

# 基于有限理性的地摊经济演化博弈分析

冉 燕<sup>\*</sup>, 丘小玲<sup>#</sup>, 田永艳

贵州大学数学与统计学院, 贵州 贵阳

Email: 1009366149@qq.com, <sup>#</sup>xlqiu@gzu.edu.cn, 321414574@qq.com

收稿日期: 2021年6月19日; 录用日期: 2021年7月11日; 发布日期: 2021年7月22日

## 摘 要

地摊经济是新时代保民生、促就业的重要举措, 其如何在新时代持续健康发展一直是政府和人民关注的重要问题。本文基于局中人都是有限理性的前提下, 系统分析了地摊经济中的政府、地摊摊主和消费者策略选择的演化过程。结果表明: 当形象收益和不监管损失增大、监管成本和补贴降低时, 政府倾向于选择监管; 当合规摆摊成本和违规摆摊收益降低、合规摆摊收益和违规摆摊成本增大、违规摆摊导致的客户流失和政府处罚增大时, 地摊摊主倾向于选择合规摆摊; 当消费者选择摊主所获得的收益增大、选择违规摊主的损失降低、选择商店得到的质量保证收益和价格收益降低时, 消费者倾向于选择地摊摊主。

## 关键词

有限理性, 地摊经济, 演化博弈论, 复制动力学, 演化稳定策略

# Evolutionary Game Analysis of the Stall Economy Based on Bounded Rationality

Yan Ran<sup>\*</sup>, Xiaoling Qiu<sup>#</sup>, Yongyan Tian

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Email: 1009366149@qq.com, <sup>#</sup>xlqiu@gzu.edu.cn, 321414574@qq.com

Received: Jun. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jul. 11<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

In this paper, the stall economy is an important measure to protect people's livelihood and pro-

<sup>\*</sup>第一作者。

<sup>#</sup>通讯作者。

mote employment in the new era, and how to develop sustainably and healthily in the new era has been an important issue for the government and the people. Based on the premise that the players are bounded rationality, this paper systematically analyzes the evolution process of government, stall owner and consumers' strategic choices in the stall economy. The results show that when the benefits of image and unregulated loss increase, regulatory costs and subsidies decrease, the government tends to choose regulation. When the cost of compliance and the benefits of illegal stalls decrease, and the benefits of compliance and the cost of illegal stalls increase, the loss of customers caused by illegal stalls and the amount of government punishment increase, the stall owners tend to choose compliance with the stalls. Consumers tend to choose stall owners, when the income they get from choosing stall owners increases, the loose of choosing illegal stall owners decreases, and the quality assurance income and price income obtained from choosing shops decrease.

## Keywords

Bounded Rationality, The Stall Economy, Evolutionary Game Theory, Reproduction Dynamics, Evolutionary Stable Strategy

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

自 2020 年突发事件的发生以来,世界经济受到了严重的影响,为此我国相关部门为解决经济下降问题出台相应的政策措施。由于地摊经济不需要店铺租金、形式灵活、门槛低、成本低等独特优势,它成为了大多数人选择增加收入的一种就业方式。所以,地摊经济是新时代保民生、促就业的重要举措。

一方面,由于地摊经济的独特优势也导致它存在一些弊端,比如说,影响居民的生活、增大环境污染和造成交通拥堵等。所以在推广地摊经济的同时,必须提前制定好相应的解决策略使得地摊经济能健康持续发展。一些学者对地摊经济的利与弊进行总结,并从不同的角度出发,提出了一些可行且有用的建议。如吴丹丹以湖南的马乐平为例分析地摊经济对就业的作用,并在政府对地摊经济管制的前提下,建立了策略集合为{摆摊,不摆摊}的两个摆摊者博弈,对博弈分析得到政府部门对摊主身份合理化等建议[1]。杨世伟等重点分析新时代地摊经济对当前社会发展的有利影响,并提出地摊经济持续发展的三条建议[2]。肖岚对比 2019 年和 2020 年第一季度的国内生产总值、城乡居民收入和消费等,从数据的具体内涵分析当前地摊经济存在的利与弊,并根据各地对地摊经济采取的措施提出政府应该出台细则和规范地摊经济发展等建议[3]。李金霞运用扎根理论对太原市的地摊经济进行研究,得到经济、人际、个人和社会归因是影响地摊经济兴起的因素[4]。综上所述,关于地摊经济对社会的发展、以及怎样处理好地摊经济健康持续发展的问题仍是学者们研究的热点。

另一方面, Von Neumann 等在 1944 出版的《博弈论与经济学》意味着博弈论成为一门正式理论[5]。1951 年, Nash 提出的一般  $n$  人有限非合作博弈是博弈论中一个十分重要的模型[6]。在 Nash 研究的博弈中通常假设局中人是完全理性的,即局中人都是追求自己的最大利益,但在现实生活很难满足这样的假设前提,所以西蒙从心理学角度提出的有限理性显然更符合现实世界的发展。此后许多学者对满足有限理性假设下的问题进行了研究[7]-[12]。上述提到的博弈论重点反映主体间的相互作用,不能描述纳什均衡的动态形成过程,而演化博弈论要求的局中人是有限理性的,且在一定程度上能反映纳什均衡的动态

形成过程。1973年, Smith等把博弈论与生物学中的进化思想联系起来得到了演化稳定策略的定义, 这意味着演化博弈论受到越来越多的关注[13]。而后有大量的学者对演化博弈论进行了深入的研究, 并取得许多不错的研究成果。如 Taylor等在1978年得到演化博弈中的第一个博弈动力学模型[14]。接着, Schuster等把[14]中的动力学模型称为复制动力学[15]。复制动力学是演化博弈中很重要的一种模型, 大量的学者用复制动力学解决了实际生活中的许多问题[16][17][18][19]。为了对演化博弈论的思想和方法有更清晰的认识, 乔根·W·威布尔用数学语言描述了演化博弈论中的一些概念[20]。谢识予利用演化博弈论的相关知识对一般两人对称博弈和鹰鸽博弈进行详细的研究[21][22]。王先甲等详细介绍演化博弈模型在随机过程和智能优化算法的发展过程[23]。所以, 演化博弈论是研究社会中许多现象的有力工具。

受上述的启发, 本文考虑把当前社会上一个重要的现象与演化博弈论联系起来, 即用复制动力学去研究地摊经济中三个主要主体, 分析政府、地摊摊主和消费者的演化稳定策略以及影响三者的一些因素, 从而使得地摊经济能在新时代下健康持续发展。本文的安排如下: 首先, 基于局中人都是有限理性的前提下建立政府、地摊摊主和消费者的三方演化博弈; 其次, 利用复制动力学等知识确定三方的演化稳定策略; 最后, 利用 Matlab 软件对三方演化系统中最优结果进行数值仿真。

