

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2024.08.017

基于效用网络 DEA 的银行运营绩效评价

王卓, 彭亲红, 丁涛, 谭常春

(合肥工业大学 经济学院, 安徽 合肥 230601)

摘要:针对两阶段网络数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)中加法和乘法效率分解模型所存在的问题,文章提出期望效用理论分析框架下的效率评价方法。首先考虑子系统的内在关系,给出子系统期望效率的定义,并通过蒙特卡洛仿真算法进行求解;然后利用多属性效用函数和不含投入的 DEA 模型集成得到系统总效率;进而将该方法拓展到一般性的多阶段序列网络数据包络分析法结构中,扩大其应用范围;最后通过对中国上市商业银行运营效率的评价来验证方法的有效性与合理性。

关键词:数据包络分析法(DEA);期望效率;蒙特卡洛;多属性效用理论

中图分类号:F832.33 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-5060(2024)08-1118-07

Bank operational performance evaluation based on utility network DEA

WANG Zhuo, PENG Qinrong, DING Tao, TAN Changchun

(School of Economics, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

Abstract: According to the drawbacks of additive and multiplicative decomposition models in two-stage network data envelopment analysis(DEA), this paper proposes a novel approach to efficiency evaluation based on expected utility theory. Firstly, considering the internal relations between two stages, the expected efficiency for each stage is defined and calculated by Monte Carlo experiments. Then, by using multi-attribute utility function and DEA model without input, the overall efficiency of the system is obtained. Moreover, in order to expand the scope of application, the approach is extended to a generalized multi-stage network structure. Finally, the effectiveness and rationality of the proposed approach are verified by an empirical study about operational performance of listed commercial banks in China.

Key words: data envelopment analysis(DEA); expected efficiency; Monte Carlo; multi-attribute utility theory

数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)^[1]是用来评价一组具有多个投入和多个产出的决策单元(decision making unit, DMU)相对效率的方法。自从 1978 年文献[2]提出了第 1 个 DEA 模型,即 CCR (Charnes-Cooper-Rhodes)模型,DEA 就吸引了研究者的广泛关注,并逐渐成为一种主流的绩效评价方法。在经典 DEA 模型中,每个 DMU 都被当作一个“黑箱”,即只关注初始投入和最终产出,而内部的运作过程并不清楚^[3]。因此,网络 DEA 打开“黑

箱”,可以获取更多的评价信息,近年来得到了更为广泛的应用^[4]。

序列型的两阶段生产结构是网络 DEA 的基本形式之一。文献[5]将美国商业银行的运作过程分为盈利过程 and 市场化 2 个阶段,其中第 1 阶段将劳动力和资本作为投入,产生利润和收入两种中间产出。在第 2 阶段中间产出又作为投入,产生市场价值和回报两类最终产出;网络生产结构不仅要考虑系统的总效率,还要关注各阶段的子效率,因而效率分解成为网络 DEA 的一个重

收稿日期:2021-06-11;修回日期:2021-10-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71801068)

作者简介:王卓(1997—),女,甘肃天水人,合肥工业大学硕士生;

谭常春(1977—),男,安徽合肥人,博士,合肥工业大学教授,硕士生导师,通信作者, E-mail: cctan@hfut.edu.cn.

要研究问题。现有的效率分解方式主要为乘法效率分解^[6]和加法效率分解^[7],前者将系统效率定义为两阶段效率的乘积,后者则将总效率定义为两阶段的加权和。基于这两类分解方式,网络 DEA 不仅从两阶段拓展到多阶段序列结构,而且从效率评价问题拓展到资源配置问题,还从银行系统拓展到社会生产生活诸多方面^[8-11]。

然而,近年来网络 DEA 中的效率分解在实际应用中也受到了诸多挑战。文献^[12]的研究指出,在复杂的网络 DEA 结构中,乘法效率分解模型会出现高度非线性,从而给求解带来极大困难;文献^[13]的研究发现,加法效率分解模型按照投入比例设定阶段权重的结果存在偏向性,即第 2 阶段的权重总大于第 1 阶段;文献^[14]认为效率分解方法预先定义总效率的集成方式,会造成求解阶段子效率厚此薄彼,从而出现低估系统总效率的现象;文献^[15]通过仿真发现,无论是通过模型内生还是专家主观设定的权重,都可能不影响效率的最终结果。

