

关于大学生消费的演化博弈分析

王江南, 丘小玲

贵州大学数学与统计学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2021年10月9日; 录用日期: 2021年10月30日; 发布日期: 2021年11月11日

摘要

21世纪以来, 人们的消费水平明显得到了提高, 然而大学生消费作为社会消费中的最主要部分, 他们的消费方式多种多样、消费结构呈现出多元化, 但是不合理消费却随处可见。本文将基于演化博弈理论的知识, 建立了家长的引导、学生的自我管理、高校的干涉对大学生的低碳消费行为的演化博弈模型。具体来说, 文章首先介绍研究背景、目的及其研究意义。其次, 对演化博弈模型进行描述。再次, 进行构建家长、高校、大学生三方演化博弈模型, 探索主体的策略选择, 并应用MATLAB对模型进行数值仿真实验, 最后进行总结。研究表明, 均衡点 $(0, 0, 0)$, $(0, 0, 1)$, $(1, 1, 1)$ 是该系统的演化稳定策略, 而且在一定条件下, 学生是否低碳消费受家庭和社会的影响。

关键词

演化博弈, 大学生, 低碳消费, 演化稳定策略, 数值仿真

An Evolutionary Game Analysis of College Students' Consumption

Jiangnan Wang, Xiaoling Qiu

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Oct. 9th, 2021; accepted: Oct. 30th, 2021; published: Nov. 11th, 2021

Abstract

Since the 21st century, people's consumption level has been obviously improved. However, as the most important part of social consumption, college students' consumption has various consumption patterns and diversified consumption structures, but unreasonable consumption can be seen everywhere. Based on the knowledge of evolutionary game theory, this article establishes an evolutionary game model of the low-carbon consumption behavior of college students on the guidance of parents, students' self-management, and university intervention. Specifically, the article first introduces the research background, purpose and research significance. Second, the evolutionary game model is described. Thirdly, it constructs a tripartite evolutionary game model of parents, colleges, and college students, explores the main body's strategic choices, and uses MATLAB to conduct numerical simulation experiments on the model, and finally concludes. Research has shown that the equilibrium point $(0, 0, 0)$, $(0, 0, 1)$, $(1, 1, 1)$ is the evolutionary stable strategy of the system, and under certain conditions, students' low-carbon consumption is affected by family and society.

Keywords

Evolutionary Game, College Students, Low-Carbon Consumption, Evolutionary Stability Strategy, Numerical Simulation

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

随着社会经济的逐步发展, 人们的消费水平逐步提升, 大学生的消费习惯和方式或多或少都发生了一系列改变。

大学生处于学生的关键时期, 刚刚成年, 但又没有经济实力, 消费比较复杂, 此群体较为特殊, 存在着不同于社会上其他消费群体的消费心理与消费行为。首先, 大学生的消费需求较为强烈; 其次, 学生的职业是学习, 并没有得到经济独立, 较大地受到限制 [1]。超前消费观念以及滞后的消费实力影响了当代大学生的消费情况。大学生群体的消费习惯与观念对于社会消费群体的

消费有着直接的影响, 所以, 研究大学生的消费情况是目前最受关注的焦点之一。贺含珍(2016)研究表明, 大学生的消费观念与行为最容易受到父母的影响。她的研究得出受干预监督型与教育引导型教育的大学生更能控制产生超前消费行为, 然而溺爱放纵型容易引发大学生超前消费 [2]。范艳进行了学生低碳消费与高校间的演化博弈分析 [3]。蒋少华在基于ELES 模型的背景下对大学生的消费结构做了部分研究 [4]。张愉悦从低碳消费的角度出发, 阐述学生低碳消费存在的问题以及原因, 并说明必须借助学校、家庭、社会以及个人的力量, 完善大学生低碳消费的践行 [5]。总之, 低碳消费是一个永恒的话题, 我们应该主动践行低碳消费。

我国学者对于学生消费的研究大部分只停留在问卷调查报告或者消费途径上, 在演化博弈上的研究较少。在2010年王梦琦、孟璐对大学生的低碳消费教育和低碳意识做了调查并给出了系列建议, 并从管理和教育上提出对策 [6]。2011 年刘鹏飞对大学生低碳消费的教育进行了探究, 结果是应当充分发挥社会、家庭、学校的力量, 调节学生的自我管理能力 [7]。2013 年张泽光、董秀梅学者对高校学生的低碳消费策略做了系列研究, 低碳消费没有真正引起学生的注意, 我们理应知道学生的实践情况, 使低碳消费观念和和行为融入学生群体当中 [8]。2014 年汪钰莹对学生进行低碳消费行为的心理进行了研究, 最后表明, 环境、个体特质、消费态度以及压力均会影响学生的消费观念 [9]。2018 年孙继华分析了低碳消费的特征以及现状, 另外根据存在的问题, 提出了相应的对策和建议 [10]。2020 年范艳基于演化博弈的理论, 建立了高校与学生低碳消费的博弈模型, 分析两方博弈, 并提出了一些干预策略, 促使学生进行低碳消费 [3]。

