

文章编号: 1003-207(2008)05-0090-06

供应链前沿生产函数的 DEA 估计研究

杨 锋, 梁 樑, 凌六一, 杜少甫

(中国科学技术大学管理学院, 安徽 合肥 230026)

摘 要: 技术效率评价在管理学理论研究与企业市场实践中均具有重要意义, 而对技术效率的评价必须立足于对前沿生产函数的估计。供应链管理已经被证实是降低成本以提供更大产品与更好服务的有效方法, 然而, 对于供应链的前沿生产函数的估计尚未得到研究。这主要是因为两方面研究的缺乏: 其一, 多产出的生产系统的前沿生产函数估计方法; 其二, 多阶段的生产系统的前沿生产函数估计方法。本文将提出一种供应链前沿生产函数的估计方法, 以解决上述两个主要障碍。有关商业银行运作的实证研究表明, 该方法能够估计供应链的前沿生产函数。

关键词: 数据包络分析; 供应链; 前沿生产函数

中图分类号: F406; N945 16 **文献标识码:** A

1 引言

供应链(Supply chain)是生产及流通过程中, 涉及将产品或服务提供给最终用户活动的上游与下游企业, 所形成的网链结构。供应链管理已经被证实是降低成本以提供更大产品与更好服务的有效方法^[1]。目前, 供应链管理研究领域的主要问题是供应链的协调、优化、控制、计划、重构等, 但对供应链的绩效评价的研究还不足。供应链绩效评价, 有助于为供应链的优化、重构等提供可行的标杆, 为供应链管理提供必要的信息。为了科学、客观地反映供应链的运营情况, 必须建立与之相适应的供应链绩效评价方法。基于供应链前沿生产能力的供应链技术效率评价, 是客观评价供应链绩效的重要方式。供应链前沿生产函数, 是基于对相似供应链样本的观测数据, 为了对供应链的理想(前沿)生产能力进行刻画, 而对供应链的总投入和总产出之间的关系所作出的函数形式的估计。供应链和传统企业存在较大差别, 因此, 供应链的前沿生产函数也与传统企业有所不同, 故存在研究的必要性。

无论在传统企业管理还是供应链管理领域, 效率评价, 尤其是技术效率评价, 都是十分重要的课

题。对技术效率的测量最早是由 Farrell^[2] 提出来的, 他首次提出运用前沿生产函数来测度技术效率, 即令 技术效率 = 实际生产能力 ÷ 前沿生产能力。在现有的技术水平下, 一个决策单元(decision making unit, 简称 DMU) 的产出能否达到其前沿边界, 依赖于技术效率水平的高低。若技术效率小于 1, 则说明未达到前沿生产水平, 其差额是由于技术未充分发挥而引起的损失。数据包络分析(Data Envelopment Analysis, 简称 DEA) 是用来评价一组有多输入、多输出的决策单元之间的相对效率的数学规划方法。第一个 DEA 模型是 Charnes 等人于 1978 年首先提出的 CCR 模型^[3]。自此以后, DEA 不仅在理论上有着长足的发展, 也被广泛应用于各个领域, 成为运筹学、管理科学、系统科学交叉研究的一个新的领域^[4]。

估计前沿生产函数, 是 DEA 研究和应用的一个重要方向, 有关研究对其有效性进行了证实^[5]。DEA 前沿生产函数, 与参数统计方法得到的回归生产函数相比, 具有独特的优势: 回归得到的生产函数, 是平均意义上的生产函数, 这与生产函数表示理想生产能力的实质是有所矛盾的; 而 DEA 方法得到的前沿生产函数, 正好是反映样本点的理想生产能力^[6]。我国学者关于通过 DEA 方法估计生产函数的研究是由魏权龄(1988)^[7] 开创的, 后来的国内学者在此领域的主要研究问题包括: 关于一般生产函数确定的研究^[8]、特殊生产函数的研究^[9]、前沿生产函数性质研究^[10]、前沿生产函数的应用^[11] 等等。但是, 这些关于前沿生产函数的研究成果, 仅仅针对

