

投入要素与生产率对中国农业增长的贡献研究

龚斌磊

(浙江大学中国农村发展研究院 杭州 310058)

内容提要: 本文利用刀切模型平均法,综合考虑 5 种生产率分析模型,并根据各模型解释能力赋予不同权重,旨在得到更全面而准确的估计;在此基础上,本文利用增长核算表解析了 1990—2015 年中国农业增长的内部结构。结果显示,中国农业增长中投入要素的贡献率已经减弱,其中,劳动力和土地的贡献率低于化肥和农机;而生产率的贡献率却在增强,其中,技术贡献率日趋提高,特别是效率还有提升空间。本文研究表明,推进供给侧改革、实现农业持续增长,前提是需要保证投入要素的稳定供给,重点是要促进农业效率的不断提高,而长期动力应该是增加农业科研的持续投资。

关键词: 中国农业; 增长贡献率; 生产率分析; 随机前沿模型; 模型平均方法

DOI:10.13246/j.cnki.jae.2018.06.001

一、引言

在农业供给侧改革的政策背景下,准确度量中国农业增长中各类因素的真实贡献,对优化资源配置、乃至深化农业改革都具有重要的现实意义和政策参考价值。目前,中国农业增长的研究焦点是生产率的变化情况。自 1978 年农村改革以来,中国农业* 总产值的实际增长率从 2.5%(1949—1977 年)提高到 5.7%(1978—2015 年)**。产出的增长主要归因于生产要素投入的增加和农业生产率的提高(吴方卫,2000)。但是,学术界对 90 年代中期以来中国农业增长趋势一直存在争议(Pratt 等,2008; Chen 等,2008; Wang 等,2013),不同生产率模型的应用是主要原因之一。尚不统一的研究结论势必给政策制定者做出准确判断、乃至设计权衡政策措施带来困难。鉴于此,本文将利用 1990—2015 年中国省级农业投入产出数据,摒弃现有研究依赖单一模型的定式,使用刀切模型平均法综合考虑 5 种经典生产率分析模型,以期明晰近 20 年中国农业增长中各投入要素和生产率的贡献大小,为政策制定提供更信服的学术依据。

改革开放初期,以家庭联产承包责任制改革为代表的一系列农村改革获得成功,1978—1984 年农业总产值实际增长率达到 6.1%。许多学者(Mcmillan 等,1989; Wen,1993; Lin,1995; Fan 等,2002)均肯定了这一阶段中国农业的高速发展和农村改革的巨大贡献。例如,Lin(1992)利用传统生产函数和随机前沿分析法发现,该阶段我国农作物总产出增长超过 42%,而这其中从生产队体制向家庭联产承包责任制的体制转变导致生产率提高就贡献了约一半。从 1985 年开始,由于生产成本迅速上升

* 如未具体说明,本文中农业泛指第一产业,包括种植业、林业、畜牧业、渔业,简称农林牧渔业

** 本文提到的农业总产值实际增长率由农业总产值和农产品生产价格指数计算得出,数据来自国家统计局(<http://data.stats.gov.cn>)

(Fan 等,2002) 和农村政策在双轨间的反复(Brümmer 等,2006),农业增长势头明显放缓,1985—1989 年农业总产值实际增长率为 1.3%。Carter 等(2001) 认为农业产出增长停滞主要是因为生产率增长的放缓,农业生产率的增幅从前一阶段的年均 8.1% 下降到这一阶段的 2.4%。究其原因,一方面是第一阶段改革红利的消失(Mcmillan 等,1989; Fan,1991; Lin,1992; Fan 等,2004),另一方面是市场自由化方面的政策失误(Sicular,1995; Huang,1998)。20 世纪 90 年代前期的第三阶段,政府总结了第二阶段的经验教训,更多地发挥市场作用,农业生产率得到了一定程度的恢复。总体而言,学术界对以上 3 个阶段中国农业发展和农业生产率变化情况有较一致的判断。

然而,不同专家对 90 年代中期之后中国农业生产率变化情况的判断出现严重分歧。一方面,Pratt 等(2008) 利用数据包络分析(DEA) 计算 1967—2003 年中国农业全要素生产率; Wang 等(2013) 使用 Tornquist-Theil(TT) 指数模型分析 1985—2007 年中国 25 省的全要素生产率。上述学者认为,中国农业生产率的增速在 90 年代后期持续提高,到 2000 年才开始放缓。另一方面,Brümmer 等(2006) 利用随机前沿分析(SFA) 测算 1986—2000 年中国农业生产率; Chen 等(2008) 根据 Sequential DEA 法计算中国 29 个省份 1990—2003 年的农业生产率; Zhou 等(2013) 则使用 DEA-Malmquist 方法对 1985—2010 年中国农业生产率进行估计。这些学者认为中国农业生产率的增速在 90 年代后期已经放缓,但从 2000 年后又有所恢复。

由此可见,准确估计农业生产率,是测算农业增长中各要素贡献率的前提条件。在早期模型比较单一时,学术界对中国农业生产率研究的结论较统一。随着不同生产率模型的诞生和应用,不同学者对近 20 年中国农业生产率变化情况存在严重分歧。虽然这些研究在样本和变量选择上略有不同,但最大区别在于模型选择,不同生产率模型直接导致不同结论。现有研究在选择模型时缺乏定量检验,并且均依赖某一种模型测算农业生产率。但在现实中,农业生产过程极为复杂,单个模型很难准确解释投入产出关系。本文使用 5 种经典生产率模型和刀切模型平均法,根据各模型解释数据能力赋予相应权重,从而对生产函数和农业生产率^①进行全面准确的估计,进而利用增长核算表量化和分析“八五”到“十二五”期间投入要素和生产率对我国农业增长的贡献率。本文期望能够弥补现有研究不足,并得到更加令人信服的研究结论,为政策制定者提供学术参考。

二、文献综述

改革开放以后,中国农业增长迅速,越来越多的学者开始研究中国农业生产率(冯海发,1990; 朱喜等,2011; 李谷成等,2014; 徐建国等,2016; Gong,2018)^②。Lin(1992) 讨论了前两个阶段中的价格、体制和市场 3 个方面的改革。他采用了传统的生产函数和随机前沿函数来评价农村政策,并衡量了这些政策对中国农业增长的贡献情况。通过利用省级面板数据,他发现第一个改革阶段中有 47% 的产出增长是由于家庭联产承包责任制的实施。而家庭联产承包责任制的重要性和农业改革第一阶段的成果也被诸多文献(Mcmillan 等,1989; Fan 等,2002; Wen,1993; Fan 等,2004) 所肯定。

正如引言部分所提到的,大多数学者认为中国农业在经历快速增长后,在第二阶段显著放缓,并将农业增长停滞的原因归结于农业生产率增速的减缓。例如,根据 Carter 等(2001) 计算,第一阶段中国农业生产率的年均增长率为 8.1%,而在第二阶段下降到 2.4%。对中国农村改革第二阶段的研究,焦点是生产率增长放缓的原因。部分学者认为(Mcmillan 等,1989; Fan,1991; Lin,1992; Fan 等,

^① 本文计算的生产率,是全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)。与单要素生产率相比,全要素生产率可以更好地反映生产率综合水平(陈卫平,2006),因此在近年的各类经济研究中被广泛使用(郭庆旺等,2005; 李玉红等,2008; 王兵等,2010; 余淼杰,2010; Gong 等,2016)

^② 还有一些学者研究和比较中国农业部门和工业部门的生产率情况,例如胡永泰(1998) 和袁志刚等(2011)