## 2. 模型假设与建立

### 2.1. 模型假设

政府、地摊摊主和消费者是地摊经济中的三个主要主体, 假设政府、地摊摊主和消费者都是有限理性的, 政府选择监管的概率为  $x$ , 则选择不监管的概率  $1-x$ ; 地摊摊主选择合规摆摊的概率为  $y$ , 则选择违规摆摊的概率为  $1-y$ ; 消费者选择地摊摊主的概率为  $z$ , 则选择商店的概率为  $1-z$ , 且三者之间的内在关系如图 1 所示:

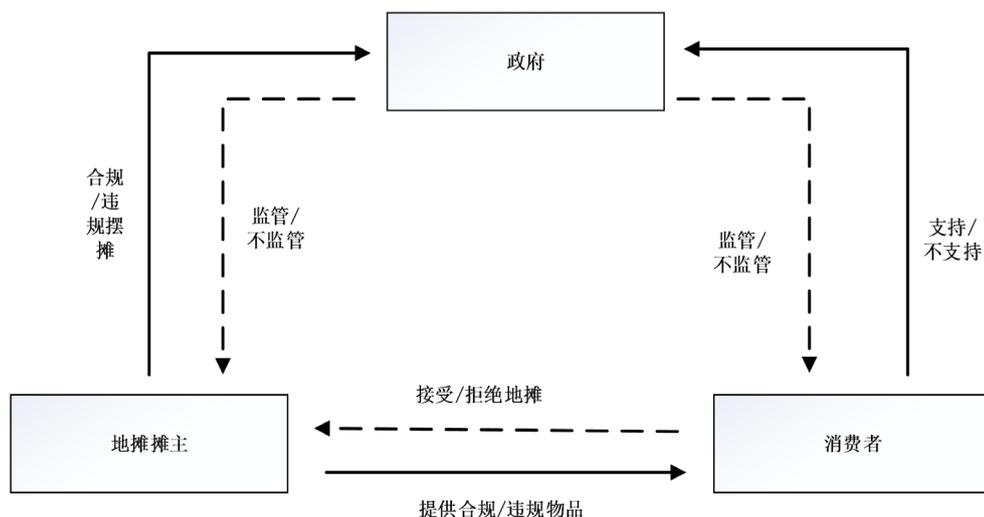


Figure 1. The relationship between the government, stall owners and consumers

图 1. 政府、地摊摊主和消费者之间的关系

假设政府的选择策略空间为{监管, 不监管}。当政府选择监管时, 政府需要支出一定的监管成本  $C_1$ , 而因为监管得到的形象收益为  $U_1$ 。当消费者选择地摊摊主时, 一定程度上带动了经济的发展, 从而社会福利会增加, 即政府收益为  $U_2$ 。当消费者选择商店时, 这时社会经济没有得到有效的发展, 即社会福利会减少, 即政府损失为  $B_1$ , 且这时政府会给地摊摊主一定的补贴  $L$ 。当政府选择不监管策略时, 政府良

好形象降低而导致的损失为  $B_2$ 。(主要是不文明现象增多而导致政府的名声在人们心中降低,或达不到上级要求的条件而受到的处罚。)

假设地摊摊主的选择策略空间为{合规摆摊, 违规摆摊}(违规摆摊主要是指不在规定区域、时间段内摆摊,或者是摆摊的物品没有达到国家规定的标准等)。当地摊摊主选择合规摆摊所需的成本为  $C_1$ ,在合规摆摊过程所获得的收益为  $R_1$ 。当地摊摊主选择违规摆摊所需的成本为  $C_2$ ,在违规摆摊过程所获得的收益为  $R_2$ ,由于其违规行为而引起消费者的反感从而导致的客户流失为  $W$ ,其违规行为被政府查到的处罚为  $S$ 。

假设消费者的选择策略空间为{地摊, 商店}。当消费者选择合规摊主时,消费者所获得收益为  $G_1$ ,当消费者选择违规摊主时,消费者得到的收益为  $G_2$ ,违规行为对消费者造成的损失为  $Q$ ,当消费者选择商店会有质量保证,即收益为  $G_3$ ,当政府选择监管时,这时商店商品的价格比较合理,即这时消费者的价格收益为  $T$ 。

以上所有的参数都是大于 0, 并且  $C_1 > C_2, R_1 > R_2, G_1 > G_3 > G_2$ 。

## 2.2. 模型建立

根据 2.1 的假设条件可得政府、地摊摊主和消费者之间的混合策略博弈矩阵见表 1。

**Table 1.** A mixed strategy game matrix between government, stall owners and consumers

**表 1.** 政府、地摊摊主和消费者之间的混合策略博弈矩阵

		消费者	
		地摊 $z$	商店 $1-z$
政府	合规摆摊 $y$	$-C_i + U_1 + U_2$	$-C_i + U_1 - B_1 - L$
		$R_1 - C_1$	$L - C_1$
	监管 $x$	$G_1$	$G_3 + T$
		违规摆摊 $1-y$	$-C_i + U_1 + U_2 + S$
	$R_2 - C_2 - S - W$		$L - C_2 - S$
不监管 $1-x$	合规摆摊 $y$	$G_2 - Q$	$G_3 + T$
		$U_2 - B_2$	$-B_1 - B_2$
	违规摆摊 $1-y$	$R_1 - C_1$	$-C_1$
		$G_1$	$G_3$
	合规摆摊 $y$	$U_2 - B_2$	$-B_1 - B_2$
		$R_2 - C_2 - W$	$-C_2$
	$G_2 - Q$	$G_3$	

## 3. 模型分析

### 3.1. 政府的策略稳定性分析

政府选择监管和不监管的期望收益分别为  $E_{11}$ ,  $E_{12}$ , 且政府的平均期望收益为  $\bar{E}_1$ , 即

$$\begin{aligned}
 E_{11} &= yz(-C_i + U_1 + U_2) + y(1-z)(-C_i + U_1 - B_1 - L) + (1-y)z(-C_i + U_1 + U_2 + S) + (1-y)(1-z) \\
 &\quad (-C_i + U_1 - B_1 - L + S) \\
 &= z(U_2 + B_1 + L) + S + U_1 - C_i - B_1 - L - yS
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{12} &= yz(U_2 - B_2) + y(1-z)(-B_1 - B_2) + (1-y)z(U_2 - B_2) + (1-y)(1-z)(-B_1 - B_2) \\
 &= z(U_2 + B_1) - B_1 - B_2
 \end{aligned}$$

$$\bar{E}_1 = xE_{11} + (1-x)E_{12}$$

政府策略选择的复制动态方程为:

$$F(x) = dx/dt = x(E_{11} - \bar{E}_1) = x(1-x)(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)$$

由微分方程稳定性定理知: 当  $y = \frac{(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)}{S} = y^*$  时, 即有  $F(x) \equiv 0$ , 这说明任意的  $x$  都是政府的演化稳定策略; 当  $y < \frac{(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)}{S}$  时, 有  $d(F(x))/dx|_{x=1} < 0$ , 即说明  $x=1$  为政府的演化稳定策略; 当  $y > \frac{(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)}{S}$  时, 有  $d(F(x))/dx|_{x=0} < 0$ , 即说明  $x=0$  为政府的演化稳定策略。