因为目前对学生消费演化博弈分析相关研究结果还比较缺乏, 因此本文从演化博弈方向建立三方的博弈模型并进行数值仿真, 得到的结论是: 均衡点(0, 0, 0), (0, 0, 1), (1, 1, 1)是该系统的演化稳定策略, 而且在一定条件下, 学生是否低碳消费受家庭和社会的影响。

2. 三方主体行为的假设及模型建立

本章基于家庭、学校对大学生消费造成的影响, 构建高校、家长、学生消费群体三者间的三方演化博弈模型, 因此, 本次模型的博弈方设为: 高校、家长、学生消费群体, 三个博弈方都是有限理性的, 而且以自身利益达到最大化为目标, 都具有自主学习能力。

从高校的角度来说: 大学生的消费将会影响高校的方方面面, 因此, 高校可以选择积极干预改变学生的消费观, 从而降低学校的成本, 但积极干预会付出一定的成本(以下简称“积极干预”); 高校也可以不干涉学生的生活, 导致学校大面积浪费, 学生没有养成良好的习惯(以下简称“不积极干预”)。给出以下基本符号情况便于分析 [3] [11] [12] [13]: 高校选择不积极干预的收益为 S ; 假设高校选择积极干预, 高校由于管理所付出的成本为 C_1 , 由于有高校的管理情况下, 学生进行低碳消费时所付出的成本 C_2 ; 高校不积极干预情况下, 学生进行低碳消费时需要付出的成本 C_3 ; 高校进行积极干预情况下, 家长引导时, 大学生低碳消费将会减少水电以及食物的浪费, 即降低高校运营的成本, 假设高校在运营成本上的收益为 H_1 ; 此时, 大学生采取低碳消费, 提升大学生总体的素质, 高校在办学质量上得到收益为 M_1 , 另外体现高校对学生对社会的责任担当, 高校的收益为 F_1 ; 高校与家庭其中一方未参与干预或者两方均不参与学生消费情况时, 效果不明显, 大学生低碳消费将会减少水电以及食物的浪费, 即降低高校运营的成本, 假设高校在运营成本上的收益为 H_2 ; 此时, 大学生采取低碳消费, 提升大学生总体的素质, 高校在办学质量上得到收益为 M_2 , 另外体现高校对学生对社会的责任担当, 高校的收益为 F_2 。

对家长的角度来说: 家长有两种选择, 一种是“引导”学生低碳消费, 另一种是“不引导”学生低碳消费, 假设家长选择不引导的收益为 K ; 家长选择引导学生低碳消费, 付出的管理成本为 A_1 , 家长引导学生, 学生选择低碳消费要付出的成本为 A_2 ; 家长不引导情况下, 学生进行低碳消费需要付出的成本为 A_3 ; 在家长引导下, 高校积极干预, 学生进行低碳消费给家长带来的收益 Y_1 ; 高校与家庭其中一方未参与干涉或者两方均不参与干涉学生消费时, 效果不明显, 学生进行低碳消费给家长带来的收益 Y_2 .

对学生消费群体的角度来说: 学生也有两种策略: 一是“低碳消费”, 二是“非低碳消费”, 学生选择非低碳消费时的收益 P ; 对于学生来说进行低碳消费, 有来自学校的收益, 也有来自家庭的收益, 其中, 获得学校颁发荣誉等的收益为 N_1 , 提升自身的素质以及涵养等收益为 N_2 ; 另一方面, 获得家长的表扬以及鼓励的收益为 N_3 , 如果家长或者高校不干涉学生, 尽管学生进行低碳消费也不会获得相应的奖励和惩罚。如果高校以及家庭干涉, 但学生选择非低碳消费, 学生消费群体将接受惩罚, 学生接受学校的惩罚设为 N_4 , 接受家长的惩罚设为 N_5 . 其中, 上述所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2, A_3 > A_2, Y_1 > Y_2$.