此外,无论是加法还是乘法的分解方式都缺乏理论支撑,即对总效率与分效率关系刻画的科学性不强。实际上,在网络结构中,由于中间产出连接的存在,各阶段的子效率是相互影响的,因而各子阶段的效率值并不唯一。考虑理论和现实的双重需要,本文基于期望效用理论,提出了一种新的网络 DEA 效率分析框架。具体而言,在基本的两阶段网络结构中,本文首先将给定阶段的子效率视为随另一阶段子效率变化的变量,从而给出了期望子效率的定义,并利用蒙特卡洛仿真算法进行求解;其次,利用多属性效用理论和不含明确投入的 DEA 模型,对期望子效率集成获得系统总效率。该方法克服了效率分解方法中的诸多缺陷,不预设总效率与子效率的明确关系,无需设定阶段权重,并且考虑了子效率所有取值的可能性,结果具有稳健性,然后将该方法拓展到一般化的多阶段网络 DEA 结构中,扩大了该方法的应用范围。本文将其应用到我国 23 家上市商业银行的效率评价当中,为分析我国商业银行的绩效水平提供了相应的证据。

1 乘法和加法效率分解模型

一种典型的两阶段网络结构如图 1 所示。假设有 $j(j=1,2,\dots,n)$ 个 DMU,每个 DMU 在第 1 阶段消耗 m 种投入 $x_{ij}(i=1,2,\dots,m)$,产出 D 种中间产品 $z_{dj}(d=1,2,\dots,D)$ 。在第 2 阶段,

D 种中间产品 $z_{dj}(d=1,2,\dots,D)$ 又作为投入产生 s 种最终产出 $y_{rj}(r=1,2,\dots,s)$ 。

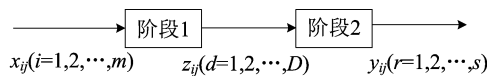


图 1 一种典型的两阶段网络结构

对于这种典型结构的效率评价,一般来说,有乘法效率分解^[6]和加法效率分解^[7] 2 种模型。乘法效率模型将系统效率定义为两阶段的效率乘积,即

$$\begin{aligned} \theta_o^x &= \max \left[\frac{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{do}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \times \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{do}} \right] = \\ & \max \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} / \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right); \\ \text{s. t. } & \frac{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ & \frac{\sum_{r=1}^s u_d y_{rj}}{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{dj}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ & u_r, \omega_d, v_i \geq \epsilon; r = 1, 2, \dots, s; \\ & d = 1, 2, \dots, D; i = 1, 2, \dots, m \quad (1) \end{aligned}$$

乘法效率分解模型虽然能解决一类特定情境下的网络 DEA 评价问题,但仍存在一定的局限性。一方面,乘法效率分解模型适用于规模报酬不变假设下的效率测度问题,在规模报酬可变时模型可能无解;另一方面,在复杂的网络 DEA 结构下,该模型目标函数的高度非线性也会导致模型求解的困难。

与乘法效率分解模型不同,加法效率分解模型把系统总效率定义为分阶段效率的加权和,模型公式如下:

$$\begin{aligned} \theta_o &= \max \left[\alpha \frac{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{do}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} + (1 - \alpha) \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{d=1}^D \omega_d z_{do}} \right], \\ \text{s. t. } & \text{式(1)的约束,且 } 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (2) \end{aligned}$$

其中,权重 α 和 $1-\alpha$ 分别表示第 1 阶段和第 2 阶段的子效率占系统总效率的相对重要性。由于模型式(2)是一个非线性规划模型,文献^[7]以两阶段的投入占比来设定该权重,从而将该模型转化

为线性形式,然而这种权重设定是有偏的,即第 2 阶段的权重总是不小于第 1 阶段。在实际应用中,加法分解方式还存在以下问题。

1) 由于现实问题的复杂性与不确定性,采用专家设定打分的方式指定阶段权重过于主观,也不符合传统 DEA 中无需人为设定权重的思想^[16]。例如,在群体决策中,达成一致的结果可能会比较困难,甚至专家也不愿意进行赋权。

2) 加法分解方法隐含了 2 个子阶段效率满足加性独立性的假设,可能会忽略两阶段的交互作用对系统效率的影响。以商业银行为例,整个运营系统包含资金筹集和资金运用 2 个阶段,假定两阶段重要性相同。对于两家银行,第 1 家两阶段子效率分别为 1.0、0.2,第 2 家均为 0.6,其在加法效率分解模型下的总效率相同,但若考虑 2 个阶段的协调性,第 2 家银行的效率则更优。

