

# 中国农业部门生产效率的重新估计

## ——基于非线性平滑转换模型的经验分析

封福育\*

**摘要:** 本文应用非线性平滑转换模型对中国农业部门 1978 - 2005 年间的生产效率进行了重新估计。研究结果表明中国农业部门生产效率存在明显的非线性调整特征,且生产效率由高机制到低机制之间的非线性平滑转换可由指数转换函数模型描述。进一步的分析发现,中国农业部门的生产效率始终保持在一个较高的水平上,其波动幅度在 88% ~ 100% 之间,估计得到的平均生产效率约为理想状态时的 93.8%。为了进一步提高生产效率,要求政府继续推动农业科技发展,加强土地的集约化经营并提高农业部门劳动者素质。

**关键词:** 农业部门 生产效率 非线性调整 平滑转换回归模型

### 一、引言

一个国家农业部门的生产效率对于该国农业生产乃至宏观经济都有重要影响。提高农业部门生产效率是提高农业生产能力,确保国家粮食安全,促进农民增收,推动农业持续发展的重要途径。因此如何正确估计农业部门生产效率一直是学术界的一个热点问题。

早在 1957 年 Farrell(1957)就应用数学规划方法对英国农业部门的生产效率进行评估和测算。在此之后,国内外学者对此问题展开了一系列的后续研究。Battese 等(1997)应用随机边界模型(Stochastic Frontier Model)对巴基斯坦农业部门的生产效率进行分析,他认为由于技术和管理效率等方面的原因,巴基斯坦大、中型农场的生产效率明显高于小型农场。Vicente(2004)应用确定性边界模型(Deterministic Frontier Model)考察巴西农业部门谷物生产效率时发现:由于资源配置、技术水平等方面的影响导致巴西谷物生产效率低下,实际产出效率仅为理想状态的 70% 左右。Derek 等(2005)利用 111 个国家和地区 1970 - 2000 年的数据,应用确定性边界模型测算了这些国家的全要素生产率(Total Factor Productivity,简称 TFP)及其变化趋势,他们认为人力资本的积累和科技进步是这些国家农业生产效率提高的最主要原因。Coelli 和 Rao(2005)利用数据包络分析方法(DEA 方法)研究了 93 个国家 1980 - 2000 年农业部门生产效率的变化趋势和规律,指出,这些国家农业部门全要素生产率增长的主要原因是土地的集约使用和农业科技进步。

中国学者研究农业部门生产效率的文献也很多,其中比较典型的研究有:冯海发(1990)运用全要素生产率的概念及原理测算了新中国成立以来农业生产效率的变化趋势和增长模式。周宏和褚保金(2003)应用 DEA 方法对我国水稻生产效率及其变动状况进行分析,他们发现在过去的 20 年中,我国的水稻生产效率增长缓慢。李周和于法稳(2005)采用 DEA 方法分析了西部地区的农业生产效率,他们认为,西部地区农业生产技术的应用对增强西部地区农业可持续发展是有效的。李静和孟令杰(2006)使用非参数的 HMB 生产率指数方法考察了改革开放以来我国农业部门全要素生产率的变动趋势,他们的研究表明:我国农业部门全要素生产率的增长主要是由技术进步推动的。陈卫平(2006)研究了 1990 - 2003 年期间我国农业部门全要素生产率的变化规律和空间分布特征,他认为我国绝大多数省区呈现出农业技术进步与农业效率损失

\* 封福育,江西财经大学博士后流动站,江西财经大学经济学院,邮政编码:330013,电子信箱:fengfy9488@163.com,感谢匿名审稿人提出的宝贵意见,当然文责自负。

并存的局面。其中农业技术进步指数年均增长 5.4%,而农业效率变化指数年均下降 2.78%。

综合上述分析可以发现,国内外学者在对生产效率进行定量测算时一般采用以下 3 种方法:DEA 方法、随机性边界方法和确定性边界方法。其中,DEA 方法能有效避免主观因素影响、减少误差,并且对于非 DEA 有效单元还能给出较为丰富的信息、提出改进策略。但是,该方法对于有效单元给出的信息较少,尤其当大量决策单元为 DEA 有效时,DEA 获得的信息就非常有限。随机性边界方法在实证分析时采用条件概率来处理误差,理论上较确定性边界方法更为严谨。然而 Ruggiero (1999)和 Ondrich 等 (2001)通过蒙特卡洛仿真时发现:在生产函数形式正确设定的前提下,确定性边界分析方法表现较随机性边界方法更为优异,在小样本条件下,确定性边界分析方法的优点更加明显。本文在实证分析中所拥有的样本数据仅有 28 组,所以本文采用确定性边界方法对我国农业部门的生产效率进行定量分析。

