



ISSN 0476-0301
CODEN BSDKDH

北京師範大學學報

(自然科学版)

JOURNAL OF BEIJING NORMAL UNIVERSITY

(NATURAL SCIENCE)

2

2007 Vol. 43



北京师范大学学报 (自然科学版)
JOURNAL OF BEIJING NORMAL UNIVERSITY
(NATURAL SCIENCE)

2007年4月 第43卷第2期 Vol. 43 No. 2 Apr. 2007

目次 CONTENTS

完全稠密二叉偏序理论的可数模型	陈磊 沈复兴 (111)
A countable model for the theory of complete dense binary order	Chen Lei Shen Fuxing
模糊互补矩阵排序向量的求解算法	邢岩 曾文艺 李洪兴 (114)
A kind of method to calculate the priority vector of fuzzy reciprocal matrix	Xing Yan Zeng Wenyi Li Hongxing
粗糙核分数次积分交换子及多线性算子的 CBMO 估计	林燕 (120)
CBMO estimates for commutator and multilinear fractional integral with rough kernel	Lin Yan
关于胞腔模和 Specht 模	李彦博 胡峻 (127)
On cell modules and Specht modules	Li Yanbo Hu Jun
基于模糊关系方程组的解构造的模糊控制器	谷敏强 李洪兴 王杰亮 (132)
Fuzzy controllers based on the solutions of fuzzy relation equations	Gu Minqiang Li Hongxing Wang Jieliang
扩展逻辑函数形态学及其光学实现	韦嘉 景红梅 刘大禾 (140)
Extended logical function morphology and its optical implementation	Wei Jia Jing Hongmei Liu Dahe
Hawking 辐射真是热谱吗?	刘文彪 (144)
Is Hawking radiation really thermal?	Liu Wenbiao
文物数字化的关键技术	张瑞 骆岩林 周明全 朱翔 吴玉涵 (150)
The key technology in digital cultural relics	Zhang Rui Luo Yanlin Zhou Mingquan Zhu Xiang Wu Yuhan
采用双等离子体制备非晶态碳膜的研究	王耀辉 张旭 吴先映 徐元直 张荟星 张孝吉 (154)
Investigation on amorphous carbon films fabricated by dual plasma technique	Wang Yaohui Zhang Xu Wu Xianying Xu Yuanzhi Zhang Huixing Zhang Xiaoji
光在单轴晶体前表面上的反射-透射研究	杨婷 景红梅 刘大禾 (158)
Reflection and transmission at the front surface of a uniaxial crystal	Yang Ting Jing Hongmei Liu Dahe
载银羟基磷灰石的制备及抗菌性能	胡燕 彭冰清 赵书云 吴晓玲 薛文斌 刘安东 (163)
Preparation and study on antimicrobial property of hydroxyapatite carrying Ag	Hu Yan Peng Bingqing Zhao Shuyun Wu Xiaoling Xue Wenbin Liu Andong
平面变栅距位相光栅位移传感器的测量精度极限	沈燕 周静 刘大禾 (166)
Measuring precision limit of displacement sensor based on varied-line-space plane phase grating	Shen Yan Zhou Jing Liu Dahe
PCB 布线的元胞蚂蚁算法研究	王周緛 马良 (170)
Application of cellular ant colony optimization to PCB routing	Wang Zhoumian Ma Liang
SiO ₂ 纳米材料对人血清白蛋白毛细管电泳行为影响研究	王晓蓉 高文超 王伟平 秦卫东 (175)
Effect of silica nanoparticles on the migration of human serum albumin in capillary electrophoresis	Wang Xiaorong Gao Wenchao Wang Weiping Qin Weidong
可卡因 2/4 位、3 位手性异构与受体键合	郭雪飞 孟青蕊 王明召 蔡冠梁 (180)

