

农业技术进步贡献率测算方法:回顾与评析

袁开智¹,赵芝俊¹,张社梅²

(1. 中国农业科学院 农业经济与发展研究所,北京 100081;

2. 浙江省农业科学院 农业经济发展与信息研究所,杭州 310016)

摘要:回顾了包括参数方法与非参数方法在内的各种农业技术进步贡献率的测算方法,并对其优缺点进行了比较和评价,介绍了与此相关的最新研究进展和发展趋势,提出了测算农业技术进步贡献率需要注意的问题。

关键词:技术进步贡献率;参数方法;非参数方法;技术进步率分解

中图分类号: A **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2008)02-0064-07

技术进步对经济增长的巨大推动作用毋庸置疑。大量研究表明,技术进步可以很好地解释工业革命以来世界经济增长的绝大部分现象。20 世纪 50 年代, Solow 对经济增长理论做出了开创性贡献,他提出长期的经济增长主要依靠技术进步,而不是依靠资本和劳动力的投入。自此,就特定时期内的某一特定区域而言,如何将技术进步对经济增长的促进作用(也就是技术进步贡献率)定量地测度出来,如测度一国某年度的技术进步贡献率,一直是经济学界不断探索的理论热点。

技术进步贡献率作为衡量技术进步对产出增长贡献大小的量化指标,是我国各级政府进行决策与考核的重要依据,一直都受到高度重视。特别是在当前,国家明确将技术进步贡献率指标列入《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020)》中,并提出了具体的发展目标,党的十七大报告也对“科技进步对经济增长的贡献率大幅提高”做出了重要表述。因此,研究技术进步贡献率的测算具有重要的理论和现实意义。

本文对已有的关于农业经济部门技术进步贡献

率的各种测算方法进行了回顾,比较了它们的优缺点,并介绍了研究方法上的一些新进展。这些测算方法同样也适用于其他经济部门或整个国民经济。

由于技术进步贡献率被定义为技术进步率与总产出增长率的比值,故以下讨论将围绕技术进步率的测算方法展开。

1 测算技术进步贡献率的参数方法

1.1 技术进步贡献率的测算原理

假设整个农业部门的生产过程可以用如下生产函数表示:

$$Y = AF(K, L, N), \quad (1)$$

其中, Y 为农业总产值, K 、 L 、 N 分别表示资本^①、劳动和土地^②三种生产要素, A 代表(希克斯中性)技术水平^③(这个概念是由索洛引入的),它们都是时间 t 的函数。我们可以从式(1)推导出式(2):

$$TP = \frac{A'}{A} = \frac{Y'}{Y} - \varepsilon_K \times \frac{K'}{K} - \varepsilon_L \times \frac{L'}{L} - \varepsilon_N \times \frac{N'}{N}. \quad (2)$$

式(2)为索洛余值(Solow residual)公式,它表明技

收稿日期:2007-12-14

基金项目:本研究得到“中央级公益性科研院所基本科研业务费专项”的支持资助

作者简介:袁开智(1984—),男,安徽合肥人,中国农业科学院农业经济与发展研究所硕士研究生,研究方向:农业技术进步评价与政策;赵芝俊(1964—),男,中国农业科学院农业经济与发展研究所研究员;张社梅(1978—),女,浙江省农业科学院农业经济发展与信息研究所助理研究员,研究方向:技术经济。

① 在实际应用中,一般用物质消耗和固定资产折旧之和来表示资本。

② 将土地作为要素加入生产函数,这体现了农业经济学区别于理论经济学的特色。在农业经济学中,选取其他变量作为生产要素的例子还有很多,如在畜牧经济研究中,在资本和劳动之外,通常还将能繁母畜头数作为要素加入生产函数。

③ 这里需要强调的是, A 代表技术,而不是生产要素。基于对技术发挥作用形式的不同认识,除了式(1)外,有的经济学家还将生产函数写成 $Y = F(K, AL, N)$ 或 $Y = F(AK, L, N)$, 它们依次被称为希克斯中性、哈罗德中性和索洛中性技术进步,都属于中性技术进步的范畴。关于中性技术进步,本文在后面部分有详细交代。要指出的是,不同形式的中性技术进步设定不影响索洛余值公式的结果。

