

文章编号: 1000-6788(2009)05-0106-09

基于链形系统的关联网络 DEA 模型: 以我国 14 家商业银行为例

黄 祎, 葛 虹, 冯英浚

(哈尔滨工业大学 管理学院, 哈尔滨 150001)

摘 要 在规模报酬可变的假设条件下, 构建了链形系统的关联网络 DEA 模型. 利用这个模型不仅可以同时测算整个系统及其每个子过程的纯技术效率, 而且还能考查决策单元联接的有效性. 结合规模报酬不变下的关联网络 DEA 模型, 可以进一步测算链形决策单元的系统规模效率. 对我国 14 家商业银行 2005 年的效率测算结果表明: 由于考虑了子过程之间的关联性, 新建模型较传统的独立模型更合理, 也使决策单元的效率更具有可分性.

关键词 链形系统; 关联网络 DEA; 系统效率

中图分类号 N94

文献标志码 A

Relational network DEA model based on series system: Application of 14 commercial banks in China

HUANG Yi, GE Hong, FENG Ying-jun

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

Abstract A relational network DEA model is developed in this paper under the assumption of variable returns to scale. With this model, not only pure technical efficiencies of the series system and its sub-processes can be calculated simultaneously, but also the effectiveness of connection between those sub-processes can be identified. Moreover, the new model together with the relational network DEA model under constant return to scale can be used further to measure the scale efficiency of the series system. The proposed model is finally applied in measuring the system efficiency of 14 commercial banks in China. The efficiency scores are more reasonable and divisible than those obtained by the conventional independent model since the connection between its sub-processes is under consideration.

Keywords series system; relational network DEA; system efficiency

1 引言

自 Charns 等人^[1]提出数据包络分析 (DEA) 以来, 由于它不需要事先假定生产前沿的形式, 并具有测算多投入多产出决策单元 (DMU) 技术效率等方面的优势而得到广泛的关注与应用. 尽管国内外研究者在传统 DEA 框架下对模型的发展及应用做了大量的研究工作并取得了一系列成果^[2], 但传统的 DEA 模型忽略了 DMU 内部子过程间的相互作用, 因而并不能对 DMU 的内部结构和内在技术效率加以分析, 而仅仅把 DMU 当作一个“黑箱”来测算它的投入产出效率. 近年来, 随着社会的发展, 管理实践对效率评价提出了更

收稿日期: 2008-01-11

作者简介: 黄祎(1981-), 男, 福建邵武人, 博士研究生, 研究方向为数量经济、评价理论与方法; 葛虹(1962-), 女, 江苏睢宁人, 副教授, 研究方向为应用数理统计、数量经济; 冯英浚(1940-), 男, 北京人, 教授、博士生导师, 研究方向为运筹学、评价理论与方法.

高的要求, 深入到决策单元内部并找出低效症结所在的呼声越来越高, 这就要求我们找到新的方法来打开这个黑箱, 为管理实践提供更加有参考价值的效率评价结果。

网络 DEA(Network DEA) 正是应这种要求而产生的。网络 DEA 模型使我们能够在计算系统效率的同时还能得到系统内各子过程的效率。Färe 与 Grosskopf^[3]、Lewis 与 Sexton^[4]、Zhu 等人^[5] 以及国内一些学者^[6-8] 分别针对所研究的问题给出了各自的网络 DEA 模型, 并对其中一些模型进行应用研究, 得到了一些全新的结果。然而, 虽然上述模型考虑到了子过程会对系统效率产生影响, 但还是忽略了子过程之间的相互关系。Kao^[9] 通过对同种要素设定相同的权重来体现子过程间的相互关系, 并基于规模报酬不变 (CRS) 的假设提出了关联网络 DEA 模型, 在子过程效率和系统效率之间建立起较完美的数学关系式。但是 CRS 假设过于苛刻, 且 CRS 假设下的 DEA 模型度量的是纯技术效率和规模效率的综合效应, 并没有将二者进行区分。本文将研究规模报酬可变 (VRS) 的条件下, 链形系统的关联网络 DEA 模型及其所具有相关性性质。

本文安排如下: 第 2 部分是模型分析过程, 包括 VRS 假设下关联网络 DEA 模型的建立、模型相关性性质的证明以及若干定义; 第 3 部分应用我国 14 家商业银行的数据进行实证研究, 并通过对比分析来说明模型的合理性; 第 4 部分总结全文并给出进一步研究方向。