2004), 第一阶段改革对生产率增长只有一次性的推动作用, 这种红利必然随时间的推移而消失。其他学者则认为(Sicular, 1995; Huang, 1998), 政府在市场化方面的政策失误, 才是第二阶段生产率增长停滞的主因。

新一轮的学术研究重点关注了 20 世纪 90 年代和 21 世纪初中国农业生产率的生长情况。这些研究人员发现, 90 年代初期(即农村改革的第三阶段) 中国农业生产增长速度回升, 大大好于第二个阶段。但学术界就 90 年代中期以来我国农业增长的变化情况存在争议。一些学者认为(Pratt 等, 2008; Dekle and Vandenbroucke, 2010; Wang 等, 2013), 中国农业生产率的增速在 90 年代后期持续提高, 到 21 世纪初开始放缓。另一些学者(Chen, 2006; Chen 等, 2008; Tong 等, 2009; Zhou 等, 2013) 则认为中国农业生产率的增速在 90 年代后期已经放缓, 但从 21 世纪初出现反弹趋势。

在生产率分析的理论模型使用方面, Wu(2011) 调查了 20 世纪 90 年代以来, 研究中国全要素生产率的 74 篇文献。他发现, 传统生产函数(Conventional Production Function, CPF)、随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis, SFA) 和数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA) 分别被使用了 39 次、22 次和 15 次, 是应用最广泛的 3 种方法。早期的研究(Mcmillan 等, 1989; Lin, 1992; Fan 等, 1997) 主要使用 CPF 来估计生产率。近期的研究则更多地采用 SFA(Wu, 1995; Carter 等, 2001; Brümmer 等, 2006; 石慧等, 2008; 李桦等, 2011) 和 DEA(Mao 等, 1997; 江激宇等, 2005; 赵蕾等, 2007; 王珏等, 2010; Liu 等, 2015), 将全要素生产率(TFP) 分解为技术(Technological Progress) 和效率(Technical Efficiency)。CPF 是对平均生产函数进行估计, 而 SFA 和 DEA 方法则是对代表各阶段最高生产率的生产前沿(Production Frontier) 进行估计。生产前沿随时间的变化显示生产技术的变化, 表现为生产前沿的纵向移动。每个生产单位的实际投入产出情况和生产前沿之间的垂直距离代表该单位的技术效率, 距离越远, 代表该单位的效率越低。与 CPF 相似, SFA 假设生产前沿服从一定的函数形式, 如柯布-道格拉斯(Cobb Douglas) 或超越对数(Translog) 等, 并通过一个随机项来控制一些生产过程中的不确定因素。DEA 是一个线性规划模型, 不需要对生产前沿的函数形式进行假设, 但该方法没有随机项来控制生产过程中的不确定因素。

综上所述, 已有文献对前 3 个改革阶段的生产率变化情况有较一致的观点和结论, 但随着中国经济的腾飞, 传统的生产率模型难以准确反映如今的投入产出关系, 而各类较新模型尚未得出一致的结论, 因此造成重大分歧。本文将主要采用随机前沿模型。一方面, 与 CPF 相比, SFA 能进一步对全要素生产率进行分解。另一方面, 与 DEA 模型相比, SFA 通过一个随机项来控制一些生产过程中的不确定因素, 这在分析农业这个存在众多不确定因素影响的产业时至关重要。此外, 本文的增长核算表需要投入要素的弹性系数, 这是 DEA 模型无法获得的。因此, 本文选择随机前沿方法(SFA) 来研究中国农业生产率。

然而, 随机前沿分析方法发展至今出现了许多不同的模型^{*}。为了解决已有文献中的分歧, 笔者需要根据数据, 对众多随机前沿分析模型进行选择。当面对多个候选模型时, 模型选择法(Model Selection Method) 通过特定标准来选择最优的一个模型。所有的研究结果仅依靠一个模型的估计值, 容易增加预测的误差和风险。此外, 不同模型都可能在一定程度上解释投入产出关系, 当不同标准选择不同模型时, 模型选择法很难做出选择。模型平均法(Model Averaging Method) 则可以综合考虑多个模型, 并按照一定标准赋予不同模型相应的权重。模型选择法是模型平均法的特殊形式(只赋予 0 或 1 的权重)。因此, 本文将利用模型平均法, 旨在降低模型选择法的风险并获得更加稳定和可靠的估值。

* 具体的模型将在第四部分重点介绍

三、数据来源与描述统计

本文主要使用 1990—2015 年中国大陆 31 个省份的农业投入和产出数据。农业投入和产出变量选取均遵照已有文献(Kalirajan,1996; Chen,2006; 王珏等,2010; Zhou 等,2013; Gong,2018)。农业产出变量是以 1980 年不变价格计算的农业总产值。农业投入变量包括劳动、土地、化肥和农机,其中,劳动投入以乡村农林牧渔业从业人员数计算,土地投入以农作物总播种面积计算,化肥投入以农用化肥施用折纯量计算,农机投入以农业机械总动力计算。大部分数据来自历年的《中国统计年鉴》,部分需要补充的数据(例如 2013—2015 年的劳动投入)和需要调整的数据(例如重庆和海南的早年数据)来自《新中国 60 年统计资料汇编》和各省历年的统计年鉴。

关于农业投入要素的选择,部分学者把劳动力、土地之外的其他各种生产要素加总成为一种生产要素——资本或者中间投入。然而,其主要数据来源于《全国农产品成本收益资料汇编》,数据缺失值较多,主要估算方法永续盘存法则对投资额和折旧率的数据和假设要求过严,无法准确实现,且计量结果不显著(石慧等,2008)。此外,该方法无法测算不同中间投入对农业增长的贡献率。因此,本文对中间投入进行分解,主要包括化肥、农机、农药、能源、种子等。1990—2015 年,农药和能源数据缺失值较多,而种子的数据无法取得,且后者与播种面积存在极强相关性。综上,本文除包括劳动力和土地外,还包括化肥和农机两类最重要的中间投入。这 4 类要素也是国内外关于中国农业生产率研究中应用最多的 4 种投入要素(Kalirajan,1996; Chen,2006; 王珏等,2010; Zhou 等,2013)。

如表 1 所示,以 1980 年不变价格计算的农业总产值过去 25 年持续增长,均值从 1990 年的 118 亿元提高到 2015 年的 483 亿元。劳动投入加速下降,均值从 1990 年的 1088 万人降低到 2015 年的 875 万人,表明农业劳动力向第二三产和城市转移(龚斌磊等,2010)。土地投入稳步上升,均值从 1990 年的 479 万公顷增加到 2015 年的 537 万公顷。化肥和农机投入在过去 25 年均呈现爆发式的增长。其中,化肥投入均值从 1990 年的 835 万吨增加到 2015 年的 1942 万吨,数量翻了一番;农机投入均值从 1990 年的 926 万千瓦增加到 2015 年的 3604 万吨,翻了两番。

表 1 变量的统计指标(均值)

年份	农业产出 (百亿元)	劳动投入 (百万人)	土地投入 (百万公顷)	化肥投入 (百万吨)	农机投入 (百万千瓦)
1990 年	1.18	10.88	4.79	8.35	9.26
2000 年	2.58	10.74	5.04	13.38	16.96
2010 年	3.92	9.19	5.18	17.94	29.93
2015 年	4.83	8.75	5.37	19.42	36.04

四、模型构建

本部分首先介绍随机前沿模型的发展和种类,特别是本文使用的 5 种主流随机前沿分析模型,然后利用模型平均法给予各模型相应的权重,从而将多个模型合并,共同分析投入产出关系,最后使用增长核算表,量化投入要素和生产率对农业增长的贡献率。

