

基于 DEA 交叉效率的 灰色加权关联评价模型研究

李刚, 高明贵, 巫婷婷

(郑州轻工业学院 数学与信息科学学院, 河南 郑州 450002)

摘要:构建了基于 DEA 交叉效率的灰色加权关联评价模型. 该模型充分利用了灰色理论在小样本、贫信息绩效评价领域的优势, 同时考虑了评价决策者的偏好程度, 采用非线性加权评价方法, 以避免线性加权可能带来的评价不平衡性; 利用 DEA 交叉模型得到效率比值, 使得偏好权重更加符合客观实际, 从而降低直接赋权引起的主观性. 运用所构建模型对河南省 15 所本科高校办学效益评价的实证训练和仿真结果表明, 其在相关绩效评价领域具有实用性和适用性.

关键词:灰色关联分析; 数据包络分析; 交叉效率; 绩效评价; 效率比值权重

中图分类号: O29 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-476X.2015.5/6.032

Research on gray weighted relational evaluation model based on DEA cross-efficiency

LI Gang, GAO Ming-gui, WU Ting-ting

(College of Mathematics and Information Science, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A gray weighted relational evaluation model based on DEA cross-efficiency was proposed. In this model, the advantages of gray theory on the fields of performance evaluation of small sample and poor data were fully used, and the decision-makers' preference degree of evaluation was considered. The model construction efficiently avoided the potential imbalance of liner weight. The ratio model based on DEA cross-efficiency made the result agree with the fact and reduced the subjectivity caused by the direct empowerment to some extent. Empirical practices and simulation analysis showed the advantage, practicability and applicability of this model on relative fields.

Key words: gray relational analysis; data envelope analysis (DEA); cross-efficiency; benefit evaluation; efficiency ratio weight

0 引言

随着我国高等教育改革的深入, 高等教育的管理者和研究者越来越重视高等学校办学效益的综

合评价. 目前, 用于综合评价的方法很多, 例如灰色系统理论、数据包络分析 (DEA)、层次分析法 (AHP)、模糊综合评判等^[1-9]. 这些综合评价方法在不同的应用领域具有不同的优势, 其中, 灰色关

收稿日期: 2015-10-15

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目 (102300410112); 国家级大学生创新创业项目 (201510462021)

作者简介: 李刚 (1978—), 男, 河南省内乡县人, 郑州轻工业学院副教授, 博士, 主要研究方向为数学模型、评价与评估分析.

联分析(GRA)方法^[1]应用较广泛.

GRA 的提出基于灰色系统理论的思想,可以充分利用已有的白化信息,减少误差,为效益综合评价决策提供了一种简单而实用的方法.但是,传统的灰色关联度忽视了决策者对决策指标的偏好程度,使得评价结果的实用性受到一定的限制.文献[10]提出了一种灰色加权关联分析的方法,该方法考虑了上述要求,但由于采用了线性赋权的方法,在考虑指标权重的同时却增大了评价的不均衡性和主观性.鉴于此,本文给出一种改进的带偏好 GRA 评价模型,采用非线性加权,通过交叉 DEA 模型得到效率比值,作为权重矩阵,在充分考虑决策者偏好的同时,克服线性加权带来的不均衡性和直接赋权带来的主观性.

1 改进的灰色加权关联分析模型

灰色系统理论以部分信息已知、部分信息未知的小样本、贫信息不确定性系统为研究对象,通过对部分已知信息的生成、开发提取有价值的信息,实现对系统运行行为、演化规律的正确描述和有效控制. GRA 是对一个系统发展态势的定性描述和比较,通过对参考序列和比较系列各点之间距离的分析来确定各序列之间的差异性和接近性,并根据系列曲线几何形状的相似程度来判断灰色过程发展态势的关联程度,通过确定各决策单元(DMU)与理想决策单元的类似程度确定其优劣.为了更好地体现综合评价的客观公正性,同时又充分考虑到决策者的偏好程度,本文拟构建以关联系数矩阵和偏好权重矩阵为基础的灰色加权关联分析模型.

