

基于三方博弈模型的高校教学演化分析研究

田建平, 贾文生

贵州大学数学与统计学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年9月30日; 录用日期: 2022年10月27日; 发布日期: 2022年11月4日

摘要

针对高校教学过程的多种影响因素, 本文建立了基于管理部门、教师和学生三方动态演化博弈模型, 并对模型进行了演化稳定仿真分析和参数敏感性分析, 研究结果表明: 当高校在管理方面的成本降低, 管理部门会倾向于选择“加强管理”策略; 高校教师在教学过程中收益增加, 以及管理部门对教师的加强管理下, 教师会倾向于选择“认真教学”策略; 学生为获取知识、提高能力以及学习成本增加等因素, 学生则倾向于选择“努力学习”策略。管理部门采取适度奖励与惩罚有利于高校教学高质量发展。本文的研究为高校教学管理提供了一种新的视角和量化模型分析工具, 相关结论可为高校教学高质量发展提供决策参考。

关键词

教育质量, 演化博弈, 演化稳定策略, 教学效果

Research on the Evolution Analysis of College Teaching Based on Tripartite Game Model

Jianping Tian, Wensheng Jia

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 30th, 2022; accepted: Oct. 27th, 2022; published: Nov. 4th, 2022

Abstract

Aiming at the various influencing factors of the teaching process in universities, this paper establishes a dynamic evolutionary game model based on the management department, teachers and students, and carries out the evolutionary stability simulation analysis and parameter sensitivity analysis of the model. The research results show that: when the cost of management decreases in

universities, the management tends to choose the strategy of “strengthening management”; As the benefits of teachers increase and the administration’s enhanced management, teachers tend to choose “severe teaching”. Because of acquiring knowledge, improving ability and increasing learning cost, students tend to choose “learning vigorously”. The management department adopts appropriate rewards and punishments, which is conducive to the high-quality development of college teaching. The research in this paper not only provides a new perspective and quantitative model analysis tools for college teaching management, but also provides decision-making reference for high-quality development of college teaching.

Keywords

Education Quality, Evolutionary Game, Evolutionary Stable Strategy, Teaching Effect

Copyright © 2022 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, 中共中央、国务院印发《深化新时代教育评价改革总体方案》[1]以来, 进一步展现了国家对完善立德树人体制机制, 扭转不科学的教育评价导向的决心和作为, 为新时代教育评价改革明确了方向, 是当下和未来教育评价改革的路标和航向。高校不仅是实施高等教育的主要场所, 也是国家培养高学历人才的重要机构, 高校从最基础的创新源头出发, 直接参与了经济增长各阶段的创新活动。高校的综合科技和人才优势与区域经济社会发展需求相结合, 催生了多种形式的产、学、研合作模式, 不但搭建了校企合作的桥梁, 而且促进了学校与企业的互动与双赢, 极大地推动了经济与科技的发展。高等学校所培养的各类人才是自主创新的人才保障, 高校所拥有的创新团队是自主创新的组织保障, 所拥有的创新平台和基地是实现自主创新的物力保障。因此, 提高高校的教育教学质量对促进我国在新的国际竞争中取得优势地位至关重要, 这不仅是新时代发展对高等教育的要求, 也是我国高等教育持续健康高质量发展的客观需要[2]-[9]。

目前运用博弈理论分析教学过程中各方参与者的行为已经成为众多学者们关注的热点。近年来, 喻丽心等[10]将博弈理论用于高校教育成本信息披露, 并构建供需双方博弈矩阵。高琦[11]利用博弈论的思想分析高等学校课堂教学质量, 并给出提升教学质量的一些建议和对策。伍海泉等[12]在高等教育学费定价博弈模型中发现: 在 Nash 均衡条件下的高等教育学费定价能够使博弈双方利益最大化, 即实现共赢。陈翠荣[13]发现我国现阶段实施素质教育困境本质上是利益相关者之间博弈的结果。张素雅等[14]从社会学理论博弈论的视角考察, 建立教师利益的激励机制。叶杰[15]从中国大学教师存在重科研, 轻教学的现象中, 以演化博弈为分析框架, 得出大学和相关决策部门在制定实施激励政策时, 要综合考虑教学和科研两类激励带给教师的期望收益和博弈策略的结论。朱淑珍[16]运用演化博弈理论方法建立教学督导博弈模型, 提出优化教学督导机制对策建议。Bonesronning [17]运用了一种基于统计学分析的适应性博弈理论模型, 分析教师不同实践成绩产生的原因和结果。Correa [18]等基于博弈理论初步分析了教师与学生之间的课堂互动行为对教学过程所产生的影响。因此, 借助演化博弈方法研究高校教学过程中管理部门、教师和学生三方动态演化行为分析具有重要的意义。

但是, 上述研究往往注重教学过程中仅有两个参与者, 即“教师与学生”的研究, 而且多是静态研究和理论思辨, 忽视了师生关系的动态研究和实证分析, 因而往往不能从深层挖掘高校管理部门、教师

与学生三者之间行为的形成过程、影响因素和机制等, 难以从动态演化的角度改善教师实践、教学效果以及学生学习的积极性。因此, 本文将以三方参与者对高校教学过程的影响为重点, 主要从动态研究的角度, 运用演化博弈理论的分析框架, 对教学过程的管理部门、教师和学生之间的博弈行为进行系统地分析和阐述。

2. 高校教学模型假设及构建

模型所需参数见表 1:

Table 1. Description of model parameters

表 1. 模型参数说明

符号	参数说明
C_0	学校加强管理的成本
C_1	教师认真教学的成本, 主要包括时间, 精力
C_2	学生努力学习所支付的成本, 主要包括时间, 精力
D_0	学生不认真学习, 学校因为改善学习效果所要支付的整改费用
D_1	学生通过其他渠道学习, 学校因为学习效果所要支付的费用
E_0	学校加强管理, 对认真教学的高校教师的奖励
E_1	学校加强管理, 对不认真教学的高校教师的惩罚
F_0	学校加强管理, 教师认真教学, 学生努力学习, 学校获得的收益
F_1	学校一般管理, 教师认真教学, 学生努力学习, 学校获得的收益
M_0	教师认真教学, 学生努力学习, 学生所获收益
M_1	教师不认真教学, 学生通过其他渠道学习, 学生所获收益
H	学生认真学习, 教师认真教学所获收益

考虑实际教学过程中所出现的各种教学问题, 模型中高校管理部门的策略集为(“加强管理”, “一般管理”), 教师群体的策略集为(“认真教学”, “不认真教学”), 学生群体的策略集为(“努力学习”, “消极学习”), 共可分为 8 种情形如下[19] [20] [21]:

1、假设当管理部门选择一般管理, 高校教师不认真教学, 学生消极学习时, 管理部门需改善教学现状以提升教学质量所要付出的费用为 D_0 , 由于管理部门没有加强管理, 教师不会因为不认真教学而被惩罚, 因此教师获得的收益为 0, 学生也由于消极学习导致的损失为 K 。

