

# 基于 DEA 的银行绩效研究综述\*

朱 宁 王 兵 于之倩

〔摘 要〕DEA 方法被广泛应用于各领域研究,而银行绩效评估正是 DEA 方法应用最为广泛的领域之一。本文对 DEA 方法在银行业效率和全要素生产率测算中的最新研究进行了梳理和介绍,同时特别强调在研究前期的数据处理问题,包括对投入、产出变量的选择、对异常值和负值变量的处理,以弥补并完善前人综述中的缺陷。我们试图从影子价格、风险变量、网络 DEA、DEA 自助法、宏观经济因素选取在银行业方面的应用介绍最新的 DEA 模型,同时也对全要素生产率进行了详细的综述,其中包括序列 DEA、全局 DEA、双期 DEA、共同边界 DEA 和生产率分解。最后,对 DEA 方法的未来发展趋势进行了展望。

关键词:银行绩效 DEA

JEL 分类号:C61 D24 G21

## 一、引 言

早期银行业主要运用比率分析(ratio analysis)方法来评估银行的绩效,但这种过于简单的方法存在无法评价多投入、多产出银行绩效的缺陷,有时甚至会出现结果矛盾的情况,因此,边界分析(frontier analysis)方法将其替代(Paradi et al., 2004)。Berger and Humphrey(1997)通过研究 130 篇运用边界分析方法评估金融机构绩效的文献,对边界分析方法(包括非参数的 DEA、FDH 方法和参数的 SFA、DFA、TFA 方法)的结构进行了详细的梳理<sup>①</sup>。

基于 Farrell(1957)的理论引导,“生产效率(productive efficiency)”的概念在理论和实践方面都受到广泛重视。针对早期的生产效率研究方法,Farrell(1957)认为使用多投入和(或)多产出的方法将会取得更合意的结果。Charnes et al.(1978)在规模报酬不变(CRS, constant return to scale)的假设下开创性的提出了最原始的数据包络分析(DEA, data envelopment analysis)模型,即 CCR (Charnes, Cooper and Rhodes)模型,这为后续 DEA 方法的研究奠定了坚实的理论基础。Banker et al. (1984)将规模报酬不变扩展到规模报酬可变(VRS, various returns to scale),即 BCC (Banker, Charnes and Cooper)模型。由于 DEA 方法并不需要提供价格信息,所以早期被广泛应用于如医院、学校等非盈利机构的绩效评估<sup>②</sup>。基于这种方法的实用性和简洁性,之后,DEA 模型被推广到金融机构、

\* 朱宁,暨南大学经济学院经济学系,博士研究生;王兵,暨南大学经济学院经济学系,教授,博士生导师;于之倩,广州大学经济与统计学院经济学系,讲师。本文受中央高校基本科研业务费专项资金(暨南远航计划:12JNYH002)、新世纪优秀人才支持计划(NCET-110856)、广东省人文社科重点研究基地项目(2012JDXM\_0009)、国家自然科学基金(71473105)和国家留学基金项目(CSC)的资助。作者感谢匿名审稿人对本文提出的建议,当然,文责自负。

① 除了本文介绍的数据包络分析(DEA)方法外,其余的方法分别是自由处置壳(FDH, free disposal hull)方法、随机前沿分析(SFA, stochastic frontier analysis)方法、自由分布方法(DFA, distribution-free approach)和厚边界方法(thick frontier approach),更详细的介绍可参考 Berger and Humphrey(1997)。

② 通常,经济效率(economic efficiency)=技术效率(technical efficiency)+配置效率(allocative efficiency)。由于技术效率并不考虑价格因素,所以也被称为“生产效率”,另外,技术效率还可以分解为纯技术效率和规模效率,所以还被称为“技术和规模效率”。配置效率考虑的是利润最大化和成本最小化,所以也被称为“价格效率”。后续的 DEA 模型中也可以计算决策单位的利润效率和成本效率。

环境管制、地区经济等诸多领域。至今,无论是从理论模型还是实证分析角度,DEA方法被众多研究人员所使用。

Emrouznejad et al.(2008)统计发现,自1978~2007年的30年间,已发表的DEA文献超过4000篇,其增长速度,尤其在2004~2006年,达到年均300%,其中,银行绩效评估是DEA方法应用最为广泛的领域之一,《European Journal of Operational Research》,《Omega》,《Journal of Banking & Finance》,《Journal of Productivity Analysis》等国际期刊也热衷于发表有关DEA方面的学术论文(Fethi and Pasiouras,2010)。

从我们掌握的文献来看,Sherman and Gold(1985)最早将DEA方法运用到银行效率测算方面,而国内最早使用DEA方法对银行效率进行测算的是杨宝臣等(1999),他们利用产出导向的DEA模型对某市14家分支机构的效率进行了横向比较,并对该市农行的效率进行了纵向评价。之后国内学者开始关注并使用DEA方法对中国银行业绩效进行研究,其中比较有代表性的有魏煜和王丽(2000)、张健华(2003)、徐传谔和齐树天(2007)、蔡跃洲和郭梅军(2009)、王兵和朱宁(2011a,2011b)、柯孔林和冯宗宪(2013)等,被广泛收录于《金融研究》、《经济研究》、《数量经济技术经济研究》等学术期刊。由于本文主要是针对DEA方法进行的综述,所以,诸如姚树洁等(2008)、张健华和王鹏(2010,2011)等使用SFA方法对中国银行业绩效进行评估的研究并没有被涵盖在本文中。图1显示了2000~2014年使用DEA方法评估银行业绩效的中文论文发表数目<sup>①</sup>。

无论是从方法研究还是实证分析的角度来看,当前DEA的发展进程早已超越了CCR和BCC等基础DEA模型的研究范围。对于DEA方法的发展,Seiford and Thrall(1990)对早期研究进行了归纳总结,Cook and Seiford(2009)在前人的基础上,对DEA方法的后续研究又提供了详细的综述。但是,针对DEA方法所涉及的具体领域的文献综述却并不多见。Zhou et al.(2008)对DEA方法在能源和环境方面的研究进行了分析,魏楚等(2011)则对环境敏感性生产率进行了详细综述。Fethi and Pasiouras(2010)对196篇有关银行绩效的文献进行了归纳,但并没有涵盖DEA方法在银行方面的最新研究成果。为此,我们试图针对银行绩效(包括效率和生产率)方面的DEA方法提供一个更前沿的综述<sup>②</sup>。

本文其余部分安排如图2所示:第二部分是数据处理,包括投入、产出变量选取,异常值处理和负值变量处理;第三部分是银行效率研究,包括不良贷款影子价格测算,考虑风险(偏好)因素的银行绩效研究,网络DEA的发展前沿,bootstrap在DEA方法中的应用及宏观经济因素影响分析;第四部分是对银行全要素生产率的研究,涉及基于参考集的生产率指数(指标)划分,Metafrontier生产率模型和生产率指数(指

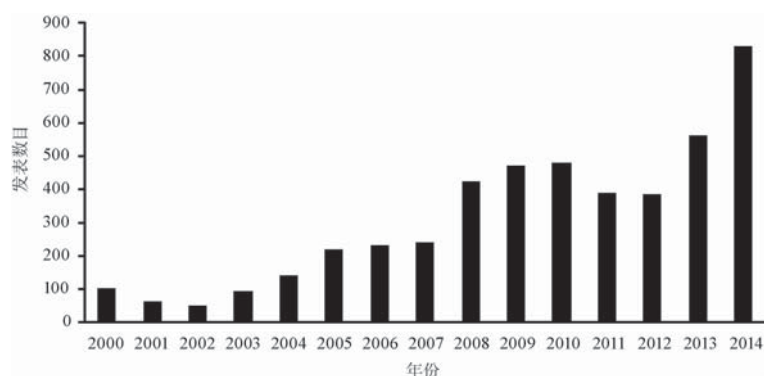


图1 2000~2014年使用DEA方法评估银行业绩效的中文论文发表数目

① 我们以“DEA & 银行”为关键词,使用Google学术搜索系统进行搜索并统计。

② 当然,其中所涉及的研究方法也可推广应用到环境管制等其它领域。

标)分解;最后是结论。

## 二、数据处理

从国内外对银行绩效评估的文献来看,研究人员更倾向于对模型的优化和应用,而忽视了数据处理的重要性,尤其在国外的研究文献中寥寥无几。事实上,对投入、产出变量的合意选取对绩效评估结果的影响是显著的(Guarda et al.,2012),异常值的出现可能会扭曲真实的绩效结果(Fethi and Pasiouras,2010),负值变量的出现会破坏 DEA 方法的有效性(Silva Portela et al.,2004)。本部分将从上述三个方面对银行绩效评估的前期工作——数据处理进行综述,这也是前人文献综述中所忽视的部分。

### (一)投入、产出变量选取

Emrouznejad et al.(2008)的研究结果显示,银行绩效评估是 DEA 方法应用最为广泛的领域之一。但是大量的实证研究结果(银行效率值)并不具有直接的可比性,因为研究人员选择了不同的投入和产出变量来进行研究。不同的投入、产出变量会构建出不同的技术边界,从而得出相异(或不可比)的银行效率值。针对中文文献中关于银行绩效评估的投入、产出变量选取的情况,可参考李双杰和高岩(2014)的整理结果。

早期投入、产出变量选取的标准是生产法(productive approach)和中介法(intermediation approach)。生产法最早由 Benston(1965)提出,之后,Berger and Humphrey(1991)对此进行了完善。生产法将银行视为存款服务和贷款业务的生产者,通常将经营成本,包括劳动力及其他相关费用的支出等作为投入,而将存款账户的数量和贷款业务的次数作为产出。中介法则将银行视为存款人和贷款人之间资金融通的中介者。中介法又可细分为资产法(asset approach),使用成本法(user-cost approach)和增值法(value-added approach)三种,其中,资产法作为中介法的代表,把存款和其他可贷资金等作为投入,而把能够创造收益的资产部分作为产出(Sealey and Lindley,1977)。Hancock(1985)基于利润函数对使用成本法进行了研究,她把银行理解为将劳动力、实物资本等非金融产品转化为金融产品的中介者,并将对银行收益是否有贡献作为界定产出的标准。进一步,Hancock(1991)认为,只有对银行利润的贡献超过其机会成本的业务才应作为银行的产出变量。虽然使用成本法对确定产出变量具有很好的指导性,但是,其难点在于对备选的产出变量价格信息的掌握。与使用成本法一样,增值法也将劳动和实物资本作为投入变量,而在产出变量方面,根据 Berger and Humphrey(1992)的研究,Wheelock and Wilson(1995)则选择了存款和贷款作为产出变量。

针对传统的生产法和中介法,Berger and Humphrey(1997)认为,生产法的优势在于测算分支机构效率,而中介法适合于评估整体金融机构绩效。Avkiran(2006)则认为,生产法主要侧重于

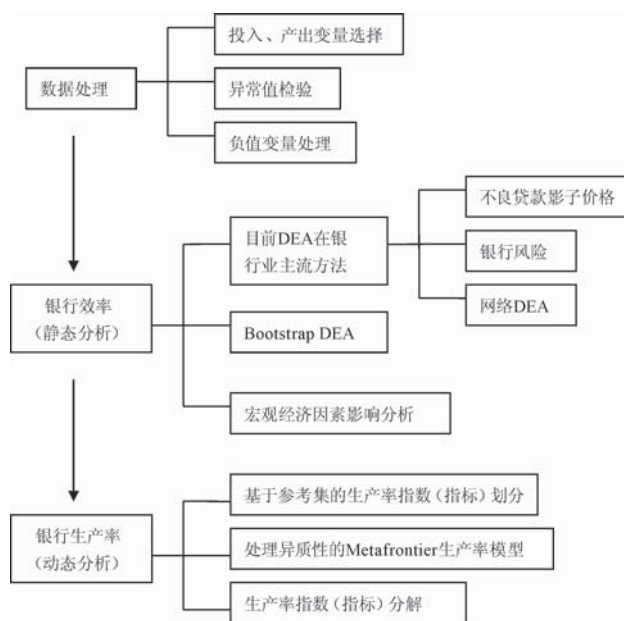


图2 综述结构图

经营效率的研究,而中介法则主要用于对经济可行性的调查。由于这两种方法都不能完全体现金融机构的双重角色,所以随着研究方法的深入,针对金融机构绩效评估的投入、产出变量选取模式也不断衍生。

