

数据包络分析法 (DEA) 的研究与应用

李美娟, 陈国宏

(福州大学管理学院, 福州 350002)

[摘要] 叙述了数据包络分析法 (DEA) 的思想、模型和应用步骤, 总结了近 20 多年来 DEA 方法的发展、主要应用领域——DEA 方法的主要研究成果, 并对该领域的进一步研究提出了一些想法和展望。

[关键词] 数据包络分析法 (DEA); 决策单元; 相对有效性; 研究趋势

[中图分类号] C931 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2003) 06-0088-07

1 引言

1978 年, 著名运筹学家 A. Charnes 提出了基于相对效率的多投入多产出分析法——数据包络分析法 (DEA, data envelopment analysis)。DEA 的原型可以追溯到 1957 年, Farrell 在英国农业生产进行分析提出的包络思想^[1]。此后, 在运用和发展运筹学理论与实践的基础上, 逐渐形成了主要依赖线性规划技术并常常用于经济定量分析的非参数方法。经过美国著名运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Copper 等人的努力, 使得非参数方法以数据包络 (DEA) 的形式在 80 年代初流行起来^[2]。因此, DEA 有时也被称为非参数方法或 Farrell 型有效分析法。我国自 1988 年由魏权龄系统地介绍 DEA 方法之后^[3], 先后也有不少关于 DEA 方法理论研究及应用推广的论文问世。

DEA 方法以相对效率概念为基础, 用于评价具有相同类型的多投入、多产出的决策单元是否技术有效的一种非参数统计方法。其基本思路是把每一个被评价单位作为一个决策单元 (DMU, decision making units), 再由众多 DMU 构成被评价群体, 通过对投入和产出比率的综合分析, 以 DMU 的各个投入和产出指标的权重为变量进行评

价运算, 确定有效生产前沿面, 并根据各 DMU 与有效生产前沿面的距离状况, 确定各 DMU 是否 DEA 有效, 同时还可用投影方法指出非 DEA 有效或弱 DEA 有效 DMU 的原因及应改进的方向和程度。由于 DEA 方法不需要预先估计参数, 在避免主观因素和简化运算、减少误差等方面有着不可低估的优越性^[4], 该方法近年来被广泛运用到技术和生产力进步、技术创新、关于成本收益利润问题、资源配置、金融投资、非生产性等各个领域, 进行有效性分析, 从而进行评价决策。

2 数学模型^[2]

设有 n 个单位 DMU, 每个 DMU 都有 m 种类型的输入 (表示对资源的耗费) 以及 s 种类型的输出 (表明成效的信息量), 其形式为

$$X = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

[收稿日期] 2002-12-02; 修回日期 2003-01-20

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (70171026)

[作者简介] 李美娟 (1979-), 女, 福建古田县人, 福州大学硕士研究生

$$Y = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_r \\ \vdots \\ u_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1j} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2j} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ y_{r1} & y_{r2} & \cdots & y_{rj} & \cdots & y_{rn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \cdots & y_{sj} & \cdots & y_{sn} \end{bmatrix}$$

其中每个决策单元 j ($j = 1, 2, \dots, n$) 对应一个输入向量 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$ 和一个输出向量 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{mj})^T$ 。 x_{ij} 为第 j 个决策单元对第 i 种类型输入的投入总量, $x_{ij} > 0$; y_{rj} 为第 j 个决策单元对第 r 种类型输出的产出总量, $y_{rj} > 0$; v_i 为对第 i 种输入的一种度量; u_r 为对第 r 种类型输出的一种度量; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$; $r = 1, 2, \dots, s$ 。

DEA 模型有两种形式, 一种是分式规划, 另一种是线性规划。这两种形式是等价的, 前者是通过比率定义得到, 而后者是基于一系列的生产公理假设获得。出于计算上的原因, 人们通常采用后者。因此, 笔者主要以线性规划形式来介绍 DEA 方法。

传统的 CCR 模型由 Charnes, Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出的, 用于评价 DMU 的规模且技术有效性, 对于第 j_0 个决策单元 DMU_{j_0} 的 DEA 投入和产出有效的两种模型如下:

$$\begin{aligned} & 1) \quad \min \{ \theta \}, \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_{j_0}, \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_{j_0}, \\ & \quad \quad \lambda_j \geq 0, \theta \text{ 自由}. \end{aligned} \quad (1)$$

