

我国苹果主产区生产效率评价

——基于 DEA 的 Malmquist 指数分析

王艾敏

(河南财经学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 基于 DEA 的 Malmquist 指数分析, 利用 1994—2006 年面板数据对我国苹果主产区的生产效率的变化进行了实证分析。结果表明, 1994—2006 年我国苹果生产效率实现了较大幅度的增长, 其生产率的增长更多的来源于技术进步。苹果生产纯技术效率是综合技术效率增长的主要因素, 造成综合技术无效的原因主要是规模不经济。从效率的改进来看, 物质费用节约的空间比劳动力的节约空间大, 而劳动力的节约空间比期间费用大。

关键词: 苹果生产; TFP; 技术进步; 技术效率

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-3268(2009)07-0110-04

我国早已成为世界苹果生产和浓缩苹果汁出口的第一大国, 苹果种植面积和产量居全国各种水果之首, 对世界苹果产量增长的贡献率高达 84%。2006 年我国苹果种植面积 190 万 hm^2 , 产量 2600 万 t, 分别占世界苹果面积、产量的 35% 以上, 规模居世界第一。目前我国向 90 多个国家和地区出口苹果, 苹果出口量持续增长, 据联合国粮农组织 (FAO) 统计, 2005 年中国苹果出口量最大, 达到 85.3 万 t, 占世界总出口量的 11%。可见, 我国苹果生产在世界范围内有着举足轻重的作用, 我国苹果主产区生产效率的变化, 直接关系到我国农村经济发展、果农收入及出口创汇等。本研究基于 Malmquist 指数方法, 对我国苹果各主产区的生产效率加以评价, 目的是分析其构成要素对生产率的影响, 同时找出改进各主产区生产效率的具体方法。

1 材料和方法

1.1 研究方法

1.1.1 DEA 的 SBM 超效率模型 传统的 DEA 模型 (data envelopment analysis 简称 DEA, 包括 CCR 和 BCC 模型)^[1,2], 主要是它的强可处置性 (strong disposability), 确保了效率边界或无差异曲线的凸性 (不会折弯), 但却造成了投入要素的拥挤 (congestion) 或松弛 (slacks)。为解决投入和产出的松弛问题, 2001 年, Tone^[3] 提出一个基于投入松弛测

度的解决模型——SBM (slacks-based measure) 模型。但是在大部分 DEA 模型 (包括 SBM 模型) 中, 普遍存在的一个问题是, 有效率 (等于 1) 的决策单元往往不止一个, 即存在着一个以上的有效率单元, 因此, 进一步区分这些有效率的单元成为一项必须面对的问题。许多研究者进行过有益的尝试, 他们区分这些有效单元的办法是不再限制效率值等于 1, 允许其大于或等于 1, 因此称为超效率 (super efficiency)。从超效率的研究进展来看, 较成功地解决此类问题的主要是 Tone 在 SBM 模型的基础上提出的 SBM 超效率模型^[4], 它能够对 DEA 有效单元进行排序。

Tone 首先定义了一个排除决策单元 (x_0, y_0) 的有限生产可能性集:

$$P \setminus (x_0, y_0) = \left\{ (\bar{x}, \bar{y}) / \begin{aligned} &x \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j x_j, \\ &\bar{y} \leq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j y_j, \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中 $P \setminus (x_0, y_0)$, 是指排除了决策单元 (x_0, y_0) 的生产投入集合。在 $P \setminus (x_0, y_0)$ 投入集的基础上, 再定义一子集合 $P \setminus (x_0, y_0)$:

$$P \setminus (x_0, y_0) = P \setminus (x_0, y_0) \setminus \{ \bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0 \} \quad (2)$$

由于 $X > 0, Y > 0$, 所以 $P \setminus (x_0, y_0)$ 是一非空集合, 它的含义指 (x_0, y_0) 到 $(\bar{x}, \bar{y}) \in P \setminus (x_0, y_0)$ 的平

收稿日期: 2009-04-17

作者简介: 王艾敏 (1965—), 女, 河南焦作人, 副教授, 博士, 主要从事技术经济研究。

均距离。利用此距离定义一指数 $\hat{\delta}$

$$\hat{\delta} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i / x_{i0}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s y_r / y_{r0}} \quad (3)$$

$\hat{\delta}$ 的含义可解释为： $\hat{\delta}$ 为投入空间和产出空间中，生产单元与生产前沿面的平均距离。基于上述集合的定义与解释，生产单元 (x_0, y_0) 的 SBM 超效率规划问题可写成：

$$\hat{\delta} = \min \hat{\delta} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i / x_0}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s y_r / y_0} \quad (4)$$

$$st \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \\ \bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0, \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases}$$

