

数据包络分析在经济发展中的应用

王新元

顾荣忠

(无锡轻工大学经贸管理系, 无锡, 214036) (河海大学经济管理系, 南京, 210024)

摘要 运用全局数据包络分析方法, 评价了近15年中国经济发展的相对有效性。结果表明, 各年份的相对效率与我国经济发展的轨迹是一致的。在一定的经济增长速度下, 预测国家固定资产的投资规模。为国家宏观调控提供了科学的依据。

关键词 数据包络分析; 有效性; 通货膨胀; 宏观调控

中图分类号 F224.3

0 引言

作者从全局数据包络分析模型^[1,2]出发, 以纵向评价自1980年以来的经济发展的相对有效性。首先确定已经过去的15年, 哪几年是相对有效的; 其次分析这模型的结论与这15年经济发展轨迹的吻合程度; 再次对今后国家在一定经济增长前提下, 如何确定全社会的投资规模, 提供一些可参考的依据。

1 全局数据包络分析模型

数据包络分析(DEA) 是运筹学的一个新的研究领域, 是研究具有相同类型的部门间相对有效性的十分有用的方法; 同时也是处理一类多目标决策问题, 理论上非常完备的方法; 更是经济理论中, 估计具有多个输入, 特别是多个输出的“生产前沿函数”的有力工具。DEA 前沿指的是经济部门集的相对有效生产前沿面, 它是由所有部门的投入—产出数据经“数据包络分析”确定的, 评价部门的效率指标是该部门与这样的前沿相比较的结果。因此, DEA 只有一个前沿, 具有可比性, 而且易于求出。

假设有 n 个部门或单位(称为决策单元), 每个部门都有 m 种类型的输入以及 S 种类型的输出, 它们由表 1 所示。

表 1 基础数据表

		1	2	.....	j	.....	n								
V_1	1	x_{11}	x_{12}	.....	x_{1j}	.....	x_{1n}	y_{11}	y_{12}	.....	y_{1j}	.....	y_{1n}	1	u_1
V_2	2	x_{21}	x_{22}	.....	x_{2j}	.....	x_{2n}	y_{21}	y_{22}	.....	y_{2j}	.....	y_{2n}	2	u_2
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots	
V_m	m	x_{m1}	x_{m2}	.....	x_{mj}	.....	x_{mn}	y_{s1}	y_{s2}	.....	y_{sj}	.....	y_{sn}	s	u_s

其中 x_{ij} 为第 j 个决策单元对第 i 种类型的输入的投入总量, $x_{ij} > 0$;

y_{rj} 为第 j 个决策单元对第 r 种类型的输出的产出总量, $y_{rj} > 0$;

v_i 为第 i 种类型输入的一种度量, 或称为权;

u_r 为第 r 种类型输出的一种度量, 或称权。

x_{ij} 及 y_{rj} 为已知数据, 它可以根据历史的资料或检测的数据得到; v_i, u_r 为变量。相应于权系数 $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T, u = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$, 每个决策单元相应的效率评价指数为:

$$h_j = \left(\begin{matrix} s \\ r=1 \end{matrix} u_r y_{rj} \right) \bigg/ \left(\begin{matrix} m \\ i=1 \end{matrix} v_i x_{ij} \right), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

通过适当地选取权系数 v 及 u , 可使其满足

$$h_j \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

从而

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

所以, 全局数据包络分析模型如下(DEA-G):

$$\max \sum_{j=1}^n (u^T y_j - v^T x_j) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} u^T y_j - v^T x_j \geq 0, & j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n v^T x_j = 1 \\ u \geq 0, \quad v \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n v^T x_j = 1 \\ u \geq 0, \quad v \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

此模型的对偶模型(D)如下: 设 $\lambda_j, j = 1, 2, \dots, n$ 对应于(2)的对偶变量, θ 对应于(3)的对偶变量, 则

$$\min \theta$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - \theta \sum_{j=1}^n y_j \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j - \theta \sum_{j=1}^n x_j \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