技术进步率等于总产值^①增长率分别减去各要素产出弹性与要素投入增长率之积后的剩余^②,而技术进步贡献率定义为技术进步率与当年总产值增长率的

比值,即 $TPCR = \frac{TP}{Y/Y}$ 。

1.2 基于经验的和基于市场完全竞争假设的核算方法

从索洛余值原理出发,要测算技术进步率,除了要获得总产出增长率以及各投入要素增长率的准确数据外,最关键的是要确定要素的产出弹性。获得产出弹性的一种最简单的方法就是直接采用现有文献资料中已测算的弹性或根据个人经验来人为地确定一组弹性。例如,林毅夫在其著名的解释“集体化与1959—1961年中国农业危机”的论文中就是采用前人提出的两组弹性分别测算了1952—1988年的中国技术进步率;朱希刚^[1]则在综合经济学理论和农业专家讨论意见的基础上提出了我国“八五”时期农业以及种植业、畜牧业、渔业、林业各投入要素的弹性,并据此测定了我国“八五”时期的农业技术进步贡献率。

另一种确定要素产出弹性的方法是基于对市场完全竞争性的假设。在该假设条件下,每种要素的边际产出等于其要素价格,故各种要素的生产弹性 ε_K 、 ε_L 、 ε_N 可分别用各要素的总价格量占总产出的份额 r_K 、 r_L 、 r_N 代替,从而可把式(2)写成:

$$TP = \frac{A'}{A} = \frac{Y'}{Y} - r_K \times \frac{K'}{K} - r_L \times \frac{L'}{L} - r_N \times \frac{N'}{N} \quad (3)$$

一般我们可以从统计资料中查到各要素价格和总投入量的数据或直接获得要素总价格量的数据,因此可很容易地计算出份额数值,通过式(3)测得技术进步率。

1.3 基于生产函数的计量方法

以上两种确定生产弹性的方法虽然操作简单但都存在明显缺陷。基于经验的测算方法存在主观性过强的问题,因为研究对象和环境不同,个人测算的弹性未必适用于其他人的研究工作,而且随着时间的推移,要素的产出弹性也会相应地发生变化。另一种方法基于市场完全竞争的假设,这明显与我国当前的实际经济状况有偏差。因此在实际研究工作

中,人们通常通过建立生产函数模型,运用计量技术确定弹性,测算技术进步率。此类方法的关键在于生产函数形式的选择。

(1) Cobb-Douglas 生产函数形式 Cobb-Douglas 生产函数(简称 C-D 生产函数)是最经常采用的形式。C-D 农业总生产函数可表示如下:

$$Y = A_0 e^{\delta} K^{\beta_1} L^{\beta_2} N^{\beta_3} e^{\mu} \quad (4)$$

式(4)中:Y、K、L、N 的含义与其在式(1)中相同; A_0 表示基期技术水平,通常设为1; e^{δ} 为技术进步对第 t 年农业产出量的影响系数; β_1 、 β_2 、 β_3 分别表示物质费用 K、劳动力 L、土地 N 的产出弹性; μ 为服从经典假设的随机误差项。对方程两边取对数对其线性化后,采用 OLS 方法即可获得 β_1 、 β_2 、 β_3 的估计值,再用索洛余值公式即可算出农业技术进步率。朱希刚^[2]使用该方法测得我国“七五”时期的农业技术进步贡献率为 27.9%。

(2) 其他生产函数及对 C-D 生产函数的扩展

上述的 C-D 生产函数形式应用最为广泛,但它在理论上仍存在一些不足,主要表现在 C-D 生产函数反映的是中性技术进步,其要素替代弹性恒为 1。

所谓中性技术进步,是指要素替代弹性保持不变。中性技术进步表示任何技术通过各要素产生的对总产出的促进作用大小,其比例是恒定不变的。相应地,要素替代弹性可变则称为偏性技术进步。现实中,技术是通过物化在生产要素中或与生产要素相结合发挥用来促进产出增长的,因而其发挥作用的途径是多种多样的,有资本增强型、劳动力增强型、土地增强型等,因此加总的技术进步应当是偏性的。如果生产函数不能表示偏性技术进步,则势必影响技术进步率测算的准确程度,同时也削弱了计算结果所具有的政策意义。