## 二、非线性平滑转换模型

应用确定性边界方法对生产效率进行估计之前,必须先对生产函数的形式进行设定。已有的研究中,学者们大多选用 Cobb - Douglas 生产函数或者超越对数的生产函数形式。可是无论采用 Cobb - Douglas 生产函数还是超越对数的生产函数形式,都是以线性模型为基础,其隐含的假定认为回归系数具有参数稳定性。然而,在经济发展历程中生产函数很可能由于技术进步、制度变迁等因素的影响而发生结构转变。因此,本文尝试应用非线性的机制转换模型对中国农业部门的生产效率进行重新估计。

实证分析中常见的非线性机制转换模型有三种:马尔可夫机制转换模型 (Markov Regime - Switching Model)、门限回归模型 (Threshold Regression Model) 和平滑转换回归模型 (Smooth Transition Regression Model, 以下简称 STR 模型)。其中,马尔可夫机制转换模型和门限回归模型都隐含了一个假定:在某一特定的时点,时间序列的运动方式从一种机制跳跃到了另一种机制,并且这种跳跃是离散的。然而现实经济中,有些机制的转换并不是一个突变过程,而是一个连续的、渐变的过程。因此对于这种经济现象通常应用非线性平滑转换模型进行分析。农业生产过程中,由于技术进步、劳动力结构的调整、制度变迁等因素导致生产效率的改变往往是一个漫长的、渐进的过程。因此,本文采用非线性平滑转换模型来考察中国农业部门的生产效率。

在实证分析中,本文应用确定性边界方法来度量生产可能性边界,并将生产函数形式设定为 Cobb - Douglas 生产函数,从而建立下述模型:

$$\ln y = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln x_i - v \tag{1}$$

其中  $y$  为产出,  $x_i$  为第  $i$  种生产要素,  $v$  代表无效率的程度 ( $v \geq 0$ )。

利用上述模型结合 Granger 和 Teräsvirta (1993)、Eitheim 和 Teräsvirta (1996) 提出的 STR 模型来估计生产效率,则式 (1) 变为:

$$\ln y = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln x_i + (\alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln x_i) f(z) - v \tag{2}$$

其中  $z$  为转换变量,  $f(z)$  是转换函数,  $\alpha_i, c_i$  为待估参数。

关于转换变量  $z$  的选取, Granger 和 Teräsvirta (1993) 认为转换变量的选取应根据经济理论来确定。实证分析中,转换变量可以是模型中的解释变量,也可以是模型以外的其他外生变量,甚至可以直接选用时间趋势作为转换变量。

STR 模型的转换函数  $f(z)$  通常有两种形式,一种为对数转换函数 (Logistic Smooth Transition, 简称 LSTR):

$$f(z) = \frac{1}{1 + \exp[-r(z - \tau)]} - \frac{1}{2} \tag{3}$$

另一种称为指数转换函数 (Exponential Smooth Transition, 简称 ESTIR):

$$f(z) = 1 - \exp[-r(z - \tau)^2] \tag{4}$$

其中  $r$  代表非线性平滑转换的速度,  $\tau$  代表发生转换的门限值 (Threshold)。

Teräsvirta (1992) 和 Granger 等 (1993) 提出 STR 模型的检验和估计步骤如下:

第 1 步:对模型直接进行 OLS 估计并得到其残差序列  $u$ , 再利用残差  $u$  做辅助回归,进行拉格朗日乘数检验 (Lagrange Multiplier Test, 简称 LM 检验), 检验模型应该采用线性形式还是非线性形式。如果发现模型

具有非线性效应,则继续进行下述步骤;反之原模型应该采用线性形式。

第 2 步:如果发现模型应采用非线性形式,则需要进一步确定非线性转换函数形式,即选择 ESTR 模型还是 LSTR 模型。

第 3 步:根据上述步骤确定了模型的形式和转换函数后,可以直接运用非线性最小二乘方法 (NLS)估计模型中各个参数。

在实证分析中,本文正是基于上述步骤对模型进行检验和估计,进一步根据分析结果考察我国农业部门生产效率及其变化特征。

### 三、实证分析

#### (一)数据来源及变量定义

本文分析使用资料为 1978 - 2005 年年度数据,原始数据来源于《新中国五十年统计资料汇编》和历年《中国统计年鉴》。其中产出用农林牧渔业总产值表示,单位亿元。投入要素分四种:劳动投入要素用年末乡村劳动力人数表示,单位万人;资本投入用各年的农村全社会固定资产投资表示,单位亿元;土地投入用农作物总播种面积表示,单位千公顷;农业投入经费用财政支出中支援农业生产支出和各项农业事业费表示,单位亿元。