基于上述参数的假设, 可得高校、家庭、学生三方博弈模型支付矩阵如表 1 所示:

Table 1. Payment matrix of the three-party game model of universities, families, and students

表 1. 高校、家庭、学生三方博弈模型的支付矩阵

高校	家庭	学生消费群体	
		低碳消费 z	非低碳消费 $1-z$
积极干预 x	引导 y	$S + H_1 + M_1 + F_1 - C_1$	$S - C_1$
		$K - A_1 + Y_1$	$K - A_1$
	不引导 $1-y$	$P + N_1 + N_2 + N_3 - C_2 - A_3$	$P - N_4 - N_5$
		$S + H_2 + M_2 + F_2 - C_1$	$S - C_1$
不积极干预 $1-x$	引导 y	$K + Y_2$	K
		$P + N_1 + N_2 - C_2$	$P - N_4$
	不引导 $1-y$	$S + H_2 + M_2 + F_2$	S
		$K - A_1 + Y_2$	$K - A_1$
		$P + N_2 + N_3 - A_2$	$P - N_5$
		$S + H_2 + M_2 + F_2$	S
		$K + Y_2$	K
		$P + N_2 - A_3 - C_3$	P

3. 模型稳定性分析

假设高校采取“积极干预”策略的概率为 x , 采取“不积极干预”策略的概率为 $1-x$; 家长采取“引导”策略的概率为 y , 采取“不引导”策略的概率为 $1-y$; 学生消费群体采取“低碳消费”的概率为 z , 采取“非低碳消费”的概率为 $1-z$.

3.1. 高校策略的复制动态方程分析

高校分别采取“积极干预”和“非积极干预”策略的期望收益分别是 U_{x1}, U_{x2} .则

$$\begin{aligned} U_{x1} &= yz(S + H_1 + M_1 + F_1 - C_1) + y(1 - z)(S - C_1) + (1 - y)z(S + H_2 + M_2 + F_2 - C_1) \\ &\quad + (1 - y)(1 - z)(S - C_1) \\ &= yz(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2) + z(H_2 + M_2 + F_2) + S - C_1, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} U_{x2} &= yz(S + H_2 + M_2 + F_2) + (1 - y)(1 - z)S + (1 - y)z(S + H_2 + M_2 + F_2) + y(1 - z)S \\ &= z(S + H_2 + M_2 + F_2) + (1 - z)S. \end{aligned} \quad (2)$$

由公式(1),(2)可得高校选择策略的复制动态方程是:

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(1 - x)(U_{x1} - U_{x2}) \\ &= x(1 - x)[yz(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2) - C_1]. \end{aligned}$$

从复制动态方程稳定性定理可知:

(I)当 $y = \frac{C_1}{z(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2)}$ 时, $F(x) \equiv 0$,这说明对于任意的 x 都是稳定状态的,也就是说,无论高校选择积极干预还是不积极干预,其策略都是稳定策略。

(II)当 $y \neq \frac{C_1}{z(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2)}$ 时,令 $F(x) = 0$,只有当 $x = 0, x = 1$ 时这两点是稳定状态,对 $F(x)$ 求导,如果在某点它的导数小于零,这点就为稳定点,此时又可分为两种情况:

(1)当 $0 < y < \frac{C_1}{z(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2)}$ 时, $F'(x)|_{x=0} < 0, F'(x)|_{x=1} > 0$,得出 $x = 0$ 是演化稳定策略,也就是说,随着时间向后推移,高校会选择逐渐向“不积极干预”策略转变;

(2)当 $0 < \frac{C_1}{z(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2)} < y < 1$ 时 $F'(x)|_{x=0} > 0, F'(x)|_{x=1} < 0$,得出 $x = 1$ 是稳定策略,也就是说,随着时间向后推移,高校会选择逐渐向“积极干预”策略转变。

由上述的分析可知,高校的选择策略的演化不仅会受到家庭的选择策略的影响,还会受到学生消费群体的策略的影响,除此之外,高校的运行成本、办学质量等参数的变化都会对高校的选择策略的演化进行影响。

3.2. 家庭策略的复制动态方程分析

家庭分别采取“引导”和“不引导”策略的期望收益分别是 U_{y1}, U_{y2} .则

$$\begin{aligned} U_{y1} &= xz(K - A_1 + Y_1) + (1 - x)(1 - z)(K - A_1) + z(1 - x)(K - A_1 + Y_2) + x(1 - z)(K - A_1) \\ &= xz(Y_1 - Y_2) + zY_2 + K - A_1, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 U_{y2} &= xz(K + Y_2) + x(1 - z)K + (1 - x)z(K + Y_2) + (1 - x)(1 - z)K \\
 &= zY_2 + K.
 \end{aligned} \tag{4}$$

由公式(3),(4)可得家庭选择策略的复制动态方程是:

$$\begin{aligned}
 F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(1 - y)(U_{y1} - U_{y2}) \\
 &= y(1 - y)[xz(Y_1 - Y_2) - A_1].
 \end{aligned}$$

从复制动态方程稳定性定理可知:

(I)当 $z = \frac{A_1}{x(Y_1 - Y_2)}$ 时, $F(y) \equiv 0$,这说明对于一切的 y 都是稳定状态。也就是说, 无论家庭选择引导还是不引导, 其策略都是稳定策略。

(II)当 $z \neq \frac{A_1}{x(Y_1 - Y_2)}$ 时, 令 $F(y) = 0$ 仅有 $y = 0, y = 1$ 两个点是稳定状态, 对 $F(y)$ 求导, 如果在某点它的导数小于零, 这点就为稳定点, 此时又可分为两种情况:

