

柳键 张晋莉.共享电单车投放策略的演化分析 [J].江西师范大学学报(自然科学版); 2023 47(5): 506-512.

LIU Jian ZHANG Jinli.The evolutionary analysis on volume strategies of shared electric bikes [J].Journal of Jiangxi Normal University (Natural Science) 2023 47(5): 506-512.

文章编号: 1000-5862(2023) 05-0506-07

共享电单车投放策略的演化分析

柳 键¹ 张晋莉^{1 2*}

(1.江西财经大学信息管理学院 江西 南昌 330013; 2.南昌工程学院工商管理学院 江西 南昌 330099)

摘要: 该文通过构建政府部门与共享电单车运营商以及共享电单车运营商与用户 2 组博弈模型,具体分析了模型的长期演化过程,得到运营商在不同情形下的投放策略,并通过数值仿真验证了模型的正确性.研究结果发现:共享电单车的合理投放离不开政府部门的监管和用户的支持,政府部门对运营商的罚款不能代替政府部门监管,但可以有效地调节系统的演化方向.同时发现:参与人的效用应包含直接收益和综合收益,且直接收益最大化不应作为决策依据.

关键词: 共享电单车; 政府监管; 投放策略; 演化博弈

中图分类号: F 272

文献标识码: A

DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2023.05.10

0 引言

共享电单车是城市出行的新选择,有效地完善了城市交通系统,一经问世就得到了广大用户的喜爱与支持,而共享电单车的疯狂扩张式的过量投放又带来了新的问题.如:共享电单车的过量投放造成了城市拥堵,不规范停车又导致了交通混乱,甚至有一些用户对电单车私自上锁,方便了自己却使电单车失去了共享的意义.此外,在上下班高峰期间,还会有大量的共享电单车涌向机动车道,而用户本身没有接受过良好的骑行教育,甚至不具备骑行技能,这造成了有关共享电单车的交通事故频发.这些交通乱象导致许多地方政府出台了相关的政策以限制共享电单车在当地的发展^[1-2],并对运营商违规扩张开出了罚单^[3].由此可见共享电单车一方面方便了广大用户,其便捷性深受大众的喜爱,另一方面造成了新的城市出行问题,而这些出行问题一时间又难以解决.

共享电单车是在共享单车的基础上发展起来的.共享单车从遍地开花到多地出现共享单车“坟场”.究其原因跟其过量投放是分不开的,各家共享单车运营商几乎都经历了从“跑马圈地”到惨败退出的过程.因此,政府部门应该总结吸收共享单车发展的经验教训,设立良好的监管制度,保证共享电单车的合理投放与健康发展.

就现有文献来看,有关共享电单车的研究较少.聂帅钧^[4]从宏观调控和微观规制 2 个方面研究了政府部门对共享电单车的监管问题,指出政府部门应从监管依据、监管主体、监管原则、监管措施等 4 个方面构建完善的监管体系.柳键等^[5]研究了在社交媒体的监督下共享电单车运营商与骑行用户的策略选择.刘利枚等^[6]对共享电单车的回收管理以及供应商的选择进行了相关研究.有关共享出行的投放研究主要集中在共享单车上.刘永贤等^[7]对共享单车过量投放带来的城市治理问题进行了研究,提出了政府部门、共享单车平台企业和居民用户 3 方共治共享的协同治理建议.赵菊等^[8]从公共管理的角度对在政府监管下的共享单车的投放问题进

收稿日期: 2023-03-27

基金项目: 国家自然科学基金(72162018) ,江西省高校人文社会科学研究课题(GL19247 ,GL20136 ,GL21230) 和江西财经大学研究生创新专项资金课题(2019-22) 资助项目.

作者简介: 柳 键(1964—),男,湖南浏阳人,教授,博士,博士生导师,主要从事物流与供应链管理研究. E-mail: liujian3816@ 263.net.

通信作者: 张晋莉(1984—),女,山西忻州人,讲师,博士研究生,主要从事物流与供应链管理、共享经济、平台经济的研究. E-mail: ZHANG-jl@ nit.edu.cn

行了研究.谭春桥等^[9]研究了随机环境下在寡头竞争市场中共享单车投放数量.翟永等^[10]分析了无桩共享单车的性质,采用马尔可夫随机过程的数学方法研究共享单车的投放问题.汪慎文等^[11]、Shu Jia 等^[12]对共享单车的调度问题进行了研究.少数学者用演化博弈方法对共享单车领域进行了相关研究^[13-14].演化博弈起源于生物学,现广泛应用于运营决策^[15-17]、产品品质监管^[18-20]等领域中.

与上述研究不同的是,本文主要采用演化博弈方法对共享单车的投放及健康发展进行了研究.从宏观层面上分析用户的骑行行为、共享单车运营商的投放策略以及政府部门在共享单车发展中所起的作用;从微观层面上具体分析影响参与人效用的因素,并分析各因素的内在联系,建立相应的博弈模型.