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(成本型指标)和 t 种类型的输出(效益型指标).构建灰色加权关联分析模型(Model 1)

$$R^0 = \begin{bmatrix} \gamma_{11}^0 & \gamma_{12}^0 & \cdots & \gamma_{1m}^0 \\ \gamma_{21}^0 & \gamma_{22}^0 & \cdots & \gamma_{2m}^0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n1}^0 & \gamma_{n2}^0 & \cdots & \gamma_{nm}^0 \end{bmatrix} = W \cdot G = \begin{bmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} & \cdots & \omega_{1n} \\ \omega_{21} & \omega_{22} & \cdots & \omega_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{n1} & \omega_{n2} & \cdots & \omega_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1m} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdots & \gamma_{nm} \end{bmatrix}$$

$$R = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n), \gamma_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}^0$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; m = s + t$$

其中, $R^0 = [\gamma_{ij}^0]_{m \times n}$ 为 n 个同类决策单元的灰色加权关联矩阵, γ_{ij}^0 为第 i 个决策单元 DMU_i 与参考单元 DMU_0 的第 j 个评价指标间的加权关联系数; $G = [\gamma_{ij}]_{m \times n}$ 为各评价指标的灰色关联系数矩阵, γ_{ij} 对应于第 i 个决策单元 DMU_i 与参考单元 DMU_0 的第 j 个评价指标间的关联系数; $W = [\omega_{ij}]_{n \times n}$ 为 n 个同类决策单元对应于 $s + t$ 个评价指标的 DEA 交叉效率, ω_{ij} 为两个决策单元的效率比值; γ_i 为第 i 个决策单元 DMU_i 与参考单元 DMU_0 的关联度.

根据 GRA 的理论, γ_i 的大小体现了该决策单元与理想状态的接近程度,接近程度越好说明其绩效越好,反之亦然.

1.1 DEA 交叉效率求解模型

为了避免在评价时线性加权给灰色加权关联分析带来的不均衡性,采用决策单元效率比值构造偏好权重矩阵;为了克服直接赋权给该评价带来的主观性,以历史数据中已有的白化信息为基础,采用交叉效率评价方法构造决策单元的效率比值.

DEA 交叉效率评价方法提供了在其他决策单元最有利的权重下,一个决策单元的交叉有效性.假设所评价问题有 n 个决策单元,每个决策单元具有 s 个输入指标和 t 个输出指标,将两两组合成一组分别求其有效值,则得到 n^2 个有效数值.求有效值的 DEA 模型(Model 2)描述如下.

步骤 1 求有效值 h_{11} :

$$h_{11} = \max \sum_{k=1}^t u_k y_{k1}$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{k=1}^t u_k y_{kj} - \sum_{i=1}^s v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2$$

$$\sum_{i=1}^s v_i x_{i1} = 1 \quad \sum_{k=1}^t u_k y_{k1} \leq 1$$

$$v_i \geq 0 \quad u_k \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, s \quad k = 1, 2, \dots, t$$

步骤 2 求有效值 h_{21} :

$$h_{21} = \max \sum_{k=1}^t u_k y_{k2}$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{k=1}^t u_k y_{k1} - h_{11} \cdot \sum_{i=1}^s v_i x_{i1} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^s v_i x_{i2} = 1 \quad \sum_{k=1}^t u_k y_{k2} \leq 1$$

$$v_i \geq 0 \quad u_k \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, s \quad k = 1, 2, \dots, t$$

步骤 3 采用同样的方法,计算有效值 h_{22}, h_{12} ;

步骤4 采用相同的方法,可以求出所有两两组合的决策单元交叉有效值 h_{ii}, h_{ji}, h_{ij} 和 $h_{ji} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$;

步骤5 针对这 n^2 个有效值,求解两个决策单元的效率比值模型为

$$\omega_{ij} = \frac{h_{ii} + h_{ij}}{h_{jj} + h_{ji}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

并且满足 $\omega_{ii} = 1, \omega_{ij} = \frac{1}{\omega_{ji}}$.