(1)当 $0 < z < \frac{A_1}{x(Y_1 - Y_2)} < 1$ 时, $F'(y)|_{y=0} < 0, F'(y)|_{y=1} > 0$,得出 $y = 0$ 是演化稳定策略, 也就是说, 随着时间向后推移, 家庭会选择逐渐向“不引导”策略转变;

(2)当 $0 < \frac{A_1}{x(Y_1 - Y_2)} < z < 1$ 时, $F'(y)|_{y=0} > 0, F'(y)|_{y=1} < 0$,得出 $y = 1$ 时演化稳定策略, 也就是说, 随着时间向后推移, 家庭会选择逐渐向“引导”策略转变。

由上述分析得知, 家长选择策略的演化受多种情况的影响, 家长得到的收益等参数都会影响家长的演化策略。

3.3. 学生策略的复制动态方程分析

学生分别采取“低碳消费”和“非低碳消费”策略的期望收益分别是 U_{z1}, U_{z2} .则

$$U_{z1} = x(N_1 - C_2 + A_3 + C_3) + xy(A_2 - C_3) + y(N_3 - A_2 + A_3 + C_3) + P + N_2 - A_3 - C_3, \tag{5}$$

$$U_{z2} = P - xN_4 - yN_5. \tag{6}$$

由公式(5),(6)可得学生消费群体决策的复制动态方程:

$$\begin{aligned}
 F(z) &= \frac{dz}{dt} = z(1 - z)(U_{z1} - U_{z2}) \\
 &= z(1 - z)[x(N_1 - C_2 + A_3 + C_3 + N_4) + y(N_3 - A_2 + A_3 + C_3 + N_5) \\
 &\quad + xy(A_2 - C_3) + N_2 - A_3 - C_3].
 \end{aligned}$$

由上述方程的复制动态方程稳定性定理得知: (其中 $E_1 = N_3 - A_2 + A_3 + C_3 + N_5, E_2 = N_1 - C_2 + A_3 + C_3 + N_4$)

(I) 当 $x = \frac{-yE_1 - N_2 + A_3 + C_3}{E_2 + yA_2 - yC_3}$ 时, $F(z) \equiv 0$ 这说明对于所有的 z 都是处于稳定状态, 也就是说, 无论学生消费群体是选择低碳消费还是非低碳消费, 其策略都是稳定策略。

(II) 当 $x \neq \frac{-yE_1 - N_2 + A_3 + C_3}{E_2 + yA_2 - yC_3}$ 时, 仅有 $z = 0, z = 1$ 两点处是稳定状态, 对 $F(z)$ 求导, 如果在某点它的导数小于零, 这点就为稳定点, 此时又可分为两种情况:

(1) 当 $0 < x < \frac{-yE_1 - N_2 + A_3 + C_3}{E_1 + yA_2 - yC_3} < 1$ 时, $F'(z)|_{z=0} < 0, F'(z)|_{z=1} > 0$, 所以 $z = 0$ 是演化稳定策略, 也就是说, 随着时间向后推移, 学生消费群体会选择逐渐向非低碳消费策略转变;

(2) 当 $\frac{-yE_1 - N_2 + A_3 + C_3}{E_2 + yA_2 - yC_3} < x < 1$ 时 $F'(z)|_{z=0} > 0, F'(z)|_{z=1} < 0$, 所以 $z = 1$ 是演化稳定策略, 也就是说, 随着时间向后推移, 学生消费群体选择逐渐向低碳消费策略转变。

由上述的分析可得, 学生消费群体选择的策略不仅会受到家庭的影响还会受到高校的影响, 而且高校的奖惩、家庭的奖惩等参数都会影响学生的策略。

3.4. 三方演化策略分析

现在主要从系统的各个均衡点处于渐进稳定的状态条件出发的, 对该系统的稳定性分析研究。下列是高校、家庭、学生间的复制动态方程:

$$\begin{cases} F(x) = x(1-x)[yz(M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2) - C_1] \\ F(y) = y(1-y)[xz(Y_1 - Y_2) - A_1] \\ F(z) = z(1-z)[x(N_1 - C_2 + A_3 + C_3 + N_4) + y(N_3 - A_2 + A_3 + C_3 + N_5) + xy(A_2 - C_3) + N_2 - A_3 - C_3]. \end{cases}$$

系统的均衡点为 $(0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,0), (1,1,1), (x^*, y^*, z^*)$, 又由于多群体的演化博弈复制动态系统的均衡解一定是严格的纳什均衡解, 所以不用考虑点 (x^*, y^*, z^*) [14]. 利用 *Jacobi* 矩阵对上述八个复制动态均衡点的稳定性进行分析, 对 $F(x), F(y), F(z)$ 求偏导得到 *Jacobi* 矩阵 [15]: 其中 $A = M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2, B = N_1 - C_2 + A_3 + C_3 + N_4, C = N_3 - A_2 + A_3 + C_3 + N_5, D = N_2 - A_3 - C_3$.