3) 无论是乘法效率分解模型还是加法效率分解模型,都会存在所有决策单元效率均小于 1 的情况。实际上,DEA 是一种相对效率评价方法,若能类似于传统 DEA 模型,保证至少 1 个有效单元,不仅能进行效率比较,还能有利于进行标杆分析和效率改进。

2 模型构建

2.1 基于效用理论的期望效率框架

在网络 DEA 中,2 个阶段的连接主要体现在 D 种中间产品 z_{di} ($d=1,2,\dots,D$),特别是中间产品的乘子 w_d 。考虑第 1 阶段,中间产品作为产出,乘子越大则效率越高;但在第 2 阶段,中间产品作为投入,乘子越大则效率越低。中间产品乘子的变化直接影响着 2 个子阶段的效率值。根据文献^[17]提出的非合作博弈网络 DEA 方法,2 个子阶段可以表示为领导者、跟随者的主从关系。实际上,某个子阶段的效率值与另一个子阶段效率变量之间存在一对一的映射关系,可以记为:

$$\theta_o^1 = f(\theta_o^2), \quad \theta_o^2 = f(\theta_o^1) \quad (3)$$

其中: $0 \leq \theta_o^1 \leq 1; 0 \leq \theta_o^2 \leq 1$ 。

在第 2 阶段效率 θ_o^2 给定的情况下,第 1 阶段效率 θ_o^1 由以下模型计算得到:

$$\begin{aligned} \max \theta_o^1 &= \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right); \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束,且} \\ & \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \right) / \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) = \theta_o^2 \end{aligned} \quad (4)$$

类似地,在第 1 阶段效率 θ_o^1 给定的情况下,

第 2 阶段的效率 θ_o^2 的计算公式为:

$$\begin{aligned} \max \theta_o^2 &= \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \right) / \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right), \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束,且} \\ & \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right) = \theta_o^1 \end{aligned} \quad (5)$$

实际上,很多情况下,在两阶段结构中往往不存在领导者与追随者。基于博弈的思想,中间产品乘子的确定是一个协调的过程。考虑所有可能的乘子取值,则获得的效率值也是可行的。因此,本文定义子阶段的期望效率表示其绩效。

定义 1 第 1 阶段和第 2 阶段的期望效率分别为:

$$\begin{aligned} E(\theta_o^1) &= \int_{\theta_o^{2-}}^{\theta_o^{2+}} f(\theta_o^2) d\theta_o^2, \\ E(\theta_o^2) &= \int_{\theta_o^{1-}}^{\theta_o^{1+}} f(\theta_o^1) d\theta_o^1 \end{aligned} \quad (6)$$

其中: $\theta_o^{1+}, \theta_o^{1-}, \theta_o^{2+}, \theta_o^{2-}$ 分别为 θ_o^1 和 θ_o^2 的上、下界。

在定义 1 中,子阶段的期望效率为集成值,即一个阶段在另一阶段所有可行的效率取值下的综合绩效。当第 1 阶段为领导者、第 2 阶段为跟随者时,第 1 阶段获得最大效率,第 2 阶段获得最小效率;相反,当第 2 阶段为领导者、第 1 阶段为跟随者时,第 1 阶段获得最小效率,第 2 阶段获得最大效率。因此,2 个阶段效率值的上、下界的计算公式如下:

$$\begin{aligned} \theta_o^{1+} &= \max \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right), \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \theta_o^{2+} &= \max \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \right) / \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right), \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \theta_o^{1-} &= \max \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right), \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \right) / \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) &= \theta_o^{2+}, \\ \theta_o^{2-} &= \max \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \right) / \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right), \\ \text{s. t.} & \text{ 式(1)的约束} \\ \left(\sum_{d=1}^D w_d z_{do} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} \right) &= \theta_o^{1+} \end{aligned} \quad (10)$$

2.2 期望效率求解与集成

由于子阶段的期望效用函数没有显性表达式,因此无法直接通过定积分求解。蒙特卡洛仿真是一种通过构造概率模型,并对它进行随机试

验来解算数学问题的方法,其在金融、管理、物理和生物等领域都有广泛应用^[18]。因其计算的简便性和能提供直接并有效的统计结果,本文采用该模型来计算 2 个阶段的期望效率。以第 1 阶段的期望效率为例,计算步骤如下。

