

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.02.025

基于群决策 DEA 的农村水利投入产出研究

陈洪转¹,郑垂勇²,张之艳¹

(1.南京航空航天大学经济管理学院,江苏 南京 210016;2.河海大学商学院,江苏 南京 210098)

摘要:针对 DEA 模型中的自由权重问题,在把不同偏好序和效用值转化为互反判断矩阵进行一致化分析的基础上,采用算术平均法集结各决策者的偏好为群的偏好,得到群决策的主观权重,通过乘法算子集结主观权重和 C^2R 模型计算的客观权重,建立群决策 DEA 模型(G-DEA).利用该模型对广东省 21 个市的农村水利投入产出效果进行了计算,结果珠海强有效,东莞有效,其他决策单元都是非有效.G-DEA 模型有效解决了 DEA 模型有效单元过多而无法排序的问题.

关键词:群决策 DEA 农村水利 投入产出

中图分类号:TV213.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1980(2009)02-0245-04

水利是农业的命脉,作为农业生产的基础设施,农村水利建设是社会主义新农村建设的重要基础、条件和保障^[1].然而由于农村水利固有的双重属性、资产耗费补偿机制不健全等特点,使得长期以来农田灌排、河道整治、饮水等工程存在着投入不足、来源不稳定等重大难题,使农村水利面临着在市场经济条件下如何生存和发展的艰难选择,因此在目前‘工业反哺农业、城市引领农村’的大背景下,对农村水利投入、产出进行系统研究显得非常必要.

DEA(data envelopment analysis)模型在评价多输入、多输出投入产出效率方面有其独特的作用^[2-3],但由于各个决策单元都是从最有利于自己的角度求出各自的权重,没有考虑各指标间实际重要程度的区别,使得 DAE 评价结果缺乏区分度,给各决策单元之间相对有效性的比较、排序带来困难.另外,DEA 模型即便针对同样的输入、输出指标,只要选取的 DMU(决策单元)不同,计算出的权重也往往在很大程度上不一致,这一点也有悖于实际情况^[4-7].为了使评价结果更加符合实际,提高原有 DAE 模型的权重客观性,王宇等^[8]建立了群组决策的 DEA 锥比率模型来体现其偏好,邹平等^[9]用 DEA 模型解决群决策中的一致性问题.鉴于此,本文尝试建立带有偏好约束的群决策 DEA 模型,对农村水利投入、产出效果进行系统研究,从而实现农村水利供给的均衡性^[10].

1 农村水利投入产出中的偏好信息

农村水利是一项复杂的系统工程,尤其是其投入、产出还没有规范的规则约束.解决这类决策问题,个人的决策能力已经远远不能满足需要,决策过程的各个阶段都需要许多人参与,各种方案的生成、筛选,直至到最后的抉择都是由决策群体通过协调合作或谈判来共同完成.但决策过程中各决策者的偏好往往不同,这就需要对各决策者的偏好进行集结,从而提高决策的可靠性.

1.1 偏好信息一致化

在农村水利投入产出的群决策中,当有不同形式的偏好信息并存时,往往需要将不同形式的偏好信息进行一致性转化,以便于集结各决策者的偏好为群的偏好.设 1 个有限的决策方案集为 $X = (x_1, x_2, \cdots, x_n)$, $n \geq 2$,其中 x_i 表示第 i 个决策方案.设决策群体集为 $E = (e_1, e_2, \cdots, e_m)$, $m \geq 2$,其中 e_k 表示第 k 个决策者.

定义 1 设决策者 e_k 按自己的偏好针对方案集 X 给出的序关系向量 $O_k = (o_{k1}, o_{k2}, \cdots, o_{kn})$,其中 o_{ki} 表示决策者 e_k 给出的方案 x_i 在所有方案中的位置次序, o_{ki} 越小,对应的方案 x_i 越优.

定义 2 决策者 e_k 按自己的偏好针对方案集 X 给出的效用值向量 $U_k = (u_{k1}, u_{k2}, \cdots, u_{kn})$,其中 $u_{ki} \geq 0$ 是一个实数型数值,表示决策者 e_k 给出的方案 x_i 的效用值, u_{ki} 越大,对应的方案 x_i 越优.

