

# 中国食品工业技术效率和技术进步\*

## ——基于各省份主要农产品产量的视角

靖 飞<sup>1</sup> 俞立平<sup>2</sup>

**内容提要:** 本文运用基于非参数数据包络分析 (DEA) 结合曼奎斯特 (Malmquist) 生产率指数的方法, 从主要农产品产量的视角, 分析了 2004~2007 年中国各省份食品工业的全要素生产率变动情况和 2007 年的技术效率、规模效率状况及其进一步改进的方向。研究表明: 中国各省份食品工业全要素生产率增长率比较高, 其增长主要来源于技术进步; 中国食品工业纯技术效率在东部和中西部地区之间差距明显; 未达到纯技术效率完全有效的省份, 水产品加工利用效率最高, 其次是奶类、肉类, 而粮食、蔬菜和水果等农产品的加工利用效率还需要进一步改进和提高。

**关键词:** 食品工业 技术效率 技术进步 Malmquist 指数 农产品产量

### 一、引言

农产品加工业是农业产业化的核心。发展农产品加工业不仅能延长农业产业链、增加农产品附加值, 而且能创造大量的非农就业机会, 从而在多个层面推动农业增效和农民增收。近年来, 发展农产品加工业受到国家的高度重视, 成为各级政府关注的焦点。农产品加工业已经发展成为中国国民经济的一支重要力量和新的增长点。

国内学者对农产品加工业的长期持续增长问题非常关注, 而对增长可持续性的判断主要是基于对全要素生产率 (TFP) 的研究。有学者指出, 提高全要素生产率是中国未来经济增长的决定因素 (胡鞍钢, 2003)。目前, 国内学者对中国农产品加工业效率的评价主要针对其全要素生产率的变动, 具体研究方法主要包括两种: 一种是数据包络分析方法。例如, 赵燃等 (2008) 运用 1999~2005 年中国农产品加工业 12 个行业的面板数据, 以从业人数和固定资产净值年均余额作为投入指标, 以产品销售收入作为产出指标, 采用基于非参数数据包络分析的曼奎斯特生产率指数方法, 分析了中国农产品加工业发展过程中全要素生产率的变动状况; 杨兴龙、王凯 (2008) 运用中国 4 个玉米主产省玉米加工业的省际面板数据, 采用流动资产年均余额、固定资产净值年均余额和从业人数作为投入指标, 以玉米加工业总产值作为产出指标, 分析了中国玉米加工业增长过程中全要素生产率的变动状况; 李崇光、陈诗波 (2009) 使用同样的方法和投入—产出指标, 对湖北省 1996~2005 年以来农产品加工业的生产率增长、技术变动和技术效率进行了实证分析。另一种是 Cobb-Douglas 生产函数 (C-D 生产函数) 方法。例如, 贾美芹、谢蕾蕾 (2009) 运用 1999~2006 年国家统计局工交司所进行的规模以上企业调查数据中食品制造业的企业汇总数据, 利用 C-D 生产函数来测算中国食品制造业全要素生产率的变动情况。

\*本文受辽宁省社会科学规划基金项目“辽宁农产品加工业暨农业产业化发展模式研究”(编号: L08BJY017) 资助。

从现有测算农产品加工业技术效率、技术进步情况方面的研究来看,基于非参数数据包络分析结合曼奎斯特指数的方法应用得越来越普遍。在投入指标选择上现有研究大多是基于企业特质,主要使用企业资产水平、企业劳动力投入等指标。但是,这样的投入指标选择忽略了农产品加工业与农业之间特殊的关联关系。另外,在产出指标选择上现有研究大多使用农产品加工业总产值或者销售收入,而它们并不能很好地反映农产品加工业的增值能力。鉴于此,本文尝试增加各地区主要农产品产量指标作为投入指标,以产业增加值作为产出指标,对中国各地区食品工业 2004~2007 年的技术效率、技术进步情况进行分析。