1.2 灰色关联系数矩阵求解模型

根据灰色关联分析理论,构建求解灰色关联矩阵的模型(Model 3):

步骤1 指标属性值的归一化. 设原始属性值矩阵为 $[v_{ij}]_{n \times m}$, 元素 v_{ij} 对应第 i 个决策单元 DMU_i 的第 j 个指标的原始属性值, 则归一化属性值矩阵为 $[\hat{v}_{ij}]_{n \times m}$, 其中

$$\hat{v}_{ij} = \frac{v_{ij}}{\left(\sum_{j=1}^m v_{ij}\right)/m}$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

步骤2 确定参考序列. 取参考数据向量 $V^0 = (v_1^0, v_2^0, \dots, v_m^0)$, 其中 $v_i^0 (i = 1, 2, \dots, m)$ 根据第 i 个指标是成本型指标还是效益型指标采取不同的确定方法, 分别取为 $v_i^0 = \min_{1 \leq i \leq s} \{v_{ij}\}$ 或 $v_i^0 = \max_{s+1 \leq i \leq t} \{v_{ij}\}$.

步骤3 求灰色关联系数. 在确定了参考序列的基础上, 以归一化指标属性值为比较序列, 计

算 $G = [\gamma_{ij}]_{m \times n}$:

$$\gamma_{ij} = \frac{m + \xi M}{\Delta_{ij} + \xi M} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

其中, $\Delta_{ij} = |v_j^0 - \hat{v}_{ij}|$ 为差数据列, $M = \max_i \max_j \Delta_{ij}$ 和 $m = \min_i \min_j \Delta_{ij}$ 分别为两极最大差、最小差, $\xi \in [0, 1]$ 为分辨系数.

2 实证分析

本文以河南省 15 所本科高校为例, 运用基于 DEA 交叉效率的灰色加权关联评价模型进行实证训练和分析. 根据评价目的和被评价高校的特点, 评价指标体系设置有 4 项输入指标和 3 项输出指标. 输入指标为: 专任教师人数 X_1 /人、当年教育事业性经费 X_2 /万元、教学仪器设备资产总值 X_3 /万元和教学行政用房面积 $X_4 \times 10^4/m^2$, 输出指标为: 当年在校生数 Y_1 /人、科研论文数量 Y_2 /篇和科研经费总额 Y_3 /万元. 由于评价结果可能影响到学校的声誉, 因此文中略去学校的名字, 而采用 $DMU_j (j = 1, 2, \dots, 15)$ 来代替. 15 所本科院校的输入、输出指标数据见表 1^[11].

2.1 灰色关联系数矩阵的求解

由于给定的数据量纲不统一, 为了更好地进行灰色关联分析评价, 首先利用 Model 3 的第一步求解各决策单元的归一化属性值, 结果见表 2.

按照理想决策单元的构造方法, 输入指标为成

表 1 15 所本科院校的输入指标数据和输出指标数据

DMU	输入指标				输出指标		
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3
DMU ₁	2 200	66 982	189 809.63	7 800.451 12	68 183.0	5 314	13 975.6
DMU ₂	2 200	404 467	38 149.37	23 409.979 73	60 426.4	1 800	6 946.9
DMU ₃	942	206 471	20 765.22	10 796.053 59	34 090.3	680	6 363.3
DMU ₄	898	177 255	8 277.38	11 512.151 46	30 133.1	1 013	4 233.0
DMU ₅	1 353	292 332	11 699.10	6 284.310 03	31 379.5	1 538	7 414.5
DMU ₆	1 023	207 452	39 997.36	12 881.785 22	30 872.4	1 364	12 008.5
DMU ₇	1 039	192 880	8 682.64	92 593.239 27	32 799.0	16 112	4 275.3
DMU ₈	1 287	106 841	10 592.63	5 330.977 61	16 699.2	255	83.6
DMU ₉	666	136 768	17 502.37	4 314.673 54	24 107.6	730	1 044.1
DMU ₁₀	745	182 355	25 336.93	13 462.432 03	26 980.0	688	3 045.9
DMU ₁₁	1 053	94 250	234.56	5 051.516 87	11 860.7	931	3 908.1
DMU ₁₂	1 066	133 860	9 852.17	3 708.179 81	13 388.9	100	23.3
DMU ₁₃	1 243	128 250	1 573.14	7 359.642 80	10 264.3	281	676.0
DMU ₁₄	687	132 959	10 713.59	6 117.575 39	20 537.4	596	266.7
DMU ₁₅	1 100	134 547	15 207.08	9 708.773 01	13 573.5	908	1 234.3