政府的策略演化相位图如图 2 所示:

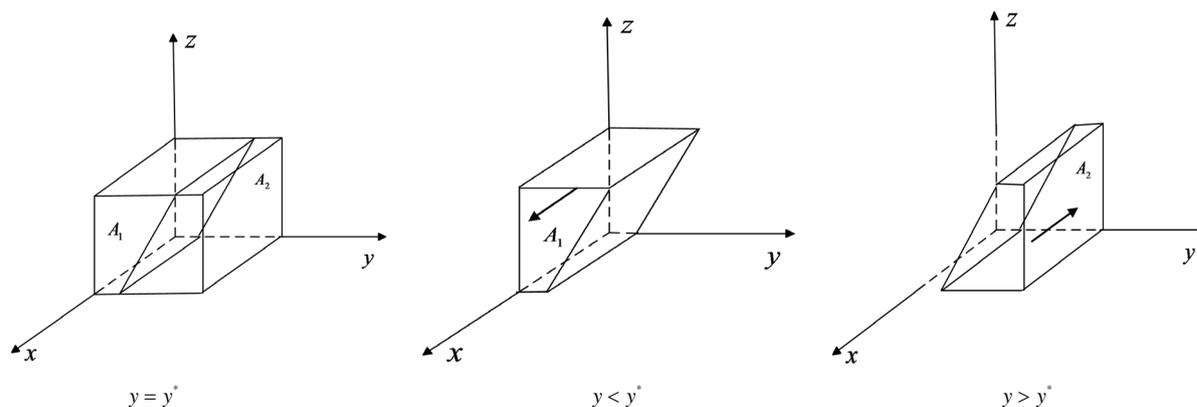


Figure 2. Phase diagram of government strategy evolution

图 2. 政府策略演化相位图

政府选择监管的概率为  $A_1$  的体积  $V_{A_1}$ , 选择不监管的概率为  $A_2$  的体积  $V_{A_2}$ , 则

$$V_{A_1} = \int_0^1 \int_0^1 \frac{zL + S + U_1 + B_2 - C_i - L}{S} dz dx = 1 + \frac{2U_1 + 2B_2 - 2C_i - L}{2S}; V_{A_2} = 1 - V_{A_1}.$$

推论 1. 当地摊摊主合规摆摊的概率  $y < \frac{(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)}{S} = y^*$  时, 政府会倾向于选择监管; 当地摊摊主合规摆摊的概率  $y > \frac{(zL + U_1 + B_2 + S - C_i - L - yS)}{S} = y^*$  时, 政府会倾向于选择不监管。也就是说政府是否监管与地摊摊主合规摆摊的概率有关, 而地摊摊主合规摆摊的概率与消费者选择地摊摊主的概率有关, 故政府是否监管同时受地摊摊主合规摆摊概率和消费者选择地摊摊主概率的影响。

推论 2. 政府选择监管的概率与因监管而得到的形象收益、选择不监管而带来的损失成正相关, 与监管成本、补贴成负相关, 与政府对违规摆摊摊主的处罚的关系与多方面有关。

证明: 对  $V_{A_1}$  的各参数分别求一阶偏导数, 得  $\frac{\partial V_{A_1}}{\partial U_1} > 0$ ,  $\frac{\partial V_{A_1}}{\partial B_2} > 0$ ,  $\frac{\partial V_{A_1}}{\partial C_1} < 0$ ,  $\frac{\partial V_{A_1}}{\partial L} < 0$ ,

当  $(2C_1 + L) - (2U_1 + 2B_2) > 0$  时,  $\frac{\partial V_{A_1}}{\partial S} > 0$ 。因此,  $U_1, B_2$  增大或  $C_1, L$  减小, 都可让政府选择监管的概率增大。

推论 2 表明: 当政府因监管得到的形象收益越大或因不监管而导致的损失越大时, 越能让政府选择监管。

### 3.2. 地摊摊主的策略稳定性分析

地摊摊主选择合规摆摊和违规摆摊的期望收益分别为  $E_{21}$ ,  $E_{22}$ , 且地摊摊主的平均期望收益为  $\bar{E}_2$ , 即

$$E_{21} = xz(R_1 - C_1) + x(1-z)(-C_1 + L) + (1-x)z(R_1 - C_1) + (1-x)(1-z)(-C_1) = xL - xzL + zR_1 - C_1$$

$$E_{22} = xz(R_2 - C_2 - S - W) + x(1-z)(-C_2 + L - S) + (1-x)z(R_2 - C_2 - W) + (1-x)(1-z)(-C_2)$$

$$= xL - xS - xzL + zR_2 - zW - C_2$$

$$\bar{E}_2 = yE_{21} + (1-y)E_{22}$$

地摊摊主策略选择的复制动态方程为:

$$F(y) = dy/dt = y(E_{21} - \bar{E}_2) = y(1-y)[z(R_1 - R_2 + W) + C_2 - C_1 + xS]$$

当  $z = \frac{-xS - C_2 + C_1}{R_1 - R_2 + W} = z^*$  时, 即有  $F(y) \equiv 0$ , 这说明任意的  $y$  都是地摊摊主的演化稳定策略; 当  $z < \frac{-xS - C_2 + C_1}{R_1 - R_2 + W}$  时, 有  $d(F(y))/dy|_{y=0} < 0$ , 即说明  $y=0$  为地摊摊主的演化稳定策略; 当  $z > \frac{-xS - C_2 + C_1}{R_1 - R_2 + W}$  时, 有  $d(F(y))/dy|_{y=1} < 0$ , 即说明  $y=1$  为地摊摊主的演化稳定策略。

地摊摊主的策略演化相位图如图 3 所示:

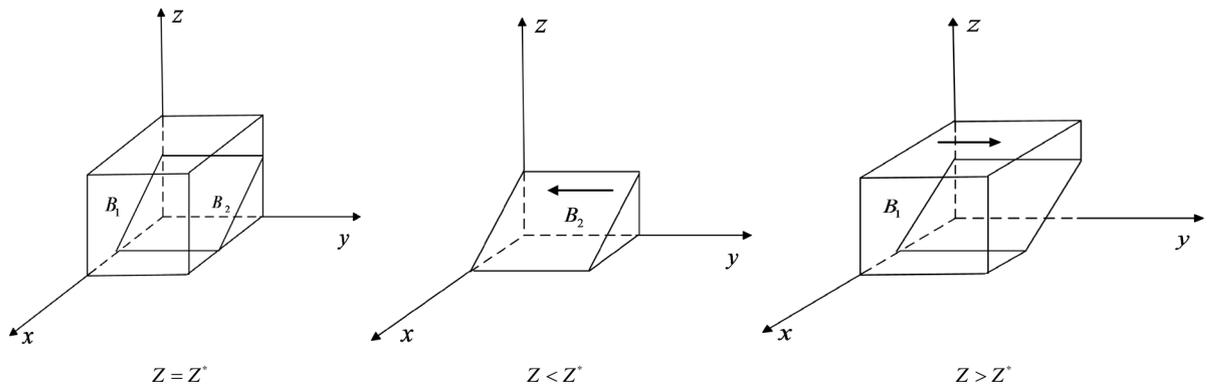


Figure 3. Phase diagram of stall owner strategy evolution  
图 3. 地摊摊主策略演化相位图

地摊摊主选择合规摆摊的概率为  $B_1$  的体积  $V_{B_1}$ , 选择违规摆摊的概率为  $B_2$  的体积  $V_{B_2}$ , 则

$$V_{B_2} = \int_0^1 \int_0^1 \frac{C_1 - C_2}{S} \frac{-xS + C_1 - C_2}{R_1 - R_2 + W} dx dy = \frac{(C_1 - C_2)^2}{2S(R_1 - R_2 + W)}; \quad V_{B_1} = 1 - V_{B_2} = 1 - \frac{(C_1 - C_2)^2}{2S(R_1 - R_2 + W)}。$$