Site 2/4 and site 3 chiral isomerism of cocaine and bonding with the acceptor	Guo Xuefei Meng Qingrui Wang Mingzhao Cai Guanliang	
雾灵山自然保护区油松、白桦及山杨天然林竞争关系研究	张 谥 韩 烁 李钧涛 张金屯	(184)
Study on competition relationship on <i>Pinus tabulaeformis</i> , <i>Betula platyphylla</i> and <i>Populus davidiana</i> natural forest in Wuling Mountain Nature Reserve	Zhang Mi Han Shuo Li Juntao Zhang Jintun	
北京市城区与郊区麻雀(<i>Passer montanus</i>)环境压力的比较研究	张淑萍 郑光美	(187)
A comparison study on the environment stress of urban and rural Tree Sparrows (<i>Passer montanus</i>) in Beijing using white blood cell stress index	Zhang Shuping Zheng Guangmei	
SMART 法构建蚕豆全植株 cDNA 文库	岳颀宇 吴润果 田文洪 向本琼	(191)
Constructing a cDNA library of whole plant of horsebean using SMART	Yue Chanyu Wu Runguo Tian Wenhong Xiang Benqiong	
混沌高效遗传算法在水库含沙量预报中的应用	杨晓华 陈 强 杨志峰	(194)
Chaos higher efficient genetic algorithm for the forecast of the sediment concentration in reservoir	Yang Xiaohua Chen Qiang Yang Zhifeng	
河北省御道口牧场气候生产潜力估算	唐海萍 孙 林 李 薇 陈玉福 张新时	(199)
Evaluation of the climatic potential productivity of Yudaokou pasture in Hebei province	Tang Haiping Sun Lin Li Wei Chen Yufu Zhang Xinshi	
福建台风灾害链分析——以 2005 年“龙王”台风为例	陈 香 陈 静 王静爱	(203)
Analysis on typhoon disaster chain in Fujian; a case study of typhoon Longwang in 2005	Chen Xiang Chen Jing Wang Jing'ai	
人力资本投资失衡的进化博弈分析	谢文昕 周 亚 李克强	(209)
Evolution game analysis of the unbalance in human capital investment	Xie Wenxin Zhou Ya Li Keqiang	
人口教育状态演化方程及其对中国人力资本水平的预测	李克强 拱 雪 鲍建樟 周 亚	(213)
Research on the forecast of human capital in China	Li Keqiang Gong Xue Bao Jianzhang Zhou Ya	
从市场环境变化看中国电信业未来业务发展	张立华	(218)
Future services development of China telecom industry from the market environmental changes	Zhang Lihua	
时间的度量	赵 峥 田贵花 高思杰 刘 辽	(148)
The measurement of time	Zhao Zheng Tian Guihua Gao Sijie Liu Liao	
学者风采 著名中医内科学专家——王永炎院士		(封二)
简讯 5 则		(147, 179, 190, 208, 217)

人力资本投资失衡的进化博弈分析*

谢文昕 周 亚 李克强[†]

(北京师范大学系统科学系, 100875, 北京)

摘要 指出我国目前存在人力资本投资失衡问题,并运用进化博弈的分析方法,构建了对称状态下的模仿者动态方程;认为个体采用高学历和低学历两种策略,得出了复制动态下的3个均衡解.结论表明我国劳动者以较高的概率选择高学历,而高技术岗位的增长无法与高学历的增长相匹配,从而导致了人才浪费.

关键词 人力资本; 进化博弈; 复制动态

1999年初,国务院提出了在我国实现“高等教育大众化”的目标^[1],自此拉开了各高校大幅度扩招的序幕.从1998年到2006年,普通高校专科生招生人数、本科生招生人数和研究生招生人数分别增长了389%、298%和452%.自2001年到2005年,大学毕业生的就业率逐年下降,加之高校扩招所带来的毕业生人数增加,毕业时无法落实工作的学生人数大幅度增加.高校扩招在导致毕业生就业困难的同时还带来了“人才高消费”现象,即在人才使用过程中岗位与人才学历不匹配,造成人才闲置、高才低用.

中国是一个人力资本稀缺的国家,低学历人才受到社会的冷落,与此同时,居民个人的人力资本投资需求不减,用人单位“人才高消费”严重.对于这类问题,西方学者在不同的理论框架下进行了不同解释,如斯德曼(Sicherman)的人力资本投资权衡理论^[2],弗里曼(Freeman)的教育投资过度理论^[3]以及思罗(Thurow)的工作竞争理论^[4].