2、假设当管理部门选择一般管理, 高校教师选择不认真教学, 学生努力学习时, 由于学生通过其他渠道学习时, 学校的有关部门提供自习室和免费学习网站等付出的费用为 D_1 , 教师获得的收益依然为 0, 加上教师的不认真教学, 学生在课后通过其他途径获得知识, 且收益为 $M_1 - C_2$ 。

3、假设当管理部门选择一般管理, 高校教师选择认真教学, 而学生消极学习, 仍然会导致教学质量的下降, 因为高校通常是根据学生的学习情况来调整有关措施, 此时管理部门付出的费用还为 D_0 , 教师认真教学所获收益 C_1 。

4、假设当管理部门选择一般管理, 高校教师选择认真教学, 学生努力学习时, 这是传统教学模式中的理想情况, 当学校管理部门对课堂教学参与度较小, 教师和学生做好自己的工作时, 管理部门获得的收益为 F_1 , 当教师认真准备教学, 学生认真学习时, 教师所获得的认可度和满足感等收益为 $H - C_1$, 而学生由于课上和课下的努力学习, 所获总收益为 $M_0 - C_2$ 。

5、当管理部门选择加强管理, 高校教师选择不认真教学, 学生消极学习时, 管理部门为了更好地规范老师和学生在教学过程中的行为, 同时为了建设浓厚的学习氛围, 须采取科学而有效的措施来加强管理, 则管理部门所获收益总的为 $E_1 - C_0 - D_0$, 由于管理部门对不认真教学的教师惩罚所获收益为 E_1 , 虽然学校加强管理, 但还是存在一部分学生认为大学应该放松, 又加上大学课程难度比高中增加不少, 从而这部分学生渐渐开始消极学习, 学生遭受的损失为 K 。

6、当管理部门选择加强管理, 高校教师选择不认真教学, 学生努力学习时, 管理部门既要科学合理地加强管理, 又要为学生通过渠道学习支付费用, 则管理部门所获总收益为 $E_1 - C_0 - D_1$, 教师由于不认真教学所遭受损失为 E_1 , 学生为了提升自己的能力通过其他途径努力学习, 所获总收益为 $M_1 - C_2$ 。

7、当管理部门选择加强管理, 高校教师选择认真教学, 学生消极学习时, 管理部门为了提升教学质量加强管理, 支付的费用为 $C_0 + E_0 + D_0$, 教师由于认真教学将会获得一定的奖励, 教师获得的收益为 $E_0 - C_1$, 即便学校和教师两方都在不断做出改变, 但在高校中依然存在这样极少数的学生, 他们由于对所在专业不感兴趣, 始终没有学习动力, 渐渐地由于消极学习导致的损失为 K 。

8、当管理部门选择加强管理, 高校教师选择认真教学, 学生努力学习时, 这是当代教学模式的理想情况, 管理部门与高校教师相互配合, 教师又能分配好自己的工作, 认真担负起教学责任, 学生课上和课下依然努力的学习, 相应地, 教学现状也有明显的改善, 也激发各方参与教学过程的积极性, 其中管理部所获收益为 $F_0 - C_0 - E_0$, 教师所获收益 $H + E_0 - C_1$, 学生所获收益为 $M_0 - C_2$ 。

9、综上, 可建立关于管理部门, 高校教师, 学生的三方博弈矩阵如下表 2 所示:

Table 2. Tripartite evolutionary game matrix

表 2. 三方演化博弈矩阵

管理部门	教师	学生	
		努力学习	消极学习
加强管理	认真教学	$F_0 - C_0 - E_0; H + E_0 - C_1; M_0 - C_2$	$-C_0 - E_0 - D_0; E_0 - C_1; -K$
	不认真教学	$E_1 - C_0 - D_1; -E_1; M_1 - C_2$	$E_1 - C_0 - D_0; -E_1; -K$
一般管理	认真教学	$F_1; H - C_1; M_0 - C_2$	$-D_0; -C_1; -K$
	不认真教学	$-D_1; 0; M_1 - C_2$	$-D_0; 0; -K$

3. 高校教学模型稳定性分析

设管理部门实施加强管理的概率为 x , $0 \leq x \leq 1$, 则选择实施一般管理的概率为 $1-x$; 高校教师认真教学的概率为 y , $0 \leq y \leq 1$, 则选择不认真教学的概率为 $1-y$; 学生努力学习的概率为 z , $0 \leq z \leq 1$, 则选择消极学习的概率为 $1-z$ 。

则根据博弈矩阵可得管理部门实施加强管理所获期望收益和管理部门实施一般管理的期望收益如下 [22]:

$$\pi_1 = y[z(F_0 - C_0 - E_0) + (1-z)(-C_0 - E_0 - D_0)] + (1-y)[z(E_1 - C_0 - D_1) + (1-z)(E_1 - C_0 - D_0)] \quad (1)$$

$$= yzF_0 - yE_0 - yE_1 + yzD_1 + zD_0 - zD_1 - C_0 + E_1 - D_0.$$

$$\pi_2 = y[zF_1 + (1-z)(-D_0)] + (1-y)[z(-D_1) + (1-z)(-D_0)]. \quad (2)$$

同理, 高校教师认真教学所获期望收益、不认真教学的期望收益如下:

$$\pi_3 = x[z(H + E_0 - C_1) + (1-z)(E_0 - C_1)] + (1-x)[z(H - C_1) + (1-z)(-C_1)] = zH + xE_0 - C_1. \quad (3)$$

$$\pi_4 = x[z(-E_1) + (1-z)(-E_1)] + (1-x)[z(H - C_1) + (1-z)(-C_1)] = -xE_1. \quad (4)$$

同理, 学生努力学习所获期望收益、消极学习的期望收益如下:

$$\begin{aligned} \pi_5 &= x[y(M_0 - C_2) + (1-y)(M_1 - C_2)] + (1-x)[y(M_0 - C_2) + (1-y)(M_1 - C_2)] \\ &= M_1 + yM_0 - yM_1 - C_2. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\pi_6 = x[y(-K) + (1-y)(-K)] + (1-x)[y(-K) + (1-y)(-K)] = -K. \quad (6)$$

其次, 可得到管理部门、教师、学生的平均收益如下:

$$\pi_{\text{管}} = x\pi_1 + (1-x)\pi_2 = xyzF_0 - xyzF_1 - xyE_0 - xyE_1 + yzF_1 + yzD_1 + xE_1 - xC_0 + zD_0 - zD_1 - D_0. \quad (7)$$

$$\pi_{\text{教}} = y\pi_3 + (1-y)\pi_4 = xyE_0 + xyE_1 + yzH - yC_1 - xE_1. \quad (8)$$

$$\pi_{\text{学}} = z\pi_5 + (1-z)\pi_6 = zM_1 + zyM_0 - zyM_1 - zC_2 + zK - K. \quad (9)$$