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-2x)(yzA - C_1) & x(1-x)zA & x(1-x)yA \\ y(1-y)z(Y_1 - Y_2) & (1-2y)[xz(Y_1 - Y_2) - A_1] & y(1-y)x(Y_1 - Y_2) \\ z(1-z)[B + y(A_2 - C_3)] & z(1-z)(C + xA_2 - xC_3) & (1-2z)[xB + yC + xy(A_2 - C_3 + D)] \end{pmatrix}$$

根据演化博弈理论的相关知识点及李雅普诺夫第一法得知 [16], 将任何一个均衡点代入 *Jacobi* 矩阵中, 如若此矩阵的所有特征值都是负数, 那么得知这个均衡点为渐进稳定点, 系统也会逐渐处于稳定状态; 如若此矩阵中至少有一个特征值是正的, 那么这个均衡点就是不稳定点, 该系统也会处于不稳定状态。各均衡点的稳定性的判定由表 2 所示 [17] (注: 括号里的符号代表特征值的正负号, s 表示未知)。

Table 2. Judgment of the stability of each equilibrium point

表 2. 各均衡点的稳定性的判定

均衡点	特征值及其符号	状态
(0,0,0)	$-C_1(-), -A_1(-), N_2 - A_3 - C_3(s)$	条件1
(0,0,1)	$-C_1(-), -A_1(-), -(N_2 - A_3 - C_3)(s)$	条件2
(0,1,0)	$-C_1(-), A_1(+), N_3 - A_2 + N_5 + N_2(s)$	不稳定
(0,1,1)	$M_1 + H_1 + F_1 - M_2 - H_2 - F_2 - C_1(s), A_1(+), -N_3 + A_2 - N_5 - N_2(s)$	不稳定
(1,0,0)	$C_1(+), -A_1(-), N_1 + N_2 - C_2 + N_4(s)$	不稳定
(1,0,1)	$C_1(+), Y_1 - Y_2 - A_1(-), C_2 - N_4 - N_1 - N_2(s)$	不稳定
(1,1,0)	$C_1(+), A_1(+), N_1 + A_3 + N_3 + N_5 + N_2 - C_2 + N_4(s)$	不稳定
(1,1,1)	$M_2 + H_2 + F_2 + C_1 - M_1 - H_1 - F_1(s), Y_2 - Y_1 + A_1(s),$ $C_2 - N_4 - N_1 - N_3 - N_5 - N_2 - A_3(s)$	条件3

4. 演化的结果分析

表 3 给出了均衡点的稳定性条件, 分析后得到下列结果:

Table 3. Stability conditions of equilibrium point

表 3. 均衡点的稳定性条件

均衡点	稳定性条件	编号
(0,0,0)	$N_2 < A_3 + C_3$	条件1
(0,0,1)	$A_3 + C_3 < N_2$	条件2
(1,1,1)	$M_2 + H_2 + F_2 + C_1 < M_1 + H_1 + F_1, Y_2 + A_1 < Y_1,$ $C_2 < N_4 + N_1 + N_3 + N_5 + N_2 + A_3(s)$	条件3

高校、家庭和学生的策略最终是“不积极干预”、“不引导”和“非低碳消费”策略, 也就是说均衡点(0,0,0)是该系统的演化稳定策略, 但是需要满足一定的条件: $N_2 < A_3 + C_3$ 时, 高校最终趋于不积极干预, 家庭趋于不引导, 学生趋向于非低碳消费策略。

高校、家庭和学生的策略最终是“不积极干预”、“不引导”和“低碳消费”策略, 也就是说, 均衡点(0,0,1)是该系统的演化稳定策略, 但是同样需要满足一定的条件: $A_3 + C_3 < N_2$ 时, 高校趋于不积极干预、家庭趋于不引导和学生消费群体趋于低碳消费策略。

高校、家庭和学生的策略最终是“积极干预”、“引导”和“低碳消费”策略, 也就是说, 均衡点(1,1,1)是该系统的演化稳定策略, 但是同样需要满足一定的条件: $M_2 + H_2 + F_2 + C_1 <$

$M_1 + H_1 + F_1, Y_2 + A_1 < Y_1, C_2 < N_4 + N_1 + N_3 + N_5 + N_2 + A_3$ 时; 高校最终选择积极干预、家庭选择引导、学生选择低碳消费策略。

5. 仿真分析

为了能够直观的进行分析高校、家庭、学生三者的演化路径以及最终的状态, 下面将对上述三种情境中的参数具体赋值, 用MATLAB软件做数值仿真分析, 注: 参数需要满足: 所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2, A_3 > A_2, Y_1 > Y_2$.