本型指标,输出指标为效益型指标,由此构造参考数据序列为 $\{v_1^0, v_2^0, v_3^0, v_4^0, v_5^0, v_6^0, v_7^0\} = \{0.020\ 644\ 2, 1.323\ 513\ 3, 0.013\ 998\ 8, 0.124\ 971\ 9, 1.347\ 244\ 1, 0.323\ 737\ 4, 0.276\ 147\ 2\}$ 。

应用 Model 3 的求解步骤,求出关联系数见表 3。

2.2 DEA 交叉效率矩阵的求解

依据 DEA 交叉效率矩阵求解的线性规划模型,利用 Matlab 软件中的线性规划工具 LP 进行计算,得到每组各个决策单元的有效值见表 4。

通过两两比较,利用比值效率模型可以得到

DEA 交叉效率见表 5。

2.3 基于 DEA 交叉效率的灰色加权关联模型的评价

至此,求解得到了灰色关联系数矩阵和效率比值矩阵,采用 Model1 的灰色加权关联模型,即可求出灰色加权关联系数,见表 6。

于是,求出灰色加权关联度,并据此对方案进行评价排序,结果见表 7。

从实证训练的结果来看,采用本文给出的基于 DEA 交叉效率的灰色加权评价模型进行评价,较好地实现了对河南省 15 所本科院校办学效益情况的

表 2 15 个决策单元的归一化属性值

DMU	归一化输入属性值				归一化输出属性值		
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3
DMU ₁	0.043 470 32	1.323 513 25	3.750 493 57	0.154 130 97	1.347 244 10	0.105 000 59	0.276 147 20
DMU ₂	0.028 656 51	5.268 460 82	0.496 921 78	0.304 931 08	0.787 095 41	0.023 446 24	0.090 488 15
DMU ₃	0.023 540 93	5.159 787 13	0.518 930 58	0.269 797 40	0.851 929 28	0.016 993 45	0.159 021 24
DMU ₄	0.026 941 35	5.317 916 70	0.248 333 85	0.345 381 87	0.904 038 34	0.030 391 52	0.126 996 37
DMU ₅	0.026 906 22	5.813 413 68	0.232 652 29	0.124 971 93	0.624 023 42	0.030 585 19	0.147 447 27
DMU ₆	0.023 432 66	4.751 860 40	0.916 172 76	0.295 067 99	0.707 157 97	0.031 243 55	0.275 064 67
DMU ₇	0.020 876 56	3.875 525 12	0.174 459 65	1.860 469 85	0.659 028 14	0.323 737 35	0.085 903 32
DMU ₈	0.063 853 13	5.300 801 90	0.525 542 00	0.264 490 75	0.828 512 94	0.012 651 55	0.004 147 72
DMU ₉	0.025 181 93	5.171 294 83	0.661 776 99	0.163 140 86	0.911 525 41	0.027 601 82	0.039 478 16
DMU ₁₀	0.020 644 21	5.053 119 50	0.702 095 01	0.373 048 60	0.747 625 04	0.019 064 72	0.084 402 93
DMU ₁₁	0.062 844 83	5.625 000 66	0.013 998 84	0.301 483 14	0.707 866 79	0.055 563 67	0.233 242 07
DMU ₁₂	0.046 062 14	5.784 125 71	0.425 715 02	0.160 231 42	0.578 537 88	0.004 321 03	0.001 006 80
DMU ₁₃	0.058 143 47	5.999 114 77	0.073 586 15	0.344 259 98	0.480 130 32	0.013 144 26	0.031 621 06
DMU ₁₄	0.027 979 27	5.414 986 08	0.436 329 55	0.249 148 88	0.836 421 27	0.024 273 13	0.010 861 82
DMU ₁₅	0.043 680 84	5.342 842 05	0.603 870 96	0.385 533 98	0.539 001 74	0.036 056 55	0.049 013 88