2 模型分析

链形系统是指系统内部子过程间按照一定顺序排列成链条, 且第一个子过程与最后一个子过程不相连。为方便起见, 本文先从图 1 所示的链形结构进行讨论。设在 DMU_i 中, 第一个子过程的投入产出分别为 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$, $Z_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ik})^T$, 第二个子过程的投入为第一个子过程的产出 Z_i , 而产出为 $Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{is})^T$ 。

如果不考虑 DMU 内部结构, 忽略 DMU 内部子过程之间的相互关系, 计算效率时往往是将每个 DMU 看成一个整体, 这样对于 DMU_i 来说, 由于它的投入产出分别为 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$ 和 $Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{is})^T$, 因此可以根据经典的 BCC 模型 (1) 计算出它的纯技术效率^[10]。

$$E_{BCC} = \max (u^T Y_i + \mu_i) / v^T X_i$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} u^T Y_j + \mu_j - v^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq \varepsilon e_s, v \geq \varepsilon e_m, \mu_i \in R^1 \end{cases} \quad (1)$$

其中 ε 为阿基米德无穷小量, $e_s^T = (1, \dots, 1) \in R^s$, $e_m^T = (1, \dots, 1) \in R^m$ 。类似地, 可以利用模型 (2) 和 (3) 分别测算两个子过程的纯技术效率。

$$E_{BCC}^{(1)} = \max (\delta'^T Z_i + \mu_i^{(1)}) / v^T X_i$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \delta'^T Z_j + \mu_j^{(1)} - v^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \delta' \geq \varepsilon e_k, v \geq \varepsilon e_m, \mu_i^{(1)} \in R^1 \end{cases} \quad (2)$$

$$E_{BCC}^{(2)} = \max (u^T Y_i + \mu_i^{(2)}) / \delta''^T Z_i$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} u^T Y_j + \mu_j^{(2)} - \delta''^T Z_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq \varepsilon e_s, \delta'' \geq \varepsilon e_k, \mu_i^{(2)} \in R^1 \end{cases} \quad (3)$$

其中 $e_k^T = (1, \dots, 1) \in R^k$ 。

若考虑 DMU 内部子过程之间相关关系, 则在构建系统效率测算模型时, 须满足如下两个条件^[9]: ① 每个子过程都必须满足前沿条件, 即累积产出不超过累积投入; ② 对于系统中的某种要素, 不论它用作投入或是产出, 也不论它用于哪个子过程, 它的权重始终是相同的, 即在模型 (2) 和 (3) 中, 应有 $\delta' = \delta''$ 。

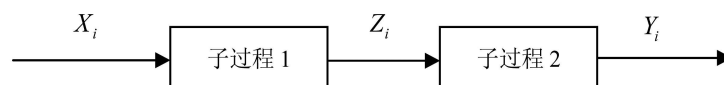


图 1 具有两个子过程的 DMU 内部结构

基于上述条件, 本文构建如下模型来测算链形 DMU 的纯技术效率:

$$E = \max \left(u^T Y_i + \sum_{d=1}^2 \mu_i^{(d)} \right) / v^T X_i$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} u^T Y_j + \sum_{d=1}^2 \mu_i^{(d)} - v^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n & (4.1) \\ \delta^T Z_j + \mu_i^{(1)} - v^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n & (4.2) \\ u^T Y_j + \mu_i^{(2)} - \delta^T Z_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n & (4.3) \\ u \geq \varepsilon e_s, v \geq \varepsilon e_m, \delta \geq \varepsilon e_k, \mu_i^{(1)}, \mu_i^{(2)} \in R^1 \end{cases}$$

其中约束 (4.1) 是 DMU 本身作为一个系统所需要满足的前沿条件, 约束 (4.2) 和 (4.3) 则分别是子过程 1、2 所要满足的前沿条件, 这些约束使得模型满足上述的条件①. 而同时我们可以看到, 模型中相同要素的权重均相同, 这满足了上述的条件②. 事实上, 连接两个子过程的中间产出 Z_i 在两个子过程中具有相同的权重体现了两个子过程之间的关联关系. 从经济学角度来看, 若将权重视为要素的影子价格, 则同种要素的权重相同也具有合理性.