针对 C-D 生产函数的上述不足,一些学者试图构造新的生产函数形式。1961 年,Arrow 等人构造了常替代弹性(constant elasticity of substitution, CES)生产函数,在该函数形式下,要素的产出弹性可以随着各要素投入量的变化而变化,要素替代弹性仍固定但不再恒为 1。此后,相继又有各种形式的变替代弹性(variable elasticity of substitution,

① 本文采用以货币度量的总产值,而不是用总产量来衡量产出。如果假定产品质量的提高一定可通过原产品相对价格的变化反映出来,那么用技术进步率度量的技术进步对农业产出增长的作用,就不仅包括对产品数量增长的促进作用,还包括对产品质量提高的促进作用。并且,技术进步的作用还包括对环境的改善、对自然资源的节约等,因此远不止这两方面。但由于这些作用无法直接通过总产值来反映,因此不在本文研究范围之内。

② 鉴于此,技术水平也称作全要素生产率(total factor productivity, TFP),技术进步率也称作全要素增长率。

VES)生产函数出现,这些生产函数可以表示偏性技术进步,但它们复杂的非线性形式使其难以采用简单的计量方法加以估计,因此在实际的宏观经济增长核算中应用并不广泛。

另一些学者则采取对 C-D 生产函数加以扩展的方式对其进行改进,主要是将原 C-D 生产函数的不变生产弹性 β 设为可变形形式,如关于时间 t 的线性、二次或 Logistic 函数等形式,将表示技术进步的关于时间的一次项 δ 设为 t 的其他形式。通过设定某些形式的可变生产弹性,要素间替代弹性也会随时间发生变化,即意味着存在非中性的技术进步。对于大量的 C-D 生产函数扩展形式,本文限于篇幅仅举一例^[3]。

$$Y = e^{\delta_0 + \delta_1 t + \delta_2 t^2} K^{\beta_{10} + \beta_{11} t + \beta_{12} t^2} L^{\beta_{20} + \beta_{21} t + \beta_{22} t^2} N^{\beta_{30} + \beta_{31} t + \beta_{32} t^2} e^{\mu} \quad (5)$$

C-D 生产函数的扩展形式使用起来虽然简单,但它仍然存在一些无法回避的问题,即可变产出弹性的形式选择具有较大的随意性,缺乏强有力的理论支撑。如果仅仅从数据拟合程度出发,在很多情况下,对同一组数据用不同弹性设定的 C-D 生产函数扩展形式进行回归,都能得到很好的结果,这就使得函数形式的选择难以令人信服。

(3)超越对数生产函数形式 一个好的生产函数应当符合以下标准:能够表示偏性技术进步;函数形式简单,易于估算。由 L. Christensen、D. Jorgenson 和 Lau^[4]提出的超越对数(Translog)生产函数就是符合上述标准的一种可行的函数设定。以下是一个测算农业技术进步率的 Translog 生产函数模型,其推导过程如下:

设抽象生产函数为 $Y = F(\ln X_1, \ln X_2, \ln X_3, \ln A)$, 其中 A 表示随时间变化的技术水平,设为 $A = e^{\delta}$, 方程两边取对数后,即 $\ln Y = \ln F(\ln X_1, \ln X_2, \ln X_3, \ln A)$, 在 $Y_0 = X_{10} = X_{20} = X_{30} = A_0 = 1$ 处做二阶泰勒展开,得