SBM 超效率模型满足以下 2 个性质：(1) 其最优解 $\hat{\delta}$ 无量纲；(2) SBM 超效率模型的效率值大于等于 SBM 效率值，即允许 SBM 效率值大于 1，这样就鉴别了具有充分效率的 SBM 模型的排序及差别程度。

1.1.2 Malmquist 生产率指数的分解 Malmquist 指数最初由 Malmquist^[5] 提出，Caves 等^[6] 首先将该指数应用于生产率变化的测算，此后与 Charnes 等建立的 DEA 理论相结合，在生产率测算中的应用日益广泛。

从 s 时期到 t 时期，度量全要素生产率增长的 Malmquist 指数可以表示为：

$$\begin{aligned} M_0(x_s, y_s, x_t, y_t) &= \left[\frac{d_0^s(x_t, y_t)}{d_0^s(x_s, y_s)} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^t(x_s, y_s)} \right]^{1/2} \\ &= \frac{d_0^s(x_t, y_t)}{d_0^s(x_s, y_s)} \times \left[\frac{d_0^s(x_t, y_t)}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^t(x_s, y_s)}{d_0^s(x_s, y_s)} \right]^{1/2} \\ &= Ech \times Tch \end{aligned} \quad (5)$$

式 1 中， (x_s, y_s) 和 (x_t, y_t) 分别表示 s 时期和 t 时期的投入和产出向量； d_0^s 和 d_0^t 分别表示以 t 时期技术 T^t 为参照，时期 s 和时期 t 的距离函数。

Ech 和 Tch 分别表示时期 s 到时期 t 所发生的效率提高和技术进步。当把技术设定为不变规模报酬时，效率的含义为综合技术效率 (Ech)，其又可进一步分解为纯技术效率指数 ($Pech$) 和规模效率指数 ($Sech$)。即：

$$\begin{aligned} Ech &= \frac{(\text{技术效率} \times \text{规模效率})_t}{(\text{技术效率} \times \text{规模效率})_s} = \frac{(\text{技术效率})_t}{(\text{技术效率})_s} \times \\ &\quad \frac{(\text{规模效率})_t}{(\text{规模效率})_s} = Tch \times Sech \end{aligned} \quad (6)$$

所以全要素生产率的变化 ($TFPch$)，可以分解为技术进步 (Tch)、技术效率变化 ($Tech$) 和规模效率变化 ($Sech$) 3 个部分，即：

$$M_0(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = TEPch = Tch \times Ech = Tch \times Sech \times Tech \quad (7)$$

通过测算生产单元与生产前沿面的平均距离得出技术效率值，对其进一步分解，可计算出纯技术效率与规模效率值。与单纯的截面数据 DEA 分析相比，基于 DEA 的 Malmquist 指数分析将技术进步因素剥离。因此，截面数据的纯技术效率包括了技术进步和管理水平，而 Malmquist 指数分析中的纯技术效率仅反映了管理水平，这样结果更为精确。

本研究即采用这种 DEA 的 SBM 超效率模型，对中国苹果生产省区综合技术效率、纯技术效率和规模效率进行测试。

1.2 模型评价指标体系的选取与数据来源

选择我国 8 个苹果主产区 (辽宁、山东、河北、山西、河南、陕西、甘肃和宁夏) 作为决策单元，采用 1994—2006 年的苹果生产成本与收益数据，以苹果的主产品单位产量为模型的产出变量，以单位苹果生产的用工数 (标准劳动日)、单位物质费用和单位期间费用作为投入变量，其中苹果产量和用工数均为实物量指标，物质费用和期间费用为当年的价值量指标，以 1994 年农业生产资料价格指数为基期进行折算，以去除价格变化的影响。

全部数据均来源于国家计委价格司《全国农产品收益成本资料汇编》^[7] (1995—2007 年)，由于个别年份资料的短缺，如 1994 年缺少甘肃省数据，1995 年缺陕西、山西数据，1996 年缺河南数据等，所短缺数据的处理，均以各产区上下 2 年的相应指标的算术平均数代替。运用 DEAP Version 2.1 软件 (a data envelopment analysis program) 求解所涉及到的 Malmquist 指数模型中的线形规划问题。

