

农业系统可持续度的随机模拟方法与实证分析

刘凤琴¹, 马俊海²

(1. 浙江财经学院信息学院, 浙江 310018; 2. 浙江财经学院金融学院, 浙江 310018)

摘要: 从系统学角度, 对农业可持续发展的持续度的确定问题进行了量化分析。首先利用功效函数评价和时间序列的随机模拟分析等方法, 建立了农业可持续发展系统的持续度理论计算模型与模拟预测模型; 在此基础上, 对浙江省农业系统可持续性的量化确定及模拟预测问题进行了实证分析。研究表明, 文中提出的计算模型能比较好的适应农业系统随机不确定性等基本特征, 实证研究结论也为浙江省进一步实施农业可持续发展战略提供有益的决策参考。

关键词: 农业系统; 可持续度; 随机模拟; 功效函数; 指标体系

中图分类号: F061.5; N94

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)07-0123-06

刘凤琴, 马俊海. 农业系统可持续度的随机模拟方法与实证分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 123-128.

Liu Fengqin, Ma Junhai. Stochastic simulation model and its application for sustainability degree of agricultural system [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(7): 123-128. (in Chinese with English abstract)

0 引言

农业发展系统的持续性是农业可持续发展的最本质内涵特性之一^[1]。因此, 对农业发展系统持续性的量化分析则成为整个农业可持续发展问题的一个十分重要的研究内容。目前, 关于系统可持续性的量化问题, 许多专家和学者进行了研究, 提出了一些定量分析方法与指标^[2,3]。特别是进入 20 世纪 80 年代以后, 一些专家学者应用模糊数学、突变理论等数学工具, 为未来可能发生的各种事件、灾害等进行系统分析, 形成了比较重要的可持续发展定量分析基础。比如, J. Park, R. A. F. seaton(1996) 和王浣尘(1997) 提出的可持续农业的系统集成方法与模型^[4,5]; Marjan W(1996) 提出的农业生态与经济集成模型^[6]; 徐祥华, 杨贵娟(1999) 提出的区域农业可持续发展能力评价模型^[7]; 马俊海等(1999) 提出持续农业的动态评价模型^[8]; 崔和瑞等(2004) 提出的区域农业可持续发展的系统动力学分析^[9]; Ewert. F. (2005) 提出的农业系统集成分析和评价的概念框架^[10]; 赵胜利等(2005) 提出的农业可持续发展系统的数据包络评价分析方法(DEA)^[11]。在这些研究中, 功效函数作为一种简单实用和有效合理的计算方法, 近些年来得到了非常广泛的应用, 尤其适合于对系统在现阶段持续性基本状况的评价分析^[12,13]。但是, 由于功效函数主要是基于确定性的状态变量和环境变量进行分析的, 而农业系统是一个复杂的动态开放系

统, 其发展过程常常受到不断变化的经济环境、政治局势、气候条件等多种不确定性因素的影响^[5,14,16], 从而该方法不能对农业可持续发展系统的未来持续性进行很好的模拟度量。

基于以上分析, 本文主要针对农业发展系统的随机不确定性等复杂性特征, 从系统学角度对农业可持续发展系统的持续度确定问题进行科学研究与分析。首先利用功效函数对农业可持续发展系统持续性现状进行分析评价; 在此基础上提出一种反映农业系统本质的综合性可持续度随机模拟预测方法, 对农业可持续发展系统未来的持续性水平进行科学合理的分析预测。本文共分四部分: 第 1 部分建立了农业可持续发展系统持续性现状的功效函数分析评价模型; 第 2 部分建立了农业可持续发展系统持续度的随机模拟预测模型; 第 3 部分以浙江省为例进行实证分析; 第 4 部分为结论。

1 农业可持续发展系统持续性的功效函数评价方法

假设农业可持续发展系统的序参数变量为 $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 其值为 $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。 α 、 β_i 是系统稳定临界点的序参数的上、下限值。根据协同论理论: 系统处于稳定状态时, 状态方程为线性; 势函数的极值点是系统稳定区域的临界点; 慢驰豫变量在系统稳定状态时也有量的变化, 这种量的变化对系统有序度有两种功效: 一种是正功效, 即慢驰豫变量的增大, 系统有序度趋势增大; 另一种是负功效, 即慢驰豫变量增大, 系统有序趋势减少。

