

## 环境库茨涅茨曲线形成机制的计算机仿真实验\* A Computer Simulation on the Formation Mechanism of Environmental Kuznets Curve

农卓恩, 陈 军, 翁 鸣, 何祖友

NONG Zhuo-en, CHEN Jun, WENG Ming, HE Zu-you

(广西财经学院, 广西南宁 530003)

(Guangxi University of Finance and Economics, Nanning, Guangxi, 530003, China)

**摘要:**运用计算机仿真技术,在STARLOGO平台上建立一个人工社会仿真模型,仿真研究经济增长与环境污染之间的环境库茨涅茨曲线(EKC)形成机制。结果表明,EKC的转折点出现的时间和顶点的高度,都与收入的环境需求初始值有关,如果收入的环境需求初始值比较小,则人均产量增长速度比较慢,EKC的转折点出现比较迟,转折点的顶点高度比较低;如果收入的环境需求初始值比较大,则人均产量增长速度比较快,EKC的转折点出现得比较早,转折点的顶点高度比较高。提示人们在经济发展初期阶段,应该制定相应经济政策以降低环境的损害程度。

**关键词:**环境 经济 仿真 STARLOGO 环境库茨涅茨曲线

**中图分类号:**TP391.9;F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2008)02-0110-04

**Abstract:** A social simulation model by the platform called STARLOGO by using the computer simulation technology was established. Then, this platform was used to study the simulation research about the formation mechanism of Environmental Kuznets Curve between economic growth and environmental pollution. The results showed that, the time and peak height of the EKC turning point are related with the revenue needs of the initial value of the environment. If initial value of the revenue environment needs is relatively low, then the rate of per capita output growth will be low, and EKC turning point will appear relatively late, the peak height of turning point will be relatively low as well. On the contrary, if the initial value of the environment needs is high, then the rate of per capita output growth will be high, and the EKC turning point showed earlier, the peak height of turning point will be relatively higher as well. Therefore, it suggests people that in the early stages of economic development, appropriate economic policies should be established to reduce environmental damage.

**Key words:** environment, economic, simulation, STARLOGO, Environmental Kuznets Curve

随着经济的发展,环境污染逐渐增多,但是这种趋势并未持续下去,而是到达一个顶点之后开始下降。这种现象被人们称之为环境库茨涅茨曲线(EKC),EKC由Grossman和Krueger<sup>[1]</sup>于1994年首次提出,EKC一方面表明,随着经济的发展,环境

污染不可避免;另一方面,随着经济发展到某一个水平之后,将会产生某种力量来促使环境污染增加的趋势得到改变——污染反转下降。EKC的理论解释,在近十年来获得了许多进展。例如,1994年López<sup>[2]</sup>提出一个依赖于产权的模型用来解释EKC的形成。1999年Munasinghe<sup>[3]</sup>从一个边际成本与边际收益的角度获得EKC。2001年Andreoni和Levinson<sup>[4]</sup>通过人们对稀缺物品的需求和生产该物品所附带排放的污染物的一个技术上的联系而获得EKC。2002年Dinda等<sup>[5]</sup>用动态的方法获得EKC。

收稿日期:2007-11-23

作者简介:农卓恩(1963-),男,教授,主要从事环境经济学研究工作。

\* 广西教育厅2006年资助课题“广西环境库茨涅茨曲线的形成机制及其计算机仿真验证”的阶段性研究成果。

此外,2003年 Terry L. Anderson 和 Laura E. Huggins<sup>[6]</sup>论述了私人产权对环境保护与经济增长良性互动的关系。2004年 William A. Brock 和 M. Scott Taylor<sup>[7]</sup>得出一个绿色的 Solow 模型,即在传统的 Solow 模型中加入了环境变量。