通过对模型 (4) 的分析, 我们可以进一步发现 (4.2) 与 (4.3) 之和恰好等于约束 (4.1), 故约束 (4.1) 是多余的. 因此模型 (4) 可以进一步简化为:

$$E = \max \left(u^T Y_i + \sum_{d=1}^2 \mu_i^{(d)} \right) / v^T X_i$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \delta^T Z_j + \mu_i^{(1)} - v^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n & (5.1) \\ u^T Y_j + \mu_i^{(2)} - \delta^T Z_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n & (5.2) \\ u \geq \varepsilon e_s, v \geq \varepsilon e_m, \delta \geq \varepsilon e_k, \mu_i^{(1)}, \mu_i^{(2)} \in R^1 \end{cases}$$

对模型 (5) 进行如下变换

$$t = 1/v^T X_i, \mu = t u, \varphi = t \delta, \omega = t v, \eta_i^{(1)} = t \mu_i^{(1)}, \eta_i^{(2)} = t \mu_i^{(2)}, \tilde{\varepsilon} = t \varepsilon$$

可以得到模型 (6).

$$E = \max \mu^T Y_i + \sum_{d=1}^2 \eta_i^{(d)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \varphi^T Z_j + \eta_i^{(1)} - \omega^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \mu^T Y_j + \eta_i^{(2)} - \varphi^T Z_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_i = 1 \\ \mu \geq \tilde{\varepsilon} e_s, \omega \geq \tilde{\varepsilon} e_m, \varphi \geq \tilde{\varepsilon} e_k, \eta_i^{(1)}, \eta_i^{(2)} \in R^1 \end{cases} \quad (6)$$

类似地, 可以将模型 (2)、(3) 变换成:

$$E_{BCC}^{(1)} = \max \varphi^T Z_i + \eta_i^{(1)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \varphi^T Z_j + \eta_i^{(1)} - \omega^T X_j \leq 0 \\ \omega^T X_i = 1 \\ \varphi \geq \tilde{\varepsilon} e_k, \omega \geq \tilde{\varepsilon} e_m, \eta_i^{(1)} \in R^1 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2')$$

$$E_{BCC}^{(2)} = \max \mu^T Y_i + \eta_i^{(2)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \mu^T Y_j + \eta_i^{(2)} - \varphi^T Z_j \leq 0 \\ \varphi^T Z_i = 1 \\ \mu \geq \tilde{\varepsilon} e_s, \varphi \geq \tilde{\varepsilon} e_k, \eta_i^{(2)} \in R^1 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (3')$$

定理 1 模型 (6) 有最优解, 且最优值 ≤ 1 . (由文献 [11] 中的定理 1.1.1 及定理 1.1.2, 容易证得.)

定义 1 若模型 (6) 的最优解 $\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*}$ 满足最优值等于 1, 即 $E = 1$, 则称 DMU_i 是弱有效的.

定义 2 若模型 (6) 的最优解 $\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*}$ 满足最优值等于 1, 即 $E = 1$, 且 $\mu^* > 0, \omega^* > 0, \varphi^* > 0$, 则称 DMU_i 是有效的.

若 $\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*}$ 为模型 (6) 的最优解, 则 DMU_i 及其两个子过程的效率分别为:

$$E = \mu^{*T} Y_i + \sum_{d=1}^2 \eta_i^{(d)*} \tag{7.1}$$

$$E^{(1)} = (\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i \tag{7.2}$$

$$E^{(2)} = (\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*}) / \varphi^{*T} Z_i \tag{7.3}$$

其中 (7.1) 测算的是系统纯技术效率, (7.2) 和 (7.3) 测算的分别是子过程 1 和子过程 2 的纯技术效率. 文献 [9] 证明了在规模报酬不变的假设下系统技术效率是两个子过程技术效率的乘积. 然而在规模报酬可变的假设下, 等式 $E = E^{(1)} \times E^{(2)}$ 不再恒成立. 对此, 我们由整体涌现性^[12] 给出关联指数的定义, 用以表示 DMU_i 内各子过程间的关联度.

定义 3 记关联指数 $CI = E / (E^{(1)} \times E^{(2)})$. 若 $CI > 1$, 即系统纯技术效率大于各子过程效率的乘积, 则称 DMU_i 的内部各子过程间的关联是有效的; 若 $CI = 1$, 即系统纯技术效率等于各子过程效率的乘积, 则称 DMU_i 的内部各子过程间的关联是弱有效的; 若 $CI < 1$, 即系统纯技术效率小于各子过程效率的乘积, 则称 DMU_i 的内部各子过程间的关联是无效的.