收稿日期:2008-03-31

基金项目:国家自然科学基金(70701017) 江苏教育厅哲学社会基金(06SJD630005)

作者简介:陈洪转(1977—),女,山东泰安人,副教授,博士,主要从事系统工程与技术经济研究.

本文将效用值、偏好序关系值等偏好信息转化为互反判断矩阵形式,显然互反判断矩阵具有一致性排序^[11].

偏好序关系一致化：
$$p_{ij,k} = 9^{(o_{kj}-o_{ki})/(o_{kj}+o_{ki})} \tag{1}$$

效用值关系一致化：
$$p_{ij,k} = 9^{(u_{ki}-u_{kj})/(u_{kj}+u_{ki})} \tag{2}$$

1.2 偏好信息的集结

在偏好信息一致化的基础上,再将形式一致的偏好信息集结成群的偏好. 本文用群组互反判断矩阵排序的加权算术平均法集结各决策者的偏好.

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^m \lambda_k p_{ij,k} / n \right)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^m \lambda_k p_{ij,k} / n \right)} \tag{3}$$

其中 $P^k = (p_{ij,k})_{n \times n}$ $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$
式中 ω —— $P_k (k = 1, 2, \dots, m)$ 的综合排序向量; m —— 决策者的个数; λ_k —— 决策者 e_k 的权重, $\lambda_k > 0$, $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$.

2 带有权重集成偏好约束的 G-DEA 模型的建立

2.1 G-DEA 模型的构造

设有 n 个 $DMU_j, (j = 1, 2, \dots, n)$, f 个输入指标, 指标向量为 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{fj})^T$, 有 s 个输出指标, 指标向量为 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$. 输入、输出指标的权向量分别为: $v = (v_1, v_2, \dots, v_f)^T, u = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$, 则第 j_0 个决策单元 DMU_{j_0} 的效率评价指数 (C^2R 模型) 为

$$h_{j_0} = \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{kj_0}}{\sum_{i=1}^f v_i x_{ij_0}} = \frac{u^T Y_{j_0}}{v^T X_{j_0}} \tag{4}$$

在评价 DMU_{j_0} 求 h_{j_0} 时, 应完全依赖客观数据来选择最有利于该决策单元的权重, 使效率评价指数作为目标函数达到最大. 但从“权”的实质来看, “权”是表示指标之间相对重要程度的信息, 即这个信息还应体现各指标在决策中的地位或作用的差异性. 因此, 本文将输入、输出指标的权重分解为 2 个权重, 一个为客观权重, 一个为主观权重 (偏好程度), 分别表示为 v'_i, v''_i, u'_k, u''_k . 则有输入、输出指标的权重:

$$\begin{aligned} v_i &= f(v'_i, v''_i) & (i = 1, 2, \dots, f) \\ u_k &= f(u'_k, u''_k) & (k = 1, 2, \dots, s) \end{aligned}$$

这样输入、输出指标的权重就是有 2 个权重集成而来. 本文采用乘法算子对权重进行集成, 则有:

$$h_{j_0} = \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{kj_0}}{\sum_{i=1}^f v_i x_{ij_0}} = \frac{\sum_{k=1}^s u'_k u''_k y_{kj_0}}{\sum_{i=1}^f v'_i v''_i x_{ij_0}} \triangleq \bar{h}_{j_0} \tag{5}$$

写成向量、矩阵形式

$$\bar{h}_{j_0} = \frac{\bar{u}^T B Y_{j_0}}{\bar{v}^T A X_{j_0}}$$

其中

$$\begin{aligned} \bar{v} &= (v'_1, v'_2, \dots, v'_f)^T & \bar{u} &= (u'_1, u'_2, \dots, u'_s)^T \\ A &= \begin{bmatrix} v''_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & v''_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & v''_f \end{bmatrix} & B &= \begin{bmatrix} u''_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & u''_2 & & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & u''_s \end{bmatrix} \end{aligned}$$