STARLOGO 是由麻省理工学院多媒体实验室开发的一个免费的可编程软件平台,用于基于主体的建模<sup>[8]</sup>。STARLOGO 以软件的方式描述主体以及主体与环境主体与主体之间的交互过程,用户可以通过定义 STARLOGO 平台的 3 种角色:海龟、点和观察者来构建复杂的仿真系统,从而可以研究由多个主体组成的复杂适应系统的运行机制,如生物免疫系统、交通运输以及市场经济等。本文运用计算机仿真技术,在 STARLOGO 平台上建立一个人工社会仿真模型,研究 EKC 的形成机制。

## 1 环境库茨涅茨曲线形成机制的人工社会仿真模型

### 1.1 模型的经济学原理

人工社会仿真模型依据经济学是需求定理来构建:环境是一种稀缺资源,在经济发展水平比较低的时候,环境资源很多,从而使用和消费环境资源的代价就很小,因此,人们随意地通过使用环境资源来获取经济的增长,其表现就是环境污染量的上升;随着经济的增长和人们收入的提高,人们对环境资源的消费需求增加,使得环境资源变得日益的紧缺,从而人们获取环境资源所需要付出的代价也相应地增大,由于代价越大,需求量越小,这时人们只好减少环境的使用和消费来减少环境污染。

### 1.2 模型的构成

基于 STARLOGO 平台的人工社会仿真模型由海龟、点和观察者 3 部分组成。

#### 1.2.1 海龟

在人工社会仿真模型所描述的社会中,有 3 种类型的海龟。

第一种海龟称为 farmer,它的行为很简单:随机行走,并不断地把它所遇到的颜色为灰色的点涂改为红色。这一行为代表人们(农民或者企业)在生产产品并造成环境污染(红色代表已经被污染的点,红色点不能被利用来生产产品)。当一个人所储藏的产品达到临界点——收入的环境需求初始值(xfxs)时,他开始消费自然环境,他把所遇到的一个颜色为黑色的点的颜色涂成绿色,这表明他占用了环境资源——黑色的点被涂成了绿色(绿色的点不能用于

生产产品)。farmer 只能在灰色的点上生产产品,而灰色的点只能来自于黑色的点。

第二种海龟称为 GOD,其行为更简单:随机行走,并不断地把它所遇到的颜色为黑色的点涂成灰色。这个行为代表大自然逐渐自发形成各种资源(矿产资源、植物资源等),以便让人们用于生产产品。

第三种海龟称为 cleaner,它的行为规则是:随机行走,并把它遇到的颜色不是黑色的点涂成黑色。它的行为代表大自然对污染物的自然净化能力。

上述 3 种海龟的初始数量由模型外生设定,可以由实验者随时通过外置的参数(num、mum、mmm)进行更改。

#### 1.2.2 点

在人工社会仿真模型所描述的社会里,初始的点只有一种,即黑色点,它代表自然的环境(土地、大气、空间等)。在社会运行过程中,GOD 把一些点的颜色改变成为灰色,表示这块点已经被大自然进化出各种资源(矿藏、果树等),能够用于生产人们所需要的产品。当人们生产产品时,会排放出污染物,使这个点的颜色变成红色,从而不能继续用于生产产品;当人们消费产品时,也会占用一个黑色的点,并使这个点的颜色改为绿色。绿色的点不允许直接改变为灰色,从而也就不能直接用于生产。只有等到 cleaner 把这些有颜色的点的颜色还原为黑色之后,这些点才有可能转变为灰色,灰色的点才能直接用于生产和消费。