表 3 关联系数矩阵表

DMU	v_1^0	v_2^0	v_3^0	v_4^0	v_5^0	v_6^0	v_7^0
DMU ₁	0.990 330 5	1.000 000 0	0.384 867 8	0.987 680 8	1.000 000 0	0.914 440 2	1.000 000 0
DMU ₂	0.996 584 4	0.372 098 4	0.828 794 7	0.928 524 1	0.806 708 6	0.886 171 1	0.926 426 8
DMU ₃	0.998 762 5	0.378 648 0	0.822 378 0	0.941 664 4	0.825 169 6	0.884 008 8	0.952 289 4
DMU ₄	0.997 313 6	0.369 192 3	0.908 894 8	0.913 842 1	0.840 631 2	0.888 510 3	0.940 026 6
DMU ₅	0.997 328 6	0.342 399 4	0.914 470 0	1.000 000 0	0.763 732 2	0.888 575 7	0.947 820 8
DMU ₆	0.998 808 7	0.405 435 4	0.721 549 1	0.932 175 8	0.785 053 6	0.888 798 1	0.999 537 2
DMU ₇	0.999 900 6	0.478 096 2	0.935 771 0	0.573 933 1	0.772 567 0	1.000 000 0	0.924 746 6
DMU ₈	0.981 852 7	0.370 192 8	0.820 469 8	0.943 681 5	0.818 405 3	0.882 559 8	0.895 777 7
DMU ₉	0.998 062 7	0.377 943 5	0.783 031 0	0.983 935 4	0.842 900 4	0.887 569 2	0.908 070 8
DMU ₁₀	1.000 000 0	0.385 304 8	0.772 597 6	0.904 064 8	0.795 868 8	0.884 701 7	0.924 198 1
DMU ₁₁	0.982 268 7	0.352 116 2	1.000 000 0	0.929 797 4	0.785 240 5	0.897 092 7	0.981 978 0
DMU ₁₂	0.989 244 4	0.343 874 5	0.850 258 7	0.985 141 8	0.752 549 7	0.879 792 9	0.894 700 9
DMU ₁₃	0.984 212 8	0.333 333 3	0.975 144 9	0.914 243 1	0.729 442 5	0.882 724 0	0.905 307 8
DMU ₁₄	0.996 872 2	0.363 618 2	0.846 988 9	0.949 562 1	0.820 677 3	0.886 448 9	0.898 088 1
DMU ₁₅	0.990 242 2	0.367 744 7	0.798 518 4	0.899 720 7	0.743 092 4	0.890 427 4	0.911 446 7