(一) 随机前沿分析模型

随机前沿生产函数模型是由不同的学者(Aigner 等,1977; Meeusen 等,1977) 在同一时期分别建立的生产率模型,它由确定性生产前沿函数加上对称随机误差变量组成。

$$y_i = x_i \beta + v_i - u_i, i = 1, \dots, N \quad (1)$$

其中, y_i 是公司 i 的产出, x_i 是表示投入要素的向量, 这两组变量均为对数形式。 v_i 是误差项, u_i 是一个非负的随机变量, 代表技术效率缺失情况。

20 世纪 80 年代初的随机前沿文献主要是对横截面数据的分析。通常假设 v_i 遵循一个独立于每个 u_i 的正态分布。而对 u_i 的分布有各种假定, 包括正态分布、半正态分布和伽马分布等。Schmidt 等 (1984) 首次实现随机前沿分析在面板数据上的使用。

$$y_{it} = \alpha + x_{it} \beta + v_{it} - u_i = \alpha_i + x_{it} \beta + v_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$$

面板数据处理中常见的固定效应或者随机效应等方法可以用来预测 α_i 。其他的预测方法可以参考 Cornwell 等 (1990)、Kumbhakar (1990)、Battese 等 (1992)、Lee 等 (1993) 和 Kneip 等 (2003)。本文将依次介绍固定效应模型、随机效应模型、Cornwell Schmidt Sickles (CSS) 模型和 Kneip Sickles Song (KSS) 模型。

在 (1) 式中, 尽管误差项 v_{it} 随时间变化, 但是技术效率缺失变量 u_i 对于每个个体都是固定的, 并不随时间而变化, 因此 $\alpha_i = \alpha + u_i$ 不随时间变化。在此条件下, 无论自变量间的相关性如何, 固定效应模型 (Fixed-Effect Model, FE) 都可以保证估计值的相合性, 并且 (1) 式中的个体效应和所有的参数都可以被点识别。而当技术效率缺失变量 u_i 与自变量不相关时, 随机效应模型 (Random-Effect Model, RE) 的估计值具有相合性。此时, 对技术效率缺失变量 u_i 的识别并不需要额外的正交条件 (Hausman 等, 1981)。Schmidt 等 (1984) 介绍了在随机前沿分析中使用固定效应和随机效应的方法。

然而, 技术效率缺失变量 u_i 可能随时间变化。效率较低的个体可以通过加强管理、优化生产工艺等方法提高效率、实现追赶。效率较高的个体也可能因为各种原因导致效率的下降。总之, 一个行业内的竞争情况极有可能随时间变化。因此, 可随个体和时间变化的 u_{it} 和 α_{it} 是更加合理的假设, 并成为 20 世纪 90 年代以来随机前沿模型理论研究的焦点。Cornwell, Schmidt 等 (1990) 假设个体效应是一个关于时间的一元二次方程, 即 $\alpha_{it} = \theta_{i1} + \theta_{i2}t + \theta_{i3}t^2$, 并引入了一种基于组内估计和一种基于广义最小二乘估计 (GLS Estimator) 的方法来预测生产函数 (生产前沿) 和生产率, 这两种方法分别被称为 CSSW 和 CSSG。此外, 其他学者也对 α_{it} 提出了不同的假设, 例如: $\alpha_{it} = \gamma(t) \alpha_i = [1 + \exp(bt + ct^2)]^{-1} \alpha_i$ (Kumbhakar, 1990) 和 $\alpha_{it} = \eta_{it} \alpha_i = \exp[-\eta(1-T)] \alpha_i$ (Battese 等, 1992; Gong, 2018)。

以上这些方法虽然允许随个体和时间变化的个体效应, 但生产前沿都必须满足特定函数形式 (投入产出关系), 错误的设定仍可能导致估计值的偏差, 这也是已有研究对 90 年代后期以来农业增长情况产生分歧的原因之一。半参数方法能够解决这一问题。例如, Kneip 等 (2012) 使用半参数方法 (称为 KSS), 假设 $\alpha_{it} = c_{i1}g_{1t} + c_{i2}g_{2t} + \dots + c_{iL}g_{Lt}$, 其中 $g_{1t}, \dots, g_{Lt}$ 是基函数 (basis function), 因此, 个体效应被表示成一系列关于时间的平滑函数 (smooth function) 的总和。与非参数方法比较, 这种半参的方法可以更快的收敛, 并且结果更容易做出经济学的解读。但是, 和参数方法相比, 该方法检验功效差, 并且计算工作量大。当参数方法的假设准确时, 参数方法更占优势。

(二) 模型平均方法

上文介绍了 FE、RE、CSSW、CSSG 和 KSS 5 种方法。已有文献往往选择某种特定的方法来估计中国农业的生产函数和生产率。然而, 由于假设的不同, 同样的数据经过不同模型的处理, 会得出不同的结果, 而不同模型中的假设很难被检验。因此, 在早期模型比较单一时, 学术界对中国农业生产率研究的结论较统一。随着不同模型的诞生和应用, 不同学者对近 20 年中国农业生产率变化情况的分歧巨大。

为了解决这种分歧, 本文需要基于数据, 对 FE、RE、CSSW、CSSG 和 KSS 5 种参数和半参的随机前沿方法进行选择。其中, 由于 FE 和 RE 的前提假设不同, 可以通过 HAUSMAN 检验选取其中的一种

方法。通过这一步骤,候选模型剩下 4 个。模型选择法可以通过一定的标准来选择其中最优的模型。常用的标准,包括赤池信息准则(Akaike Information Criterion) 和贝叶斯信息准则(Schwarz-Bayes Information Criterion) ,两者都是综合考虑拟合优度和模型简约度来选择最优模型,两种准则的区别主要是对拟合优度和模型简约度的权重设置不同。此外,还有一种新的聚焦信息准则(Focused Information Criterion) ,该准则只考虑焦点系数的估计准确度而不考虑整个模型的拟合优度。

然而,模型选择法也存在一定的缺陷。不同模型都可能在一定程度上解释投入产出的关系。如果数个候选模型在相同标准下的信息值非常接近,那么数据的细微变化都可能导致模型选择的不同。由于所有的研究结果仅依靠单个模型,模型选择法存在巨大风险,容易增加预测的误差。此外,当利用不同标准选择不同模型时,模型选择法很难做出选择。与此相反,模型平均方法(Model Averaging Method) 按照一定标准赋予不同模型不同的权重,从而能够综合考虑多个模型(Gong,2017) 。当数据出现细微变化时,模型选择法容易出现“差之毫厘,谬之千里”的情况,而模型平均方法只会出现“谬之毫厘”的情况,因为结果是一个渐变的过程。因此,本文将利用模型平均法,旨在降低模型选择法的风险并获得更加稳定和可靠的估值。

当数个候选模型在一定程度上都可以反映数据生成过程时,根据各模型解释数据能力的大小赋予不同权重,从而同时考虑多个模型的方法较合理(Gong,2018) 。模型选择法可以被看做一种特殊的模型平均法,即当某种模型的权重达到 100% 的情况。因此,模型平均法涵盖了模型选择法,当一种模型完全优于其他模型时,模型平均法将选择该模型并以此为基础得出结果。模型平均法主要分为贝叶斯模型平均法(Bayesian Model Averaging) 和频率模型平均法(Frequentist Model Averaging) 。早期的研究主要应用贝叶斯模型平均法,该方法需要给每个候选模型赋予先验概率,然后根据实际数据进行更新,最后用得到修正的后验概率作为权重。Hoeting 等(1999) 详细介绍了贝叶斯模型平均法的使用。

