

城市环境保护的相对有效性评价研究

欧阳效辉

(天津大学, 天津 300072)

摘要: 城市生态环境保护的相对有效性评价是环保工作中的重要内容, 建立了有效性评价的指标体系, 并引入 AHP 和 DEA 方法, 对城市生态环保的相对效率评价进行了定量研究。

关键词: 城市生态环境保护; 相对有效性; DEA

中图分类号: F205 文献标识码: A 文章编号: 1671-6248(2004)01-0035-04

Study on relative efficiency of the city ecological environment protection

OUYANG Xiao-hui

(Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The relative efficiency evaluation of the city ecological environment protection is one of the important contents of environment protection, this paper proposes an index system of the relative efficiency evaluation. The relative efficiency evaluation of the city ecological environment protection is analyzed quantitatively by means of AHP and DEA.

Key words: the city ecological environment protection; relative efficiency; DEA

自从 1987 年布伦特兰报告《我们共同的未来》发表以来, 世界各国经过对全球环境状况与发展模式问题的认真反思, 对环境问题都给予了不同程度的关注。中国的环保工作也得到较大发展, 环保投资逐年增加, 其中城市环保投入的增加尤为显著。在环保工作发展的同时, 如何客观地衡量城市环保投资的效益, 考核城市环保工作的成果是环保行业面临的一个重要课题。环保行业的投入指标(资金、人力等)和产出效果(污染的防治、环境的绿化等)计量方法不同, 不能直接加以比较。各指标之间的不可比性使得传统评价方法很难直接应用于环保活动的评价中。本文根据环境保护工作的特点, 通过综合 DEA 和 AHP 两种评价方法给出评价多个城市环保工作相对效率的一种方法。

一、DEA 方法简介

数据包络分析(DEA)是以相对效率概念为基础发展起来的一种效率评价方法。DEA 使用数学规

划模型比较决策单元间的相对效率, 无需统一指标之间的量纲, 也无需事先给定投入和产出指标间的权重分布, 而对决策单元做出一个客观的评价。DEA 中的决策单元(Decision Making Unit, 简称 DMU)在某种程度上是一种约定, 它可以是学校、城市等, 其特点是: 每个 DMU 都可以看作是相同的实体, 亦即在某一视角下, 各 DMU 具有相同的输入和输出。通过对输入输出数据的综合分析, DEA 可以得出每个 DMU 综合效率的数量指标, 据此将各 DMU 定级排序, 确定有效的(即相对效率最高的)DMU, 并指出其他 DMU 非有效的原因和程度, 给主管部门提供管理信息。因此, 我们可以通过对多个评价单元(即多个城市)的投入和产出指标的比较, 能客观的给出各城市环保的相对有效性评价。

二、城市生态环境保护有效性评价方法

(一) 指标体系

参加评估的所有城市可以看作同类型的决策单

元(DMU), 它们都希望消耗较少的人力、物力, 取得较好的环保效益。因此 DMU 的效率可以通过一定时期消耗的投入资源和获得的产出效果来衡量。根据国家的有关规定, 并参考相关科研文献资料, 确定评估模型的投入产出指标如下:

投入指标:

X_1 : 城市环境治理保护总投资; X_2 : 城市环境治理保护总劳动力。

产出指标:

Y_1 : 城市环境质量; Y_2 : 城市污染控制; Y_3 : 城市环境建设; Y_4 : 城市生态。

其中: 城市环境治理保护总投资(X_1): 城市环境治理保护需要大量的资金投入, 包括城市环境保护基础设施建设投资、工业污染防治投资和为环境服务的其他投资总称为城市环境治理保护总投资。

城市环境治理保护总劳动力(X_2): 环境治理保护投入的另一面即是劳动力的投入, 其中主要包括城市环境中直接代表国家、政府行使环境保护监督、防治职权的人员以及各工矿企业中从事环境治理、防护方面的人员。

产出指标(Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4): 根据国家的有关规定, 本文选取了 17 项环保的实际监测、统计指标作为原始数据, 模型中评价单元的数量应该接近或超过输入输出指标总数的 2 倍。如果模型不能满足上述条件, 由于评价单元间没有进行充分比较, 就会影响评价结果的精确性。因此本文根据指标间的层次结构, 将众多的环保产出指标通过 AHP 法加以赋权、分层和综合, 形成 $Y_1 \sim Y_4$ 四个综合性指标, 分别是城市环境质量、城市污染控制、城市环境建设和城市生态。