$$\begin{aligned} \ln Y = \ln Y_0 &+ \sum_i \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \Big|_{X_i=X_{i0}} \ln X_i + \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} \Big|_{A=A_0} \cdot \delta + \\ &\frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln X_j} \Big|_{X_i=X_{i0}, X_j=X_{j0}} \ln X_i \ln X_j + \\ &\sum_i \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln A} \Big|_{X_i=X_{i0}, A=A_0} \cdot \delta \ln X_i + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \ln F}{\partial A^2} \Big|_{A=A_0} \cdot \delta^2 t^2. \\ \text{令 } \alpha &= \ln Y_0, \alpha_i = \delta \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} \Big|_{A=A_0}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \delta \frac{\partial^2 \ln F}{\partial A^2} \Big|_{A=A_0}, \beta = \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \Big|_{X_i=X_{i0}}, \\ \beta_{Ai} &= \delta \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln A} \Big|_{X_i=X_{i0}, A=A_0}, \\ \beta_{ij} &= \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln X_j} \Big|_{X_i=X_{i0}, X_j=X_{j0}}, \text{其中 } i=1,2,3; j=1,2,3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln Y = \ln Y_0 &+ \sum_i \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \Big|_{X_i=X_{i0}} \ln X_i + \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} \Big|_{A=A_0} \cdot \delta + \\ &\frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln X_j} \Big|_{X_i=X_{i0}, X_j=X_{j0}} \ln X_i \ln X_j + \\ &\sum_i \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln A} \Big|_{X_i=X_{i0}, A=A_0} \cdot \delta \ln X_i + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \ln F}{\partial A^2} \Big|_{A=A_0} \cdot \delta^2 t^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{令 } \alpha &= \ln Y_0, \alpha_i = \delta \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} \Big|_{A=A_0}, \alpha = \delta \frac{\partial^2 \ln F}{\partial A^2} \Big|_{A=A_0}, \\ \beta &= \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \Big|_{X_i=X_{i0}}, \beta_{Ai} = \delta \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln A} \Big|_{X_i=X_{i0}, A=A_0}, \\ \beta_{ij} &= \frac{\partial^2 \ln F}{\partial \ln X_i \partial \ln X_j} \Big|_{X_i=X_{i0}, X_j=X_{j0}}. \text{其中, } i=1,2,3; j=1,2,3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln Y = \ln F(\ln X_i, t) &= (\alpha + \alpha_i t + \frac{1}{2} \alpha_i^2 t^2) + \\ &\sum_i (\beta + \beta_{Ai} t) \ln X_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j + u_0. \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)中, X_i 分别表示三种不同的生产要素, $\alpha, \beta, \beta_{Ai}, \beta_{ij}$ 为待估参数,且 $\beta_{ji} = \beta_{ij}$ 。由式(6)可看出, Translog 生产函数形式上采取简单的对数线性形式,大大简便了参数的估算。

在 Translog 生产函数中,技术进步率的计算公式为^①:

$$\dot{T}P = \frac{\partial \ln F(\ln X_i, t)}{\partial t} = (\alpha + \alpha_i t) + \sum_i \beta_{Ai} \ln X_i \quad (7)$$

式(7)表明,狭义技术进步率可以分解为用 $(\alpha + \alpha_i t)$ 表示的中性技术进步和对单个投入要素发挥作用的偏性技术进步 $\beta_{Ai} \ln X_i$ 之和。Translog 生产函数之所以能做到这点,是因为它是从一个抽象生产函数推导而来,在这个抽象函数中,随时间变化的技术被视为一种与各生产要素地位完全平等的投入集而进入函数关系。

在 Translog 生产函数中,要素 X_i 的产出弹性为

$$\varepsilon_i = \frac{\partial \ln F(\ln X_i, t)}{\partial \ln X_i} = (\beta + \beta_{Ai} t) + \sum_j \beta_{ij} \ln X_j, \quad (8)$$

① 这里测算的技术进步率和采用索洛余值法测算出的技术进步率有所区别,两者所依据的计算公式不同。概括来说,索洛余值法测算的是涵盖最广的广义技术进步率,而此处测算的则可称为狭义技术进步率。

式(8)表明,要素的产出弹性既具有随着(偏性)技术进步而变大的一般趋势^①,又与每种要素投入的增长有关。这表明在投入—产出的过程中,要素之间是相互影响的,这种影响可能是正的,也可能是负的(即 β_j 可正可负)。因此,要提高投入要素的利用价值或者说要使要素产出弹性尽可能大,则各种要素投入比例就必须适当,使 $\beta_j > 0$,且尽可能大。

此外,关于 Translog 函数还需强调两点:一是由 Translog 函数的推导过程可知,它实际上是抽象生产函数的二阶泰勒展开式,因而它可被看成是任何形式的生产函数的近似。例如,若 $\beta_j = 0$,Translog 函数退化为 C-D 函数扩展形式;如果继续退化,可得到 C-D 函数;若 $\beta_i = -1/2\beta_j$,函数退化为 CES 函数形式^②,也就是说,C-D 函数和 CES 函数是嵌套在 Translog 函数中的。二是由于采用 Translog 函数形式后,需要估计的参数太多,而实际研究工作中可用来做分析的时间序列(全国年度统计资料)往往太短,因此我们通常采用包含各年度分省数据的面板数据(panel data)。