综上所述,共享单车的发展是政府部门需要关注的出行问题,也是学术研究的薄弱之地.政府部门、运营商及骑行用户都是影响共享单车发展的重要参与者.纵观现有研究,学者们对其研究较少,且集中在定性分析上,基本没有涉及数理分析参与人行为的研究.因此,本文拟通过构建“政府部门—共享单车运营商”和“共享单车运营商—骑行用户”之间的演化博弈模型,从效用的角度来探讨在共享单车发展过程中博弈各方的策略,分析共享单车的投放问题,促进共享单车的健康发展以便捷城市出行.

1 政府部门与共享单车运营商的博弈分析

1.1 “政府部门—运营商”博弈模型的基本假设

本研究假设政府部门和共享单车运营商均为有限理性人,政府部门对共享单车运营商有监管与放任 2 个策略.政府部门的监管策略指的是:政府部门对运营商的投放行为实施监管,规范运营商的投放行为,使运营商的运营行为符合公众的需求.不过量投放,保证城市交通系统的顺畅.政府部门的放任策略指的是:对共享单车的运营商的投放策略不约束,由运营商自行规划电单车在各区域内的投放.鉴于实际情况,运营商往往会采用“跑马圈地”的策略,加大共享单车的投放量.这样一来,势必会扩大自身的市场规模,同时也加大了运营商之间的恶性竞争,道路安全受到威胁,城市交通加剧混乱.共享单车运营商的策略为合理投放策略和过量投放策略.当运营商选择合理投放策略时,政府的公信力会提高,环境被美化,出行方便.当运营商选择过量投放策略时,运营商会按照自身的需求

投放电单车,这势必造成共享单车非法占用城市公共区域,并且,过量投放的电单车会涌向机动车道,造成新的交通问题.假设运营商实施合理投放策略的概率为 x ($0 \leq x \leq 1$),则运营商采用过量投放策略的概率为 $1-x$.政府部门实施监管的概率为 y ($0 \leq y \leq 1$),则政府部门选择放任策略的概率为 $1-y$.

1) 当运营商选择合理投放策略且政府部门选择监管策略时 2 者的收益分别为 I_1+I_0 和 I_3-C_1 .运营商在合理投放电单车时可获得 I_1 的直接收益.同时,运营商的合理投放行为优化了城市出行,维护了社会交通秩序,方便了大众出行,提高了政府的形象,增加了政府收益 I_3 .并且,运营商的行为会得到社会及政府的认可,政府会增加电单车的停车位,运营商可获得政府支持的间接收益 I_0 .政府对运营商实施监管,需要付出 C_1 的监管成本.

2) 当运营商选择过量投放策略且政府部门选择监管策略时 2 者的收益分别为 I_2-P-L_2 和 $P-C_1-L_1$.其中 I_2 为运营商在采取过量投放策略时带来的规模收益.运营商在过量投放时获得的直接收益会高于在合理投放时的直接收益,即 $I_2>I_1$.由于运营商不配合政府部门的监管,所以政府部门会对其加以处罚 P ,并将罚款作为财政收入.运营商的扩张行为会带来城市交通拥堵,这增加了道路不安全因素以及交通事故等,并给政府带来的形象损失为 L_1 .同时,盲目扩张行为会使自己的形象受损,受损收益为 L_2 .

3) 当运营商选择合理投放策略且政府部门选择放任策略时 2 者的收益分别为 I_1 和 0.政府部门在选择放任策略时不会对运营商合理投放行为加以肯定,运营商的效用只有合理投放带来的直接收益 I_1 .由于运营商能够合理投放共享单车,所以政府部门的监管行为并不会带来不良的社会影响,政府部门的效用为 0.

4) 在运营商选择过量投放策略且政府部门选择放任策略时 2 者的收益分别为 I_2-L_2 和 $-L_1$.运营商过量投放策略带来的社会问题和交通问题会彰显出来,同时,造成了政府部门形象损失 L_1 .

根据以上假设,得到政府部门与共享单车运营商博弈的收益矩阵(见表 1).