最后又由演化博弈理论可得到管理部门、高校教师、学生相应的复制动态方程:

$$U_1 = \frac{dx}{dt} = x(\pi_1 - \pi_{\text{管}}) = x(1-x)(yzF_0 - yzF_1 - yE_0 - yE_1 - C_0 + E_1). \quad (10)$$

$$U_2 = \frac{dy}{dt} = y(\pi_3 - \pi_{\text{教}}) = y(1-y)(xE_1 + xE_0 + zH - C_1). \quad (11)$$

$$U_3 = \frac{dz}{dt} = z(\pi_5 - \pi_{\text{学}}) = z(1-z)(yM_0 - yM_1 - C_2 + M_1 + K). \quad (12)$$

上述复制动态方程反映了管理部门、高校教师和学生群体的策略调整的速度与方向。下面将讨论高校教学博弈模型中各参与方的演化稳定性:

管理部门的演化稳定性分析

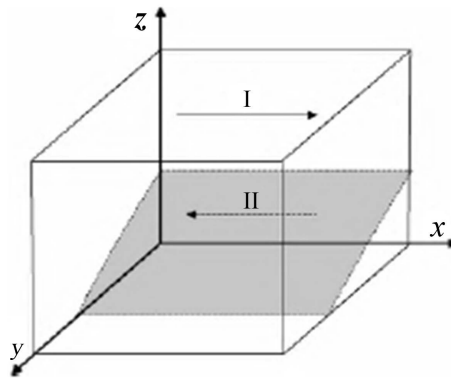


Figure 1. Schematic diagram of the dynamic evolution of management departments

图 1. 管理部门动态演化示意图

图 1 中阴影空间分为 I、II 上下两部分, 进一步分析可知, 当 $(yzF_0 - yzF_1 - yE_0 - yE_1 - C_0 + E_1) = 0$,

$$z = \frac{yE_0 + yE_1 + C_0 - E_1}{yF_0 - yF_1}$$

时, 对于所有 x , 都有 $U_1 = \frac{dx}{dt} = 0$, 此时管理部门采取的策略为稳定状态, 相应地说明该策略选择所占比例不会随时间的变化而发生改变。

$(yzF_0 - yzF_1 - yE_0 - yE_1 - C_0 + E_1) > 0$ 时, 此时令 $U_1 = \frac{dx}{dt} = 0$, 则可得到 $x = 0, x = 1$ 是两个稳定点, 当管理部门初始状态处于空间 I, 又根据 U_1 的一阶导数

$$U'_1 = (1 - 2x)(yzF_0 - yzF_1 - yE_0 - yE_1 - C_0 + E_1)$$

$U'_1(0) > 0, U'_1(1) < 0$, 则说明 $x = 1$ 是演化稳定策略, 即当学生选择“努力学习”策略的比例大于

$$\frac{yE_0 + yE_1 + C_0 - E_1}{yF_0 - yF_1}$$

时, 管理部门会选择“加强管理”策略。

当管理部门初始状态处于空间 II, 又 $(yzF_0 - yzF_1 - yE_0 - yE_1 - C_0 + E_1) < 0$, 又由于 $U'_1(0) < 0, U'_1(1) > 0$, 则可得到 $x = 0$ 是演化稳定策略, 即当学生选择“努力学习”的比例小于

$$\frac{yE_0 + yE_1 + C_0 - E_1}{yF_0 - yF_1} \text{ 时,}$$

管理部门会选择“一般管理”策略。

第二, 高校教师的演化稳定性分析

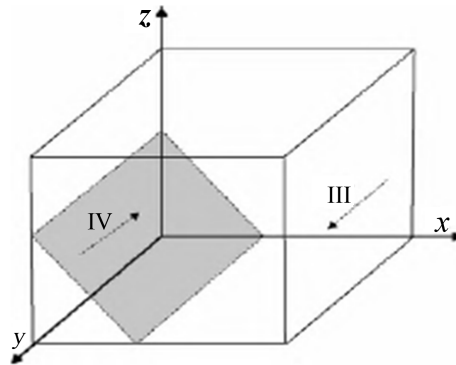


Figure 2. Schematic diagram of the dynamic evolution of college teachers
图 2. 高校教师动态演化示意图

图 2 中阴影部分将空间分为 III、IV 两部分, 此时对于所有 y , 都有 $U_2 = \frac{dy}{dt} = 0$, 此时教师采取的策略为稳定状态, 相应地说明该策略选择所占比例不会随时间的变化而发生改变。

当 $(xE_1 + xE_0 + zH - C_1) > 0$, 此时再令

$$U_2 = \frac{dy}{dt} = 0.$$

则可得到 $y = 0, y = 1$ 是两个稳定点, 当高校教师初始状态处于空间 III, 又根据 U_2 的一阶导数

$$U'_2 = (1 - 2y)(xE_1 + xE_0 + zH - C_1).$$

则由 $U'_2(0) > 0, U'_2(1) < 0$, 则说明 $y = 1$ 是演化稳定策略, 即当管理部门选择“加强管理”策略的比例大于 $\frac{C_1 - zH}{E_1 + E_0}$ 时, 教师最终会选择“认真教学”策略。

当 $(xE_1 + xE_0 + zH - C_1) < 0$, 管理部门初始状态处于空间 IV, 又 $U'_2(0) < 0, U'_2(1) > 0$, 可得到 $y = 0$

是演化稳定策略, 即当管理部门选择“加强管理”的比例小于 $\frac{C_1 - zH}{E_1 + E_0}$ 时, 教师最终会选择“不认真教学”策略。

第三, 学生的演化稳定策略分析

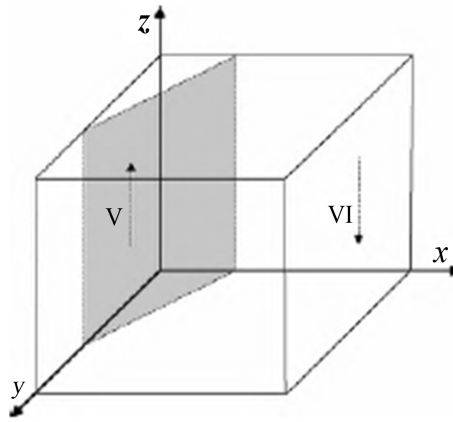


Figure 3. Schematic diagram of student dynamic evolution

图 3. 学生动态演化示意图

图 3 中阴影部分将空间分为 V、VI 两部分, 当 $(yM_0 - yM_1 - C_2 + M_1 + K) = 0$, 即

$$y = \frac{C_2 - M_1 - K}{M_0 - M_1},$$

此时对于所有 z , 则都有 $U_3 = \frac{dz}{dt} = 0$, 此时学生群体采取的策略为稳定状态, 说明该策略选择所占比例不会随时间的变化而发生改变。