1) 基于均匀分布,在区间 $[\theta_0^-, \theta_0^+]$ 内随机产生 T 次(足够多)变量 θ_0^s 的取值。其中,上、下界 θ_0^+ 和 θ_0^- 分别由线性规划模型式(8)和式(10)求解得到。

2) 对于步骤 1)产生的 T 次 θ_0^s 的取值,代入式(4)进行求解,从而得到 T 个对应的 θ_0^s 值。

3) 步骤 2)计算得到的 T 次 θ_0^s 取值记为 θ_0^s ($s=1,2,\dots,T$),从而,第 1 阶段的期望效用可以由 $E(\theta_0^s) = \bar{\theta}_0^s = (\sum_{s=1}^T \theta_0^s) / T$ 进行估计。

多属性效用理论是一种主流的决策分析方法,可以用于集成 2 个阶段的期望效率值^[19]。在多种多属性效用函数表达式中,多元线性函数的应用最为广泛。

$$u(X) = \sum_{i=1}^n \omega_i u_i(X_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i} \omega_{ij} u_i(X_i) u_j(X_j) + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i} \sum_{m>j>i} \omega_{ijm} u_i(X_i) u_j(X_j) u_m(X_m) + \dots + \omega_{1,2,3,\dots,n} u_1(X_1) u_2(X_2) \dots u_n(X_n) \quad (11)$$

其中: $u_i(X_i)$ 是单个属性的效用函数,其值属于 $[0,1]$ 区间; ω_i 表示每个属性的权重满足 $0 \leq \omega_i \leq 1$; ω_{ijm} 表示 i, j 与 m 之间的交互影响因子。

基于多属性效用理论,定义两阶段系统的总效率,用于集成 2 个阶段的期望效率。

定义 2 两阶段系统的总效率如下:

$U(\theta_0) = \omega_1 E(\theta_0^1) + \omega_2 E(\theta_0^2) + \omega_{12} E(\theta_0^1) E(\theta_0^2)$ 。其中: $E(\theta_0^1)$ 和 $E(\theta_0^2)$ 分别为第 1 阶段和第 2 阶段的期望效率; ω_1 和 ω_2 为 2 个阶段的权重; ω_{12} 为 2 个阶段的交互影响。

由于 2 个阶段权重 ω_1 和 ω_2 的取值存在不确定性,本文利用不含明确投入的 DEA 模型^[20]求解每个 DMU 的系统总效率。

$$\begin{aligned} \max U(\theta_0) &= \omega_1 E(\theta_0^1) + \omega_2 E(\theta_0^2) + \omega_{12} E(\theta_0^1) E(\theta_0^2); \\ \text{s. t. } &\omega_1 E(\theta_0^1) + \omega_2 E(\theta_0^2) + \omega_{12} E(\theta_0^1) E(\theta_0^2) \leq 1; \\ &j = 1, 2, \dots, n; \omega_1, \omega_2, \omega_{12} \geq \epsilon \end{aligned} \quad (12)$$

特别地,当 2 个阶段的期望效率满足加性独立性,即 $\omega_{12} = 0$ 时,式(12)变为:

$$\begin{aligned} \max U(\theta_0) &= \omega_1 E(\theta_0^1) + \omega_2 E(\theta_0^2), \\ \text{s. t. } &\omega_1 E(\theta_0^1) + \omega_2 E(\theta_0^2) \leq 1; \\ &j = 1, 2, \dots, n; \omega_1, \omega_2, \omega_{12} \geq \epsilon \end{aligned} \quad (13)$$

2.3 多阶段网络 DEA 模型

文献[21]给出了一种一般化的多阶段序列网络结构,如图 2 所示。对应变量和标号的含义如下: $q=1,2,\dots,Q$ 分别表示 Q 个不同的生产阶段; $X_j^q(q=1,2,\dots,Q)$ 表示 DMU_{*j*} 在第 q 阶段外部的投入向量; $Z_j^q(q=1,2,\dots,Q-1)$ 表示 DMU_{*j*} 从第 q 阶段到第 $q+1$ 阶段的中间产出向量; $Y_j^q(q=1,2,\dots,Q)$ 表示 DMU_{*j*} 在第 q 阶段的最终产出向量; $v^q(q=1,2,\dots,Q)$ 、 $w^q(q=1,2,\dots,Q-1)$ 分别表示相应的外部投入和中间产出; $u^q(q=1,2,\dots,Q)$ 为最终产出的乘子。

