

# 基于灰色 GM(1,1)模型的信息后滞系统 DEA 评价

睢音<sup>1</sup>, 李刚<sup>2</sup>, 郭景楠<sup>2</sup>, 张亚林<sup>2</sup>

(1. 安阳广播电视大学 开放教学部, 河南 安阳 430012;

2. 郑州轻工业学院 数学与信息科学系, 河南 郑州 450001)

**摘要:**利用 GM(1,1)模型对具有滞后特征的信息进行获取,构造了信息后滞系统的 DEA 评价模型,并研究了基于信息后滞系统 DEA 评价模型的高校办学效益的评价方法. 仿真结果表明,采用本模型在评价决策的区分度及与发展实际的吻合度上具有较好的效果.

**关键词:**数据包络分析;灰色 GM(1,1)模型;信息后滞系统;效益评价

**中图分类号:** O242.2    **文献标志码:** A    **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-476X.2013.04.025

## Evaluation of DEA with information delay systems based on GM(1,1) model

SUI Yin<sup>1</sup>, LI Gang<sup>2</sup>, GUO Jing-nan<sup>2</sup>, ZHANG Ya-lin<sup>2</sup>

(1. Department of Open Education, Anyang Radio and Television University, Anyang 430012, China;

2. Department of Mathematics and Information Science, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The DEA evaluation model of information delay systems was constructed using the GM(1,1) model to obtain the hysteresis information and the evaluation method of cost-effectiveness of IHEs based on DEA was studied. The simulation results showed that the model had a better effect on the discrimination of the evaluation and decision, as well as the anastomosis with the actual development.

**Key words:** data evaluation analysis (DEA); GM(1,1) model; information delay system; evaluation of cost-effectiveness

## 0 引言

数据包络分析 DEA (data envelopment analysis) 于 1978 年由 A. Charnes 等<sup>[1]</sup>首先提出,该方法应用于多指标投入和多指标产出的相同类型部门之间相对有效性评价,其优势越来越明显. DEA 方法以应用于相对效率概念为基础,通过多目标问题的 Pareto 前沿面的研究,来讨论多指标投入和多指标产出系统的决策单元 DMU (decision making units) 相对有效性评价<sup>[2]</sup>. 从理论研究来看,人们分别从

输入输出指标的性质、决策单元的数量、评价者偏好、综合 DEA 模型以及不确定性情况下的相对有效性评价等多个方面对 DEA 模型进行了改进和发展, DEA 模型已从最初的  $C^2R$  模型发展到目前的上百种. 从实践应用来看,由于 DEA 方法具有不需预估权重、不需事先设定输入输出间的显式函数关系、算法简单、评价结果丰富等诸多优点,应用于多个生产领域和非生产领域<sup>[3]</sup>.

在 DEA 的研究和应用过程中,评价与决策系统输入/输出指标体系的构建、各决策单元相应指标

体系下指标原始属性值的采集与处理是评价决策的前提条件和关键步骤。目前存在的 DEA 模型及其应用中,所涉及的指标原始属性值均为可立即获得的数据,包括确定型数据、模糊型数据、灰色数据等。然而,现实世界中存在很大一部分系统,其部分数据具有滞后性,例如在高等学校办学效益评价决策系统中,其输出(产出)的科研成果、学生培养效果等均具有滞后性。因此,信息后滞系统的 DEA 评价模型和应用逐渐受到研究者的重视,在信息后滞系统中,关键就是如何由现有的历史数据预测得到具有滞后特征的合理信息。

基于上述问题,作者利用邓聚龙教授提出的灰色系统理论和方法<sup>[4]</sup>,与传统 DEA 模型相结合来研究信息后滞系统的 DEA 模型及其应用,研究灰色模型在对具有滞后特征的信息的获取和构建信息后滞系统的 DEA 评价模型,以高等学校办学效益分析为蓝本进行实证训练和分析。

### 1 传统 DEA 模型

假设满足凸性、锥性、无效性和最小的生产可能集为

$$T = \{ (X, Y) \mid \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq X, \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y, \lambda_j \geq 0 \}$$