(1)对均衡点(0,0,0)分析, 由前面知在均衡点(0,0,0)处于渐进稳定的条件时必须满足 $N_2 < A_3 + C_3$ 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2, A_3 > A_2, Y_1 > Y_2, M_1 = 30, H_1 = 40, F_1 = 20, M_2 = 20, H_2 = 30, F_2 = 15, C_1 = 30, Y_1 = 20, Y_2 = 15, A_1 = 20, N_1 = 10, C_2 = 10, A_3 = 15, C_3 = 10, N_4 = 10, N_3 = 10, A_2 = 10, N_5 = 10, N_2 = 8$, 仿真结果如图 1(a)所示 [17]。假设高校采取“积极干预”的概率是 $x = 0.2$,家庭选择“引导”的概率为 $y = 0.4$,学生选择低碳消费的概率为 $z = 0.8$ 则该系统的演化稳定策略仿真如图 1(b)所示 [18]:

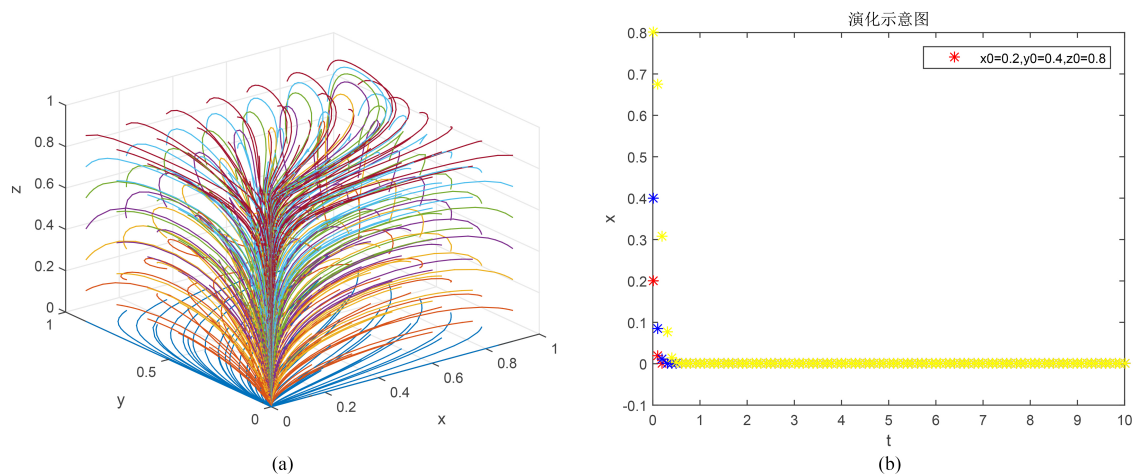


Figure 1. (a) Evolution to [0,0,0]; (b) Simulation diagram of evolutionary stability strategy of universities, families, and students

图 1. (a) 演化到[0,0,0]; (b) 高校,家庭,学生的演化稳定性策略仿真图

由图 1得知, 当 $N_2 < A_3 + C_3$ 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2, A_3 > A_2, Y_1 > Y_2$. 条件时, 高校、家庭、学生的策略向均衡点进行演化, 最后处于稳定的状态。这个理论分析的结果是合理的。

(2)对均衡点(0,0,1)分析, 由前面知在均衡点(0,0,1)处于渐进稳定的条件时必须满足 $A_3 + C_3 < N_2$ 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2, A_3 > A_2, Y_1 > Y_2, M_1 = 50, H_1 = 40, F_1 = 30, M_2 = 40, H_2 = 30, F_2 = 25, C_1 = 30, Y_1 = 45, Y_2 = 30, A_1 = 35, N_1 = 10, C_2 = 10, A_3 = 15, C_3 = 15, N_4 = 10, N_3 = 10, A_2 = 8, N_5 = 10, N_2 = 35$, 仿真结果如图 2(a)所示。假设高校采取“积极干预”的概率是 $x = 0.2$,家庭选择“引导”的概率为 $y = 0.4$,学生选择低碳消费的的概率为 $z = 0.8$ 则该系统的演化稳定策略仿真如图 2(b)所示