然而,贝叶斯模型平均法的先验概率是纯主观的估计,其准确性难以得到保证。频率模型平均法则不需要对概率进行事前假设,因此近年来该方法得到越来越多的应用。Buckland 等(1997) 通过赤池信息准则或贝叶斯信息准则等方法来计算权重。Leung 等(2006) 利用基于风险特征的最小二乘估计来设置权重。Hansen(2007) 利用马洛斯预测准则(Mallows Criterion) 来计算权重,该方法假设一系列同质方差的嵌套线性模型。

Hansen 等(2012) 构建了刀切模型平均法,可以应用到异质方差的非嵌套模型中去,从而放松了 Hansen(2007) 的假设,具有普遍应用性。刀切模型平均法使用弃一法交叉验证准则,当样本量趋近于无穷大时,具有渐进最优性,并且实现最小二乘估计。

对于每个候选模型 m ,本文先计算因变量的刀切拟合值 $\hat{y}^m = (\hat{y}_1^m, \dots, \hat{y}_n^m)$, 其中 $\hat{y}_i^m$ 是剔除第 i 个样本后因变量的拟合值。模型选择法的权重 w_m 是一组非负的、和为 1 的向量,其空间为 $\Omega_M = \{ w \in R^M: w_m \geq 0, \sum_{m=1}^M w_m = 1 \}$ 。刀切权重 $w^* = (w_1^*, \dots, w_M^*)$ 是在上述权重空间内,交叉验证准则下的最优权重。

$$w^* = \underset{w = \{w_1, \dots, w_M\} \in \Omega_M}{\operatorname{argmin}} CV_n(w) = \frac{1}{n} \hat{e}(w) \quad \hat{e}(w) = \frac{1}{n} \left(y - \sum_{m=1}^M w_m \hat{y}^m \right)' \left(y - \sum_{m=1}^M w_m \hat{y}^m \right)$$

其中, $\sum_{m=1}^M w_m \hat{y}^m$ 是刀切拟合值的加权平均数, $\hat{e}(w)$ 是加权平均残差。

确定权重 w^* 后,本文采用的模型是:

$$y_{it} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{f}_m(x_{it}) = \sum_{m=1}^M w_m^* (\hat{\alpha}_{it}^m + \hat{\beta}_{Lr}^m Lr_{it} + \hat{\beta}_{Ld}^m Ld_{it} + \hat{\beta}_{Fr}^m Fr_{it} + \hat{\beta}_{Kp}^m Kp_{it} + \hat{\nu}_{it}^m) = A_{it} + B_{Lr} Lr_{it} + B_{Ld} Ld_{it}$$

$$+ B_{Fr} Fr_{it} + B_{Kp} Kp_{it} + V_{it}$$

其中, $\hat{f}_m(x_{it})$ 是第 m 个模型的回归结果, w_m^* 是由刀切法得出的第 m 个模型的权重, Lx_{it} 是劳动投入, Ld_{it} 是土地投入, Fr_{it} 是化肥投入, Kp_{it} 是农机投入。 $\hat{\alpha}_{it}^m$ 、 $\hat{\beta}_{Lx}^m$ 、 $\hat{\beta}_{Ld}^m$ 、 $\hat{\beta}_{Fr}^m$ 、 $\hat{\beta}_{Kp}^m$ 、 $\hat{v}_{it}^m$ 分别是第 m 个模型估计的生产率、劳动弹性系数、土地弹性系数、化肥弹性系数、农机弹性系数和随机项。经过公式推导,得出本文最终模型的生产率、劳动弹性系数、土地弹性系数、化肥弹性系数、农机弹性系数和随机项分别是 $A_{it} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{\alpha}_{it}^m$ 、 $B_{Lx} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{\beta}_{Lx}^m$ 、 $B_{Ld} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{\beta}_{Ld}^m$ 、 $B_{Fr} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{\beta}_{Fr}^m$ 、 $B_{Kp} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{\beta}_{Kp}^m$ 和 $V_{it} = \sum_{m=1}^M w_m^* \hat{v}_{it}^m$, 即各项均为不同模型相应系数的加权平均值。

(三) 增长核算表

Lin(1992) 在估计生产函数后,通过构建增长核算表计算家庭联产承包责任制对中国农业增长的贡献率。本文采用该增长核算表,研究不同时期投入要素和生产率对中国农业增长贡献率的变化情况。

农业增长的贡献可以分为投入要素、生产率和残差 3 类,其中前两项最重要。投入要素贡献可以细分为各单项投入要素的贡献,是对应投入要素系数与投入要素数量变化的乘积,生产率贡献和残差贡献分别是生产率和残差的跨期变化情况,这 3 类贡献加总等于农业的跨期增长率。本文中,投入要素系数(B_{Lx} 、 B_{Ld} 、 B_{Fr} 和 B_{Kp})、生产率(A_{it}) 和残差(V_{it}) 都是通过刀切模型平均法得到的加权平均值。

五、结果与讨论

本文采纳赵蕾等(2007)和李谷成(2015)等文献中关于我国农业生产前沿服从规模收益不变的柯布-道格拉斯函数的假设,运用 MATLAB 统计软件,首先对 FE、RE、CSSW、CSSG 和 KSS 5 种随机前沿模型进行回归,然后通过 HAUSMAN 检验剔除 FE 或者 RE 模型,再利用刀切模型平均法计算剩余 4 个模型的权重,并以此得出加权随机前沿模型,最后分析中国农业增长、生产率和投入要素的变化情况。

(一) 前沿函数估计

表 2 是 FE、RE、CSSW、CSSG 和 KSS 5 种随机前沿模型的回归结果、HAUSMAN 检验和刀切模型权重。如表 2 所示,HAUSMAN 检验的结果是 20.787,对应的 p 值是 0.0003。因此,本文首先剔除随机效应模型。刀切模型平均法利用交叉验证准则得到的 FE、CSSW、CSSG 和 KSS 4 种模型的权重分别是 0.6842,0,0 和 0.3158。利用该权重,得出了加权的随机前沿函数,其中,劳动力弹性系数为 0.344,土地弹性系数为 0.389,化肥弹性系数为 0.173,农机弹性系数为 0.094。同时,还得到农业技术和各省效率的变化以及生产率情况。

(二) 技术变化情况

如图 1 所示,我国农业技术增长率在过去 25 年较平稳,始终保持在 3.5% 左右。一方面,农业技术增长最高峰出现在 1999 年,增速为 4.2%,2009 年和 2012 年的增速也相对较高,均达 3.9%。另一方面,最低值出现在 2011 年,增速为 2.7%,此外还有 4 个年份(1994 年、2000 年、2001 年和 2007) 的增长速度低于 3%。

(三) 效率变化情况

图 2 显示了各省 1990—2015 年的平均农业生产效率情况。上海、北京和海南占前三位,其效率值分别为 100%、89% 和 80%。此外,福建、辽宁、天津、广东、浙江和江苏 6 个省份的效率值也超过 50%。另一方面,有 6 个省份的效率值低于 30%,分别是山西、贵州、宁夏、甘肃、云南、陕西。由此可见,东部沿海地区的农业生产效率高于西部内陆地区。

