

安徽省水利投入有效性分析

江春明, 霍伟, 葛久研

(河海大学文天学院, 安徽 马鞍山 243031)

摘要: 介绍 DEA 模型的相关理论基础, 并应用 DEA 模型分析水利投入的有效性。以安徽省为例, 应用 DEA 模型分析水利投入对经济增长的拉动作用。结果表明, 安徽省水利行业规模效益基本上处于不变或递减状态; 一半左右年份的效率达到了投入产出的最好效果, 另一半左右年份的投入产出效率趋于 DEA 有效。

关键词: 水利投入; 经济增长; 整体效率; 规模效率; DEA 模型; 安徽省

中图分类号: F407.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2011)05-0013-03

1 DEA 模型的相关理论基础

数据包络分析方法(DEA, data envelopment analysis)是由 Charnes 等于 1978 年提出的。该方法的原理主要是通过保持决策单元(DMU, decision making units)的输入不变, 借助数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面, 将各个决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上, 并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性^[1]。

DEA 方法是以相对效率概念为基础, 以凸分析和线性规划为工具的一种评价方法, 应用数学规划模型计算比较决策单元之间的相对效率, 对评价对象作出评价, 能充分考虑对于决策单元本身最优的投入产出方案, 因而能够更理想地反映评价对象自身的信息和特点。同时, 该方法对于评价复杂系统的多投入多产出分析具有独到之处^[2]。

决策单元 DMU 定义如下:

$$\begin{aligned}
 X &= \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} = (x_{ij})_{m \times n} \\
 Y &= \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ y_{s1} & \cdots & y_{sn} \end{bmatrix} = (y_{rj})_{s \times n}
 \end{aligned} \tag{1}$$

式中: n 为决策单元的数量; 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, $y_{rj} > 0$; $i = 1, 2, \dots, m$; $r = 1, 2, \dots, s$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

对于每一个决策单元都有相应的效率评价指数:

$$h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

式中: h_j 为效率评价指数; v_i 为对第 i 种类型输入的一种度量, 权重系数; u_r 为对第 r 种类型输出的一种度量, 权重系数。

总可以适当地取权重系数 v 和 u , 使得 $h_j \leq 1$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。

根据文献 [1], 可得 C_2R 线性规划模型如下, 该模型可用于 DEA 方法评价。

$$\begin{cases} \min \theta & (\theta \text{ 无约束}) \\ \text{s. t.} & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \\ & \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \tag{3}$$

式中: θ 为效率值, $0 \leq \theta \leq 1$; λ_j 为线性规划变量; x_{ij} 为投入变量; y_{rj} 为产出变量; x_{i0} 为评价年的投入变量; y_{r0} 为评价年的产出变量。

基金项目: 安徽省教育厅 2011 年立项课题(2011SK544)

作者简介: 江春明(1973—), 男, 安徽安庆人, 硕士, 从事水利经济研究。

2 安徽省水利投入对经济增长拉动作用的 DEA 分析

2.1 变量与决策单元选择

根据数据口径的统一性、可比性原则,同时考虑数据的可得性,避免比率性、相关性高的指标,并结合安徽省的实际情况,设置了如下输入输出指标和决策单元。本文将安徽省 1996~2008 年各年份作为评价单元。

安徽省水利投入和经济增长的主要指标如表 1 所示。

表 1 安徽省 1996~2008 年相关统计数据

年份	水利行业输入指标		经济增长输出指标	
	水利投资/ 亿元	劳动投入/ 万人	GDP/ 亿元	财政收入/ 亿元
1996	10.13	5.12	2339.25	114.59
1997	13.95	5.64	2669.95	140.52
1998	22.80	5.87	2805.45	159.19
1999	24.74	5.79	2908.59	174.29
2000	40.70	5.76	3038.24	178.72
2001	34.80	5.05	3290.13	192.18
2002	47.83	5.06	3553.56	200.22
2003	37.03	4.85	3972.38	220.75
2004	60.89	4.57	4759.32	274.63
2005	146.29	4.40	5375.12	334.02
2006	177.61	4.01	6131.10	428.03
2007	349.57	3.87	7364.18	543.70
2008	343.39	3.78	8874.17	527.93

注:数据来源于 1990~2008 年《中国统计年鉴》。

2.2 整体效率与规模效率评价

2.2.1 模型应用

对各评价单元的运算,笔者采用了 LINDO 软件。对于评价单元 1(即 1996 年)的情况,将输入和输出指标数值代入模型,可得如下输入语句:

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \text{s. t.} \\ 10.13\lambda_1 + 13.95\lambda_2 + 22.80\lambda_3 + 24.74\lambda_4 + 40.70\lambda_5 + \\ 34.80\lambda_6 + 47.83\lambda_7 + 37.03\lambda_8 + 60.89\lambda_9 + \\ 146.29\lambda_{10} + 177.61\lambda_{11} + 349.57\lambda_{12} + \\ 343.39\lambda_{13} - 10.13\theta \leq 0 \\ 5.12\lambda_1 + 5.64\lambda_2 + 5.87\lambda_3 + 5.79\lambda_4 + 5.76\lambda_5 + \\ 5.05\lambda_6 + 5.06\lambda_7 + 4.85\lambda_8 + 4.57\lambda_9 + \\ 4.40\lambda_{10} + 4.01\lambda_{11} + 3.87\lambda_{12} + \\ 3.78\lambda_{13} - 5.12\theta \leq 0 \\ 2339.25\lambda_1 + 2669.95\lambda_2 + 2805.45\lambda_3 + 2908.59\lambda_4 + \\ 3038.24\lambda_5 + 3290.13\lambda_6 + 3553.56\lambda_7 + \\ 3972.38\lambda_8 + 4759.32\lambda_9 + 5375.12\lambda_{10} + \\ 6131.10\lambda_{11} + 7364.18\lambda_{12} + \\ 8874.17\lambda_{13} \geq 2339.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 114.59\lambda_1 + 140.52\lambda_2 + 159.19\lambda_3 + 174.29\lambda_4 + \\ 178.72\lambda_5 + 192.18\lambda_6 + 200.22\lambda_7 + \\ 220.75\lambda_8 + 274.63\lambda_9 + 334.02\lambda_{10} + \\ 428.03\lambda_{11} + 543.70\lambda_{12} + \\ 527.93\lambda_{13} \geq 114.59 \end{aligned}$$

End

2.2.2 输出结果分析

利用 LINDO 软件运行得到如下结果:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 7

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
θ	1.000000	0.000000
λ_1	1.000000	0.000000
λ_2	0.000000	0.000000
λ_3	0.000000	0.195923
λ_4	0.000000	0.151988
λ_5	0.000000	0.618161
λ_6	0.000000	0.220786
λ_7	0.000000	0.555604
λ_8	0.000000	0.000000
λ_9	0.000000	0.318260
λ_{10}	0.000000	2.640303
λ_{11}	0.000000	2.982790
λ_{12}	0.000000	7.706470
λ_{13}	0.000000	7.313961

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.032305
3)	0.000000	0.131396
4)	0.000000	-0.000174
5)	0.000000	-0.005176

NO. ITERATIONS = 7

依此类推,其余 12 个评价单元的值也可以求得。

根据以上方法依次求出 13 个评价单元的 θ , $\sum \lambda/\theta$, S_1^- , S_2^- , S_1^+ , S_2^+ 的值, S^- , S^+ 分别是剩余变量和松弛变量,结果见表 2。

根据 DEA 论断,分析表 2,可得出如下结论。

结论一 整体效率。

a. $\theta = 1$ 且 $S_1^- = S_2^- = S_1^+ = S_2^+ = 0$ 的评价单元有 7 个,这 7 个评价单元为 C_2R 模型下 DEA 有效; $\theta = 1$ 但松弛变量不全为零的评价单元无,即不存在 C_2R 模型下弱 DEA 有效的评价单元; $\theta < 1$ 的评价单元有 6 个,为 1998 年、1999 年、2000 年、2001 年、2002 年、2005 年。这 6 年为非 DEA 有效。在非 DEA 有效的这 6 年中,综合效率达 0.88 以上的有 4