关联指数 CI 反映了各子过程按照系统结构方式相互作用、相互补充、相互制约而激发出来的相干效应, 即结构效应、组织效应. 由相同子系统组成的 DMU 按照不同方式进行组织和管理, 可能产生截然不同的整体效率和效益.

模型 (6) 的对偶规划为:

$$E = \min \left[\alpha - \varepsilon \left(\sum_{h=1}^m s_h^x + \sum_{g=1}^k s_g^z + \sum_{r=1}^s s_r^y \right) \right]$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \alpha x_{ih} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{jh} - s_h^x = 0 & h = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \beta_j y_{jr} - s_r^y = y_{ir} & r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{jg} - \sum_{j=1}^n \beta_j z_{jg} - s_g^z = 0 & g = 1, 2, \dots, k \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \sum_{j=1}^n \beta_j = 1 \\ \lambda_j, \beta_j, s_h^x, s_r^y, s_g^z \geq 0, & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \tag{8}$$

从模型 (8) 中可以看出, 乘子 λ_j 和 β_j 分别对应于子过程 1 和子过程 2. 如果将两个子过程视为一个整体的话, 那么由前沿投影点的唯一性可以得到 $\lambda_j = \beta_j, j = 1, 2, \dots, n$, 因此, 模型 (8) 变成:

$$E = \min \left[\alpha - \varepsilon \left(\sum_{h=1}^m s_h^x + \sum_{r=1}^s s_r^y \right) \right]$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \alpha x_{ih} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{jh} - s_h^x = 0 & h = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{jr} - s_r^y = y_{ir} & r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j, s_h^x, s_r^y \geq 0, & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \tag{9}$$

这恰好是模型 (1) 的对偶, 即经典的 BCC 模型.

注意到, 模型 (8) 中允许 $\lambda_j \neq \beta_j$, 所以模型 (8) 约束比模型 (9) 的弱, 也就是说模型 (8) 的可行域大于模型 (9) 的可行域, 显然模型 (8) 的最优值小于等于模型 (9) 的最优值.

按照构造模型 (6) 的相同的方式, 可以从 CCR 模型出发得到模型:

$$\begin{aligned} \tilde{E} = \max \quad & \mu^T Y_i \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \varphi^T Z_j - \omega^T X_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \mu^T Y_j - \varphi^T Z_j \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_i = 1 \\ \mu \geq \tilde{\epsilon} e_s, \omega \geq \tilde{\epsilon} e_m, \varphi \geq \tilde{\epsilon} e_k \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

事实上, 模型 (10) 正是文献 [9] 中所构建的链形系统关联网络 DEA 模型, 以下称 Kao 模型. 由于该模型是在规模报酬不变的假设下建立起来的, 因此它所计算的效率为技术效率.

定义 4 基于模型 (6)、(10) 以及经典规模效率的定义^[10], 我们称 $S = \tilde{E}/E$ 为具有链形结构的 DMU_i 的系统规模效率.

定理 2 一个 DMU_i 有效, 当且仅当它的每个子过程都是有效的.

证明(充分性) 当两个子过程均有效时, 不妨设 $(\omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*})$ 和 $(\mu^*, \varphi^*, \eta_i^{(2)*})$ 分别为子过程 1 和子过程 2 的最优解, 最优值都为 1, 且 $\mu^* > 0, \omega^* > 0, \varphi^* > 0$. 由模型 (2')、(3') 容易看出 $(\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*})$ 为模型 (6) 的可行解.

又因为 $(\omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*})$ 是子过程 1 的最优解, 且最优值为 1, 故

$$(\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i = 1 \quad \text{即} \quad \varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i = 0 \quad (11)$$

同理, 对于子过程 2 来说有

$$(\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*}) / \varphi^{*T} Z_i = 1 \quad \text{即} \quad \mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} - \varphi^{*T} Z_i = 0 \quad (12)$$

将 (11) 式和 (12) 式相加得:

$$\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i = 0$$

又因为 $\omega^* > 0$, 故 $\omega^{*T} X_i > 0$, 所以

$$(\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i = 1$$

再由定理 1 及定义 2 易知 DMU_i 是有效的.