对于中国这样一个发展中国家,低学历人才被冷落和人才高消费现象的并存,实质上说明人力资本投资过程中出现了资源扭曲和浪费.此类现象,从劳动者自身来讲,是一个人力资本投资失衡的问题,即是一个在信息不对称下的非理性行为,对此,专家学者都曾从宏观上研究了这个问题,职位排挤效应^[5]和过度教育理论^[3]是其中的代表.

职位排挤效应假定了存在两个劳动力市场(技术性和非技术性);技术性市场处于非市场出清状态.技术性劳动者有两种选择:在技术性市场竞争或去非技术性市场就业;技术性劳动者在非技术性劳动力市场受到优先雇佣,但工资与非技术性市场其他劳动者相同.后者产生职位排挤效应,导致技术性和非技术性劳

动者的工资水平都下降.

所谓过度教育,是指教育发展的速度超过社会发展的需求而造成教育的过量.具体是指劳动者的知识和技能超出了自身工作的需要以及劳动者所受的教育超出社会的吸纳能力而造成的知识失业现象.目前对过度教育存在原因的解釋主要有斯彭斯(Spencer)的职业筛选模型^[6]、思罗(Thurow)的职业竞争模型^[4]、依附理论^[7]等.

但是,无论是职位排挤效应和过度教育理论,它们都是从宏观上来分析这种现状的,没有深入到造成该现象的机制和个体之间的相关作用.我们认为,人力资本投资失衡问题,在微观上存在有博弈的行为发生(职位排挤),在宏观上表现为一定的从众心理,而进化博弈方法给我们提供了一个从微观行为探讨宏观现象的方法,本文即是一个尝试和探讨.这种分析能够帮助我们从机制上进一步理解该问题的成因.

1 模型

进化博弈理论(evolutionary games theory)^[8]主要基于两个方面而建立起来:选择(selection)和突变(mutation).选择是指本期中好(能够获得较高支付)的策略在下期变得更为盛行(被更多的参与者采用);突变一般很少发生,它以随机(无目的性)的方式选择策略(可能是能够获得高支付的策略,也可能是获得较低支付的策略).新的突变也必须经过选择,并且只有好的策略才能生存下来.选择也可能包括许多可能的形成机制,这些机制可能是生态的(支付决定后代的数量),也可能是个人的(试验、刺激反应等),也可能是社会的(学习与模仿等).就较好策略变得更为盛行而言,这个过程是适应性的且是不断改进的.

* 2004年教育部重大课题资助项目(04JZD0023);北京市教育科学“十一五”规划重点课题资助项目(AAB06178)

[†] 通讯作者

收稿日期:2006-09-30

进化博弈粗略建立在进化稳定均衡基础上. 进化稳定策略的基本思想是: 假设存在一个全部选择某一特定策略的大群体和一个选择不同策略的突变小群体, 这个突变小群体进入到该大群体而形成混合群体, 如果突变小群体在混合群体中博弈所得到的支付大于原群体中个体所得到的支付, 那么小群体就能够侵入大群体, 反之, 就不能够侵入大群体而在演化过程中消失(用于研究人的群体行为时, 突变小群体的消失就是指该小群体改变策略而选择与大群体一样的策略). 如果一个群体能够消除任何小突变群体的侵入, 那么就称该群体达到了一种进化稳定状态, 此时该群体所选择的策略就是进化稳定策略.

我们引入进化稳定均衡中的模仿者动态方程, 考虑简单的对称博弈:

设种群的策略集 S , 在 t 时刻采用策略 $x \in S$ 的比例计为 $p_x(t)$, 向量 $p(t) = (p_x(t))$ 表示时刻 t 采用各种策略的比率数, 它可以解释为混合策略, 记 $P \subset R^n$ 表示所有可能的混合策略集合, 其中 $p_x(t)$ 满足:

$$0 \leq p_x(t) \leq 1 \text{ 且 } \sum_{x \in S} p_x(t) = 1.$$

记 A_{xy} 表示种群中的一个个体采用策略 x , 其对手采用策略 y 时该个体的博弈得益. 于是, 采用策略 x 的个体的期望得益为:

$$E_{x,t} = \sum_{y \in S} A_{xy} p_y(t),$$

种群的平均期望得益是:

$$E_t = \sum_{x \in S} p_x(t) E_{x,t} = \sum_{x \in S} \sum_{y \in S} p_x(t) A_{xy} p_y(t).$$

假设种群中采用策略 x 的比率 $p_x(t)$ 的增长率 $(dp_x/dt)/p_x$ 与其相对适应率 $E_{x,t} - E_t$ 成比例, 则我们可以得到该博弈的模仿者动态方程:

$$\frac{dp_x(t)}{dt} = v p_x(t) (E_{x,t} - E_t).$$

其中, v 是比例系数.