这里 y_j 为第 j 个决策单元的输出向量; x_j 为相应的输入向量。

DEA-G 相对有效是指, 存在 DEA-G 的最优解 u, v 满足 $u^T y_{j_0} - v^T x_{j_0} = 0$ 且 $u > 0, v > 0$, 则称决策单元 j_0 为 DEA-G 有效。

对偶模型的经济含义是, 在生产可能集内, 当产出 $\sum_{j=1}^n y_j$ 保持不变时, 尽量将投入量 $\sum_{j=1}^n x_j$ 按同一比例 $(1 + \theta)$ 减少(因对偶模型 θ 的取值不可能为正, 只能是 $-1 < \theta < 0$)。如果投入量不能按 $(1 + \theta)$ 减少, 即线性规划(D)的最优值 $v_D = 0$, 则表示整个评价系统既为“技术有效”也为“规模有效”, 当整个评价系统不为规模有效时, $\theta < 0$, 投入量可按 $(1 + \theta)$ 同时减少。

当某个决策单元 j_0 为非有效时, 相应的线性规划(D)的最优解 $\lambda_{j_0} = 0$, 也就是说, 去掉该决策单元时, 仍能得到相应的生产结果, 对整体无影响。

2 经济发展的 DEA-G 模型

经济发展的有效与否, 表现在投入与产出的关系上是否合适。作为宏观经济的投入量可考虑每年的劳动力投入与资本的投入; 产出为每年的国民生产总值。为了数据具有可比性, 消除通货膨胀等因素, 本文中采用每年新投入的标准劳动力 x_{2j} 及每年以 1978 年不变价格计算的全社会固定资产投资 x_{1j} ; 产出用以 1978 年不变价格计算的比上一年新增的国民生产总值 y_j 表示。其数据, 1992 年以前的摘自《中国 1992 统计年鉴》, 1992 ~ 1994 年的摘自《经济管理》1995 年第 2 期。

表2 全社会固定资产投资 (亿元)

年份	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
当年价格投资额	866.67	966.67	1172.4	1430.06	1832.87	2543.19	3019.62	3640.86	4446.59	4137.73	4449.29	5508.8	7582	11829.1	15926
以上年为 100 的物价指数	106	102.4	101.9	101.5	102.8	108.8	106.0	107.3	118.5	117.8	102.1	102.9	105.4	113	121.7
以 78 年为 100 的物价指数	1.08	1.107	1.128	1.145	1.177	1.28	1.358	1.457	1.726	2.033	2.076	2.136	2.2513	2.544	3.096
以 78 年为不变价格的投资	802.47	873.23	1039.36	1248.96	1557.24	1986.87	2223.58	2498.87	2576.24	2035.28	2143.2	2579.03	3367.8	4842.6	5357.42

以 1978 年为不变价格的全社会固定投资 = 当年价格 / 以 1978 年为 100 的各年物价指数。

表3 每年新投入的劳动力 (万人)

年份	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
城镇	622.5	534.3	408.1	406.5	449.7	502.3	431.6	411.7	442.6	476.6	340.0	295.0
乡村	129.4	92.0	66.0	68.2	123	150.2	166.5	166.8	159.9	120.0	118.2	140.0
中专、大学	80.0	107.9	117.4	93.4	81.7	88.5	99.3	117.1	130.8	145.2	168.0	176.0
其他	70.1	85.8	73.5	60.2	67.2	72.6	95.7	103.5	131.0	78.0	159.0	154.0
合计	900	820	665	628.3	721.5	813.6	793.1	799.1	844.3	619.8	785	765
折合标准	980	927.9	782.4	721.7	786.6	902.1	892.4	916.2	975.1	765	953	941

注: 折合标准 = $k_1 \cdot \text{城镇} + k_2 \cdot \text{乡村} + k_3 \cdot \text{大学、中专} + k_4 \cdot \text{其他}$ 。为了简单起见, 取 $k_1 = k_2 = k_4 = 1, k_3 = 2$ 。