推论 3. 当消费者选择地摊摊主的概率  $z > \frac{-xS - C_2 + C_1}{R_1 - R_2 + W} = z^*$  时, 地摊摊主会倾向于选择合规摆摊; 当消费者选择地摊摊主的概率  $z < \frac{-xS - C_2 + C_1}{R_1 - R_2 + W} = z^*$  时, 地摊摊主会倾向于选择违规摆摊。即就是说地摊摊主是否合规摆摊与消费者选择地摊摊主的概率有关, 而消费者选择地摊摊主的概率与政府选择监管的概率有关, 故地摊摊主是否合规摆摊同时受消费者选择地摊摊主概率和政府选择监管概率的影响。

推论 4. 地摊摊主选择合规摆摊的概率与地摊摊主选择合规摆摊的成本、选择违规摆摊所获得的收益成负相关, 与合规摆摊所获得的收益、违规摆摊所需的成本、以及违规摆摊导致的客户流失、政府处罚成正相关。

证明: 对  $V_{B_1}$  的各参数分别求一阶偏导数, 得  $\frac{\partial V_{B_1}}{\partial C_1} < 0, \frac{\partial V_{B_1}}{\partial R_2} < 0, \frac{\partial V_{B_1}}{\partial C_2} > 0, \frac{\partial V_{B_1}}{\partial R_1} > 0, \frac{\partial V_{B_1}}{\partial S} > 0, \frac{\partial V_{B_1}}{\partial W} > 0$ 。

因此,  $C_2, R_1, S, W$  增大或  $C_1, R_2$  减小, 都可让地摊摊主选择合规摆摊的概率增大。

推论 4 表明: 当地摊摊主选择合规摆摊的成本, 或违规摆摊所获得的收益较大时, 政府应加强对地摊摊主的监管。此外, 政府可通过对违规摆摊的处罚、提高地摊摊主的素质等方式, 促进地摊摊主选择合规摆摊。

### 3.3. 消费者的策略稳定性分析

消费者选择地摊摊主和商店的期望收益分别为  $E_{31}, E_{32}$ , 且消费者的平均期望收益为  $\bar{E}_3$ , 即

$$E_{31} = xyG_1 + x(1-y)(G_2 - Q) + (1-x)yG_1 + (1-x)(1-y)(G_2 - Q) = yG_1 - yG_2 + yQ + G_2 - Q$$

$$E_{32} = xy(G_3 + T) + x(1-y)(G_3 + T) + (1-x)yG_3 + (1-x)(1-y)G_3 = xT + G_3$$

$$\bar{E}_3 = zE_{31} + (1-z)E_{32}$$

消费者策略选择的复制动态方程为:

$$F(z) = dz/dt = z(E_{31} - \bar{E}_3) = z(1-z)[y(G_1 - G_2 + Q) + G_2 - G_3 - Q - xT]$$

当  $y = \frac{xT - G_2 + G_3 + Q}{G_1 - G_2 + Q} = y^*$  时, 即有  $F(z) \equiv 0$ , 这说明任意的  $z$  都是消费者的演化稳定策略; 当

$y < \frac{xT - G_2 + G_3 + Q}{G_1 - G_2 + Q}$  时, 有  $d(F(z))/dz|_{z=0} < 0$ , 即说明  $z=0$  为消费者的演化稳定策略; 当

$y > \frac{xT - G_2 + G_3 + Q}{G_1 - G_2 + Q}$  时, 有  $d(F(z))/dz|_{z=1} < 0$ , 即说明  $z=1$  为消费者的演化稳定策略。

消费者的策略演化相位图如图 4 所示:

消费者选择商店的概率为  $C_1$  的体积  $V_{C_1}$ , 选择地摊摊主的概率为  $C_2$  的体积  $V_{C_2}$ , 则

$$V_{C_2} = \int_0^1 \int_{\frac{G_3 - G_2 + Q}{G_1 - G_2 + Q}}^1 \frac{(G_1 - G_2 + Q)y + G_2 - G_3 - Q}{T} dy dz = \frac{(G_1 - G_3)^2}{2T(G_1 - G_2 + Q)}; \quad V_{C_1} = 1 - V_{C_2}。$$

推论 5. 当地摊摊主合规摆摊的概率  $y > \frac{xT - G_2 + G_3 + Q}{G_1 - G_2 + Q} = y^*$  时, 消费者会倾向于选择地摊摊主; 当地摊摊主合规摆摊的概率  $y < \frac{xT - G_2 + G_3 + Q}{G_1 - G_2 + Q} = y^*$  时, 消费者会倾向于选择商店。即就是说消费者是否

选择地摊摊主与地摊摊主合规摆摊的概率有关，而地摊摊主合规摆摊的概率与政府监管的概率有关，故消费者是否选择地摊摊主同时受地摊摊主合规摆摊概率和政府监管概率的影响。

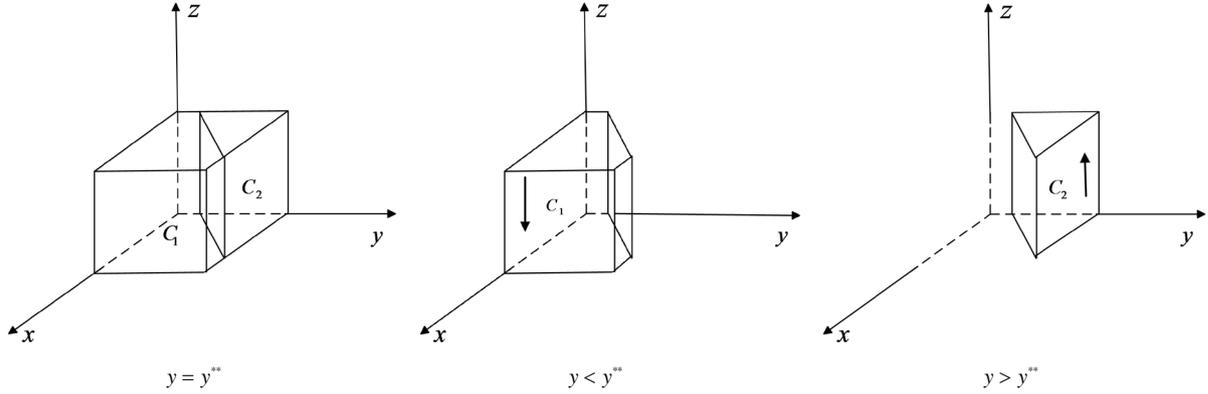


Figure 4. Phase diagram of consumer strategy evolution  
图 4. 消费者策略演化相位图

推论 6. 消费者选择地摊摊主的概率与消费者选择合规摊主所获得的收益、违规摊主所获得的收益成正比相关，与选择违规摊主导致的损失、选择商店得到的质量保证收益、价格收益成负相关。