针对本文讨论的人力资本投资失衡问题, 我们首先构造一个 2 阶对称矩阵博弈. 为使问题简单化, 进行如下假设, 见表 1.

表 1 2 阶对称博弈矩阵

		博弈方 2	
		H	L
博弈方 1	H	$a - c + b/2, a - c + b/2$	$a + b - c + d, a - d$
	L	$a - d, a + b - c + d$	a, a

1) 把大众分为可能采用两种策略的群体, 一种为采用高学历(H, high), 一种为采用低学历(L, low).

2) 假定社会上高知识技术岗位较少, 如果二者都采用低学历策略, 那么每个人可以获得 a 的收益, 如果采用高学历必须付出一些成本 c , 但是可以获得额外

的收益为 b .

3) 如果二者都是高学历, 因为高技术岗位数不够, 因此要竞争高技术岗位, 在平等的条件下获得岗位的概率为 50%, 因此额外收益变成 $b/2$.

4) 如果是低学历与高学历竞争, 因为低学历在竞争中处于一定的劣势, 高学历者将侵占低学历者的部分资源为 d . (这种情况我们可以看成是高学历者带来了好的技能和管理方法, 减少了低学历者原本从事的工作任务, 或者使得低学历者的产出更加廉价).

2 复制动态与稳定性分析^[8]

假设在该群体中采用策略(H)的博弈方的比例为 x , 那么采用策略(L)的博弈方的比例就是 $(1-x)$. 算出采用两种策略的博弈方的期望收益:

$$U_H = a + b - c + d - \frac{b}{2}x - dx, \quad (1)$$

$$U_L = a - dx, \quad (2)$$

那么, 群体的平均期望收益为:

$$\begin{aligned} \bar{U} &= U_H x + U_L (1-x) = \\ &a + bx - cx - \frac{b}{2}x^2, \end{aligned} \quad (3)$$

于是我们得到模仿者动态方程为:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(U(H) - \bar{U}) = x(1-x)(U_H - U_L) = \\ &x(1-x)(b - c + d - \frac{b}{2}x). \end{aligned} \quad (4)$$

令右端等于 0, 从而可以求得复制动态的 3 个定态解:

$$x_1^* = 0, \quad x_2^* = 1, \quad x_3^* = 2(1 - \frac{c-d}{b}).$$

下面我们用线性稳定性分析^[9]来判断 3 个定态解的稳定性:

1) 对于定态解 $x_1^* = 0$, 其标准一维线性方程为:

$$\frac{du}{dt} = u(b - c + d),$$

于是当 $c - d > b$ 时, 定态解 x_1^* 是稳定的, 此时 $x_3^* < 0$, 如图 1 所示:

2) 同样可得 $x_2^* = 1$ 的标准一维线性方程:

$$\frac{du}{dt} = u \left(c - d - \frac{b}{2} \right),$$

于是当 $c - d < \frac{b}{2}$ 时, 定态解 x_2^* 是稳定的, 此时, $x_3^* > 1$, 如图 2 所示:

3) 再求 $x_3^* = 2(1 - \frac{c-d}{b})$ 的标准一维线性方程:

$$\frac{du}{dt} = u \frac{(b - c + d)(b - 2c + 2d)}{b},$$

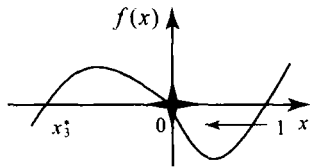


图 1 定态解 x_1^* 的稳定图解

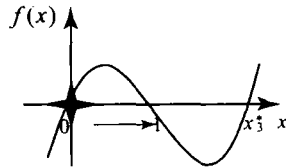


图 2 定态解 x_2^* 的稳定图解

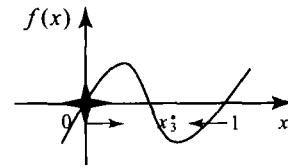


图 3 定态解 x_3^* 的稳定图解

于是当 $\frac{b}{2} < c - d < b$ 时, 定态解 x_3^* 是稳定的, 此时, $0 < x_3^* < 1$, 如图 3 所示:

3 模型结论

图 1~3 分别表示了进化稳定均衡为 x_1^* 、 x_2^* 、 x_3^* 的情况, 我们逐一讨论.