#### 1.2.3 观察者

观察者可以通过输出一些图表的形式来观测模型运行的结果。在人工社会仿真模型中可以输出两种曲线:一种曲线是人均产品量曲线,另一种曲线是排放的污染物数量曲线。

人工社会仿真模型的运行过程如图 1 所示。

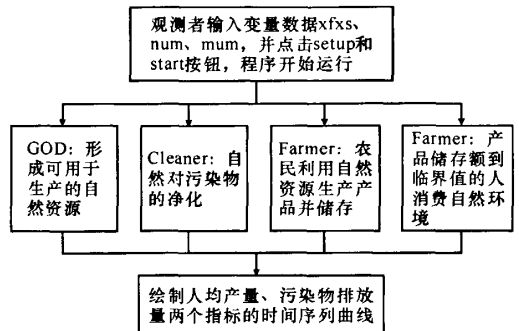


图 1 人工社会仿真模型运行过程

### 1.3 模型的程序

人工社会仿真模型的程序由 3 部分构成:

observer procedures、turtles procedures、外生的参数控制器及输出图表的语句。

1.3.1 observer procedures 程序

```
turtles-own [food foodn fc x]
breeds [farmer god cleaner]
to setup
  create-farmer num
  create-god mum
  create-cleaner mmm
```

```
end
to start
  ask-turtles [firstvalue]
  ask-turtles [do]
end
```

1.3.2 turtles procedures 程序

```
to firstvalue
  set food 1 set fc 0
end
to do
  wiggle
  godproduct
  clean
  product
  xiaofei
do
end
to wiggle
  rt random 360
  lt random 360
  fd 1
end
to godproduct
  if breed = god [
    if pc = black [stamp gray]]
end
to clean
  if breed = cleaner [
    if pc not = black [stamp black]]
end
to product
  if breed = farmer [if pc = gray [ stamp red
set food food + 1 ]
  set foodn food]
end
to xiaofei
  if breed = farmer [
    if foodn > xfxs [if pc = black [stamp
green ]
  set foodn foodn - 1
```

```
if foodn > 0 [xiaofei]]]
end
```

2 仿真实验结果与分析

人工社会仿真模型的参数初始值设为 num = 120, mum = 28, mmm = 40, 在 xfxs = 0, xfxs = 98 两种情况下, 仿真分析模型人均产品量的增长和 xfxs 对 EKC 的影响。

2.1 人均产品量与 xfxs 的关系

在 xfxs = 0, xfxs = 98 两种情况下人均产品量的增长如图 2、图 3 所示。

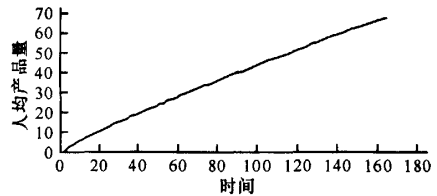


图 2 人均产品量增长情况(xfxs=0)

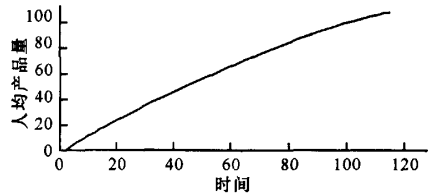


图 3 人均产品量增长情况(xfxs=98)

对比图 2 和图 3 的结果可知, xfxs 的取值影响人均产量的增长速度, xfxs 的取值越大, 人均产品量的增长速度就越快。这表明, 消费者对自然环境的话语权(即环境产权的清晰程度)越大, 越不利于人均产量的增长。

2.2 xfxs 对 EKC 的影响

当 xfxs = 0 的时候, 消费者一旦有大于 0 的收入(即 farmer 的产品积累大于 0)便会开始消费环境, 这时 EKC 的转折点在第 150 期左右出现, 转折顶点最高不到 400(见图 4)。而当 xfxs = 98, 即当消费者的收入大于 98 之后才开始对环境有消费需求, EKC 的转折点在第 100 期左右出现, 但是转折顶点比较高, 顶点最高达到 800 以上(见图 5)。

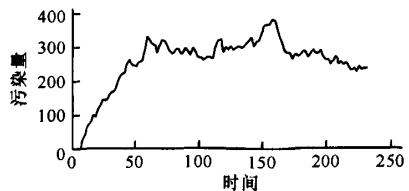


图 4 xfxs 对 EKC 的影响(xfxs=0)