由于没有 1992, 1993, 1994 年的劳动力数据, 故用预测数据, 根据移动平均法预测 1992 ~ 1994 年的人数。

$$x_{92} = (x_{88} + x_{89} + x_{90} + x_{91}) / 4 = 908.5$$

$$x_{93} = (x_{89} + x_{90} + x_{91} + x_{92}) / 4 = 891.9$$

$$x_{94} = (x_{90} + x_{91} + x_{92} + x_{93}) / 4 = 923.6$$

设 $\Delta \text{GNP} = \text{GNP}_j - \text{GNP}_{j-1}$, 则国民生产总值 GNP 数据为表 4 所示。

表4 国民生产总值

年份	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
指数	116	121.2	131.8	145.5	166.9	188.2	203.5	225.7	251.2	262.1	272.7	293.8	334.3	379.1	423.5
GNP	4162.2	4348.78	4729.12	5220.68	5988.5	6252.8	7310.78	8098.34	9013.3	9404.4	9784.75	10541.84	11995.7	13603.2	15194.7
ΔGNP	301.4	186.58	380.34	491.57	767.81	764.3	557.98	796.56	915	391.1	380.35	757	1453.9	1607.5	1591.5

注: $\text{GNP}_j =$ 每年相对于 1978 年 GNP 的指数 $\times 3588.1$, 指数栏是以 1978 年可比价格计算的, 且 1978 年的 GNP 为 100。

根据以上表 2 ~ 表 4, 可得以下 DEA-G 数据, 见表 5。

表5 输入输出数据表

年份	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	
v_1	x_{1j}	802.47	873.23	1039.36	1248.96	1557.24	1986.87	2223.58	2498.87	2576.24	2035.28	2143.20	2579.03	3367.8	4802.6	5357.42
v_2	x_{2j}	980	927.9	782.4	721.7	786.6	902.1	892.4	916.2	975.1	765	953	941	908.5	819.9	923.6
u	y_j	301.4	186.58	380.34	491.57	767.8	764.3	557.98	796.56	915	391.1	380.35	757	1453.9	1607.5	1591.5

DEA-G 模型为:

$$\begin{aligned}
 & \max && 11342.89u - (35132.15v_1 + 13267.4v_2) \\
 & \text{s. t.} && \left\{ \begin{array}{l}
 301.4u - (802.47v_1 + 980v_2) = 0 \\
 186.58u - (873.23v_1 + 927.9v_2) = 0 \\
 308.34u - (1039.36v_1 + 782.4v_2) = 0 \\
 491.57u - (1248.96v_1 + 721.7v_2) = 0 \\
 767.81u - (1557.24v_1 + 786.6v_2) = 0 \\
 764.3u - (1986.87v_1 + 902.1v_2) = 0 \\
 557.98u - (2223.58v_1 + 892.4v_2) = 0 \\
 796.56u - (2498.87v_1 + 916.2v_2) = 0 \\
 915u - (2576.24v_1 + 975.1v_2) = 0 \\
 391.1u - (2035.28v_1 + 765v_2) = 0 \\
 380.35u - (2143.2v_1 + 953v_2) = 0 \\
 757u - (2579.03v_1 + 941v_2) = 0 \\
 1453.9u - (3367.8v_1 + 908.5v_2) = 0 \\
 1607.5u - (4802.6v_1 + 891.9v_2) = 0 \\
 1591.5u - (5357.42v_1 + 923.6v_2) = 0 \\
 35132.51v_1 + 13267.4v_2 = 1 \\
 u = 1, v_1 = 0, v_2 = 0
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

其对偶模型(D)如下:

$$\begin{aligned}
 & \min && \theta \\
 & \text{s. t.} && \left\{ \begin{array}{l}
 301.4\lambda_1 + 186.58\lambda_2 + 380.34\lambda_3 + 491.57\lambda_4 + 767.81\lambda_5 + 764.3\lambda_6 \\
 + 557.98\lambda_7 + 796.56\lambda_8 + 915\lambda_9 + 391.1\lambda_{10} + 380.35\lambda_{11} + 757\lambda_{12} \\
 + 1453.9\lambda_{13} + 1607.5\lambda_{14} + 1591.5\lambda_{15} = 11342.89 \\
 802.47\lambda_1 + 873.23\lambda_2 + 1039.36\lambda_3 + 1248.96\lambda_4 + 1557.24\lambda_5 + 1986.87\lambda_6 \\
 + 2223.58\lambda_7 + 2498.87\lambda_8 + 2576.24\lambda_9 + 2035.28\lambda_{10} + 2143.20\lambda_{11} \\
 + 2579.03\lambda_{12} + 3367.8\lambda_{13} + 4802.6\lambda_{14} + 5357.42\lambda_{15} = (1 + \theta)35132.15 \\
 980\lambda_1 + 927.9\lambda_2 + 782.4\lambda_3 + 721.7\lambda_4 + 786.6\lambda_5 + 902.1\lambda_6 \\
 + 892.4\lambda_7 + 916.2\lambda_8 + 975.1\lambda_9 + 765\lambda_{10} + 953\lambda_{11} + 941\lambda_{12} + 908.5\lambda_{13} \\
 + 819.9\lambda_{14} + 923.6\lambda_{15} = 13267.4(1 + \theta) \\
 \lambda_i = 0, i = 1, 2, \dots, 15
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

3 结果分析

通过对上述 DEA-G 模型及对偶的求解, 得到 $u = 6.190086 \times 10^{-5}$, $v_1 = 2.237022 \times 10^{-5}$, $v_2 = 1.613565 \times 10^{-5}$, $\theta = -0.2978654$, $\lambda_5 = 7.262629$, $\lambda_{13} = 3.966277$, 其它 $\lambda_i = 0$. 由此可知, 1984年, 1992年为全局 DEA 有效, 其它年份为非有效. 设由这组权重计算得到的效率指标 h_j 为 $h_j^{(1)}$. 由于 1992, 1993, 1994 年的劳动力投入数据是预测的结果, 若对 1992 年预测的误差在 10%, 而 1993, 1994 年在 5%, 则可将这几年的新劳动力数据分别增大到 999.35, 936.5, 969.78, 进而: $u = 6.227735 \times 10^{-5}$, $v_1 = 2.144477 \times 10^{-5}$, $v_2 = 1.833527 \times 10^{-5}$, $\theta = -0.293595$, $\lambda_5 = 6.582594$, $\lambda_{13} = 4.325406$, 其他 $\lambda_i = 0$. 因此, 1984 年, 1992 年仍是两个仅有的相对有效年份. 此时的效率指标记为 $h_j^{(2)}$, 则可得表 6.

表6 效率指标值表

效率	年 份														
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
$h_j^{(1)}$	0.5526	0.3347	0.5320	0.7687	1	0.8018	0.5385	0.6976	0.7720	0.4183	0.3718	0.643	1	0.8168	0.7311
$h_j^{(2)}$	0.5335	0.3251	0.5242	0.7650	1	0.8047	0.5426	0.7048	0.7793	0.4223	0.3734	0.6497	1	0.8331	0.7473

由表 6 可知, 尽管对 1992 年的劳动力投入量数据加大 10%, 其有效性仍不改变. 这表明了由以上预测劳动力数据的 DEA-G 模型获得的结果是可信的. 由表 6 可得效率指标, 见图 1.

图 1 中准确地刻划了近 15 年来经济运行的轨迹, 反映了国家宏观经济的 4 个波动阶段, 即 1978 ~ 1981, 1981 ~ 1984 ~ 1986, 1986 ~ 1988 ~ 1990, 1990 ~ 1992 ~ 1994. 由图 1 可知: 从 1981 年