表 1 政府部门与共享单车运营商博弈的收益矩阵

		政府部门	
		监管(y)	放任($1-y$)
运营 商	合理投放(x)	I_1+I_0 I_3-C_1	I_1 0
	过量投放($1-x$)	I_2-P-L_2 $P-C_1-L_1$	I_2-L_2 $-L_1$

1.2 “政府部门—运营商”博弈模型的复制动态方程

1.2.1 运营商投放策略的演化稳定性分析 根据模型假设和博弈收益矩阵可知,当运营商采用合理投放策略时,运营商的期望收益为

$$E_x = y(I_1 + I_0) + (1-y)I_1,$$

当运营商采用过量投放策略时,运营商的期望收益为

$$E_{1-x} = y(I_2 - P - L_2) + (1-y)(I_2 - L_2),$$

则运营商的期望收益为

$$\bar{E}_x = xE_x + (1-x)E_{1-x}.$$

由 Malthusian 的动态方程可得,运营商采用合理投放策略的复制动态方程为

$$F(x) = dx/dt = x(E_x - \bar{E}_x) = x(1-x)(y(I_0 + P) + (I_1 - I_2 + L_2)), \quad (1)$$

令 $F(x) = 0$ 得 $x=0$ $x=1$ $y^* = (I_2 - L_2 - I_1) / (P + I_0)$. $F(x)$ 对 x 求导,有

$$F'(x) = (1-2x)(y(I_0 + P) + (I_1 - I_2 + L_2)).$$

当 $y=y^*$ 时, $\forall x \in [0, 1]$ 都有 $F(x) = 0$, 即任一 x 都是稳定状态; 当 $y \neq y^*$ 时, $x=0$ 和 $x=1$ 都是可能的稳定状态, 具体结果取决于 $y(I_0 + P) + (I_1 - I_2 + L_2)$ 的正负, 分 2 种情况讨论:

1) 当 $y(I_0 + P) + (I_1 - I_2 + L_2) > 0$ (即 $y > y^*$) 时, 有 $F'(0) > 0$ $F'(1) < 0$, 即运营商合理投放是唯一的演化稳定策略(ESS).

2) 当 $y(I_0 + P) + (I_1 - I_2 + L_2) < 0$ (即 $y < y^*$) 时, 有 $F'(0) < 0$ $F'(1) > 0$, 即运营商过量投放是唯一的演化稳定策略.

1.2.2 政府部门监管策略的演化稳定性分析 与前述分析类似, 政府部门采用监管策略的复制动态方程为

$$F(y) = dy/dt = y(E_y - \bar{E}_y) = y(1-y)((I_3 - P)x + P - C_1), \quad (2)$$

令 $F(y) = 0$ 得 $y=0$ $y=1$ $x^* = (P - C_1) / (P - I_3)$. 将 $F(y)$ 对 y 求导, 有

$$F'(y) = (1-2y)((I_3 - P)x + P - C_1).$$

当 $x=x^*$ 时, $\forall y \in [0, 1]$ 都有 $F(y) = 0$, 即任一 y 都是稳定状态; 当 $x \neq x^*$ 时, $y=0$ 和 $y=1$ 都是可能出现的稳定状态, 具体取决于 $(I_3 - P)x + P - C_1$ 的正负, 分 2 种情况讨论:

1) 当 $(I_3 - P)x + P - C_1 > 0$ 时, 若 $I_3 - P > 0$, 即 $x > x^*$, 则有 $F'(0) > 0$ $F'(1) < 0$; 若 $I_3 - P < 0$, 即 $x < x^*$,

则有 $F'(0) > 0$ $F'(1) < 0$. 政府部门对运营商进行监管是唯一的演化稳定策略.

2) 当 $(I_3 - P)x + P - C_1 < 0$ 时, 若 $I_3 - P > 0$, 即 $x < x^*$, 则有 $F'(0) < 0$ $F'(1) > 0$; 若 $I_3 - P < 0$, 即 $x > x^*$, 则有 $F'(0) < 0$ $F'(1) > 0$. 政府部门对运营商采用放任策略是唯一的演化稳定策略.

综合对复制动态方程(1)和(2)的分析可得由政府部门与运营商组成的动力系统 S_1 的相位图(见图1和图2).

命题1 当政府部门采用较大的惩罚力度($P > I_3$)时, 政府部门与运营商都没有稳定的策略选择, 系统不会处于稳定状态.

图1说明: 当政府部门的惩罚力度较大时, 对运营商过量投放的罚款超过运营商合理投放带给政府部门的收益, 政府部门和运营商的行动在长期的演化中不会趋于稳定. 政府部门通过加大惩罚措施并不能使运营商合理投放共享单车, 即政府部门通过惩罚来激励运营商的投放管理并不能达到理想的效果, 用惩罚来替代监管是不合适的. 其原因在于: 当惩罚力度较大时, 政府部门会采用放任策略, 放松监管, 用惩罚代替监管; 此时, 运营商便会产生投机心理选择过量投放. 政府部门意识到运营商的过量投放行为, 又不得不进行监管. 2者在长期的演化中不会采用稳定的策略. 深入分析可知: 1) 较高的罚款增加了政府的收入, 同时也增加了运营商的负担, 对政府部门而言, 罚款降低了政府部门采用监管的动力, 政府部门会选择放任策略; 2) 对于运营商而言, 运营商面对高额的罚款会选择合理投放, 而政府部门的放任策略又会让运营商选择投机过量投放, 因此, 系统最终不会收敛于任意一点, 也即政府部门和运营商在长期的演化中不会有稳定的策略组合. 这并不利于共享单车的发展. 因此, 政府部门不应设置过高的罚款, 即 $P < I_3$. 政府部门应设置合理的罚款力度, 避免将罚款作为监管的目的, 应把罚款作为调整系统演化方向的措施(见图2).

