENG S D, LI W L, QU X F, et al. Design for the Pricing Strategy of Return-freight Insurance Based on Online Product Reviews [J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2017, 25: 16-28.
- [10] MILLER J V, YU M N, LIU X. Hyperpath Truck Routing in an Online Freight Exchange Platform [J]. Transportation Science, 2020, 54 (6): 1676-1696.
- [11] 常乐, 刘长玉, 于涛, 等. 社会共治下的食品企业失信经营问题三方演化博弈研究 [J]. 中国管理科学, 2020, 28 (9): 221-230.
CHANG Le, LIU Chang-yu, YU Tao, et al. Food Fraud Tripartite Evolutionary Game in Social Co-regulation [J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28 (9): 221-230.
- [12] 李祯琪, 欧国立. 激励性和惩罚性交通拥堵治理政策的比较: 基于动态演化博弈模型及仿真分析 [J]. 中国管理科学, 2019, 27 (6): 167-178.
LI Zhen-qi, OU Guo-li. Comparison of Incentive and Punitive Traffic Congestion Policies: Based on the Dynamic Evolutionary Game Model and Simulation Analysis [J]. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27 (6): 167-178.
- [13] 浦徐进, 吴亚, 路璐, 等. 企业生产行为和官员监管行为的演化博弈模型及仿真分析 [J]. 中国管理科学, 2013, 21 (增1): 390-396.
PU Xu-jin, WU Ya, LU Lu, et al. Analysis of Evolution Game Model and Simulation between Enterprise Production Behavior and Official Supervision Behavior [J]. Chinese Journal of Management Science, 2013, 21 (S1): 390-396.
- [14] 卢艳秋, 廖爱红. 基于三方演化博弈的新创科技型产业集群网络嵌入机制研究 [J]. 中国管理科学, 2022, 30 (2): 1-10.
LU Yan-qiu, LIAO Ai-hong. Study on the Cluster Network Embedding Process of New Technology-oriented Enterprises Based on Tripartite Evolutionary Game [J]. Chinese Journal of Management Science, 2022, 30 (2): 1-10.
- [15] 张莉, 杨栩, 柯丽丽. 政府扶持中小企业科技创新的动态演化博弈及仿真分析 [J]. 科技管理研究, 2017, 37 (12): 15-23.

- ZHANG Li, YANG Xu, KE Li-li. The Evolutionary Game Simulation on Technology Innovation between Government and Small and Medium-sized Enterprises [J]. Science and Technology Management Research, 2017, 37 (12): 15-23.
- [16] 李柏洲, 王雪, 苏屹, 等. 我国战略性新兴产业间供应链企业协同创新演化博弈研究 [J]. 中国管理科学, 2021, 29 (8): 1-12.
- LI Bai-zhou, WANG Xue, SU Yi, et al. Evolutionary Game Research on Collaborative Innovation of Supply Chain Enterprises from Different Strategic Emerging Industries in China [J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29 (8): 1-12.
- [17] 朱立龙, 孙淑慧. 消费者反馈机制下食品质量安全监管三方演化博弈及仿真分析 [J]. 重庆大学学报 (社会科学版), 2019, 25 (3): 94-107.
- ZHU Li-long, SUN Shu-hui. Tripartite Evolution Game and Simulation Analysis of Food Quality and Safety Supervision under Consumer Feedback Mechanism [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2019, 25 (3): 94-107.
- [18] 唐红涛, 郭凯歌. 电子商务市场监管三方演化博弈及仿真分析 [J]. 商学研究, 2020, 27 (2): 34-45, 78.
- TANG Hong-tao, GUO Kai-ge. Three-party Evolutionary Game and Simulation Analysis of E-commerce Market Supervision [J]. Commercial Science Research, 2020, 27 (2): 34-45, 78.
- [19] 杨扬, 徐新扬. 基于博弈理论的甩挂运输企业联盟条件与合作演化研究 [J]. 公路交通科技, 2020, 37 (5): 140-148.
- YANG Yang, XU Xin-yang. Study on Conditions and Cooperative Evolution of Alliance of Trailer Pick-up Transport Enterprises Based on Game Theory [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2020, 37 (5): 140-148.
-
- (上接第 170 页)
- LI Cheng-bing, HAO Yu-cheng, GAO Wei, et al. Cascade Failure Modeling and Reliability Simulation of Urban Agglomeration Transportation Network [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 35 (5): 135-141.
- [23] 李成兵, 张帅, 杨志成, 等. 蓄意攻击下城市群客运交通网络级联抗毁性仿真 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2019, 19 (2): 14-21.
- LI Cheng-bing, ZHANG Shuai, YANG Zhi-cheng, et al. Invulnerability Simulation in Urban Agglomeration Passenger Traffic Network under Targeted Attacks [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2019, 19 (2): 14-21.
- [24] 安静思. 基于用户影响力和潜在因子的协同过滤推荐方法 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2018.
- AN Jing-si. Recommended Collaborative Filtering Method Based on User Influence and Potential Factors [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2018.
- [25] 刘浩然, 王星淇, 邓玉静, 等. 基于级联失效的有向无标度网络节点重要度评价模型 [J]. 电信科学, 2020, 36 (2): 43-51.
- LIU Hao-ran, WANG Xing-qi, DENG Yu-jing, et al. Evaluation Model of Node Importance in Directed Scale-free Network Based on Cascade Failure [J]. Telecommunications Science, 2020, 36 (2): 43-51.