## 二、方法、变量与数据

### (一) 研究方法

数据包络分析 (DEA) 是一种测算具有相同类型投入和产出的若干系统或部门 (简称“决策单元”, DMU) 相对效率的有效方法。其实质是根据一组关于输入和输出的观察值,采用数学规划模型来估计有效的生产前沿面,再将各 DMU 与此前沿面做比较,进而衡量其效率。凡是处在前沿面上的 DMU, DEA 认定其投入—产出组合最有效率,将其效率指标定为 1; 不在前沿面上的 DMU 则被认定为无效率,同时以效率前沿面之有效点为基准,给予一个相对的效率指标 (大于 0, 小于 1)。此外, DEA 还可以判断各个 DMU 投入规模的适合程度,给出各 DMU 调整其投入规模方向和程度。

传统的统计方法是从大量样本数据中分析出样本集合整体的一般情况,其本质是平均性; DEA 则是从样本数据中分析出样本集合中处于相对有效的样本个体,其本质是最优性。DEA 在测定若干个 DMU 的相对效率时注重的是对每一个 DMU 的投入—产出进行优化,所得出的相对效率是其最大值,是最有利于该 DMU 的相对效率。

规模报酬不变模型是 Charnes, Cooper and Rhodes (1978) 所提出的最基本的 DEA 模型,因此也称为“CCR 模型”。为了对 DMU 的有效性进行较简单的判别, Charnes 和 Cooper 引入了非阿基米德无穷小量的概念,以使用线性规划的单纯形方法求解模型,对 DMU 进行一次性判别。

用规模报酬不变模型进行效率测评时,必须假定各 DMU 位于最佳生产规模,否则,所测的效率值中就包含规模效应的影响。为测算 DMU 的纯技术效率 (简称为  $\theta_v$ ) 水平, Banker, Charnes, Cooper (1984) 提出了可变规模报酬 (BCC) 模型。建立在可变规模报酬假设下生产可能集上的纯技术效率评价模型 (加入松弛变量 SA 和 SB 及摄动量  $\varepsilon$  后) 为:

$$(D_{\varepsilon}^V) \left\{ \begin{array}{l} \min \left[ \theta_v - \varepsilon (e_1^T SA + e_2^T SB) \right] \\ s.t. \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i + SA = \theta_v X_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i - SB = Y_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0; i = 0, 1, 2, \dots, n; SA \geq 0, SB \geq 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

则有: 当该问题的解为  $\theta_v^*$ 、 $\lambda^*$ 、 $SA^*$ 、 $SB^*$  时, 有如下结论: ①若  $\theta_v^* = 1$ , 且  $SA = SB = 0$ , 则  $DMU_0$  有效; ②若  $\theta_v^* = 1$ , 则  $DMU_0$  弱有效; ③若  $\theta_v^* < 1$ , 则  $DMU_0$  非有效。

如前所述,用规模报酬不变模型测算所得到的效率值,包含了规模效率(简称为 $\theta_s$ )和纯技术效率两方面的内容。而可变规模报酬模型所考察的,是 DMU 的纯技术效率水平。则技术效率(简称为 $\theta_c$ )、纯技术效率和规模效率的关系为:

$$\theta_c = \theta_v \times \theta_s, \quad \theta_s = \frac{\theta_c}{\theta_v} \quad (2)$$

通过分别运行规模报酬不变(CRS)、规模报酬可变(VRS)的 DEA 模型得到技术效率和纯技术效率,用它们便可以推算规模效率的水平。当 $\theta_c = \theta_v$ 时,DMU 的规模效率为 1,即生产处于最佳规模;否则,DMU 的规模效率有所损失。造成规模效率损失的原因也有两种,分别是规模过大和规模过小。如上推算的 $\theta_s < 1$ 时,并不能区分这两种情况,即无法判定 DMU 的生产是处于规模报酬递增、还是规模报酬递减阶段,这样就降低了规模效率分析的作用。为此,Coelli (1996)提出了非增规模报酬(non-increase returns to scale, NIRS)模型,即将约束条件“ $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ ”改

为“ $\sum_{i=1}^n \lambda_i \leq 1$ ”,VRS 模型就变成了 NIRS 模型。

当 DMU 处于规模无效( $\theta_s < 1$ )时,通过比较规模效率和非增规模效率( $\theta_n$ )就可判别 DMU 生产所处的规模报酬阶段:① $\theta_s = \theta_n$ 时,生产处于规模报酬递减阶段;② $\theta_s \neq \theta_n$ 时,生产处于规模报酬递增阶段。