对式 (1) 引入松弛变量 S^- 和 S^+ , 化为:

$$\begin{aligned} & \min \{ \theta \}, \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_{j_0}, \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_{j_0}, \\ & \quad \quad \lambda_j \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, \theta \text{ 自由}. \end{aligned} \quad (1')$$

其中 X_{j_0} 表示第 j_0 个 DMU 输入向量, Y_{j_0} 表示第 j_0 个 DMU 输出向量, θ 表示投入缩小比率, λ 表示决策单元线性组合的系数。带 * 表示最优解。

若 $\theta^* = 1, S^{-*} = S^{+*} = 0$, 则称 j_0 单元为 DEA 有效; 若 $\theta^* = 1, S^{-*}, S^{+*}$ 存在非零值, 则称 j_0 单元为 DEA 弱有效; 若 $\theta^* < 1$, 则称 j_0 单元为 DEA 无效。

$$\begin{aligned} & 2) \quad \max \{ \alpha \}, \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X_{j_0}, \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq \alpha Y_{j_0}, \\ & \quad \quad \lambda_j \geq 0, \alpha \text{ 自由}. \end{aligned} \quad (2)$$

对式 (2) 引入松弛变量 S^- 和 S^+ , 化为

$$\begin{aligned} & \max \{ \alpha \}, \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = X_{j_0}, \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = \alpha Y_{j_0}, \\ & \quad \quad \lambda_j \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, \alpha \text{ 自由}. \end{aligned} \quad (2')$$

其中 α 表示扩大比率。

若 $\alpha^* = 1$ 且 $S^{-*} = S^{+*} = 0$, 则称 j_0 单元为 DEA 有效; 若 $\alpha^* = 1, S^{-*}, S^{+*}$ 存在非零值, 则称 j_0 单元为 DEA 弱有效; 若 $\alpha^* > 1$, 则称 j_0 单元为 DEA 无效。

投入和产出的 CCR 模型评价结果一致, 即 $\theta^* = 1/\alpha^*$ 。

3 DEA 方法的应用步骤

DEA 方法的应用步骤如图 1 所示^[5]。

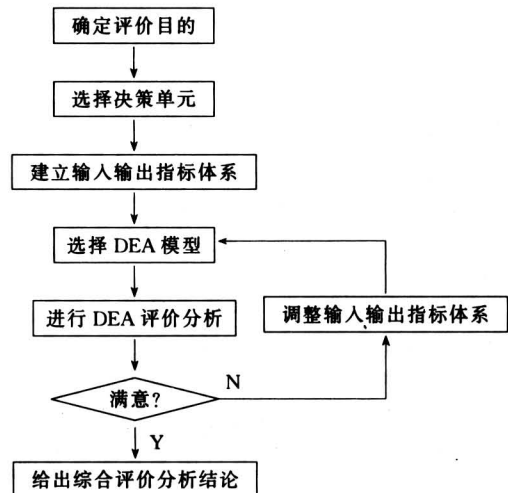


图 1 DEA 方法的应用步骤

Fig. 1 Application steps for DEA

4 DEA 的发展

4.1 BCC 模型的改进

1) 原 BCC 模型^[6]

$$\begin{aligned}
 & \min \{ \theta \}, \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_{j_0}, \\
 & \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_{j_0}, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0, \theta \text{ 自由}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 & \max \{ \alpha \}, \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X_{j_0}, \\
 & \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq \alpha Y_{j_0}, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0, \alpha \text{ 自由}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

如果关于输入和输出 CCR 模型 DEA 有效, 则此决策单元一定关于输入和输出 BCC 模型 DEA 有效。

BCC 模型: 当 $\theta^* = 1$, 则 $\alpha^* = 1$; 但当 $\theta^* < 1$ 时, 很可能 $\alpha^* \neq 1/\theta^*$, 即 j_0 决策单元的投入技术效率与产出效率通常不相等。

2) BCC 模型的改进^[7]