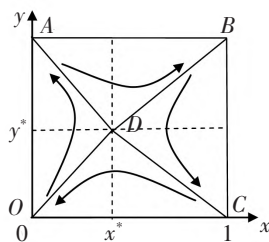
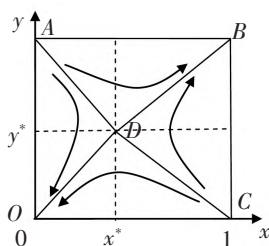


图1 当 $I_3 - P < 0$ 时, 系统 S_1 的相位图

图2 当 $I_3 - P > 0$ 时, 系统 S_1 的相位图

命题2 当政府部门的惩罚力度适中 ($P < I_3$) 时, 政府部门和运营商在长期演化过程中会趋向于2类行动组合: (放任, 过量投放) 和 (监管, 合理投放), 系统的演化趋势取决于鞍点 $D(x^*, y^*)$ 的位置.

系统最终的演化方向与鞍点 $D(x^*, y^*)$ 的位置有关. 因为 $x^* \in [0, 1]$, 所以 $P - I_3 < P - C_1 < 0$. 又因为 $y^* \in [0, 1]$, 所以 $0 < I_2 - L - I_1 < P + I_0$. 在图2中, $S_{ABCD} + S_{AOCD} = 1$, 其中 $S_{ABCD} = ((1 - x^*) + (1 - y^*)) / 2$, $S_{AOCD} = (x^* + y^*) / 2$. 当 $S_{ABCD} < S_{AOCD}$ (即 $x^* + y^* > 1$) 时, 系统的演化稳定策略会趋向于 (放任, 过量投放); 当 $S_{ABCD} > S_{AOCD}$ (即 $x^* + y^* < 1$) 时, 系统的演化稳定策略会趋向于 (监管, 合理投放).

命题3 很多因素会影响系统 S_1 的演化方向. 增加运营商合理投放带来的直接收益 I_1 和间接收益 I_0 、降低运营商过量投放带来的规模收益 I_2 、降低政府部门的监管成本 C_1 、适当的惩罚 P 都可以使系统向 (监管, 合理投放) 演化.

证 S_{ABCD} 分别对 I_0, I_1, I_2, C_1, P 求1阶偏导数可得:

$$\partial S_{ABCD} / \partial I_0 = (I_2 - L - I_1) / (2(P + I_0)^2) > 0,$$

$$\partial S_{ABCD} / \partial I_1 = 1 / (2(P + I_0)) > 0,$$

$$\partial S_{ABCD} / \partial I_2 = -1 / (2(P + I_0)) < 0,$$

$$\partial S_{ABCD} / \partial C_1 = 1 / (2(P - I_3)) < 0,$$

$$\partial S_{ABCD} / \partial P = (I_3 - C_1) / (2(I_3 - P)^2) + (I_2 - L - I_1) / (2(P + I_0)^2) > 0.$$

1.3 系统 S_1 的数值仿真实验

前面运用演化博弈的思想对政府部门和运营商的行为演化做了理论研究, 接下来运用 Matlab 对2者的行为演化过程进行数值仿真, 并对前文理论进行验证.

在不影响分析结果的前提下, 根据各数据的内在相关性, 本文将运营参数统一化赋值, 参数设置具体如下: $P = 9, C_1 = 10, I_0 = 7, I_1 = 15, I_2 = 25, I_3 = 12, L_2 = 2$, 满足 $P - I_3 < 0$. 此时 $x^* = (P - C_1) / (P - I_3) = 1/3, y^* = (I_2 - L_2 - I_1) / (P + I_0) = 1/2$. 取初始状态 $x_0 = 0.5, y_0 = 0.5$, 模拟政府部门和运营商策略选择的动态演化过程. 模拟结果如图3所示.

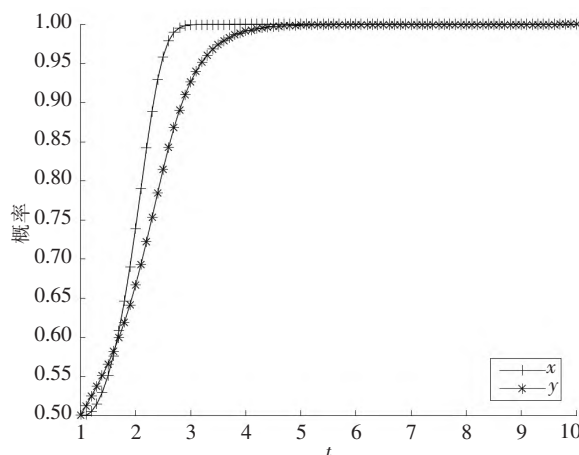


图3 政府部门与运营商策略选择的模拟结果

由此可见, ESS 是政府部门设置合理的罚款并对运营商实施监管且运营商采用合理投放策略.