DEA 方法测算出来的技术效率是衡量 DMU 实际生产点到生产可能性边界的距离,不能反映生产率的变化,而 Malmquist 指数则解决了这个问题。该指数最初由 Malmquist (1953)提出,Caves et al. (1982)首先将该指数应用于生产率变化的测算,此后与 Charnes et al. 建立的 DEA 理论相结合,在生产率测算中应用得日益广泛。

以 $t$ 时期技术 $T^t$ 为参照,基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为:

$$M_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}) / d_0^t(x_t, y_t) \quad (3)$$

类似地,以 $t+1$ 时期技术 $T^{t+1}$ 为参照,基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为:

$$M_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) / d_0^{t+1}(x_t, y_t) \quad (4)$$

为避免时期选择的随意性可能导致的差异,仿照 Fisher 理想指数的构造方法,Caves et al. 用(3)式和(4)式的几何平均值即(5)式,作为衡量从 $t$ 时期到 $t+1$ 时期生产率变化的 Malmquist 指数:

$$M_0(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left[ \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

(5)式中, $(x_{t+1}, y_{t+1})$ 和 $(x_t, y_t)$ 分别表示 $t+1$ 时期和 $t$ 时期的投入和产出向量; $d_0^t$ 和 $d_0^{t+1}$ 分别表示以 $t$ 时期技术 $T^t$ 为参照, $t$ 时期和 $t+1$ 时期的距离函数。该指数大于 1,表明从 $t$ 时期到 $t+1$

时期全要素生产率是增长的。

根据上述处理所得到的 Malmquist 指数具有良好的性质, 它可以分解为不变规模报酬假定下技术效率变化指数 (efficiency change, Ech) 和技术进步指数 (technical change, Tch), 分解过程如下:

$$M_0(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \left[ \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

其中, 技术效率变化指数(Ech)还可进一步分解为纯技术效率指数(pure efficiency change, Pech)和规模效率指数 (scale efficiency change, Sech)。即:

$$M_0(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = TFPch = Tch \times Sech \times Pech = Tch \times Ech \quad (7)$$

即技术效率是纯技术效率与规模效率的乘积, 全要素生产率是技术效率与技术进步的乘积。与单纯的截面数据 DEA 分析相比, Malmquist 指数分析将技术进步因素剥离, 结果更为精确。

## (二) 变量选取

按照中国国民经济行业分类代码 (GB/T4754-94), 中国农产品加工业被分为 12 个行业: 食品加工业, 食品制造业, 饮料制造业, 烟草加工业, 纺织业, 服装及其他纤维制品制造业, 皮革、毛皮、羽绒及其制品业, 木材加工及竹、藤、棕、草制品业, 家具制造业, 造纸及纸制品业, 印刷业记录媒介的复制, 橡胶制品业。在这 12 个子行业中, 与农产品关系最为密切的是食品加工业、食品制造业和饮料制造业 3 个子行业, 本文统称为食品工业。

农业产出中投入食品工业的份额越来越多, 农业更加依赖于食品工业对农产品的加工增值 (王图展、周应恒, 2006)。另外, 农产品一般易腐败, 这就要求农产品生产和农产品加工要紧密结合起来。因此, 一般情况下, 各省 (区、市) 的农产品都在本地加工。基于此, 本文除了选取国有及规模以上非国有食品工业企业流动资产年均余额、固定资产净值年均余额和从业人数作为投入指标外, 还选取粮食、油料、水果、肉类、奶类、禽蛋和水产品产量以及蔬菜种植面积作为投入指标, 选择国有及规模以上非国有食品工业企业增加值作为产出指标。

## (三) 数据来源

本文中各省份粮食、油料、蔬菜、水果、肉类、奶类、禽蛋、水产品的数据来源于《中国统计年鉴》(2005~2008 年, 历年), 食品工业的相关数据来源于各省份 2005~2008 年历年统计年鉴, 由于部分省 (区、市) 统计年鉴中没有相关数据, 本研究不包括上海、海南、甘肃、西藏、四川、贵州 6 个省 (区、市)。所有变量的统计量摘要见表 1。