完整的城市生态环境保护有效性评价产出指标如图 1 所示。

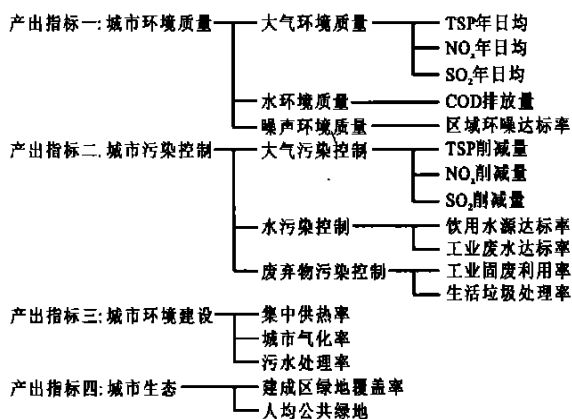


图 1 产出指标体系

(二) 评价步骤

城市环境保护有效性评价分为三步: 数据预处理、指标综合、DEA 评价。

1. 数据预处理

对产出指标进行 AHP 综合时, 要对产出原始指标进行无量纲化处理。由于产出指标为单调性指标, 无量纲化方法如式 1 所示:

$$\begin{cases} k_j^* = (k_j - \min(k_i)) / (\max(k_i) - \min(k_i)) \\ i = 1, \dots, n, \text{ 当 } \max(k_i) \text{ 为最优值} \\ k_j^* = (\max(k_i) - k_j) / (\max(k_i) - \min(k_i)) \\ i = 1, \dots, n, \text{ 当 } \min(k_i) \text{ 为最优值} \end{cases} \quad (1)$$

其中: n 为同组指标数, $k_j (j=1, \dots, n)$ 为原始指标值, $k_j^* (j=1, \dots, n)$ 为指标无量纲化值。

2. 指标综合

在城市环保效率评价模型的四项产出指标中, 每一项都由该项的三层子指标体系综合得到。通过 AHP 方法, 可以得出各层指标的相对权重。

设 $k_{jl}^{(i)}$ 为指标变量, 其中 $i=0, 1, 2, 3$ 表示指标的层次, 城市环境质量、城市污染控制、城市环境建设和城市生态为 0 级指标, 其余指标按指标的层次结构分属于 1, 2, 3 级指标。 $j=1, 2, 3, 4$ 表示该指标归属的指标体系(城市环境质量、城市污染控制、城市环境建设和城市生态)。 $l=1, 2, \dots, M$ 表示某一指标层次中的不同指标。设指标 $k_{jl}^{(i)}$ 的相对权重为 $w_{jl}^{(i)}$, 通过 AHP 法的两两比较矩阵, 进行专家打分, 可以求出全部 $w_{jl}^{(i)}$ 的值。通过无量纲的指标值和指标权重, 可以计算将要输入 DEA 模型的产出指标值, 计算公式如式 2。 $k_{jl}^{(i)}$ 为 i 层的任意指标, 如果 $i+l$ 层有和 $k_{jl}^{(i)}$ 相关的指标, 则

$$k_{jl}^{(i)} = \sum_1^S w_{jl}^{(i+1)} t_{jl}^{(i+1)} / \sum_1^S w_{jl}^{(i+1)} \quad (j=1, 2, \dots, S) \quad (2)$$

其中: $t_{jl}^{(i+1)} (j=1, 2, \dots, S)$ 为 $i+1$ 层中和 $k_{jl}^{(i)}$ 相关的指标 $w_{jl}^{(i+1)}$ 为 $t_{jl}^{(i+1)}$ 的权重。通过由下至上的逐层计算就可以求得 $k_{jl}^{(0)}$, 得到 DEA 模型的输入指标。

3. DEA 评价

选用 DEA 方法中的 C^2R 模型, 如式 3 所示, 根据投入和产出数据, 可以计算得到有效性评价结果, 具体计算过程略。

$$(P_1) \begin{cases} \max \mu^T Y_0 = V p_1 \\ \text{s.t. } w^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ w^T X_0 = 1 \\ w \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