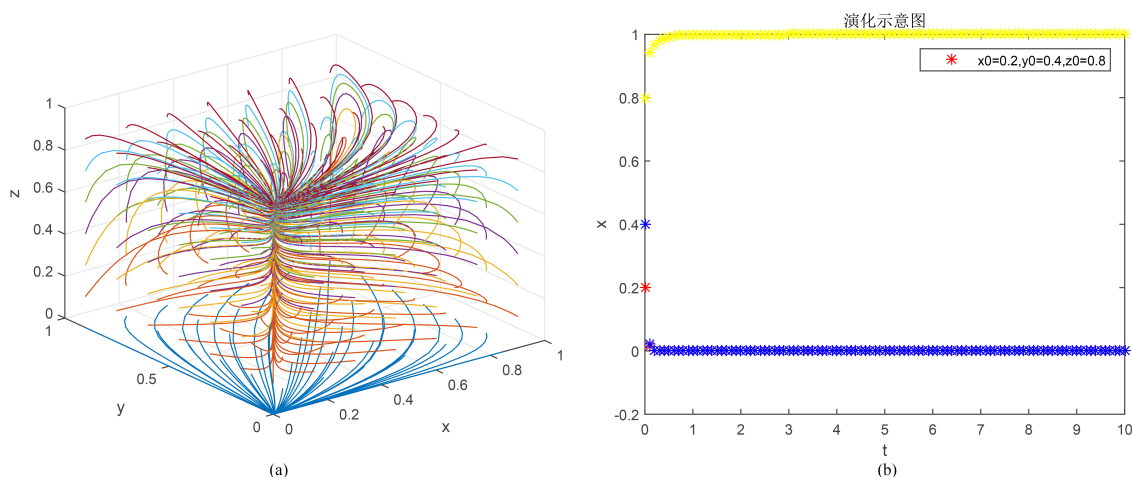


Figure 2. (a) Evolution to $[0,0,1]$; (b) Simulation diagram of evolutionary stability strategy of universities, families, and students

图 2. (a) 演化到 $[0, 0, 1]$; (b) 高校,家庭,学生的演化稳定性策略仿真图

由图 2 得知, 当 $N_2 < A_3 + C_3$ 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2$ 条件时, 高校、家庭、学生的策略向均衡点 $(0, 0, 1)$ 进行演化, 最后处于稳定的状态。这个理论分析的结果是合理的。

(3)对均衡点 $(1, 1, 1)$ 分析, 由前面知在均衡点 $(1, 1, 1)$ 处于渐进稳定的条件时必须满足 $M_2 + H_2 + F_2 + C_1 < M_1 + H_1 + F_1, Y_2 + A_1 < Y_1, C_2 < N_4 + N_1 + N_3 + N_5 + N_2 + A_3(s)$, 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2$. 仿真结果如下图 3(a) 所示。假设高校选择“积极干预”的概率为 $x = 0.2$, 家庭选择“引导”的概率为 $y = 0.4$, 学生选择低碳消费的的概率为 $z = 0.8$, 则该系统的演化稳定策略仿真如图 3(b) 所示

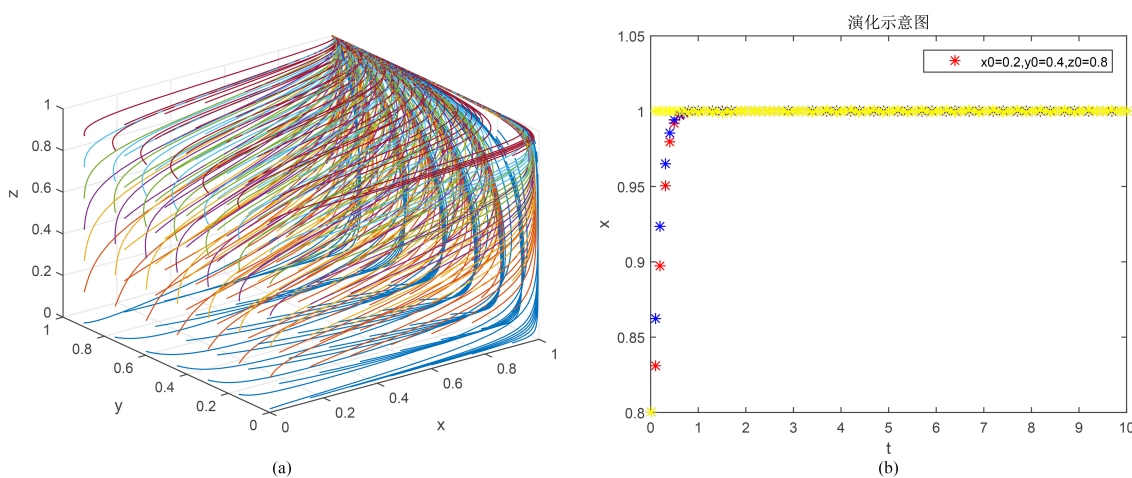


Figure 3. (a) Evolution to $[1,1,1]$; (b) Simulation diagram of evolutionary stability strategy of universities, families, and students

图 3. (a) 演化到 $[1, 1, 1]$; (b) 高校,家庭,学生的演化稳定性策略仿真图

由图3得知, 当 $M_2 + H_2 + F_2 + C_1 < M_1 + H_1 + F_1, Y_2 + A_1 < Y_1, C_2 < N_4 + N_1 + N_3 + N_5 + N_2 + A_3(s)$ 而且所有参数均大于零, $H_1 > H_2, M_1 > M_2, F_1 > F_2$.条件时, 高校、家庭、学生的策略向均衡点(1, 1, 1)进行演化, 最后处于稳定的状态。这个理论分析的结果是合理的。