证明：对  $V_{C_2}$  的各参数分别求一阶偏导数，得  $\frac{\partial V_{C_2}}{\partial G_1} > 0, \frac{\partial V_{C_2}}{\partial G_2} > 0, \frac{\partial V_{C_2}}{\partial G_3} < 0, \frac{\partial V_{C_2}}{\partial Q} < 0, \frac{\partial V_{C_2}}{\partial T} < 0$ 。因此， $G_1, G_2$  增大或  $G_3, Q, T$  减小，都可让消费者选择地摊摊主的概率增大。

推论 6 表明：当消费者选择地摊摊主的收益较小时，政府应该加强对地摊摊主的监督，加大对违规摊主的处罚。此外，政府可通过对地摊摊主进行一定的知识普及，使得地摊摊主明白合规摆摊其实就是增大自己的收益，从而使得地摊摊主选择合规摆摊。

### 3.4. 三方演化博弈均衡点的稳定性分析

联立政府、地摊摊主和消费者的复制动态方程，并令其为 0 得：

$$\begin{cases} F(x) = x(1-x)(zL + U_1 + B_2 + S - C_t - L - yS) = 0 \\ F(y) = y(1-y)[z(R_1 - R_2 + W) + C_2 - C_1 + xS] = 0 \\ F(z) = z(1-z)[y(G_1 - G_2 + Q) + G_2 - G_3 - Q - xT] = 0 \end{cases} \quad (1)$$

由方程组(1)可求得博弈系统的均衡点，由 Ritzberger 和 Weibull 的研究结果知[24]，在此只需讨论  $E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1), E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$ ，见表 2。由政府、地摊摊主和消费者的复制动态方程  $F(x), F(y), F(z)$ ，可得政府、地摊摊主、消费者的演化博弈系统的 Jacobian 矩阵[25]。

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

其中，

$$J_{11} = (1-2x)(zL + S + U_1 + B_2 - C_t - L - yS), J_{12} = -x(1-x)S, J_{13} = x(1-x)L,$$

$$J_{21} = y(1-y)S, J_{22} = (1-2y)[z(R_1 - R_2 + W) + xS + C_2 - C_1], J_{23} = y(1-y)(R_1 - R_2 + W),$$

$$J_{31} = -z(1-z)T, J_{32} = z(1-z)(G_1 - G_2 + Q), J_{33} = (1-2z)[y(G_1 - G_2 + Q) + G_2 - G_3 - Q - xT]$$

**Table 2.** Stability analysis of system equilibrium points**表 2.** 系统均衡点稳定性分析

Jacobian 矩阵特征值			
均衡点	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	特征值符号	状态
$E_1(0,0,0)$	$S + U_1 + B_2 - C_i - L, C_2 - C_1, G_2 - G_3 - Q$	(*, -, -)	条件①
$E_2(1,0,0)$	$C_i + L - S - U_1 - B_2, S + C_2 - C_1, G_2 - G_3 - Q - T$	(*, *, -)	条件②
$E_3(0,1,0)$	$U_1 + B_2 - C_i - L, C_1 - C_2, G_1 - G_3$	(*, +, +)	不稳定
$E_4(0,0,1)$	$S + U_1 + B_2 - C_i, R_1 - R_2 + W + C_2 - C_1, G_3 - G_2 + Q$	(*, *, +)	不稳定
$E_5(1,1,0)$	$C_i + L - U_1 - B_2, C_1 - C_2 - S, G_1 - G_3 - T$	(*, *, *)	条件③
$E_6(1,0,1)$	$C_i - S - U_1 - B_2, R_1 - R_2 + W + S + C_2 - C_1, G_3 - G_2 + Q + T$	(*, *, +)	不稳定
$E_7(0,1,1)$	$U_1 + B_2 - C_i, R_2 - R_1 - W + C_1 - C_2, G_3 - G_1$	(*, *, -)	条件④
$E_8(1,1,1)$	$C_i - U_1 - B_2, R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2, G_3 - G_1 + T$	(*, *, *)	条件⑤

注: \*表示特征值符号不确定。①  $S + U_1 + B_2 - C_i - L < 0$ , ②  $C_i + L - S - U_1 - B_2 < 0, S + C_2 - C_1 < 0$ , ③  $C_i + L - U_1 - B_2 < 0, C_1 - C_2 - S < 0, G_1 - G_3 - T < 0$ , ④  $U_1 + B_2 - C_i < 0, R_2 - R_1 - W + C_1 - C_2 < 0$ , ⑤  $C_i - U_1 - B_2 < 0, R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2 < 0, G_3 - G_1 + T < 0$ .

推论 7. 当  $S + U_1 + B_2 - C_i - L < 0$  时, 复制动态系统至少有一个稳定点  $E_1(0,0,0)$ , 且满足  $R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2 > 0$ , 则系统有唯一的稳定点  $E_1(0,0,0)$ 。

证明: 由表 2 知, 当  $S + U_1 + B_2 - C_i - L < 0$  时, 显然满足条件①, 不满足条件②和③, 而条件④和⑤暂无法判断, 即  $E_1(0,0,0)$  为复制动态系统的稳定点,  $E_2(1,0,0)$  和  $E_5(1,1,0)$  为复制动态系统的不稳定点,  $E_7(0,1,1)$  和  $E_8(1,1,1)$  的稳定性不能确定, 故复制动态系统至少有一个稳定点  $E_1(0,0,0)$ ; 若同时满足  $R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2 > 0$ , 则当  $R_2 - R_1 - W + C_1 - C_2 > S > 0$  时, 不满足条件④和⑤, 即  $E_7(0,1,1)$  和  $E_8(1,1,1)$  为系统的不稳定点; 故系统有唯一的稳定点  $E_1(0,0,0)$ 。

推论 8. 当  $C_i - U_1 - B_2 < 0, R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2 < 0, G_3 - G_1 + T < 0$  时, 复制动态系统至少有一个稳定点  $E_8(1,1,1)$ , 且满足  $S + C_2 - C_1 > 0, S + U_1 + B_2 - C_i - L > 0$ , 则系统有唯一的稳定点  $E_8(1,1,1)$ 。