利用 Charnes-Cooper 变化 $t = \frac{1}{\bar{v}^T X_{j_0}}, \omega = t\bar{v}, \mu = t\bar{u}$ 得到第 j_0 个决策单元的线性规划模型 ($\tilde{P}$):

$$(\tilde{P}) \begin{cases} \max \mu^T Y_{j_0} = V_p^\infty \\ \text{s.t. } \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geqslant 0 \quad (j = 1, 2, \cdots, n, j \neq j_0) \\ V_p \omega^T (AX_{j_0}) - \mu^T (BY_{j_0}) \geqslant 0 \\ \omega^T X_{j_0} = 1 \\ \omega \geqslant 0, \mu \geqslant 0 \end{cases} \tag{6}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_f \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & b_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & b_s \end{bmatrix}$$
$$a = (a_1, a_2, \cdots, a_f)^T \qquad b = (b_1, b_2, \cdots, b_s)^T$$

式中： a, b ——群决策中得到的对输入、输出指标的集成权重向量； V_p ——对应的 C^2R 模型中 DMU_{j_0} 的最优效率评价指数值。

2.2 G-DEA 模型的有效性

对本文构造的 G-DEA 模型定义如下：

定义 3 若 $(\tilde{P})$ 存在最优解 ω^*, μ^* ，则满足 $V_p^\infty = u^{*T} Y_{j_0} = 1$ ，称决策单元 DMU_{j_0} 为弱 DEA 有效。

定义 4 若 $(\tilde{P})$ 存在最优解 ω^*, μ^* ，则满足 $\omega^* > 0, u^* > 0, V_p^\infty = u^{*T} Y_{j_0} = 1$ ，称决策单元 DMU_{j_0} 为 DEA 有效。

定义 5 若 $(\tilde{P})$ 存在最优解 ω^*, μ^* ，则满足 $V_p^\infty = u^{*T} Y_{j_0} > 1$ ，称决策单元 DMU_{j_0} 为强 DEA 有效。

定义 6 若 $(\tilde{P})$ 存在最优解 ω^*, μ^* ，则满足 $V_p^\infty = u^{*T} Y_{j_0} < 1$ ，称决策单元 DMU_{j_0} 为非 DEA 有效。

3 实证分析

3.1 基础数据

本文选取了广东省 21 个市为研究对象，分析 21 个市在水利投入、产出方面的效果。农村水利投入指标选取人均农村水利投入；产出指标选取人均农业总产值、农民人均所得和人均农业居民最终消费。

假设有 2 位决策者 e_1 和 e_2 （不妨假定决策者的权重为 $K_1 = K_2 = 1/2$ ）。对于输入、输出指标，2 位决策者以不同形式给出他们的偏好信息。

对于输出指标，决策者 e_1 给出了偏好序形式的偏好信息： $o_1 = (1, 2, 2)$ ，而决策者 e_2 给出了效用值形式的偏好信息： $u_2 = (0.5, 0.2, 0.3)$ 。

3.2 计算结果

将决策者 e_1 和 e_2 对输出指标的偏好转化为互反判断矩阵，结果为

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 9^{\frac{1}{3}} & 9^{\frac{1}{3}} \\ 9^{-\frac{1}{3}} & 1 & 1 \\ 9^{-\frac{1}{3}} & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 9^{\frac{3}{7}} & 9^{\frac{1}{4}} \\ 9^{-\frac{3}{7}} & 1 & 9^{-\frac{1}{5}} \\ 9^{-\frac{1}{4}} & 9^{\frac{1}{5}} & 1 \end{bmatrix}$$

集结各决策者的偏好，则输入输出指标的偏好矩阵为

$$A = I$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix}$$

运用 lingo9.0 计算各评价单元的结果，见表 1。

4 结 论

a. 由表 1 可以看出，运用 G-DEA 模型测算各决策单元的有效性，使 C^2R 模型计算有效的单元表现出了

不同的强有效性,能够解决以往 DEA 模型中出现的因多输入、多输出指标而产生的有效单元过多的问题,从而对各决策单元做出合理的评价.