#### (二)模型的建立、检验和估计

实证分析中采用 Cobb - Douglas 生产函数形式,建立以下回归模型:

$$\ln Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=L, K, T, R} \alpha_i \ln x_{it} - \mu_t \quad (5)$$

其中  $Y$  代表产出,  $L$  代表劳动投入,  $K$  代表资本投入,  $T$  代表土地投入,  $R$  代表农业投入经费,  $\mu_t$  代表残差。在对 (5) 式进行估计之前,必须进行模型选择,即分析选用线性模型合适还是非线性模型合适。为此,先对 (5) 式进行 OLS 估计并得到其残差序列  $\mu$ ,再利利用所得到的残差  $\mu$  做以下辅助回归,检验模型是否具有非线性性质。

$$\mu = \alpha_0 + \sum_{i=1} \alpha_i (\ln x_i) + \sum_{i=2} \alpha_{2i} (\ln x_i)^2 + \sum_{i=3} \alpha_{3i} (\ln x_i)^3 + \sum_{i=4} \alpha_{4i} (\ln x_i)^4 + \epsilon \quad (6)$$

其中  $\epsilon$  为随机扰动项。

Teräsvirta (1992)、Caner 和 Hansen (2001) 提出应用 LM 乘数检验来判断模型是否具有非线性性质。其主要思想为:  $H_0: \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0, H_1: \alpha_j$  不全为 0。

相应的检验统计量  $LM = N \left[ \frac{RSS - RSS^*}{RSS} \right] \sim \chi^2(3m)$ , 其中  $RSS$  为在虚拟假设下受约束回归的残差平方和,而  $RSS^*$  是无约束模型的残差平方和,  $m$  为生产要素的种类 (本文  $m = 4$ ),  $N$  为观测值数量 (本文取值为 28)。

虚拟假设成立的条件下,表示模型不存在非线性效应,模型退化为一个线性模型;反之,拒绝虚拟假设则表示模型存在非线性效应。在实证分析中,计算得到的 LM 统计量为 24.67,对应的  $p$  值为 0.047。这样在 5% 的显著性水平下,拒绝  $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$  的虚拟假设,表明应该选用非线性模型。

接下来应当确定非线性转换函数的形式,即选用 ESTR 还是 LSTR 模型。为此,需要先选定转换变量。在实证分析中,考虑到本文所研究的 4 种投入要素中,农业投入经费对农业生产效率变化的影响最为重大 (农业部门的研发费用对生产效率有直接影响,但是笔者无法获取相关数据,只好以农业投入经费作为替代),因此选用农业投入经费作为转换变量。选定转换变量后,再根据 AIC 准则确定转换变量  $\ln R$  的滞后阶  $p$ ,文中将相关检验结果列入表 1。

表 1  $\ln R$  的 AIC 检验结果

滞后阶 $p$	1	2	3	4	5
AIC 统计量	- 4.235	- 4.4236	- 3.8696	- 4.1842	- 4.2893

由表 1 给出的检验结果可知,第二种设定情形下对应的 AIC 值最小,因此本文选取转换变量  $\ln R$  的滞后阶为 2。

然后对 (6) 式进行递归的 LM 乘数检验以确定非线性转换函数形式。依次进行检验的虚拟假设分别为:

$H_{01}: a_j = 0; H_{02}: b_j = 0 / a_j = 0; H_{03}: c_j = 0 / b_j = a_j = 0$ 。其中  $H_{01}, H_{02}, H_{03}$  所对应的 LM 统计量分别服从自由度为  $m, 2m$  和  $3m$  的卡方分布。

(1) 如果拒绝  $H_{01}: a_j = 0$ , 表明应该选用 LSTR 模型;

(2) 如果接受  $H_{01}: a_j = 0$ , 但是拒绝  $H_{02}: b_j = 0 / a_j = 0$ , 表明应该选用 ESTR 模型;