证明: 由表 2 知, 当  $C_i - U_1 - B_2 < 0, R_2 - R_1 - W - S + C_1 - C_2 < 0, G_3 - G_1 + T < 0$  时, 显然满足条件⑤, 不满足条件③和④, 而条件①和②暂无法判断, 即  $E_8(1,1,1)$  为复制动态系统的稳定点,  $E_5(1,1,0)$  和  $E_7(0,1,1)$  为复制动态系统的不稳定点,  $E_1(0,0,0)$  和  $E_2(1,0,0)$  的稳定性不能确定, 故复制动态系统至少有一个稳定点  $E_8(1,1,1)$ ; 若同时满足  $S + C_2 - C_1 > 0, S + U_1 + B_2 - C_i - L > 0$ , 则不满足条件①和②, 即  $E_5(1,1,0)$  和  $E_7(0,1,1)$  为系统的不稳定点; 故系统有唯一的稳定点  $E_8(1,1,1)$ 。

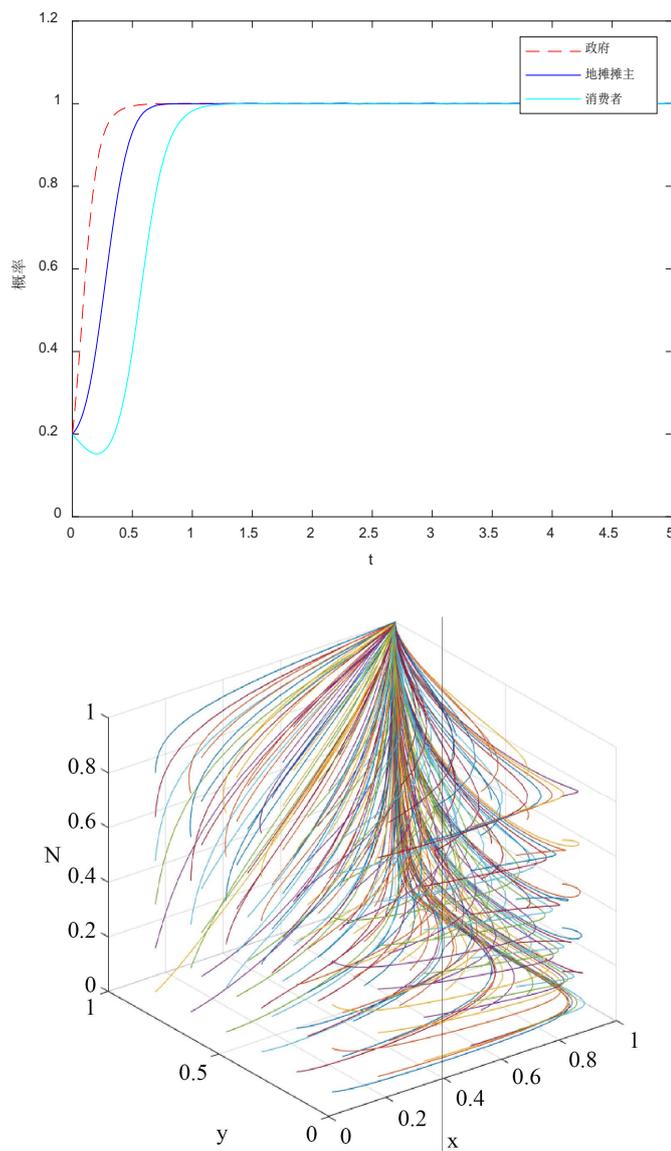
#### 4. 三方演化博弈中最优结果的数值仿真

通过以上的分析知, 最优的演化结果是: 政府选择监管、地摊摊主选择合规摆摊和消费者选择地摊摊主, 即  $(x=1, y=1, z=1)$ 。而影响政府选择监管、地摊摊主选择合规摆摊和消费者选择地摊摊主的因素很多, 由推论 2、推论 4 和推论 6 知, 政府选择监管的概率与因监管而得到的形象收益、选择不监管而

带来的损失成正相关，与监管成本、补贴成负相关，与政府对违规摆摊摊主处罚的关系与多方面有关。地摊摊主选择合规摆摊的概率与地摊摊主选择合规摆摊成本、选择违规摆摊所获得的收益成负相关，与合规摆摊所获得的收益、违规摆摊所需成本、以及违规摆摊导致的客户流失、政府处罚成正相关。消费者选择地摊摊主的概率与消费者选择合规摊主所获得的收益、违规摊主所获得的收益成正相关，与选择违规摊主导致的损失、选择商店得到的质量保证收益、价格收益成负相关。这三个推论只是清晰表明一些因素与各个主体的关系，并没有详细说明因素之间的影响程度，所以，本节主要是讨论几个具体的因素对各个主体产生的影响程度。先给定满足条件⑤的各个参数的具体数值，即

$$C_1 = 8, B_2 = 2, U_1 = 20, L = 7, S = 10, C_1 = 8, C_2 = 6, R_1 = 5, R_2 = 3, W = 8, T = 2, G_1 = 15, G_2 = 2, G_3 = 4, Q = 3,$$

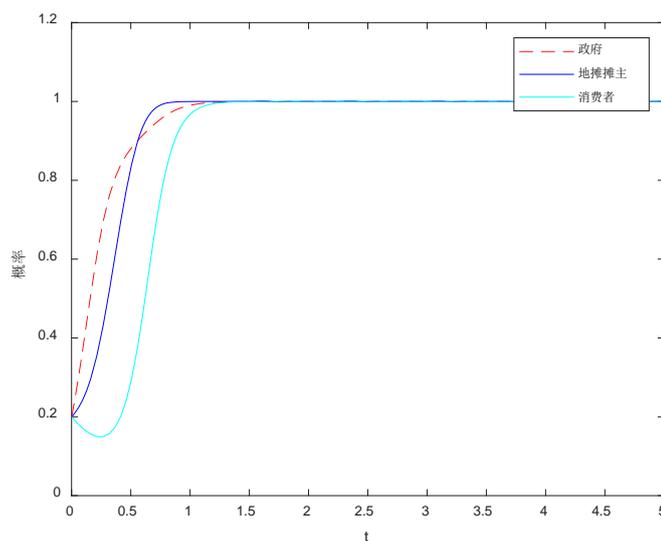
且  $x, y, z$  的初始值都为 0.2，利用 Matlab2018b 进行仿真，其演化结果如图 5 所示。



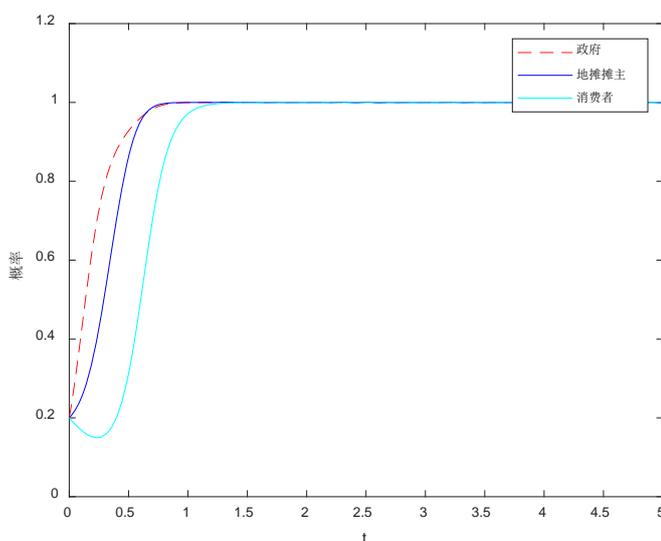
**Figure 5.** Optimal results of tripartite evolutionary game  
**图 5.** 三方演化博弈的最优结果