1.4 广义技术进步率分解和超越对数随机前沿模型

索洛余值法是传统的农业技术进步率测算方法的理论基石,从理论上说,它所测算的技术进步率包含了除了要素投入增长外使总产出增长的一切因素,因而被称为广义技术进步率。形象地说,广义技术进步率就好比一个大的“杂物袋”,因此,进一步的研究就要求对广义技术进步率进行分解,以探究技术进步对经济增长的更为细节化的作用机制。

目前,国际生产率研究领域比较公认的一种分解方法是从“技术促进产出的途径”这一角度将广义技术进步分解为狭义技术进步、技术效率提高、规模报酬收益、资源配置效率提高 4 个部分。

所谓狭义技术进步,是指新时期生产技术的发明与革新抬高了生产前沿面(理论上的最高产出水平),它是广义技术进步经济贡献中最核心的部分,这一含义可抽象地用 $\partial \ln Y / \partial t$ 表示。技术效率这一概念的引入主要是基于现实中主客观因素的制约使得农业并非总能达到前沿面而出现技术效率缺失这

一现实。我们将最高产出水平作为单位 1,那么技术效率就可定义为实际产出水平与最高产出水平的比值。规模报酬不变则是新古典经济学关于生产函数的假设,实际中则可能存在规模报酬递减或递增的情形。提高资源配置效率是指在一定量的总要素投入水平下,通过对不同地域的品种投入量的优化配置,达到提高产出的目的。

前面我们已通过 Translog 函数测算出狭义技术进步率(以及要素弹性),另外三个部分的测算需要我们引入新的分析工具,这也是目前本研究领域的一些新进展。

(1)用随机前沿函数测算技术效率 为了度量最大产出与实际产出的差距,即技术效率,我们需要引入随机前沿(stochastic frontier)的概念,它是由 Aigner、Lovell、Schmidt 和 Meeusen、Van den Broeck 分别独立提出的。

随机前沿函数将误差项分为不可控(v)和技术效率(u)因素两部分,函数形式为:

$$Y_{kt} = f(X_{kt}, t; \beta) e^{v_{kt} - u_{kt}}, \quad (9)$$

其中, $u_{kt} > 0, t = 1, 2, \dots, T$ 。

两边取对数得:

$$\ln Y_{kt} = \ln f(X_{kt}, t; \beta) + v_{kt} - u_{kt} \quad (10)$$

式(9)中: $f(X_{kt}, t; \beta)$ 、 Y_{kt} 、 X_{kt} 分别表示第 k 省第 t 年能够达到的最大产出函数,以及实际产出和所有解释变量,它们构成了一组面板数据; t 是时间趋势项,作为技术进步的代理变量; β 代表所有待定系数;不可控的随机误差项 v_{kt} 被假定服从正态分布 $v_k \sim N(0, \sigma_v^2)$,并且与技术效率误差项 u_{kt} 相互独立。

关于技术效率误差项 u_{kt} 的概率分布,早期的研究主要基于 Battese 和 Coelli^[5]的工作(以下简称 B & C 模型)。他们假设 u_{kt} 在横截面上服从非负截断正态分布(non-negative truncations of the normal distribution),即

$$u_{kt} \sim |N(u_k, \sigma_u^2)|, k = 1, 2, \dots, 31, \quad (11)$$

而在时间序列上则以一递减速率递增(increase at a

① 由上文知,如果存在偏性技术进步,则 $\beta_i > 0$ 。

② 对式(6)做原假设为 $H_0: \beta_j = 0 (i, j = 1, 2, 3)$ 的联合 F 检验,如果接受原假设,则表明生产函数为 C-D 扩展型;同理,对式(6)做原假设为 $H_0: \beta_i + \frac{1}{2}\beta_j = 0$ 的 Wald 检验,即可判断生产函数是否为 CES 型。