早期研究银行绩效的文献中,往往忽视风险因素对银行绩效的影响,从而导致计算结果出现偏差(Berger and Humphrey, 1991)。Hughes et al.(1996, 2000)较早提出了风险收益法(risk-return approach),他们认为银行具有不同的风险偏好,从而对风险因素和银行绩效进行整合是必要的。Chang(1999)、Manlagñit(2011)和Chen(2012)等研究都选择了合意的风险变量。目前的文献中,不良贷款是一个常用的风险替代变量。Chaffai et al.(2008)研究认为不良贷款是一个预测风险的合适变量。在对不良贷款的角色定位上,Drake and Hall(2003)将不良贷款视为固定投入变量代入DEA模型中进行计算,Asmild and Matthews(2012)也使用了类似的处理方法。但Fukuyama and Weber(2008a)认为,不良贷款作为贷款的副产品,应该作为“坏”产出,而不是投入变量。Guarda et al.(2012)的研究也强烈建议把不良贷款作为“坏”产出来处理会得到更有效的结果<sup>①</sup>。在风险变量的基础上,Fraxias and Rochet(1997)提出了一种所谓的“现代法(modern approach)”,即进一步尝试将银行的服务质量和破产概率作为评估银行绩效的标准。

除此之外,Berger and Mester(2003)发现,由于利润模型同时考虑了成本减少和收益增加两种情况,从而有助于发掘一些无法观测到的银行服务质量的变动,而Drake et al.(2006)将这种利润方法(profit approach)引入到非参数的DEA模型中。他们选择使用利润导向,把成本因素作为投入变量,包括劳动力成本、其它非利息支出和贷款损失准备金,其中,贷款损失准备金作为一种不确定的(风险)成本出现,而把收益因素作为产出变量,包括净利息收入、净佣金收入和其它收入。

另外,Fama(1980)提出的投资组合法(profitability approach),即将银行视为具有交易和投资组合双重职能的经济体,也为投入、产出变量的选取提供了新的渠道。Clement(2007)认为投资组合法中的产出变量应该是投入变量的函数,银行会使用债务和(或)资本金来创造收入。Clement(2007)的实证研究中将净收入作为唯一的产出变量,同时提供了两组可替换的投入变量,一组包括现金加有价证券、正式员工的数量、银行的贷款组合和其它资产,而另一组则包括无息债务、有息债务和资本金。

Luo et al.(2012)基于现金附加值(cash value added, CVA)的概念,认为投入、产出变量的选择应该考虑其对现金流的影响,即如果为正效应,则定义为产出,反之则视为投入。他们认为CVA方法具有更客观、更稳定的数据可得性等优点,并利用中国14家商业银行的数据对上述方法进行了实证检验。

从国内的相关文献来看,对投入、产出变量的选择主要遵循生产法或中介法,而且依靠经验性分析对投入、产出变量选取进行调整。李双杰和高岩(2014)围绕传统的生产法和中介法(及其衍生方法)进行了较为详细的总结,并对前人选取的投入、产出变量提出了质疑,进一步,他们分别从业务角度、收支角度和盈利角度提出了三套评估银行业效率的投入、产出指标体系,并利用上述研究结果对中国16家上市银行进行了实证分析。

<sup>①</sup> Scheel(2001)对在Shephard距离函数下处理“坏”产出的模型进行了比较。他认为在DEA模型中整合“坏”产出主要有两种思路,一种是直接的方法,即仅通过修正技术前沿,而不需变动原始产出数据来实现;而另一种则是间接的方法,主要包括加法逆元法(additive inverse)、投入法(inputs)、转换法(translated)和乘法逆元法(multiplication inverse),并且当一个决策单位在乘法逆元法下是有效的,其在另外三种方法下测得的结果也将是有效的。

## (二)异常值处理

尤其在受到金融海啸、欧债危机等风险事件冲击后,宏观经济运行波动,加剧了世界经济复苏的不稳定性和不确定性。在银行业经营环境逐渐严峻的条件下,意外事件的出现可能导致个体银行的运营受到巨大影响,从而导致其投入、产出变量的数值出现暂时性的大幅度波动,这就可能出现异常值的情况<sup>①</sup>。由于 DEA 方法的计算是基于相对值的概念,所以对数据质量具有高度敏感性。异常值(outlier)的存在,往往会扭曲技术边界,从而对各银行的绩效评估造成严重的影响。因此,在使用 DEA 模型之前对异常值进行检验显得十分必要<sup>②</sup>。但是,国内的 DEA 研究在异常值方面并没有十分重视,根据我们所掌握的文献,目前只在冯宗宪等(2011)中发现进行了专门的异常值处理。

考虑到异常值对 DEA 模型的影响,Cazals et al.(2002)提出了一种预期投入最小化方程(expected minimum input function)和预期产出最大化方程(expected maximum output function),并借助构造  $m$  阶边界(order- $m$  frontier)来保证计算结果的稳健性。这种方法的原理在于从  $n$  个决策单位中随机抽取  $m$  个样本,随着  $m$  的不断增加,样本  $i$  的效率值仍保持不变,则可以将决策单位  $i$  视为潜在异常值。Simar(2003)则在此基础上提供了一份更详细的“操作手册”。另外,他认为只有同时在投入导向和产出导向的检验下都显示是潜在异常值时,才能确定其为真实的异常值。

Johnson and McGinnis(2008)认为 Simar(2003)的研究仅局限于考察异常值对效率边界的影响,所以他们试图从效率边界和无效率边界两方面同时检验异常值的存在,仅当在两种边界下检验结果都属于潜在异常值的决策单位才被视为异常值。

Bogetoft and Otto(2011)基于超效率(super-efficiency)DEA 的概念,提出了一种更为简单的“数据云(data cloud)”方法来检验异常值。首先是针对所有数据构造“数据云” $D(X, Y)$ ,其次在剔除决策单位  $i$  后,再次构造新的“数据云” $D^{(i)}(X, Y)$ ,通过  $R^{(i)}=D^{(i)}/D$  来检验决策单位  $i$  是否为异常值。当  $R^{(i)}$  显著小于 1 时,说明剔除决策单位  $i$  后,“数据云” $D^{(i)}(X, Y)$  的形状相比原数据云  $D(X, Y)$  发生明显变化,即说明决策单位  $i$  是异常值。

## (三)负值变量处理

银行业作为凭借负债经营的营利机构,其运营过程中必然受到风险因素的影响,这就可能导致银行的投入、产出变量,比如非利息收入、净利润等指标,会出现负值的情况。而传统的 DEA 模型对数据的要求是保证投入、产出变量的非负性,如果不对负值变量进行处理,将破坏 DEA 方法的有效性。

Charnes et al.(1985)提出了 DEA 方法的加法模型(additive model),并证明这种模型具有平移不变性(translation invariance),而正是基于这种性质,从而有效的解决了 DEA 数据中存在负值变量的问题,即通过加上一个足够大的正值使所有的投入、产出变量值都大于零,并确保最后结果不会改变。这也是国内 DEA 研究中处理负值常用的方法。Ali and Seiford(1990)再次证实了该方法的有效性。但是这种基于加法转移的方法会受到变量单位的影响,从而在实际应用中存在一定的限制。Lovell and Pastor(1995)对早期加法模型进行了改进,提出一种具有单位不变性的 DEA 模型来处理负值变量问题,但这种方法并不具有合意的经济解释能力。

① 除上述情况外,针对中国银行业,由于目前正处于银行业改革阶段,如股改上市的国有控股商业银行、部分城市商业银行等的投入、产出变量数据在改革期间可能会出现大幅度的波动;当然,也不能避免数据缺失、报告错误等问题的存在。

② 异常值并不具有明确的定义(Davies and Gather, 1993),通常来讲,异常值可能来源于数据偏差,或者来源于另外一个数据产生机制,即使是在同一个数据产生机制中,也可能来源于被小概率抽取的样本。

为了解决上述问题,Portela et al.(2004)在评价葡萄牙银行业绩效时,发现客户数量变化率等产出变量中出现负值情况,基于对 Cooper et al.(1999)提出的 RAM(range adjusted measure)模型和 Chambers et al.(1996)提出的方向性距离函数的整合,他们提出了一种更为普遍的 RDM(range directional measure)模型来解决负值变量的问题<sup>①</sup>。他们分别选择实际投入量与最小投入量之间的差距  $R_m=x_m-\text{Min}\{x_{km}\}$  和最大产出量与实际产出量之间的差距  $R_n=\text{Max}\{y_{kn}\}-y_n$  作为方向向量<sup>②</sup>(式 1)。

$$\begin{aligned} & \text{Max } \beta \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{km} \leq x_{k'm} - \beta R_m, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{kn} \geq y_{k'n} - \beta R_n, \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad \lambda_k, \beta \geq 0, \quad k=1 \cdots K, \quad m=1 \cdots M, \quad n=1 \cdots N \end{aligned} \quad (1)$$

Sharp et al.(2006)吸取 Portela et al.(2004)的经验,同样使用  $R_m=x_m-\text{Min}\{x_{km}\}$  和  $R_n=\text{Max}\{y_{kn}\}-y_n$  作为替代工具,进一步解决了 Tone(2001)提出的 SBM(slacks-based measurement)模型中涉及的负值变量问题(式 2)。

$$\begin{aligned} & \text{Min } \beta = \frac{1 - \sum_{m=1}^M \frac{\omega_m s_m^-}{R_m}}{1 + \sum_{n=1}^N \frac{\nu_n s_n^+}{R_n}} \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{km} + s_m^- = x_{k'm}, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{kn} - s_n^+ = y_{k'n}, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad \sum_{m=1}^M \omega_m = 1, \quad \sum_{n=1}^N \nu_n = 1, \\ & \lambda_k, \omega_m, \nu_n, s_m^-, s_n^+ \geq 0, \quad k=1 \cdots K, \quad m=1 \cdots M, \quad n=1 \cdots N \end{aligned} \quad (2)$$

Emrouznejad et al.(2010)参考 Scheel(2001)的思路,通过互换投入和产出变量的角色,即把负值投入作为产出,而把负值产出作为投入来处理,从而提出了一种基于半导向的径向性(semi-oriented radial)DEA 方法来解决负值变量的问题。他们在  $m$  种投入  $x_m$  中对包含负值的投入变量  $x_h$  进行分解  $x_h = x_h^1 - x_h^2$ , 其中,  $x_h^1 \geq 0, x_h^2 \geq 0$ , 且分别满足  $x_h^1 = \begin{cases} x_h & \text{if } x_h \geq 0 \\ 0 & \text{if } x_h < 0 \end{cases}$  和  $x_h^2 = \begin{cases} 0 & \text{if } x_h \geq 0 \\ -x_h & \text{if } x_h < 0 \end{cases}$ 。同样的方法也可应用于包含负值的产出变量,即包含负值的产出变量  $y_i$  被分解为  $y_i = y_i^1 - y_i^2$ , 且满足  $y_i^1 = \begin{cases} y_i & \text{if } y_i \geq 0 \\ 0 & \text{if } y_i < 0 \end{cases}$ ,  $y_i^2 = \begin{cases} 0 & \text{if } y_i \geq 0 \\ -y_i & \text{if } y_i < 0 \end{cases}$ , 同时  $y_i^1, y_i^2 \geq 0$ 。但是这种方法的缺陷在于仅局限于单一导向的使用(式 3)。

$$\begin{aligned} & \text{Max } \beta \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{km} \leq x_{k'm}, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{kh}^1 \geq x_{k'h}^1, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{kh}^2 \geq x_{k'h}^2, \quad m \neq h, \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{kn} \leq \beta y_{k'n}, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{ki}^1 \geq \beta y_{k'i}^1, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{ki}^2 \leq \beta y_{k'i}^2, \quad n \neq i, \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad \lambda_k, \beta \geq 0, \quad k=1 \cdots K, \quad m=1 \cdots M, \quad n=1 \cdots N \end{aligned} \quad (3)$$