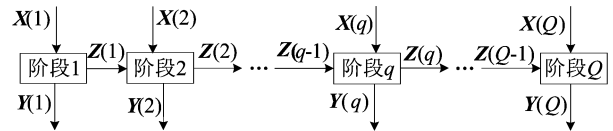


图 2 一般化多阶段网络结构

类似于两阶段网络 DEA,在上述 Q 个阶段网络结构中,任意给定 t 阶段的子效率可以由另外 $Q-1$ 个阶段效率的映射来表征。

定义 3 令 DMU_{*o*} 在第 q 阶段的子效率为因变量,而在第 t 阶段的子效率为自变量,则有 $\theta_0^q = f(\theta_0^t)$,其中: $q=1,2,\dots,Q$; $t=1,2,\dots,Q$; $t \neq q$; $0 \leq \theta_0^q \leq 1$; $0 \leq \theta_0^t \leq 1$ 。

根据定义 3,DMU_{*o*} 在第 q 阶段子效率的计算公式为:

$$\begin{aligned} \max \theta_0^q &= e_0^q; \\ \text{s. t. } &e_0^b \leq 1, \quad b = 1, 2, \dots, Q, \quad b \neq t; \\ &e_0^t = \theta_0^t \end{aligned} \quad (14)$$

其中, e_0^1, e_0^b, e_0^Q 分别为 DMU_{*o*} 在第 1、 b 、 Q 阶段的子效率。具体公式为:

$$\begin{aligned} e_0^1 &= \frac{u^{(1)} Y_0^{(1)} + w^{(1)} Z_0^{(1)}}{v^{(1)} X_0^{(1)}}; \\ e_0^b &= \frac{u^{(b)} Y_0^{(b)} + w^{(b)} Z_0^{(b)}}{w^{(b-1)} Z_0^{(b-1)} + v^{(b)} X_0^{(b)}}, \quad b = 2, 3, \dots, Q-1; \\ e_0^Q &= \frac{u^{(Q)} Y_0^{(Q)}}{w^{(Q-1)} Z_0^{(Q-1)} + v^{(Q)} X_0^{(Q)}}. \end{aligned}$$

本文分别计算第 t 阶段子效率的上下界。具体地,DMU_{*o*} 在第 t 阶段子效率的最大值计算公式为:

$$\begin{aligned} \max \theta_o^t &= e_o^t; \\ \text{s. t. } e_o^q &\leq 1, \quad q = 1, 2, \dots, Q \end{aligned} \quad (15)$$

在自变量 e_o^b (第 b 阶段子效率) 取最大值时, 第 t 阶段子效率的取值为:

$$\begin{aligned} \max \theta_o^{(b-t)^-} &= e_o^t; \\ \text{s. t. } e_o^q &\leq 1, \quad q = 1, 2, \dots, Q, \quad q \neq b; \\ e_o^b &= \theta_o^{t+} \end{aligned} \quad (16)$$

其中: 目标函数上标表示 t 阶段以 b 阶段为参照; 第 1 行约束保证所有子阶段的效率不大于 1; 第 2 行约束控制第 b 阶段子效率取最大值。

定义 4 DMU _{o} 在第 t 阶段子效率的最小值为 $\theta_o^{t-} = \min\{\theta_o^{(b-t)^-}, b=1, 2, \dots, Q, b \neq t\}$ 。

定义 4 表示 t 阶段子效率的下界在其余参照阶段均取最大值, 对应的 $Q-1$ 个效率的最小值时取到。根据效率上下界定义第 q 阶段的期望效率。

定义 5 DMU _{o} 在第 q 阶段的期望子效率为:

$$E(\theta_o^q) = \frac{\sum_{t \neq q} \int_{\theta_o^{t-}}^{\theta_o^t} f(\theta_o^t) d\theta_o^t}{Q-1}$$

定义 5 表示给定阶段的期望子效率为分别以其余 $Q-1$ 阶段为参照得到的期望效率的均值。因为任意阶段的效率取值都会直接影响相邻阶段的效率, 并间接影响非相邻阶段的效率, 所以以所有阶段为参照定义期望子效率是合理的。利用蒙特卡洛算法, 计算得到每个阶段的期望子效率值 $E(\theta_o^q) = \tilde{\theta}_o^q, q=1, 2, \dots, Q$ 。