③ 即第 t 年技术效率误差项 u_k 的概率密度函数为 $f(u_t) = \frac{1}{\sigma_u \sqrt{2\pi} [1 - \Phi(-\mu_t/\sigma_u)]} e^{-\frac{(u_t - \mu_t)^2}{2\sigma_u^2}}$, 其中, $\phi(\cdot)$ 为标准正态分布密度函数,也有学者简单地假设为服从半正态分布,即 $\mu_t = 0$ 。

decreasing rate with time-varying), 代表技术效率随着时间推移单调上升:

$$u_{kt} = u_{kT} e^{-\eta(t-T)}, \quad (12)$$

其中, $\eta > 0, t = 1, 2, \dots, T$ 。

记第 k 省第 t 年总误差项为 $E_{kt} = \ln Y_{kt} - f(X_{kt}, t; \beta) = v_{kt} - u_{kt}$, 由于随机误差项 v_{kt} 与技术效率误差项 u_{kt} 相互独立, 故第 T 年总误差项 E_{kt} 的方差 $\sigma_{E_{kT}}^2 = \sigma_v^2 + \sigma_{u_{kT}}^2$, 定义 $\gamma = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_{E_{kT}}^2}$, 它反映技术无效率项对实际产出偏离的相对重要程度。 γ 越大, 考虑技术效率因素的必要性就越强。显然, 知道 $\sigma_{E_{kT}}$ 和 γ 与知道 σ_v^2 和 $\sigma_{u_{kT}}^2$ 是等价互推的。又由式(12)可知, 只要知道 μ_{kT} 、 $\sigma_{u_{kT}}^2$ 和 η , 就可以推出所有的 u_{kt} 和 $\sigma_{u_{kt}}^2$, 所以误差部分需要估计的系数只有 u_{kt} 、 η 、 $\sigma_{E_{kT}}^2$ 、 γ (或 σ_v^2 、 $\sigma_{u_{kT}}^2$)。通过对误差项设定的讨论可看出, 随机前沿函数的待估参数 (β 、 u_{kt} 、 η 、 $\sigma_{E_{kT}}^2$ 、 γ) 无法通过最小二乘法来估算, 而要用极大似然法^①来估算。

由技术效率的定义可知:

$$TE_{kt} = e^{-u_{kt}} = E(e^{-u_{kt}} | E_{kt}), \quad (13)$$

其中, $E_{kt} = (E_{k1}, E_{k2}, \dots, E_{kT})$ 。技术效率变化率计算公式为:

$$\dot{TE}_{kt} = -\frac{\partial u_{kt}}{\partial t}. \quad (14)$$

以上是基于 B & C 模型的技术效率及其变化率的计算原理, 其具体计算过程可以通过专门的随机前沿统计软件 Frontier 来实现。

在 B & C 模型中, 技术效率被假定随时间的变化单调递增, 然而现实中技术效率的变化受各种主客观因素的影响, 一般具有较大的波动性。此外, 随机误差项特别是截面技术无效率项同方差的假定, 也与现实有较大差距。王泓仁^[6]提出了一个技术效率非单调和误差项异方差的随机前沿模型。该模型与 B & C 模型的区别在于前者引入了由外生变量组成的向量组 Z_{kt} 来解释 u_{kt} 、 $\sigma_{u_{kt}}^2$, 并假设: $\mu_{kt} = Z_{kt}\phi$, $\sigma_{u_{kt}}^2 = e^{Z_{kt}\theta}$ 。其中, ϕ 、 θ 为待定参数向量。与 B & C 模型相类似, 应用极大似然法可对参数 β 、 ϕ 、 θ 、 σ_v^2 进行估计。通过以上讨论可看出, 使用该模型的关键在于如何选取合适的解释农业技术效率变动的外生变量。

(2) 用 Kumbhakar 公式分解广义技术进步率
为了对广义技术进步率进行完全分解, 还需引入 Divisia 全要素生产率指数公式, 其形式为^[7]:

$$TFP = d \ln Y / dt - \sum S_i \cdot (d \ln X_i / dt), \quad (15)$$

其中, $S_i = \frac{\omega X_i}{\sum \omega X}$, ω 为第 i 种要素的价格。

比较式(2)和式(15), 可看出 Divisia 公式所定义的技术进步率和索洛余值公式定义的广义技术进步率的含义十分类似, 即只要总产出的变化率与总要素投入的变化率不相同, 就会发生全要素生产率的变动。两者的区别则在于, 它们分别采用了要素价值份额与要素弹性作为各要素投入增长率的加权重。

根据上节超越对数随机前沿函数中技术效率的定义, 有

$$\ln Y = \ln F(\ln X_i, t; \beta) - u \quad (u > 0). \quad (16)$$

对两边关于时间 t 求导数, 得

$$\begin{aligned} \frac{d \ln Y}{dt} &= \frac{\partial \ln F}{\partial t} + \sum \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \frac{d \ln X_i}{dt} - \frac{\partial u}{\partial t} \\ &= \dot{T}P + \sum \varepsilon_i \frac{d \ln X_i}{dt} + \dot{T}E, \end{aligned}$$