2 共享单车运营商与用户的博弈分析

2.1 “运营商—用户”博弈模型的基本假设

假设共享单车运营商和用户均为有限理性人. 如前所述, 运营商的策略为合理投放和过量投放. 对于运营合理投放共享单车的行为, 骑行用户有支持和不支持2种策略. 用户的支持配合策略指的是: 用户在运营商指定区域内停车还车, 按照运营商的《使用指南》规范用车、爱惜车辆等行为. 用户的支持配合策略会增加电单车使用率, 延长使用寿命, 提高了用户需求和电单车供给的匹配率, 减少了运营商的运营成本, 同时也会便捷其他用户. 用户的不支持策略指的是: 用户为方便自己用车, 在非规划区域内随意停车还车, 甚至私自上锁、占用公共资源、造成共享单车使用率下降等. 假设运营商合理投放电单车的概率为 α ($0 \leq \alpha \leq 1$), 运营商选择过量投放策略的概率为 $1 - \alpha$; 用户支持运营商合理投放电单车策略的概率为 β ($0 \leq \beta \leq 1$), 用户选择不支持策略的概率为 $1 - \beta$.

1) 当运营商选择合理投放策略且用户选择支持策略时, 2者的收益分别为 $I_1 + I_0$ 和 $E_1 - C_2 + I_5$. 与前述假设一致, 共享单车运营商在采用合理投放策略时可为自身带来 I_1 的直接收益, 并为用户带来 E_1 的净收益. 用户在支持运营商合理投放时会在指定区域内还车, 需要花费的成本为 C_2 . 运营商为了鼓励用户的支持行为会给予用户 I_5 的奖励. 运营商的合理投放行为减少了道路拥挤, 提高了城市出行的便捷性, 获得公众及社会的认可, 并带来 I_0 的形象收益.

2) 当运营商选择合理投放策略且用户选择不

支持策略时 2 者的收益分别为 I_1 和 $E_1+I_6-L_3$. 用户在不支持运营商合理投放策略时会选择乱停乱放共享单车、随意占道、私自上锁等不良行为,从而导致交通混乱,公共用地被侵占,这样提高了用户的便捷性,获得 I_6 的便捷收益,但是同时会面临罚款、降低信用等级等惩罚措施,给自身带来潜在损失 L_3 .

3) 当运营商选择过量投放策略且用户选择支持合理投放策略时 2 者的收益分别为 I_2-P-L_4 和 E_2-C_2 . 共享单车运营商在采取过量投放策略时会带给用户的净收益为 E_2 . 与前述假设一致,运营商的过量投放会给自身带来 I_2 的规模收益($I_2>I_1$),同时也面临政府的罚款 P . 在用户支持运营商合理投放的情形下,运营商的过量投放行为会带来 L_4 的形象损失.

4) 当运营商选择过量投放策略且用户选择不支持合理投放策略时 2 者的收益分别为 I_2-P 和 E_2+I_6 . 用户在不支持合理投放电单车策略时会认可运营商的过量投放行为,运营商的过量投放行为不会造成自身的形象损失. 同时,运营商在采取过量投放策略时不会对用户的骑行行为加以约束,即不会对用户实施惩罚,用户依然可获得 I_6 的便捷收益.

根据以上模型的基本假设,得到共享单车运营商与用户的博弈收益矩阵(见表 2).

表 2 共享单车运营商与用户博弈的收益矩阵

		用户	
		支持(β)	不支持($1-\beta$)
运营 商	合理投放(α)	$I_1+I_0, E_1-C_2+I_5$	$I_1, E_1+I_6-L_3$
	过量投放($1-\alpha$)	I_2-P-L_4, E_2-C_2	I_2-P, E_2+I_6

2.2 “运营商—用户”博弈模型的复制动态方程

2.2.1 运营商投放策略的演化稳定性分析 运营商采取合理投放策略的复制动态方程为

$$F(\alpha) = d\alpha/dt = \alpha(E_\alpha - \bar{E}_\alpha) = \alpha(1-\alpha)(\beta(I_0+L_4) + (I_1-I_2+P)) \quad (3)$$

令 $F(\alpha) = 0$ 得 $\alpha=0, \alpha=1, \beta^* = (I_2-P-I_1)/(L_4+I_0)$. $F(\alpha)$ 对 α 求导, 可得

$$F'(\alpha) = (1-2\alpha)(\beta(I_0+L_4) + (I_1-I_2+P)).$$

当 $\beta=\beta^*$ 时, 任一 α 都是稳定状态; 当 $\beta \neq \beta^*$ 时 $\alpha=0$ 和 $\alpha=1$ 都是可能的稳定状态, 具体结果取决于 $\beta(I_0+L_4) + (I_1-I_2+P)$ 的正负. 分 2 种情况讨论:

1) 当 $\beta(I_0+L_4) + (I_1-I_2+P) > 0$ (即 $\beta > \beta^*$) 时, 有 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$, 即运营商选择合理投放策略是唯一的演化稳定策略.