表 1 变量统计量摘要

变量名	变量意义	均值	标准差	最小值	最大值
$y$	食品工业增加值 (亿元)	203.45	253.49	3.29	1616.00
$x_1$	粮食总产量 (万吨)	1736.65	1207.15	70.18	5245.22
$x_2$	油料总产量 (万吨)	102.95	118.27	0.46	483.98
$x_3$	蔬菜种植面积 (千公顷)	621.33	489.63	25.05	1970.12
$x_4$	水果总产量 (万吨)	616.63	584.78	2.37	2546.84
$x_5$	肉类总产量 (万吨)	260.08	185.33	22.79	766.14
$x_6$	奶类总产量 (万吨)	114.80	175.78	4.87	909.84

(续表 1)

$x_7$	禽蛋总产量(万吨)	103.17	124.73	1.26	465.09
$x_8$	水产品总产量(万吨)	187.87	227.65	0.09	745.91
$x_9$	食品工业流动资产年均余额(亿元)	234.51	250.33	5.80	1503.41
$x_{10}$	食品工业固定资产净值年均余额(亿元)	167.59	161.65	6.53	1065.04
$x_{11}$	食品工业年均劳动力人数(万人)	16.83	19.81	0.44	103.86
样本个数		100			

### 三、效率评价结果分析

本文主要从农产品产量的角度研究考察食品工业效率,实际上是衡量在现有农产品产量的基础上食品工业实现农产品加工增值的能力,因此,本文采用 Coelli 的 DEAP2.1 软件从产出最大化角度进行分析。

#### (一) 食品工业全要素生产率的变化及其分解

根据表 2,可以发现:从平均水平来看,2007 年食品工业的纯技术效率和规模效率比 2004 年有所提高,但进步不明显,指数分别为 1.015 和 1.030,导致技术效率指数达到 1.045;从技术进步指数看,2007 年比 2004 年上升明显,达到 1.162;在两者的共同作用下,全要素生产率指数为 1.214;从各省份的情况来看,除了湖北省食品工业全要素生产率下降以外,其他省份均呈上升态势,这与 2000 年以来国家各部委频繁出台扶持农产品加工业发展的政策紧密相关。

从各省份的具体情况来看:纯技术效率反映了在一定条件下的产出水平。纯技术效率指数低于 1 的省份有河北、浙江、黑龙江、云南和新疆,除了浙江属于发达地区以外,其他省份均属于中西部地区;较高的有江苏、安徽、江西、陕西和辽宁 5 个省,其他省份均为 1。规模效率深层次地反映了管理水平。规模效率指数小于 1 的省份有浙江、新疆和黑龙江,较高的有湖南、重庆、云南、江西、安徽,其他省份基本相当。从技术进步来看,除了湖北和江西的指数小于 1 外,其他省份的指数均大于 1,天津、吉林、辽宁和浙江技术进步指数年均增长率达 25%以上。全要素生产率是技术进步与技术效率的乘积,综合反映了各省份食品工业技术、管理方面的综合水平,天津、吉林、重庆、辽宁和陕西食品工业全要素生产率指数年均增长率超过 30%。

表 2 2004~2007 年中国各省份食品工业 Malmquist 指数及其分解

序号	省份	技术效率指数 (Ech)	技术进步指数 (Tch)	纯技术效率指数 (Pech)	规模效率指数 (Sech)	全要素生产率指数 (TFPch)
1	北京	1.000	1.042	1.000	1.000	1.042
2	天津	1.000	1.441	1.000	1.000	1.441
3	河北	1.014	1.117	0.981	1.034	1.133
4	山西	1.004	1.230	1.000	1.004	1.235
5	内蒙古	1.000	1.240	1.000	1.000	1.240
6	辽宁	1.049	1.271	1.047	1.002	1.334
7	吉林	1.000	1.390	1.000	1.000	1.390
8	黑龙江	0.942	1.232	0.971	0.969	1.160
9	江苏	1.246	1.032	1.210	1.030	1.286
10	浙江	0.975	1.259	0.980	0.994	1.227

(续表 2)