(3) 如果接受  $H_{01}: a_j = 0$  和  $H_{02}: b_j = 0 / a_j = 0$ , 但是拒绝  $H_{03}: c_j = 0 / b_j = a_j = 0$ , 表明仍应该选用 LSTR 模型。

文中将检验结果列入表 2。

模型设定检验	LM	p
$H_{01}: a_j = 0$	11.0156	0.1736
$H_{02}: b_j = 0 / a_j = 0$	17.5795	0.0414
$H_{03}: c_j = 0 / b_j = a_j = 0$	9.5342	0.2853

从表 2 给出的检验结果可知: 在 5% 的显著性水平下, 不能拒绝虚拟假设  $H_{01}: a_j = 0$ , 但是拒绝虚拟假设  $H_{02}: b_j = 0 / a_j = 0$ 。这个递归的 LM 检验结果表明: 实证分析中应该选择 ESTR 模型。这说明我国农业部门生产效率具有非线性调整特征, 并且生产效率在高效率机制和低效率机制之间的非线性平滑转换由 ESTR 模型所描述。

而后, 对 ESTR 模型进行 NLS 估计, 并将估计结果列入表 3。

	系数估计值	统计量
0	-4.04	-4.06
K	0.23	1.94
L	0.21	3.06
T	0.15	3.84
R	0.49	5.17
$c_0$	-1.10	-3.33
$c_K$	0.42	2.13
$c_L$	0.13	0.78
$c_T$	-0.46	-2.45
$c_R$	0.27	4.28
r	13.47	
	0.94	

从表 3 给出的估计结果可以看出: 参数  $r = 13.47$ , 表明我国农业部门的生产效率具有快速调整和转换的特征;  $\theta = 0.94$ , 说明生产效率为 94% 时正处于由高效率机制向低效率机制转换的临界水平。

最后, 根据 Greene (1997) 的建议对模型 (6) 残差进行调整, 即令  $\hat{\mu}_t = \mu_t - \max(\mu_t)$ , 其中  $\mu_t$  为第  $t$  期残差, 利用 (7) 式就可以计算得到生产效率  $E_t$ :

$$E_t = \exp(-\hat{\mu}_t) \quad (7)$$

将根据 (7) 式计算得到的生产效率  $E_t$  绘成图 1。

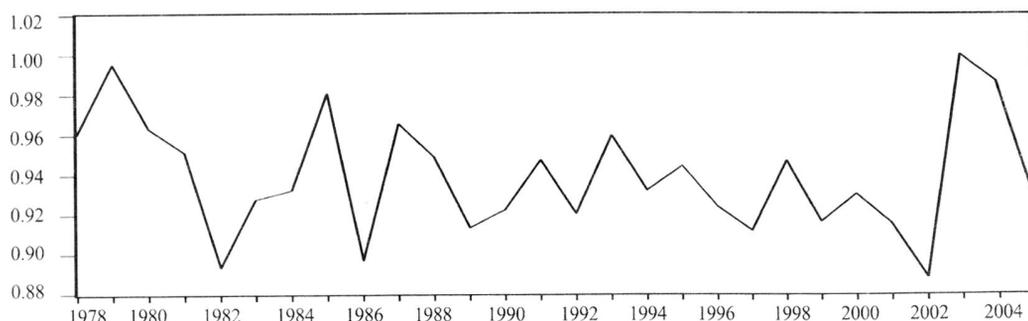


图 1 中国农业部门的各年度生产效率估计值

从图 1 可以看出: 在考察期内我国农业部门的生产效率始终保持在一个较高的水平, 各个年度的估计值

均在 88%以上,平均值约为 93.8%,即无效率状态约为 6%。之所以出现这种现象,其根本原因在于我国农业科技的快速发展和土地的集约使用。由于我国历来重视农业生产,改革开放后更是加大了对农业经费的投入,以育种技术为代表的农业科技发展较快,大大提高了单位面积的粮食产量和生产效率。此外,我国农业生产过程中加强了套种和立体种植,提高了土地利用率,从另一方面提高了农业生产效率。

另外,图 1 也表明我国农业部门的生产效率起伏较大,有的年份高,有的年份低。这主要是由于农业生产有自身的特殊性,与气候等自然条件有很大的相关性。例如,在 20 世纪 90 年代中后期,我国遭遇较大的洪涝灾害,从而给农业生产造成了巨大的损失,表现为生产效率降低;反之 2003 年我国风调雨顺,农业生产丰收,表现为生产效率很接近理想状态。