当 $(yM_0 - yM_1 - C_2 + M_1 + K) > 0$, 此时再令 $U_3 = \frac{dz}{dt} = 0$, 可得到 $z = 0, z = 1$ 是两个稳定点, 当学生初始状态处于空间 V, 又根据 U_3 的一阶导数

$U'_3 = (1 - 2z)(yM_0 - yM_1 - C_2 + M_1 + K)$, 则 $U'_3(0) > 0$, $U'_3(1) < 0$, 则说明 $z = 1$ 是演化稳定策略, 即当教师选择“认真教学”策略的比例大于 $\frac{C_2 - M_1 - K}{M_0 - M_1}$ 时, 学生会选择“努力学习”策略。当学生初始状态处于空间 VI, $(yM_0 - yM_1 - C_2 + M_1 + K) < 0$, 又 $U'_3(0) < 0$, $U'_3(1) > 0$, 可得到 $z = 0$ 是演化稳定策略, 即当教师选择“认真教学”策略的比例小于 $\frac{C_2 - M_1 - K}{M_0 - M_1}$ 时, 学生会选择“消极学习”策略。

4. 演化结果与仿真分析

根据 Maynard [23] 和 Weibull [24] 的研究可知, 平衡状态下的均衡点有如下 $(0,0,0)$, $(0,0,1)$, $(0,1,1)$, $(0,1,0)$, $(1,0,0)$, $(1,1,0)$, $(1,0,1)$, $(1,1,1)$, 这里的 (x^*, y^*, z^*) 所表示复制动态方程的鞍点, 即:

$$U_1 = \frac{dx}{dt} = x(\pi_1 - \pi_{管})$$

$$U_2 = \frac{dy}{dt} = y(\pi_3 - \pi_{教})$$

$$U_3 = \frac{dz}{dt} = z(\pi_5 - \pi_{\frac{z}{z}})$$

可联立三个复制动态方程解得:

$$x^* = \frac{C_1(C_2 - M_1 - K)(F_0 - F_1) - H(C_0 - E_1)(M_0 - M_1) - H(C_2 - M_1 - K)(E_0 + E_1)}{(C_2 - M_1 - K)(F_0 - F_1)(E_0 + E_1)},$$

$$y^* = \frac{C_2 - M_1 - K}{M_0 - M_1},$$

$$z^* = \frac{(C_0 - E_1)(M_0 - M_1) + (C_2 - M_1 - K)(E_0 + E_1)}{(C_2 - M_1 - K)(F_0 - F_1)}.$$

根据 Liapunov 第一法并以 (0,0,0) 为例, 可以得到其雅可比矩阵:

$$J_1 = \begin{bmatrix} -C_0 + E_1 & 0 & 0 \\ 0 & -C_1 & 0 \\ 0 & 0 & -C_2 + M_1 + K \end{bmatrix}.$$

特征值分别为

$$\lambda_1 = -C_0 + E_1, \lambda_2 = -C_1, \lambda_3 = -C_2 + M_1 + K.$$

同理可知其他平衡点与之相对应雅可比矩阵的特征值如表 3 所示:

Table 3. The equilibrium point corresponds to the eigenvalue of the Jacobian matrix
表 3. 平衡点对应雅可比矩阵的特征值

	特征值 λ_1	特征值 λ_2	特征值 λ_3
(0,0,0)	$-C_0 + E_1$	$-C_1$	$-C_2 + M_1 + K$
(0,0,1)	$-C_0 + E_1$	$H - C_1$	$-(-C_2 + M_1 + K)$
(0,1,1)	$F_0 - F_1 - E_0 - C_0$	$-(H - C_1)$	$-(-C_2 + M_0 + K)$
(0,1,0)	$-E_0 - C_0$	C_1	$M_0 - C_2 + K$
(1,0,0)	$E_1 < C_0$	$E_1 + E_0 - C_1$	$-(C_2 - M_1 - K)$
(1,1,0)	$E_0 + C_0$	$-(E_1 + E_0 - C_1)$	$M_0 - C_2 + K$
(1,0,1)	$-(-C_0 + E_1)$	$E_1 + E_0 + H - C_1$	$C_2 - M_1 - K$
(1,1,1)	$-(F_0 - F_1 - E_0 - C_0)$	$-(E_1 + E_0 + H - C_1)$	$-(M_0 - C_2 + K)$

在模型中的参数较多, 只需考虑满足以上各点为稳定点时的情况, 同时能得到所满足稳定点时的参数条件(特征值均小于零)如下表 4 所示:

Table 4. Evolutionary game stability point and parameter conditions
表 4. 演化博弈稳定点及参数条件

	平衡点	稳定点条件
情形 1	(0,0,0)	$E_1 < C_0, C_1 > 0, (M_1 + K) < C_2$
情形 2	(0,0,1)	$E_1 < C_0, H < C_1, (M_1 + K) > C_2$
情形 3	(0,1,1)	$(F_0 - F_1 - E_0) < C_0, H > C_1, (M_0 + K) > C_2$
情形 4	(1,0,0)	$E_1 > C_0, (E_1 + E_0) < C_1, C_2 > (M_1 + K)$

Continued

情形 5	(1,0,1)	$E_1 > C_0, (E_1 + E_0 + H) < C_1, C_2 < (M_1 + K)$
情形 6	(1,1,1)	$(F_0 - F_1 - E_0) > C_0, (E_1 + E_0 + H) > C_1, (M_0 + K) > C_2$

1) 由上表可知, (0,0,0) 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令[25] [26]

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
0.4	0.4	3	1.6	1	1	2	0.4	2	0.4	0.4

如图 4 所示, 结合实际可知道有些学校的管理部门发现采取加强管理的措施以后, 管理部门各方面付出的成本高昂, 但所获收益较低, 此时有的管理部门为了学校的长远发展, 就会减少加强管理的费用, 从而出现一般管理的情况, 此时, 高校教师面对学校的不加强管理的措施, 又由于教师作为理性人, 更愿意将自己在教学工作上的成本投入到更高收益的其他工作, 即选择不认真教学, 一部分学生群体的自觉性较差, 认为自己在课堂上都没有好好学习, 课下更不会好好学习, 也学不好, 同时加上学习外其他诱惑, 这部分学生就选择消极学习, 在这时候, 出现三方在教学过程中都没有积极参与, 由此导致高校教学质量渐渐处于下降的状态。

2) (0,0,1) 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
0.4	0.4	3	1.6	1	1	2	0.4	2	0.4	0.4