表 2 五种随机前沿模型回归结果

项目	模型 1 FE	模型 2 RE	模型 3 CSSW	模型 4 CSSG	模型 5 KSS
劳动力	0.424 *** (0.046)	0.404 *** (0.044)	0.620 *** (0.057)	0.602 *** (0.005)	0.170 *** (0.024)
土地	0.329 *** (0.058)	0.311 *** (0.056)	0.274 *** (0.068)	0.213 *** (0.003)	0.519 *** (0.039)
化肥	0.176 *** (0.039)	0.209 *** (0.039)	-0.066 (0.052)	0.021 *** (0.008)	0.169 *** (0.028)
农机	0.071 ** (0.029)	0.076 *** (0.029)	0.172 *** (0.044)	0.164 *** (0.006)	0.142 *** (0.025)
时间	0.049 *** (0.002)	0.047 *** (0.002)	— —	— —	— —
样本数	806	806	806	806	806
平均效率	0.454	0.459	0.392	0.402	0.459
HAUSMAN 检验	20.787	—	—	—	
刀切模型权重	0.6842	—	0	0	0.3158

注: ***, **, * 分别代表在 1%、5%、10% 的水平上统计显著。下同

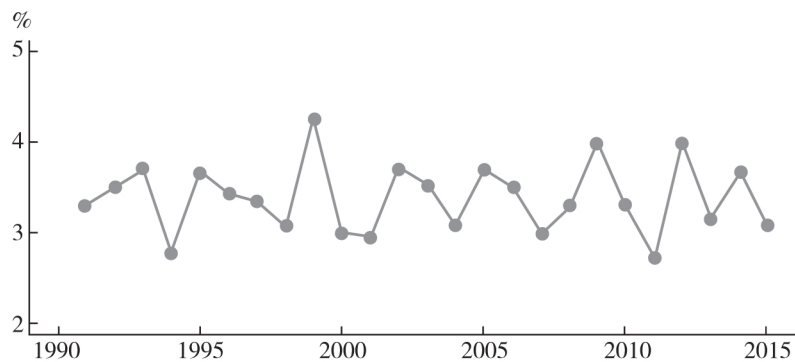


图 1 中国农业技术增长率的年度变化情况 (1991—2015 年)

图 3 从时间轴的角度分析中国农业生产效率的变化情况。如图 3 所示,中国农业生产效率在 90 年代初经历了一个显著下降的过程,从 1990 年的 48% 跌至 1995 年的 44%,并在之后的 5 年一直处于 45% 以下的低位。21 世纪开始,中国农业生产效率开始逐步提高,“十二五”期间(2011—2015 年)均保持在 48% 以上。

(四) 全要素生产率变化情况

图 4 在生产技术和生产效率的基础上,描述了 1991—2015 年中国农业全要素生产率的增长情况。如图所示,1991—1993 年生产率增速保持在 5% 左右,但是在 1994 年下降到 3%。此后,农业生

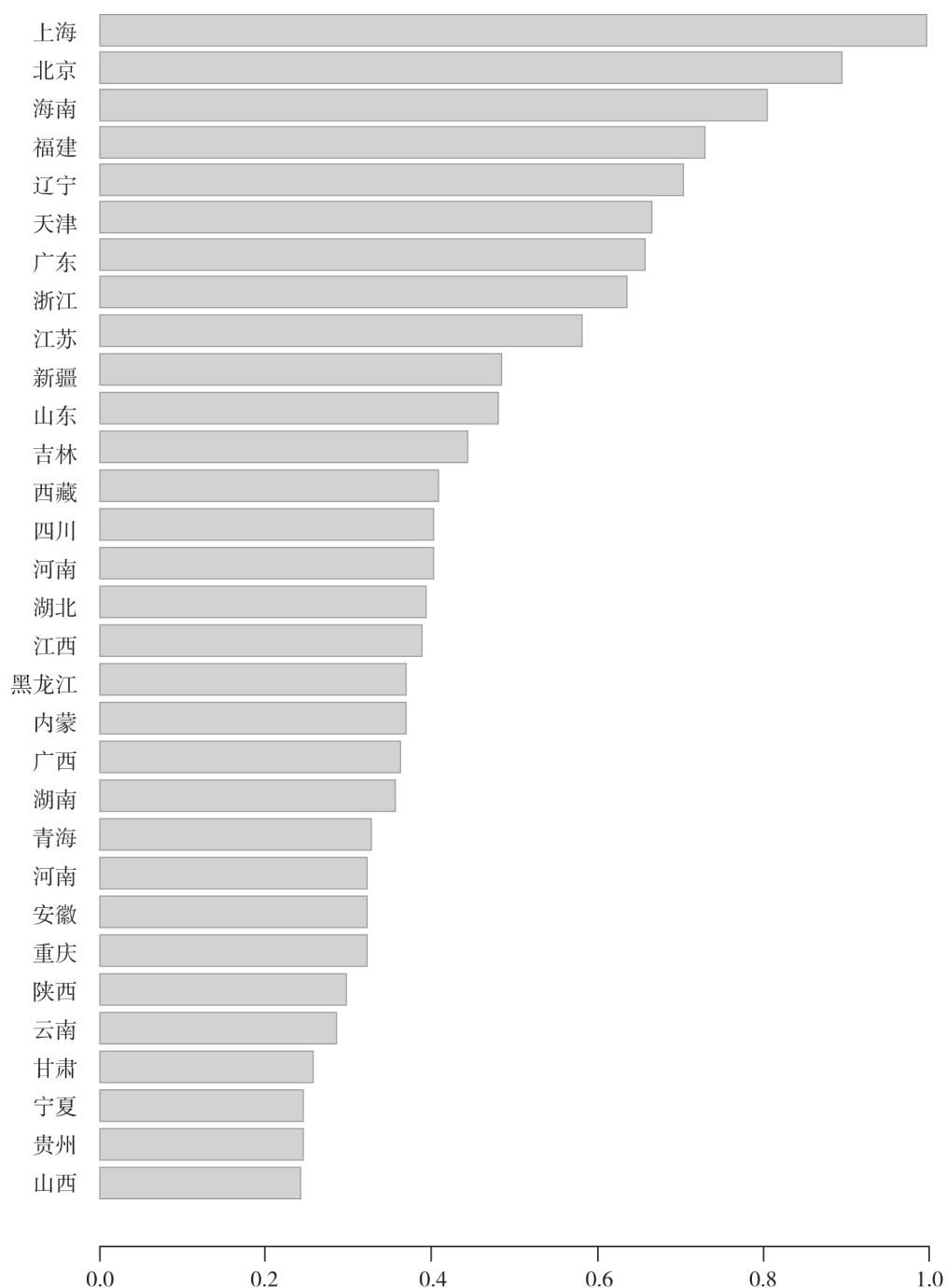


图 2 中国各省、自治区、直辖市的生产效率 (1990—2015 年)

产率实现“五连增”，到 1999 年达到 8% 的增长峰值。之后的 15 年，中国农业生产率保持较稳定的增长，年增速保持在 4% 左右。和 90 年代相比，2000 年以后的平均增速有所降低，但波动幅度较小，农业生产率变化较温和。

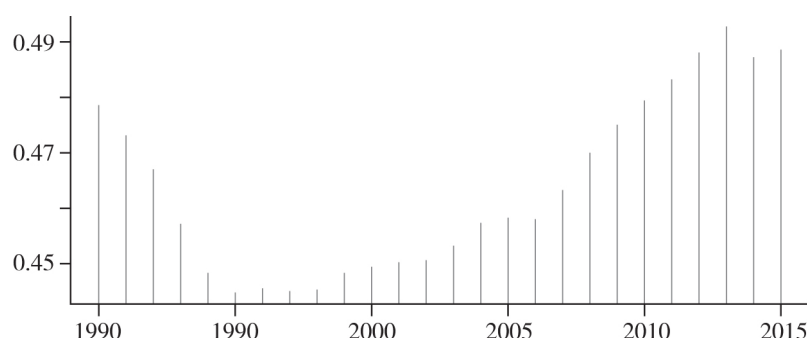


图3 中国平均生产效率的年度变化情况 (1990—2015 年)