实际应用中, 人们只有从投入或产出角度去研究决策单元的相对技术效率, 并没有综合考虑投入缩小比率和产出扩大比率, 一般有两种方法:

a. 分别寻求投入缩小比率和产出扩大比率, 将得出的两种技术效率代入综合技术效率指数

$$\eta = (\theta^* + \alpha^*)/2, \tag{5}$$

或

$$\eta = \theta^* / \alpha^*. \tag{6}$$

此法计算过程复杂, 但原理简单。

b. 在缩小投入的同时, 尽可能扩大产出, 然后将投入缩小比率和产出扩大比率代入式 (5) 和式 (6)。文献 [8] 运用模糊规划和式 (5) 预测了决策单元综合 (投入与产出) 技术效率, 但算法复杂, 而且必须分两阶段进行; 文献 [9] 运用式 (6) 和下面式 (7) 测算, 除了同样必须分两阶段外, 此方法在算法上还存在问题, 即由式 (7) 得出的最优值 $\alpha^* - \theta^*$, 并不一定使式 (6) 在与式

(7) 相同的可行域里取最小值。

$$\begin{aligned}
 & \max \{ \alpha - \theta \}, \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_{j_0}, \theta \leq 1, \\
 & \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq \alpha Y_{j_0}, \alpha \geq 1, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0.
 \end{aligned} \tag{7}$$

为此, 文献 [7] 将基于技术效率指数式 (6), 提出直接测算决策单元投入—产出效率的 DEA 模型式 (8)。

$$\begin{aligned}
 & \min \eta = \theta^* / \alpha^*, \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_{j_0}, \theta \leq 1, \\
 & \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq \alpha Y_{j_0}, \alpha \geq 1, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0.
 \end{aligned} \tag{8}$$

4.2 对决策单元进行排序

DEA 方法存在一个缺陷, 由于各个决策单元是从最有利于自己的角度分别求权重的, 导致这些权重是随 DMU 的不同而不同的, 从而使得每个决策单元的特性缺乏可比性。所以 DEA 方法只能判断决策单元是否是 DEA 有效的, 它们分为有效和非有效两大类。另外, 用这种方法进行评价时容易出现大量的、甚至全部决策单元都为有效的情形, 这都是由于传统的 DEA 方法总是强调单个被评价单元的优势所致。因此, 传统的 DEA 方法不能对决策单元进行排序, 从而要做更进一步的分析评价。

在实际生产活动中, 对决策单元按一定的标准排序也是进行分析评价时很重要的一个方面。现在已有不少关于对决策单元进行排序的 DEA 方法的研究, 尤其是对 DEA 有效的决策单元进行排序的研究。现有的研究多是将 DEA 方法与其他方法结合起来。

在文献 [10] 中, 提出了一种新的决策单元排序的 DEA 方法。该方法同传统 DEA 方法相似, 用决策单元的相对有效性作为排序的依据。它是从 DEA 方法权重确定的思想扩展得到的。所不同的是传统 DEA 模型测算出的相对效率的权重对每个

决策单元都是不同的。而新方法给出了一组比较合理的公共权重，并在统一的权重基础上计算相对效率指数，从而对决策单元进行排序。该方法的思路是：引入一个输入最小输出最大的理想 DMU 这个理想的 DMU 无疑相对于其他 DMU 来说是 DEA 有效的，对它的效率指数求最大所测算出的权重就是一组相对比较合理的权重，在这组公共权重的基础上求得的所有 DMU 的相对效率指数就可以用来进行排序。

