

保障粮食安全条件下耕地资源可持续利用的时间模型

黄凤兰, 李凤民, 刘慧明

[摘 要] 文章从时间的角度探讨自然资本中的耕地资源利用问题, 基于一个新概念即农业生态经济系统, 以逻辑斯蒂的种群增长模型(Logistic model)为基础, 结合最低粮食安全保障的经济指标, 建立以保障人类粮食安全为目标的耕地资源可持续利用时间的基本模型和动态模型。拟以模型帮助政府减少在耕地资源利用和人口管理过程中的“黑箱操作”行为, 为政府的耕地资源管理与人口管理决策提供模型依据, 促进政府管理科学化。

[关键词] 农业生态经济系统; 耕地资源; 粮食安全; 耕地资源可持续利用的时间模型

[作者简介] 黄凤兰, 兰州大学干旱农业生态教育部重点实验室博士研究生, 甘肃 兰州 730000 广西教育学院政治经济系副教授, 广西 南宁 530023 李凤民, 兰州大学干旱农业生态教育部重点实验室主任, 博士生导师, 甘肃 兰州 730000 刘慧明, 北京师范大学资源学院博士研究生, 北京 100875

[中图分类号] F32 F326 11 [文献标识码] A [文章编号] 1004- 4434(2008) 01- 0069- 04

20世纪60年代以来, 全球环境退化和环境问题日益加剧, 引发了全球可持续发展的探讨(Carson, 1963; Meadows et al., 1972; World Commission for Environment and Planning, 1987), 70年代, 研究学者们提出了大量的包含着经济学和生态学的发展模型(Foster, 2003)。1987年 Bruntland 公报发表后, 可持续发展概念广为使用; 包含着可持续发展概念框架的经济学模型备受关注。本文从可持续发展角度, 在农业生态经济系统的背景下, 讨论保障粮食安全条件下耕地资源可持续利用的时间模型。

一、农业生态经济系统及其构成

农业生态系统是一个生态系统, 它由农业生物资源和为人类所调控的农业系统组成(骆世明, 2003), 它是农村经济系统和农业生态系统的统一(聂华林等, 2005), 也叫农业生态经济系统。系统主要因子由农业人口、耕地资源、农业水资源、农业生产所需的光、温、热等气候条件、农村产业等构成。农业生态经济系统内部各因子相互联系、彼此制约, 构成农村经济社会系统发展的制衡。其中, 耕地资源与人口及其粮食安全的对立统一和相互制约关系, 是农业生态经济系统发展最为重要的矛盾关系(如图1所示)。在我国, 由于人口众多, 人均耕地资源少, 解决好人口与耕地资源之间的矛盾, 确保人均粮食安全, 仍为我国农村经济社会生存与发展的头等大事。

二、耕地资源可持续利用时间的基本模型

首先, 我们在封闭的农业生态经济系统(即系统内部粮食自给, 系统没有粮食和人口的输入或输出的农业生态经济系统)中探讨耕地资源可持续利用的基本模型。我们假定系统的耕地资源总面积为 A ; 人口总量为 P , 人口年均增长率为 P , 系统的人口增长是年均增长率不变的种群连续增长, 其增长模型为 $P_t = P(1 + P)^t$; 耕地资源的土地生产力即耕地年均产量为 P_s , 且耕地年均生产力即年均产量不变; 人均剩余耕地资源面积为 S_a , 人均耕地资源面积减去每年人均粮食安全保障所需要的耕地面积(E_a), 就是人均剩余耕地面积。