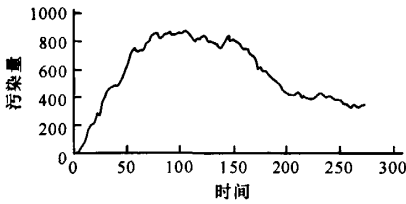


图5 xfxs对EKC的影响(xfxs=98)

表4和表5结果表明,EKC的形成机制与xfxs有关,如果xfxs值比较大,则人均产量增长速度比较快,EKC的转折点出现得比较早,但是转折点的顶点高度比较高。反之,如果收入的环境需求初始值比较小,则人均产量增长速度比较慢,EKC的转折点出现得比较迟,但是转折点的顶点高度比较低。

### 3 讨论

在本文的人工社会仿真模型中,收入的环境需求初始值代表人们消费环境时所需要的最低的收入水平,也就是说,它代表消费者购买环境资源产权所需要的物质财富的大小,例如,如果收入的环境需求初始值为0,就意味着人们只要拥有一分钱,都可以购买一个单位的环境,亦即都可以参与环境的消费和使用决策。反之,如果收入的环境需求初始值为1亿万元,则表明一个人要成为亿万富翁,他才有资格参与环境消费和使用的决策。事实上,收入的环境需求初始值代表着私有产权的清晰度。私有产权越清晰的稀缺资源,收入的环境需求初始值就越低。以小汽车为例,人们只要有几元钱,就可以乘坐小汽车(出租车),但是如果小汽车全部改为国有,则国家会制定各种等级制度来规定谁可以乘坐小汽车、谁不可以乘坐,以及何时可以乘坐,等等,使得有钱也难以乘坐,即收入的环境需求初始值会很高。环境作为一种私有产权不明晰的物品,一般人很难参与到环境的使用和消费的决策中,亦即环境的收入的环境需求初始值比一般的物品(比如小汽车)要高。

鉴于此,本文主要结论的经济含义可以描述为:如果环境产权安排比较清晰,则人们参与环境管理和使用决策的成本就比较小,经济活动对自然环境的损害程度也比较小,但是经济增长速度比较慢;反之,如果环境产权安排比较模糊,则人们参与环境管理和使用决策的成本就比较大,经济活动对自然环

境的损害程度也比较大,但是经济增长速度比较快。因此,在经济发展的初期阶段,虽然不能避免环境的损害,但是可以在保持合适的经济增长速度的条件下,通过采取各种可能的措施,包括明晰环境产权、创新环境管理制度等,尽量降低人们参与环境的成本,使得环境被损害的程度受到有效的遏制;相反,如果使用过于强大的行政力量,缺乏民主的参政议政,可能可以增加经济增长速度,但是将付出自然环境更加恶化的代价。

#### 参考文献:

- [1] Grossman, Krueger A. Environmental impacts of a north american free trade agreement [R]. Cambridge: National Bureau of Economic Research Working Paper 3914, 1994.
- [2] Ramón López, Siddhartha Mitra. Corruption, pollution, and the kuznets environment curve [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2000, 40 (2): 137-150.
- [3] Munasinghe M. Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the Environmental Kuznets curve [J]. Ecological Economics, 1999, 29: 89-109.
- [4] Andreoni J, Levinson A. The simple analytics of the Environmental Kuznets Curve [J]. Journal of Public Economic, 2001, 80(2): 269-286.
- [5] Dipankor Coondoo, Soumyananda Dinda. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis [J]. Ecological Economics, 2002, 40: 351-367.
- [6] Terry L Anderson, Laura E Huggins. The property rights path to sustainable development [M]. [S. l.]: [s. n.], 2003.
- [7] Brock W A, Taylor M S. The green solow model [R]. NBER Working Paper No w10557: 2004.
- [8] 游文霞, 王先甲. StarLogo 在基于 agent 复杂系统建模与仿真中的应用 [J]. 武汉大学学报: 工学版, 2006(3): 93.

(责任编辑: 韦廷宗)