综合利用多属性效用函数和不含投入的 DEA 模型^[20], 将 Q 个阶段的期望子效率集成, 得到系统总效率。

$$\begin{aligned} \max U(\theta_o) &= \sum_{q=1}^Q w_q \tilde{\theta}_o^q; \\ \text{s. t. } \sum_{q=1}^Q w_q \tilde{\theta}_o^q &\leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ w_q &\geq 0, \quad q = 1, 2, \dots, Q \end{aligned} \quad (17)$$

需要指出的是, 为了简化计算过程, 在式(17)中, 本文假定 Q 个阶段的期望子效率之间均满足加性独立性。

3 实证分析

3.1 数据来源

商业银行的运营过程可分为资金筹集和资金运用 2 个阶段。在资金筹集阶段, 通过投入指标得到中间产出; 在资金运用阶段, 2 种中间产品作

为投入, 得到最终产出。指标选择结果见表 1 所列。

表 1 商业银行运营阶段的指标

分类	具体指标
投入指标	固定资产价值 X_1
	员工数量 X_2
	所有者权益 X_3
中间产品	总筹集资金 Z_1
	由不良贷款转化的存款 Z_2
最终产出	贷款 Y_1
	证券投资 Y_2

本文共选取了 23 家上市商业银行为样本, 包括 5 家国有商业银行、8 家全国性股份制商业银行、7 家城市商业银行、3 家农村商业银行, 选取的银行及类型见表 2 所列。

表 2 选取的银行及类型

分类	数量/家	名称
国有商业银行	5	中国工商银行、中国银行、中国建设银行、中国农业银行、交通银行
全国性股份制银行	8	招商银行、民生银行、中信银行、华夏银行、平安银行、光大银行、兴业银行、浦发银行
城市商业银行	7	北京银行、南京银行、宁波银行、杭州银行、上海银行、江苏银行、贵阳银行
农村商业银行	3	吴江银行、常熟银行、江阴银行

相关数据来源于 Wind 数据库和 23 家上市银行 2016 年年报。根据选取的指标和样本给出相关数据的描述性统计, 其中员工数量 X_2 的最大值为 496 698 人, 最小值为 1 419 人, 均值为 96 385 人, 其他结果见表 3 所列。

表 3 2016 年我国上市银行投入产出指标 单位: 百万元

指标	最大值	最小值	均值	标准差
X_1	243 619	851	47 847	73 075
X_3	1 981 163	7 879	436 096	576 519
Z_1	20 888 664	71 819	5 158 511	6 431 990
Z_2	230 834	810	51 458	70 162
Y_1	12 767 334	43 927	2 950 902	3 904 347
Y_2	6 361 330	16 327	1 851 244	1 903 011

3.2 结果分析

上述商业银行两阶段网络结构期望效率见表 4 所列。

表 4 23 家商业银行两阶段网络结构期望效率

银行	效率区间		期望效率		总绩效
	第 1 阶段	第 2 阶段	第 1 阶段	第 2 阶段	
工商银行	[0.67,0.75]	[0.95,0.98]	0.73	0.97	0.97
农业银行	[0.82,1.00]	[0.79,0.86]	0.91	0.82	0.91
建设银行	[0.74,0.81]	[0.99,1.00]	0.79	0.99	0.99
中国银行	[0.73,0.73]	[1.00,1.00]	0.73	1.00	1.00
交通银行	[0.81,0.81]	[0.95,0.95]	0.81	0.95	0.95
中信银行	[1.00,1.00]	[0.93,0.93]	1.00	0.93	1.00
民生银行	[0.93,0.95]	[0.86,0.88]	0.94	0.87	0.94
招商银行	[0.79,1.00]	[0.89,0.98]	0.91	0.94	0.94
兴业银行	[0.91,0.92]	[0.92,0.92]	0.91	0.92	0.92
浦发银行	[0.87,1.00]	[0.93,0.94]	0.93	0.93	0.93
平安银行	[0.94,1.00]	[0.92,0.94]	0.98	0.93	0.98
华夏银行	[0.86,0.92]	[0.95,1.00]	0.90	0.98	0.98
光大银行	[0.91,0.92]	[0.91,0.93]	0.92	0.92	0.92
北京银行	[0.99,0.99]	[1.00,1.00]	0.99	1.00	1.00
南京银行	[0.79,0.90]	[0.86,1.00]	0.86	0.95	0.95
宁波银行	[0.78,0.86]	[0.87,1.00]	0.82	0.94	0.94
杭州银行	[1.00,1.00]	[1.00,1.00]	1.00	1.00	1.00
上海银行	[1.00,1.00]	[0.98,0.98]	1.00	0.98	1.00
江苏银行	[1.00,1.00]	[0.92,0.92]	1.00	0.92	1.00
贵阳银行	[0.80,0.84]	[0.93,1.00]	0.82	0.96	0.96
吴江银行	[0.57,0.70]	[0.90,0.97]	0.64	0.94	0.94
常熟银行	[0.69,0.69]	[0.00,1.00]	0.69	0.00	0.69
江阴银行	[0.64,0.93]	[0.38,0.94]	0.85	0.79	0.85