如图 5 所示, 结合实际可知有些学校的管理部门一开始选择加强管理策略时, 就会加强教师队伍的建设, 引进人才, 提高高校教师教学待遇, 同时又加强对学生学习氛围建设的投入等来提高教学质量, 但最后发现所投入的成本高于学校的收益, 此时管理部门为了减少成本倾向于选择一般管理的策略, 而有的高校教师由于在一开始认真教学, 一段时间过后, 有的教师发现认真教学所花的成本要大于从教学过程中所获收益, 则高校教师倾向选择不认真教学策略, 此时的高校中还是存在一部分学生依然保持高度的自律性来促使其选择努力学习, 又加上自己努力学习可以提高各方面的能力, 实现梦想等收益要大于所支出的成本, 最终学生群体选择努力学习的策略。此时教学过程中仅仅由学生一方的积极参与, 对教学质量改善的影响较小, 且持续时间短。

3) (0,1,1) 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
1.6	2	0.4	1.6	1.6	1	0.4	1	1	0.4	1

如图 6 所示, 结合实际可知这本质就是传统教学模式中各方的博弈状态, 当管理部门坚持认为教学过程只需教师与学生积极参与, 同时又加上管理部门选择加强管理所支付的费用要大于选择一般管理的导致的损失, 此时的管理部门则会倾向于选择一般管理的策略来减少管理费用的支出, 教师由于学生努力学习, 自己所获各方总收益要大于其所付出的成本, 从而会倾向于选择继续认真教学, 学生群体在老师的认真教学以及自身的努力学习下, 所获收益要大于其在学习过程中所支付的总成本, 则学生会继续选择倾向于努力学习, 那么教师与学生的参与就会导致教学质量有一个短暂的提升。

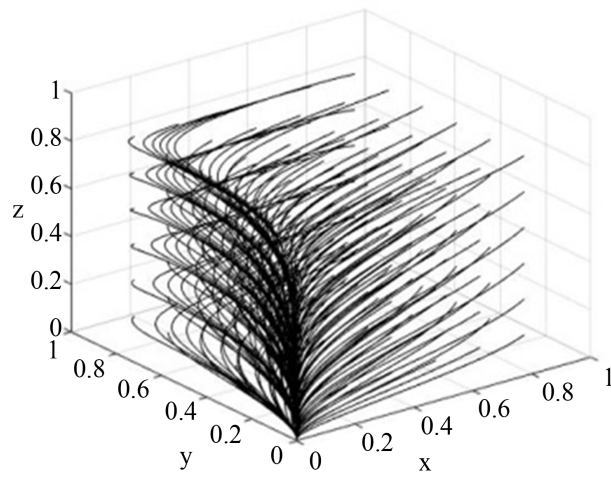


Figure 4. Scenario 1
图 4. 情形 1

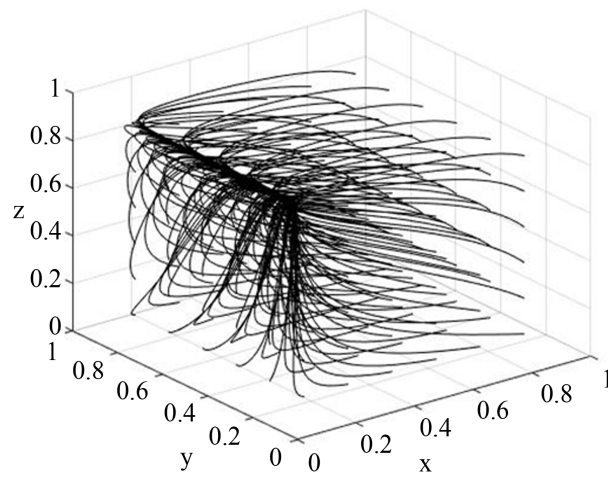


Figure 5. Scenario 2
图 5. 情形 2

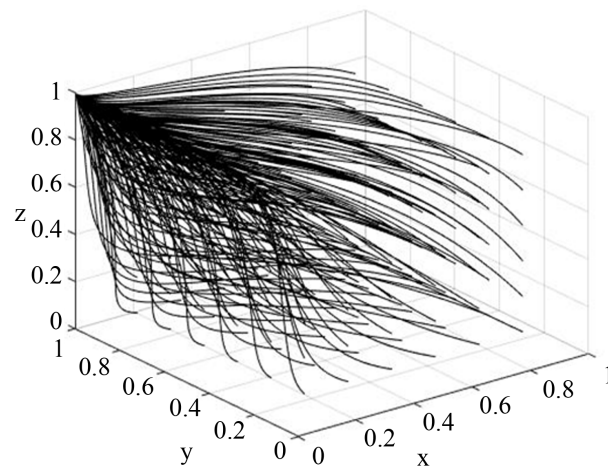


Figure 6. Scenario 3
图 6. 情形 3

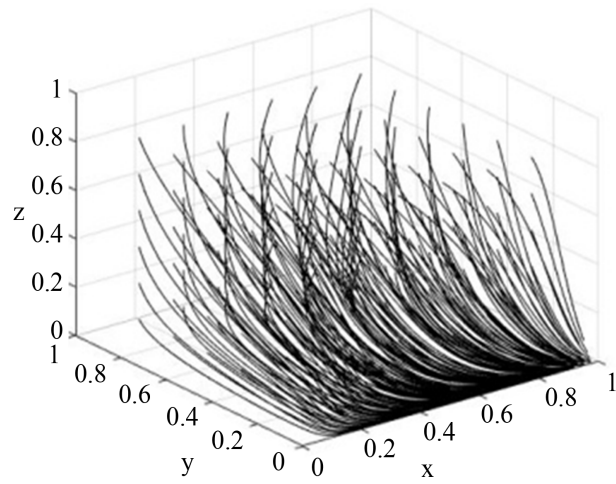


Figure 7. Scenario 4
图 7. 情形 4

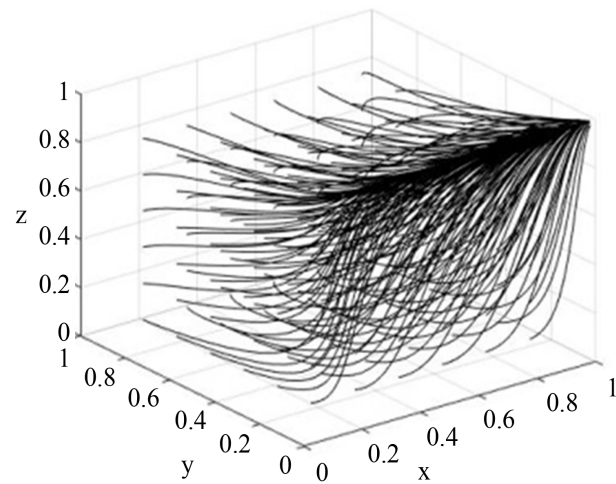


Figure 8. Scenario 5
图 8. 情形 5

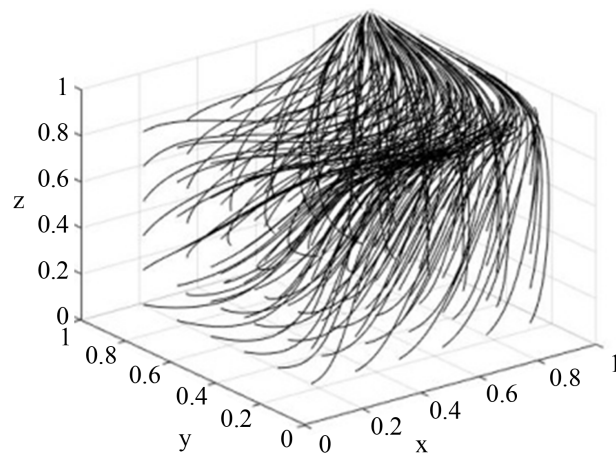


Figure 9. Scenario 6
图 9. 情形 6

4) $(1,0,0)$ 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
1	1.6	0.4	3	1.6	1	2.6	1	1	0.4	1

