

共享单车生态系统的动态演化分析

邢丹丹, 李存金

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要:针对共享单车生态系统中各种群在所掌握信息不对称条件下,因追求各自利益最大化所导致的各种群间的长期持续博弈现状,以共享单车生态系统中的 3 个主要种群为博弈主体,运用博弈理论,建立有限理性及信息不对称假设条件下,关于三方合作共生的动态演化博弈模型和复制动态方程。研究发现,影响共享单车生态系统稳定演化的主要因素为合作策略的收益率,共享单车生态系统趋于合作状态的概率与合作策略的收益率成正比。

关键词:共享单车;生态系统;演化博弈

中图分类号:F062.2;F062.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)06-0204-04

交通运输部公开数据显示,近几年中国共享单车投入车辆维持在 1 600 万~2 000 万辆水平。共享单车已成为特别重要的交通工具。随着单车企业越来越多,单车投放数量也呈现井喷式增长,使用人群也越来越广,与之相关的产业也越来越多。企业要实现良好发展,必须要整合所处商业生态系统中各成员的优势,使其所处的生态系统能够更加优化。目前共享单车行业处于起步阶段,许多共享单车企业犹如雨后春笋般出现。但由于公司资金链断裂、不了解市场、经营不善等纷纷倒闭,共享单车的种类迭代也很迅速。共享单车行业已从前些年摩拜、ofo“双寡头”时代,演进为如今的哈啰、美团单车、青桔单车“三国杀”格局。那么,共享单车企业该如何进入这个领域,并保持良好的经营呢?基于生态系统的角度,对共享单车的关联企业进行研究,使共享单车生态系统保持在平衡稳定状态。

1 文献综述

企业生态系统最早由美国学者 Moore^[1]提出,他认为企业生态系统是指由“相互关联的企业组织与个人所形成的经济群体,包括生产商、销售商、消费者、供应商、投资商、竞争者、互补者、企业所有者或股东,以及有关的政府机构等,同时包括企业生产经营所需的各种自然资源”。有关企业生态系统的问题,许多学者进行了研究。詹小慧等^[2]从价值管理的视角对企业生态系统中主体的协同演化进

行了分析;李玉琼^[3]认为 80 年代以后,由于信息技术的快速发展,网络经济对企业生态系统产生了巨大的影响;祝立群^[4]认为商业生态系统进化的本质是企业生态位的变化;夏清华等^[5]构建了商业生态系统“5C 模型”,进一步分析目前商业生态系统的研究维度;Nguyen^[6]从博弈角度出发,用实例证明了电子商务生态系统中企业通过竞争与博弈而迅猛发展;张连峰^[7]提出了电子商务生态系统的定义,认为电子商务生态系统从开拓、扩展、协调、进化 4 个阶段演化。李春发^[8]用演化博弈理论分析了电子商务生态系统的动态过程等。从上述研究可以看出,目前企业生态系统的研究大都是研究生态系统内企业主体之间的协同演化关系,相关企业之间的联系处于不断的动态演化之中。

目前对共享单车的研究主要从理论上讨论目前共享单车企业所存在的问题。王政贻等^[9]从公共产品理论的视角,认为共享单车经历了从政府提供到市场提供的转变,并列举出了共享单车目前出现的一系列问题,认为企业需要承担外部边际成本。张一进^[10]认为政府应该对共享单车加以监督和管理,并用演化博弈的方法对策略进行分析,提出相关建议。王彦等^[11]基于博弈模型分析讨论了共享单车企业之间的关系,并指出不应该单纯地只打价格战,企业要以扩充盈利模式和增强用户黏性为导向。

对共享单车的生态系统进行初步研究,以求探

收稿日期:2022-03-02

基金项目:国家自然科学基金青年项目(72104114)。

作者简介:邢丹丹(1994—),女,山西运城人,北京理工大学管理与经济学院,博士研究生,研究方向为技术经济及管理;李存金(1962—),男,内蒙古土默特左旗人,北京理工大学管理与经济学院,教授,研究方向为技术经济及管理、技术创新。

索生态系统内主体企业之间的相互关系。演化博弈理论为此研究提供了一种切实可行的方法,其在研究群体性事件、供应链等方面的应用,为研究共享单车生态系统的动态演化提供了思路。