在生产可能集  $T$  内,设有  $n$  个同类决策单元,每个决策单元都有  $s$  种类型的输入(表示对资源的消耗)以及  $t$  种类型的输出(表示消耗了“资源”之后表明成效的信息量)。其中,第  $j$  个决策单元  $DMU_j$  的投入向量和产出向量分别为  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{sj})^T$  和  $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{tj})^T$ ,  $(X_j, Y_j)$  为  $DMU_j$  的生产活动。 $x_{ij}$  和  $y_{ij}$  为  $DMU_j$  对第  $i$  种类型输入的投入总量和对第  $r$  种类型输入的投入总量; $x_{ij} \geq 0, y_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, s, r = 1, 2, \dots, t$ 。

本文以生产活动为  $(X_0, Y_0)$  的决策单元  $DMU_0$  为例,以基于输入的 DEA ( $C^2R$ ) 模型为基础模型来进行说明。根据线性规划对偶理论,基于输入的 DEA ( $C^2R$ ) 模型可用如下的线性规划形式给出。

$$(model 1) \quad \min [\theta - \varepsilon(e_1^T s^- + e_2^T s^+)]$$

$$s. t \quad \sum_j X_j \lambda_j + s^- = \theta X_0$$

$$\sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - s^+ = Y_0$$

$$\lambda_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n), s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

其中,  $e_1^T, e_2^T$  分别为元素均为 1 的  $s$  维向量和  $t$  维向量;  $\varepsilon$  表示阿基米德无穷小量; 松弛变量  $s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_s^-)^T, s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_t^+)^T$ 。

设上述线性规划的最优解为  $\lambda^*, s^{-*}, s^{+*}, \theta^*$ , 则有如下结论<sup>[5]</sup>。

1) 若  $\theta^* = 1$ , 当  $s^{-*} = s^{+*} = 0$  时, 则  $DMU_0$  为 DEA 有效 ( $C^2R$ ); 否则  $DMU_0$  为 DEA 弱有效 ( $C^2R$ )。  $DMU_0$  为 DEA 有效 ( $C^2R$ ) 的经济含义表示  $DMU_0$  的生产活动同时为技术有效和规模有效, 各种资源得到充分利用, 取得了期望的最大输出效果;  $DMU_0$  为 DEA 弱有效 ( $C^2R$ ) 的经济含义分 2 种情况: 一种是若某个  $s^{-*}$  的分量  $> 0$ , 则表示某种输入指标没有被充分利用, 另一种是若某个  $s^{+*}$  的分量  $> 0$ , 则表示某种输出指标还有增大的可能。

2) 若  $\theta^* < 1$ , 则  $DMU_0$  为 DEA 无效 ( $C^2R$ )。表示  $DMU_0$  的生产活动既不是技术有效, 也不是规模有效, 生产活动的输入规模过大, 产出水平没有达到最佳规模。

3) 设  $\delta = \frac{1}{\theta^*} \cdot \sum_{j=1}^n \lambda_j^*$ , 若  $\delta = 1$ , 则说明  $DMU_0$  的规模效益不变, 表示生产规模最佳; 若  $\delta < 1$ , 则说明  $DMU_0$  的规模效益递增, 表示输出增量的相对百分比大于输入增量的相对百分比; 若  $\delta > 1$ , 则说明  $DMU_0$  规模效益递减, 表示输入增量的相对百分比大于输出增量的相对百分比。

4) 根据投影点理论, 对非有效决策单元的生产活动, 可以通过以下公式得到其投影点:

$$\hat{X}_0 = \theta^* X_0 - s^{-*} \quad \hat{Y}_0 = Y_0 + s^{+*}$$

可以证明, 该投影点对应的生产活动  $(\hat{X}_0, \hat{Y}_0)$  相对于原来的  $n$  个  $DMU$  是 DEA ( $C^2R$ ) 有效的。

### 2 信息后滞系统的 DEA 评价

在带有信息后滞数据的评价决策系统中, 首先需要对决策时间点上的各指标数据进行是否具有后滞性的甄别, 然后针对滞后型数据, 根据其某时间序列段内的历史数据, 采用适当的方法进行后滞数据的获取。本文采用灰色模型中的 GM (1, 1) 作为基础模型进行求解。

灰色预测对既含有已知信息又含有不确定信息的系统进行预测, 就是指对在一定范围内变化的、与时间序列有关的灰色过程进行预测。它通过对原始数据进行生成处理来寻找系统变化的规律, 生成规律性较强的数据序列, 然后建立相应的微分方程模型, 从而预测事物未来的发展趋势, 目前使用最广泛的灰色预测模型就是关于数列预测的一个变量、一阶微分的 GM (1, 1) 模型。该模型基于随机的原始时间序列, 按时间累加后形成新的时间序列, 依据新的时间序列呈现的规律可用一阶线性微

分方程来逼近. 经证明, 经一阶线性微分方程的解逼近所揭示的原始时间序列呈指数变化规律<sup>[6]</sup>.