如图 7 所示, 结合实际当管理部门一般管理的损失要小于加强管理的收益时, 管理部门会倾向于选择加强管理; 高校教师由于管理部门对其奖励措施以及惩罚措施使其总的收益要小于教师在教学过程中所花成本, 则教师此时会倾向于选择不认真教学; 学生群体一开始选努力学习, 发现大学课程难度较大, 一些学生一时找不到高效的学习方法, 坚持学习的意志发生动摇, 最后倾向于选择消极学习。

5) $(1,0,1)$ 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
1	1.6	0.4	0.4	1.6	1	3.6	1	1	0.4	1

如图 8 所示, 结合实际可知当管理部门通过加强对教师在教学过程中的行为进行监督管理, 所付出的总的管理成本要小于其所获得的总收益, 则此时管理部门会倾向于选择加强管理; 高校教师在教学过程中, 教师所付出的成本要高于在所获得的收益, 则教师会更加倾向于更高收益的工作, 从而倾向于选择不认真教学; 学生群体在面对教师不认真教学的情况下, 依然坚持学习知识, 提高能力, 从而其收获也大, 此时会出现学生所获总收益要大于其学习所付出的成本, 则学生会倾向于选择努力学习。

6) $(1,1,1)$ 只有在满足一定参数条件下, 才会成为该模型的稳定点, 令

E_1	M_1	C_0	C_2	F_0	H	C_1	E_0	M_0	K	F_1
1	1.6	0.4	0.4	3	1	2	1	1	0.4	1

如图 9 所示, 结合实际当管理部门对教学过程中的主要参与者都有一定管理措施, 最终教学质量得到改善, 管理部门所获收益要大于其所付出的成本, 则管理部门会倾向于选择加强管理; 随着管理部门对教师的管理措施(如奖励、惩罚等)上进一步完善, 再加教师本身教学责任意识提高, 学生努力学习的人数也在不断增加, 教师在教学过程中的收益要大于其为教学所花总成本, 其最终会选择认真教学; 学生在学校的加强管理以及教师的认真教学的策略下, 又加上来自家庭和社会原因, 学生越来越多开始努力奋斗, 提升自己的竞争力, 从而学生此时会更加倾向于选择努力学习。同时, 管理部门、教师以及学生三方在教学过程中的积极参与对改善教学质量有着非常重要的意义。

5. 敏感性分析

高校管理部门对高校教师选择认真教学有重要影响, 因此, 管理部门采取的奖励与惩罚等措施来加强对教师的管理具有重要现实意义。下面将情形 5 与情形 6 结合进行敏感性分析(见图 10, 图 11, 图 12):

1、将考虑平衡点 $(1,0,1)$ 进行敏感性分析, 其中, 管理部门采取加强管理措施、学生努力学习的情况下, 当高校教师选取不同概率初值时, 即

$$y = 0.8, y = 0.5, y = 0.2$$

时, 用 Matlab 软件可得到:

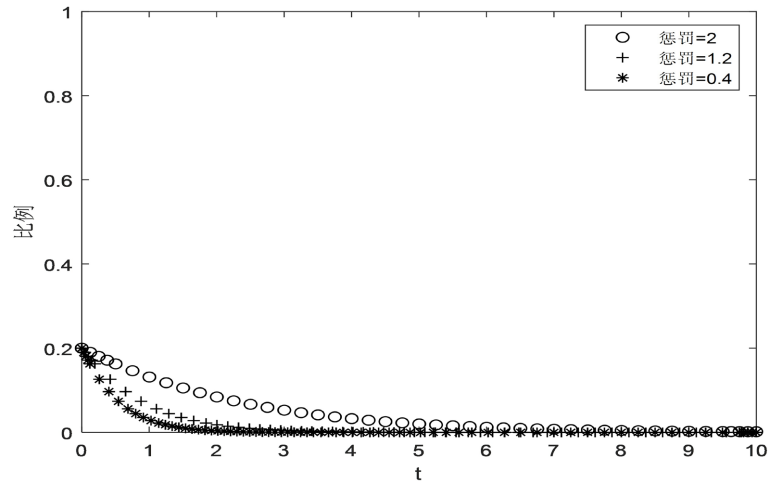


Figure 10. E_1 (Punishment) A diagram of the evolution of the system as it changes
图 10. E_1 (惩罚)变化时的系统演化路径图

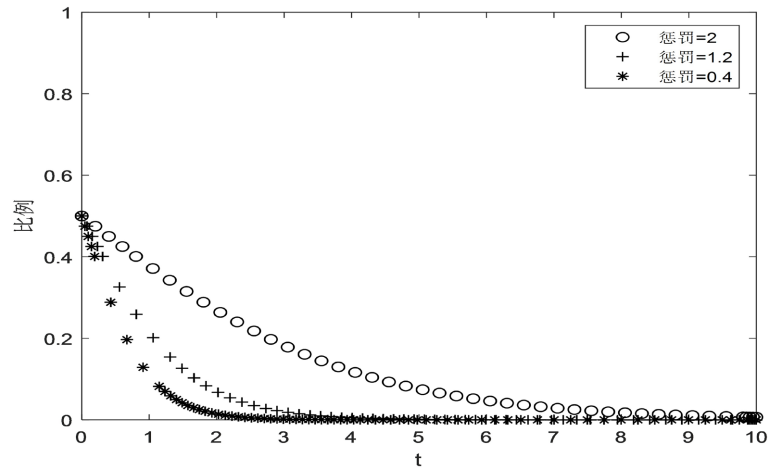


Figure 11. E_1 (Punishment) A diagram of the evolution of the system as it changes
图 11. E_1 (惩罚)变化时的系统演化路径图