表4 DEA求解各决策单元有效值

DMU	DMU ₁	DMU ₂	DMU ₃	DMU ₄	DMU ₅	DMU ₆	DMU ₇	DMU ₈	DMU ₉	DMU ₁₀	DMU ₁₁	DMU ₁₂	DMU ₁₃	DMU ₁₄	DMU ₁₅
DMU ₁	1.000 0	0.056 6	0.041 9	0.072 6	0.067 2	0.083 5	0.025 8	0.003 8	0.036 6	0.047 9	0.123 6	0.000 8	0.025 3	0.009 6	0.044 0
DMU ₂	1.000 0	0.828 7	0.921 5	1.000 0	0.740 0	0.703 6	0.437 1	0.880 6	1.000 0	0.733 0	0.8335	0.632 2	0.513 5	0.908 8	0.521 8
DMU ₃	0.468 8	0.671 0	1.000 0	0.847 9	0.641 0	0.749 8	0.196 8	0.252 6	0.615 6	0.643 9	0.311 5	0.237 2	0.201 0	0.515 4	0.297 3
DMU ₄	0.138 1	0.511 8	0.554 0	1.000 0	0.639 3	0.280 6	0.233 8	0.160 4	0.360 8	0.381 3	0.355 2	0.141 9	0.215 9	0.305 2	0.241 2
DMU ₅	0.231 6	0.252 9	0.255 2	0.320 1	1.000 0	0.352 2	0.040 8	0.012 0	0.144 8	0.191 0	0.510 2	0.003 9	0.080 9	0.037 0	0.108 5
DMU ₆	0.296 4	0.269 0	0.551 4	0.397 0	0.450 9	1.000 0	0.063 2	0.005 5	0.132 6	0.263 8	0.316 2	0.001 9	0.046 3	0.033 1	0.095 6
DMU ₇	0.015 5	0.025 8	0.018 0	0.066 1	0.063 0	0.018 8	1.000 0	0.012 8	0.023 0	0.015 0	0.057 0	0.005 3	0.014 6	0.030 4	0.032 6
DMU ₈	1.000 0	0.828 7	0.921 5	1.000 0	0.7400	0.703 6	0.437 1	0.880 6	1.000 0	0.733 0	0.833 5	0.632 2	0.513 5	0.908 8	0.521 8
DMU ₉	0.447 8	0.495 4	0.598 6	0.516 4	0.6351	0.440 6	0.071 3	0.349 9	1.000 0	0.381 8	0.311 2	0.335 1	0.227 8	0.642 0	0.268 9
DMU ₁₀	0.853 2	0.758 4	0.998 6	0.926 6	0.640 4	0.833 1	0.867 8	0.355 8	0.998 7	1.000 0	0.311 0	0.343 6	0.227 8	0.823 6	0.340 7
DMU ₁₁	0.004 4	0.010 9	0.008 3	0.030 7	0.033 1	0.008 6	0.029 6	0.000 5	0.003 6	0.006 8	1.000 0	0.000 1	0.025 8	0.001 5	0.004 9
DMU ₁₂	0.510 2	0.784 3	0.883 4	1.000 0	1.000 0	0.576 4	0.233 8	0.855 1	1.000 0	0.616 3	0.991 8	0.730 9	0.579 4	0.931 2	0.455 5
DMU ₁₃	0.138 1	0.511 8	0.554 0	1.000 0	0.721 9	0.280 6	1.000 0	0.417 3	0.477 5	0.381 3	1.000 0	0.373 8	0.596 3	0.605 9	0.274 5
DMU ₁₄	0.510 2	0.784 3	0.883 4	1.000 0	1.000 0	0.576 4	0.233 8	0.855 1	1.000 0	0.616 3	0.991 8	0.730 9	0.579 4	0.931 2	0.455 5
DMU ₁₅	1.000 0	0.810 2	0.870 8	1.000 0	0.838 9	0.707 1	1.000 0	0.808 9	1.000 0	0.686 7	1.000 0	0.587 1	0.508 0	0.902 8	0.571 5