将式(15)代入, 得

$$\begin{aligned} TFP &= \dot{T}P + \sum (\varepsilon_i - S_i) \frac{d \ln X_i}{dt} + \dot{T}E \\ &= \dot{T}P + (\varepsilon - 1) \sum \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{d \ln X_i}{dt} + \sum (\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} - S_i) \frac{d \ln X_i}{dt} + \dot{T}E. \end{aligned} \quad (17)$$

式(17)就是 Kumbhakar 全要素生产率分解公式, 其中 $\varepsilon = \sum \varepsilon_i$ 为规模报酬指数。根据 ε 与 1 的大小, 农业产出情况分规模报酬递增、不变和递减。等式右边的第二项表示规模报酬收益率, 它等于投入要素增长率以标准化弹性 (即弹性份额) 为权重的加权平均中规模报酬递增的部分。显然, 如果规模报酬不变, 则规模报酬收益率恒为零; 如果规模报酬递增, 则增加投入要素可获得整顿正的规模报酬收益率; 如果规模报酬递减, 则减少投入要素可获得整顿正的规模报酬收益率。

等式右边的第三项为资源 (生产要素) 配置效率变化率。它采用要素投入增长率以标准化弹性与支出份额之差为权重的加权平均来度量, 其经济解释如下: 如果一种要素的标准化弹性大于该要素支出占总支出的份额, 那么反过来, 必然存在另一种要素的标准化弹性小于其支出份额。那么我们应当增加产出弹性大于支出份额的要素投入, 减少产出弹性

① 该方法的具体推导过程见参考文献[5]。

小于支出份额的要素投入,以在总支出不变的情况下获得更大的产出。然而,由产出弹性公式 $\sigma_{ikt} = e^{z_{ikt}\theta}$ 可知,产出弹性会受到各种要素投入变化的影响,即要素之间的比例(它通过要素投入之间增长率的不同来调节)要适当,否则弹性最终会随着该要素投入的增加和其他要素投入的减少而减少。在这种机制下,只有 $\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} = s_i$ 时,才会达到资源规模配置效率的最优。而在规模配置最优处之外,各种要素投入的变化总会提高或降低资源配置效率,它也属于广义技术进步(全要素生产率变动)的范畴。

测算资源配置效率时需要使用价格数据,如果要素价格数据无法获得,我们可简单地假设这部分的变化率为零,得到简化的 Kumbhakar 分解公式:

$$TFP = TP + (\varepsilon - 1) \sum \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{d \ln X_i}{dt} + TE. \quad (18)$$

2 测算技术进步率的非参数方法

2.1 非参数方法

非参数方法就是用全要素生产率指数公式对全要素增长率(技术进步率)进行核算。早期提出的各种指数如 Laspeyres 指数、Passche 指数、Fisher 指数、Divisia 指数、Tornqvist 指数等由于都需要要素价格数据,实际操作起来十分困难,因而应用并不广泛。Caves 提出的 Malquist 指数通过距离函数的概念来度量实际产出与抽象生产前沿面的差距,可避免使用价格数据。后来,Rolf Fare 提出了数据包络分析(Data Envelopment Analysis,DEA)方法的模型,才使得 Malquist 指数计算不依赖于特定的距离函数,非参数方法才真正被应用起来。应用 Malquist 指数法,可将全要素增长率分为狭义技术进步率、技术效率变化率和规模报酬收益率三部分。此外,还有学者^[8]在 Malquist 指数的基础上,对其进行改进和扩展,用 HMB(以 Hicks,Mooresteen 和 Bjurek 三人首字母命名)指数度量全要素生产率,并将全要素增长率分为狭义技术进步率、技术效率变化率、规模报酬收益率和混合效应四部分。

2.2 非参数方法与参数方法比较

非参数方法的应用基于 Malquist 指数、一般形式的距离函数和 DEA 方法,它们都是纯粹的应用数学,这也决定了它的优点和缺点:优点是客观,缺点是呆板。此外,DEA 方法的稳定性较差,因为它对每个生产单元进行效率分析时,都要进行一次数学规划以得到一个生产前沿面,被估单元的有效性