从表 4 可以看出:在第 1 阶段,随着第 2 阶段效率变化,有 8 家银行的效率保持不变,分别是中国银行、交通银行、中信银行、北京银行、杭州银行、上海银行、江苏银行和常熟银行,剩下的 15 家银行效率值为区间数;在第 2 阶段,以第 1 阶段的效率变化为参照,结果类似。该结果验证了在网络 DEA 中,各子阶段的效率值并不是唯一的。从 2 个阶段的期望效率来看,有 8 家银行的资金筹集效率高于其资金利用效率,分别为中国农业银行、中信银行、民生银行、平安银行、上海银行、江苏银行和江阴银行。因此,这些银行可以从资金利用方面采取措施,如优化信贷结构、提高资金配置效率等进一步改进自身的系统绩效。另外,有 12 家银行的资金利用效率高于其资金筹集效率,因此这些银行可以着眼于提高资金筹集的绩效,例如提高固定资产和自有资金的使用率等。从总绩效来看,根据不同子阶段期望效率的大小分别赋予权重得到总绩效,效率值大的阶段权重为 1,否则为 0。有 6 家银行的综合效率达到有效,分别为中国银行、中信银行、北京银行、杭州银行、上海银行和江苏银行,表明这些银行在资金筹集或资金运用阶段效率已达到有效。

不同所有制银行的效率比较如图 3 所示。由

图 3 可知:在资金筹集阶段,全国性股份制商业银行和城市商业银行效率高于国有商业银行和农村商业银行;在资金运用阶段,农村商业银行的效率明显低于其余 3 类银行;在总绩效上,由于农村商业银行在资金筹集和资金运用 2 个阶段效率都相对较低,其系统综合效率表现也相对较差。

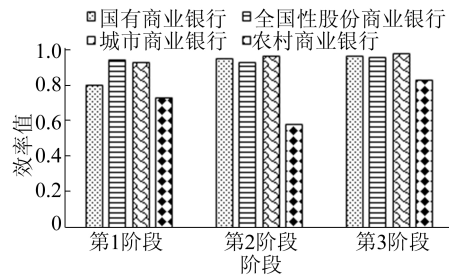


图 3 不同所有制上市银行平均效率比较

4 结 论

本文在网络 DEA 的分析框架下,提出了一种基于期望效用理论的效率评价方法,考虑了不同子阶段的连接关系和子效率的不唯一性,刻画了不同子阶段之间的映射关系,即给定子阶段的效率随其余子阶段效率变化而变化的关系。随后,本文通过期望效率来表征所有可能存在的子效率,且采用蒙特卡洛仿真算法估计各阶段的期望效率,并进一步利用多属性效用函数和不含明确投入的 DEA 模型对期望子效率进行集成,得到系统总效率,同时将该方法从两阶段基本结构拓展到一般化多阶段序列结构。最后考虑到银行业在我国供给侧结构性改革中扮演着极其重要的角色^[22],本文通过对我国 23 家上市银行 2016 年的运营效率的实证分析,验证了该方法的有效性。

本文的网络 DEA 效率评价不同于现有文献的建模思路,主要体现在:首先,现有文献主要在总效率定义和计算中体现分阶段的连接关系,而本文主要在子效率定义与计算的过程中考虑各分阶段的联系,更加符合现实;其次,当分阶段效率不唯一时,现有研究主要通过一定的原则选取一组效率,而本文综合了所有可能存在效率的期望值,结果更为稳健;最后,现有效率集成和分解方法主要针对于特定网络结构问题,而本文基于期望效用的效率评价方法具有较强的普适性。除此之外,如前文所述,该方法也克服了效率分解方法的一些缺陷。