这样就可以对一组城市的环境治理保护的相对

有效性进行评价, 得出被评价城市环境治理保护的相对效率, 据此对各城市在环境治理保护上的有效性进行排序分析; 并对各城市进行 DEA 投影分析, 找出非有效城市的非有效原因及其相应的改进方向。

三、实例评价结果

某省环保局负责管理下属 11 个地市的环保工作。根据各地市每年的环保投入和环保成效给予相应的评价, 是省环保局重要的工作内容之一, 这直接影响到省环保局下年的工作计划和资金分配。本文

采用前述的城市环境保护相对有效性评价方法, 以该省下属 11 个地市的环保工作为评价对象, 进行有效性评价。该省 1998 年的环保投入产出原始数据如表 1 所示。

利用前述的步骤首先对原始产出数据进行无量纲处理, 然后根据 AHP 方法和专家意见制定、综合各指标权重, 然后求出输入 DEA 模型的投入产出指标, 如表 2 所示。

然后应用 C^2R 模型进行 DEA 评价, 得到评价结果如表 3 所示。

表 1 1998 年环保投入产出数据表

指标名称、单位	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
城市环保总投资/ 万元	78 569	63 460	40 028	20 978	11 613	20 299	14 856	42 778	12 327	24 202	12 227
城市环保总投资/ 人	635	484	316	605	481	874	497	287	636	262	236
TSP 年日均/ $Mg^{\circ}Nm^{-3}$	0. 33	0. 343	0. 172	0. 433	0. 44	0. 268	0. 354	0. 33	0. 306	0. 271	0. 316
NO _x 年日均/ $Mg^{\circ}Nm^{-3}$	0. 05	0. 062	0. 049	0. 038	0. 056	0. 013	0. 027	0. 045	0. 033	0. 027	0. 031
SO ₂ 年日均/ $Mg^{\circ}Nm^{-3}$	0. 12	0. 058	0. 039	0. 09	0. 11	0. 057	0. 01	0. 236	0. 036	0. 039	0. 034
COD 排放量/ 万吨	6. 4	13. 2	2. 1	6	5. 46	13. 7	6. 6	4. 81	7. 5	1. 27	6. 3
区域环噪达标率/ %	55. 2	81. 4	57. 3	88. 4	77. 8	57. 6	89. 6	64. 9	77	43. 8	55. 8
TSP 削减量/ %	−0. 038	−0. 081	0. 029	0. 004	0. 03	−0. 011	−0. 182	−0. 056	0. 011	−0. 017	−0. 067
SO ₂ 削减量/ %	−0. 01	−0. 01	0. 002	−0. 003	−0. 01	0	−0. 016	−0. 008	−0. 01	0. 003	−0. 022
NO _x 削减量/ %	0. 005	0. 005	0. 018	0. 003	−0. 018	0. 025	−0. 023	−0. 029	−0. 026	−0. 007	0. 017
饮用水源达标率/ %	98	96. 09	99	99. 5	100	100	100	100	100	98. 5	95. 7
工业废水达标率/ %	84. 3	67. 2	91	52. 1	81	60	63. 3	83	86	60	74
工业固废利用率/ %	95	76	81. 5	50	85	55	42	68. 4	77. 5	90	83
生活垃圾处理率/ %	86. 5	68. 9	92	82. 1	100	67. 6	61	44. 5	100	53. 1	64. 6
集中供热率/ %	84	74	81	84. 4	63. 7	75	73. 7	87. 7	66	86. 7	77
城市气化率/ %	96	94	95. 1	84. 4	63. 7	100	73. 7	77. 7	93. 9	86. 7	89. 8
城市污水处理率/ %	19. 8	41. 6	53. 5	47. 3	43	63. 5	50. 3	56	30. 5	43	34
建成区绿地覆盖率/ %	31. 6	33. 2	38. 1	30. 8	30. 7	24. 1	16. 7	28. 7	16. 3	27. 4	21
人均公共绿地/ m^2	4. 82	1. 12	9. 34	2. 17	3. 1	1. 56	3. 85	3. 54	2. 56	4. 1	2. 54