(必要性) 当 DMU_i 有效, 不妨设 $(\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*})$ 是模型 (6) 的最优解, 最优值为 1, 且 $\mu^* > 0, \omega^* > 0, \varphi^* > 0$, 即

$$(\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i = 1$$

$$\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i = 0$$

上式相当于

$$(\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i) + (\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} - \varphi^{*T} Z_i) = 0 \quad (13)$$

由于 $(\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*})$ 是模型 (6) 的解, 因此满足模型 (6) 的约束条件:

$$\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i \leq 0 \quad \text{且} \quad \mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} - \varphi^{*T} Z_i \leq 0 \quad (14)$$

(14) 式表明 $(\omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*})$ 和 $(\mu^*, \varphi^*, \eta_i^{(2)*})$ 分别为子过程 1 和子过程 2 的可行解. 同时根据 (13) 式和 (14) 式可以得到:

$$\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*} - \omega^{*T} X_i = 0 \quad \text{且} \quad \mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*} - \varphi^{*T} Z_i = 0$$

再由 $\mu^* > 0, \omega^* > 0, \varphi^* > 0$

$$(\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i = 1 \quad \text{且} \quad (\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*}) / \varphi^{*T} Z_i = 1$$

所以子过程 1 和子过程 2 均有效. 证毕.

由定理 2 可知, 对于有效的 DMU 有 $E = E^{(1)} = E^{(2)} = 1$, 那么此时 $CI = 1$, 而这样的 DMU 不仅是系统的前沿点, 也是各子过程的前沿点, 因此, 我们可以称这样的 DMU 的系统关联是强有效的, 并以此作为定义 3 的补充.

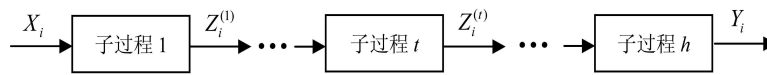


图 2 具有 h 子过程的 DMU 内部结构

上述讨论主要围绕两个子过程的情形展开, 对于如图 2 所示的 h 个子过程的情形, 类似于模型 (6) 的建立过程, 可以得到相应的系统纯技术效率测算模型 (15)

$$\begin{aligned}
 E = \max \quad & \mu^T Y_i + \sum_{d=1}^h \eta_i^{(d)} \\
 \text{s.t.} \quad & \begin{cases} (\varphi^{(1)})^T Z_j^{(1)} + \eta_i^{(1)} - \omega^T X_j \leq 0, & j = 1, 2, \dots, n \\ (\varphi^{(t)})^T Z_j^{(t)} + \eta_i^{(t)} - (\varphi^{(t-1)})^T Z_j^{(t-1)} \leq 0 & j = 1, 2, \dots, n; t = 2, \dots, h-1 \\ \mu^T Y_j + \eta_i^{(h)} - (\varphi^{(h-1)})^T Z_j^{(h-1)} \leq 0, & j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_i = 1 \\ \mu \geq \tilde{\varepsilon} e_s, \omega \geq \tilde{\varepsilon} e_m, \varphi^{(1)}, \dots, \varphi^{(h-1)} \geq \tilde{\varepsilon} e_k, \eta_i^{(1)}, \dots, \eta_i^{(h)} \in R^1 \end{cases} \quad (15)
 \end{aligned}$$

若 $\mu^*, \omega^*, \varphi^{(1)*}, \dots, \varphi^{(h-1)*}, \eta_i^{(1)*}, \dots, \eta_i^{(h)*}$ 为模型 (15) 的最优解, 那么 DMU_{*i*} 及其 h 个子过程的纯技术效率为:

$$\begin{aligned}
 E &= \mu^{*T} Y_i + \sum_{d=1}^h \eta_i^{(d)*} \\
 E^{(1)} &= ((\varphi^{(1)*})^T Z_i^{(1)} + \eta_i^{(1)*}) / \omega^{*T} X_i \\
 E^{(t)} &= ((\varphi^{(t)*})^T Z_i^{(t)} + \eta_i^{(t)*}) / (\varphi^{(t-1)*})^T Z_i^{(t-1)} \quad t = 2, \dots, h-1 \\
 E^{(h)} &= (\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(h)*}) / (\varphi^{(h-1)*})^T Z_i^{(h-1)}
 \end{aligned}$$

此时关联指数的表达式变成 $CI = E / (E^{(1)} \times \dots \times E^{(t)} \times \dots \times E^{(h)})$. 此外, 两个子过程情形中讨论过的其他定义以及性质也都可以通过类似的方法较容易地扩展到 h 个子过程的情形.