6. 结论

本文研究的是高校、家庭、学生的选择行为, 通过查阅大量文献, 根据相关的演化博弈知识, 以高校、家庭、学生为主体建立高校、家庭、学生三者的演化博弈模型, 并系统地分析了高校、家庭、学生三者间的策略演化过程, 还进行了三维的数值仿真分析, 得出了下列结论: 高校、家庭、学生群体进行三方演化博弈时有:

(1)提升自身的素质以及涵养等的收益小于在家长不引导情况下, 学生进行低碳消费需要付出的成本与高校不积极干预情况下, 学生进行低碳消费时需要付出的成本之和时, 高校最终趋于不积极干预, 家庭趋于不引导, 学生趋向于非低碳消费策略。

(2)家长在不引导情况下, 学生进行低碳消费需要付出的成本与高校不积极干预情况下, 学生进行低碳消费时需要付出的成本之和小于提升自身的素质以及涵养等的收益时, 高校趋于不积极干预、家庭趋于不引导和学生消费群体趋于低碳消费策略。

(3)高校与家庭其中一方为未参与干预或者两方均不参与学生消费情况时, 效果不明显, 大学生采取低碳消费, 提升大学生总体的素质, 高校在办学质量上得到收益, 大学生低碳消费将会减少水电以及食物的浪费, 即降低高校运营的成本; 当满足文中提到的 $M_2 + H_2 + F_2 + C_1 < M_1 + H_1 + F_1, Y_2 + A_1 < Y_1, C_2 < N_1 + N_3 + N_5 + N_2 + A_3 + N_4$ 时; 高校最终选择积极干预、家庭选择引导、学生选择低碳消费策略。

基金项目

贵州大学SRT项目资金资助贵大SRT字(2019)371号; 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); 贵州大学引进人才基金(No.201811) 资助项目。

参考文献

- [1] 彭菲. 探析当代大学生消费结构与消费行为[J]. 现代营销(信息版), 2020(2): 225-225.
- [2] 贺含珍. 大学生家庭理财教育方式、消费价值观与消费行为的关系[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2016.
- [3] 范艳. 高校积极干预与大学生低碳消费行为的演化博弈分析[J]. 现代商业, 2020(23): 28-30.
- [4] 蒋少华, 荀梓莹, 曹桢. 基于ELES模型对我国大学生消费结构的实证研究[J]. 长春理工大学学报(社会科学版), 2019, 32(3): 134-139.
- [5] 张愉悦. 引导当代大学生低碳消费行为的若干举措[J]. 法制与社会, 2019(35): 140-141.
- [6] 王梦琦, 孟璐. 大学生低碳意识和低碳消费教育的调查与建议[C]//中国商品学会. 中国商品学会第十三届学术研讨会论文集, 2010: 6.

- [7] 刘鹏飞. 大学生低碳消费教育探究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2011.
- [8] 张泽光, 董秀梅. 高校学生低碳消费策略的研究[J]. 中国成人教育, 2013(13): 60-62.
- [9] 汪钰莹. 大学生低碳消费行为心理的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2014.
- [10] 孙继华. 大学生低碳消费行为研究—以南京市江宁区高校学生为例[J]. 价值工程, 2018, 37(8): 108-111.
- [11] 陈凯, 李华晶. 低碳消费行为影响因素及干预策略分析[J]. 中国科技论坛, 2012(9): 42-47.
- [12] 邹萍, 董颖. 基于博弈论的高校图书馆人才流失危机对策分析[J]. 情报科学, 2015, 33(1): 43-48.
- [13] 冀鸿, 霍明奎. 高校教师团队知识共享的演化博弈分析[J]. 情报科学, 2013, 31(5): 142-146.
- [14] Ritzberger, K. and Weibull, J.W. (1995) Evolutionary Selection in Normal-Form Games. *Econometrica*, **63**, 1371-1399. <https://doi.org/10.2307/2171774>
- [15] Friedman, D. (1991) A Simple Testable Model of Double Auction Markets. *Journal of Economic Behavior Organization*, **15**, 47-70. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(91\)90004-H](https://doi.org/10.1016/0167-2681(91)90004-H)
- [16] 卢珂, 周晶, 鞠鹏. 基于三方博弈的汽车共享产业推广模型及演化路径[J]. 统计与决策, 2019, 35(5): 68-72.
- [17] 陈华鑫, 贾文生. 基于三方博弈的共享汽车演化模型及策略分析[J]. 经济数学, 2020, 37(2): 88-95.
- [18] 李博文. 企业与消费群体间演化博弈建模及仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2020.