表 2 DEA 模型投入、产出指标

指标名称、类型		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
投入 指标	城市环保总投资	11 613	12 227	14 856	20 299	20 978	22 327	24 202	40 028	42 778	63 460	78 569
	城市环保总劳力	351	376	497	874	605	636	262	316	287	484	635
产出 指标	城市环境质量	0. 532	0. 506	0. 406	0. 338	0. 626	0. 518	0. 641	0. 706	0. 641	0. 354	0. 431
	城市污染控制	0. 831	0. 789	0. 439	0. 758	0. 674	0. 322	0. 598	0. 873	0. 612	0. 360	0. 644
	城市环境建设	0. 665	0. 507	0. 484	0. 711	0. 748	0. 248	0. 779	0. 757	0. 858	0. 509	0. 59
	城市生态	0. 451	0. 194	0. 175	0. 206	0. 396	0. 188	0. 436	1	0. 432	0. 388	0. 576

表 3 城市环境保护有效性评价表

评价结果	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
θ	0. 375 ^① 8	0. 376 ^② 4	1	0. 671 ^③ 6	1	0. 611 ^④ 7	0. 596 ^⑤ 6	1	0. 526 ^⑥ 3	1	0. 921 ^⑦ 7

从评价结果中可以看出, 在各城市中环保效率最高的是城市 C、城市 E、城市 H 和城市 J, 最差的是城市 A 和城市 B。通过 DEA 投影分析, 将非有效评

价单元指标向 DEA 有效面“投影”, 可以确定各非有效城市当前工作的差距和改进目标, 如表 4 所列。

表 4 城市环境保护有效性投影分析

决策单元	评价指标		原始指标数据	有效面“投影”(改进目标)
A	投入指标	城市环保总投资	78 569	29 138. 632 5
	产出指标	城市环境质量	0. 431	0. 539 ^⑨
		城市生态	0. 576	0. 707 ^⑮
B	投入指标	城市环保总投资	63 ^⑭ 460	18 ^⑭ 767. 653 ^⑮ 2
	产出指标	城市环境质量	0. 354	0. 433 ^⑮ 7
		城市污染控制	0. 36	0. 443
D	产出指标	城市污染控制	0. 674	0. 940 ^⑮ 8
		城市环境建设	0. 748	0. 781 ^⑮ 6
		城市生态	0. 396	0. 526 ^⑮ 2
F	投入指标	城市环保总劳力	874	375. 305 ^⑮ 2
	产出指标	城市环境质量	0. 338	0. 568 ^⑮ 8
		城市污染控制	0. 758	0. 869 ^⑮ 2
		城市生态	0. 206	0. 482 ^⑮ 2
G	投入指标	城市环保总劳力	497	267. 886 ^⑮ 4
	产出指标	城市污染控制	0. 439	0. 620 ^⑮ 4
		城市环境建设	0. 484	0. 507 ^⑮ 5
		城市生态	0. 175	0. 344 ^⑮ 2
I	产出指标	城市污染控制	0. 322	0. 775
		城市环境建设	0. 248	0. 646 ^⑮ 5
		城市生态	0. 188	0. 434 ^⑮ 5
K	投入指标	城市环保总劳力	376	340. 621 ^⑮ 3
	产出指标	城市环境质量	0. 506	0. 516 ^⑮ 3
		城市环境建设	0. 507	0. 645 ^⑮ 4
		城市生态	0. 194	0. 437 ^⑮ 7

由此可以看到城市环境保护有效性评价的结果既反映了各城市环保工作的效果, 更反映了各城市的环保效率。评价结果较差的城市一方面要努力做好本职工作, 提高城市环境综合水平, 另一方面也要注意合理规划环保投资、精简机构, 以提高环保工作的效率。

参考文献:

[1] 周淑贞, 城市气候学(第一版)[M] . 北京. 气象出版社,

1993.
[2] 中国环境科学学会. 实施主要污染物总量控制的理论与实践[M] . 北京. 中国环境科学出版社, 1996.
[3] 国家环保局. 城市大气污染总量控制方法手册[M] . 北京. 中国环境科学出版社, 1991.
[4] 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.

[责任编辑 陈志和]