2) 当 $\beta(I_0+L_4) + (I_1-I_2+P) < 0$ (即 $\beta < \beta^*$) 时, 有 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$, 即运营商采用过量投放策略是唯一的演化稳定策略.

2.2.2 用户支持策略的演化稳定性分析 用户支持合理投放策略的复制动态方程为

$$F(\beta) = d\beta/dt = \beta(\bar{E}_\beta - E_\beta) = \beta(1-\beta)(\alpha(I_5+L_3) - I_6-C_2) \quad (4)$$

令 $F(\beta) = 0$ 得 $\beta=0, \beta=1, \alpha^* = (I_6+C_2)/(L_3+I_5)$. $F(\beta)$ 对 β 求导, 可得

$$F'(\beta) = (1-2\beta)(\alpha(I_5+L_3) - I_6-C_2).$$

当 $\alpha=\alpha^*$ 时, 任一 β 都是稳定状态; 当 $\alpha \neq \alpha^*$ 时 $\beta=0$ 和 $\beta=1$ 都是可能出现的稳定状态, 具体结果取决于 $\alpha(I_5+L_3) - I_6-C_2$ 的正负. 分 2 种情况讨论:

1) 当 $\alpha(I_5+L_3) - I_6-C_2 > 0$ (即 $\alpha > \alpha^*$) 时, 有 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$, 即运营商采用合理投放是唯一的演化稳定策略.

2) 当 $\alpha(I_5+L_3) - I_6-C_2 < 0$ (即 $\alpha < \alpha^*$) 时, 有 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$, 即运营商采用过量投放策略是唯一的演化稳定策略.

综合对复制动态方程(3)和(4)的分析可得由运营商与用户组成的动力系统 S_2 的相位图(见图 4).

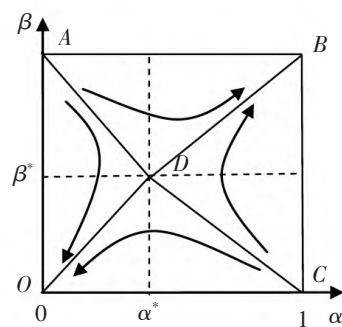


图 4 运营商—用户的动力系统 S_2 的相位图

命题 4 运营商和用户在长期演化过程中会趋向于 2 类行动组合(合理投放, 支持)和(过量投放, 不支持), 系统会在 $(1, 1)$ 点或 $(0, 0)$ 点处达到稳定状态.

系统最终的演化方向与鞍点 $D(\alpha^*, \beta^*)$ 的位置有关. 因为 $\alpha^* \in [0, 1]$, 所以 $0 < I_6+C_2 < L_3+I_5$. 因为 $\beta^* \in [0, 1]$, 所以 $0 < I_2-P-I_1 < L_4+I_0$. 在图 4 中 $S_{ABCD} + S_{A OCD} = 1$ 其中 $S_{ABCD} = ((1-\alpha^*) + (1-\beta^*)) / 2, S_{A OCD} = (\alpha^* + \beta^*) / 2$. 当 $S_{ABCD} < S_{A OCD}$ (即 $\alpha^* + \beta^* > 1$) 时, 系统的演化稳定策略会趋向于(过量投放, 不支持); 当 $S_{ABCD} > S_{A OCD}$ (即 $\alpha^* + \beta^* < 1$) 时, 系统的演化稳定策略会趋向于(合理投放, 支持).

2.3 系统 S_2 数值仿真实验

前面运用演化博弈的思想对运营商和用户的行为演化做了理论研究, 接下来运用 Matlab 对 2 者的行为演化过程进行数值模拟仿真. 参数设置具体如下: $P=9$, $C_2=1$, $I_0=7$, $I_1=15$, $I_2=25$, $I_3=3$, $I_6=4$, $L_3=4$, $L_4=5$. 此时 $\alpha^*=(I_6+C_2)/(L_3+I_5)=5/7$, $\beta^*=(I_2-P-I_1)/(L_4+I_0)=1/12$. 取初始状态 $x_0=0.5$, $y_0=0.5$, 模拟运营商和用户策略选择的动态演化过程. 模拟结果如图 5 所示.