4.3 DEA 方法与其他方法结合使用

单一评价方法有其自身的优缺点，几种方法的结合使用可以取长补短。现在已有不少关于对决策单元进行排序的 DEA 方法研究，多是将 DEA 方法与其他方法结合起来。如在文献[11]中提出了一种对决策单元进行排序的 DR/DEA 方法。该方法综合了 DEA 方法和判别分析方法，在基于 DEA 评价的基础上，通过判别分析，将各 DMU 判属有效或非有效的两类，从而得到一组相应于所有 DMU 的权重，进而进行排序。还有用主成分分析方法对 DEA 有效的决策单元进行再排序^[12, 13]，以及使 DEA 方法与 OERA (offensive earned-run average) 方法相结合进行棒球评估和排序，等等^[14]。文献[15]在基于 AHP 的 DEA 分析基础上提出虚拟物流企业联盟伙伴选择的方法，通过三阶段选择确定物流联盟伙伴。首先，进行定性指标 AHP 层次分析，确定候选企业的综合素质；其次，将评价结果作为 DEA 分析的输出项，结合定量指标得出 DEA 有效性企业；最后，通过 (0-1) 规划模型得出组建联盟的伙伴。文献[16]提出最优分割聚类分析方法，该方法以 DEA 相对效率评价为基础，通过最优分割法寻找最优分割点，从而达到聚类的目的。文献[17]用神经网络方法进行 DEA 有效预测。DEA 还可以与模糊数学、灰色系统等方法结合使用。

4.4 应用领域

4.4.1 技术和生产力进步以及技术创新 文献[18]提出了利用 DEA 方法来估计 DMU 的技术进步情况，继而，文献[19]借助 DEA 有效前沿面的变化来估计行业的平均技术进步率和技术进步的滞后及超前年限。文献[20]将广义技术进步分解为生产技术进步和效率进步，揭示三者之间的内在联系，并给出各决策单元各年技术进步速度以及技术进步对经济增长贡献的测算方法。文献[21]采用

CCGSS 模型对铁路运输业科技进步速度进行测算。文献[22]将一般产出增长型生产函数模型与 DEA 模型相结合，讨论了被评价单元的平均技术进步率的测算，有效的平均技术进步率估计，以及在各种情况下被评价单元相对于全有效单元的技术进步时差。文献[23]利用改进 DEA 模型分析科学技术投入产出效率。文献[24]利用 DEA 方法对福建省电子、纺织、机械、化工、医药 5 个行业的技术创新情况进行评价，指出其在技术创新方面存在的主要问题及改进措施。文献[25]在对几种技术进步评价方法简要评述的基础上，探讨 DEA 方法在企业技术创新评价中的应用。

4.4.2 关于成本、收益、利润的问题 利用 DEA 模型的基本公理假设，可以得到一个生产可能集，它能代替一般生产关系（如生产函数）求出最小成本、最大收益和最大利润^[26]，这为讨论分配有效性奠定了基础。分配有效性不同于技术和规模有效性，它与价格有关，不但要求技术有效，而且同时要求 DMU 达到最小成本或最大收益，从中可以看出输入（输出）在价格意义下是否搭配合理^[27]。

4.4.3 资源配置 文献[28]认为 DEA 在经济系统中的应用实质是对资源配置状况的分析，文章通过深入分析，发现导致决策单元无效的三大成因，把 DEA 对决策单元的分析结果由 2 种增加到 4 种，并相应的提出价格无效、绝对冗余、相对冗余等新概念，从而为管理者改善决策提供明确的指导方向。

4.4.4 金融投资 文献[29]采用 DEA 方法进行投资基金业绩评估。文献[30]在 DEA 的 CCR 模型基础上，建立了一种证券运营效率评价和排序的数学模型，同时建立了相应的投影模型，并用其对 14 家综合类证券公司进行了评价和排序。文献[31]采用 DEA 方法评价和控制项目投资估算精度。文献[32]利用 DEA 模型评价银行经营与管理综合效益。文献[33]根据我国商业银行的特点，建立了银行经营效率评价指标体系，相应地提出了应用产出增加型 DEA 模型评价其经营效率的方法，并对某银行进行了纵向评价和其分支机构的内部横向评价。

4.4.5 非生产领域 DEA 方法可以处理多输入、多输出的生产系统，而且还可以处理诸如医院、学校等非生产性系统。通过同等规模高校的有效前沿面的分析，可以为制定合理的学校管理定额提供依