3 实证分析

商业银行在我国金融体系中始终居于主导地位, 其效率的改进对提高我国银行业的国际竞争力、我国金融资源利用水平以及金融体系的安全与稳定有着极其重要的作用. 随着金融市场的进一步开放, 如何快速提高我国银行业的效率也变得越来来越紧迫. 以往基于 DEA 的商业银行效率研究多将每个被评价银行视为一个“黑箱”, 仅从银行整体的投入产出去考查银行的效率, 而没有去挖掘银行低效的深层次原因. 因而, 得到的效率值一方面容易引起争议, 另一方面不能准确地揭示评价对象具体的低效环节. 这样的评价结果对后期工作的指导意义不大. 接下来, 我们将利用本文构建的 VRS 假设下的关联网络 DEA 模型, 对我国商业银行进行效率评价.

商业银行的运营过程具有明显的两阶段特征, 其运营模式见图 3.

阶段 1: 银行利用现有的固定资产、员工、一般费用从顾客手中获得储蓄以及从其它金融机构获得存放于该行的资金.

阶段 2: 银行利用第 1 阶段获得的资金提供给需要资金的个人、企业或机构或者是从事投资活动.

因此本文选取的具体投入产出指标如表 1 所示.

同时本文选取了国有四大商业银行以及 10 家全国性股份制商业银行 2005 年的数据为样本进行实证研究 (光大银行和广东发展银行由于 2005 年的统计数据缺失而未入选). 数据来源为 Bankscope 数据库以及《中国金融年鉴 2006》. 计算结果见表 2.

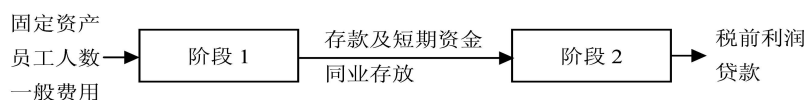


图 3 银行运营过程

表 1 投入产出指标

项目	指标
系统投入 (阶段 1 的投入)	固定资产 (Fixed assets) 员工人数 (No. of employees) 一般费用 (Overheads)
系统中间产出 (阶段 1 的产出, 亦即阶段 2 的投入)	存款及短期资金 (Deposits & short term funding) 同业存放 (Due to banks)
系统产出 (阶段 2 的产出)	税前利润 (Profit before tax) 贷款 (Loans)

表 2 14 家银行 2005 年的效率测算结果

银行名称	Kao(2007)	关联模型 (6)			独立模型			S	CI
	\tilde{E}	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	E_{BCC}	$E_{BCC}^{(1)}$	$E_{BCC}^{(2)}$		
工商银行	0.6899	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6899	1.0000
农业银行	0.4833	0.9931	0.9931	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4867	1.0000
中国银行	0.7395	0.9354	1.0000	0.9372	1.0000	1.0000	0.9405	0.7906	0.9981
建设银行	0.8110	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8110	1.0000
交通银行	0.6583	0.8554	0.8988	0.9565	0.9672	0.9000	0.9568	0.7696	0.9950
中信银行	0.7487	0.8724	0.9883	0.9066	1.0000	0.9885	0.9066	0.8582	0.9737
民生银行	0.7573	0.8600	1.0000	0.8544	1.0000	1.0000	0.8544	0.8806	1.0066
华夏银行	0.6682	0.7823	0.7823	1.0000	1.0000	0.7825	1.0000	0.8541	1.0000
招商银行	0.6834	0.8664	1.0000	0.8905	1.0000	1.0000	0.8906	0.7888	0.9729
兴业银行	0.7753	0.8538	1.0000	0.8363	1.0000	1.0000	0.8367	0.9081	1.0209
浦发银行	0.7338	0.8389	0.8389	1.0000	1.0000	0.8391	1.0000	0.8747	1.0000
深发展行	0.5903	0.7005	0.8341	0.8327	0.9042	0.8344	0.8392	0.8427	1.0086
恒丰银行	0.4897	0.9520	1.0000	0.8213	1.0000	1.0000	0.8213	0.5144	1.1591
浙商银行	0.5965	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5965	1.0000
最大值	0.8110	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9081	1.1591
最小值	0.4833	0.7005	0.7823	0.8213	0.9042	0.7825	0.8213	0.4867	0.9729
平均值	0.6732	0.8936	0.9525	0.9311	0.9908	0.9532	0.9319	0.7619	1.0096
标准差	0.1013	0.0907	0.0783	0.0723	0.0264	0.0785	0.0717	0.1376	0.0447