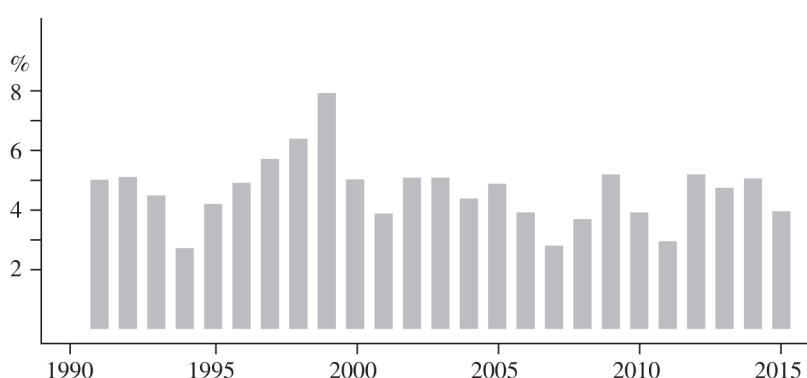


图4 中国全要素生产率的年度变化情况 (1991—2015 年)

(五) 农业经济增长的贡献分析

农业经济增长来源于投入要素、生产率和残差 3 个方面。其中投入要素贡献率可以细分为劳动力、土地、化肥和农机 4 项的贡献; 生产率贡献率可以细分为技术和效率两项贡献。表 3 是中国农业增长核算表, 给出了 1991—2015 年 5 个“五年计划”期间中国农业增长的变化情况以及各因素对增长的贡献和贡献率。

如表 3 所示, 5 个“五年计划”的农业增长率分别为 4.7%、10.2%、4.7%、3.3% 和 4.2%, 其中, “八五”、“十五”和“十二五”期间的增长率均稳定在 4%~5%, “九五”期间年均增速高达 10.2%, 而“十一五”期间年均增速降低到 3.3%。

投入要素方面, “八五”和“九五”期间投入要素为农业提供 1.3% 和 1.6% 的增速, 对农业增长的贡献率为 28% 和 16%, 其中, 化肥和农机的贡献较大, 劳动力和土地的贡献较小。“十五”期间投入要素仅为农业提供 0.2% 的增速, 对农业增长的贡献率仅为 4%, 其中化肥和农机仍保持较高的贡献率, 合计为农业提供 1% 的增速, 占总增长 4.7% 的两成以上, 但是农业劳动力和土地数量的减少, 制约农业增长, 两者分别为农业提供 -0.5% 和 -0.3% 的增速, 基本抵消了化肥和农机的贡献。“十一五”期间, 政府发现了土地问题, 通过“18 亿亩红线”等土地政策, 增加农业土地的利用, 土地为农业提供的增长从前一阶段的 -0.3% 提高到 0.2%, 在其他投入要素变化趋势不变的情况下, 这一阶段投入要素合计为农业提供的增长恢复到 0.8%, 贡献率为 24%。“十二五”期间, 投入要素合计为农业提供 0.6% 的增长, 贡献率为 14%, 和上一阶段相比, 土地、化肥和农机的增速都有所减缓, 但劳动力数量的萎缩速度有所放缓, 从而遏制了投入要素总体贡献率的进一步下降。从各投入要素来看: 劳动力对农

业增长的贡献基本为负,特别是 2001—2010 年,农业劳动力的萎缩明显减缓了中国农业的增长;土地的变化不大,在“十五”期间经历了下滑,但在 2006 年之后下滑的趋势得到遏制,到 2015 年基本恢复到 2000 年的水平;化肥和农机对农业增长一直保持显著且稳定的贡献,但在刚刚过去的“十二五”阶段有所降低,这是在“十三五”期间和农业供给侧改革中需要重视的。

表 3 中国农业增长核算表 (%)

项目	“八五”		“九五”		“十五”		“十一五”		“十二五”	
	1991—1995 年		1996—2000 年		2001—2005 年		2006—2010 年		2011—2015 年	
	贡献	贡献率	贡献	贡献率	贡献	贡献率	贡献	贡献率	贡献	贡献率
投入要素	1.3	28	1.6	16	0.2	4	0.8	24	0.6	14
劳动力	-0.2	-4	0.2	2	-0.5	-11	-0.5	-15	-0.1	-2
土地	0.1	2	0.2	2	-0.3	-6	0.2	6	0.1	2
化肥	1.0	21	0.6	6	0.5	11	0.5	15	0.3	7
农机	0.4	9	0.6	6	0.5	11	0.6	18	0.3	7
生产率	4.3	91	6.0	59	4.7	100	3.9	118	4.4	105
技术	3.3	70	3.4	33	3.3	70	3.4	103	3.3	79
效率	1.0	21	2.6	25	1.4	30	0.6	18	1.1	26
残差	-0.9	-19	2.6	25	-0.2	-4	-1.4	-42	-0.8	-19
农业增长率	4.7	100	10.2	100	4.7	100	3.3	100	4.2	100

生产率方面,“八五”和“九五”期间生产率为农业提供 4.3% 和 6.0% 的增速,对农业增长的贡献率为 91% 和 59%。2000 年以后,生产率对中国农业增长的贡献率超过 100%。相比于投入要素,生产率对农业增长的贡献大很多。在生产率内部,技术进步对农业增长保持稳定的贡献,年均增长 3.3%~3.4%,这和图 1 得出的结果一致,技术是生产率增长的重要源泉,这与 Rozelle 等(2005) 的结论一致。效率的贡献小于技术,且波动较大。

因此,过去 25 年,中国的农业增长主要是依靠生产率的提高。20 世纪 80 年代,投入要素和生产率对农业增长的贡献大致是 50%:50% (Lin, 1992)。但在 20 世纪 90 年代,这一比例下降到 25%:75%,生产率对农业增长的贡献有所加强。进入 21 世纪,投入要素对农业增长贡献微乎其微,生产率的地位更加重要。张浩等(2008) 和孙秋霞等(2010) 均发现,改革开放以来,投入要素对农业增长的贡献率逐步减少,与本文结论一致。就投入要素而言,本文发现土地和劳动力的贡献率相对较低而化肥和农机的贡献率相对较高,这也和文献中的结果相同(陈安宁,2002; 张浩等,2008; 孙秋霞等,2010)。但与以上文献相比,本文利用随机前沿分析,将残差项从生产率中剔除,控制了不确定因素(如天气等)对农业增长的影响,保证了结果的稳健性,并进一步将生产率分成技术进步和效率变化,从而更加细致的探索各因素对农业增长的影响。最后,以上文献对农业增长的分析止于 2006 年,本文的研究则涵盖了“十一五”和“十二五”时期。

六、结论与启示

实证结果表明:(1) 我国农业增长速度自 2000 年以来有所放缓,但波动幅度小于 20 世纪 90 年代。(2) 投入要素对农业增长的贡献率逐渐降低,生产率的贡献率逐渐增高。(3) 在投入要素内部,

劳动力和土地的贡献率低于化肥和农机的贡献率。(4)在生产率内部,技术进步的速度非常稳定,但因为农业总体增长放缓,技术贡献率和重要性日趋提高,而生产效率还具有很大的提升空间。