从初始年 t_0 开始, 随着时间的推移和人口总量的连续不断地增长, 依据年增长率不变的种群增长模型(Logistic model), 我们可以知道, 一定时间(t 年)后, 当人均耕地资源面积刚好满足人均年粮食安全保障所需要的耕地资源面积时, 人均耕地资源面积为零, 那么, t 年就是现有耕地资源面积能够满足人口增长所需的粮食安全保障的最长时间, t 年以后, 如果不再增加新的耕地资源, 新增长的人口不再有耕地资源保障他们的粮食安全。因此, t 年就是从 t_0 年起, 系统现有耕地资源面积在现有土地生产力条件、现有的人口规模及不变的人口年均增长率条件下, 为保障人类粮食安全的最大的可持续利用时间。模型表示如下:

$$\frac{A}{P(1 + P)^t} - E_a = S_a \quad (1)$$

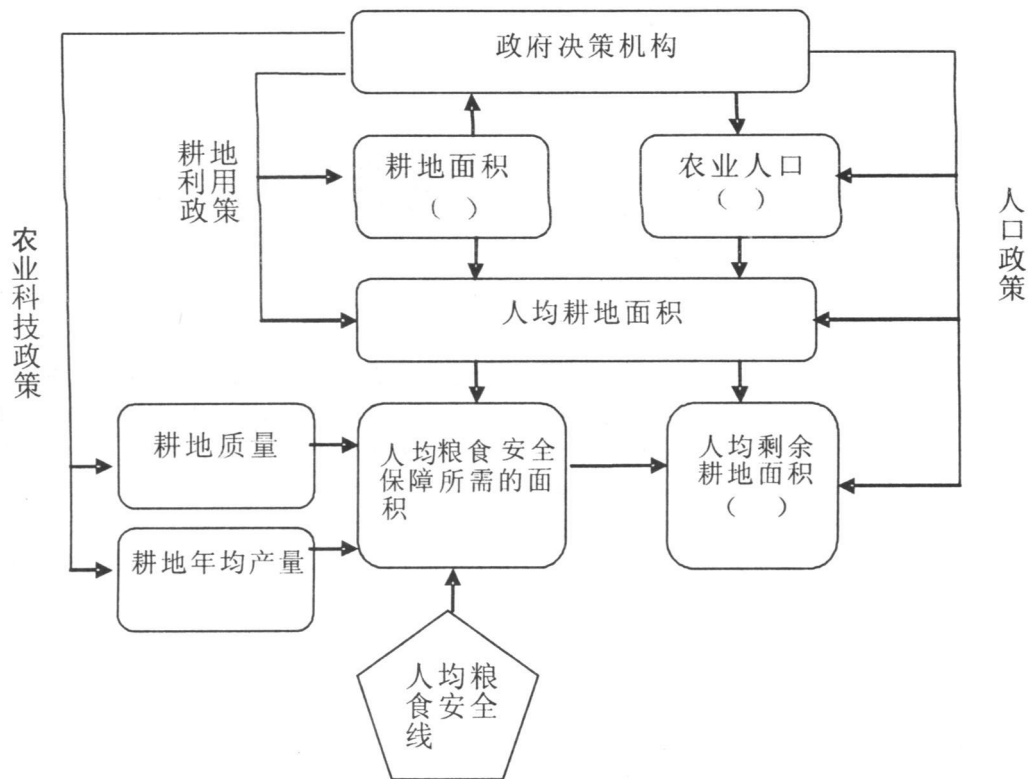


图 1 封闭的农业生态经济系统及系统因子相关关系

模型中 A 表示现有耕地资源面积总量; $P(1+P)^t$ 是依据 Logistic 种群增长模型建立的系统人口年均增长率不变的种群增长模型, 从 t_0 年起在 t 年时间里系统人口及人口增长总量; $A/P(1+P)^t$ 是 t 年时的系统人均耕地资源面积; E_a 是为保障粮食安全所需的人均耕地资源面积; S_a 为保障粮食安全条件下的人均剩余的耕地资源面积。当 S_a 为零时, 系统人均耕地资源面积刚好满足人均粮食安全所需的人均耕地资源面积, 没有剩余。这时, 模型 (1) 演变为:

$$\frac{A}{P(1+P)^t} = E_a \quad (2)$$

模型 (2) 的两边同时取对数, 则:

$$t = \frac{\log_{10}(A/E_a \cdot P)}{\log_{10}(1+P)} \quad (3)$$

t 就是从 t_0 年开始, 在现有的耕地资源总面积不变, 耕地资源的土地生产力即年均产量不变, 人口年增长率不变, 人口年均粮食安全保障线不变的条件下, 为满足人们的粮食安全需求, 系统耕地资源可持续利用的最大时限。模型 (3) 就是耕地资源的最大可持续利用的时间模型。