因而系统序参数对系统有序的功效可表示为:

$$U_A(u_i) = \begin{cases} \frac{X_i - \beta_i}{\alpha - \beta_i}, U_A(u_j) \text{ 具正功效时}; (I = 1, 2, \dots, n) \\ \frac{\beta_i - X_i}{\beta_i - \alpha}, U_A(u_j) \text{ 具负功效时} \end{cases}$$

式中 $U_A(u_j)$ —— 变量 u_i 对系统有序的功效; A —— 系统稳定区域。

收稿日期: 2005-07-01 修订日期: 2006-02-27

作者简介: 刘凤琴(1966-), 女, 河北赤城人, 博士, 副教授, 研究方向为系统工程理论与方法、信息管理与信息系统。杭州 浙江财经学院信息学院, 310018。通信地址: 浙江省杭州市西湖区文一西路 176 号 湖畔花园秋月苑 7-1-302, 310012。Email: liufengqin66@sina.com

※通讯作者: 马俊海(196-), 男, 山西平陆人, 博士, 副教授, 研究方向为数量经济、金融工程与金融管理。杭州 浙江财经学院金融学院, 310018。Email: mjh64@sina.com

系统持续性的功效函数可用以下两种方法表示:

1) 几何平均法

$$C = \sqrt[n]{U_A(u_1)U_A(u_2)\cdots U_A(u_n)} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_A(u_i)}$$

2) 线性加权和法

对每一个序量功效配以权系数 W_i , 则可持续度函数可表示为

$$C = W_1U_A(u_1) + W_2U_A(u_2) + \cdots + W_nU_A(u_n) \\ = \sum_{i=1}^n W_iU_A(u_i)$$

其中 $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ 。在以上的计算模型中, 可持续性的

功效函数值 C 都是介于 0 到 1 之间的。当 $C = 1$ 时, 可持续发展度极大, 系统将走向新的有序结构; 当 $C = 0$ 时, 可持续发展度极小, 系统的有序崩溃, 系统将向无序发展。因此, 这种方法能够比较好地对可持续发展进行度量。进一步分析, 上述的两个计算模型中, 几何平均法基于各指标相对于系统持续性而言具有相同的重要性, 因此没有涉及到指标权重的确定, 消除了主观因素的影响。但是在关于农业可持续发展系统的分析中, 发现各个指标的权重并非完全一致, 往往存在着一定的差异。尤其是对不同的国家和地区, 由于经济发展水平的不同, 使得它们有着各自的侧重点。所以为了反映农业可持续发展系统的这一重要特征, 本文将采取线性加权和计算模型来分析; 关于权重的确定, 将采取 Delphi 法和层次分析法相结合的方法来进行, 即首先利用 Delphi 法确定层次分析过程中的各级判断矩阵, 再通过层次分析方法来确定各个指标权重。

2 农业可持续发展系统持续度的随机模拟预测模型

2.1 系统持续性的随机性描述

从定性的角度, 系统持续性一般可理解为“系统继续到将来的能力”, 这里, “系统”指出了“持续的对象”; “继续”说明了“保持系统持续的最低条件”, 即如果系统不满足这些条件(准则), 那么系统就会停止运行, 从而出现了系统的不可持续; “将来”暗含着系统将来行为的不确定性, 指出“系统将持续的时间”; “能力”说明了“系统持续的可能性大小”。可见“系统持续到将来的能力”可用一个概率测度来加以描述。因此农业系统的可持续性可定义为: 农业系统在将来特定期满足指定准则的概率, 即农业系统可持续度^[17, 18]。