据,通过对有效前沿面各点规模效益的分析,确定效果最佳的规模^[34]。

4.4.6 灵敏度分析与随机 DEA 自1985年第一篇关于DEA灵敏度分析的论文问世以来^[35],该方向已取得一些发展,主要是利用基础解系矩阵来分析^[36, 37],也有利用DEA投影来分析的^[38],而文献^[39]则是用DEA模型的权重来研究CCR模型的稳定性。文献^[40]和文献^[41]对文献^[42]所讨论的混合的DEA模型进行灵敏度分析。另一个与灵敏度相关的课题是随机DEA的形成^[43]。文献^[44]提出了一种新的随机数据包络分析模型,给出了评价单元随机DEA有效的定义和随机DEA有效的必要条件。运用随机规划原理,可求解随机DEA问题,其中主要讨论了评价单元的投入、产出向量呈单因数对称随机分布时的DEA模型,并用案例说明了随机DEA的应用前景和具体用法。继而,文献^[45]提出了随机DMU相对有效性评价的期望值方法,给出了随机DMU相对有效的两个定义,并讨论了其相应的求解方法。

4.4.7 其他 文献^[5]提出DEA方法在可持续发展评价中的应用思路 and 过程,并结合我国某大城市实际数据进行了可持续发展能力评价和全国环境经济效益分析的实证研究。单目标的传统DEA只能从投入或产出角度测算决策单元的相对最高效率。文献^[46]提出基于多目标的扩展DEA,从而可通过投入及产出来测算决策单元相对的平均效率、最高效率及最低效率,并研究其相对有效性。通常的DEA模型可以称为决策单元的自我评价模型,文献^[47]在决策单元的自我评价模型基础上,构造出决策单元的相互评价模型,这一模型弥补了自我评价模型的不足,更细致地区分出决策单元的优劣,为对决策项目进行选择提供了依据。文献^[48]从锥比率数据包络分析模型CCWH出发,分析和研究DEA中偏好问题,得到了DEA模型的一个更为一般的描述,然后分别给出了对单元和指标偏好的两种定义,探讨了DEA模型在这些定义下对单元和指标偏好的线性结构,并证明了有关结论。文献^[49]建立评价城市百货零售企业经营效率的数据包络分析模型,该模型测算了各企业的总体效率、技术效率、规模效率及其规模效益状况。进而对非DEA有效的企业提出使其达到DEA有效的可行措施,同时分析了企业经营效率与资源配置效率之间的关系,得出若干关于城市百货零售产业发展的建

议,供决策部门参考。

以上介绍仅对DEA的一些重要研究成果,从中可以看到,DEA确实有广泛的运用前景。

5 展望

DEA的主要发展趋势将有如下几个方向:

1) 理论上的扩展 主要体现在几个方面:DEA的随机性^[45]、DEA与其他方法的结合、模糊DEA的有效性、一般灰色的DEA模型、灵敏度分析与稳定性、对决策单元进行排序^[10]、偏序集理论在DEA分析中的应用研究、带有约束锥的DEA模型研究^[50, 51, 52]、多目标规划的DEA研究、多阶段的DEA模型研究等。

2) 计算方面的发展 主要表现在DEA软件的设计、计算效率问题和退化问题。目前,可以利用DEA软件进行计算,也可以自己利用Matlab进行编程计算。只需输入数据,选择模型,就可得出结果。随着计算机技术的发展,DEA的计算也就越来越简单、快速、方便,更新的DEA软件将问世。

3) 新的应用方向 DEA方法的发展使之渗透更多的应用领域,同时也由于实际需要促进了方法研究。这进一步显示DEA的优越性,例如将DEA权重确定的思想推广多目标决策的算法中去,将DEA应用到存在大量的不确定性的评价与决策问题的领域。CCR模型问世之后,先后又出现了CCW模型、CCWH模型、CCGSS模型及CCWY模型,这些模型都是确定型的,模型所涉及的指标体系是确定的,所涉及的输入、输出数据也都是确定已知的。众所周知,许多领域的评价与决策问题都存在大量的不确定性,如随机性、模糊性、灰色性等,在处理这类问题时,确定型DEA模型就显得无能为力。就需要新的DEA模型来解决此类问题。

参考文献

- [1] Farrell M J. The measurement of productive efficiency [J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, (120A): 125~281
- [2] Charnes A, Cooper W W, Phodes E. Measuring the efficiency of DMU [J]. European Journal of Operational Research, 1978, (2): 429~444
- [3] 魏权龄. 评价相对有效性的方法 [M]. 北京: 人民出版社, 1998. 6~131
- [4] 朱乔. 数据包络分析 (DEA) 方法的综述与展望 [J]. 系统工程方法与应用, 1994, 3 (4): 1~8