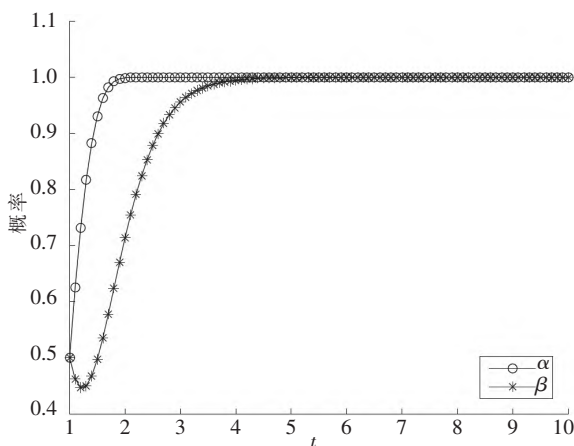


图 5 运营商与用户策略选择的模拟结果

由此可见, ESS 是运营商合理投放共享单车且骑行用户支持配合运营商的合理投放策略.

3 结语

政府部门、运营商和用户的行为对共享单车的发展有着非常重要的作用. 为保证共享单车的可持续发展, 本文从政府是否监管、运营商是否合理投放电单车、用户是否支持合理投放的角度, 运用演化博弈的思想, 研究了 3 者的长期动态演化过程. 在参与人综合收益最大化下, 得到政府部门监管、运营商合理投放、用户支持的均衡策略. 主要的研究结论如下:

1) 从“政府部门—运营商”的演化博弈分析结果可知, 政府部门对运营商的罚款行为不能代替政府部门的监管行为, 因此政府部门不应设置过高的罚款额度. 适度的罚款可以促进“政府部门—运营商”系统向(监管, 合理投放)演化. 增加运营商的间接收益及提高政府部门的形象, 这些措施都有利于系统的演化. 政府部门的放任策略会造成运营商存在投机心理, 采用过量投放策略获取规模收益. 但是随之而来的形象损失也会使运营商收益受损, 而修复形象损失可能需要更大的成本支出. 此时, 政府部门的不作为行为便会突显出来, 进而引发政府部门的形象损失. 且在共享单车市场较为成熟后, 过量

投放的成本要超过收益. 因此, 政府部门应对运营商实施监管约束, 使运营商合理投放共享单车. 这与共享单车的现实发展高度一致. 多地政府相关部门对共享单车的投放与发展都做了相关的要求, 如加大共享单车停车区域、规定共享单车必须配备头盔和必须上牌等.

2) 从“运营商—用户”的演化博弈分析结果可知, 运营商的合理投放离不开用户的支持配合. 共享单车的过量投放虽然可以扩大企业规模, 增加市场占有率以及市场增长率, 但是这也损失了企业形象. 运营商的合理投放既满足了用户的需求, 又满足了自身发展的需求. 用户的效用应包含个人的骑行信用, 对信用等级较好的用户应该给予奖励. 用户的不支持行为虽然会使用户临时受益, 但是从长久来看, 降低了用户的信用. 同时, 用户应充分提高自身的素养, 在满足自己骑行需求时还要关注共享单车的长久发展. 从现实来看, 运营商不再沿用共享单车的“跑马圈地”策略. 在地方政府部门相继出台共享单车发展的各种相关规定后, 多数运营商都采用合理投放电单车策略, 并对信用较好的用户给予了返利、折扣等奖励.

3) 从整体来看, 参与人的效用应包含直接收益和间接收益. 参与人效用最大化会使“政府部门—运营商”系统向(监管, 合理投放)演化, “运营商—用户”系统向(合理投放, 支持)演化. 在共享单车投放问题上, 运营商应采取合理投放策略. 政府部门除了设置罚款外还需要采取监管策略, 同时得到用户的支持. 运营商合理投放电单车的行为增加了环境友好程度, 提高了政府部门效益, 补充了社会交通体系, 满足了用户的出行需求, 有效地完善了城市交通系统.

根据研究结论, 分别从政府部门、共享单车运营商和用户的角度提出建议.

1) 对于政府部门而言, 政府应该规划电单车的运营范围以及停车区域, 引导运营商建立良好的电单车投放机制, 并实施监督管理. 对过量投放电单车的运营商采取适当的惩罚, 保证共享单车的健康发展.

2) 对于运营商而言, 直接收益最大化不应该作为运营商在投放电单车时的唯一依据. 综合效益最大化应该作为运营商在投放时的决策依据. 因此, 运营商不应一味追求直接收益最大化, 更应着眼于保障道路安全、改善骑行服务等.

3) 对于用户而言, 应将信用纳入效用中, 用户应该提高个人素养、不在非规划区域内骑行、不随意丢弃电单车、不加私锁、不在机动车道上骑行等. 同时提高个人的驾驶技能, 降低交通事故率, 保障交通体系的顺畅.