① Avkiran and Morita(2010)、Avkiran and Goto(2011)等使用 RAM 模型对银行业的效率进行了测算。

② 文中,  $x$  表示投入,  $y$  表示“好”产出,  $b$  代表“坏”产出, 以下各式中符号含义相同。

Cheng et al.(2013)提供了一种更为方便的 VRM(variant of the radial measure)模型,即使用投入、产出变量的绝对值来解决径向性 DEA 中出现的负值问题(式 4)。Zhu et al.(2014)在评估 25 家中国商业银行绩效时,对于非利息收入变量中存在的负值,使用了上述方法进行处理。

$$\begin{aligned} & \text{Max } \beta \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{km} \leq x_{k'm} - \beta |x_{k'm}|, \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{kn} \geq y_{k'n} + \beta |y_{k'n}| \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \lambda_k, \beta \geq 0, k=1 \cdots K, m=1 \cdots M, n=1 \cdots N \end{aligned} \quad (4)$$

### 三、银行效率测算

Fethi and Pasiouras(2010)较详细的综述了基于 DEA 方法对银行业绩效评估的最新研究方法,但 DEA 方法的更新速度远超过了前人的预期。为此,我们试图在 Berger and Humphrey(1997)、Fethi and Pasiouras(2010)等研究的基础上,一方面弥补并完善前人研究中的遗漏部分,另一方面也对 DEA 方法在银行业的最新成果进行梳理和介绍。

#### (一)不良贷款影子价格研究

在解决负外部性的问题上,一个经典的案例是特许权的交易,比如建立一个污染物交易市场,通过购买或出售污染物排放权的行为,来控制负外部性的影响。同样,如果希望利用市场这只“看不见的手”,而不借助政府的力量来处理不良贷款,那么通过建立类似的不良贷款交易市场将为处理不良贷款提供一条可参考的思路。为了消除不良贷款,在市场经济的环境下,对不良贷款价格的获取是不可避免的。但由于缺少对不良贷款交易行为的记载,所以目前并不存在一个完善的不良贷款交易市场,从而试图获得不良贷款的市场价格具有一定难度。为此,影子价格将作为市场价格的替代者出现(Chaffai et al., 2008; Fukuyama and Weber, 2008a, 2008b 等)。

如前所述,由于不良贷款是贷款的副产品,所以应该作为“坏”产出,而非 Drake and Hall(2003)所假设的固定投入进行研究(Fukuyama and Weber, 2008a)。“坏”产出的影子价格可以理解为银行处于技术边界时对银行盈利行为的定价(Färe et al., 2005),或者被理解为减少“坏”产出的机会成本(Fukuyama and Weber, 2008a)。由于成本的增加(Pittman, 1981),或者是收益的减少(Färe et al., 1993),相对于具有市场价格的“好”产出,“坏”产出的影子价格通常显示为负值。

对于影子价格的边界估计方法,Aigner and Chu(1968)最早提出使用确定性最小偏差方法来估计产业生产技术,Schmidt(1976)和 Greene(1980)也较早基于参数形式构建了技术边界,并通过线性规划方程进行相关的研究。Pitman(1983)在成本最小化的约束下构建了“坏”产出的影子价格。

但使用 Shephard 距离函数对“坏”产出进行测度的缺陷在于,“好”产出和“坏”产出是同方向投射到技术边界上,即“好”产出增加的同时伴随着“坏”产出的同比例增加,而这与大多数政策制定者的初衷并不相符。为此,方向性距离函数,一种可以在“好”产出增加的情况下使“坏”产出同比例减少的新函数应运而生。Chambers et al.(1998)总结出方向性距离函数是 Luenberger 短缺函数(shortage function)和 Blackorby & Donaldson 转换函数的一般化。由于方向性距离函数的方向选择脱离了角度性的约束,即可以自由选择投射方向,所以传统的 Shephard 距离函数可以视为其特例。正是方向性距离函数所具有的这一特性,之后,基于方向性距离函数对影子价格的测算方法逐渐被广泛应用。

基于边界分析的影子价格定价方法,主要分为参数和非参数两种形式,其中前者主要集中于确定性(deterministic form)和随机性(stochastic form)模型,而后者则主要使用的是DEA方法(Lee et al.,2002;Kuomanen et al.,2010等)。但Färe et al.(2005)认为,由于DEA方法下的方向性距离函数不可微,所以其并不适合于进行对影子价格和替代弹性的估计。

由于参数方法模型需要对边界的设定具有特定要求,Chambers(1998)提出了两种形式的方向性距离函数,即非线性的超越对数形式和线性的二次型形式,但后者可以通过设置约束条件来满足方向性距离函数的转换性(translation property)<sup>①</sup>。故在处理方向性距离函数的相关实证分析中,后者更处于主导地位<sup>②</sup>。Färe et al.(2005,2006)和Murty et al.(2007)等都支持使用二次型形式进行相关研究(式5)。朱宁等(2014)在式(5)的基础上进一步考虑了无效率值,并加入了技术进步和银行性质等变量。

$$\begin{aligned} \vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b) = & \alpha + \sum_{n=1}^N \alpha_n x_{nk}^t + \sum_{m=1}^M \beta_m y_{mk}^t + \sum_{l=1}^L \gamma_l b_{lk}^t + \\ & \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{n'=1}^N \alpha_{nn'} x_{nk}^t x_{n'k}^t + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \beta_{mm'} y_{mk}^t y_{m'k}^t + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l'=1}^L \gamma_{ll'} b_{lk}^t b_{l'k}^t + \\ & \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \delta_{nm} x_{nk}^t y_{mk}^t + \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L \eta_{nl} x_{nk}^t b_{lk}^t + \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L \mu_{ml} y_{mk}^t b_{lk}^t \end{aligned} \quad (5)$$

基于Aigner and Chu(1968)的研究,通过最小化实际无效率值 $\vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b)$ 与边界值 $\vec{D}^*(x^*, y^*, b^*; g_y, g_b)=0$ 间的偏差距离之和(式6)来测算 $\vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b)$ 及其各参数值。在约束条件(7)~(12)中,式(7)要求决策单位非负可行解的存在;式(8)~(10)体现单调性,以确保影子价格符号的正确,其中式(8)表示随着投入 $x$ 增加,无效率值 $\vec{D}^t(\cdot)$ 上升,表(9)表示随着“好”产出 $y$ 增加,无效率值 $\vec{D}^t(\cdot)$ 下降,式(10)表示随着“坏”产出 $b$ 增加,无效率值 $\vec{D}^t(\cdot)$ 上升;式(9)式(10);式(11)体现方向性距离函数的转换性;式(12)则体现其对称性。

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K [\vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b) - 0] \quad (6)$$

$$\text{s.t. } \vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b) \geq 0, \quad k=1 \cdots K, \quad t=1 \cdots T \quad (7)$$

$$\frac{\partial \vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b)}{\partial x_n} \geq 0, \quad n=1 \cdots N, \quad k=1 \cdots K, \quad t=1 \cdots T \quad (8)$$

$$\frac{\partial \vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b)}{\partial y_m} \leq 0, \quad m=1 \cdots M, \quad k=1 \cdots K, \quad t=1 \cdots T \quad (9)$$

$$\frac{\partial \vec{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t; g_y, g_b)}{\partial b_l} \geq 0, \quad l=1 \cdots L, \quad k=1 \cdots K, \quad t=1 \cdots T \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M \beta_m g_y - \sum_{l=1}^L \gamma_l g_b = -1, \quad \sum_{m'=1}^M \beta_{m'm} g_y - \sum_{l=1}^L \mu_{ml} g_b = 0, \\ \sum_{m=1}^M \mu_{ml} g_y - \sum_{l'=1}^L \gamma_{l'l} g_b = 0, \quad \sum_{m=1}^M \delta_{mm} g_y - \sum_{l=1}^L \eta_{nl} g_b = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

① 传递性也是方向性距离函数区别于Shaphard距离函数所特有的性质。

② Färe et al.(2006)指出超越对数形式并不满足转换性要求,所以并不利于对方向性距离函数下对影子价格的测度。



$$\alpha_{mn} = \alpha_{n'n}, n \neq n', \beta_{mm'} = \beta_{m'm}, m \neq m', \gamma_{ll} = \gamma_{l'l}, l \neq l' \quad (12)$$

上述基于边界理论的影子价格测算方法针对银行业的研究并不广泛。Chaffai et al.(2008)从跨国比较的角度,使用方向性距离函数估计了 29 个国家银行业的不良贷款影子价格。Fukuyama and Weber(2008a)运用基于 DEA 方法和参数线性规划的方向性产出距离函数测算了日本银行业 2002~2004 年不良贷款的影子价格,同样,Fukuyama and Weber(2008b)运用基于参数线性规划的方向性产出距离函数测度了日本小银行和地区银行 2001~2004 年不良贷款的影子价格。国内针对“坏”产出影子价格的研究则主要集中于工业污染物(涂正革,2009;陈诗一,2010;袁鹏和程施,2011)。而目前针对银行业的研究,朱宁等(2014)在考虑风险偏好的前提下,对 44 家中国商业银行的不良贷款影子价格进行了测算,并借助不良贷款影子价格在不同性质银行内的变化特征,发现已上市的国有商业银行目前仍受到政策性力量的影响。

## (二)方向性距离函数对银行风险的应用

基于对早期文献的研究,Berger and Humphrey (1997)认为忽视风险因素将低估银行的效率值。为此,诸多学者试图对风险因素和银行效率进行整合。

前人的研究集中于界定风险的范围,即如何选择合适的风险变量。Mester(1996)把不良贷款和资本金作为风险变量加入成本函数。Chang(1999)考虑的三种风险变量,包括不良贷款,贷款损失准备金和风险资产。Chiu and Chen(2009)额外添加了由外部环境造成的风险变量。Manlagñit (2011)整合了资本金和贷款损失准备金。Sun and Chang(2011)通过信贷风险、运营风险和市场风险来充实风险变量的内容。Chen(2012)构造了一个涵盖信贷风险、市场风险和运营风险在内的资本充足率指数来定义风险变量。Juo(2014)则对不良贷款进行了深入探讨。国内对银行风险因素的关注较早,魏煜和王丽(2000)、张健华(2003)的研究就已经意识到风险因素对银行绩效的影响,但直到后期(迟国泰等,2006;柯孔林和冯宗宪,2008;覃道爱和李兴发,2009)才逐渐开始独立分析风险因素,但目前仍主要局限于把不良贷款作为风险因素的研究(王兵和朱宁,2011a,2011b;纪建悦和孔胶胶,2013)。

从方法上来看,Chung et al.(1997)首次借助方向性距离函数测算了包含“坏”产出的决策单位的技术效率<sup>①</sup>。正是基于 Chung et al.(1997)的思路,在银行绩效研究方面,把不良贷款、贷款损失准备金等作为“坏”产出或风险变量的相关研究逐渐增多(Chang,1999;柯孔林和冯宗宪,2008;覃道爱和李兴发,2009;王兵和朱宁,2011a,2011b;纪建悦和孔胶胶,2013;Juo,2014)。但传统的方向性距离函数只解决了角度性(oriented)问题,Tone(2001)基于松弛变量提出的 SBM(slack-based measure)模型则解决了径向性(radial)问题。非径向性和非角度性的 SBM 模型在国内的银行业研究中被广泛应用:甘小丰(2007)综合 Fried et al.(1999)的四步法和 Tone(2001)的 SBM 模型对国内 16 家商业银行的效率进行测算;覃道爱和李兴发(2009)利用考虑了“坏”产出的 SBM 模型对我国农村信用社改革绩效进行了评估;王莉等(2012)使用修正的三阶段 SBM 模型对中国商业银行的效率进行了研究;纪建悦和孔胶胶(2013)基于利益相关者的视角,使用 SBM 模型对考虑“坏”产出的银行效率进行了测算。进一步,Fukuyama and Weber(2009)整合了 Chambers et al.(1996)的方向性距离函数和 Tone(2001)的 SBM 模型,提出了一种更广泛的非角度、非径向的 SBM 方向性距离函数,且容易分解出各投入、产出变量的无效率值。王兵和朱宁(2011a)利用这种方法评价了中国 11 家商业银行的效率和全要素生产率。Barros et al.(2012)进一步对各变量的无效率值赋予了