我们把 t 回归到 Logistic 的种群增长模型中, 得到 t 年时的系统人口总量为:

$$P_t = P(1+P)^t \quad (4)$$

由于 t 年是耕地资源面积从 t_0 年开始的最大可持续利用时间, 期间的人口以不变的年均增长率在不断增加, P_t 就是系统耕地资源的最大人口承载力。因此, 模型 (4) 就是封闭的农业生态经济系统耕地资源总面积只生产粮食, 只考虑本系统的粮食自给, 在不变的耕地资源总量和质量、不变的土地生产力即年均产量、不变的人口年均增长率、不变的人均年粮食安全保障线等条件下, 系统耕地资源最大的人口承载力模型。

三、耕地资源可持续利用时间的动态模型

现实的农业生态系统是开放的系统 (如图 2 所示), 系统有粮食的输入和输出, 人口的流动, 耕地资源数量的变化, 土地生产力即耕地资源年均产量变化; 粮食安全保障线也因不同地区、不同国家的经济社会发展程度不同而不同。

我们先探讨有粮食输入的开放的农业生态经济系统中耕地资源可持续利用的时间模型。在开放的农业生态经济系统中, 耕地资源总面积会随着文明程度的变化而变化。

我们假定 t_0 为初始年, 当年的耕地资源面积总量为 $(A_0 - A_1)$, 人口总量由 P_0 变为 $(P_0 - P_n)$, P_n 是由于系统粮食自给不足而从外系统输入的粮食总量 (F_i) 能够保障粮食安全需求的人口总量, 其他的条件与模型 (1) 相同, 则模型 (1) 演变为:

$$\frac{A_0 - A_i}{(P_0 - P_n)(1 + P)^t} - E_a = S_a \quad (5)$$

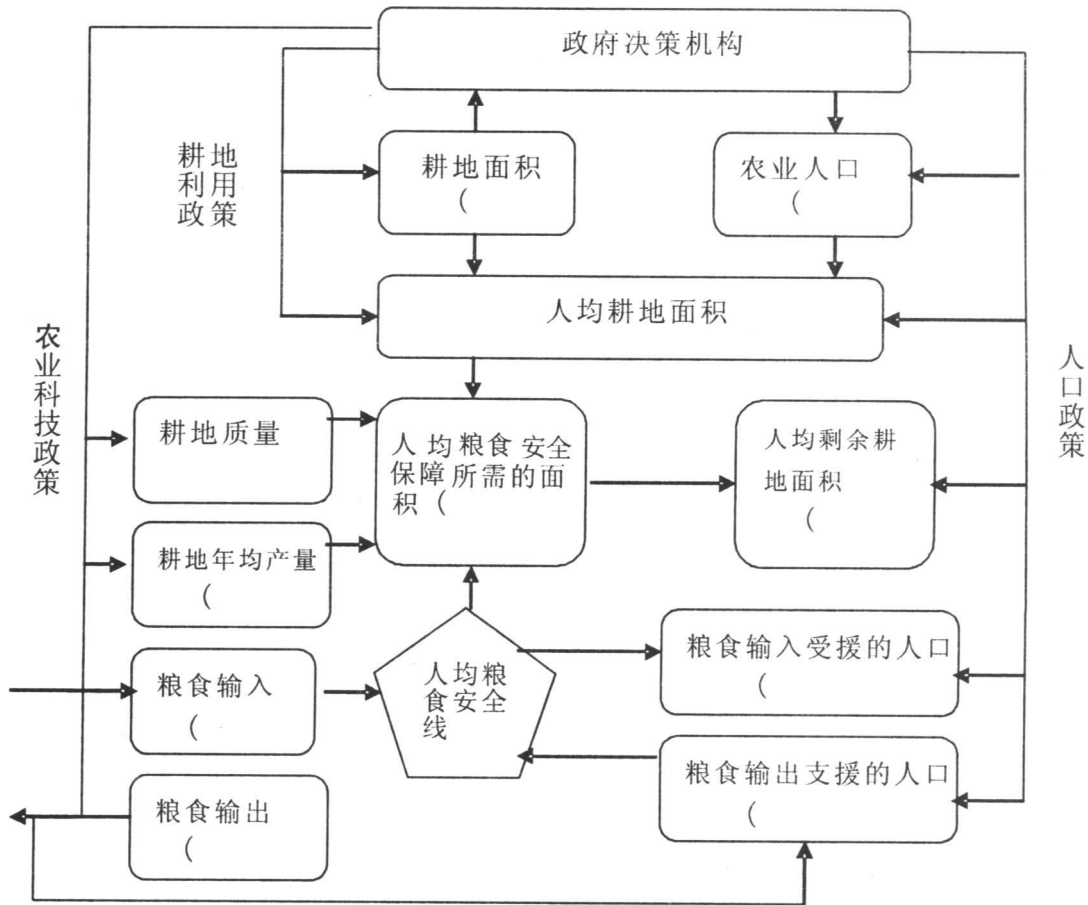


图 2 开放的农业生态经济系统及系统因子相关关系

$(A_0 - A_i)$ 为有收获的耕地资源总面积, 它由总耕地资源面积 (A_0) 减去因社会文明发展所需占用的耕地和因为天灾、虫灾等原因失去收获的耕地资源面积 (A_i) , $(A_i = \sum_{i=1}^n)$ 。其他的条件与上述基本模型的相同, 我们假定 $S_a = 0$, 模型 (5) 演化为:

$$\frac{A_0 - A_i}{(P_0 - P_n)(1 + P)^t} = E_a \quad (6)$$

模型 (6) 两边同时取对数得:

$$t = \frac{\log_{10} [(A_0 - A_i) / E_a \cdot (P_0 - P_n)]}{\log_{10}(1 + P)} \quad (7)$$

同理, 我们将 t 回归到 Logistic 种群增长模型中, 开放的农业生态经济系统的耕地资源面积总量的最大人口承载量就是:

$$P_t = (P_0 - P_n)(1 + P)^t \quad (8)$$

模型 (7) 中, t 是 t_0 年以后, 开放的农业生态经济系统耕地资源只用于满足人们的粮食安全条件下, 在耕地资源总量不变、耕地资源的土地生产

力不变即年均耕地产量和质量不变、人口年均增长率不变、人均耕地资源面积不能满足人口及人口增长所需的粮食安全保障, 需要从外系统输入粮食补充供应的条件下, 为保障人们的粮食安全需求, 本系统的耕地资源总面积保障系统中最大人口数量的粮食安全需求所能持续的最大时间。

模型 (8) 中, P_n 是从外系统输入的粮食总量 (F_i) 可供的粮食安全保障的人口量, P_t 就是开放的、有粮食输入的农业生态经济系统中本系统的耕地资源总面积可保障粮食安全的最大人口总量。

其次, 我们讨论在开放的有粮食输出的农业生态经济系统, 现有耕地资源可持续利用的时间模型。我们假定开放的有粮食输出的系统年均可输出的粮食为 F_o 它是用于满足外系统的人口的粮食安全需求的, 它可满足粮食安全需求的人口总量为 P_n 同样, 系统的耕地资源面积总量随着社会不同的文明阶段及其对耕地资源的需求量的变化而发生变化; t_0 为初始年, t 年后的耕地资源为 $(A_0 - A_i)$ 。其他的条件与基本模型相同, 则模型 (7) 和模型 (8) 可以演变为模型 (9) 和模型 (10), 即:

$$t = \frac{\text{Log}10[(A_0 - A_i) / E_a \cdot (P_0 + P_n)]}{\text{Log}10(1 + P)} \quad (9)$$