收稿日期: 2008-04-07; 修订日期: 2008-09-30

资助项目: 国家杰出青年基金(70525001); 国家自然科学基金(70801056); 中国科技大学青年科学基金

作者简介: 杨锋(1977-), 男(汉族), 湖北人, 中国科学技术大学管理学院, 管理科学与工程专业博士, 研究方向: 管理科学、运筹学。

传统的企业, 不适用于以供应链为代表的多阶段、多子系统的生产过程。

DEA 用于供应链效率评价, 近年来成为国内外研究的一个热点话题, 涌现出许多成果^[12-15]。然而, 上述研究仅仅针对效率评价, 并未涉及供应链的前沿生产函数估计。Wang 等人(2006)^[16]和 Northakot 等人(2008)^[17]分别就集装箱行业和食品行业的供应链优化, 利用 DEA 方法研究绩效改进, 但仍然未研究供应链的前沿生产函数估计。总之, 针对供应链前沿生产函数估计的研究, 在可查的文献范围内, 尚未发现有针对性的研究成果。

依据现有研究可以对单阶段、单产出系统的前沿生产函数进行拟合。本文首先研究对多产出系统的前沿生产函数进行拟合, 然后将两阶段系统的前沿生产函数进行合并, 以此推导出两阶段供应链系统的前沿生产函数。

2 研究背景分析

图 1 是三种生产函数图像的简要比较。图中有 6 个样本点。曲线 L_1 是前沿生产函数, 可以通过 DEA 方法得到; 折线 L_2 是样本点在 DEA BCC 模型下的外包络线, 也可以视为一种生产函数(这种生产函数在多投入-多产出的情况下不易拟合); 直线 L_3 是由线性回归分析得到的生产函数(也可以通过对数线性回归, 得到曲线型的生产函数)。

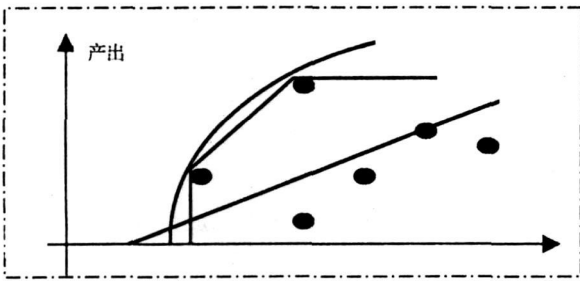


图 1 三种生产函数对比

本文并不准备比较几种方法的优劣, 因为这与样本大小、个人偏好, 以及对生产函数的理解与需求目的有关。例如, 样本较大时, 统计方法就显得较为准确; 而样本太小, 统计方法往往失真。又如, 假如研究目的是为了预测产出量, 则用回归方法较好; 假如是探寻理想产出的潜力, 则用 DEA 方法更佳。

本文的研究目的是对图 2 所示的供应链系统的前沿生产函数进行拟合。其中: X 是供应商的输入向量, Y 是制造商的输出向量, Z 既是供应商的产出, 也是制造商的投入, 这里称之为中间产品向量。

对于第 j 个供应链而言, 上述变量记作 X_j, Z_j 与 Y_j 。

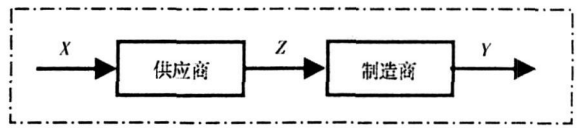


图 2 两阶段供应链

为了更清晰与方便的表达本文提出的方法, 下文将结合一个商业银行业务运作过程的真实例子, 来予以说明。一个典型的商业银行业务运作过程, 可抽象为如图 3 所示的金融供应链系统。不妨假设纳入研究的样本数量为 N 个。

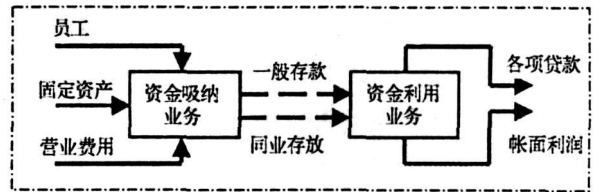


图 3 商业银行业务流程简图

对于第一个子系统(资金吸纳业务)而言, 有三种投入: 固定资产 (x_1)、员工人数 (x_2)、营业费用 (x_3); 两种产出: 一般存款 (z_1)、同业存放 (z_2)。对于第二个子系统(资金利用业务)而言, 有两种投入: 一般存款 (z_1)、同业存放 (z_2); 两种产出: 各项贷款 (y_1)、账面利润 (y_2)。对于第 j 个商业银行而言, 上述变量分别记作 $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, z_{1j}, z_{2j}, y_{1j}, y_{2j}$ (或以向量记做 X_j, Z_j, Y_j)。