<sup>①</sup> Chambers et al.(1996)最早将方向性距离函数应用于对生产绩效的实证研究。

权重约束,并对日本银行业的效率进行了实证研究。

虽然诸多研究人员一直保持着对方向性距离函数的优化,但针对方向向量选择在银行业的研究却并不多<sup>①</sup>。朱宁等(2014)利用方向向量的可自由调整特性,进一步将风险偏好考虑进银行绩效评估的过程中,但他们所设定的偏好具有外生性。

从现有文献来看,如何选择最合适的方向向量并没有一个标准。Bogetoft and Hougaard(1999)发现传统的 Farrell 指数关注的是过去的生产能力,而不是潜在的生产能力,于是从理论上提出了一种新的概念,即改善潜力(improvement potential),而在改善潜力指导下所选择的投射方向,将会随着技术边界形状的差异而变动。Asmild et al.(2003)按照“改善潜力”的思路,系统性的提出了具有内生投射方向的 MEA(multi-direction efficiency analysis)方法。进一步,Asmild and Pastor(2010)把 MEA 模型和 Portela et al.(2004)改进的 RDM 模型进行了比较后发现,在确定最优方向向量方面,RDM 对所有投入产出变量赋予统一的向量,而 MEA 则是针对每个变量寻找最优的向量;在界定参考对象方面,RDM 只能提供最后的效率值,而 MEA 可以提供决策单位的选择路径;在规模报酬假设方面,RDM 只适合于规模报酬可变的假设,否则不能保持平移不变性,并受到负值变量的影响,而 MEA 则适合任何形式的规模报酬假设。Asmild and Matthews(2012)使用具有松弛变量的 MEA 模型对中国商业银行 1997~2008 年的效率进行了评价。

除了 MEA 方法,为了寻找最优的方向向量,Färe et al.(2013)在 Färe and Lovell(1978)提出的 Russell 模型的基础上,通过添加一个正态约束条件,从而发展出一种新的非线性模型来内生性的确定方向向量(式 13)。进一步,Hampf(2013)试图将该模型动态化,但目前的进展限于需要先固定投入或产出变量以计算出权重。

$$\begin{aligned} & \text{Max } \beta \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{km} \leq x_{k'm} - \beta \sum_{k=1}^K \alpha_k x_{k'm}, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{kn} \geq y_{k'n} + \beta \sum_{k=1}^K \delta_k y_{k'n}, \quad \sum_{k=1}^K \alpha_k + \sum_{k=1}^K \delta_k = 1 \quad (13) \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad \beta, \alpha, \delta, \lambda \geq 0, \quad k=1 \cdots K, \quad m=1 \cdots M, \quad n=1 \cdots N \end{aligned}$$

### (三)网络 DEA 方法的应用

Seiford and Zhu(1999)为了单独评价银行业的盈利能力和市场竞争力而提出了一种二阶段 DEA(two-stage DEA)模型,即在第一阶段,他们把在职员工、资产和资本作为投入,把收益和利润作为产出来评价银行的盈利能力,而在第二阶段,收益和利润又被作为投入来生产市场价值、投资者收益和每股收益等反映市场竞争力的产出,换言之,收益和利润被视为一种“中间变量”来划分盈利能力和市场竞争力。Seiford and Zhu(1999)的研究结果显示,大银行在盈利能力方面表现突出,而小银行在市场竞争力方面表现更好。上述二阶段 DEA 模型可以理解为两个独立的子阶段,借助传统的 CCR 或者 BCC 模型即可以解决,但是这种基于子阶段的分解思路,对网络 DEA 模型的发展具有重要的指导意义。

DEA 方法下的生产过程一直被视为“黑箱”,即只能观测到最初的投入和最终的产出,却无法

<sup>①</sup> Färe et al.(2008)提供了六种可行的方向向量,其中,  $(g_-, g_+) = (x, 0)$  或  $(g_-, g_+) = (0, y)$  意味着单一的投入导向或产出导向,这正体现出 Shephard 距离函数是方向性距离函数中的特例;  $(g_-, g_+) = (x, y)$  直观的解决了角度性问题,即将单一的投入导向和产出导向整合为统一的投入产出导向,由于这种方向向量由原始的投入、产出数据决定,所以可以视为一种中性选择;  $(g_-, g_+) = (\bar{x}, \bar{y})$  和  $(g_-, g_+) = (1, 1)$  则假设各决策单位的方向向量保持一致,其中前者是各投入、产出的平均值,而后者则具有可加性;  $(g_-, g_+)$  也可以由距离有效边界最短距离的方向向量来决定;最后一种方向向量  $(g_-, g_+)$  则考虑了来自政策导向或者社会福利的影响。

洞察整个生产过程中各阶段的情况,而 Färe and Grosskopf(1996)提出的子技术(sub-technology)概念为后期打开“黑箱”提供了良好的理论基础。

虽然网络 DEA 模型并不具有统一的结构,但通常可以分解为串联结构(series structure)和并联结构(parallel structure)。Färe and Grosskopf(2000)总结了三种网络 DEA 模型,前两种属于静态分析,一种是专门讨论将固定投入分配到子过程(Färe et al.,1996),另一种则系统的讨论了对中间变量的处理(Färe and Whittaker,1995);而最后一种属于对网络 DEA 的动态化(Färe and Grosskopf,1997)。Kao(2009)发现前人的网络 DEA 模型(Färe and Grosskopf,2000)缺少对子过程内在关系的研究——即早期研究通常假设子阶段具有独立性,从而对不同子阶段的中间变量赋予不同的权重,但这并不能体现子效率和系统效率之间的关系,而 Kao(2009)所讨论的内在关系则要求权重相同。另外,随着网络 DEA 研究方法的深入,Liang et al.(2006)把网络 DEA 的思路引用到供应链模型中,Cook et al.(2010)则将 Liang et al.(2006)的模型扩展到 VRS 假设,并基于供应链原则将网络 DEA 应用到博弈论中。许皓等(2014)利用加拿大商业银行的数据,对两阶段非合作主从博弈的网络 DEA 模型的合理性与有效性进行了检验。

前人的模型大多基于径向性(radial),即等比例变化投入或(和)产出变量,Tone and Tsutsui(2009)提出了一个广义的基于松弛变量的网络 DEA,Avkiran(2009)基于非角度松弛变量的网络 DEA 模型对阿拉伯联合酋长国的银行业效率进行了测算。Fukuyama and Weber(2009)额外考虑了“坏”产出的情况,后续的实证研究中,Fukuyama and Weber(2010)在第一阶段把劳动力、实物资产和资本金作为投入变量,把筹集资金作为中间产出变量,在第二阶段筹集资金作为投入变量,贷款、证券、其它业务作为“好”产出变量,而不良贷款则作为“坏”产出变量。进一步,Fukuyama and Mirdehghan(2012)对前者进行了修正,弥补了对中间变量的非零松弛变量的考虑。

除了打开“黑箱”的贡献外,网络 DEA 应用于银行绩效评估中最明显的作用在于对存款变量的角色界定。按照生产法的定义,存款应被作为产出变量(Devaney and Weber,2002;Glass et al.,2010 等),而在中介法中,存款则被视为投入变量(Banker et al.,2010;Hsiao et al.,2010 等)。为此,Holod and Lewis(2011)针对上述界定存款变量角色的两难问题进行了研究,他们基于网络 DEA 的特点,把存款作为中间变量进行处理,并把银行的绩效评估标准划分为组织效率(organizational efficiency)和逆转效率(inverse efficiency)。相似的研究,Yang and Liu(2012)认为银行应该具有生产者 and 中介者的双重身份,这就要求在评估银行绩效过程中应该从生产效率和利润效率两个角度考虑。在生产阶段,个人成本、运营成本和利率成本作为投入,在利润阶段,利率收入、费用收入和资金转账收入作为产出,而存款作为连接两阶段的中间变量。

在对中国银行业的研究中,黄炜等(2009)基于串联的网络 DEA 模型对 14 家中国商业银行的绩效进行了评估。周逢民等(2010)把存款及同业存拆入款之和作为中间变量,并参考 Kao and Hwang(2008)的研究模型,对中国 15 家商业银行的各子阶段效率进行了测算。Wang et al.(2014)同样考虑把存款作为中间变量,利用可加的网络 DEA 模型对中国 16 家商业银行的效率进行了评估。另外,Matthews(2013)使用了三阶段的网络 DEA 对中国银行业的技术效率进行了研究,人力成本和其它运营成本被作为第一、二子阶段的中间变量,而利息成本和分行数目被作为第二、三子阶段的中间变量,除此之外,为了考虑风险因素对银行效率的影响,Matthews(2013)设定了风险组织和风险管理两个指数,并把风险组织作为第二、三阶段的中间变量,而风险管理则被视为第三阶段的一个外生的投入变量。

#### (四)DEA 自助法的应用

由于传统的 DEA 方法具有确定性,并不存在残差项,这导致其不能进行标准误、置信区间等统计检验<sup>①</sup>。Efron(1979)最早提出自助法(bootstrap)的概念,Simar and Wilson(1998, 2000)首次系统的将自助法应用于 DEA 方法的效率测算过程中,Kneip et al.(2003) 则从理论上总结了 DEA 自助法的各种性质。进一步,Simar et al.(2012) 将自助法扩展到方向性距离函数。另外,Simar and Wilson(2007)还将自助法推广到 DEA 模型的第二阶段,即对环境变量的回归检验。

关于 DEA 自助法在银行效率测算中的应用,由于非对称的样本分布难以观察,为了模拟其数据产生机制,Tortosa-Ausina et al.(2008)参考 Simar and Wilson(1998)的研究,利用 bootstrap 方法对 1992~1998 年放松管制后的西班牙银行业效率进行评价;Maghyereh and Awartani(2012)针对海湾合作委员会(GCC)的银行业效率使用平滑的 bootstrap 方法进行测算,并考察了其收敛性;Halkos and Tzeremes(2013)则把 bootstrap 方法应用于由银行兼并所带来的短期运营效率的测算。而考察 DEA 自助法在国内的使用情况发现,这种半参数方法被广泛应用于交通(王亚华等,2008)、公共安全(龚锋,2008)、保险业(黄薇和龚六堂,2013)、能源(范丹和王维国,2013)等领域,而有关银行业的研究并不多(史金凤等,2012;晋盛武和吴娟,2014)。

Timmer(1971)最早提出在第二阶段对不可控制的环境变量进行研究。Aly et al.(1990)直接使用普通最小二乘法来回归第二阶段,McCarty and Yaisawarnng(1993)尝试利用第二阶段的残差值来修正第一阶段的效率值,Fried et al.(1993) 则选择使用对数回归和近似非相关回归来完善对第二阶段的检验,后续研究中,Isik and Hassan(2003)使用了广义最小二乘法,而 Ataullah and Lee(2006)则使用了广义矩估计来处理第二阶段的环境变量。由于效率值的范围通常限制在 $[0, 1]$ 之间,Tobit 模型成为最常用的工具。但 Hoff(2007)和 McDonald(2009)再次强调普通最小二乘法对此更具有实用性。而上述方法都忽视了一个重要隐患——序列相关性的存在(Xue and Harker, 1999)。Casu and Molyneux(2003)使用的原始自助法并不能彻底解决第二阶段的序列相关性,Simar and Wilson(2007)认为在忽略关系结构的前提下,极大似然估计法也不是一种合适的方法,于是 Simar and Wilson(2007)基于双重自助法对此提出了较为完善的解决方案,以提高检验的有效性,并将 322 家美国银行作为样本进行了实证研究。朱宁等(2014)使用自助法检验了宏观经济因素对不良贷款影子价格波动的影响。