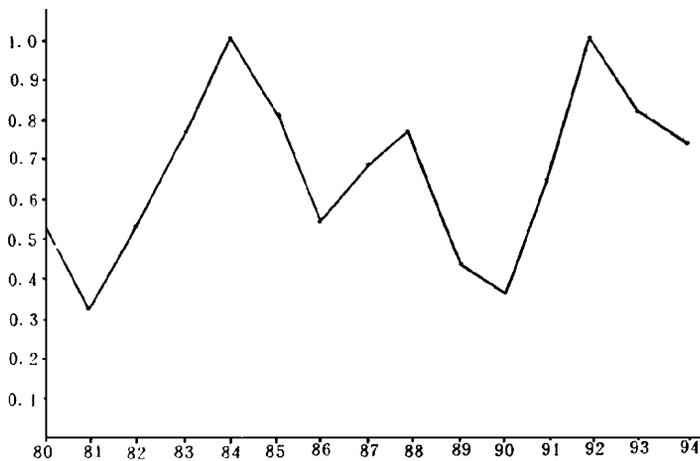


图1 效率指标 $h_j^{(1)}$ 图

到 1984 年与 1990 年到 1992 年的相对效率指标几乎是直线上升的, 这表明经济增长过快. 而 1984 年到 1986 年又几乎是直线下下降, 经济压缩过猛. 而从 1992 年到 1994 年的调整, 则较为平坦. 这反映了此次调整的速度放慢了, 且从总量控制向结构性调整转移.

1984 年与 1992 年为相对有效的两年, 这两年的通货膨胀分别为 2.8% 与 5.4%, 是适中的. 而 1988 年为 18.5%, 是过高的, 其效率指标为 0.7720. 由此可知, 有效性与通货膨胀并不矛盾. 只要正确控制投资规模, 就能兼顾经济发展与抑制通货膨胀两个方面.

某年的劳动力资源是由人口发展规律确定, 对远期可加以控制, 但对近期的某一年, 则是已经确定了的. 考虑到就业与社会稳定等因素, 国家将鼓励新增的劳动力全部投入经济建设, 因此要使某年为相对有效, 只有控制投资规模. 例如, 1995 年新增劳动力为 1000 万人, 若国家希望经济增长 9%, 则要使其为有效, 除了结构性调整外, 总量上必须控制全社会固定资产投资为 4078.902 亿元, 这是由 $u = 6.190086 \times 10^{-5}$, $v_1 = 2.237022 \times 10^{-5}$,

$v_2 = 1.613565 \times 10^{-5}$, GNP 增长 $\Delta \text{GNP} = 1591.5 \times 1.09 = 1734.735$ 计算得到。这个数据可为国家制定宏观调控规模提供参考。

4 几点建议

4.1 正确预测国家的人力资源状况

切实有效地制定经济发展规划,对投资规模进行严格控制,使经济发展在相对有效前沿面上运行。国家对经济增长速度的调控,必须逐步平衡地进行,不能操之过急。

4.2 合理引导资金流向

实行总量调控与结构性调控相结合。在总量规模确定后,以结构性调控为主。一方面,要严格控制货币发行量,合理确定信贷规模。另一方面,对不同产业部门,不同产品实行有紧、有松的结构性调控,从而引导资金的投向,提高资源的配置效率。

4.3 进一步完善投资分级管理体制

为适应市场经济发展的需要,应建立严格的“投资项目申报备案制度”;完善投资分类分级管理办法,以利于国家对投资的监督和管理。

4.4 加强产品结构方面的研究

确保“瓶颈”产业的投资。基础产品“瓶颈”的出现,使得基础产品供不应求,带动相关产品成本上升。这势必造成物价水平的普遍上涨,导致通货膨胀。因此,提高有效供给,抑制通货膨胀,必须消除“瓶颈”约束。应在投资上采取倾斜政策,促使其加快发展。当整个社会的大多数产业,由于某一个或几个产业的供给不足而处于部分闲置状态时,这一产业的供给水平提高就会产生乘数作用,该产业每提高一单位供给,会引起相关产业数倍于此的供给增长。因此“瓶颈”约束消除后,必然带来极大的供给效应,通货膨胀也将得到有效的控制。

参考文献

- 1 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法. 中国人民大学出版社, 1988
- 2 顾荣忠. 全局 DEA 评价模型. 河海大学学报, 1995, (5)

Application of Data Envelopment Analysis in Economic Development

Wang Xinyuan (Dept. of Economy and Trade, Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214036)

Gu Rongzhong (Dept. of Economy and Trade, Hohai University, Najing, 210024)

Abstract The relative effectiveness of economic development in recent 15 years is evaluated by using global data envelopment analysis method. The results show that every year's relative efficiency is the same as economic development trajectory. At some economic growth rate, the investment scale of assets of state is predicted, which state will make was of for macro-control of economic development.

Key words data envelopment analysis; effectiveness; inflation; macro-control reserved. <http://www.cnki.net>