设某滞后型数据指标对应的历史时间序列为  $X_i^{(0)} = \{x_i^{(0)}(1), x_i^{(0)}(2), \dots, x_i^{(0)}(m)\} (i = 1, 2, \dots, n)$ , 由原始序列  $X_i^{(0)}$  通过数据累加得到后继生成序列

$$X_i^{(1)} = \{x_i^{(1)}(1), x_i^{(1)}(2), \dots, x_i^{(1)}(m)\}$$

其中,  $X_i^{(1)}(j) = \sum_{k=1}^j X_i^{(0)}(k), j = 1, 2, \dots, m$ .

于是 GM(1,1) 相应的微分方程为

$$\frac{dx_i^{(1)}}{dt} + ax_i^{(1)} = u \tag{1}$$

其中  $a, u$  为待定参数. 将上式离散化, 即得

$$\Delta_i^{(1)}(x_i^{(1)}(k+1)) + az_i^{(1)}(x_i^{(1)}(k+1)) = u$$

其中  $\Delta_i^{(1)}(x_i^{(1)}(k+1))$  为  $x_i^{(1)}$  在  $(k+1)$  时刻的累计生成序列,  $z_i^{(1)}(k+1)$  为  $\frac{dx_i^{(1)}}{dt}$  在  $(k+1)$  时刻的背景值.

因为

$$\Delta_i^{(1)}(x_i^{(1)}(k+1)) = x_i^{(1)}(k+1) - x_i^{(1)}(k) = x_i^{(0)}(k+1)$$

$$z_i^{(1)}(k+1) = \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(k+1) + x_i^{(1)}(k))$$

所以可得

$$a[-\frac{1}{2}(x_i^{(1)}(k) + x_i^{(1)}(k+1))] + u$$

将上式展开可得

$$\begin{bmatrix} x_i^{(0)}(2) \\ x_i^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_i^{(0)}(4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(1) + x_i^{(1)}(2)) & 1 \\ \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(2) + x_i^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(n-1) + x_i^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix}$$

令

$$Y_n = \begin{bmatrix} x_i^{(0)}(2) \\ x_i^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_i^{(0)}(4) \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(1) + x_i^{(1)}(2)) & 1 \\ \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(2) + x_i^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{1}{2}(x_i^{(1)}(n-1) + x_i^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix} \quad \Phi = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}$$

则上述模型可写为  $Y = B\Phi$ , 利用最小二乘法

可求解系数  $\Phi = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$ , 把求解的系数代入微分方程 ① 中即可得 GM(1,1) 模型预测模型的解, 即

$$\hat{x}_i^{(1)}(k+1) = [x_i^{(1)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \tag{2}$$

$$k = 1, 2, \dots, m$$

还原到原始数据得

$$\hat{x}_i^{(0)}(k+1) = \hat{x}_i^{(1)}(k+1) - \hat{x}_i^{(1)}(k) = (1 - e^{\hat{a}})[x_i^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}}]e^{-\hat{a}k}$$

只有通过检验的模型才能用来预测, 因此还需要对 GM(1,1) 模型进行精度检验. 由式 ② 可求出原始数据的还原预测值与真实值之间的残差值  $\varepsilon_i^{(0)}(k)$  和相对误差  $q_i(t)$ , 即进行残差检验.

$$\varepsilon_i^{(0)}(k) = x_i^{(0)}(k) - \hat{x}_i^{(0)}(k)$$

$$q_i(k) = \varepsilon_i^{(0)}(k)/x_i^{(0)}(k) \times 100\%$$

如果通过残差检验, 则可以由所建的模型进行预测; 否则要进行残差修正. 在很多的实际应用中, 为达到更高的精度, 往往还需要对所建模型的预测数据和原始数据进行关联度检验和后验差检验, 但本文所关注的重点是基于灰色模型的信息后滞系统 DEA 评价研究, 因此对关联度检验和后验差检验不再做详细叙述.