现有研究可以对单阶段、单产出系统的前沿生产函数进行拟合^[14], 但图 2 与图 3 所示的生产系统均属于多产出、多阶段系统, 故现有方法存在缺陷, 下节给出解决方法。

3 供应链前沿生产函数的 DEA 估计

本文提出如下四步骤方法估计供应链系统的前沿生产函数, 并利用该前沿生产函数来估计实际供应链的技术效率。

步骤 1: 确定子系统的前沿投影。

传统的 DEA 方法用于前沿函数的估计, 并没有使用前沿投影数据, 而是直接使用原始数据。然而, 以投影数据来评估前沿生产函数, 更有利于更精确地确定前沿生产函数, 使得误差达到足够小。因此, 本文首先通过 CCR 方法, 确定各子系统在其前沿面上的投影, 以前沿投影代替实际子系统作为生

产函数估计的基础。

对于第 d 个商业银行的资金吸纳子系统而言, 其 CCR 效率 s_d 为下面规划的最优解:

$$s_d = \max U_A^T Z_d / V_A^T X_d$$

$$s. t. \quad U_A^T Z_j / V_A^T X_j \leq 1, \quad U_A^T, V_A^T \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \quad (1)$$

则该子系统的前沿投影可记为 (X_{dsd}, Z_d) 。

对于第 d 个商业银行的资金利用子系统而言, 其 CCR 效率 t_d 为下面规划的最优解:

$$t_d = \max U_B^T Y_d / V_B^T Z_d$$

$$s. t. \quad U_B^T Y_j / V_B^T Z_j \leq 1, \quad U_B^T, V_B^T \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \quad (2)$$

则该子系统的前沿投影记为 $(Z_d, Y_d/t_d)$ 。

在如下步骤里, 我们仅仅考虑前沿投影数据, 即认为第 d 个商业银行的投入、中间产品与产出分别为 $P_d = (p_{1d}, p_{2d}, p_{3d}) = X_{dsd} = (x_{1dsd}, x_{2dsd}, x_{3dsd})$, $Z_d = (z_{1d}, z_{2d})$, $Q_d = (q_{1d}, q_{2d}) = Y_d/t_d = (z_{1d}/t_d, z_{2d}/t_d)$ 。

步骤 2: 前沿生产函数拟合。

对于一个具有多种产出的生产系统, 传统方法只能依据每种产出分别估计生产函数, 这明显是不合理的。因此, 有必要发展一种能够适用于多产出情形的前沿生产函数估计方法。此方法可以通过如下一个两种产出的例子进行说明。假设有 N 个决策单元, 每个决策单元有两种投入 (K 与 L) 与两种产出 (X, Y), 生产函数为 Cobb-Douglas 型, 表达式为 $X^d Y = CL^a K^b U^{-1}$ 。这里, U^{-1} 为误差项。

需强调的是, 假设生产函数时, 必须保留一种产出的幂指数为 1。这是因为: (a) 如果不这样处理, 规划(3)的最优解恒为 0, 则无法估计各参数; (b) 即便所有产出的幂指数都不预设为 1, 也可以在上述 Cobb-Douglas 型生产函数表达式两边通过开方处理, 使得产出 Y 的幂指数变为 1。令 $x = \ln(X)$, $y = \ln(Y)$, $c = \ln(C)$, $l = \ln(L)$, $k = \ln(K)$, $u = \ln(U)$, 则上述 Cobb-Douglas 型生产函数表达式可化简为线形形式: $dx + y = c + al + bk - u$ 或 $u = c + al + bk - dx - y$ 。