1) 关联模型效率结果分析

利用模型 (6) 以及 (7), 我们计算了所选 14 家银行 2005 年的系统及其各子过程的纯技术效率, 计算结果见表 2 的 3-5 列. 从整体来看, 2005 年 14 家银行的纯技术效率普遍较高, 均值达到 0.8936; 纯技术效率最低的是深圳发展银行 (0.7005); 纯技术效率最高的银行有 3 家, 它们分别是工商银行、建设银行和浙商银行. 计算结果还表明这 3 家银行两个阶段的纯技术效率也均为 1, 这一方面说明 3 家银行的系统纯技术效率计算结果为 1 的合理性, 另一方面也从实证角度验证了定理 2; 而两个阶段的纯技术效率都小于 1 的银行也有 3 家, 它们分别是交通银行、中信银行和深圳发展银行; 剩下的 8 家银行分别在阶段 1 或阶段 2 表现出了优异的纯技术效率, 其中仅在阶段 1 中有效的银行包括中国银行、民生银行、招商银行、兴业银行和恒丰银行, 这表明这 5 家银行在从顾客手中吸纳储蓄以及从其它金融机构获得存放资金方面的管理良好, 但在贷款及投资获利方面的运作则仍有待改善. 而另 3 家银行 (农业银行、华夏银行和浦发银行) 则应该在巩固贷款及投资获利方面高效的基础上, 着重提高阶段 1 的纯技术效率. 对于多数银行至少有一个过程是有效的计算结果, 我们认为这跟样本量过小有关. 但是在计算总体效率时, 样本量过小并没有产生严重的不可识别问题,

这是因为网络 DEA 将子过程纳入系统约束中, 相当于扩充了样本量.

2) 独立模型与关联模型效率结果对比分析

在不考虑两个子过程之间的关联关系的情况下, 直接利用 BCC 模型对整个 DMU 以及两个子过程进行测算的结果见表 2 中 6-8 列. 从系统效率的计算结果来看, 14 家银行中的 12 家 (除了交通银行、深圳发展银行) 系统纯技术效率都等于 1, 这样的评价结果显然意义不大, 而模型 (6) 的评价结果中仅有 3 家的系统纯技术效率为 1, 模型识别能力有大幅提高. 特别值得关注的是, 尽管中信银行两个阶段的效率值均未达到 1, 但是独立 BCC 模型给出的系统纯技术效率值却等于 1; 7 家银行 (中国银行、民生银行、华夏银行、招商银行、兴业银行、浦发银行和恒丰银行) 虽然仅有 1 个阶段的效率等于 1, 模型给出的系统纯技术效率值也同样为 1, 这样的评价结果是不合理的. 相反, 关联模型结果不仅便于对这些银行效率进行区分, 而且两个阶段的效率计算结果都与独立模型的结果很相近, 这也进一步说明模型 (6) 计算结果的合理性. 此外, 我们还注意到模型 (6) 计算得到的系统纯技术效率值 (表 2 第 3 列) 均小于等于独立模型的计算结果 (表 2 第 6 列), 这与模型 (8) 的效率测算值不超过模型 (9) 的效率值相吻合.

3) 规模效率结果分析

Kao 模型 (即模型 (10)) 计算的系统技术效率在表 2 第 2 列中给出. 通过对比容易发现, Kao 模型的评价结果均不超过模型 (6) (第 3 列) 的评价结果, 这是因为前者是基于规模报酬不变的假设下构建的模型, 其结果是规模效率和纯技术效率的综合, 而後者的评价结果仅仅是纯技术效率. 依照定义 4, 本文给出了 14 家银行系统规模效率的计算结果 (表 2 第 9 列), 从而将技术效率进一步分解成纯技术效率和规模效率. 与 Kao 模型相比, 模型 (6) 对效率值进行了细致的划分, 更便于评价对象找出造成低效的原因, 为下一步的工作改进指明了方向. 以农业银行为例, Kao 模型给出的总体效率仅为 0.4833, 通过分析我们发现农业银行的纯技术效率和规模效率分别为 0.9931 和 0.4867, 显然农业银行的低效主要是由于规模的低效引起的, 同时我们还可以得到农业银行两个阶段的纯技术效率分别为 0.9931 和 1, 因此在下一步工作中, 农业银行管理层应该着重研究如何对自身的规模进行调整, 同时兼顾提高吸纳储蓄以及其它金融机构资金的能力. 从系统规模效率结果看出, 14 银行的平均规模效率为 0.7619, 而且银行间的差距较大 (标准差达到 0.1376). 有趣的是, 我们还发现四大国有银行的平均规模效率 (0.6946) 低于其他商业银行的平均规模效率 (0.7888), 特别是明显低于除恒丰银行和浙商银行以外 (与其它银行相比, 恒丰银行和浙商银行成立时间短且总资产过少) 的其它 8 家商业银行的平均规模效率 0.8471.