11	安徽	1.233	1.029	1.141	1.080	1.268
12	福建	1.000	1.241	1.000	1.000	1.241
13	江西	1.241	0.984	1.134	1.094	1.222
14	山东	1.000	1.199	1.000	1.000	1.199
15	河南	1.000	1.193	1.000	1.000	1.193
16	湖北	1.000	0.839	1.000	1.000	0.839
17	湖南	1.221	1.041	1.000	1.221	1.271
18	广东	1.000	1.195	1.000	1.000	1.195
19	广西	1.015	1.187	1.000	1.015	1.205
20	重庆	1.208	1.105	1.000	1.208	1.335
21	云南	1.045	1.075	0.930	1.123	1.123
22	陕西	1.067	1.231	1.052	1.014	1.314
23	青海	1.000	1.213	1.000	1.000	1.213
24	宁夏	1.008	1.193	1.000	1.008	1.203
25	新疆	0.952	1.245	0.961	0.991	1.185
平均值		1.045	1.162	1.015	1.030	1.214

## (二) 2007 年食品工业技术效率的截面数据分析

2007 年中国食品工业纯技术效率平均值为 0.957, 规模效率平均值为 0.969, 技术效率平均值为 0.928, 从总体上看投入—产出效率较高(见表 3)。使用 DEA 方法测算的效率是相对的, 是一般中选好、好中选优, 也就是说是在现有的资源和制度环境下可能达到的结果, 因此, 现有的效率水平只能表明中国目前食品工业技术效率的实际水平。因为数据等方面的原因还无法与发达国家进行比较, 上述结果并不能表明中国食品工业技术效率是否达到了最优水平。

在 25 个省份中有 17 个达到了技术完全有效, 技术效率低于 1 的省份分别是江西、浙江、安徽、河北、黑龙江、云南、宁夏和新疆, 除了浙江属于经济发达地区以外, 其余省份均属于中西部地区。从纯技术效率看, 有 6 个省份未达到完全有效, 分别是浙江、黑龙江、安徽、河北、云南和新疆, 纯技术效率最低的是新疆, 仅为 0.585。从规模效率看, 有 8 个省份未达到完全有效, 分别是河北、安徽、江西、云南、浙江、新疆、黑龙江和宁夏, 规模效率最低的是宁夏, 仅为 0.602。基于农产品产量角度衡量的中国食品工业投入—产出效率在东部、中部、西部之间差距明显。从规模报酬看, 除河北、黑龙江的规模报酬递减外, 其他规模报酬未达到有效的省份均处于规模报酬递增阶段。

表 3 2007 年中国各省份食品工业技术效率及其分解

序号	省份	技术效率 ( $\theta_c$ )	纯技术效率 ( $\theta_v$ )	规模效率 ( $\theta_s$ )	规模报酬
1	北京	1.000	1.000	1.000	不变
2	天津	1.000	1.000	1.000	不变
3	河北	0.827	0.832	0.994	递减
4	山西	1.000	1.000	1.000	不变
5	内蒙古	1.000	1.000	1.000	不变

(续表 3)

6	辽宁	1.000	1.000	1.000	不变
7	吉林	1.000	1.000	1.000	不变
8	黑龙江	0.803	0.911	0.881	递减
9	江苏	1.000	1.000	1.000	不变
10	浙江	0.889	0.941	0.945	递增
11	安徽	0.831	0.848	0.980	递增
12	福建	1.000	1.000	1.000	不变
13	江西	0.947	1.000	0.947	递增
14	山东	1.000	1.000	1.000	不变
15	河南	1.000	1.000	1.000	不变
16	湖北	1.000	1.000	1.000	不变
17	湖南	1.000	1.000	1.000	不变
18	广东	1.000	1.000	1.000	不变
19	广西	1.000	1.000	1.000	不变
20	重庆	1.000	1.000	1.000	不变
21	云南	0.762	0.806	0.946	递增
22	陕西	1.000	1.000	1.000	不变
23	青海	1.000	1.000	1.000	不变
24	宁夏	0.602	1.000	0.602	递增
25	新疆	0.544	0.585	0.930	递增
平均		0.928	0.957	0.969	