1) x_1^* 为进化稳定均衡的条件为 $c > b + d$, 说明: 获得高学历的成本 (比拥有高学历后的额外收益和资源侵占之和还要大, 那么获得高学历是无利可图的, 因此没有人愿意采用高学历策略, 即群体以概率 0 选择高学历. 这是一种纯策略的纳什均衡. 如表 2 所示.

表 2 进化稳定均衡为 x_1^* 时的对称博弈矩阵

		博弈方 2	
		H	L
博弈方 1	H	$a - c + b/2, a - c + b/2$	$a + b - c + d, a - d$
	L	$a - d, a + b - c + d$	a, a

2) x_2^* 为进化稳定均衡的条件为 $c < \frac{b}{2} + d$, 说明: 获得高学历的成本比即使都拥有高学历后获得较少的额外收益与侵占资源之和少, 如果 $c < \frac{b}{2}$, 那么获得高学历是有效率的, 因为社会总剩余增加了, 是一个帕累托改进. 如果 $\frac{b}{2} < c < \frac{b}{2} + d$, 则形成了一个囚徒困境, 都维持低学历, 状态是有效率的, 如果有人改变策略选择高学历, 将得到较高的收益, 同时低学历的人效用降低, 迫使低学历的人也选择高学历策略, 结果状态比一开始更糟, 并且没有人愿意改变策略, 即群体将以概率 1 选择高学历, 因而这这也是一个纯策略的纳什均衡. 如表 3 所示.

表 3 进化稳定均衡为 x_2^* 时的二阶对称博弈矩阵

		博弈方 2	
		H	L
博弈方 1	H	$a - c + b/2, a - c + b/2$	$a + b - c + d, a - d$
	L	$a - d, a + b - c + d$	a, a

3) x_3^* 为进化稳定均衡的条件为 $\frac{b}{2} < c - d < b$, 即成本介于 1) 和 2) 两种情况之间, 此时群体以概率

$$x_3^* = 2 \left(1 - \frac{(c-d)}{b} \right)$$

随机地选择高学历, 以 $1 - x_3^* = 2 \frac{(c-d)}{b} - 1$ 随机地选择低学历. 按照进化稳定均衡的概念, 如果实际情况偏离这个概率, 最后仍然会趋向于满足这个概率分布. 也可以描述成一个混合策略的纳什均衡, 如表 4 所示:

表 4 进化稳定均衡为 x_3^* 二阶对称博弈矩阵

		博弈方 2	
		H	L
博弈方 1	H	$a - c + b/2, a - c + b/2$	$a + b - c + d, a - d$
	L	$a - d, a + b - c + d$	a, a

4 进一步的分析

随着我国经济的快速发展和对教育的重视, 我国对教育投入的不断增加^[10], 从 1991 年的 6.18 亿元增长到 2002 年的 35 亿元, 从 1991 年占 GDP 总额的 2.9% 到 2002 年占 GDP 的 3.3%, 由于政府对教育的高度重视和投入, 给国民增加了许多教育机会, 减少了个人的教育成本. 从模型中我们也可以看出, 当 c 减小, 则人们选择高学历的可能性将增加. 实际上我们假设的额外收益 b 与高学历策略的概率本身有关, 选择高学历的人越多, 那么个人的额外收益就越少. 资源侵占也将变少, 即 d 也将减少. 因而必然最终达到一个稳定均衡, 这时那些成本小的高能力的人获得高学历, 其他人获得低学历.