由图 5 知, 随着时间的增加, 政府选择监管、地摊摊主选择合规摆摊和消费者选择地摊摊主的概率最终都会趋向 1。即, 当政府监管的成本与不监管所带来的损失之差小于因监管所获得的形象收益时, 政府会倾向于选择监管策略; 当地摊摊主违规摆摊所获得的收益与合规摆摊所获得的收益、违规摆摊导致的客户流失和被政府处罚之差小于违规摆摊的成本与合规摆摊的成本之差时, 地摊摊主会倾向于选择合规摆摊策略; 当消费者选择商店的质量收益与价格收益之和小于选择合规摆摊摊主的收益时, 消费者会倾向于选择地摊摊主策略。

在其他参数不变的前提下, 单独增加政府监管成本和补贴(都是增加 7)时, 三方演化的结果如图 6 所示。由图 6 知, 当增加监管成本或补贴时, 政府越慢到达最优结果, 并且单独增加监管成本要比单独增加补贴时政府更慢到达最优结果。



(a) 增加监管成本

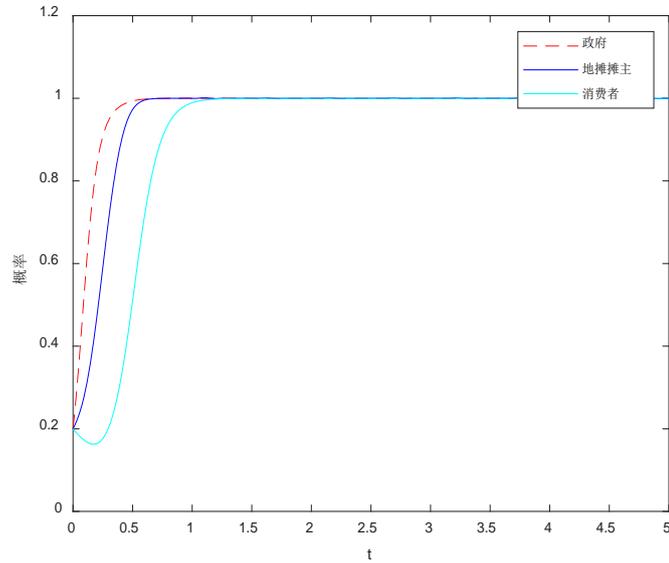


(b) 增加补贴

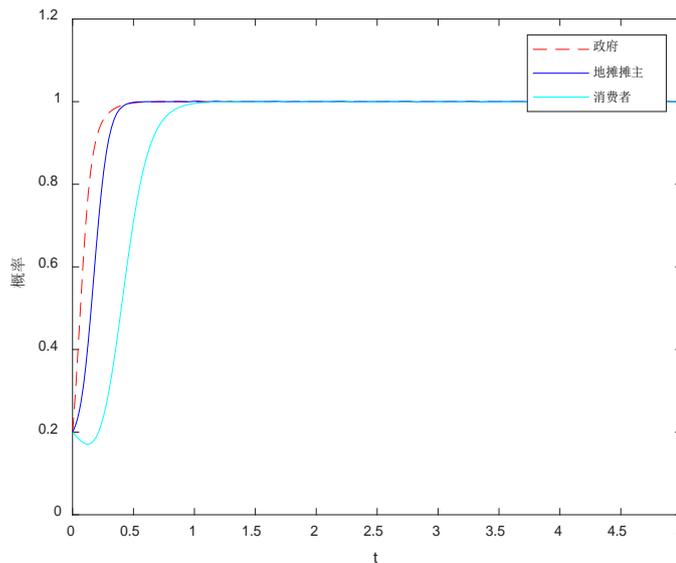
**Figure 6.** Optimal results of a tripartite evolutionary game when the regulatory costs and subsidies are increased independently

**图 6.** 监管成本、补贴单独增加时三方演化博弈的最优结果

在其他参数不变的前提下，单独增加合规摆摊收益和违规摆摊处罚(都是增加 7)时，三方演化的结果如图 7 所示。由图 7 知，当增加合规摆摊收益或违规摆摊处罚时，地摊摊主越快到达最优结果，并且单独增加违规摆摊处罚要比单独增加合规摆摊收益时地摊摊主更快达到最优结果。



(a) 增加合规摆摊收益



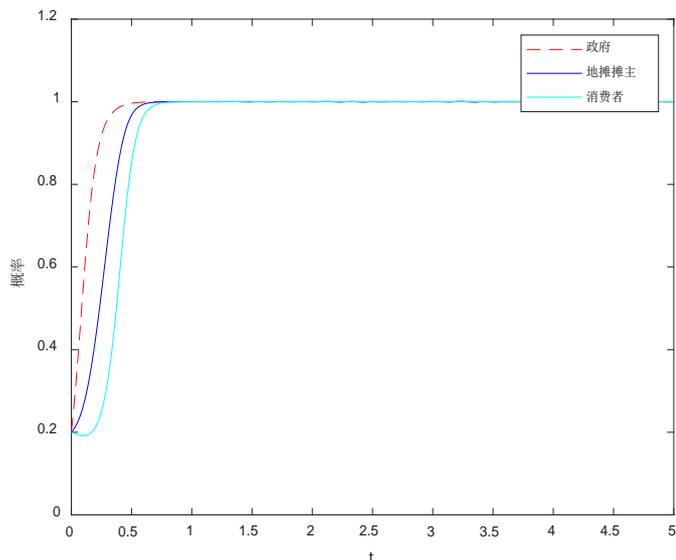
(b) 增加违规摆摊处罚

**Figure 7.** Optimal results of the tripartite evolutionary game when the benefits of compliance stalls and illegal stall penalties are increased independently