表 4 2007 年中国食品工业纯技术效率未完全有效省份投入要素的调整改进

	浙江	黑龙江	安徽	河北	云南	新疆
粮食投入改进 (%)	18.52	53.42	26.62	15.35	74.17	25.72
油料投入改进 (%)	12.41	0.00	61.98	20.16	0.00	0.00
水果投入改进 (%)	27.16	46.83	30.56	64.57	59.81	83.67
蔬菜投入改进 (%)	21.28	39.04	0.00	49.30	82.03	47.90
肉类投入改进 (%)	0.00	0.00	0.00	24.65	75.79	41.74
奶类投入改进 (%)	0.00	88.71	0.00	0.00	0.00	0.00
禽蛋投入改进 (%)	15.70	27.15	35.31	76.95	0.00	14.07
水产品投入改进 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
劳动力投入改进 (%)	0.00	88.71	1.99	0.00	30.22	0.00
流动资产投入改进 (%)	35.57	21.93	3.00	29.64	17.39	41.91
固定资产投入改进 (%)	28.02	8.17	5.46	0.00	0.00	20.75

表 4 给出了在维持现有产出最优的情况下, 纯技术效率未完全有效省份投入要素的可节约程度, 也就是需要提高利用效率的方向。从企业资产水平和劳动力使用上来看, 黑龙江和云南需要加强企业劳动力的合理使用, 其他省份主要应侧重于提高企业流动资产的利用效率。从提高农产

品加工利用效率上看, 这些省份大多需要进一步提高粮食、蔬菜、水果和禽蛋的加工利用效率。除了黑龙江需要大力提高奶类的利用效率以外, 其他省份奶类和水产品加工利用效率均较高。

#### 四、结论与政策含义

基于上述分析结果, 笔者提出如下几点讨论:

第一, 在现有资源和制度环境下, 从各省份农产品产量角度衡量的中国食品工业全要素生产率比较高, 这得益于大幅增长的技术进步, 而纯技术效率和规模效率增长缓慢。因此, 为了更好地发展中国食品工业, 解决农产品“卖难”、农民增收等问题, 仍需要不断提高食品工业的管理水平, 提高产出能力。

第二, 中国食品工业纯技术效率在东部和中西部地区之间差距明显。未实现纯技术效率完全有效的6个省(区)中, 东部发达地区仅有浙江省, 其余均为中西部省份, 并且这6个省(区)之间纯技术效率差距也非常明显。因此, 国家今后要加大对中西部地区发展食品工业的资金和政策扶持力度, 尽快缩小地区间食品工业发展的不平衡。

第三, 不同地区间农产品加工利用效率差别明显。在全国范围内, 水产品加工利用效率最高; 其次是奶类, 除了黑龙江的加工利用效率较低外, 其他省份的加工利用效率都比较理想; 接下来是肉类。这也说明, 近年来, 中国各级政府部门的“菜篮子”工程建设是富有成效的, 在提高了产量的同时, 多数“菜篮子”产品的加工利用水平也同步得到了提高。而在粮食、蔬菜和水果等农产品的加工利用效率上改进的空间还较大。因此, 今后国家要进一步加大对发展粮食、蔬菜和水果产品加工业的政策扶持力度。

#### 参考文献

1. Banker, R. D.; Charnes, A. and Cooper, W. W.: Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, No.9, 1984.
2. Caves, D.W.; Christensen, L. R. and Diewert, W. E.: The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity, *Econometrics*, No.6, 1982.
3. Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E.: Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, No.2, 1978.
4. Coelli, T. J.: *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*, CEPA Working Paper, No.8, 1996.
5. Malmquist, S.: Index Numbers and Indifference Surfaces, *Trabajos de Estadística*, No.4, 1953.
6. 胡鞍钢:《未来经济增长取决于全要素生产率提高》,《政策》2003年第1期。
7. 赵燃、骆乐、韩鹏:《中国农产品加工业技术效率、技术进步与生产率增长》,《中国农村经济》2008年第4期。
8. 杨兴龙、王凯:《中国玉米加工业生产率增长、技术进步与效率变化——以4个玉米主产省为例》,《中国农村观察》2008年第4期。
9. 李崇光、陈诗波:《湖北省农产品加工业生产效率及其影响因素分析》,《科技进步与对策》2009年第10期。
10. 贾美芹、谢蕾蕾:《中国食品制造业全要素生产率的测算——基于中国各省区面板数据的分析》,《统计与咨询》2009年第2期。
11. 王图展、周应恒:《中国食品工业和农业的产业关联分析》,《南京农业大学学报》2006年第3期。

(作者单位: <sup>1</sup>渤海大学管理学院; <sup>2</sup>扬州市职业大学)(责任编辑: 王 晶)