进一步分析, 本文可对农业系统发展的持续度进行量化描述。设系统的整个状态 $D(t)$ 服从状态空间 $\{0, 1\}$ 上的贝努利分布; 令 $t \in [0, T]$ 表示从现在 ($t = 0$) 到将来 ($t = T$) 某个时段的时间变量, 则 $D(t) = 1$ 表示系统在时刻 t 持续; $D(t) = 0$ 表示系统在时刻 t 不持续。假设系统初始化为 $D(0) = 1$ 。

设随机变量 T_F 表示出现不持续的時刻, 令 T_F 的概率密度函数为: $f_{T_F}(t) = P(T_F = t)$

概率分布函数为: $F_{T_F}(t) = P(T_F \leq t)$

因为系统是不可逆的, 所以如果 $D(t) = 0$, 则对于 $\forall \Delta t > 0$ 且当 $\Delta t \rightarrow 0, \exists D(t + \Delta t) = 0$, 因此对于区间 $[0, T]$, T 时刻系统可持续度 S 可描述为

$$S(T) = 1 - F_{T_F}(T) \quad (1)$$

假设反映可持续农业系统评价指标 $x(t)$ 为一随机过程, 则在任何给定的时刻 $t, x(t)$ 存在概率密度函数 $f_{x,t}(x) = P(x(t) = x_0)$ 和概率分布函数 $F_{x,t}(x) = P\{x(t) \leq x_0\}$, 其中 x_0 为阈值, $x < x_0$ 表示系统不持续。下面推导 $x(t)$ 和 T_F 之间的关系

$$P\{t < T_F \leq t + \Delta t\} = P\{T_F \leq t + \Delta t | T_F > t\}P\{T_F > t\} \quad (2)$$

因为 $T_F \leq t + \Delta t \Leftrightarrow x(t + \Delta t) \leq x_0$, 则公式(2)重写为

$$P\{t < T_F \leq t + \Delta t\} = P\{x(t + \Delta t) \leq x_0 | x(t) > x_0\}(1 - P\{T_F \leq t\}) \quad (3)$$

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 则(3)式左边为

$$P\{t < T_F \leq t + \Delta t\} = P\{T_F = t\} = f_{T_F}(t) \quad (4)$$

(3)式右边的第一项为

$$P\{x(t + \Delta t) \leq x_0 | x(t) > x_0\} = P\{x(t) \leq x_0\} = F_{x,t}(x_0) \quad (5)$$

显然(3)式右边的第二项与(1)式右边相同, 即:

$$P\{t < T_F \leq t + \Delta t\} = P\{x(t + \Delta t) \leq x_0 | x(t) > x_0\}(1 - P\{T_F \leq t\})$$

因此(3)式变为

$$f_{T_F}(t) = F_{x,t}(x_0)S(t) \quad (6)$$

对(1)式两边取微分, 得

$$\frac{dS(t)}{dt} = -f_{T_F}(t) \quad (7)$$

将(6)式代入(7)式, 得

$$\frac{dS(t)}{dt} = -F_{x,t}(x_0)S(t) \quad (8)$$

(8)式的解为

$$S(t) = S(0)e^{-\int_0^t F_{x,t}(x_0)dt} \quad (9)$$

可见系统持续度 $S(t)$ 是由某个时刻系统状态小于阈值的概率 $F_{x,t}(x_0)$ 决定的。

2.2 农业系统持续度的模拟研究

因为对于一个实际系统, T_F 和 $x(t)$ 的概率分布是未知的, 所以很难用以上公式(1)~(9)来计算系统的持续度, 为此, 本文采用蒙特卡罗方法模拟实际农业系统的持续度。

2.2.1 实际系统的持续度描述

设 N 表示区间 $[0, T]$ 内模拟的次数;

$n(T)$ 表示时刻 T 持续的次数, 即 N 次模拟中 $x(T) \geq x_0$ 的次数, 则系统 T 时刻的持续度可由持续次数的相对频率来估计, 即:

$$\hat{S}(T) = n(T)/N \quad (10)$$

根据蒙特卡罗模拟结果可知, $S(T)$ 是服从贝努利分布的随机变量, 因此其估计的标准差为

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \sqrt{\hat{S}(T)(1 - \hat{S}(T))/N} \\ &= \sqrt{n(T)(N - n(T))/N^3} \end{aligned} \quad (11)$$