#### (五)宏观经济因素影响

宏观经济因素作为系统性风险的来源而影响到银行效率,主要表现在对银行可贷资金的配置往往具有指引性作用(Baum et al., 2009),另外,Schinasi(2005)认为宏观经济因素对不良贷款的产生具有重要影响。从这个角度考虑,加入对宏观经济因素的检验,对银行效率的评价也是必要的补充。甘小丰(2007)发现,传统文献里,尤其是国内文献中很少考虑到宏观因素对银行效率的作用,而这些因素对效率边界的构造会产生直接的影响。

在宏观经济因素的选取方面,Rinaldi and Sanchis-Arellano(2006)实证检验了经常性收入、失业率和货币政策对银行绩效的影响;Berge and Boye(2007)发现实际利率和失业率对不良贷款的影响显著。另外,Baum et al.(2009)关注了 CPI;Pesola(2011)尤其强调 GDP 对银行绩效产生的重要性;Louzis et al.(2012)则选择 GDP、失业率、贷款利率和公共债务作为解释变量。

<sup>①</sup> 所以,我们对 DEA 结果的表述使用的是计算(calculate)或测算(measure),而不是估计(estimate)。

尤其考虑宏观经济因素对中国银行业绩影响的文献中,张健华(2003)使用了 GDP 发展水平和利差;李扬等(2005)从城市金融生态环境角度出发,选取了包括经济基础、金融部门独立性等九大类指标;甘小丰(2007)考虑的宏观因素包括 GDP、GDP 增长率、 $M_2$  增长率、通货膨胀率、再贷款利率;袁晓玲和张宝山(2009)选取了 GDP 增长率、全社会固定资产投资增长率、货币供应量增长率、CPI 和全部国有及规模以上非国有工业企业的销售利润率增长率;华晓龙(2009)使用 GDP、贷款利率、CPI 和房地产价格指数进行研究;王兵和朱宁(2011a)则选择了 GDP 增长率、外资银行资产、第三产业增加值、货币供给速度和股票筹资额,王兵和朱宁(2011b)额外考虑了固定资产投资和 CPI 两个变量;朱宁等(2014)选取了实际 GDP 增长率、CPI、货币供给增长率、实际贷款利率和固定资产投资总额占当年 GDP 的比重。

综上所述,参考前人的经验总结,在考虑宏观经济因素对银行绩效影响的回归模型中,GDP、失业率、实际利率和 CPI 成为主要的解释变量。

#### 四、银行全要素生产率测算

区别于上述的效率研究,针对生产率的研究属于动态分析,考虑的是两个不同时期之间的效率变化率。至今仍广泛使用的 Malmquist 全要素生产率指数最早由 Caves et al.(1982) 提出,Nishimizu and Page(1982)较早基于参数方法将全要素生产率分解为效率进步和技术效率变化。国内利用 DEA 方法测算的全要素生产率主要集中于 Malmquist 生产率指数(蔡跃洲和郭梅军,2009)、Luenberger 生产率指标(王兵和朱宁,2011a)和 Malmquist-Luenberger 生产率指数(柯孔林和冯宗宪,2008),我们在此并没有按照前人的综述模式逐一介绍具体的生产率指数(指标)<sup>①</sup>,而是试图从参考集选取、处理异质性和生产率分解的角度对生产率指数(指标)进行梳理和分析。

##### (一)基于参考集的生产率指数(指标)划分

早期测算全要素生产率的 DEA 模型是当期 DEA(contemporary DEA)方法,但由于在 VRS 假设下的混合期内经常会产生不可行解,从而导致大量信息的丢失。为了避免不可行解的出现,除了 Charnes et al.(1985)讨论的窗口 DEA(window DEA)外<sup>②</sup>,序列 DEA(sequential DEA)(Tulkens and Vanden Eeckaut,1995;Shestalova,2003)和全局 DEA(global DEA)(Pastor and Lovell,2005)都试图去解决这个问题。序列 DEA 整合了过去的信息,以所有观测点为基础构建技术边界,从而使其敏感度低于当期 DEA。全局 DEA 不仅避免了不可行解的出现,而且解决了早期全要素生产率指数中存在的非传递性(non-circularity)。Asmild and Tam(2007)对全局 DEA 下的全要素生产率分解进行了详细的研究,进一步,Oh(2010)扩展出全局的 Malmquist-Luenberger 生产率指数及其分解。柯孔林和冯宗宪(2013)使用上述指数对中国银行业的全要素生产率进行了实证分析。但是,前者的缺陷在于只能考虑技术进步,而后者则局限于固定的年份,否则当年份变动时,就需要重新计算结果。为此,Pastor et al.(2011)提出了一种新的全要素生产率模型,即双期 DEA(biennial DEA),从而解决了上述问题。王兵等(2013)利用上述双期 DEA 生产率指数对中国工业能源绩效进行了实证研究。

① 通常,我们把基于比率形式的称为“指数(index)”,比如,Malmquist 生产率指数、Malmquist-Luenberger 生产率指数;而把基于差分形式的称为“指标(indicator)”,比如,Luenberge 生产率指标。

② 窗口 DEA 最早用于小样本决策单位的绩效评估。

表 1 基于不同参考集的生产率指数(指标)应用

作者	参考集	研究对象
Asmild et al.(2004)	窗口 DEA	加拿大 5 大银行
Wu(2005)	窗口 DEA	澳大利亚银行业
Park and Weber(2006)	序列 DEA	韩国银行业
Guzman and Reverte(2008)	窗口 DEA	西班牙银行业
柯孔林和冯宗宪(2008)	窗口 DEA	中国银行业
Portela and Thanassoulis(2010)	全局 DEA	希腊银行分支机构
王兵和朱宁(2011a,2011b)	序列 DEA	中国银行业
李愚泽(2011)	窗口 DEA	韩国银行业
柯孔林和冯宗宪(2013)	全局 DEA	中国银行业
Casu et al.(2013)	序列 DEA	印度银行业

### (二)处理异质性的 Metafrontier 生产率模型

早期研究通常假设决策单位的技术水平具有同质性,即只存在单一的技术边界,但现实中,由于诸如环境、机会、偏好等不可控制因素的影响,必然导致决策单位的技术水平间存在差异。Hayami(1969)提出共同生产函数(metaproduction function)的概念,之后, Hayami and Rutten(1970)、Rutten et al.(1978)对共同生产函数赋予了更清晰的定义。 Battese et al.(2004)通过对 Battese and Rao(2002)假设的修正,仅在单一的数据产生机制中定义了共同边界是由各组群构成的确定性包络函数,他们还发现,技术落差比率(technology gap ratio, TGR)可用来衡量单一群体对整个产业的潜在效率比。Bos and Schmiedel(2007)通过比较欧洲 5000 余家大型商业银行在单一边界和共同边界下的效率值,发现传统的边界方法会低估样本国家的成本和利润效率。

O'Donnell et al.(2008)以距离函数定义了共同边界函数,并将技术落差比率的应用推广到 DEA 方法中。后期基于 DEA 方法的共同边界分析方法逐渐增多, Ben Naceur et al.(2009)在考察埃及、约旦、摩洛哥和突尼斯四国银行在金融改革过程中绩效的改善情况时发现,摩洛哥和突尼斯的银行效率表现较好,而埃及和约旦的银行技术落差比较低,但约旦银行表现出逐渐追赶潜在边界的趋势。Kontolaimou and Kostas(2010)以所有权不同为标准对欧洲合作银行进行了组群的划分,并发现导致技术落差比率出现的主要原因在于产出而不是投入。

Rambaldi et al.(2007)利用 DEA 方法构建共同边界 Malmquist 生产率指数及其分解,从而进一步把共同边界的概念延伸到全要素生产率指数衡量的领域中。后续研究中, Oh and Lee(2010)构造了全局共同边界模型以解决组群间的异质性问题。Chen and Yang(2011)基于共同边界 Malmquist 生产率指数对中国大陆与台湾地区的银行业全要素生产率进行比较。王兵和朱宁(2011b)则考虑到不良贷款“坏”产出,将共同边界 Malmquist 生产率指数扩展到共同边界 Malmquist-Luenberger 生产率指数,并对中国 27 家商业银行在不良贷款约束下的全要素生产率增长及其成分进行了实证分析。Zhu et al.(2014)在王兵和朱宁(2011b)的基础上,进一步提出了基于差分形式的共同边界 Luenberger 生产率指标以补充分析共同边界模型的工具。

### (三)生产率指数(指标)分解

早期文献中对于生产率的分解主要有两种思路:一是根据 Färe et al.(1994),在规模报酬不变

的假设下测算全要素生产率,将生产率的增长分解为:技术变化,纯效率变化和规模效率变化;二是根据 Ray and Desli(1997),在规模报酬可变的假设下测度全要素生产率,同样将生产率的增长分解为:技术变化,纯效率变化和规模效率变化。这两种分解下的纯效率变化相同,但技术变化和规模效率变化均不同。Grifell-Tatjé and Lovell(1999)认为 Färe et al.(1994)的生产率增长测算是准确的,但是其分解并不准确;而 Ray and Desli(1997)的分解思路正确,但其生产率增长测算并不准确。之后,Grosskopf(2003)将 Färe et al.(1994)及 Ray and Desli(1997)的分解整合到一个统一的分析框架中。

随着研究技术的进步,传统的生产率分解模式被进一步细化。除了早期把效率变化分解为纯技术变化和规模效率变化外,Färe et al.(1997)认为虽然技术变化的界定并不会受到规模报酬假设的影响,但不同的参考技术会产生不同的技术边界移动方式,即权衡投入、产出变量在技术变化过程中的影响程度,为此,他们进一步将技术变化分解为投入偏差(input-biased technical change)、产出偏差(output-biased technical change)和中性偏差(neutral technical change)三种情况<sup>①</sup>。后续的完善过程中,Gilbert and Wilson(1998)在对韩国银行业生产率的研究中分解出技术规模报酬变化(return to scale of the technology),即技术水平对规模报酬不变的倾向程度,而 Wheelock and Wilson(1999)则在规模报酬可变假设下也得出相似的结果,并对美国银行业的生产率进行了实证研究。进一步,Balk(2001)在对全要素生产率的分解过程中发现,规模效率变化的残余部分可以归结为投入混合效应(input mixed effect)或产出混合效应(output mixed effect)<sup>②</sup>。Silva Portela and Thanassoulis(2006)在对葡萄牙银行业的全要素生产率进行分解时也发现类似源自规模效应的残余部分。

早期基于上述分解方法的实证研究主要集中于对全要素生产率的增长研究,而没有考虑单一的投入、产出变量对生产率增长的贡献。Chang et al.(2012)通过在投入导向下构建一个基于松弛变量的生产率指数来探索中国银行业生产率增长的源泉。他们在全要素生产率框架下分解出各投入变量(包括资金、资本、劳动力)对生产率增长的贡献程度,结果发现,资本变量的技术变化是推动中国银行业全要素生产率增长的驱动力。Fujji et al.(2014)将分解对象扩展到投入、“好”产出和“坏”产出,并使用相似的模型对印度银行业的生产率增长源泉进行研究。

## 五、结 论

本文基于 DEA 方法在银行绩效评估方面的应用,从数据处理入手,进一步,在前人的研究基础上对银行效率和全要素生产率的最新方法进行了梳理和介绍。由于投入、产出变量的选取对绩效评估结果具有显著影响,而异常值的出现可能会扭曲真实的绩效结果,负值变量则会破坏 DEA 方法的有效性,为此,前期的数据处理工作显得十分必要,但从我们掌握的相关文献来看,前人往往会忽视数据处理的重要性。从银行效率和全要素生产率的研究方法来看,我们试图在 Berger and Humphrey(1997)、Fethi and Pasiouras(2010)等研究的基础上,一方面弥补并完善前人研究中的缺陷,另一方面也对 DEA 方法在银行业的最新成果进行梳理和介绍。银行效率方面,我们重点讨论了不良贷款影子价格、风险因素在方向向量中的应用、网络 DEA 和 DEA 自助法,另外,我们特别考虑了宏观经济因素对银行效率的影响,发现 GDP、失业率、实际利率和 CPI 是主要的解释