2 结果与分析

2.1 1994—2006 年各主产区全生产要素 (TFP) 年均总增长及构成分解

表 1 的运算结果表明：从总体来看，我国苹果生产效率从 1994—2006 年实现了较大幅度的增长，全国平均 TFP 增长率达到 5.7%，其中，增长最快的河南省的 TFP 苹果增长率已达到 8.7%，其次是陕西和宁夏，分别达到了 6.9%，只有河北和山东两地 TFP 出现了负增长。

从 TFP 的构成来看, 全国平均 TFP 5.7% 的增长率, 是由于技术进步 3.6% 的增长率和综合技术效率 2% 的提高率共同作用形成的, 其中技术进步起到了主要的作用。对于 TFP 增长速度最快的河南省产区, 年均技术进步率却在下降, 而其综合技术效率提高很快, 达到了 10.1%, 可见, 河南产区的 TFP 的增长主要来源于综合技术效率的提高。对于 TFP 增长率排行第 2

的陕西和宁夏的增长方式差别很大, 陕西 TFP 的增长主要来源于综合技术效率的提高(其中综合技术效率增长 6.6%, 科技进步增加 0.2%), 宁夏 TFP 的增长则全部来源于科技进步。而对于 TFP 下降幅度较大的河北产区, 其 TFP 下降的主要原因是技术进步的下降, 综合技术效率影响不大, 因而, 要想提高该产区的生产效率, 必须加大科技的投入。

表 1 1994—2006 年各苹果主产区 TFP 年均总增长及构成

产区	综合技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率	全要素生产率排序
河北	0.999	0.863	1.000	0.999	0.862	7
山西	1.000	1.013	1.000	1.000	1.013	5
辽宁	1.012	1.047	1.020	0.993	1.060	3
山东	1.018	0.940	1.006	1.013	0.957	6
河南	1.101	0.988	1.084	1.015	1.087	1
陕西	1.066	1.002	1.025	1.040	1.069	2
甘肃	1.004	1.045	0.976	1.029	1.049	4
宁夏	1.000	1.069	1.000	1.000	1.069	2
全国平均	1.020	1.036	1.014	1.006	1.057	

2.2 2006 年我国苹果主产区生产效率分析及其改进

前面是以序列数据讨论了我国苹果主产区 1994—2006 年各主产区 TFP 年均总增长及构成情况, 下面以截面数据来讨论一下 2006 年各主产区综合技术效率、纯技术效率以及规模效率及其增减情况。表 2 是基于投入角度的 DEA 计算出的结果。

表 2 2006 年我国苹果主产区生产效率计算结果

产区	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬*
河北	0.992	1.000	0.992	drs
山西	1.000	1.000	1.000	crs
辽宁	0.759	1.000	0.759	irs
山东	1.000	1.000	1.000	crs
河南	0.932	1.000	0.932	drs
陕西	0.988	1.000	0.988	irs
甘肃	0.700	0.853	0.821	irs
宁夏	1.000	1.000	1.000	crs
主产区平均	0.921	0.982	0.937	
全国平均 [†]	0.868	0.868	0.999	

注: *全国平均在此包括非主产区的生产。* 规模报酬中 drs —— 规模报酬递减 (decreasing return to scale), crs —— 规模报酬不变 (constant return to scale), irs —— 规模报酬递增 (increasing return to scale)

首先, 从综合技术效率来看, 所选择的 8 个主产区中, 除了辽宁和甘肃分别是 0.759 和 0.700 较低以外, 其他 6 个产区都比较高, 其中山西、山东、宁夏的综合技术效率为 1.000, 说明这 3 个产区位于技

术前沿面上, 不但其纯技术有效, 而且处于最佳规模报酬阶段, 平均主产区综合技术效率为 0.921, 也比较高, 全国平均的综合技术效率为 0.868, 没有主产区平均的技术效率高。第 2, 主产区中除了甘肃以外, 纯技术效率均为 1.000, 全部纯技术有效, 说明从全国范围来看, 2006 年各苹果主产区的技术利用情况很好。第 3, 从规模效率来看, 山西、山东和宁夏 3 个产区位于最佳规模报酬阶段; 河北和河南处于规模报酬递减阶段, 要提高效率, 必须提高其规模效率, 即应该减小生产规模; 辽宁、陕西和甘肃处于规模报酬递增阶段, 增大其生产规模可以提高其生产效率。第 4, 可以看出, 同是综合技术效率比较低的甘肃和辽宁的情况也不相同, 甘肃的低综合技术效率(0.700)是由较低的纯技术效率(0.853)和较低的规模效率(0.821)共同造成的, 而辽宁的低综合技术效率(0.759), 仅仅是由其规模效率低下而引起的, 因为其纯技术效率有效, 位于技术前沿面上。所以, 2006 年从全国范围来看, 各主产区的综合技术效率还是比较高的, 除个别(甘肃)产区外, 造成技术无效的原因主要是规模不经济。