2.2.2 单指标变量蒙特卡罗模拟过程分析

1) 指标的变化方程

作为采用蒙特卡罗方法模拟农业系统可持续度的例子, 本文假设随机指标的时间序列方程 $x(t)$ 及其一级自回归方程 $Z(t)$ 分别如下

$$x(t) = \alpha + \beta t + Z(t) \quad (12)$$

$$Z(t) = \varphi Z(t - 1) + \epsilon(t) \quad (13)$$

式中 α ——截矩, 表示均值; β ——斜率, 表示趋势; $Z(t)$ ——时刻 t 序列的值, 即随机误差项; φ ——一阶自回归系数, $|\varphi| < 1$; $\epsilon(t)$ ——服从正态分布, 即 $\epsilon(t) \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$, 其中 $\sigma_\epsilon^2 = \sigma_z^2(1 - \varphi)$ 是标准差。

2) 参数的确定

参数 α, β, φ 分别通过对上述方程 (12) 和 (13) 进行线性回归来确定。

参数 σ_z 由最大似然法确定。由于只涉及到渐近结果, 所以对第一个观测值的处理并没有多大关系, 因此参差模型可写成:

$$\begin{aligned} \epsilon &= Z(t) - \varphi Z(t - 1) \\ P\{t < T_F \leq t + \Delta t\} &= P\{x(t + \Delta t) \leq x_0 | x(t) > x_0\} (1 - P\{T_F \leq t\}) \quad t = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (14)$$

则似然函数的对数为

$$\begin{aligned} \ln(L) &= \left[\frac{n-1}{2} \right] \ln(2\pi) - \left[\frac{n-1}{2} \right] \ln \sigma_\epsilon^2 \\ &\quad - \frac{1}{2\sigma_\epsilon^2} \sum_{i=2}^n \epsilon_i^2 \end{aligned} \quad (15)$$

通过求解似然函数最大值, 得到 $\sigma_z^2 = \frac{\sum_{i=2}^n \epsilon_i^2}{n-1}$, 然后

由 $\sigma_\epsilon^2 = \sigma_z^2(1 - \varphi)$ 可求得 σ_ϵ^2 。

3) 蒙特卡罗模拟过程

假设进行 N 次模拟, 时间间隔为 $1/T$, 模拟 T 时刻系统持续度的基本步骤为:

- ① 确定参数 $\alpha, \beta, \sigma_\epsilon, \varphi, x_0$ 的值及 T, N 的初始值, 同时令 $i = 1, n(T) = 0$;
- ② 产生一组随机数, 经随机变换后, 得 $\epsilon(t)$ 的值: $\{\epsilon_i(1), \epsilon_i(2), \dots, \epsilon_i(T)\}$;
- ③ 将 $\epsilon(t)$ 代入方程 (13), 得 $Z(t)$ 的一条路径: $\{Z_i(1), Z_i(2), \dots, Z_i(T)\}$;
- ④ 将 $Z(t)$ 代入方程 (12) 得 $x(t)$ 的一条路径: $\{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(T)\}$;
- ⑤ 比较 $x_i(T)$ 与 x_0 的大小, 若 $x_i(T) \geq x_0$, 则 $n(T) = n(T) + 1$;
- ⑥ 如果 $i < 10000$, 则 $i = i + 1$, 返回第 ② 步;
- ⑦ 根据方程 (10) 求得系统 T 时刻的持续度。

当然我们也可得到 $[0, T]$ 内任意时刻 t 的持续度, 得出系统随时间变化的持续度曲线。

2.2.3 多指标变量蒙特卡罗模拟过程分析

多指标蒙特卡罗模拟基本过程同单指标蒙特卡罗

模拟过程, 只是存在多组指标变化方程, 因此亦需产生多组随机数序列, 通过分别计算, 得各变量的模拟值, 当各模拟值同时大于其目标值时, 进行 $n(T) = n(T) + 1$, 其它步骤同单变量模拟过程。