年 2000 年最低,仅达到 0.72。

表 2 安徽省水利行业投入产出整体效率汇总

年份	θ	$\sum \lambda_j/\theta$	S_1^-	S_2^-	S_1^+	S_2^+
1996	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1997	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1998	0.8878	1.0871	0.0000	0.0000	150.9620	0.0000
1999	0.9379	1.0849	0.0000	0.0000	316.3844	0.0000
2000	0.7175	1.1693	0.0000	0.0000	189.2209	0.0000
2001	0.8945	1.0202	0.0000	0.0000	184.4849	0.0000
2002	0.7890	1.0637	0.0000	0.0000	0.0000	916.7170
2003	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2004	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2005	0.8937	1.1105	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2006	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2007	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2008	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

b. 松弛变量 S^- 代表的是无效投入量,即投入冗余; S^+ 代表的是产出不足量。针对非 DEA 有效的年份进行分析,可以看出 GDP 产出不足的有 4 年,财政收入产出不足的有 1 年。

c. 非 DEA 有效的 6 个年份集中在 1998 ~ 2002 年内,在 2002 年以后的 6 年间,只有 2005 年的 θ 值为 0.894,也几乎达到 0.9,其他年份均属于 DEA 有效。说明安徽省水利行业投入产出效率趋于 DEA 有效。

d. 从整体效率上来讲,在选出的 13 个评价单元中,有 7 个(占 53.85%)评价单元的目标最优值 θ 等于 1,达到了 DEA 有效,其余评价单元均为非 DEA 有效。由此可以看出,安徽省水利行业的效率达到投入产出最好效果。

结论二:规模效率。

a. $\sum \lambda_j/\theta = 1$ 的评价单元有 7 个,即在这 7 个年份里,属于规模收益不变阶段,即具有恰当的投入规模。

b. $\sum \lambda_j/\theta > 1$ 的评价单元有 6 个,即在这 6 个年份里属于规模收益递减,即在现有的投入基础上增多投入,产出有可能增加,但是增加的比例比投入的比例小。

c. $\sum \lambda_j/\theta < 1$ 的评价单元无,即不存在评价单元规模收益递增的情况。

根据经济学生产理论的分析,一个公司、行业或组织最佳的生产状态处于规模收益递减的某个阶段。如果这个行业、公司或组织处于规模收益不变的阶段,则说明投入产出达到了较为饱和的状态。可见,安徽省水利行业的投入产出有 50% 的年份处于较为饱和的状态^[3]。

2.3 非 DEA 有效原因分析

对 1998 年安徽省整体运行效率低下的原因进行分析。

1998 年的运行结果如下:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.8878363

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
θ	0.887836	0.000000
λ_1	0.000000	0.015959
λ_2	0.671488	0.000000
λ_3	0.000000	0.112164
λ_4	0.000000	0.064419
λ_5	0.000000	0.392450
λ_6	0.000000	0.126483
λ_7	0.000000	0.372518
λ_8	0.293692	0.000000
λ_9	0.000000	0.207111
λ_{10}	0.000000	1.762546
λ_{11}	0.000000	1.902667
λ_{12}	0.000000	5.073484
λ_{13}	0.000000	5.016325

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.022259
3)	0.000000	0.083900
4)	151.045609	0.000000
5)	0.000000	-0.005577

NO. ITERATIONS = 1

其中“DUAL PRICES”表示影子价格,意思为当所对应的约束方程右端项增加一个单位时目标值增加的量。在分析无效现象的原因时,影子价格绝对值最大的约束是使得系统无效的最重要因素,其他影子价格不为零的因素如果调节其投入或产出量也能使得系统向有效的方向发展^[4]。

此处,劳动投入的影子价格(0.083900)绝对值最大,则首先应该降低水利行业的劳动投入,其次要降低资金投入(0.022259);最后,应努力提高财政收入(-0.005577)。

然而,考虑到 1998 年汛期,安徽先后发生 6 次灾害性暴雨。频繁的强降雨使得皖南山区山洪暴发,淮北局部洪涝成灾。特别是长江洪水形成早、来势猛,且持续高水位,部分河段接近或超过历史最高洪水位,发生了自 1954 年以来又一次全流域大洪水。据统计,1998 年水灾中,全省受灾面积 217.42 万 hm^2 ,其中成灾面积 155.24 万 hm^2 ,受灾人口 2080.9 万人。政府因此加大了水利行业资金和劳动投入用于抗洪救灾,财政收入有所降低^[5]。

对非 DEA 有效年份进行分析,得到相应的影子价格如表 3 所示。

(下转第 22 页)

1K, 1L, 2K, 2L, ..., mK, mL。这里 1K, 1L 为农林牧渔业的资金和劳动投入, 2K, 2L 为采矿业的资金和劳动投入, 3K, 3L 为制造业的资金和劳动投入, 4K, 4L 为建筑业的资金和劳动投入, 5K, 5L 为水利行业的资金和劳动投入, 6K, 6L 为其他行业的资金和劳动投入。