4) 阶段间关联效率分析

表 2 中最后一列给出了各银行两个运营阶段的关联效率情况. 根据定义 3, 工商银行、建设银行和浙商银行的子过程关联是强有效的. 民生银行、兴业银行、深圳发展银行和恒丰银行处于子过程关联有效状态, 这表明这几家银行在两个运营阶段的沟通和协调上处理得较好, 使得总体纯技术效率大于等于两个阶段效率的累积. 同时也有 4 家银行在运营阶段的关联效率较差, 它们分别是中国银行、交通银行、中信银行和招商银行, 因此, 这 4 家银行还应该在今后的运营过程中加强阶段间的交流与协作.

4 结论

本文从系统角度出发, 构建了 VRS 假设下链形系统的关联网络 DEA 模型, 解决了系统及其子过程纯技术效率和规模效率的测算问题. 研究发现: 经典 BCC 模型是本文所构建模型的一种特殊形式, 这个新模型能够同时计算出系统及其子过程的纯技术效率, 结合 Kao 模型还可以计算出系统规模效率, 且一个 DMU 系统有效当且仅当它的每一个子过程均有效. 实证结果表明与传统独立的 BCC 模型相比, 本文模型给出的计算结果在有效性和合理性方面都有很大改观, 而且由于考虑了 DMU 内部子过程及子过程之间的相互关系, 更便于找出 DMU 的优势与劣势, 能为管理实践提供更具有价值的信息. 与 Kao 模型相比, 本文模型将系统效率分解成了系统纯技术效率和系统规模效率, 并给出了反映子过程间关联效率的评价结果, 因而计算结果更加具体、细致、全面.

此外, 由于链形系统的前提假设为前一子过程的产出即为后一子过程的投入, 这样的假设过于苛刻. 进

一步有意义的研究包括: 1) 允许后续子过程有另外的投入; 2) 将 VRS 关联网络 DEA 模型扩展到其它类型的组织结构 (如并行结构).

参考文献

- [1] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2: 429–444.
- [2] Gattoufi S, Oral M, Reisman A. Data envelopment analysis literature: A bibliography update(1951–2001)[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2004, 38: 159–229.
- [3] Fare R, Grosskopf S. Network DEA[J]. *Socio-economic Planning Sciences*, 2000, 34: 35–49.
- [4] Lewis H F, Sexton T R. Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure[J]. *Computers & Operations Research*, 2004, 31: 1365–1410.
- [5] Zhu J, Cook W D. Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis[M]. Springer, 2007: 189–208.
- [6] Yang Y S, Ma B J, Koike M. Efficiency-measuring DEA model for production system with k independent subsystems[J]. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 2000, 4(3): 343–353.
- [7] 殷梅英, 王梦光, 刘士新. 供应链分销阶段运作绩效评价 [J]. *系统工程理论方法应用*, 2004, 24(5): 400–403.
Yin M Y, Wang M G, Liu S X. Operational performance measurement in supply chain distribution[J]. *Systems Engineering — Theory Methodology Applications*, 2004, 24(5): 400–403.
- [8] 段永瑞, 田澎, 张卫平. 具有独立子系统的 C^2GS^2 -ISS 模型及应用研究 [J]. *管理科学学报*, 2005, 8(2): 31–37.
Duan Y R, Tian P, Zhang W P. C^2GS^2 -ISS model with independent subsystems and its application[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(2): 31–37.
- [9] Kao C. Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model[J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 192(3): 949–962.
- [10] 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(9): 1078–1092.
- [11] 魏权龄. 数据包络分析 (DEA)[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 6–8.
Wei Q L. *Data Envelopment Analysis(DEA)*[M]. Beijing: Science Press, 2006: 6–8.
- [12] 许国志. 系统科学 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000: 20–22.
Xu G Z. *Systems Science*[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, 2000: 20–22.