在传统的 DEA 评价模型中, 假设第  $j$  个决策单元  $DMU_j$  的投入向量  $X_j$  中有  $k(k < m)$  个不确定指标, 记为  $a_1, a_2 \dots a_k$ ; 产出向量  $Y_j$  中有  $n(n < m)$  个不确定指标, 记为  $b_1, b_2 \dots b_n$ . 在进行 DEA 评价模型之前, 首先利用 GM(1,1) 灰色模型对  $a_1, a_2, \dots, a_k, b_1, b_2, \dots, b_n$ , 这  $k+n$  个不确定指标进行处理, 将不确定指标转化成确定指标, 然后将得到的确定指标代替  $X_j, Y_j$  中的不确定指标, 从而得到新的投入向量和产出向量, 用  $\hat{X}_j, \hat{Y}_j$  表示. 此时的 DEA 评价模型可用如下形式给出.

$$(model II) \min[\theta - \varepsilon(e_1^T s^- + e_2^T s^+)]$$

$$s.t \sum_j^n \hat{X}_j \lambda_j + s^- = \theta X_0$$

$$\sum_{j=1}^n \hat{Y}_j \lambda_j - s^+ = Y_0$$

$$\lambda_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n), s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

### 3 实证分析

本文以河南省 15 所本科高校为例, 分析它们在基于灰色模型的信息后滞系统 DEA 评价研究中的技术有效性. 根据评价目的和被评高校的特点, 评

价指标体系有4项输入指标和3项输出指标,各项指标的含义和量纲如下<sup>[7]</sup>: $X_1$ 表示专任教师人数/人; $X_2$ 表示当年教育事业性经费/万元; $X_3$ 表示教学仪器设备资产总额/万元; $X_4$ 表示教学行政用房面积/ $\times 10^4 \text{ m}^2$ ; $Y_1$ 表示当年在校生生数/人; $Y_2$ 表示科研论文/篇; $Y_3$ 表示科研经费/万元;其中 $X_1, X_2, X_3, X_4, Y_1$ 为确定型指标, $Y_2, Y_3$ 为不确定型指标,即为滞后数据.因此需要对 $Y_2, Y_3$ 指标进行GM(1,1)预测处理.

假设以2008年为基准年,现在要来预测2012年15所本科院校科研论文和科研经费的具体数据,并将其作为2012年本科院校的输出指标数据.用

$DMU_j(j=1,2,\dots,15)$ 来代替15所本科院校的输入与输出指标,则2008—2012年15所高校的科研论文和科研经费的具体数据见表1,用Matlab编程计算出2012年15所高校的科研论文 $Y_2$ 和科研经费 $Y_3$ ,然后将15所本科院校的输入指标数据与输出指标数据(包括专任教师人数、事业性经费等)综合到表2中.

运用Matlab软件中的LP工具,分别对15所高校进行DEA评价,采用2012年的立即获得数据和滞后信息数据分别进行计算,得到model II的计算结果(见表3).

表1 2008—2012年15所高校的科研论文和科研经费

DMU	科研论文/篇					科研经费/万元				
	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
DMU <sub>1</sub>	3 542	4 312	2 356	4 532	3 859	10 549.9	11 384.8	11 480.4	11 583.6	11 683.9
DMU <sub>2</sub>	1 934	2 700	2 869	1 570	2 970	6 445.9	6 476.4	6 487.4	6 547.1	7 654.2
DMU <sub>3</sub>	1 674	1 254	1 980	1 097	1 875	5 648.1	6 043.0	6 093.2	6 132.5	5 321.4
DMU <sub>4</sub>	578	1 091	670	1 209	983	3 276.0	3 765.9	3 467.2	3 874.3	1 952.1
DMU <sub>5</sub>	2 100	1 568	3 456	1 532	3 213	5 630.2	5 893.1	6 092.1	6 126.8	7 938.2
DMU <sub>6</sub>	789	564	831	862	935	10 549.9	11 384.8	11 580.4	11 583.6	15 901.8
DMU <sub>7</sub>	900	1 092	845	749	853	2 583.3	2 673.4	3 093.5	3 014.0	2 854.5
DMU <sub>8</sub>	281	375	199	249	205	54.2	67.3	69.5	78.0	62.5
DMU <sub>9</sub>	98	190	368	275	432	769.5	793.1	804.2	836.4	659.4
DMU <sub>10</sub>	15 678	10 932	8 900	14 321	7 965	2 547.4	2 843.3	3 093.1	3 154.7	2 703.9
DMU <sub>11</sub>	675	789	327	908	754	18.5	27.7	27.3	30.0	22.8
DMU <sub>12</sub>	730	768	458	630	643	358.2	393.4	400.2	421.5	369.7
DMU <sub>13</sub>	1 013	890	1 356	905	1 254	478.3	459.4	473.9	503.4	438.9
DMU <sub>14</sub>	2 701	2 804	1 834	3 580	2 680	248.0	285.3	290.8	288.6	385.6
DMU <sub>15</sub>	589	709	632	478	809	1 046.8	1 045.7	1 098.4	1 192.0	983.2