- [5] 曾珍香, 顾培亮, 张 闾. DEA方法在可持续发展评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (8): 114~118
- [6] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in DEA [J]. *Management Science*, 1984, (30): 1078~1092
- [7] 李光金, 阎 洪. 测算投入—产出型技术效率的DEA模型[J]. 系统工程理论与实践, 2002, (1): 26~31
- [8] 李光金. 基于双准则规划的DEA及其相对效率[J]. 管理工程学报, 1998, 12 (1): 45~51
- [9] 李光金. 评价相对效率的投入—产出型DEA及其应用[J]. 管理科学学报, 2001, 4 (2): 58~62
- [10] 李 果, 沈晓勇, 王应明. 对决策单元进行排序的一种方法[J]. 预测, 2002, (4): 51~53
- [11] Zilla S, Friedman L. DEA and the discriminant analysis of ratios for ranking units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1998, 111: 470~478
- [12] 谢昌芸, 樊相宇. 我国邮电工业企业相对效益的DEA分析[J]. 陕西师范大学学报, 1999, (5): 98~102
- [13] 樊相宇, 谢昌芸. 邮电高校办学效益的DEA分析[J]. 西安邮电学院学报, 1999, (6): 38~41
- [14] Sueyoshi T, Ohnishi K, Kinase Y. A benchmark approach for baseball evaluation [J]. *European Journal of Operational Research*, 1999, 115: 429~448
- [15] 戴 勇. 基于AHP的DEA分析基础上的虚拟物流企业联盟伙伴选择[J]. 系统工程, 2002, 20 (3): 47~51
- [16] 李 果, 王应明. 对DEA聚类分析方法的一种改进[J]. 预测, 1999, (4): 66~67
- [17] 李 果, 沈晓勇, 王应明, 等. 用神经网络方法进行DEA的有效预测[J]. 预测, 1999, (5): 64~66
- [18] Diewert W E. Capital and the theory of productivity measurement [J]. *American Economic Review*, 1980, (5): 260~267
- [19] 魏权龄. 估计要素增长型技术进步滞后及超前年限的DEA模型[J]. 数量经济技术经济研究, 1991, (3): 11~17
- [20] 许水龙. 技术进步评估的DEA方法[J]. 数量经济技术经济研究, 1995, (8): 45~50
- [21] 姜秀山, 祝甲山. 改进的DEA方法及其在测算科技进步中的应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2000, (5): 59~62
- [22] 陈国宏. 基于产出增长型生产函数及DEA模型的生产系统技术进步评价[J]. 科研管理, 1998, 19 (1): 12~16
- [23] Zhang Zhisheng, Chen Guohong. The analysis on efficiency of input - output of science and technology using improved DEA model [A]. *Proceedings of 2002 International Conference on Management Science & Engineering (ISTP)* [C]. Moscow, Russia, Oct, 2002. 1864~1867
- [24] 金玲娣. 福建省重点行业技术创新相对有效性分析[J]. 科学管理研究, 2000, 18 (5): 75~78
- [25] 杜 栋. 企业技术创新评价的DEA方法[J]. 系统工程理论方法应用, 2001, 10 (1): 82~84
- [26] 朱 乔, 陈 遥. 求最小成本、最大收益和最大利润的一种新方法[J]. 系统工程学报, 1992, (7): 80~86
- [27] 朱 乔, 陈 遥. 评价输入、输出最佳组合的非参数方法[J]. 系统工程理论与实践, 1994, (1): 69~73
- [28] 莫剑芳, 叶世绮. 基于DEA的资源配置状况分析[J]. 运筹与管理, 2002, 11 (1): 42~45
- [29] 丁文桓, 冯英浚, 康宇虹. 基于DEA的投资基金业绩评估[J]. 数量经济技术经济研究, 2002, (3): 98~101
- [30] 樊 宏. 基于DEA模型的我国证券公司评价方法及应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2002, (4): 118~121
- [31] 李同宁, 陈学中. 评价和控制项目投资估算精度的DEA方法[J]. 系统工程理论与实践, 1999, (5): 96~99
- [32] 薛 峰, 杨德礼. 评价银行经营与管理综合效益的DEA模型[J]. 数量经济与技术经济研究, 1998, (5): 63~66
- [33] 杨宝臣, 刘 铮, 高春阳. 商业银行有效性评价方法[J]. 管理工程学报, 1999, 13 (1): 13~19
- [34] 陈 嵩. 用DEA法评价高校办学效益的研究[J]. 预测, 2000, (1): 77~79
- [35] Charnes A. Sensitivity and stability analysis in DEA [J]. *Annals of Operations Res*, 1985, (2): 139~156
- [36] Banker R D, Morey R. The use of categorical variables in DEA [J]. *Management Science*, 1986, (32): 1613~1627
- [37] Fare R. Multilateral productivity comparisons [J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1989, (71): 90~98
- [38] 许 伟, 肖承忠. 数据包络分析方法的灵敏度分析[J]. 上海机械学院学报, 1990, (13): 16~22
- [39] 朱 乔, 陈 遥. 数据包络分析的灵敏度研究及应用[J]. 系统工程学报, 1994, (9): 46~54