3 实证模拟研究

从系统学角度分析, 农业可持续发展系统可以看作是由农业经济、生态、技术和社会等 4 个子系统组成的复合系统^[8, 19]。本文基于浙江省在 1985~ 2002 年 18 年的历史统计数据, 利用前面提出的方法建立了农业系统持续度模拟及预测模型。一方面, 利用功效函数方法计算出 1985~ 2002 年浙江省农业系统发展的持续度; 另一方面, 针对农业可持续系统指标的基本特性, 利用随机模拟方法对系统在 2005~ 2025 年的持续度水平进行模拟预测。

3.1 农业系统可持续发展指标体系的设置

为了正确地判断一个农业系统的可持续性, 必须对不同时期、不同类型的持续性和非持续性因素做出定量判断, 这就需要建立一套评价指标体系^[20, 21]。本文认为, 农业系统是社会、经济、技术、生态环境复合系统, 其持续性评价涉及农业经济、农业技术、农业生态环境和农村社会等诸多方面。因此, 根据指标体系设计的指导思想和原则, 结合农业可持续发展系统要素的构成, 经过对许多农业专家进行咨询和大量相关文献分析研究建立一个由 3 个层次、4 个系统、65 个具体指标组成的指标体系, 其中部分具有典型代表意义的重要指标如图 1 所示。

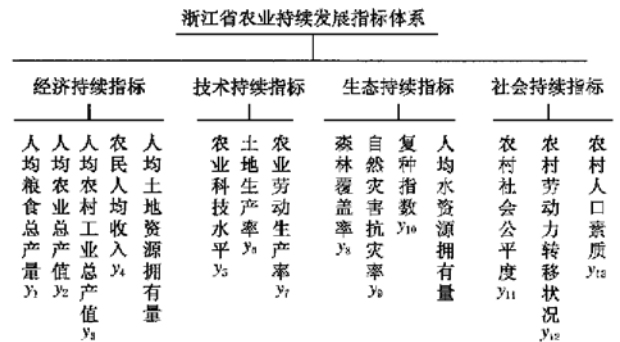


图 1 浙江省农业系统持续发展指标体系

Fig. 1 Index system for agricultural sustainable development of Zhejiang Province

假定农业系统可持续度若干指标中人均粮食总产量、人均农业总产值、人均农村工业总产值、农民人均收入、农业科技水平、土地生产率、农业劳动生产率、森林覆盖率、自然灾害抗灾率、复种指数、农村社会公平度、农村劳动力转移状况、农村人口素质等 13 个指标, 作为计算案例来验证方法的可行性, 但此指标体系是否科学合理, 尚待进一步研究。

本文对各指标选取浙江省 1985~ 2002 年共计 18 年的历史数据, 这些数据主要来源于浙江省经济统计年鉴、浙江省农村经济统计年鉴和中国农业年鉴及其它相

关的资料。

3.2 农业系统持续度的模拟仿真

3.2.1 1985~2002年农业系统持续度的确定

表1 各状态变量的上下临界值

Table 1 Critical values of various status variables

	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13
α	420	3500	40000	5500	400	20000	5000	70	3.5	3.0	0.8	1.5	550
β_i	70	250	600	500	10	2000	300	30	1.1	1.0	0.1	0.8	15

再根据功效函数计算出这些指标在各个年度的功效值,并将其作为相应年份的各指标的单项持续度,对于子系统各指标的单项持续度进行加权平均得到农业系统中各个子系统的可持续度如图2所示。

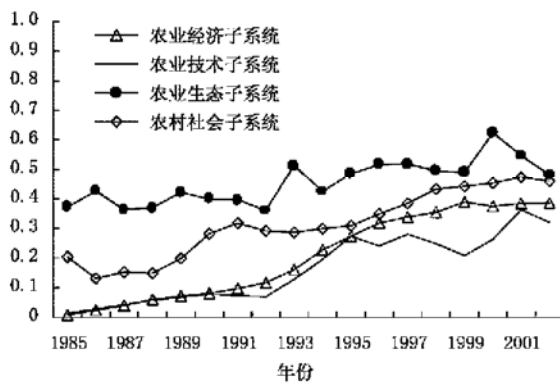


图2 浙江省农业系统各子系统1985~2002年的持续度
Fig. 2 Sustainability degree of agricultural sub-system in Zhejiang Province during 1985~2002