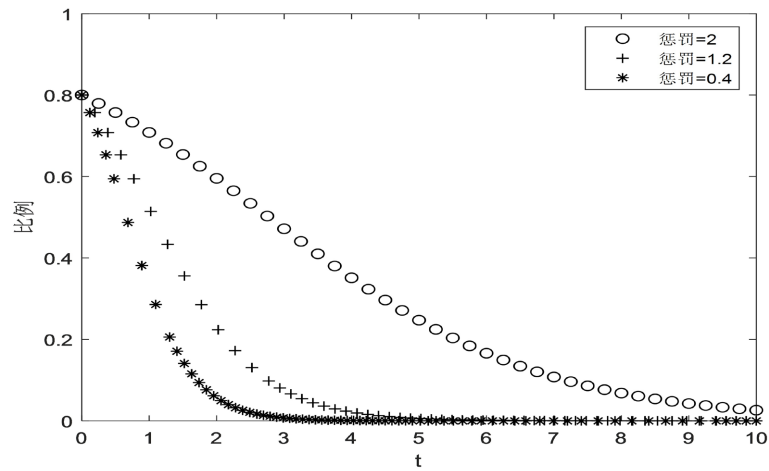


Figure 12. E_1 (Punishment) A diagram of the evolution of the system as it changes
图 12. E_1 (惩罚)变化时的系统演化路径图

无论惩罚 E_1 取何值, y 均演化到 0 状态, 即教师在教学过程中由于所获收益低于其付出成本, 教师会倾向于选择不认真教学, 而当管理部门选取加强管理的策略时, 对于不认真教学的教师给予一定的惩罚措施。其次, 从每个图来看, 当管理部门惩罚程度加大时, 演化到 0 的速度反而变慢, 这是因为惩罚措施加大时, 教师由于所获总收益小于惩罚与成本费用之和, 此时会慎重考虑是否不认真教学策略。

综上, 当管理部门选择加强管理、教师不认真教学、学生努力学习时, 管理部门对教师的惩罚 E_1 不应过大, 也不应过小。

2、将考虑平衡点 (1,1,1) 进行敏感性分析, 其中, 管理部门采取加强管理措施、学生努力学习的情况下, 当高校教师选取不同概率初值时, 即

$$y = 0.8, y = 0.5, y = 0.2$$

时, 用 Matlab 软件可得到(见图 13、图 14、图 15):

无论惩罚 E_0 取何值, y 均演化到 1 状态, 即学生认真学习, 教师在教学过程中由于所获收益高于其付出成本, 教师会倾向于选择认真教学, 与此同时, 当管理部门选取加强管理的策略时, 对于认真教学的教师给予一定的奖励措施用于激励教师认真教学。其次, 从每个图来看, 当管理部门奖励程度加大时,

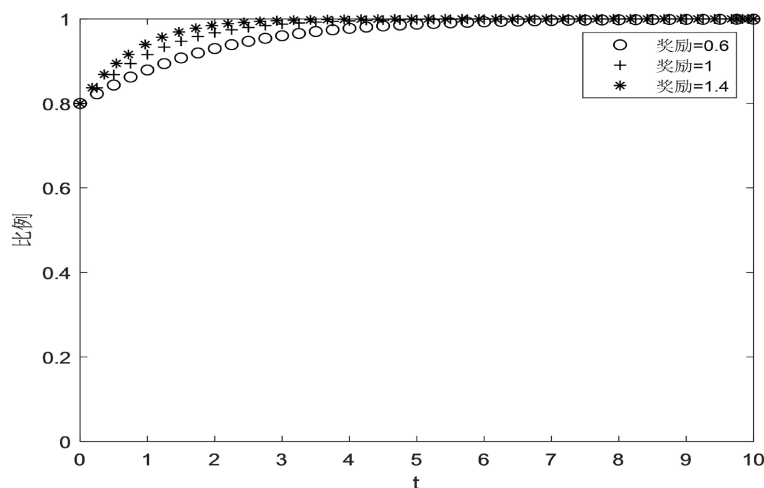


Figure 13. E_0 (Reward) Diagram of the evolution of the system as it changes
图 13. E_0 (奖励)变化时的系统演化路径图

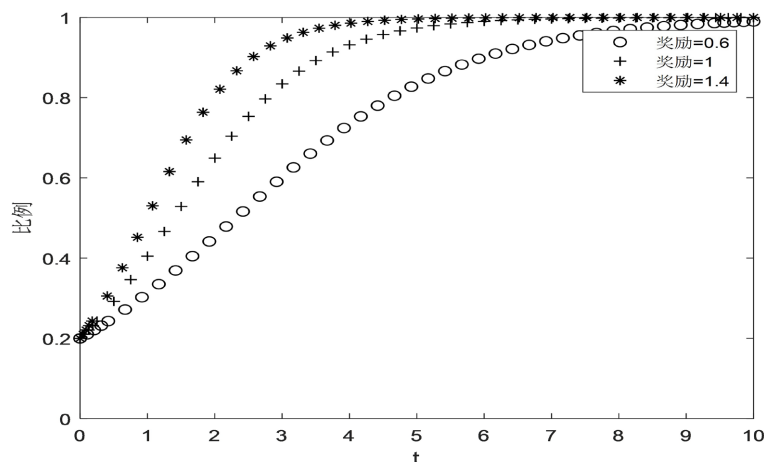


Figure 14. E_0 (Reward) Diagram of the evolution of the system as it changes
图 14. E_0 (奖励)变化时的系统演化路径图

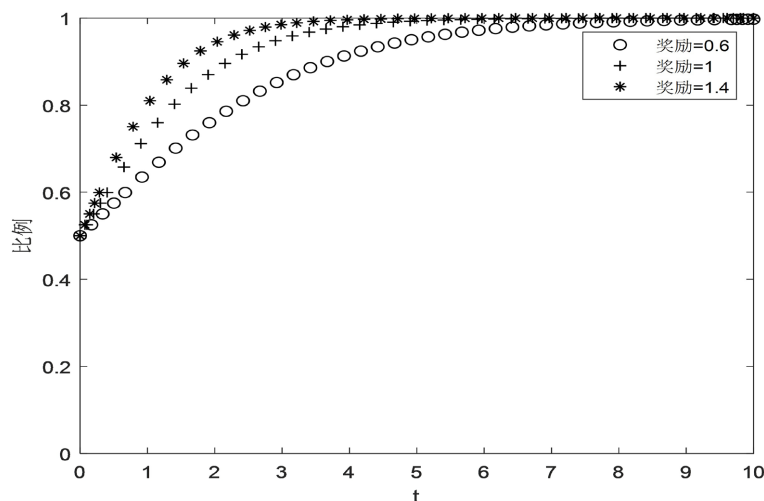


Figure 15. E_0 (Reward) Diagram of the evolution of the system as it changes
图 15. E_0 (奖励)变化时的系统演化路径图