根据式(9)和式(10)可以算出不同阶段各个行业(农林牧渔、采矿业、制造业、建筑业、水利业、其他行业)资金和劳动投入的产出弹性系数:

$$\alpha_{iK} = (0.05 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.07 \ 0.07 \ 0.07) \\ (i = 1 \ 2 \ \dots \ 6)$$

$$\alpha_{iL} = (0.09 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.09 \ 0.09) \\ (i = 1 \ 2 \ \dots \ 6)$$

2.3 水利科技进步对水利效益增长的贡献份额

再由公式(5)和(6)可以算出不同阶段各行业对 GDP 增长速度的贡献率, 见表 2。

表 2 不同阶段各行业对 GDP 增长速度的贡献率 %

阶段	对 GDP 增长速度的贡献率					
	农林牧渔业	采矿业	制造业	建筑业	水利行业	其他
2001~2005	1.81	18.24	7.79	10.85	10.15	51.16
2006~2008	2.19	9.67	14.31	16.38	9.01	48.44

3 结 语

研究水利投入对国民经济发展的拉动作用, 一个重要的方面是通过定量分析计算水利投入对国民

经济的贡献份额, 以此来分析水利投入对国民经济发展的作用度^[6]。从分析的结果可以看出, 安徽省水利投入与国民经济投入产出关系密切, 对经济增长的影响显著。但是, 安徽省水利投入对经济增长的作用存在着一定的时滞, 对经济增长的贡献率有下降的趋势, 一方面说明了基础产业贡献比重不断下降, 另一方面也说明了如果水利投资偏低, 不利于水利产业的发展, 影响水利投入对经济增长拉动作用的发挥。

参考文献:

- [1] 郑垂勇, 章仁俊, 岳金桂, 等. 水资源与国民经济协调发展研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 1996.
- [2] 葛久研, 严 葛亦姜. 水利投入对国民经济增长拉动的数学模型[J]. 水利经济, 2004, 22(6): 36-37.
- [3] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2008.
- [4] 申卯兴, 薛西峰, 张小水. 灰色关联分析中分辨系数的选取[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2003, 4(1): 51-52.
- [5] 康丹玉, 葛久研. 江苏省水利投入对经济增长的拉动作用分析[J]. 水利经济, 2010, 28(4): 30-31.
- [6] 陈洪转, 郑垂勇, 张之艳. 基于群攻决策 DEA 的农村水利投入产出研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2009, 37(2): 245-246.

(收稿日期 2011-05-30 编辑 彭桃英)

(上接第 15 页)

表 3 非 DEA 有效年份影子价格

年份	资金投入	劳动投入	GDP	财政收入
1998	0.0223	0.0839	0.0000	-0.0056
1999	0.0215	0.0809	0.0000	-0.0054
2000	0.0160	0.0604	0.0000	-0.0040
2001	0.0186	0.0700	0.0000	-0.0047
2002	0.0087	0.1156	-0.0002	0.0000
2005	0.0028	0.1344	-0.0001	-0.0003

由表 3 可知, 在这 6 年中都是劳动投入的影子价格绝对值最大, 说明这 6 年水利行业劳动投入的规模高于资金投入的规模相比较而言较高, 造成了投入资源未能有效地转化为产出, 导致资源浪费。因此, 上述情况应引起注意, 并应调整相关政策。

3 结 语

应用 DEA 模型分析安徽省水利投入的有效性, 结果表明, 安徽省水利行业规模效益基本上处于不

变或递减状态; 一半左右年份的效率达到了投入产出的最好效果, 另一半左右年份的投入产出效率趋于 DEA 有效。

需要提及的是, 任何投入所产生的效果都是有滞后性的, 这一问题本身就是个值得研究的课题。

参考文献:

- [1] 吴越, 谷明玉. DEA 分析方法研究综述[J]. 价值工程, 2003(51): 129-130.
- [2] 莫剑芳. 区域宏观经济 DEA 评价系统[D]. 广州: 暨南大学, 2002.
- [3] 蔡伊昌, 郭敏. 论水利建设对社会经济发展的作用[J]. 中国水运, 2008, 8(11): 248-249.
- [4] 张天明, 赵敏. 水利可持续发展评价方法研究[J]. 技术经济与管理研究, 2003(1): 98-99.
- [5] 安徽省水利厅. 安徽水利 50 年[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.

(收稿日期 2011-05-30 编辑 张志琴)