- [40] 李岩红, 吴文江. 混合的数据包络分析模型及其灵敏度分析 [J]. 系统工程理论方法应用, 1997, 6 (3): 33~35
- [41] 吴文江. “混合的”数据包络分析模型的灵敏度分析 [J]. 系统工程理论方法应用, 1998, (11): 117~120
- [42] 吴文江. “混合的”数据包络分析模型 [J]. 系统工程理论方法应用, 1993, 1 (1): 23~30
- [43] Scngupta J K. Transformations in stochastic DEA models [J]. Journal of Econometrics, 1990, (46): 109~123
- [44] 曾祥云, 吴育华, 郑道英. 随机 DEA 模型及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2000, (6): 19~24
- [45] 曾祥云, 吴育华. 随机 DMU 相对有效性评价的期望值方法及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2000, 15 (3): 247~252
- [46] 李光金, 刘永清. 基于多目标规划的 DEA [J]. 系统工程理论与实践, 1997, (3): 16~22
- [47] 徐成龙, 吴健中. 决策单元相互评价模型及其应用研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2000, 9 (1): 78~82
- [48] 赵勇, 岳超源, 许晓东, 等. 数据包络分析中偏好的研究 [J]. 系统工程学报, 1997, 12 (4): 47~54
- [49] 王新宇. 基于 DEA 模型的城市百货零售企业经营效率评估 [J]. 系统工程, 2001, 19 (1): 56~60
- [50] Cooper W W, Wei Quanling, Yu G. Using displaced cone representation in DEA models for nondominated solutions in multiobjective programming [J]. Systems Science and Mathematical Sciences, 1997, 10 (1): 41~49
- [51] Charnes A, Cooper W W, et al. Cone ratio data envelopment analysis and multiobjective programming [J]. International Journal of Systems Science, 1989, 20 (7): 1099~1118
- [52] 吴育华, 曾祥云, 宋继旺. 带有 AHP 约束锥的 DEA 模型 [J]. 系统工程学报, 1999, 14 (4): 330~333

A Review on the Research and Application of DEA

Li Meijuan, Chen Guohong

(Management School, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

[Abstract] This paper first presents basic ideas, models and application steps for data envelopment analysis (DEA), then summarizes the development and main application fields of DEA as well as some main research results achieved during the past twenty years in these fields. Finally, the directions for future research are discussed.

[Key words] DEA; DMU; relative effectiveness; the directions for future research

重要更正

本刊 2003 年第 5 期发表的“中国保健食品的优势与发展”(第 35~39 页)一文, 由于编辑部工作的严重失误, 在作者简介中错将李连达研究员写为“中国工程院院士”, 并将该文归入“院士论坛”栏目, 给作者本人以及广大读者造成不应有的误会, 特此郑重声明更正并做公开检讨, 同时向读者及李连达研究员深表歉意。

《中国工程科学》编辑部