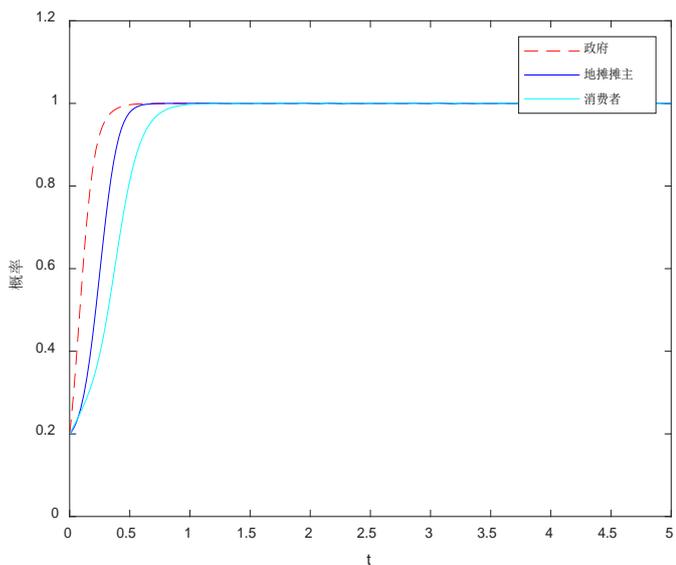
**图 7.** 合规摆摊收益、违规摆摊处罚单独增加时三方演化博弈的最优结果

在其他参数不变的前提下，单独增加消费者选择合规摆摊的收益和违规摆摊的收益(都是增加 7)时，三方演化的结果如图 8 所示。由图 8 知，当增加消费者选择合规摆摊的收益或违规摆摊的收益时，消费

者越快到达最优结果，并且单独增加消费者选择合规摆摊的收益要比单独增加消费者选择违规摆摊的收益时消费者更快达到最优结果。



(a) 增加消费者选择合规摆摊的收益



(b) 增加消费者选择违规摆摊的收益

**Figure 8.** Optimal results of a tripartite evolutionary game when consumers choose the benefits of compliant stalls and the benefits of illegal stalls increase independently

**图 8.** 消费者选择合规摆摊的收益和违规摆摊的收益单独增加时三方演化博弈的最优结果

## 5. 总结

基于局中人都是有限理性的前提下，对地摊经济中主要涉及的政府、地摊摊主和消费者建立了三方演化博弈，用复制动力学等知识详细分析了三者对地摊经济推广的策略选择的演化过程，并利用 Matlab

软件对三方演化系统中最优结果进行数值仿真。结果表明：当形象收益和不监管损失增大、监管成本和补贴降低时，政府倾向于选择监管；当合规摆摊成本和违规摆摊收益降低、合规摆摊收益和违规摆摊成本增大、违规摆摊导致的客户流失和政府处罚增大时，地摊摊主倾向于选择合规摆摊；当消费者选择合规摊主所获得的收益和违规摊主所获得的收益增大、选择违规摊主导致的损失降低、选择商店得到的质量保证收益和价格收益降低时，消费者倾向于选择地摊摊主。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(12061020)，贵州省教育厅科学基金(黔科合 KY 字[2021] 088 号)，贵州省科技厅科学基金(黔科合基础[2019] 1123 号，黔科合基础-ZK [2021]一般 331)，贵州大学引进人才基金(No. 201811)资助项目。

## 参考文献

- [1] 吴丹丹. 适度发展“地摊经济”缓解就业难问题[J]. 资治文摘(管理版), 2009(6): 7, 40.
- [2] 杨世伟, 尹晶晶. 新时期促进地摊经济持续健康发展的思考[J]. 中国发展, 2020, 20(4): 36-40.
- [3] 肖岚. 地摊经济的影响及对策分析[J]. 中国管理信息化, 2020, 23(22): 178-179.
- [4] 李金霞. 扎根理论视角下中国地摊经济兴起的影响因素研究——以太原市榆次区为例[J]. 生产力研究, 2020(11): 90-93, 125.
- [5] Von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944) *The Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton.
- [6] Nash, J.F. (1951) Noncooperative Games. *Annals of Mathematics*, **54**, 289-295. <https://doi.org/10.2307/1969529>
- [7] Anderlini, L. and Canning, D. (2001) Structural Stability Implies Robustness to Bounded Rationality. *Journal of Economic Theory*, **101**, 395-422. <https://doi.org/10.1006/jeth.2000.2784>
- [8] 俞建. 博弈论与非线性分析[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [9] 丘小玲, 彭定涛, 王春, 陈拼博. 关于平衡问题的有限理性与良性[J]. 应用数学学报, 2017, 40(2): 179-191.
- [10] Qiu, X.L., Jia, W.S. and Peng, D.T. (2018) An Approximate Theorem and Generic Convergence for Equilibrium Problems. *Journal of Inequalities and Applications*, **2018**, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13660-018-1617-y>
- [11] 贺海龙. 非营利组织领导者行为研究——基于西蒙的决策理论[J]. 中国管理信息化, 2019, 22(4): 102-103.
- [12] Jia, W.S., Qiu, X.L. and Peng, D.T. (2020) An Approximation Theorem for Vector Equilibrium Problems under Bounded Rationality. *Mathematics*, **8**, 45-64. <https://doi.org/10.3390/math8010045>
- [13] Smith, J. and Price, G. (1973) The Logic of Animal Conflict. *Nature*, **246**, 15-18. <https://doi.org/10.1038/246015a0>
- [14] Taylor, P.D. and Jonker, L.B. (1978) Evolutionary Stable Strategies and Game Dynamics. *Mathematical Biosciences*, **40**, 145-156. [https://doi.org/10.1016/0025-5564\(78\)90077-9](https://doi.org/10.1016/0025-5564(78)90077-9)
- [15] Schuster, P. and Sigmund, K. (1983) Replicator Dynamics. *Journal of Theoretical Biology*, **100**, 533-538. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(83\)90445-9](https://doi.org/10.1016/0022-5193(83)90445-9)
- [16] 李壮阔, 吕亚兰. 考虑公众参与的 PPP 合作演化博弈研究[J]. 系统科学学报, 2020, 28(1): 72-77. <https://doi.org/10.37544/1618-193X-2020-01-02-28>
- [17] 张一林, 马慧民. 基于演化博弈论的环卫自律组织激励机制研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(4): 115-121.
- [18] 卢安文, 何洪阳. 互联网信息服务多元共治模式的作用机制研究——基于多参数影响的演化博弈视角[J]. 中国管理科学, 2021, 29(3): 210-218.
- [19] 崔萌. 协同治理背景下环保信用监管的三方演化博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(3): 713-726.
- [20] 乔根·W·威布尔. 演化博弈论[M]. 王永钦, 译. 上海: 格致出版社, 2015.
- [21] 谢识予. 有限理性条件下的进化博弈理论[J]. 上海财经大学学报, 2001(5): 3-9.
- [22] 谢识予. 经济博弈论[M]. 第 4 版. 上海: 复旦大学出版社, 2017.
- [23] 王先甲, 全吉, 刘伟兵. 有限理性下的演化博弈与合作机制研究[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(S1): 82-93.
- [24] Ritzberger, K. and Weibull, J.W. (1995) Evolutionary Selection in Normal-Form Games. *Econometrica: Journal of the*

---

*Econometric Society*, **63**, 1371-1399. <https://doi.org/10.2307/2171774>

- [25] Friedman, D. (1991) A Simple Testable Model of Double Auction Markets. *Journal of Economic Behavior and Organization*, **15**, 47-70. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(91\)90004-H](https://doi.org/10.1016/0167-2681(91)90004-H)