2 共享单车生态系统的框架图

2.1 共享单车种群结构示意图

目前,随着共享单车投放数量越来越多,与之相关的产业也越来越成熟,共享单车企业已经形成一个产业集群,整个行业初步形成了一个生态系统。根据李爽^[12]对汽车生态系统的分类,本文从企业功能的角度,将共享单车生态系统中的企业划分为6个不同的种群:关键种群、资金种群、供应商种群、服务种群、消费种群、创新种群,如图1所示。共享单车种群为该生态系统中的关键种群,本文主要研究供应商种群、资金种群和关键种群三者之间的动态演化关系,旨在优化共享单车生态系统。

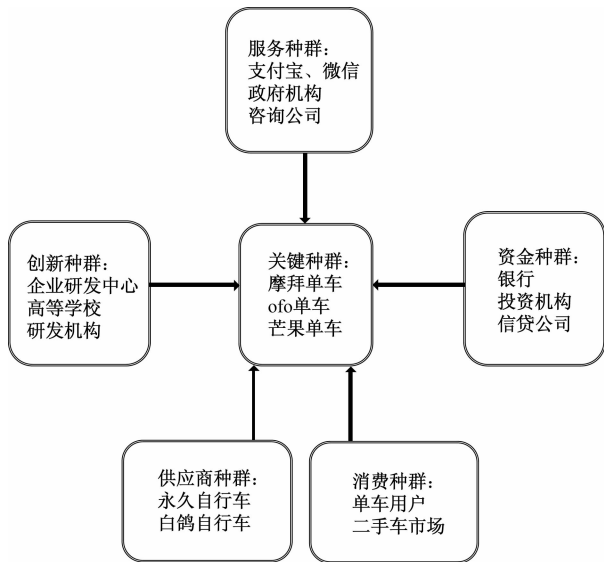


图1 共享单车群落结构示意图

2.2 单车种群和资金种群演化示意图

本文主要讨论共享单车生态系统中,共享单车种群、资金种群和供应商种群之间的关系。由于目前大多数单车企业都选择与外部供应商展开合作,但并不是所有的单车企业都能够得到投资,因此要分析演绎单车种群和资金种群的演化路径。资本投资分为股权投资和债权投资,银行、证券公司大多数属于债权投资,风投机构、融资机构等大多属于股权投资。共享单车生存下去必须有足够的资金支撑,来维持公司正常的运转和单车投放,进而实现盈利。本文从共享单车企业的角度进行讨论,当一个企业的控股权被第三方即投资机构所掌握

的时候,企业的主体进行了变更,则原来的企业消失,更换为新的企业,属于种群内部个体的演化,如图2所示。

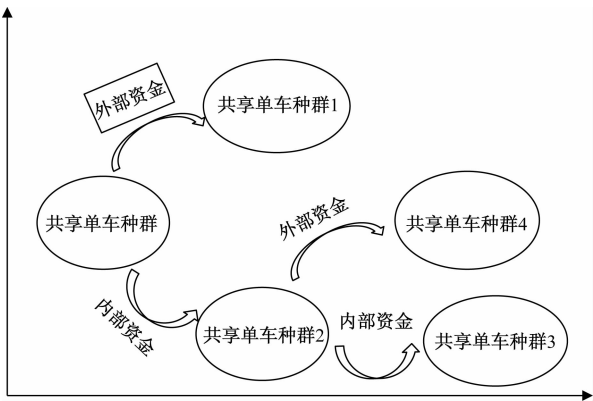


图2 共享单车种群演化示意图

3 基于演化博弈的模型构建

3.1 基本假设

本文主要研究共享单车生态系统如何保持与供应商、投资者之间的良好关系,使得企业能够存活并良好地运行。假定单车企业在同等技术产品的情况下,消费者对单车的使用偏好以方便为主,即单车的投放量决定客户的使用优先度。因此在本文中,共享单车生态系统的演化博弈主要涉及3个群体:关键种群A(共享单车企业)、供应种群B(单车供应商)、资金种群C(各种资本机构)。根据对共享单车生态系统中各种种群的特点和行为进行分析,作出了如下假设:

1)若3个博弈主体均选择合作的策略,则整个共享单车生态系统的总超额利润达到最大值;否则,至少存在一个主体选择独立策略,则共享单车生态系统的总超额利润为零,即每个主体所获利润为各自选择独立策略时的利润。

2)3个群体之间存在着信息不对称,即3个群体都不能完全掌握彼此的信息。

3)3个群体均为有限理性人,其选择的策略都是(独立,合作)。

4)3个群体都是为了实现自身的利益最大化。

3.2 建立演化博弈模型

设 π_A 、 π_B 、 π_C 为3个主体均采取独立策略时各自的收益; ω_A 、 ω_B 、 ω_C 为3个利益主体均采取合作策略时各自的超额利润, $W=\omega_A+\omega_B+\omega_C$ 为3个群体均采取合作策略的总超额利润;各利益主体采取合作策略时的成本分别为 β_A 、 β_B 、 β_C 。假设关键种群A、供应商种群B、资金种群C选择合作策略的企业

主体分别占各自种群的比例为 x, y, z , 则这 3 个种群选择独立策略的比例为 $(1-x), (1-y), (1-z)$ 。

3 个群体选择的策略集合为(合作, 独立, 独立), (合作, 合作, 独立), (合作, 合作, 合作)(合作, 独立, 合作), (独立, 合作, 合作), (独立, 独立, 合作)(独立, 合作, 独立), (独立, 独立, 独立)。

那么关键种群 A 选择合作策略时的期望收益为

$$U_A = (\pi_A - \beta_A)[(1-y)(1-z) + y(1-z) + (1-y)z + yz]$$

(1)

关键种群 A 在选择独立策略时的期望收益为

$$U'_A = \pi_A[(1-y)(1-z) + y(1-z) + (1-y)z + yz]$$

(2)

综上, 关键种群 A 的期望收益为

$$U_A = xU_A + (1-x)U'_A$$

(3)

在共享单车生态系统中, 关键种群 A 选择合作策略的动态复制方程为

$$F(x) = \frac{\partial x}{\partial t} = x(U_A - \bar{U}_A)$$

(4)

由式(1)~式(4)可得

$$F(x) = x(1-x)[\beta_A(yz - 1) + yz\omega_A]$$

(5)

同理可得, 该生态系统中, 其他两个种群选择合作策略的复制动态方程分别为

$$F(y) = y(1-y)[\beta_B(xz - 1) + xz\omega_B]$$

(6)

$$F(z) = z(1-z)[\beta_C(xy - 1) + xy\omega_C]$$

(7)

令 $\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial z}{\partial t} = 0$, 解方程式可得: 在三维线性空间 $V^3 = (x, y, z); 0 \leq x, y, z \leq 1$ 上, 3 个种群之间的行为关系, 共有 9 个平衡点, 分别为 $O(0, 0, 0), A(1, 0, 0), B(0, 1, 0), C(0, 0, 1), D(1, 1, 0), E(1, 0, 1), F(0, 1, 1), G(1, 1, 1)$ 和点 $S(x^*, y^*, z^*)$, 如图 3 所示, 并且

$$\begin{cases} x^* = \sqrt{\frac{\beta_B}{\beta_B + \omega_B} \cdot \frac{\beta_C}{\beta_C + \omega_C} \cdot \frac{\beta_A + \omega_A}{\beta_B}} \\ y^* = \sqrt{\frac{\beta_A}{\beta_A + \omega_A} \cdot \frac{\beta_C}{\beta_C + \omega_C} \cdot \frac{\beta_B + \omega_B}{\beta_B}} \\ z^* = \sqrt{\frac{\beta_A}{\beta_A + \omega_A} \cdot \frac{\beta_B}{\beta_B + \omega_B} \cdot \frac{\beta_C + \omega_C}{\beta_C}} \end{cases}$$

(8)

3.3 模型分析

这 9 个解虽然使得系统处于平衡, 但并不一定是稳定状态下的解。根据 Fridman 对解的局部稳定性分析, 当 $df/dx < 0$ 时, 符合条件的解才是平衡稳定状态下的解。

从图 3 中可以看出, 三者形成了 9 个平衡点, 由各平衡点的雅可比行列式的特征可以判断出:

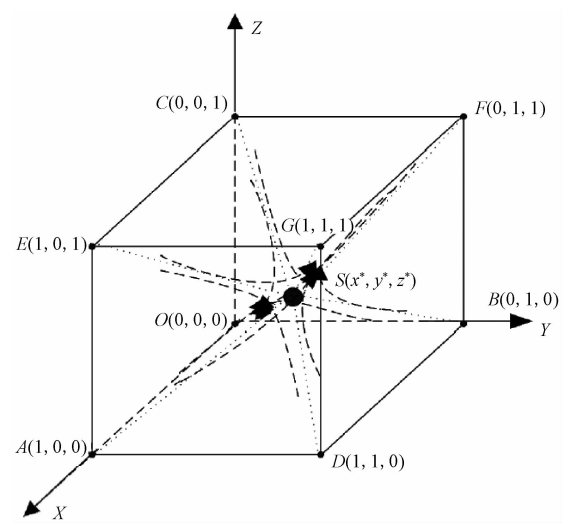


图 3 三方动态演化示意图

点 $O(0, 0, 0)$ 和 $G(1, 1, 1)$ 为稳定点, 是进化稳定策略点, 在这两点 3 个种群对应的策略为(独立, 独立, 独立)和(合作, 合作, 合作)。在 G 点关键种群、供应商种群和资金种群处于完全独立的状态, 三者之间彼此之间信息不共享, 单纯地从各自盈利的角度展开交易, 对于交易对象的变换比较容易。

由图 3 可知, 整个共享单车生态系统在其动态的演化过程中最终可能收敛于 $O(0, 0, 0)$ 和 $G(1, 1, 1)$, 即关键种群、供应商种群和资金种群可能趋向于完全独立或完全合作中的一种关系状态。通过图 3 还可以得出, 由点 $O(0, 0, 0), A(1, 0, 0), B(0, 1, 0), C(0, 0, 1), D(1, 1, 0), E(1, 0, 1), F(0, 1, 1)$ 及鞍点 $S(x^*, y^*, z^*)$ 组成了立方体, 并且以鞍点 S 点为中心, 组成了两部分: 四面体 $SOADB, SOBFC$ 和 $SOCEA$ 的体积之和 V_1 表示共享单车生态系统演化收敛于完全独立的概率, 即表示 3 个种群均选择独立策略的概率; 由四面体 $SADGE, SDBFG$ 和 $SCGEF$ 组成的体积之和 V_2 表示共享单车生态系统收敛于完全合作的概率。很显然 $V_1 + V_2 = 1$ 。

根据图 3, 对于共享单车生态系统的三方博弈, 其选择合作策略的概率为

$$V_2 = 1 - \frac{1}{3}(x^* + y^* + z^*)$$

(9)

将式(8)代入式(9)可得

$$V_2 = 1 - \frac{1}{3} \left\{ \sqrt{\frac{\beta_B}{\beta_B + \omega_B} \cdot \frac{\beta_C}{\beta_C + \omega_C} \cdot \frac{\beta_A + \omega_A}{\beta_A}} + \sqrt{\frac{\beta_A}{\beta_A + \omega_A} \cdot \frac{\beta_C}{\beta_C + \omega_C} \cdot \frac{\beta_B + \omega_B}{\beta_B}} + \sqrt{\frac{\beta_A}{\beta_A + \omega_A} \cdot \frac{\beta_B}{\beta_B + \omega_B} \cdot \frac{\beta_C + \omega_C}{\beta_C}} \right\}$$

$$\left\{ \frac{\beta_A}{\beta_A + \omega_A} \cdot \frac{\beta_B}{\beta_B + \omega_B} \cdot \frac{\beta_C + \omega_C}{\beta_C} \right\} \quad (10)$$

令 $\eta_i = \omega_i / \beta_i$, 可得

$$V_2 = 1 - \frac{1}{3} \left\{ \sqrt{\frac{\eta_A}{(1 + \eta_B)(1 + \eta_C)}} + \sqrt{\frac{\eta_B}{(1 + \eta_A)(1 + \eta_C)}} + \sqrt{\frac{\eta_C}{(1 + \eta_B)(1 + \eta_A)}} \right\} \quad (11)$$