表5 交叉效率矩阵表

DMU	DMU ₁	DMU ₂	DMU ₃	DMU ₄	DMU ₅	DMU ₆	DMU ₇	DMU ₈	DMU ₉	DMU ₁₀	DMU ₁₁	DMU ₁₂	DMU ₁₃	DMU ₁₄	DMU ₁₅
DMU ₁	1	0.577 8	0.709 4	0.942 4	0.866 5	0.835 8	1.010 1	0.533 8	0.716 0	0.565 5	1.118 7	0.806 4	1.396 1	0.700 4	0.664 3
DMU ₂	1.730 7	1	1.047 4	1.209 6	1.252 1	1.207 5	1.234 0	1	1.222 9	0.888 1	1.644 3	0.964 2	1.211 3	1.012 8	0.977 4
DMU ₃	1.409 7	0.954 7	1	1.189 1	1.307 4	1.127 9	1.175 6	0.695 1	1.010 6	0.822 5	1.300 7	0.766 4	1.044 1	0.835 1	0.899 5
DMU ₄	1.061 1	0.826 7	0.841 0	1	1.241 8	0.916 7	1.157 3	0.617 0	0.897 4	0.717 0	1.314 8	0.659 7	0.761 7	0.675 8	0.789 8
DMU ₅	1.154 0	0.798 7	0.764 9	0.805 3	1	0.932 0	0.979 1	0.624 5	0.700 1	0.726 0	1.461 8	0.580 0	0.820 0	0.537 0	0.785 9
DMU ₆	1.196 5	0.828 2	0.886 6	1.090 9	1.073 0	1	1.043 6	0.634 7	0.786 2	0.689 4	1.305 0	0.766 4	1.193 2	0.685 3	0.856 9
DMU ₇	0.990 0	0.810 4	0.850 6	0.864 1	1.021 3	0.958 2	1	0.768 6	0.954 9	0.543 4	1.026 6	1.042 1	0.635 6	0.884 5	0.657 1
DMU ₈	1.873 5	1	1.438 7	1.620 6	1.601 4	1.575 5	1.301 0	1	1.393 1	1.190 1	1.713 2	0.953 8	1.375 4	1.001 7	1.015 9
DMU ₉	1.396 7	0.817 7	0.989 5	1.114 3	1.428 3	1.271 9	1.047 2	0.717 8	1	0.691 3	1.306 5	0.771 3	1.143 4	0.850 2	0.807 4
DMU ₁₀	1.768 5	1.126 0	1.215 8	1.394 8	1.377 3	1.450 5	1.840 2	0.840 2	1.446 4	1	1.302 1	0.997 3	1.255 9	1.178 4	1.065 6
DMU ₁₁	0.893 9	0.608 2	0.768 8	0.760 6	0.684 1	0.766 3	0.974 1	0.583 7	0.765 4	0.768 0	1	0.580 5	0.642 6	0.520 8	0.639 5
DMU ₁₂	1.240 1	1.037 2	1.304 8	1.515 8	1.724 2	1.304 8	0.959 6	1.048 4	1.296 5	1.002 7	1.722 5	1	1.350 7	1	1.024 0
DMU ₁₃	0.716 3	0.825 6	0.9578	1.312 9	1.219 5	0.838 1	1.573 3	0.727 1	0.874 6	0.796 2	1.556 2	0.740 4	1	0.795 8	0.806 7
DMU ₁₄	1.427 7	0.987 3	1.197 4	1.479 6	1.862 3	1.459 3	1.130 6	0.998 3	1.176 1	0.848 6	1.920 1	1	1.256 5	1	0.940 6
DMU ₁₅	1.505 3	1.023 1	1.111 8	1.266 1	1.272 4	1.167 0	1.521 9	0.984 3	1.238 5	0.938 5	1.563 8	0.976 6	1.239 7	1.063 2	1

综合评价,既体现了综合效益评价的客观要求,又在一定程度上体现了评价决策者的评价偏好,评价结果与实际情况基本相符.排名前两位的DMU₈和DMU₁₀,均为原来部委所属的特色鲜明的高校,转为省属高校后,在保持其专业特色的基础上,进一步与地方经济发展紧密结合,发展思路明确,办学特色、办学定位准确,办学效益和发展态势良好;排名后几位的高校大多在近几年发生了较大的合并、升格等变化,投入明显增大,基于高等教育办学效益显现的后滞性,虽然发展态势趋好,发展潜力较大,但即时效益尚未显现;而处于中间位置的各高校近年来基本保持原有的状态,没有太大的变化,有待

进一步明确思路、开拓视野,逐步提高办学效益.

3 结语

本文从绩效评价的实际出发,考虑到不确定性系统“部分信息已知、部分信息未知”的灰色特性,对灰色关联分析方法应用于评价问题进行研究和分析,构建了带决策者偏好的灰色关联加权分析评价模型.模型构建充分考虑到线性加权可能带来的评价不均衡性,提出了在灰色关联系数矩阵和交叉效率比值矩阵基础上的基于DEA交叉效率的灰色加权评价模型,该模型采用DEA交叉效率方法,以历史数据中的白化信息为依据,使得决策者的偏好