① 比如,当技术边界的跨期移动方式是平行的,则该技术变化定义为中性技术变化。

② 具体是投入混合效应或产出混合效应,由最初选择的投入导向或产出导向决定。

变量。在全要素生产率方面,我们并没有按照通常的思路介绍具体的生产率指数(指标),比如 Malmquist 生产率指数, Malmquist-Luenberger 生产率指数等,而是从参照集选取角度介绍了序列 DEA、全局 DEA 和双期 DEA,从异质性处理角度介绍了共同边界 DEA,并对生产率指数(指标)分解进行了梳理。

主流的 DEA 模型基本属于确定性模型,而 Kuosmanen(2006)创造性提出了随机 DEA 的概念,通过凸非参最小二乘法构建边界形状,再通过矩估计方法测算(无)效率值,从而整合了非参数 DEA 和参数 SFA 的优点。之后, Simar and Zelenyuk(2010)、Kuosmanen and Kortelainen(2012)对此进行了改进。目前这种方法仍处于雏形阶段,但这也将成为 DEA 方法发展的一个新方向。

#### 参考文献

- 蔡跃洲、郭梅军(2009):《我国上市商业银行全要素生产率的实证分析》,《经济研究》,第9期。
- 陈诗一(2010):《工业二氧化碳的影子价格:参数化和非参数化方法》,《世界经济》,第8期。
- 迟国泰、杨德、吴珊珊(2006):《基于 DEA 方法的中国商业银行综合效率的研究》,《中国管理科学》,第5期。
- 范丹、王维国(2013):《中国省际工业全要素能源效率——基于四阶段 DEA 和 Bootstrap DEA》,《系统工程》,第8期。
- 冯宗宪、王青、侯晓辉(2011):《政府投入、市场化程度与中国工业企业的技术创新效率》,《数量经济技术经济研究》,第4期。
- 甘小丰(2007):《中国商业银行效率的 SBM 分析——控制宏观和所有权因素》,《金融研究》,第10期。
- 龚锋(2008):《地方公共安全服务供给效率评估——基于四阶段 DEA 和 Bootstrap DEA 的实证研究》,《管理世界》,第4期。
- 华晓龙(2009):《基于宏观压力测试方法的商业银行体系信用风险评估》,《数量经济技术经济研究》,第4期。
- 黄炜、葛虹、冯英俊(2009):《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》,《系统工程理论与实践》,第5期。
- 黄薇、龚六堂(2013):《新兴市场国家保险业发展比较研究:基于效率的视角》,《世界经济》,第7期。
- 纪建悦、孔胶胶(2013):《利益相关者关系下考虑非期望产出的商业银行效率问题研究》,《中国管理科学》,第6期。
- 晋盛武、吴娟(2014):《中国银行业不良贷款和生产率关系研究》,《合肥工业大学学报(社会科学版)》,第4期。
- 柯孔林、冯宗宪(2008):《中国银行业全要素生产率测度:基于 Malmquist-Luenberger 指数研究》,《数量经济技术经济研究》,第4期。
- 柯孔林、冯宗宪(2013):《中国商业银行全要素生产率增长及其收敛性研究》,《金融研究》,第6期。
- 李双杰、高岩(2014):《银行效率实证研究的投入产出指标选择》,《数量经济技术经济研究》,第4期。
- 李扬、王国刚、刘辉煌(2005):《中国城市金融生态环境评价》,人民出版社。
- 李恩泽(2011):《2007~2009 年全球金融危机前后韩国银行效率:应用 DEA,视窗分析和麦氏生产指数方法》,台北科技大学管理学院 IMBA 学位论文。
- 覃道爱、李兴发(2009):《基于 SBM-Undesirable 模型的我国农村信用社改革绩效评价》,《金融研究》,第10期。
- 史金凤、张信东、杨威、邵燕敏(2012):《基于 Bootstrap 网络 DEA 改进方法的银行效率测算》,《山西大学学报(哲学社会科学版)》,第5期。
- 涂正革(2009):《工业二氧化硫排放的影子价格:一个新的分析框架》,《经济学(季刊)》,第1期。
- 王兵、於露瑾、杨雨石(2013):《碳排放约束下中国工业行业能源效率的测算与分解》,《金融研究》,第10期。
- 王兵、朱宁(2011a):《不良贷款约束下的中国上市商业银行效率和全要素生产率研究——基于 SBM 方向性距离函数的实证分析》,《金融研究》,第1期。
- 王兵、朱宁(2011b):《不良贷款约束下的中国银行业全要素生产率增长研究》,《经济研究》,第5期。
- 王莉、李勇、王满仓(2012):《中国商业银行 SBM 效率实证分析——基于修正的三阶段 DEA 模型》,《上海经济研究》,第6期。
- 王亚华、吴凡、王争(2008):《交通行业生产率变动的 Bootstrap-Malmquist 指数分析(1980~2005)》,《经济学(季刊)》,第3期。
- 魏楚、黄文若、沈满洪(2011):《环境敏感性生产率研究》,《世界经济》,第5期。
- 魏煜、王丽(2000):《中国商业银行效率研究:一种非参数的分析》,《金融研究》,第3期。
- 徐传谥、齐树天(2007):《中国商业银行 X-效率实证研究》,《经济研究》,第3期。
- 许皓、孙燕红、卞亦文(2014):《基于主从博弈的两部门并行系统的效率评估》,《中国管理科学》,第5期。



- 杨宝臣、刘铮、高春阳(1999):《商业银行有效性评价方法》,《管理工程学报》,第1期。
- 姚树洁、姜春霞、冯根福(2008):《中国银行业的改革与效率:1995~2008》,《经济研究》,第8期。
- 袁鹏、程施(2011):《我国工业污染物的影子价格估计》,《统计研究》,第9期。
- 袁晓玲、张宝山(2009):《中国商业银行全要素生产率的影响因素研究——基于 DEA 模型的 Malmquist 指数分析》,《数量经济技术经济研究》,第4期。
- 张健华(2003):《我国商业银行效率研究的 DEA 方法及 1997~2001 年效率的实证分析》,《金融研究》,第3期。
- 张健华、王鹏(2010):《中国银行业广义 Malmquist 生产率指数研究》,《经济研究》,第8期。
- 张健华、王鹏(2011):《银行效率及其影响因素研究——基于中、外银行业的跨国比较》,《金融研究》,第5期。
- 周逢民、张会元、周海、孙佰清(2010):《基于两阶段关联 DEA 模型的我国商业银行效率评价》,《金融研究》,第11期。
- 朱宁、王兵、于之倩(2014):《基于风险偏好的不良贷款影子价格研究》,《金融研究》,第6期。
- Aigner, D. and S. Chu (1968): "On Estimating the Industry Production Function", *The American Economic Review*, 58, 826-839.
- Ali, A. and L. Seiford (1990): "Translation Invariance in Data Envelopment Analysis", *Operations Research Letters*, 9, 403-405.
- Aly, H., R. Grabowski, C. Pasurka and N. Rangan (1990): "Technical, Scale, and Allocative Efficiencies in U.S. Banking: An Empirical Investigation", *Review of Economics and Statistics*, 72, 211-218.
- Asmild, M. and F. Tam (2007): "Estimating Global Frontier Shifts and Global Malmquist Indices", *Journal of Productivity Analysis*, 27, 137-148.
- Asmild, M. and J. Postor (2010): "Slack Free MEA and RDM with Comprehensive Efficiency Measures", *Omega*, 38, 475-483.
- Asmild, M. and K. Matthews (2012): "Multi-directional Efficiency Analysis of Efficiency Patterns in Chinese Banks 1997-2008", *European Journal of Operational Research*, 219, 434-441.
- Asmild, M., J. Hougaard, D. Kronborg and H. Kvist (2003): "Measuring Inefficiency Via Potential Improvement", *Journal of Productivity Analysis*, 19, 59-76.
- Asmild, M., J. Paradi, V. Aggarwall and C. Schaffnit (2004): "Combining DEA Window Analysis with the Malmquist Index Approach in a Study of the Canadian Banking Industry", *Journal of Productivity Analysis*, 21, 67-89.
- Ataullah, A. and H. Lee (2006): "Economic Reforms and Bank Efficiency in Developing Countries: The Case of the Indian Banking Industry", *Applied Financial Economics*, 16, 653-663.
- Avkiran, N. (2006): "Developing Foreign Bank Efficiency Models for DEA Grounded in Finance Theory", *Socio-Economic Planning Sciences*, 40, 275-296.
- Avkiran, N. (2009): "Opening the Black Box of Efficiency Analysis: An Illustration with UAE Banks", *Omega*, 37, 930-941.
- Avkiran, N. and H. Morita (2010): "Benchmarking Firm Performance from a Multiple-stakeholder Perspective with An Application to Chinese Banking", *Omega*, 38, 501-508.
- Avkiran, N. and M. Goto (2011): "A Tool for Scrutinizing Bank Bailouts Based on Multi-period Peer Benchmarking", *Pacific-Basin Finance Journal*, 19, 447-469.
- Balk, B. (2001): "Scale Efficiency and Productivity Change", *Journal of Productivity Analysis*, 15, 159-183.
- Banker, R., A. Charnes and W. Cooper (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Banker, R., H. Chang and H. Lee (2010): "Differential Impact of Korean Banking System Reforms on Bank Productivity", *Journal of Banking & Finance*, 34, 1450-1460.
- Barros, C., S. Managi and R. Matousek (2012): "The Technical Efficiency of the Japanese Banks: Non-radial Directional Performance Measurement with Undesirable Output", *Omega*, 40, 1-8.
- Battese, G. and D. Rao (2002): "Technology Potential, Efficiency and a Stochastic Metafrontier Function", *International Journal of Business and Economics*, 1, 87-93.
- Battese, G., D. Rao and C. O'Donnell (2004): "A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating under Different Technologies", *Journal of Productivity Analysis*, 21, 91-103.
- Baum, C., M. Caglayan and N. Ozkan (2009): "The Second Moments Matter: The Impact of Macroeconomic Uncertainty on the Allocation of Loanable Funds", *Economics Letters*, 102, 87-89.