若 $\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}, \hat{d}$ 为上述函数的参数估计值, 则第 j 个决策单元的估计误差为

$$u = \hat{c} + \hat{a}l_j + \hat{b}k_j - dx_j - y_j$$

现考虑所有样本(决策单元), 如下规划用以最小化估计误差的总和:

$$\min \sum_{j=1}^N [\hat{c} + \hat{a}l_j + \hat{b}k_j - dx_j - y_j]$$

$$s. t. \quad \hat{c} + \hat{a}l_j + \hat{b}k_j \geq dx_j + y_j, \quad \hat{c}, \hat{a}, \hat{b}, \hat{d} \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \quad (3)$$

(3) 可视为一个衍生的 DEA 模型, 其中投入与产出向量为 $(1, l_j, k_j)$ 与 (x_j, y_j) , 投入与产出权重为 $(\hat{c}, \hat{a}, \hat{b})$ 与 $(\hat{d}, 1)$ 。若(3)的最优解为 $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$, 则前沿生产函数为:

$$X^{\bar{d}} Y = e^{\bar{c}} L^{\bar{a}} K^{\bar{b}} \quad (4)$$

上述方法不仅适用于多产出的系统, 也适用于单产出的系统。

回到图 3 所示的金融供应链。对于第 d 个银行的子系统 A 经过步骤 1 得到的前沿投影而言, 有三种投入: 固定资产 ($p_{1d} = x_{1dsd}$)、员工人数 ($p_2 = x_{2dsd}$)、营业费用 ($p_3 = x_{3dsd}$); 两种产出: 一般存款 (z_{1d})、同业存放 (z_{2d})。将两种产出分别考虑。通过前述方法得到两个单产出生产函数:

$$z_1 = e^{a_1} p_1^{b_1} p_2^{c_1} p_3^{d_1} \quad \text{与} \quad z_2 = e^{a_2} x_1^{b_2} x_2^{c_2} x_3^{d_2} \quad (5)$$

再考虑第 d 个银行的子系统 B 经过步骤 1 得到的前沿投影, 有两种投入: 一般存款 (z_{1d})、同业存放 (z_{2d}); 两种产出: 各项贷款 ($q_{1d} = z_{1d}/t_d$)、账面利润 ($q_{2d} = z_{2d}/t_d$)。同样, 通过前述方法可以得到该子系统的两产出前沿生产函数如下:

$$q_1^h q_2 = e^{a_6} z_1^{b_6} z_2^{c_6} \quad (6)$$

步骤 3: 将各子系统生产函数复合成供应链前沿生产函数。

由(5)和(6)可以得到:

$$q_1^h q_2 = e^{a_6} (e^{a_1} p_1^{b_1} p_2^{c_1} p_3^{d_1})^{b_6} (e^{a_2} p_1^{b_2} p_2^{c_2} p_3^{d_2})^{c_6} = e^{a_6 + a_1 b_6 + a_2 c_6} p_1^{b_1 b_6 + b_2 c_6} p_2^{c_1 b_6 + c_2 c_6} p_3^{d_1 b_6 + d_2 c_6} \quad (7)$$

此即为供应链的前沿生产函数。

步骤 4: 通过供应链前沿生产函数估计供应链的技术效率。

通过下式可以得到任一条供应链的技术效率:

$$\theta_{PFj} = \sqrt[k]{T} \quad (8)$$

此处, k 为产出变量的个数, $T = (q_1^h q_2)_j / (e^{a_6 + a_1 b_6 + a_2 c_6} p_1^{b_1 b_6 + b_2 c_6} p_2^{c_1 b_6 + c_2 c_6} p_3^{d_1 b_6 + d_2 c_6})_j$ 。

4 算例研究

本算例来自文献[15]。银行业是 DEA 应用的重要领域, 商业银行业务运作过程是典型的两阶段供应链。本文通过一个商业银行运作实例来演示本文提出的方法, 实例选取了中国某国有商业银行安徽省分行下属的 17 个二级分行某年度的有关资料(见表 1)。有关指标的选取与图 3 所示一致: 投入指标包括固定资产净值、员工人数和营业费用; 产出指标包括各项贷款和账面利润; 中间产品指标包括