而目前我国的情况比较偏向于第二种情况, 即如果不考虑个体的差异性, 那么群体将以概率 1 选择高学历, 这时个体获得高学历的成本相对较小, 而已经出现了人才浪费的社会问题. 因此我们认为达到了囚徒困境, 我们用一个简单的例子说明:

考虑两类群体的对称博弈, 个体在一开始的低学历水平下能够获得收益 10, 如果取得高学历的话可以获得额外收益 6, 侵占资源为 4, 同时要付出 5 的成本, 如果都选择高学历, 那么将平分 6 的额外收益, 并且没有转移资源, 博弈矩阵如表 5 所示:

表 5 二阶对称博弈矩阵(举例)

		博弈方 2	
		H	L
博弈方 1	H	8, 8	15, 6
	L	6, 15	10, 10

这个博弈中我们令 $a = 10, b = 6, c = 5, d = 4$, 满足

$c - d < \frac{b}{2}$, 为上述讨论的第二种情况, 进化稳定均衡为

以概率 1 选择高学历, 然而我们看到 $c > \frac{b}{2}$, 也就是说在这个例子中, 都选择高学历是低效率的. 我们从个人、效率、社会三方面说明, 首先个人最优策略是都选择高学历, 社会总资源为 $8 + 8 = 16$; 其次效率要求帕累托改善, 为都选择低学历, 社会总资源为 $10 + 10 = 20$; 而社会要求总资源是最大化, 即高学历和低学历均存在, 社会总资源为 $6 + 15 = 21$. 这个例子表明社会要求群体成员既存在部分高学历又存在部分低学历, 即人才岗位匹配, 而个人都不甘心成为这类群体中的低学历者, 因为收益是最低的, 因而都选择高学历策略, 最终导致了社会资源的损失.

我们再对各个参数做一个总结, 我们起初假定了低学历能够获得收益为 a , 低学历也是相对的, 尽管在分析中没有出现这个参数, 但是其他参数与 a 有一定的关系. 成本 c 包含各种成本因素, 有实物成本, 例如所交的学费、杂费等各种费用, 这部分成本跟国家的教育政策有关, 教育政策决定教育成本由谁承担还是分摊对 c 有很大影响; 另一部分是心理成本和时间机会成本, 主要跟个人及其背景有关. 并且如果已有学历较高, 那么再取得高学历的成本也更大, 因此 c 是 a 的增函数. 额外收益 b 和高学历个人的比率有关, 采用高学历的人越多, 则 b 越小; 同时 b 也是 a 的减函数, 初始学历越高, 取得的额外收益越少. 侵占资源 d 与 b 一样

容易理解, 高学历的越多, 侵占资源越少, 相对的低学历越高, 侵占资源也越少.

5 参考文献

- [1] 余华裔, 陈东. 高校扩招、毕业生就业难与人才高消费[J]. 社会科学研究, 2006(3):47
- [2] Sichernan N. Overeducation in the labor market [J]. Journal of Labor Economics, 1991(9):101
- [3] Freeman R B. The overeducated American [M]. New York:Academic Press, 1976:1094-1096
- [4] Thurow L C. A job-competition model [C] M J Piore. Unemployment and inflation. New York: Cambridge University Press, 1979:17-31
- [5] Gary S F. The private demand for education in relation to labour market conditions in less-developed countries [J]. The Economic Journal, 1974(84):906
- [6] Spence A M. Job market signaling [J]. Quarterly Journal of Economics, 1973, 87(3):355
- [7] Rafael L I. Overeducation and unemployment in the third world: the paradoxes of dependent industrialization [J]. Comparative Education Review, 1980, 24(3):338
- [8] Weibull J W. Evolutionary game theory[M]. Cambridge: MIT Press, 1995:126-130
- [9] 姜璐, 李克强. 简单巨系统演化理论[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2002:39-54
- [10] 朱秋白. 中国高等教育的两类供求及其均衡模式与政策选择[J]. 高等教育研究, 2005(9):62

EVOLUTION GAME ANALYSIS OF THE UNBALANCE IN HUMAN CAPITAL INVESTMENT

Xie Wenxin Zhou Ya Li Keqiang

(Department of System Science, Beijing Normal University, 100875, Beijing, China)

Abstract The human capital investment in China is unbalance. The imitator dynamic equation is built under the symmetry state referring to the theoretical method of the evolution game theory. The individual adopts two educational background strategies: high or low. It leads to three balanced solution under a replication dynamic state. The conclusion shows that Chinese labors get a high rate choosing the high educational background, but the growth of number of the high tech position cannot match with the high educational background, thus causing talented labor waste.

Key words human capital; evolution game; replication dynamics