在投入要素增长乏力的情况下,遏制农业资源的快速流失、提高生产率是农业供给侧改革中我国农业增长的方向。从生产率内部看,技术对农业增长的贡献较稳定,在短期内很难成为新的增长点,但立足长远,进行有效的长期投资是保证我国农业长期稳定增长的原动力。而在短期内,提高农业生产效率是刺激农业增长的唯一途径。我国农业平均效率不足 50%,许多省份特别是西部地区的生产效率有很大的提升空间,通过跨区域学习和交流,引进管理和技术等方法,从而提高农业生产效率,缩小地区间差异,是现阶段农业的潜在增长点。综上所述,保证农业在农业供给侧改革中持续增长,前提是保证农业投入要素的稳定供给,短期重点是促进农业生产效率的不断提高,长期动力是增加农业科研的持续投资。

基于以上研究结论,本文得到以下 3 点关于农业供给侧改革的政策启示:

第一,保证农业投入要素的稳定供给。从劳动力的角度看,在城镇化的大趋势下,保证足够的农业劳动力,特别是青壮年劳动力,吸引有技术有文化的人才,关键在于提高农业收入和强调“三农”情怀。在土地方面,坚守基本农用耕地面积红线是前提,提高复种指数、推广和优化种植作物种类是重点。在化肥使用方面,提高产品的品质和国际竞争力是现实问题,要找到化肥使用量的最佳平衡点,既不能供给不足,也不能过度使用。在农业机械方面,重点是利用农机替代役畜和人力。此外,因地制宜,在部分地区(如北方广大平原地区)大力发展农业机械,特别是农机专业化服务体系,用租用替代购买降低农民的使用成本,用联合使用增加农业机械的效益。总体而言,明晰土地产权、鼓励农业适度经营是发展的方向,进而保障上述 4 类投入要素的稳定供给和有效利用。

第二,促进农业生产效率的不断提高。我国农业生产的平均效率不足 50%,在科技水平不变的情况下,通过提高生产效率来刺激农业增长的潜力很大。提高西部地区的农业生产效率,需要提高管理水平、优化种植结构、提升产品品质并创新营销方式。因此,政府应该建立低效率地区和高效率地区的农业经营管理交流渠道,鼓励优化现有农业管理模式和方法。同时,根据当地的气候和种植条件,合理引进高产作物,提升农产品的品质和品牌影响力,增加农产品附加值。最后,通过农村电商等新的渠道,让农产品不但能“种出来”,还能“卖出去”。

第三,增加农业科研技术的持续投资。过去 25 年,技术进步的速度一直保持稳定,但在农业增长总体放缓的趋势下,技术进步对我国农业增长的贡献率在逐步增大。由于科研投入回报周期长,虽然对于农业的科研和技术投入无法在短期内显著提高科技对农业增长的贡献,但是从长期来看,投入要素的增长潜力有限,生产效率在短期得到显著改善,在长期进一步提升的空间不大。因此,持续增加农业科研技术投入,培养和重用科技人才、鼓励农业龙头企业的技术研发、学习国外先进的生产方式和技术是保证可持续发展的唯一途径。

参 考 文 献

1. Aigner, D., Lovell, C. A. K. and Schmidt, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, 1977, 6(1): 21~37
2. Battese, G. E. and Coelli, T. J. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India, *Springer*, 1992, 149~165
3. Brümmer, B., Glauken, T. and Lu, W. Policy Reform and Productivity Change in Chinese Agriculture: A Distance Function Approach, *Journal of Development Economics*, 2006, 81(1): 61~79
4. Buckland, S. T., Burnham, K. P. and Augustin, N. H. Model Selection: An Integral Part of Inference, *Biometrics*, 1997, 603~618
5. Carter, C. A. and Estrin, A. J. Market Reforms Versus Structural Reforms in Rural China, *Journal of Comparative Economics*, 2001, 29

- (3): 527~541
6. Chen, P. C., Ming-Miin, Y. U., Chang, C. C. and Hsu, S. H. Total Factor Productivity Growth in China's Agricultural Sector, *China Economic Review*, 2008, 19(4): 580~593
7. Chen, W. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Chinese Agriculture: 1990~2003, *China Rural Survey*, 2006, 16(1): 203~222
8. Cornwell, C., Schmidt, P. and Sickles, R. C. Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels, *Journal of Econometrics*, 1990, 46(1): 185~200
9. Dekle, R. and Vandenbroucke, G. Whither Chinese Growth? A Sectoral Growth Accounting Approach, *Review of Development Economics*, 14(3): 2010, 487~498
10. Fan, S. G., Zhang, X. B., Dong, X. Y., Song, S. and Zhang, X. Production and Productivity Growth in Chinese Agriculture: New National and Regional Measures, *Economic Development and Cultural Change*, 2002, 50(4): 819~838
11. Fan, S. Effects of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in Chinese Agriculture, *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 73(5): 266~275
12. Fan, S. and Parley, P. G. Research, Productivity, and Output Growth in Chinese Agriculture, *Journal of Development Economics*, 1997, 53(1): 115~137
13. Fan, S., Zhang, L. and Zhang, X. Reforms, Investment, and Poverty in Rural China, *Economic Development and Cultural Change*, 2004, 52(2): 395~421
14. Gong, B. and Sickles, R. C. Non-structural and Structural Models in Productivity Analysis: Study of the British Isles during the 2007~2009 Financial Crisis, *Rice University*, 2016
15. Gong, B. Multi-Dimensional Interactions in the Oilfield Market: A Jackknife Model Averaging Approach of Spatial Productivity Analysis, *Energy Economics*, Forthcoming, 2017
16. Gong, B. Agricultural Reforms and Production in China Changes in Provincial Production Function and Productivity in 1978 - 2015, *Journal of Development Economics*, 2018, 132(5), 18~31
17. Gong, B. The Impact of Public Expenditure and International Trade on Agricultural Productivity in China, *Emerging Markets Finance and Trade*, Forthcoming, 2018
18. Gong, B. The Shale Technical Revolution -- Cheer or Fear? Impact Analysis on Efficiency in the Global Oilfield Service Market, *Energy Policy*, 2018, 112(1), 162~172
19. Gong, B. Different Behaviors in Natural Gas Production between National and Private Oil Companies: Economics - Driven or Environment-Driven? *Energy Policy*, 2018, 114(3), 145~152
20. Hansen, B. E. Least Squares Model Averaging, *Econometrica*, 2007, 75(4): 1175~1189
21. Hansen, B. E. and Racine, J. S. Jackknife Model Averaging, *Journal of Econometrics*, 2012, 167(1): 38~46
22. Hausman, J. A. and Taylor, W. E. Panel Data and Unobservable Individual Effects, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1981, 1377~1398
23. Hoeting, J. A., Madigan, D., Raftery, A. E. and Volinsky, C. T. Bayesian Model Averaging: A Tutorial (With Comments by M. Clyde, David Draper and E. I. George, and a Rejoinder by the Authors), *Statistical Science*, 1999, 14(4): 382~417
24. Huang, Y. *Agricultural Reform in China*, Cambridge University Press, 1998
25. Kalirajan, K., Obwona, M. and Zhao, S. A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: the Case of Chinese Agricultural Growth before and after Reforms, *American Journal of Agricultural Economics*, 1996, 78(2): 331~338
26. Kneip, A., Sickles, R. C. and Song, W. H. On Estimating a Mixed Effects Model with Applications to the U.S. Banking Industry, *Mimeo*, Rice University, 2003
27. Kneip, A., Sickles, R. C. and Song, W. A New Panel Data Treatment for Heterogeneity in Time Trends, *Econometric Theory*, 2012, 28(3): 590~628
28. Kumbhakar, S. C. Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency, *Journal of Econometrics*, 1990, 46(1): 201~211
29. Lee, Y. H. and Schmidt, P. A Production Frontier Model with Flexible Temporal Variation in Technical Efficiency, The measurement of productive efficiency: Techniques and applications: 1993, 237~255
30. Leung, G. and Barron, A. R. Information Theory and Mixing Least-Squares Regressions, *Information Theory IEEE Transactions*, 2006, 52