同时本文也存在一定的局限性。一方面,该

方法主要关注于效率评价问题,难以对无效决策单元的投入、中间产出和最终产出进行前沿面投影。另一方面,传统单阶段 DEA 的乘子模型与包络模型互为对偶,而本文主要关注于乘子模型,对基于生产可能集的包络模型缺乏研究。需要指出的是,这 2 个问题同样是网络 DEA 研究中的公认难题,在相对较复杂的网络结构下,目前尚无有效的投影方式和合理的包络模型^[23]。这些问题也是本文未来突破的方向。

[参 考 文 献]

- [1] 杨国梁,刘文斌,郑海军. 数据包络分析方法(DEA)综述[J]. 系统工程学报,2013,28(6):840-860.
- [2] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making unit[J]. European Journal of Operation Researches, 1979, 2(6): 429-444.
- [3] 毕功兵,梁樑,杨锋. 一类简单网络生产系统的 DEA 效率评价模型[J]. 系统工程理论与实践,2010,30(3):115-119.
- [4] 韩松,苏熊. 中国商业银行结构效率研究:基于复杂网络 DEA 模型[J]. 中国管理科学,2016,24(8):1-9.
- [5] SEIFORD L M, ZHU J. Profitability and marketability of the top 55 U. S. commercial banks[J]. Management Sciences, 1999, 45(9): 1270-1288.
- [6] KAO C. Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: a relational model[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 192(3): 949-962.
- [7] CHEN Y, COOK W D, LI N, et al. Additive efficiency decomposition in two-stage DEA[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 196(3): 1170-1176.
- [8] 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):94-98.
- [9] 马建峰,何枫. 存在中间产品退出的混合型多阶段系统 DEA 效率评价[J]. 系统工程理论与实践,2015,35(11): 2874-2884.
- [10] 陈磊,王应明,王亮. 两阶段 DEA 分析框架下的环境效率测度与分解[J]. 系统工程理论与实践,2016,36(3): 642-649.
- [11] 马占新,曹莉,包斯琴高娃. 多层次复杂系统的资源优化配置方法[J]. 系统工程理论与实践,2018,38(7): 1802-1818.
- [12] ZHANG L, GUO C, WEI F. Multistage network data envelopment analysis: semidefinite programming approach[J]. Journal of the Operational Research Society, 2018, 70(8): 1-12.
- [13] ANG S, CHEN C M. Pitfalls of decomposition weights in the additive multi-stage DEA model[J]. Omega(The International Journal of Management Science), 2016, 58: 139-153.
- [14] LI X. A fair evaluation of certain stage in a two-stage structure: revisiting the typical two-stage DEA approaches[J]. Omega(The International Journal of Management Science), 2017, 68: 155-167.
- [15] GUO C, SHURESHJANI R A, FOROUGHI A A, et al. Decomposition weights and overall efficiency in two-stage additive network DEA[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 257(3): 896-906.
- [16] 丁涛,梁樑. 基于方案占优和排序稳健性的多属性决策方法[J]. 中国管理科学,2016,24(8):132-138.
- [17] LIANG L, COOK W D, ZHU J. DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition[J]. Naval Research Logistics, 2010, 55(7): 643-653.
- [18] PERELMAN S, SANT N D. How to generate regularly behaved production data? A Monte Carlo experimentation on DEA scale efficiency measurement[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 199(1): 303-310.
- [19] KEENEY R L, RAIFFA H, RAJALA D W. Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs[J]. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 1979, 9(7): 403-403.
- [20] LIU W B, ZHANG D Q, MENG W, et al. A study of DEA models without explicit inputs[J]. Omega(The International Journal of Management Science), 2011, 39: 472-480.
- [21] DESPOTIS D K, KORONAKOS G, SOTIROS D. The "weak-link" approach to network DEA for two-stage processes[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 254(2): 481-492.
- [22] 杨靖宇,陈亚,谭常春. 基于松弛变量测度的中国银行业效率评价研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2020,43(9):1281-1287.
- [23] LIM S, ZHU J. A note on two-stage network DEA model: frontier projection and duality[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 248(1): 342-346.

(责任编辑 李 凯)