进一步利用所述的指标权重的确定方法计算出所有13个指标变量相对于农业可持续发展系统的重要性程度,计算出浙江省1985~2002年的农业系统可持续发展度(如表2)。

表2 浙江省1985~2002年农业持续度

Table 2 Sustainability degree of agricultural system in Zhejiang Province during 1985~2002

年份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
持续度	0.2886	0.2976	0.2840	0.2775	0.2879	0.2936	0.2962	0.2794	0.3184	0.3306	0.3773	0.3948	0.4086	0.4065	0.4096	0.4332	0.4403	0.4226

表3 浙江省2005~2025年农业可持续发展度

Table 3 Sustainability degree of agricultural system of Zhejiang Province during 2005~2025

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
S	0.5322	0.5383	0.5474	0.5539	0.5639	0.572	0.5762	0.5831	0.5867	0.5916	0.5993
年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
S	0.6184	0.6286	0.6378	0.6395	0.6499	0.6622	0.6705	0.6937	0.7026	0.7274	

3.3 持续度模拟预测结果分析

利用专家咨询方法,参照世界各国的标准,再结合中国作为发展中国家的实际特点,确定农业可持续发展各个子系统的可持续性大致标准为:持续度大于0.8,系统处于可持续状态;持续度介于0.6~0.8之间,系统处于基本可持续状态;持续度介于0.4~0.6之间,系

通过专家咨询,得到可持续发展系统的状态变量的临界值的上下限,如表1所示。

3.2.2 2005~2025年农业系统可持续度的随机模拟预测

在此利用前述的可持续度随机模拟模型得出各个指标变量在2005~2025年期间的随机可持续度;对于子系统各指标的单项持续度进行加权平均得到农业系统中各个子系统的可持续度如图3所示。最后利用指标的权重对各个指标的可持续度进行加权平均,从而确定浙江省2005~2025年农业系统可持续度,其计算结果如表3。

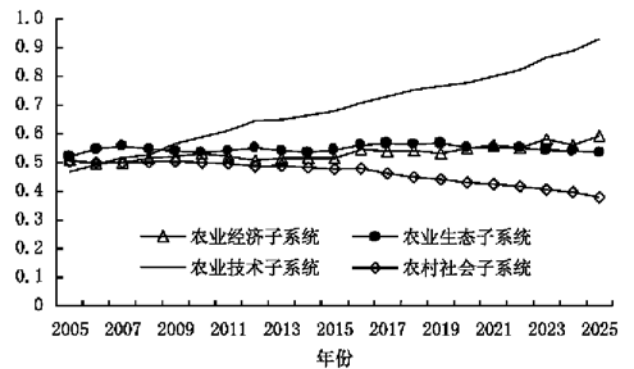


图3 浙江省农业系统中各子系统2005~2025年持续度
Fig. 3 Sustainability degree of agricultural sub-system in Zhejiang Province during 2005~2025

统处于基本不可持续状态;持续度小于0.4,系统则处于很不可持续状态。

根据这一标准,从模拟结果看出,根据文中设定的可持续性阈值标准,在1985~2002年,浙江省农业可持续发展系统的持续度除了1988、1992和2002年以外是逐年上升的,但整体水平较低,1985年的持续度仅为

0.2886, 2002年也只有0.4226, 可持续发展相当缓慢。进入2005年, 持续度出现了一个相对较好的增长趋势, 到2020年达到0.7274, 处于基本可持续阶段。进一步再对各个子系统的持续度模拟结果进行简单的分析:

1) 农业经济子系统的持续性分析

由农业经济子系统的各项指标的持续度模拟结果可知, 在1985~2002年, 农业经济的整体发展处于较低的持续度水平, 人均粮食产量虽然连续几年处于徘徊不定的变化状态, 但处于不可持续发展的趋势。其中, 人均农村工业总产值的发展起点比较低, 但发展趋势比较强烈; 人均农业总产值和农民人均收入这两项则经过短时间的缓慢发展, 显示出比较迅速的发展趋势。进入2005年, 经济子系统出现了良好的发展势头, 各项指标发展均达到较高的持续性。然而人均粮食产量的持续性在延续了前几年的发展趋势, 将继续出现持续减少的趋势。对于其它3个经济评价指标, 将得到了迅速提高。根据预测, 进入2005年以后, 这3项指标仍将会在较长一段时期保持这种增长趋势。

2) 农业技术子系统的持续性分析

反映该子系统持续性的3个指标在1985~2002年期间的整体持续水平较低, 增长速度也比较缓慢, 尤其是农业科技水平持续性最不稳定。但随着农业科技体制改革得到深化, 农村关系逐步理顺, 各项优惠政策相继出台并贯彻实施, 有力地促进了农业科技水平的提高, 进而带动了农业技术系统的发展。根据预测, 进入2005~2025年期间, 技术系统的3个指标将会有较好的发展。

3) 农业生态子系统的持续性分析

农业生态子系统的持续性呈现出相对稳定的发展趋势。1985~2002年, 森林覆盖率的增加具有一定的稳定性, 出现了较好的逐年增长趋势, 预计到2025年其持续发展水平将达到0.9310。而自然灾害抗灾率和复种指数出现了一定的不稳定性, 预计到2025年, 它们的持续度将分别达到0.4108和0.4100, 在现有的持续性标准下, 仍处于基本可持续。究其原因, 主要在于农业基础设施建设虽得到发展, 但总体基础相对薄弱, 农村工业经济建设一方面促进了农业经济发展, 但一定程度上破坏了基础设施, 降低了抵御自然灾害的能力。

4) 农业社会子系统的持续性分析

农村社会子系统中除了农村人口素质处于比较好的发展水平以外, 其余两个指标的发展均不稳定。农村劳动力转移水平在1985~2002年期间处于徘徊不定状况, 到2025年其持续发展水平将达到0.4851。农村人口素质作为该子系统的一个重要的持续性评价指标, 在1985~2002年就处于持续发展水平, 增长速度也十分明显, 进入2005年以后, 呈现出逐年增长趋势, 但增长幅度逐年减少, 预计到2025年, 其持续发展水平可能达到0.9348。主要原因在于农村落后传统观念得到改变, 九年义务教育的基本政策有利执行。农村社会公平度作为农业社会子系统乃至整个农业系统的持续性内涵的一个重要方面, 在1985~2002年出现了较大的反复变

化过程。随着城市经济体制改革的开展和不断深入, 农村经济发展明显落后于城镇经济发展, 但城乡居民收入的差距依旧存在较大的差距, 预计到2025年其持续发展水平只有0.1206。

4 结 论

本文的研究结果主要体现在两个方面:

一是在理论上, 利用功效函数评价和时间序列随机模拟等分析方法, 建立了反映农业可持续发展系统本质特征的持续度确定计算与模拟预测分析模型。

二是在实际应用方面, 利用1985~2002年的历史数据, 对浙江省农业系统持续度进行了计算及模拟预测, 并对浙江省农业系统的现在及未来几年的持续性水平进行了评估。

但是, 农业可持续发展问题是一个由多种因素、多层次和目标组成的复杂系统, 因此对其进行科学的定量分析需要涉及多方面理论方法, 本文仅仅可以作为开展这一研究工作的一个良好开端。如何将诸如随机过程与随机分析、遗传算法及遗传规划等更多的理论方法, 运用到这一研究领域, 以便建立起能更全面反映农业系统本质特征的分析预测模型, 将成为进一步努力的方向。

[参 考 文 献]