b. 由表 1 可以知,珠海是 DEA 强有效,东莞是 DEA 有效,而其他决策单元都是 DEA 非有效的.珠海主要是农村水利投入相对较少,而人均农业总产值、人均农业居民最终消费产出相对较大,特别是第一项产出,由于群决策中给出的 Y_1 的权重相对较大(0.5),更强化了这种趋势,从而导致珠海出现 DEA 强有效性.相比较而言,东莞的投入产出相对比较合理,投入相对较少,而产出相对较多,从而表现出 DEA 有效.其他地方基本都是产出对应投入而言相对较少,应加强管理,提高其投入、产出效率,协调发展.

c. 通过在 C^2R 模型中加入群组的偏好信息,使得决策单元形成了明确的优劣排序.在 DEA 模型中,要求产出相对投入越大越好,而 G-DEA 模型通过决策者的偏好,强化了数据之间的差异,从而使计算结果差异更明显.

d. 在实际应用中,可通过集结多个决策者的偏好,使评价结果更符合实际情况.

参考文献：

[1] 王晓东,黄河.建设社会主义新农村需要建立农村水利投入新机制[J].水利发展研究,2006(3):11-15.
[2] 魏权龄.评价相对有效性的 DEA 方法[M].北京:中国人民大学出版社,1988.
[3] BANKER R D,CHARNES A,COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis[J]. Management Science,1984,990(30):1078-1092.
[4] WEI Q L,ZHANG J Z,ZHANG X S. An inverse DEA model for input/outputs estimate[J]. European Journal of Operational Research, 2000,121:151-163.
[5] 毕功兵,杨锋.两阶段生产关系的 DEA 效率评价模型[J].中国管理科学,2007,15(2):92-96.
[6] 李汶华,郭均鹏.基于决策者满意度的区间 DEA 的求解[J].管理工程学报,2005(1):87-89.
[7] LEON T,LIERNB V,LIERN V,et al. A fuzzy mathematical programming approach to the assessment of efficiency with DEA models[J]. Fuzzy Sets and Systems,2003,39:407-419.
[8] 王宇,冯英峻.群组决策 DEA 模式研究[J].中国软科学,2004(10):140-152.
[9] 邹平,李春梅.基于 DEA 模型的企业群决策方法研究[J].控制与决策,2002(11):945-947.
[10] 马培衡.农村水利供给的非均衡性与治理制度创新[J].中国人口·资源与环境,2007(3):19-22.
[11] 徐泽水.一种基于互反判断矩阵的多属性决策信息集成方法[J].系统工程,2002(2):93-96.

Input and output of rural water conservancy based on group DEA model

CHEN Hong-zhuan¹, ZHENG Chui-yong², ZHANG Zhi-yan¹

(1. Economy and Management School, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China ;
2. Business School, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract : According to the free weight of the DEA (data envelopment analysis) model, based on the uniformity of the inverse matrix of different preference orders and effect values, various decision makers' preference information was collected and averaged as the group's preference information using of the arithmetic mean method. The subjective weight of the group's decision was then obtained. The subjective weight and the objective weight calculated with the C^2R model with multipliers were aggregated. Thus, a new DEA model based on the group decision theory (G-DEA) was established. Using this model, the output and input of rural water conservancy of 21 cities in Guangdong Province were calculated. The results show that Zhuhai City is very effective, Dongwan City is effective, and other cities are ineffective. The G-DEA model has effectively solved the problems of too many appraisal units and unable ordering of the DEA model.

Key words : G-DEA ; rural water conservancy ; input and output

表 1 计算结果

Table 1 Calculated results					
城市	结果	排序	城市	结果	排序
广州	0.113	16	湛江	0.086	18
深圳	0.427	4	茂名	0.116	15
珠海	3.111	1	肇庆	0.176	12
汕头	0.173	3	清远	0.081	19
韶关	0.064	21	潮州	0.260	7
河源	0.143	14	揭阳	0.103	17
梅州	0.075	20	云浮	0.223	10
惠州	0.227	9	中山	0.454	11
汕尾	0.275	6	江门	0.209	3
佛山	0.228	8	东莞	1.000	2
阳江	0.325	5			