从式(10)可以得出, 博弈三方主体选择合作的概率与各自的收益率 η_i 有关。

对 V_2 求关于 η_A 的一阶偏导, 可得

$$\frac{\partial V_2}{\partial \eta_A} = -\frac{1}{6} \frac{1}{\sqrt{1 + \eta_A}} \times \left\{ \frac{1 + \eta_A}{(1 + \eta_B)(1 + \eta_C)} - \frac{[(1 + \eta_B) + (1 + \eta_C)]^2}{(1 + \eta_A)(1 + \eta_B)(1 + \eta_C)} \right\} < 0 \quad (12)$$

同理可得 $\frac{\partial V_2}{\partial \eta_B}, \frac{\partial V_2}{\partial \eta_C} < 0$ 。表明, 如若主体选择合作策略带来的是收益率越高时, 共享单车生态系统中种群选择合作策略的概率越大, 生态供应链趋向于合作状态的概率越高。这主要是因为当博弈群体认为合作策略所带来的收益远远高于独立时的收益时, 企业主体选择合作的动机就越强, 从而促进整个共享单车生态系统趋向于合作; 反之, 当合作收益越低时, 整个系统趋向于独立。

4 结论及启示

共享单车生态系统的稳定性对各个关联企业的健康发展都有重要影响。基于种群在信息不对称的条件下, 研究共享单车生态系统的 3 个重要种群之间的演化博弈, 并分析了影响共享单车生态系统合作与否的诸多影响因素, 研究结果表明:

1) 共享单车生态系统处于不断的动态演化状

态, 并不断地向稳定平衡状态靠拢。

2) 共享单车生态系统中各种群在运行过程中是否会选择合作策略, 在很大程度上取决于合作策略所带来的收益; 共享单车生态系统趋于合作状态的概率与合作策略所带来的收益率成正比。

3) 共享单车企业并不是获得越多的资金支持越好, 而是要根据企业自身的状况决定, 使其不断地良好地发展。

参考文献

- [1] MOORE J F. Predator and prey: new ecology of competition[J]. Harvard Business Review, 1993(3): 73-88.
- [2] 詹小慧, 杨东涛, 栾贞增. 企业生态系统中企业间的协同演化: 基于价值观管理的视角[J]. 科技管理研究, 2016(15): 262-266.
- [3] 李玉琼. 网络环境对企业生态系统价值流的影响机理[J]. 生产力研究, 2007(12): 7-10.
- [4] 祝立群. 商业生态系统战略进化的作用机理[J]. 求索, 2007(1): 40-42.
- [5] 夏清华, 陈超. 商业生态系统“5C 模型”与未来研究拓展[J]. 经济管理, 2015(10): 22-30.
- [6] NGUYN T. The ecology of software: a framework for the investigation of business-IT integration[J]. Journal of American Academy of Business, 2002(2): 7-11.
- [7] 张连峰. 商务网络信息生态链价值协同创造研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [8] 李春发. 电子商务生态系统的动态演化博弈分析[J]. 系统科学学报, 2015(4): 75-78.
- [9] 王政怡, 何得桂. 共享单车发展面临的主要问题与治理路径研究: 基于公共产品理论的视角分析[J]. 价格理论与实践, 2017(8): 140-143.
- [10] 张一进, 张金松. 政府监管与共享单车平台之间的演化博弈[J]. 统计与决策, 2017, 33(23): 64-66.
- [11] 王彦, 吴聘. 共享单车市场竞争机制及趋势探讨: 基于博弈模型分析[J]. 价格理论与实践, 2017(11): 66-69.
- [12] 李爽. 基于创新生态视角的新能源汽车技术创新效率及影响因素研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2017.

Dynamic Evolution Analysis of Bike-sharing Ecosystem

XING Dandan, LI Cunjin

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: In the bike-sharing ecosystem, various groups are in the information asymmetry condition. The pursuit of interests maximization causes long-term continuous game status. The three main populations of the bike-sharing ecosystem are taken as the game subjects, and the dynamic evolutionary game model and replication dynamic equation of the three-party cooperative symbiosis under the assumption of bounded rationality and information asymmetry are established by using the game theory. It is found that the main factor affecting the stable evolution of the bike-sharing ecosystem was the rate of return of cooperation strategy. The probability of the bike-sharing ecosystem tending to the cooperative state was proportional to the rate of return of cooperation strategy.

Keywords: bike-sharing; ecosystem; evolutionary game