- [1] Geng S, Hess C E, Auburn J. Sustainable agricultural system concepts and definitions [J]. *Agronomy Crop Science*, 1990, 165: 73- 85.
- [2] Lowrance R, Hendrix P F, Odum E P. A hierarchical approach to sustainable agriculture [J]. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1986, 1: 169- 173.
- [3] Potter C, Goodwin P. Agricultural liberalization in the european union: an analysis of the implication for nature conservation [J]. *Journal of Rural Studies*, 1998(14).
- [4] Park J, R. Seaton A F. Integrative research and sustainable agriculture [J]. *Agricultural System*, 1996, 50: 45- 60.
- [5] 王浣尘. 可持续发展与系统集成方法论 [J]. *科学管理研究*, 1997, 1: 25- 27.
- [6] Marjan W Hofkes. Modelling sustainable development: an economy-ecology integrated model [J]. *Economic Modelling*, 1996, (13): 333- 353.
- [7] 徐祥华, 杨贵娟. 可持续农业综合评价指标体系及评价方法 [J]. *中国农村经济*, 1999, 9: 52- 55.
- [8] 马俊海, 刘凤琴. 持续农业的动态评价模型的研究分析 [J]. *河北农业大学学报*, 1999, 7: 75- 78.
- [9] 崔和瑞, 赵黎明. 基于系统理论的区域农业可持续发展研究 [J]. *科技管理研究*, 2004, 3.
- [10] Ewert F, et al. Development of a conceptual framework for integrated analysis and assessment of agricultural system in SEAMLESS-IF. SEAMLESS, No. 010036, Deliverable number PD 1. 2. 1, December 2005.
- [11] 赵胜利, 崔和瑞, 刘 燕. 区域农业可持续发展系统的有效性分析与评价 [J]. *西北农林科技大学学报*, 2005, 4: 137- 140.

- [12] Chen C J. Research on the evaluation of sustainable development based on information share[A]. Proceedings of the Fourth Asia-Pacific Conference on Industrial Engineering and Management System[C]. Dec. 2002: 1048- 1051.
- [13] 程叶青, 李同升, 张平宇. SD模型在区域可持续发展规划中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 12: 13- 18.
- [14] 陶 陶, 罗其友. 农业的多功能性与农业功能分区[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 1.
- [15] Fox G. Agriculture and the environment: economic dimensions of sustainable agriculture[J]. Canada Journal of Agricultural Economics, 1991, 39: 647- 653.
- [16] 王雅芹, 刘顺英, 李树武. 我国农业可持续发展的制约因素分析[J]. 生态经济, 2005, 8.
- [17] Costanza R, Patten B C. Defining and predicting sustainability[J]. Ecology Economics, 1995, 15: 193- 196.
- [18] Gonway G R. Sustainability in agricultural development: trade-offs with productivity, stability and equitability [J]. Farming Systems Resource, 1994, 4(2): 1- 14.
- [19] 刘凤琴. 农业可持续发展系统的协调发展理论研究[D]. 天津: 天津大学, 2000. 2.
- [20] 邓 勇, 陆凤兴. 可持续发展指标体系研究现状与展望[J]. 统计与预测, 2003, 5: 34- 36.
- [21] 蒲勇健. 可持续发展指标的一种理论构造方法[J]. 数量经济技术经济研究, 1998, 4: 25- 29.

Stochastic simulation model and its application for sustainability degree of agricultural system

Liu Fengqin¹, Ma Junhai^{2*}

(1. Information School, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China;

2. Financial School, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China)

Abstract: From the viewpoint of system science, this paper makes a quantitative analysis of the problem about sustainability degree of agricultural sustainable development. First, by using efficacy function and stochastic simulation for time sequence, the theoretical computation models of sustainability degree for agricultural sustainable development system were set up. On the basis of this work, the practical analysis of problem on computation and simulation for agricultural system of Zhejiang Province was made. The research result shows that computation model can adapt to many basic characteristics such as stochastic indefiniteness of agricultural system. The conclusion may provide important references for decision-making for the strategy for agricultural sustainable development of Zhejiang Province.

Key words: agricultural system; sustainability degree; stochastic simulation; efficacy function; index system