表 3 给出了 2006 年各主产区生产效率改进的参考数值。山东、山西和辽宁的技术效率为 1.000, 投入已达到了最佳状态, 不需要调整, 其余的 5 个产区, 或多或少都要进行调整, 其中调整幅度最大的是辽宁产区, 物质费用、期间费用和用工数分别可以减少 51.68%、24.09% 和 24.09%, 而使其产出不变。

其次是甘肃产区,物质费用、期间费用和用工数分别可以节约 29.97%、29.97%和 36.22%。物质费用上陕西和河北节约空间比较大,分别是 22.98%和 12.28%,河南的物质费用节约空间比较小,仅有 6.79%。期间费用除了辽宁和甘肃外,其他的节约

空间都不大。除了辽宁和甘肃外,河南的用工数还有较大的节约空间,可节约 26.51%,其他的产区劳动力的节约空间不大。总之,从效率的改进来看,物质费用节约的空间比劳动力的节约空间大,而劳动力的节约空间比期间费用大。

表 3 2006 年苹果各主产区投入可改进值及其改进幅度

产区	项目	原值	调整值	目标值	改进幅度(%)
河北	物质费用(元)	575.310	-70.636	504.674	-12.28
	期间费用(元)	39.230	-0.308	38.922	-0.785
	用工数(个)	36.800	-0.289	36.511	-0.785
辽宁	物质费用(元)	628.710	-324.912	303.797	-51.68
	期间费用(元)	31.620	-7.618	24.002	-24.09
	用工数(个)	28.600	-6.891	21.709	-24.09
河南	物质费用(元)	387.700	-26.326	361.374	-6.79
	期间费用(元)	19.470	-1.322	18.148	-6.79
	用工数(个)	43.500	-11.532	31.968	-26.51
陕西	物质费用(元)	677.830	-155.777	522.053	-22.98
	期间费用(元)	57.000	-0.699	56.301	-1.226
	用工数(个)	30.600	-0.375	30.225	-1.225
甘肃	物质费用(元)	405.170	-121.416	283.754	-29.97
	期间费用(元)	23.590	-7.069	16.521	-29.97
	用工数(个)	40.100	-14.524	25.576	-36.22

注: (1)以投入最低为目标。(2)山东、山西和宁夏的技术效率为 1.000,已达到了投入最优,其调整幅度为 0,故未列

3 结论

从以上实证分析可知,1994—2006 年我国苹果生产的生产效率实现了较大幅度的增长,全国平均 TFP 增长率达到 5.7%,其中技术进步提高的幅度(3.6%)比技术效率增加的幅度(2.0%)要大,苹果生产率的增长更多的来源于技术进步。苹果生产纯技术效率是综合技术效率增长的主要因素,苹果生产的规模效率变化整体来看比较平缓,基本趋势是稳中有升,增加幅度也很可观,是综合技术效率增长的不可忽视的因素。TFP 增长最快的产区是河南产区,其 TFP 增长率已达到 8.7%,其次是陕西和宁夏,分别达到了 6.9%,只有河北和山东两地 TFP 出现了负增长。绝大多数产区的 TFP 增长来源于科学技术的进步,只有河南产区 TFP 的增长更多的来源于技术效率的提高。根据 2006 年的截面数据运算结果,各主产区的纯技术效率除了甘肃产区以外都是 1.000,说明这些产区的苹果生产技术潜力得到了充分的发挥,造成综合技术无效的原因主要是规模不经济。从效率的改进来看,物质费用节约的空间比劳动力的节约空间大,而劳动力的节约空间比期间费用大。

参考文献:

- [1] Chares A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978(2): 429—444.
- [2] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis [J]. *Management Science*, 1984(30): 1078—1092.
- [3] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001(130): 498—509.
- [4] Tone K. A slacks-based measure of super efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002(143): 32—41.
- [5] Malmquist S. Index numbers and indifference surfaces [J]. *Trabajos de Estadística*, 1953(4): 209—242.
- [6] Caves D W, Christensen L R, Diewert W E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity [J]. *Econometrics*, 1982(50): 1393—1414.
- [7] 国家计委价格司. 全国农产品收益成本资料汇编 [M]. 北京: 中国物价出版社, 1995—2007.