是相对其邻近少数几个有效单元构成的前沿边界而言的,因而对单个单元的数据误差非常敏感。此外,非参数方法本质上是一种核算方法,它只提供指标数值,无法进行统计检验。政策分析方面主要只是围绕指标做一些分析。

比较而言,超越对数随机前沿方法函数形式符合经济学理论的设定,可根据理论和现实的需要设置虚拟和代理变量,从而做出准确的经济解释。而且,生产函数是有关投入产出的具体数学形式,可做假设检验,也便于做出控制和预测(给出置信区间)。从估计方法上看,参数方法是对全部生产单元的理论前沿点进行极大似然估计,得到惟一的前沿函数,可以避免受到个别单元的数据误差的较大影响,具有较好的稳定性。

因此,随着经济学理论和计量经济技术的发展,生产函数的参数方法将日益成为技术进步和生产率分析领域的主流分析方法。

3 技术进步率测算的注意事项

1)要从理论上搞清重要概念的内涵。如广义技术进步率、全要素生产率、全要素增长率、狭义技术进步率、技术效率、规模报酬收益率、资源配置收益率等,它们具体是如何定义的,如何对其从数学上定量表述,以及它们之间的关系如何,都是研究工作中需要注意的问题。

2)函数形式的设定要符合经济学理论和现实状况,如弹性可变、含偏性技术进步以及技术效率误差项概率分布的假设等。

3)在实际研究工作中,往往会出现一些对当期技术进步有重要影响的因素,如制度、某项农业政策或技术发明等。这时,除对广义技术进步进行四部分分解外,我们可加入代表这些影响因素的虚拟变量或代理变量,通过参数估计测算其对广义技术进步的份额。

参考文献

- [1] 朱希刚. 农业技术经济分析方法及应用[M]. 北京:中国农业出版社,1997:158-163.
- [2] 朱希刚. 农业技术进步及其“七五”期间内贡献份额的测算分析[J]. 农业技术经济,1994(2):2-10.
- [3] 赵芝俊,张社梅. 近20中国农业技术进步贡献率变动趋势[J]. 中国农村经济,2006(3):4-12.
- [4] CHRISTENSEN L R, JORGENSON D W, LAU L J. Transcendental logarithmic production frontiers[J]. The review of Economics and Statistics,1973(4):28-45.

- [5] BATTESE G, COELLI T. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India[J]. The Journal of Productivity Analysis, 1992(3): 153-169.
- [6] WANG H J. Heteroscedasticity and non-monotonic efficiency effects of a stochastic frontier model[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002(18): 241-253.
- [7] KUMBHAKAR S C, LOVELL C A. Stochastic Frontier Analysis[M]. Cambridge University Press, 2000.
- [8] 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[J]. 数量经济技术经济研究, 2006(5): 11-18.

Estimation Methods on Contribution Rate of Technical Progress in Agricultural Production: Review and Remark

Yuan Kaizhi¹, Zhao Zhijun¹, Zhang Shemei²

(1. Institute of Agricultural Economics and Development, The Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China;

2. Institute of Agricultural Economics and Information, Zhejiang Academy of Agriculture Sciences, Hangzhou 310016, China)

Abstract: Reviewing estimation methods on contribution rate of technical progress (CRTP) in agricultural production including various parameter and no-parameter methods, this paper discusses their advantages and shortcomings, introduces research advances and development trend and points out some problems noticed in the process of estimating the CRTP agricultural production.

Key words: contribution rate of technical progress; parameter method; no-parameter method; decomposition of CRTP

(上接第 52 页)

The Objective Choice of City Public Utilities Regulation under Bi-monopoly

Xiu Guoying, Yu Bo

(School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: City public utilities are usually natural monopoly industries. However, they still show strong character of administrative monopoly in the process of the transition from planned economy to market economy in China. There are differences in the regulation reform of city public utilities between China and western countries because natural monopoly and administrative monopoly co-exist in China. Therefore, these two monopolies should be differentiated and different reform aims should be established. This paper explains the character of natural monopoly of city public utilities in China, analyzes reasons and representations of administrative monopoly of city public utilities and brings forward some suggestions on the objective choices of city public utilities regulation under bi-monopoly.

Key words: bi-monopoly; public utility; regulation; reform