$$P_i = (P_0 + P_n) (1 + P)^i \quad (10)$$

模型(9)就是开放农业生态经济系统的耕地资源最大可持续利用的时间模型;模型(10)是开放农业生态经济系统最大的人口承载力模型。

再次,所有模型都随着保障人均粮食安全所需的面积(E_a)的变化而变化。因为 E_a 是保障粮食安全所需的人均耕地资源面积,而不同的社会发展阶段其人均粮食安全保障线不同,其所需的保障粮食安全的人均耕地资源面积也不同。目前有发展中国家与中等发达国家两种不同的粮食安全保障线,因此,我们令 E_a 为 E_{a1} 和 E_{a2} , E_{a1} 为发展中国家人均最低粮食安全保障线(302kg/年/人)条件下,保障人们的年均粮食安全所需的耕地资源面积; E_{a2} 为中等发达国家标准的最低粮食安全保障线即(402kg/年/人)条件下,保障粮食安全所需的人均耕地资源面积。因此,所有的模型随着 E_{a1} 和 E_{a2} 不同而变化为具有双重表现的动态模型。

四、耕地资源可持续利用时间模型的适用性

耕地资源可持续利用时间模型的建立,使土地利用的研究从以往的空间模型研究向时间模型研究迈进,弥补了以往耕地资源利用研究的时间模型空缺。

基本模型适用于封闭的农业生态经济系统,即系统内没有粮食和人口的输入和输出,农村经济社会系统的粮食需求是自给自足的。动态模型适用于现代开放的农业生态经济系统,即系统内有粮食输入和输出,也有人口的流动,农村经济社会系统的粮食安全保障除了依靠本系统土地生产力之外,可以借助外系统的支持,或者将粮食卖给外系统,支持外系统满足人均粮食安全的需求。地方政府可以从模型中得知,当地现有耕地资源在现有年均人口增长率、现有土地年均产量不变情况下的最大可持续利用时间。并在不同年份不同政策下的耕地资源最大可持续利用时间的变化中检验政府的决策是否具有可持续性(具体检验情况我们将在另一篇文章中进行实证讨论),从而减少政府决策及

其检验的“黑箱操作”行为。

耕地资源可持续利用的时间模型建立,产生另一个重要的结果,即将耕地资源最大可持续利用时间 t 回归到模型中,可以得到当地耕地资源的最大人口承载量 P 。因此,耕地资源可持续利用的时间模型,也是农业生态经济系统中耕地资源最大的人口承载力模型。地方政府可以借助模型计算了解当地现有的耕地资源,在只考虑满足不同的粮食安全需求条件下,它的最大人口承载量,从而在对地方人口及人口管理决策过程中,以模型为依据,确定人口管理目标(我们将在另一篇文章中进行实证讨论),确定相应的粮食安全需求量,减少政府在人口及人口管理决策的盲目性。同样,政府也可以借助模型计算,在城镇建设发展对耕地资源提出需求时,考虑将地方的耕地资源年均产量提高,满足城镇建设占用耕地而人均粮食安全确有保障的双赢结果,促进现代农村生态经济社会的共同繁荣与和谐发展。

[参考文献]

- [1] Carson R. (1963). *Silent Spring* Hamilton, London
- Costanza A. R., Cumberland J., Daly H., Goodland R. and Norgaard R., (1997). *An Introduction to Ecological Economics* St. Lucie Press, Boca Raton, Florida
- [2] Meadows D. H., D. L., Randers J. and Behrens C. W., (1972). *The Limits to Growth* Universe Books, New York
- [3] World Commission for Environment and Planning (1987). *Our Common Future* Oxford University Press, Oxford
- [4] Jay Foster (2003). Between economics and ecology: Some historical and philosophical considerations for models of natural capital. *Environmental Monitoring and Assessment* vol 86 63-74
- [5] 骆世明. 农业生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
- [6] 聂华林. 农业生态经济协同论[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2005

[责任编辑: 罗运贵]