本文的研究结果不仅解释了当前共享电单车市场发展的现状,还从演化均衡的角度分析了共享电单车合理投放的演化过程,为政府部门、共享电单车运营商、用户提供决策参考依据。

4 参考文献

- [1] 长沙市人民政府网站.长沙市人民政府办公厅关于促进互联网租赁自行车规范发展的指导意见 [EB/OL]. [2018-07-07] [2022-03-01]. http://cgj.changsha.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/lzyj/bmgz/202012/t20201215_9665732.html.
- [2] 上海市人民政府网站.关于印发《上海市鼓励和规范互联网租赁自行车发展的指导意见(试行)》的通知 [EB/OL]. [2017-10-27] [2022-03-01]. <http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2319/nw12344/u26aw54099.html>.
- [3] 三言财经.北京首张共享电单车罚单“人民出行”被罚5万元 限期回收所有电动自行车 [EB/OL]. [2020-03-14] [2022-03-01]. <https://new.qq.com/rain/a/20200313A0LJHY00>.
- [4] 聂帅钧.共享电单车的政府监管研究 [J].重庆大学学报(社会科学版) 2019, 25(1): 162-177.
- [5] 柳键,张晋莉,谢军.共享电单车消费者骑行行为的演化分析 [J].江西师范大学学报(自然科学版) 2021, 45(4): 366-375.
- [6] 刘利枚,唐丽娟,杨艺,等.混合信息融合策略下共享电单车绿色回收供应商选择方法 [J/OL].计算机集成制造系统: 1-28 [2022-05-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.tp.20211029.1918.014.html>.
- [7] 刘永贤,牛占文.共享电单车造成的城市治理问题研究 [J].城市发展研究 2021, 28(5): 135-140.
- [8] 赵菊,邱菊,侯春波.准公共产品:基于政府监管机制的共享电单车投放管理研究 [J].中国管理科学, 2021, 29(1): 149-157.
- [9] 谭春桥,李尽展,周丽.基于 Bertrand 博弈的共享电单车定价与投放联合策略研究 [J].控制与决策, 2021, 36(7): 1786-1792.
- [10] 翟永,刘津,陈杰,等.基于马尔可夫链的无桩共享电单车车辆投放规模分析 [J].北京交通大学学报, 2019, 43(5): 27-36.
- [11] 汪慎文,徐亮,杨锋,等.基于蚁群算法的动态共享电单车调度优化 [J].南昌工程学院学报 2019, 38(3): 71-76.
- [12] SHU Jia, CHOU M C, LIU Qizhang, et al. Models for effective deployment and redistribution of bicycles within public bicycle-sharing systems [J]. Operations Research, 2013, 61(6): 1346-1359.
- [13] 杨在军,马倩瑶.共享电单车用户机会主义行为的演化博弈分析 [J].管理工程学报 2020, 34(3): 104-111.
- [14] 郭缙,王林秀,吕蕾.城市共享经济特征及调控机制优化:以两种共享电单车商业模式为例 [J].科技进步与对策 2018, 35(24): 41-45.
- [15] 王文利,程天毓.碳交易背景下供应链运营决策的演化博弈分析 [J].系统工程理论与实践, 2021, 41(5): 1272-1281.
- [16] 刘琳,王玖河.基于演化博弈的顾客知识共享决策行为研究 [J].科研管理 2022, 43(2): 149-159.
- [17] 蔡静静,姚思宇.技术壁垒对出口企业技术创新决策的影响 [J].中国科技论坛 2021(10): 104-113.
- [18] 刁姝杰,匡海波,孟斌,等.基于前景理论的 LSSC 服务质量管控策略的演化博弈分析 [J].中国管理科学, 2021, 29(7): 33-45.
- [19] 易余胤,杨海深.网络外部性下质量决策与零售商经营目标选择 [J].管理科学学报 2019, 22(12): 15-30.
- [20] 闫志华,唐锡晋.基于演化博弈的药品质量安全监管“人理”分析 [J].管理评论 2021, 33(5): 64-75.

The Evolutionary Analysis on Volume Strategies of Shared Electric Bikes

LIU Jian¹, ZHANG Jinli^{1, 2*}

(1. School of Information Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330013, China;

2. School of Business Administration, Nanchang Institute of Technology, Nanchang Jiangxi 330099, China)

Abstract: Two game models of the government with electric bike sharing operators and operators with users are constructed, then the long-term evolution process of the model is analyzed and the operators' volume strategies in different situations are obtained. On this basis, numerical simulation is used to analyze the dynamic change of participants' decision-making behavior. It shows that the government fine on operators is no substitute for government regulation, but can effectively adjust the evolution of the system, while the rational volume of shared electric bikes cannot be separated from the government's regulation and the consumers' support. Besides, it is found that the utility of participants shall include direct income and total revenue, the maximization of direct income shall not be taken as the only criterion, but the total revenue is more consistent with reality.

Key words: shared electric bikes; government regulation; volume strategy; evolutionary game

(责任编辑:曾剑锋)