演化到 1 的速度也快, 这是因为随着奖励加大时, 教师由于所获总收益大于成本费用, 此时会选择继续认真教学策略。

综上, 当管理部门加强管理、教师认真教学、学生认真学习的情况下, 管理部门对认真教学的教师进行奖励 E_0 不应该过大, 也不应该过小。

6. 结论与启示

本文通过构建管理部门、高校教师、学生在教学过程中的三方演化博弈模型, 并对模型进行了演化稳定仿真分析和参数敏感性分析, 研究结果表明: 当高校在管理方面的成本降低, 管理部门会倾向于选择“加强管理”策略; 高校教师在教学过程中收益增加, 以及管理部门对教师的加强管理下, 教师会倾向于选择“认真教学”策略; 学生为获取知识、提高能力以及学习成本增加等因素, 学生则倾向于选择“努力学习”策略。

基于以上对稳定点的分析和因素敏感性分析基础上有以下启示:

首先, 研究揭示了管理部门加强管理的时候带来的各方面收益与管理费用等支出对管理部门的策略选择的影响。当在加强管理时, 管理部门从中所获得的总收益较高, 且要高于所要支付的总成本费用, 此时的管理部门会继续选择加强管理。正因为这样, 管理部门应该不断完善关于教师在教学方面的管理制度, 同时科学合理制定奖惩措施, 这样有利于从外部提高教师认真教学的积极性, 此外还需要适当加强对教师教学方面的培训和考核, 提高教师在课堂上的教学效率和质量, 减轻学生在课堂上学习的负担, 再者, 管理部门也需要对学生加强“主动学习, 克服困难”的理念, 从而调动更多学生早一步熟悉并掌握大学的学习方式。

其次, 研究揭示了高校教师在教学过程中所获总收益和成本对高校教师的策略选择的影响。当高校教师在认真教学的过程中获得的总收益要高于其付出的成本时, 高校教师会继续选择认真教学, 履行好教师的教书育人职责。正因为这样, 在管理部门的加强管理下, 教师还需要自身不断努力学习, 提升教学能力, 改善与学生之间的关系, 进而提升教学质量。

最后, 研究揭示了在学习过程学习的成本和一些损失对于学生策略选择的影响, 在学习过程中, 大学的学习方法和学习难度与以往不一样, 许多学生在刚上大学的时候不能适应, 选择玩乐即消极学习来麻痹自己, 且这个时候学生认为损失还能够承受, 会继续选择消极学习, 这个时候管理部门和教师都应该加

强对学生积极引导, 管理部门应提供更好学习环境, 努力建立浓厚的学习氛围, 熟悉掌握大学的学习方式, 即主动学习, 克服困难, 同时学生自身也应该向其身边优秀的人看齐, 从学习中寻找快乐, 不求最好, 只求更好, 进而促进高校教学质量的改善。

基金项目

国家自然科学基金(12061020); 贵州省科技基金(20201Y284, 20205016, 2021088)。

参考文献

- [1] 中共中央国务院印发《深化新时代教育评价改革总体方案》[Z]. 北京: 新华社, 2020-10-13.
- [2] Figlio, D.N. and Kenny, L.W. (2007) Individual Teacher Incentives and Student Performance. *Journal of Public Economics*, **91**, 901-914. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2006.10.001>
- [3] Jackson, C.K. and Bruegmann, E. (2009) Teaching Students and Teaching Each Other: The Importance of Peer Learning for Teachers. *American Economic Journal: Applied Economics*, **1**, 1-27. <https://doi.org/10.1257/app.1.4.85>
- [4] 于泽, 李燕. 高校课堂教学质量评价的思考与建议[J]. 教育评论, 2016(3): 86-88.
- [5] 赵菊珊, 漆玲玲. 高校内部教学质量保障体系建设的实践探索[J]. 教育探索, 2009(3): 65-66.
- [6] 时伟. 大学教学的学术性及其强化策略[J]. 高等教育研究, 2007(5): 71-75.
- [7] 许跃强. 加强高校课堂教学管理的研究[J]. 教育与职业, 2008(23): 60-61.
- [8] 范菁. 高校内部教学质量保障体系建设的现状与展望——基于本科审核评估实践的研究[J]. 中国大学教学, 2019(3): 48-53.
- [9] 杨兴林. 影响高校教学质量的“四重四轻”[J]. 大学教育科学, 2008(2): 59-62.
- [10] 喻丽心, 陈东升, 阳秋林. 基于博弈论的我国高校教育成本信息披露分析[J]. 财务与金融, 2008(4): 91-94.
- [11] 高琦. 高等学校课堂教学质量的博弈分析[J]. 中国成人教育, 2008(23): 116-117.
- [12] 伍海泉, 赵人伟, 韩兴雷. 高等教育学费定价的利益相关者及其博弈分析[J]. 教育与经济, 2013(5): 12-17.
- [13] 陈翠荣. 从博弈论视角看素质教育实施之困境[J]. 教育研究与实验, 2014(1): 22-26.
- [14] 张素雅, 田友谊. 教育变革中教师利益的冲突与协调——基于博弈论的视角[J]. 教育理论与实践, 2014, 34(16): 27-30.
- [15] 叶杰. 教学激励日增下的大学教师“科研热”——基于演化博弈的分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2016, 18(3): 158-165.
- [16] 朱淑珍. 基于演化博弈理论的高校教学督导运行分析[J]. 高等工程教育研究, 2015(6): 138-141.
- [17] Bonesronning, H. (1999) The Variation in Teachers' Grading Practices: Causes and Consequences. *Economics of Education Review*, **18**, 89-105. [https://doi.org/10.1016/S0272-7757\(98\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0272-7757(98)00012-0)
- [18] Correa, H. (2003) A Game Theoretical Analysis of the Educational Impact of Differences in the Abilities and Work Ethics of Teachers and Students. *Journal of Socio-Economics*, **32**, 249-263. [https://doi.org/10.1016/S1053-5357\(03\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S1053-5357(03)00038-6)
- [19] 郭丽君. 高校教师教学行为选择的制度逻辑与作用机制——基于教学管理制度类型的分析[J]. 大学教育科学, 2021(2): 53-61.
- [20] 俞国良, 罗晓路. 教师教学效能感及其相关因素研究[J]. 北京师范大学学报(人文社会科学版), 2000(1): 72-79.
- [21] 李介, 王雄雄. 大学生逃课现象研究[J]. 中国青年研究, 2006(1): 77-80.
- [22] Gintis, H. (2009) *Game Theory Evolving: A Problem-Centered Introduction to Modeling Strategic Interaction*. Second Edition, Princeton University Press, Princeton. <https://doi.org/10.1515/9781400830077>
- [23] Maynard, S.J. (1974) The Theory of Games and the Evolution of Animal Conflict. *Journal of Theoretical Biology*, **47**, 209-212. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(74\)90110-6](https://doi.org/10.1016/0022-5193(74)90110-6)
- [24] Weibull, J.W. (1995) *Evolutionary Game Theory*. MIT Press, Cambridge.
- [25] 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.
- [26] 徐兰, 王晶欣, 李晓萍. 政府购买公共服务下普惠性学前教育推进的多方演化博弈分析[J]. 运筹与管理, 2018, 27(2): 85-93.