- Ben Naceur, S., H. Ben-Khedhiri and B. Casu (2009): "What Drives the Efficiency of Selected MENA Banks? A Meta-frontier Analysis", *The 22nd Australasian Finance and Banking Conference*.
- Benston, G. (1965): "Branch Banking and Economies of Scale", *Journal of Finance*, 20, 312-331.
- Berge, T. and K. Boye (2007): "An Analysis of Bank's Problem Loans", *Norges Bank Economic Bulletin*, 78, 65-76.
- Berger, A. and D. Humphrey (1991): "The Dominance of Inefficiencies Over Scale and Product Mix Economies in Banking", *Journal of Monetary Economics*, 28, 117-148.
- Berger, A. and D. Humphrey (1992): "Measurement and Efficiency Issues in Commercial Banking", In: Griliches, Z. (eds.), *Output Measurement in the Service Sectors*, University of Chicago Press.
- Berger, A. and D. Humphrey (1997): "Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research", *Journal of Operational Research*, 98, 175-212.
- Berger, A. and L. Mester (2003): "Explaining the Dramatic Changes in Performance of Technological Change, Deregulation, and Dynamic Changes in Competition", *Journal of Financial Intermediation*, 12, 57-95.
- Bogetoft, P. and J. Hougaard (1999): "Efficiency Evaluations Based on Potential (Non-proportional) Improvements", *Journal of Productivity Analysis*, 12, 233-247.
- Bogetoft, P. and L. Otto (2011): "Benchmarking with DEA, SFA, and R", Springer.
- Bos, J. and H. Schmiedel (2007): "Is There A Single Frontier in A Single European Banking Market?", *Journal of Banking & Finance*, 31, 2081-2102.
- Casu, B. and P. Molyneux (2003): "A Comparative Study of Efficiency in European Banking", *Applied Economics*, 35, 1865-1876.
- Casu, B., A. Ferrari and T.-S. Zhao (2013): "Regulatory Reform and Productivity Change in Indian Banking", *The Review of Economics and Statistics*, 95, 1066-1077.
- Caves, D., L. Christensen and W. Diewert (1982): "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity", *Econometrica*, 50, 1393-1414.
- Cazals, C., J. Florens and L. Simar (2002): "Nonparametric Frontier Estimation: A Robust Approach", *Journal of Econometrics*, 106, 1-25.
- Chaffai, M., M. Dietsch and C. Godlewsky (2008): "The Price of Bad Loans: An International Banking Comparison", ASSA, Annual Meeting, January, New Orleans.
- Chambers, R., R. Färe and S. Grosskopf (1996): "Productivity Growth in APEC Countries", *Pacific Economic Reviews*, 1, 181-190.
- Chambers, R., Y. Chung and R. Färe (1998): "Profit, Directional Distance Function, and Nerlovian Efficiency", *Journal of Optimization Theory and Application*, 98, 351-364.
- Chang, C. (1999): "The Nonparametric Risk-adjusted Efficiency Measurement: An Application to Taiwan's Major Rural Financial Intermediaries", *American Journal of Agriculture Economics*, 81, 902-913.
- Chang, T., J. Hu, R. Chou and L. Sun (2012): "The Sources of Bank Productivity Growth in China During 2002-2009: A Disaggregation View", *Journal of Banking & Finance*, 36, 1997-2006.
- Charnes, A., T. Clark, W. Cooper and B. Golany (1985): "A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in U.S. Air Forces", *Annals of Operational Research*, 2, 95-112.
- Charnes, A., W. Cooper and E. Rhodes (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Chen, K. (2012): "Incorporating Risk Input into the Analysis of Bank Productivity: Application to the Taiwanese Banking Industry", *Journal of Banking & Finance*, 36, 1911-1927.
- Chen, K. and H. Yang (2011): "A Cross-country Comparison of Productivity Growth Using the Generalised Metafrontier Malmquist Productivity Index: With Application to Banking Industries in Taiwan and China", *Journal of Productivity Analysis*, 35, 197-212.
- Cheng G., P. Zervopoulos and Z. Qian (2013): "A Variant of Radial Measure Capable of Dealing with Negative Inputs and Outputs in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 225, 100-105.
- Chiu, Y. and Y. Chen (2009): "The Analysis of Taiwanese Bank Efficiency: Incorporating Both External Environment Risk and Internal Risk", *Economic Modelling*, 26, 456-463.
- Chung, Y., R. Färe and S. Grosskopf (1997): "Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach",

*Journal of Environment Management*, 51, 229–240.

Clement, N. (2007): “Financial Institutions and Productivity Efficiency: A Redefinition and Extension”, PhD dissertation, Texas Tech University.

Cook, W. and L. Seiford (2009): “Data Envelopment Analysis (DEA)—Thirty Years On”, *European Journal of Operational Research*, 192, 1–17.

Cook, W., L. Liang and J. Zhu (2010): “Measurement Performance of Two-stage Network Structures by DEA: A Review and Future Perspective”, *Omega*, 38, 423–430.

Cooper, W., K. Park and J. Pastor (1999): “RAM: A Range-adjusted Measure of Inefficiency for Use with Additive Models, and Relations to Other Models and Measures in DEA”, *Journal of Productivity Analysis*, 11, 5–42.

Davies, P. and U. Gather (1993): “The Identification of Multiple Outliers”, *Journal of American Statistical Economy*, 84, 653–667.

Devaney, M. and W. Weber (2002): “Small-business Lending and Profit Efficiency in Commercial Banking”, *Journal of Financial Services Research*, 22, 225–246.

Drake, L. and M. Hall (2003): “Efficiency in Japanese Banking: An Empirical Analysis”, *Journal of Banking & Finance*, 27, 891–917.

Drake, L., M. Hall and R. Simper (2006): “The Impact of Macroeconomic and Regulatory Factors on Bank Efficiency: A Non-parametric Analysis of Hong Kong’s Banking System”, *Journal of Banking & Finance*, 27, 891–917.

Emrouznejad, A., B. Parker and G. Tavares (2008): “Evaluation of Research in Efficiency and Productivity: A Survey and Analysis of the First 30 Years of Scholarly Literature in DEA”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 42, 151–157.

Emrouznejad, A., A. Anouze and E. Thanassoulis (2010): “A Semi-oriented Radial Measure for Measuring the Efficiency of Decision Making Units with Negative Data, Using DEA”, *European Journal of Operational Research*, 200, 297–304.

Efron, B. (1979): “Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife”, *Annals of Statistics*, 7, 1–26.

Fama, E. (1980): “Banking in the Theory of Finance”, *Journal of Monetary Economics*, 6, 39–57.

Färe, R. and C. Lovell (1978): “Measuring the Technical Efficiency of Production”, *Journal of Economic Theory*, 19, 150–162.

Färe, R. and G. Whittaker (1995): “An Intermediate Input Model of Dairy Production Using Complex Survey Data”, *Journal of Agricultural Economics*, 46, 201–223.

Färe, R. and S. Grosskopf (1996): *Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA*, Kluwer Academic Publishers.

Färe, R. and S. Grosskopf (1997): “Efficiency and Productivity in Rich and Poor Countries”, In: Jensen, B. and K. Wong, (eds.), *Dynamics, Economic Growth and International Trade*, University of Michigan Press.

Färe, R. and S. Grosskopf (2000): “Network DEA”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35–49.

Färe, R., S. Grosskopf and D. Margaritis (2008): “Efficiency and Productivity: Malmquist and More”, In: Fried, H., C. Lovell and S. Schmidt (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press.

Färe, R., S. Grosskopf and G. Whittaker (2013): “Directional Output Distance Function: Directions Based on Exogenous Normalization Constraints”, *Journal of Productivity Analysis*, 40, 267–269.

Färe, R., S. Grosskopf and W. Weber (2006): “Shadow Prices and Pollution Costs in U.S. Agriculture”, *Ecologic Economics*, 56, 89–103.

Färe, R., E. Grifell-Tatjé, S. Grosskopf and C. Lovell (1997): “Biased Technical Change and the Malmquist Productivity Index”, *Scandinavian Journal of Economics*, 99, 119–127.

Färe, R., R. Grabowski, S. Grosskopf and S. Kraft (1996): “Efficiency of A Fixed But Allocatable Input: A Non-parametric Approach”, *Economics Letters*, 56, 187–193.

Färe, R., S. Grosskopf, B. Lindgren and P. Roos (1994): “Productivity Development in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach”, In: Charnes A., W. Cooper, A. Lewin and L. Seiford (eds), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers.

Färe, R., S. Grosskopf, C. Lovell and S. Yaisawarng (1993): “Derivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach”, *The Review of Economics and Statistics*, 75, 374–380.

Färe, R., S. Grosskopf, D. Noh and W. Weber (2005): “Characteristics of a Polluting Technology: Theory and Practice”, *Journal of Economics*, 126, 469–492.

- Farrell, M. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A.*, General 120, 253–281.
- Fethi, M. and F. Pasiouras (2010): "Assessing Bank Efficiency and Performance with Operational Research and Artificial Intelligence Techniques: A Survey", *European Journal of Operational Research*, 204, 189–198.
- Frexias, X. and J. Rochet (1997): *Microeconomics of Banking*, Cambridge, MIT Press.
- Fried, H., C. Lovell and P. Vanden Eeckaut (1993): "Evaluating the Performance of U.S. Credit Unions", *Journal of Banking & Finance*, 17, 251–265.
- Fried, H., S. Schmidt and S. Yaisawarng (1999): "Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, 12, 249–267.
- Fujji, H., S. Managi and R. Matousek (2014): "Indian Bank Efficiency and Productivity Changes with Undesirable Outputs: A Disaggregated Approach", *Journal of Banking & Finance*, 38, 41–50.
- Fukuyama, H. and S. Mirdehghan (2012): "Identifying the Efficiency Status in Network DEA", *European Journal of Operational Research*, 220, 85–92.
- Fukuyama, H. and W. Weber (2008a): "Japanese Banking Inefficiency and Shadow Pricing", *Mathematical and Computer Modelling*, 48, 1854–1867.
- Fukuyama, H. and W. Weber (2008b): "Estimating Inefficiency, Technological Change and Shadow Prices of Problem Loans for Regional Banks and Shinkin Banks in Japan", *The Open Management Journal*, 1, 1–11.
- Fukuyama, H. and W. Weber (2009): "A Directional Slack-based Measure of Technical Inefficiency", *Socio-Economic Planning Sciences*, 43, 274–287.
- Fukuyama, H. and W. Weber (2010): "A Slacks-based Inefficiency Measure for A Two-stage System with Bad Outputs", *Omega*, 38, 398–409.
- Gilbert, R. and P. Wilson (1998): "Effects of Deregulation on the Productivity of Korean Banks", *Journal of Economics and Business*, 50, 133–155.
- Glass, J., D. McKillop and S. Rasaratnam (2010): "Irish Credit Unions: Investigating Performance Determinants and the Opportunity Cost of Regulatory Compliance", *Journal of Banking & Finance*, 34, 67–76.
- Greene, W. (1980): "Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier", *Journal of Econometrics*, 13, 27–56.
- Grifell-Tatjé, E. and C. Lovell (1999): "A Generalized Malmquist Productivity Index", *TOP*, 7, 81–101.
- Grosskopf, S. (2003): "Some Remarks on the Malmquist Productivity Index and Its Decomposition", *Journal of Productivity Analysis*, 20, 459–474.
- Guarda, P., A. Rouabah and M. Vardanyan (2010): "Identifying Bank Outputs and Inputs with a Directional Technology Distance Function", *Journal of Productivity Analysis*, 40, 185–195.
- Guzman, I. and C. Reverte (2008): "Productivity and Efficiency Change and Shareholder Value: Evidence from the Spanish Banking Sector", *Applies Economics*, 40, 2037–2044.
- Halkos, G. and N. Tzeremes (2013): "Estimating the Degree of Operating Efficiency Gains from A Potential Bank Merger and Acquisition: A DEA Bootstrapped Approach", *Journal of Banking & Finance*, 37, 1658–1668.
- Hampf, B. (2013): "Nonparametric Efficiency Analysis in the Presence of Undesirable Outputs", PhD Dissertation, Darmstadt University of Technology.
- Hancock, D. (1985): "The Financial Firm: Production with Monetary and Nonmonetary Goods", *Journal of Political Economy*, 93, 859–880.
- Hancock, D. (1991): *A Theory of Production for the Financial Firm*, Springer, Kluwer Academic Publishers.
- Hayami, Y. (1969): "Sources of Agricultural Productivity Gap among Selected Countries", *American Journal of Agricultural Economics*, 51, 564–575.
- Hayami, Y. and V. Ruttan (1970): "Agricultural Productivity Differences among Countries", *The American Economic Review*, 60, 895–911.
- Hoff, A. (2007): "Second Stage DEA: Comparison of Approaches for Modelling the DEA Score", *European Journal of Operational Research*, 181, 425–435.