- (8) : 3396~3410
31. Lin, J. Y. Rural Reforms and Agricultural Growth in China, *American Economic Review*, 1992, 82(1) : 34~51
 32. Lin, J. Y. Endowments, Technology, and Factor Markets: A Natural Experiment of Induced Institutional Innovation from China's Rural Reform, *American Journal of Agricultural Economics*, 1995, 77(2) : 231~242
 33. Liu, S. W., Zhang, P. Y., He, X. L. and Jing, L. Efficiency Change in North - East China Agricultural Sector: A DEA Approach, *Agricultural Economics*, 2015, 61(11)
 34. Mao, W. and Koo, W. W. Productivity Growth, Technological Progress, and Efficiency Change in Chinese Agriculture After Rural Economic Reforms: A DEA Approach, *China Economic Review*, 1997, 8(2) : 157~174
 35. Mcmillan, J., Whalley, J. and Zhu, L. The Impact of China's Economic Reforms on Agricultural Productivity Growth, *Journal of Political Economy*, 1989, 97(4) : 781~807
 36. Meeusen, W. and Van den Broeck, J. Efficiency Estimation From Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error, 1977, 435~444
 37. Pratt, A. N., Yu, B. and Fan, S. The Total Factor Productivity in China and India: New Measures and Approaches, *China Agricultural Economic Review*, 2008, 1: 9~22
 38. Schmidt, P. and Sickles, R. C. Production Frontiers and Panel Data, *Journal of Business & Economic Statistics*, 1984, 2(4) : 367~374
 39. Sicular, T. Redefining State, Plan and Market: China's Reforms in Agricultural Commerce, *China Quarterly*, 1995, 144: 1020~1046
 40. Tong, H., Fulginiti, L. E. and Sesmero, J. P. Chinese Regional Agricultural Productivity: 1994-2005, Lilyan E. Fulginiti Publications: 2009, 10
 41. Wang, S. L., Tuan, F., Gale, F., Somwaru, A. and Hansen, J. China's Regional Agricultural Productivity Growth in 1985 - 2007: A Multilateral Comparison 1, *Agricultural Economics*, 2013, 44(2) : 241~251
 42. Wen, G. J. Total Factor Productivity Change in China's Farming Sector: 1952-1989, *Economic Development and Cultural Change*, 1993, 42(1) : 1~41
 43. Wu, Y. Productivity Growth, Technological Progress, and Technical Efficiency Change in China: A Three-Sector Analysis 1, *Journal of Comparative Economics*, 1995, 21(2) : 207~229
 44. Wu, Y. Total Factor Productivity Growth in China: A Review, *Journal of Chinese Economic & Business Studies*, 2011, 9: 111~126
 45. Zhou, L. L. and Zhang, H. P. Productivity Growth in China's Agriculture During 1985 - 2010, *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, 12(10) : 1896~1904
 46. 陈安宁, 李泽辉. 农业增长贡献率的计算——中国自然资源数据库的应用. *科学数据库与信息技术学术讨论会*, 2002
 47. 陈卫平. 中国农业生产率增长、技术进步与效率变化: 1990—2003 年. *中国农村观察*, 2006(1) : 203~222
 48. 冯海发. 中国农业总要素生产率变动趋势及增长模式. *经济研究*, 1990(5) : 47~54
 49. 郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算: 1979—2004. *经济研究*, 2005(6) : 51~60
 50. 胡永泰. 中国全要素生产率: 来自农业部门劳动力再配置的首要作用, *经济研究*, 1998(3) : 31~39
 51. 江激宇, 李 静, 孟令杰. 中国农业生产率的增长趋势: 1978—2002. *南京农业大学学报*, 2005, 28(3) : 113~118
 52. 李谷成. 资本深化、人地比例与中国农业生产率增长——一个生产函数分析框架. *中国农村经济*, 2015(1) : 14~30
 53. 李谷成, 范丽霞, 冯中朝. 资本积累、制度变迁与农业增长——对 1978~2011 年中国农业增长与资本存量的实证估计. *管理世界*, 2014(5) : 67~79
 54. 李 桦, 姚顺波, 郭亚军. 不同退耕规模农户农业全要素生产率增长的实证分析——基于黄土高原农户调查数据. *中国农村经济*, 2011(10) : 36~43
 55. 李玉红, 王 皓, 郑玉歆. 企业演化: 中国工业生产率增长的重要途径. *经济研究*, 2008(6) : 12~24
 56. 石 慧, 孟令杰, 王怀明. 中国农业生产率的地区差距及波动性研究——基于随机前沿生产函数的分析. *经济科学*, 2008(3) : 20~33
 57. 孙秋霞, 高齐圣. 科技进步对农业经济增长贡献率的政策差异. *商业研究*, 2010(10) : 145~149
 58. 王 兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长, *经济研究*, 2010(5) : 95~109
 59. 王 珏, 宋文飞, 韩先锋. 中国地区农业全要素生产率及其影响因素的空间计量分析——基于 1992—2007 年省域空间面板数据. *中国农村经济*, 2010(8) : 4~35
 60. 吴方卫. 中国农业的增长与效率, 上海财经大学出版社, 2000
 61. 徐建国, 张 勋. 农业生产率进步、劳动力转移与工农业联动发展, *管理世界*, 2016(7) : 76~87

62. 余森杰. 中国的贸易自由化与制造业企业生产率, 经济研究, 2010(12) : 97~110
63. 袁志刚, 解栋栋. 中国劳动力错配对 TFP 的影响分析, 经济研究, 2011(7) : 4~17
64. 张 浩, 陈 昭. 中国农业经济增长的要素贡献度研究——基于分省非稳定面板的实证分析. 南方经济, 2008(1) : 61~75.
65. 赵 蕾, 王怀明. 中国农业生产率的增长及收敛性分析. 农业技术经济, 2007(2) : 93~98
66. 赵 蕾, 杨向阳, 王怀明. 改革以来中国省际农业生产率的收敛性分析. 南开经济研究, 2007(1) : 107~116
67. 朱 喜, 史清华, 盖庆恩. 要素配置扭曲与农业全要素生产率. 经济研究, 2011(5) : 86~98

The Contribution of Inputs and Productivity to Agricultural Growth in China

GONG Binlei

Abstract: It is important to analyze the contribution of inputs and productivity to agriculture growth as a guide to further develop this sector. Existing studies use different models to analyze China's agricultural productivity, which is difficult to guarantee the accuracy and leads to different results. This paper uses a model averaging method that considers five stochastic frontier models simultaneously by assigning weights to each model according to their ability to explain the data. This approach derives more accurate estimation and is utilized to analyze China agricultural growth in 1990–2015 with the help of the growth accounting table.

Keywords: China's agriculture; Contribution to growth; Productivity analysis; Stochastic frontier analysis; Model averaging method

责任编辑 吕新业