表2 15所本科院校的输入指标数据与输出指标数据

DMU	输入指标				输出指标		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
DMU <sub>1</sub>	2 200	66 982	189 810	7 800	68 183	4 007	11 683
DMU <sub>2</sub>	2 200	404 467	38 149	23 410	60 426	1 528	6 574
DMU <sub>3</sub>	942	206 471	20 765	10 796	34 090	1 317	6 180
DMU <sub>4</sub>	898	177 255	8 277	11 512	30 133	1 137	3 816
DMU <sub>5</sub>	1 353	292 332	11 699	6 284	31 380	2 158	6 274
DMU <sub>6</sub>	1 023	207 452	39 997	12 882	30 872	1 080	11 716
DMU <sub>7</sub>	1 039	192 880	8 683	92 593	32 799	596	3 273
DMU <sub>8</sub>	1 287	106 841	10 593	5 331	16 699	157	83
DMU <sub>9</sub>	666	136 768	17 502	4 315	24 108	359	856
DMU <sub>10</sub>	745	182 355	25 337	13 462	26 980	15 643	3 351
DMU <sub>11</sub>	1 053	94 250	235	5 052	11 861	844	31
DMU <sub>12</sub>	1 066	133 860	9 852	3 708	13 389	476	434
DMU <sub>13</sub>	1 243	128 250	1 573	7 360	10 264	1 063	525
DMU <sub>14</sub>	687	132 959	10 714	6 118	20 537	3 772	292
DMU <sub>15</sub>	1 100	134 547	15 207	9 709	13 574	413	1 267

表3 15所本专科院校的信息后滞系统 DEA 模型计算结果

DMU	采用2012 当年数据			采用信息后滞2012 年数据		
	$\theta^*$	$s^{-*}$	$s^{+*}$	$\theta^*$	$s^{-*}$	$s^{+*}$
DMU <sub>1</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0002,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0003,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>2</sub>	0.8778	(198.96,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	0.8287	(42.803,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,519.70, 10.644)
DMU <sub>3</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>4</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>5</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>6</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>7</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0001, 0.0000,0.0122)	(0.0000,0.0001, 0.0001)
DMU <sub>8</sub>	0.8806	(651.01,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,240.32, 789.84)	0.8806	(651.01,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,310.17, 1361.0)
DMU <sub>9</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0007, 0.0001,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>10</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>11</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>12</sub>	0.7309	(315.04,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,113.46, 1374.5)	0.7309	(315.04,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,65.266, 1104.2)
DMU <sub>13</sub>	1.0000	(0.0000,0.0006, 0.0000,0.0001)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	0.8403	(0.0000,468.24, 0.0000,1092.7)	(2876.8,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>14</sub>	1.0000	(0.0000,0.0000, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)	1.0000	(0.0000,0.0006, 0.0000,0.0000)	(0.0000,0.0000, 0.0000)
DMU <sub>15</sub>	0.5471	(196.39,0.0000, 0.0000,379.68)	(0.0000,0.0000, 100.23)	0.5304	(174.39,0.0000, 0.0000,0.0005)	(0.0000,132.12, 524.44)

根据 DEA 有效性的定义,可得如下结论. 决策单元 3,4,5,6,10,11 在采用立即获得数据和采用后滞信息数据的样本下均为有效决策单元;决策单元 1 均为弱有效决策单元;2,8,12,15 均为无效决策单元;决策单元 7,9,14 在采用立即获得数据样本时为有效决策单元,采用后滞信息数据样本时为弱有效决策单元,决策单元 13 在立即获得数据样本时为弱有效决策单元,采用后滞信息数据样本时为无效决策单元而决策单元. 从评价决策系统的区分度上来看,采用后滞信息数据样本具有更好的效果.