表6 灰色加权关联系数矩阵表

DMU	v_1^0	v_2^0	v_3^0	v_4^0	v_5^0	v_6^0	v_7^0
DMU ₁	12.354 4	5.271 7	10.369 3	11.371 9	10.004 6	11.178 5	11.656 9
DMU ₂	17.480 8	7.670 8	14.374 5	16.192 6	14.289 9	15.803 7	16.527 9
DMU ₃	15.438 4	6.709 8	12.739 6	14.255 8	12.585 6	13.957 5	14.596 5
DMU ₄	13.391 3	5.730 2	11.158 5	12.316 5	10.882 8	12.120 3	12.659 3
DMU ₅	12.581 3	5.473 8	10.428 7	11.600 1	10.244 5	11.386 9	11.925 6
DMU ₆	13.939 5	5.997 7	11.600 8	12.863 5	11.325 9	12.603 5	13.178 6
DMU ₇	12.923 3	5.498 7	10.703 2	11.958 8	10.511 4	11.676 9	12.180 6
DMU ₈	19.923 7	8.680 5	16.380 4	18.477 0	16.277 8	17.990 0	18.856 2
DMU ₉	15.252 5	6.614 9	12.593 8	14.143 8	12.426 6	13.778 6	14.435 1
DMU ₁₀	19.141 4	8.385 7	15.727 8	17.536 5	15.615 6	17.339 9	18.065 3
DMU ₁₁	10.885 9	4.694 5	9.0053	9.981 5	8.862 5	9.855 0	10.281 0
DMU ₁₂	18.406 5	7.663 2	15.408 4	17.157 0	14.931 1	16.583 5	17.377 8
DMU ₁₃	14.645 0	6.008 9	12.508 7	13.318 1	11.808 2	13.278 0	13.803 1
DMU ₁₄	18.557 6	7.853 9	15.500 5	17.259 5	15.077 6	16.747 1	17.562 4
DMU ₁₅	17.753 3	7.659 0	14.726 7	16.329 1	14.455 3	16.068 2	16.753 6

表7 灰色加权关联度及决策单元的评价排序

项目	DMU ₁	DMU ₂	DMU ₃	DMU ₄	DMU ₅	DMU ₆	DMU ₇	DMU ₈	DMU ₉	DMU ₁₀	DMU ₁₁	DMU ₁₂	DMU ₁₃	DMU ₁₄	DMU ₁₅
关联度	10.315 3	14.620 0	12.897 6	11.179 8	10.520 1	11.644 2	10.779 0	16.655 1	12.749 3	15.973 2	9.080 8	15.361 1	12.195 7	15.508 4	14.820 7
排序	14	6	7	11	13	10	12	1	8	2	15	4	9	3	5

权重矩阵较好地避免了由此带来的主观性. 最后, 将构建模型应用于河南省 15 所本科高校办学效益的评价实践, 进行实证训练和仿真分析, 结果表明, 该模型在小样本、贫信息绩效评价领域中具有评价优势, 采用非线性加权可避免其不平衡性, 并通过客观方法引入决策者的偏好权重矩阵, 具备较大的实用性和较好的适用性.

参考文献:

[1] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用 [M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2004.

[2] 李雪梅, 党耀国, 王俊杰. 面板数据下的灰色指标关联聚类模型与应用[J]. 控制与决策, 2015, (30)8:1447.

[3] LI X W, Wang W, XU C C, et al. Multi-objective optimization of urban bus network using cumulative prospect theory[J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2015, 28(3):661.

[4] 郑建潮, 伍雄斌, 黄明芳, 等. 有偏好的多属性灰色关联路径选择模型[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(4):168.

[5] 李刚, 曲双红, 辛向军, 等. 引入特征 AHP 的 PDEA 评

价模型研究[J]. 数学的实践与认识, 2009(13):105.

[6] 齐兴达, 李显君, 刘丝雨, 等. 基于数据包络分析和主成分分析的产业技术创新能力差异化研究[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2015(3):1017.

[7] Shibata K, Watada J, Yabuuchi Y. Fuzzy AHP approach to comparison of grant aid for ODA in Japan [J]. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2009, 5(6):1539.

[8] Rezaee B, Zarandi M H F. Data-driven fuzzy modeling for Takagi-Sugeno-Kang fuzzy system [J]. Information Sciences, 2010, 180(2):241.

[9] Chen L H, Hsueh C C. Fuzzy regression models using the least-squares method based on the concept of distance [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2009, 17(6):1259.

[10] 解志坚, 晋小莉, 李宗虎. 武器评价加权和法的灰理论补充研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2005(1):17.

[11] 师宝山, 李刚, 张贵州, 等. 基于输入偏好 DEA 模型高校办学效益评价方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2009(9):56.