一般存款和同业存放。

表 1 投入与产出数据

DMU	固定资产净值(亿元)	员工人数(千人)	营业费用(亿元)	一般存款(亿元)	同业存放(亿元)	各项贷款(亿元)	账面利润(亿元)
1	1.0168	1.221	1.2215	166.9755	8.3098	122.1954	3.7569
2	0.5915	0.611	0.4758	50.1164	1.7634	19.4829	0.6600
3	0.7237	0.645	0.6061	48.2831	3.4098	34.4120	0.7713
4	0.5150	0.486	0.3763	35.0704	2.3480	15.2804	0.3203
5	0.4775	0.526	0.3848	49.9174	5.4613	34.9897	0.8430
6	0.6125	0.407	0.3407	23.1052	1.2413	32.5778	0.4616
7	0.7911	0.708	0.4407	39.4590	1.1485	30.2331	0.6732
8	1.2363	0.713	0.5547	37.4954	4.0825	20.6013	0.4864
9	0.4460	0.443	0.3419	20.9846	0.6897	8.6332	0.1288
10	1.2481	0.638	0.4574	45.0508	1.7237	9.2354	0.3019
11	0.7050	0.575	0.4036	38.1625	2.2492	12.0171	0.3138
12	0.6446	0.432	0.4012	30.1676	2.3354	13.8130	0.3772
13	0.7239	0.510	0.3709	26.5391	1.3416	5.0961	0.1453
14	0.5538	0.442	0.3555	22.2093	0.9886	13.6085	0.3614
15	0.3363	0.322	0.2334	16.1235	0.4889	5.9803	0.0928
16	0.6678	0.423	0.3471	22.1848	1.1767	9.2348	0.2002
17	0.3418	0.256	0.1594	13.4364	0.4064	2.5326	0.0057

如下结果中, 有关符号的含义为: 固定资产(x_1)、员工人数(x_2)、营业费用(x_3)、一般存款(z_1)、同业存放(z_2)、各项贷款(y_1)、账面利润(y_2)。

本例中有 7 条前沿生产函数被估计得到:

(1) 假设一般存款的表达式为 $z_1 = e^{a_1} x_1^{b_1} x_2^{c_1} x_3^{d_1}$

估计得到: $a_1 = 4.918, b_1 = 0, c_1 = 0, d_1 = 0.999$ 。

因此, 一般存款的函数形式为 $z_1 = e^{4.918} x_1^0 x_2^0 x_3^{0.999}$ 。

(2) 假设同业存放的表达式为 $z_2 = e^{a_2} x_1^{b_2} x_2^{c_2} x_3^{d_2}$

估计得到: $a_2 = 3.468, b_2 = 0.244, c_2 = 0, d_2 = 1.665$ 。

因此, 同业存放的函数形式为 $z_2 = e^{3.468} x_1^{0.244} x_2^0 x_3^{1.665}$ 。

(3) 假设第一个子系统(资金吸纳业务)的表达式为 $z_1^e z_2 = e^{a_3} x_1^{b_3} x_2^{c_3} x_3^{d_3}$

估计得到: $a_3 = 51.773, b_3 = 0, c_3 = 0, d_3 = 11.262, e = 10.055$ 。

因此, 第一个子系统(资金吸纳业务)的函数形式为 $z_1^{10.055} z_2 = e^{51.773} x_1^0 x_2^0 x_3^{11.262}$ 。

(4) 假设各项贷款的表达式为 $y_1 = e^{a_4} z_1^{b_4} z_2^{c_4}$

估计得到: $a_4 = 3.333, b_4 = 0, c_4 = 0.695$ 。

因此, 各项贷款的函数形式为 $y_1 = e^{3.333} z_1^0 z_2^{0.695}$

(5) 假设账面利润的表达式为 $y_2 = e^{a_5} z_1^{b_5} z_2^{c_5}$

估计得到: $a_5 = 0, b_5 = 0, c_5 = 0.625$ 。

因此, 账面利润的函数形式为 $y_2 = e^0 z_1^0 z_2^{0.625}$

(6) 假设第二个子系统(资金利用业务)的表达式为 $y_1^h y_2 = e^{a_6} z_1^{b_6} z_2^{c_6}$

估计得到: $a_6 = 0, b_6 = 0.720, c_6 = 1.002, h = 0.933$ 。

因此, 第二个子系统(资金利用业务)的函数形式为 $y_1^{0.933} y_2 = e^0 z_1^{0.720} z_2^{1.002}$ 。

(7) 将两个子系统的生产函数联立, 就得到了整个供应链的前沿生产函数:

$$y_1^{0.933} y_2 = e^{7.019} x_1^{0.244} x_3^{2.389} \tag{9}$$

通过该前沿生产函数, 可以得到 17 条供应链的技术效率, 如表 2 第 2 列所示。表 2 还比较了各种方法对供应链技术效率的评价结果与排序。其中, 第 4 列是忽略供应链内部过程, 利用传统 CCR 方法得到的整个供应链的效率; 第 6 列是利用文献[15]给出的供应链 DEA 模型得到的效率。

可见, 对于任何决策单元而言, 表 2 第 2, 4, 6 列所示的三种供应链效率评价结果均有: 供应链整体的 CCR 效率 > 供应链 DEA 模型的结果 > 前沿函数估计的供应链效率。运用传统 CCR 方法评价供应链效率, 得到的结果最大, 这是因为, 忽视系统内部结果进行评价, 必然会高估评价结果; 运用文献[10]给出的供应链 DEA 模型, 得到的结果居中; 运用前沿生产函数估计得到的效率值最小, 这是因为, 前沿生产函数体现了生产可能集决定的最优能力边界, 这一边界要高于供应链 DEA 模型对应的折线

型包络面;且本文给出的前沿生产函数由各子系统的前沿投影生成。

表 2 效率值表

DMU	前沿函数估计的结果		供应链 CCR 模型		供应链 DEA 模型	
	效率	排序	效率	排序	效率	排序
1	0.4287	2	1.0000	1	1.0000	1
2	0.2514	6	0.4510	6	0.4510	5
3	0.2589	5	0.5676	5	0.4320	6
4	0.2105	8	0.4059	7	0.2911	10
5	0.4939	1	0.9090	3	0.7342	2
6	0.3966	3	0.9558	2	0.4979	4
7	0.3296	4	0.6858	4	0.5177	3
8	0.1686	10	0.3713	9	0.2947	9
9	0.1167	14	0.2524	14	0.1741	14
10	0.1149	15	0.2146	15	0.2146	12
11	0.1649	11	0.2976	11	0.2578	11
12	0.1964	9	0.3442	10	0.3100	8
13	0.0829	16	0.1373	17	0.1285	16
14	0.2247	7	0.3827	8	0.3363	7
15	0.1363	13	0.2561	13	0.1621	15
16	0.1404	12	0.2660	12	0.1963	13
17	0.0356	17	0.1588	16	0.0827	17

由前沿生产函数得到的效率值大于 DEA 效率值,是存在客观道理的。DEA 理论存在着一个公认的定理,即:在不删减原有观测样本的条件下,随着观测样本的增加,决策单元的 DEA 效率会随之减少。这是因为,DEA 效率是单个决策单元相对于其他观测样本的相对效率,对比样本的增多,往往会导致单个决策单元相对优势的减少,也可能会增加更具优势的其他样本,从而导致该决策单元的相对优势丧失。设想一个极端情形,即对比样本无限增多,且分布在前沿生产函数的图像上,此时,DEA 包络线与前沿生产函数线重合,此时的 DEA 效率也与前沿生产函数得到的效率相等。在此变化过程中,单个决策单元相对于前沿生产函数的效率不变,但 DEA 效率值逐渐减少。因此,若对比样本并非无限多时,DEA 效率肯定会大于前沿生产函数得到的效率。

此外,虽然依据前沿生产函数得到的效率值相对其他两种效率值偏小,但三种方法得到的排序结果较为一致,各 DMU 排序误差不超过 2,这意味着,利用前沿生产函数估计效率值具有一定的合理性。

5 结语

本文提出了一种供应链前沿生产函数的估计方法。通过对传统方法的扩展,发展了一种针对多产

出情形的前沿生产函数的估计方法;通过联立各子系统的生产函数,初步研究了多阶段生产系统的前沿生产函数的估计方法。实证研究演示了这一过程。很显然,本文的方法能够直接扩展至多阶段的供应链情形。