#### 四、结论

本文应用非线性平滑转换模型对我国农业部门的生产效率进行重新估计,通过对 STR 模型进行估计和检验证实了生产效率非线性调整的存在性,并且成功地揭示了这种非线性转换的特点,基于估计和检验的结果得到以下结论:在考察期内农业部门的生产效率具有明显的非线性调整特征,并且生产效率由高机制到低机制之间的非线性平滑转换符合 ESTR 模型特征。进一步的分析表明,农业部门的生产效率一直保持一个较高的水平,各年度的估计值均在 88%以上,平均值约为 93.8%,即无效率状态约为 6%。

农业生产力的提高主要从两方面着手:一是增加要素投入量,二是提高生产效率。从长期来看,农业的可持续性增长不能依赖于要素投入量的无限扩张,只有提高农业的生产效率才是发展农业的根本出路。因此,为了进一步提高我国农业部门的生产效率,政府应该继续推动农业科学技术的发展,加强土地的集约化经营和提高农业部门劳动者素质。为此,政府可以从下述几点着手:(1)继续加大对农业研发经费的投入,并提高农业科技人员的待遇;(2)鼓励农民搞立体种植和立体养殖,充分利用现有土地资源;(3)引导鼓励大学生支农,加强农业科技的推广和普及;(4)对农民进行培训,提高劳动者素质。

#### 参考文献:

1. 陈卫平:《中国农业生产率增长、技术进步与效率变化:1990 - 2003 年》,载《中国农村观察》,2006(1)。
2. 冯海发:《中国农业总要素生产率变动趋势及增长模式》,载《经济研究》,1990(5)。
3. 李静、孟令杰:《中国农业生产率的变动与分解分析:1978 - 2004 年——基于非参数的 HMB 生产率指数的实证研究》,载《数量经济技术经济研究》,2006(5)。
4. 李周、于法稳:《西部地区农业生产效率的 DEA 分析》,载《中国农村观察》,2005(6)。
5. 周宏、褚保金:《中国水稻生产效率的变动分析》,载《中国农村经济》,2003(12)。
6. Battese, G E and Brouca, S, 1997. "Functional Forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical Inefficiency Effects: A Comparative Study for Wheat Farmers in Pakistan" *Journal of Productivity Analysis*, Vol 8, No 4, pp. 395 - 414.
7. Canner, M. and Hansen, B., 2001. "Threshold Auto - regression with a Unit Root" *Econometrica*, Vol 69, No 6, pp. 1555 - 1596.
8. Coelli, T. J. and Rao, P., 2005. "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980 - 2000" *Agricultural Economics, International Association of Agricultural Economists*, Vol 32, pp. 115 - 134.
9. Derek, D.; Headey, D. S.; Prasada, R. and Mohammad, A., 2005. "Explaining Agricultural Productivity Levels and Growth: An International Perspective" *CEPA Working Papers Series with Number WP022005*.
10. Eitheim, O. and Teräsvirta, T., 1996. "Testing the Adequacy of Smooth Transition Autoregressive Models" *Journal of Econometrics*, Vol 74, pp. 59 - 75.
11. Farrell, M. J., 1957. "The Measurement of Productive Efficiency" *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol 120, pp. 253 - 281.
12. Granger, C. and Teräsvirta, T., 1993. *Modeling Nonlinear Economic Relationships* Oxford: Oxford University Press, pp. 19 - 20.
13. Greene, W. H., 1997. *Econometrics Analysis 4th ed*, New Jersey: Prentice Hall, pp. 169 - 170.
14. Ondrich, J. and Ruggiero, J., 2001. "Efficiency Measurement in the Stochastic Frontier Model" *European Journal of Operational Research*, Vol 129, No 2, pp. 434 - 442.
15. Ruggiero, J., 1999. "Efficiency Estimation and Error Decomposition in the Stochastic Frontier Model: A Monte Carlo Analysis" *European Journal of Operational Research*, Vol 115, No 3, pp. 555 - 563.
16. Teräsvirta, T., 1992. "Characterizing Nonlinearities in Business Cycles Using Smooth Transition Autoregressive Models" *Journal of Applied Econometrics*, Vol 7, pp. 119 - 139.
17. Vicente, R., 2004. "Economic Efficiency of Agricultural Production in Brazil" *FAPESP Working Paper*.

(责任编辑:王红霞)