另一方面,从河南省 15 所本科院校的实际发展情况来看,采用后滞信息数据样本更加符合其发展

实际<sup>[8]</sup>. 决策单元 1 是河南省唯一一所 211 高校,该高校于 2000 年合并以来发展效益突出,在 10 余 a 的发展过程中,发展态势平稳,当年数据和发展预测数据具有较好吻合性;同时,由于其投入一直在加大,处于弱有效决策单元,其投入带来的发展潜力还有一定的空间. 决策单元 2 为河南省老牌高校,发展平稳,近年来作为河南省仅次于决策单元 1 的重点高校,投入很大,但是在前 2 a 刚刚合并了 2 个专科学校,导致其产出效果未能显现. 决策单元 8,12,15 是近几年升本的院校,其投入产出没有太大的变化,由于底子薄弱,发展成效欠佳. 决策单元 3,4,5,6,10,11 所代表的高校,是河南省内特色鲜明

的高校,在相关行业具有明显的产出优势,而且其发展思路稳定,采用立即获得数据样本和后滞信息数据样本没有太大的差异。

决策单元 7,9,14 为近 3 a 刚刚成为省部(局)共建高校,虽然其发展思路明确,特色鲜明,但是近年来的投入不断加大,而当年的产出是基于原有基础的效果,因此由有效决策单元变成弱有效决策单元;而决策单元 13 为今年刚刚更名大学的院校,在投入产出方面的一致性更加明显。

## 4 结论

本文基于灰色 GM(1,1)模型的信息后滞系统 DEA 评价研究,利用灰色模型对具有数据滞后性的指标系统进行预测,即由已有的历史数据得到具有滞后性特征的合理数据,再进一步对系统进行 DEA 评价。实证分析表明,该方法克服了传统 DEA 的不足,提高了传统 DEA 的应用合理性。在利用基于灰色模型的信息后滞系统 DEA 评价研究模型中,如何利用 GM(1,N)来预测滞后性数据是有待进一步研究的问题。

(上接第 102 页)

- [2] 李德顺,许开立.重大危险源分级技术的研究[J].中国公共安全:学术版,2007,9(3):44.
- [3] 周剑峰,陈国华,万木生,等.基于多 Agent 的重大危险源分布式监控系统[J].华南理工大学学报,2007,35(9):107.
- [4] 沙锡东,姜虹,李丽霞.关于危险化学品重大危险源分级的研究[J].中国安全生产科学技术,2011,7(3):37.
- [5] Zachary F Lansdowne. Ordinal ranking methods for multi-criterion decision making[J]. Naval Research Logistics, 1998,43(5):613.
- [6] Xu Ming, Wu Zongzhi, Duo Yingquan, et al. Unconstrained two-objective land use safety planning for chemical industry park based-on NSGA-II [J]. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2010, 24

## 参考文献:

- [1] Charnes A, Cooper W W, Rodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429.
- [2] Charnes A, Cooper W W, Golnay B, et al. Foundation of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical function [J]. Journal of Econometrics, 1985, 30(1/2):91.
- [3] 魏权龄.数据包络分析[M].北京:科学出版社,2004.
- [4] 刘思峰.灰色系统理论及其应用[M].5版.北京:科学出版社,2010.
- [5] 李刚,李蔚.基于输出  $C^2GS^2$  模型对学习成绩(效果)的评价[J].数学的实践与认识,2008,38(18):59.
- [6] 王宇熹,汪泓,肖峻.基于灰色 GM(1,1)模型的上海城镇养老保险人口分布预测[J].系统工程理论与实践,2010,30(12):2244.
- [7] 师宝山,李刚.基于复合 DEA 模型高校办学效益评价方法研究[J].数学的实践与认识,2008,38(11):50.
- [8] 河南省教育厅.河南省教育统计年鉴[M].开封:河南大学出版社,2012.
- (5):858.
- [7] Sun Dongliang, Jiang Juncheng. Discussion on the several problems in quantitative risk analysis of chemical industry park [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2010, 36(5):50.
- [8] Wu Zongzhi, Xu Ming. Optimization method of land-use safety planning for chemical industry park [J]. CIESC Journal, 2011, 62(1):125.
- [9] Li Qiang, Chen Xiang, Chen Jin, et al. An evacuation risk assessment model for emergency traffic with consideration of urban hazard installations [J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(10):1000.
- [10] Shi Chao, Luo Aimin, Chen Wentiao, et al. Chemical equipment failure probability model based on JC method [J]. Science & Technology Review, 2011, 29(8):35.