对供应链技术效率的评价,可通过供应链 DEA 模型和供应链前沿生产函数来进行。在观测样本较少的情形下,通过前沿生产函数进行估计更为合理,也容易直观找出投入和产出之间的函数关系;在观测样本较多的情形下,供应链 DEA 方法和供应链前沿生产函数方法得到的结果将逐渐趋同。然而,供应链前沿生产函数方法的有效运用,依赖于生产函数预设形式的正确性,这也是应用难点之一。未来的研究可能在于对这一方法的进一步完善(如对供应链生产函数预设形式的完善),并在实践中加以运用。

参考文献:

- [1] Lee, H. L., C. Billington. Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities [J]. Sloan Management Review, 1992, 33(3): 65-73
- [2] Farrell M. J. The Measurement of Production Efficiency [J]. Journal of Royal Statistical Society, Series A, General, 1957, 120(3): 253-281
- [3] Charnes, A., et al. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2:429-444.
- [4] Cooper W. W., et al. Handbook on Data Envelopment Analysis [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004
- [5] Dyckhoff H., Allen K. Measuring Ecological Efficiency with Data Envelopment Analysis (DEA) [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 132(2): 312-325
- [6] Seiford L. M., Zhu Joe. On Piecewise Loglinear Frontiers and Log Efficiency Measures [J]. Computers & Operations Research, 1998, 25(5): 389-395
- [7] 魏权龄, 胡显佑, 肖志杰. DEA 方法与前沿生产函数 [J]. 经济数学, 1988, 5:1-13.
- [8] 魏权龄, 肖志杰. 生产函数与综合 DEA 模型 C2WY [J]. 系统科学与数学, 1991, 11(1):43-51
- [9] 郑方贤, 杨科威. 基于非参数 DEA 前沿的参数生产函数估计模型[J]. 统计研究, 2004, 3: 51-53
- [10] 马占新. 关于 DEA 有效性在数据变换下的不变性 [J]. 系统工程学报, 1999, 14(2): 129-134
- [11] 毛定祥. 我国资本市场产出效率与生产函数的实证分析[J]. 运筹与管理, 2005, 14(4): 107-110
- [12] Liang Liang, Yang Feng, Cook W. D., Zhu Joe. DEA

- Models for Supply Chain Efficiency Evaluation [J]. *Annals of Operations Research*, 2006, 145(1): 35– 49
- [13] Kao, C, Hwang, S- N. Efficiency decomposition in two- stage data envelopment analysis: an application to non- life insurance companies in Taiwan [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 185 (1), 418– 429
- [14] Chen Yao, Liang Liang, Zhu Joe. Equivalence in two- stage DEA approaches [J]. *European Journal of Operational Research* (in press).
- [15] 毕功兵, 梁樑, 杨锋. 两阶段生产系统的 DEA 效率评价模型 [J]. *中国管理科学*, 2007, 15(2): 92– 96
- [16] Wang T- F, Cullinane K. The efficiency of european container terminals and implications for supply chain management [J]. *Maritime Econ Logistics*, 2006, 2 (8): 82– 99
- [17] Nonthakot P, Villano R, Fleming E. Can strategic alliances in food processing increase the technical efficiency of housewives groups in Thailand [J]. *Journal on Chain and Network Science*, 2008, 8(1): 1569– 1829

DEA Estimation to Frontier Production Functions of Supply Chains

YANG Feng, LIANG Liang, LING Liu yi, DU Shao fu

(Management School, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Evaluation to technical efficiency is of great importance for both academic research in management science and the real world applications in market economy. The exact evaluation to technical efficiency should be based on the accuracy of estimation to the frontier production functions. Supply chain management has proven as an effective means to provide high-quality products or serves at the least cost. However, the research on the frontier production functions of supply chains is still in absence. Two reasons can be concluded: the first one is the absence of methods to estimate the frontier production functions of multiple-output process, and the second is the absence of methods to estimate the frontier production functions of multiple-stage process. This paper will advance an approach to estimate the frontier production functions of supply chains and the two obstacles can be overcome. The real world application about commercial banking process demonstrates that the proposed approach can be used to estimate the frontier production functions of supply chains.

Key words: data envelopment analysis (DEA); Supply chain; Frontier production function