- Holod, D. and H. Lewis (2011): "Resolving the Deposit Dilemma: A New DEA Bank Efficiency Model", *Journal of Banking & Finance*, 35, 2801–2810.
- Hsiao, H., H. Chang, A. Cianci and L. Huang (2010): "First Financial Restructuring and Operating Efficiency: Evidence from Taiwanese Commercial Banks", *Journal of Banking & Finance*, 34, 1461–1471.
- Hughes, J., W. Lang, L. Mester and C. Moon (1996): "Efficient Banking under Interstate Branching", *Journal of Money, Credit and Banking*, 28, 1045–1071.
- Hughes, J., W. Lang, L. Mester and C. Moon (2000): "Recovering Risky Technologies Using the Almost Ideal Demand System: An Application to U.S. Banking", *Journal of Financial Services Research*, 18, 5–27.
- Isik, I. and M. Hassan (2003): "Efficiency, Ownership and Market Structure, Corporate Control and Governance in the Turkish Banking Industry", *Journal of Business Finance and Accounting*, 30, 1363–1421.
- Johnson, A. and L. McGinnis (2008): "Outlier Detection in Two-stage Semiparametric DEA", *European Journal of Operational Research*, 187, 629–635.
- Juo, J. (2014): "Decomposing the Change in Profit of Taiwanese Banks: Incorporating Risk", *Journal of Productivity Analysis*, 41, 247–262.
- Kao, C. (2009): "Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model", *European Journal of Operational Research*, 192, 949–962.
- Kao, C. and S. Hwang (2008): "Efficiency Decomposition in Two-stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-life Insurance Companies in Taiwan", *European Journal of Operational Research*, 185, 418–429.
- Kneip, A., L. Simar and P. Wilson (2003): "Asymptotics for DEA Estimators in Nonparametric Frontier Models", Discussion Paper No. 0317, Institut de Statistique, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- Kontolaimou, A. and T. Kostas (2010): "Are Cooperatives the Weakest Link in European Banking? A Non-parametric Metafrontier Approach", *Journal of Banking & Finance*, 34, 1946–1957.
- Kuosmanen, T. (2006): "Stochastic Nonparametric Envelopment of Data: Combining Virtues of SFA and DEA in a Unified Framework", MTT Discussion Paper 3/2006.
- Kuosmanen, T. and M. Kortelainen (2012): "Stochastic Non-smooth Envelopment of Data: Semi-parametric Frontier Estimation Subject to Shape Constraints", *Journal of Productivity Analysis*, 38, 11–28.
- Kuosmanen, T., M. Koutelainen, T. Sipiläinen and L. Cherchye (2010): "Firm and Industry Level Profit Efficiency Analysis Using Absolute and Uniform Shadow Prices", *European Journal of Operational Research*, 202, 584–594.
- Lee, J., J. Park and T. Kim (2002): "Estimation of the Shadow Prices of Pollutants with Production/Environment Inefficiency Taken into Account: A Nonparametric Directional Distance Function Approach", *Journal of Environmental Management*, 64, 365–375.
- Liang, L., F. Yang, W. Cook, and J. Zhu (2006): "DEA Models for Supply Chain Efficiency Evaluation", *Annals of Operations Research*, 145, 35–49.
- Louzis, D., A. Vouldis and V. Metaxas (2012): "Macroeconomic and Bank-specific Determinants of Non-performing Loans in Greece: A Comparative Study of Mortgage, Business and Consumer Loan Portfolio", *Journal of Banking & Finance*, 36, 1012–1027.
- Lovell, C. and J. Pastor (1995): "Units Invariant and Translation Invariant DEA Model", *Operations Research Letter*, 18, 147–151.
- Luo, Y., G. Bi and L. Liang (2012): "Input/Output Indicator Selection for DEA Efficiency Evaluation: An Empirical Study of Chinese Commercial Banks", *Expert Systems with Applications*, 39, 1118–1123.
- Maghyereh, A. and B. Awartani (2012): "Financial Integration of GCC Banking Markets: A Non-parametric Bootstrap DEA Estimation Approach", *Research in International Business and Finance*, 26, 181–195.
- Manlagñit, M. (2011): "Cost Efficiency, Determinants, and Risk Preferences in Banking: A Case of Stochastic Frontier Analysis in the Philippines", *Journal of Asian Economics*, 22, 23–35.
- McCarty, T. and S. Yaisawarng (1993): "Technical Efficiency in New Jersey School District", In: Fried, H., C. Lovell and S. Schmidt (eds.), *Measurement of Productivity Efficiency: Techniques and Applications*, New York, Oxford University Press.
- McDonald, J. (2009): "Using Least Squares and Tobit in Second Stage DEA Efficiency Analyses", *European Journal of Operational Research*, 197, 792–798.
- Mester, L. (1996): "A Study of Bank Efficiency Taking into Account Risk-preferences", *Journal of Banking & Finance*, 20, 1025–

1045.

Nishimizu, M. and J. Jr. Page (1982): "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965–78", *Economic Journal*, 92, 920–936.

O'Donnell, C., D. Rao and G. Battses (2008): "Metafrontier Frameworks for the Study of Firm-Level Efficiencies and Technology Ratios", *Empirical Economics*, 34, 231–255.

Oh, D. (2010): "A Global Malmquist–Luenberger Productivity Index", *Journal of Productivity Analysis*, 34, 183–197.

Oh, D. and J. Lee (2010): "A Metafrontier Approach for Measuring Malmquist Productivity Index", *Empirical Economics*, 38, 47–64.

Paradi, J., S. Vela and Z. Yang (2004): "Assessing Bank and Bank Branch Performance: Modeling Considerations and Approaches", In: Cooper, W., L. Seiford and J. Zhu (eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers.

Park, K. and W. Weber (2006): "A Note on Efficiency and Productivity Growth in the Korean Banking Industry, 1992–2002", *Journal of Banking & Finance*, 30, 2371–2386.

Pastor, J. and C. Lovell (2005): "A Global Malmquist Productivity Index", *Economics Letters*, 88, 266–271.

Pastor, J., M. Asmild and C. Lovell (2011): "The Biennial Malmquist Productivity Change Index", *Socio-Economic Planning Sciences*, 45, 10–15.

Pesola, J. (2011): "Joint Effect of Financial Fragility and Macroeconomic Shocks on Bank Loan Losses: Evidence from Europe", *Journal of Banking & Finance*, 35, 3134–3144.

Pittman, R. (1981): "Issue in Pollution Control: Interplant Cost Differences and Economics of Scale", *Land Economics*, 57, 1–17.

Portela, M. and E. Thanassoulis (2010): "Malmquist-type Indices in the Presence of Negative Data: An Application to Bank Branches", *Journal of Banking & Finance*, 34, 1472–1483.

Rambaldi, A., D. Rao and D. Dolan (2007): "Measuring Productivity Growth Performance Using Metafrontiers with Applications to Regional Productivity Growth Analysis in a Global Context", In: O'Donnell, C., Australian Meeting of the Econometric Society ESAM07, Brisbane, 1–33.

Ray, S. and E. Desli (1997): "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries: A Deja Vu", *American Economic Review*, 87, 1033–1039.

Rinaldi, L. and A. Sanchis-Arellano (2006): "Household Debt Sustainability: What Explains Household Non-performing Loans? An Empirical Analysis", ECB Working Paper.

Scheel, H. (2001): "Undesirable Outputs in Efficiency Valuations", *European Journal of Operational Research*, 132, 400–410.

Schinasi, J. (2005): "Preserving Financial Stability", IMF Economic Issues, No. 36/2005, International Monetary Fund, Washington.

Schmidt, P. (1976): "On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions", *The Review of Economics and Statistics*, 58, 238–239.

Sealey, C. and J. Lindley (1977): "Inputs, Outputs and a Theory of Production and Cost at Depository Financial Institutions", *Journal of Finance*, 32, 1251–1266.

Seiford, L. and J. Zhu (1999): "Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks", *Management Science*, 45, 1270–1288.

Seiford, L. and R. Thrall (1990): "Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46, 7–38.

Sharp, J., W. Liu and W. Meng (2006): "A Modified Slacks-based Measure Model for Data Envelopment Analysis with 'Natural' Negative Outputs and Inputs", *Journal of Operational Research Society*, 57, 1–6.

Sherman H. and F. Gold (1985): "Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation with Data Envelopment Analysis", *Journal of Banking & Finance*, 9, 297–315.

Shestalova, V. (2003): "Sequential Malmquist Indices of Productivity Growth: An Application to OECD Industrial Activities", *Journal of Productivity Analysis*, 19, 211–226.

Silva Portela, M. and E. Thanassoulis (2006): "Malmquist Indexes Using a Geometric Distance Function (GDF): Application to a Sample of Portuguese Bank Branches", *Journal of Banking & Finance*, 25, 25–41.

Silva Portela, M., E. Thanassoulis and G. Simpson (2004): "A Directional Distance Approach to Deal with Negative Data in DEA:

- An Application to Bank Branches”, *Journal of Operational Research Society*, 55, 1111–1121.
- Simar, L. (2003): “Detecting Outliers in Frontier Models: A Simple Approach”, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 391–424.
- Simar, L. and P. Wilson (1998): “Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models”, *Management Science*, 44, 49–61.
- Simar, L. and P. Wilson (2000): “Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art”, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 49–78.
- Simar, L. and P. Wilson (2007): “Estimation and Inference in Two-stage, Semi-parametric Models of Production Processes”, *Journal of Econometrics*, 136, 31–64.
- Simar, L. and V. Zelenyuk (2010): “Stochastic FDH/DEA Estimators for Frontier Analysis”, *Journal of Productivity Analysis*, 36, 1–20.
- Simar, L., A. Vanhems, and P. Wilson (2012): “Statistical Inference for DEA Estimators of Directional Distances”, *European Journal of Operational Research*, 220, 853–864.
- Sun, L. and T. Chang (2012): “A Comprehensive Analysis of the Effects of Risk Measures on Bank Efficiency: Evidence from Emerging Asian Countries”, *Journal of Banking & Finance*, 35, 1727–1735.
- Timmer, C. (1971): “Using a Probabilistic Frontier Function to Measure the Technical Efficiency”, *Journal of Political Economy*, 79, 776–7794.
- Tone, K. (2001): “A Slack-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 130, 498–509.
- Tone, K. and M. Tsutsui (2009): “Network DEA: A Slacks-based Measure Approach”, *European Journal of Operational Research*, 197, 243–252.
- Tortosa-Ausina, E., E. Grifell-Tatjé, C. Armero and D. Conesa (2008): “Sensitivity Analysis of Efficiency and Malmquist Productivity Indices: An Application to Spanish Saving Banks”, *European Journal of Operational Research*, 184, 1062–1084.
- Tulkens, H. and P. Vanden Eeckaut (1995): “Non-parametric Efficiency, Progress and Regress Measures for Panel Data: Methodological Aspects”, *European Journal of Operational Research*, 80, 474–499.
- Wang, K., W. Huang, J. Wu and Y. Liu (2014): “Efficiency Measures of the Chinese Commercial Banking System Using an Additive Two-Stage DEA”, *Omega*, 44, 5–20.
- Wheelock, D. and P. Wilson (1995): “Evaluating the Efficiency of Commercial Banks: Does Our View of What Banks Do Matter?”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 77, 39–52.
- Wheelock, D. and P. Wilson (1999): “Technical Progress, Inefficiency and Productivity Changes in U.S. Banking, 1984–1993”, *Journal of Money, Credit and Banking*, 31, 212–234.
- Wu, S. (2005): “Productivity and Efficiency Analysis of Australia Banking Sector under Deregulation”, in ACE 05: Proceedings of the Australian Conference of Economists, Blackwell, Carlton, Vic., 1–43.
- Xue, M. and P. Harker (1999): “Overcoming the Inherent Dependency of DEA Efficiency Scores: A Bootstrap Approach”, Working Paper, Wharton Financial Institutions Center, University of Pennsylvania.
- Yang, C. and H. Liu (2012): “Managerial Efficiency in Taiwan Bank Branches: A Network DEA”, *Economic Modelling*, 29, 450–461.
- Zhou, P., B. Ang and K. Poh (2008): “A Survey of Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Studies”, *European Journal of Operational Research*, 189, 1–18.
- Zhu, N., B. Wang and Y. Wu (2014): “Productivity, Efficiency and Non-Performing Loans in the Chinese Banking Industry”, *The Social Science Journal*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.soscij.2014.10.003>.

(责任编辑:马 辰)