

DEA 方法在工业厂址选择中的应用研究

陈大鹏, 任 辉, 刘小红, 任 磊

(西安建筑科技大学土木工程学院, 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055)

摘 要: 本文将“数据包络分析”(DEA)法, 应用于工业企业厂址选择方案评价. 论文分析了 DEA 方法进行厂址选择的优越性, 并结合实例, 验证 DEA 方法在厂址选择中应用的有效性和可行性. 利用此方法的基本模型-CCR 模型, 拟定了输入、输出因子, 给出 DEA 计算软件 Deap2.1 的运算结果, 并进行分析评价, 说明此方法是一种厂址选择方案评价的有效方法.

关键词: 厂址选择; 方案评价; 数据包络分析(DEA); CCR 模型

中图分类号: TU984.13

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)03-0364-05

厂址选择是工业建设的重要环节, 是工业项目合理布局 and 有效建设、运营的基础, 又是进行工业企业总体规划与设计的前提. 所以工业企业厂址选择的恰当与否, 对布局、规划、设计、环境和生态保护、以及工厂的生产运行都有重大的影响. 因此科学合理地进行工业企业厂址选择, 具有重要的现实意义.

工业企业厂址选择可以划分为三个层次, 分别为地区选择、地点选择和位置选择. 在实际工作中, 一般分为三个阶段完成, 即地区选择阶段、地点选择阶段和厂址选择阶段^[1]. 其中前两个阶段主要结合区域规划, 通过区域经济分析的理论方法进行, 以定性分析为主; 而第三个阶段则主要通过技术经济分析和方案比选来进行. 相对来讲, 第三个阶段的选址技术性和客观性更强一些, 可以更多地使用定量分析的手段进行.

目前常用的厂址选择的定量方法一般有加权因素法、因子分析法、重心法、线性规划—运输法、德尔菲分析模型、模糊评判法和层次分析法等^[2]. 但这些方法在应用中都不不同程度地存在着评价者主观因素的影响, 评价过程中往往需要人为地给指标赋值或确定权重等. 虽然在形式上是定量分析, 但其中定性分析的成分仍较多, 评价结果的客观性常遭受质疑.

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis), 简称 DEA 方法, 是评价决策单元间相对有效性的方法^[3]. 与其他统计方法有所改进的是, DEA 方法在不需要投入产出数理函数关系和权重假设的前提下, 仅利用观察到的投入产出数据, 就能给出综合的标量值, 用以评价不同决策单元的相对有效性, 因此完全可以应用到工业企业厂址评价比选中, 以改善传统的厂址选择方法中数据单层性或需要人为确定指标权重等弊端.

从国内相关文献看, DEA 方法广泛应用于项目评价、政策效率评价、企业战略控制、投资决策等多个领域. 同时, DEA 方法目前也应用于物流中心^[4-5], 和商业配送中心的选址^[6-7], 而将 DEA 方法应用于工业企业选址的研究仍是个空白.

1 DEA 方法和 CCR 模型与工业企业厂址选择方案评价

1.1 DEA 方法与 CCR 模型

数据包络分析法^[8](DEA)由著名的运筹学家查尼斯(A. Charnes)、库珀(W. W. Cooper)及罗兹(E. Rhodes)在 1978 年首先提出, 是用来评价部门间的相对有效性的定量评价方法, 他们的第一个模型被命名为 CCR 模型^[9], 亦称作 C²R 模型.

设有 n 个待选厂址方案,对每个厂址都有 m 种输入,每个厂址都有 s 种输出.

令 $x_{ij} > 0$ 表示对第 j 个厂址投入的第 i 种资源的数量; $y_{rj} > 0$ 表示对第 j 个厂址第 r 种输出效果的数量. x_{ij} 和 y_{rj} 可以通过前期数据搜集得到,因此可当作已知数看待.为了利用这些数据构造模型,引入两个向量:

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$$

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$$

这两个向量分别叫输入权重和输出权重.它们的物理意义是表示一种测度,因为输入或输出的度量是不同的,我们引入 V, U 两个权重向量,就可以统一了测度.我们定义每个厂址的效率评价指数:

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

适当地选取 U, V ,总可以使 h_j 满足:

$$h_j \leq 1, (j = 1, 2, \dots, n)$$

于是我们以 $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$ 和 $U = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$ 为变量,以厂址方案 k 的 h_k 为目标函数,以所有厂址方案的 h_j (含部门 k) 为约束可构成一个分式形式的模型:

$$s. t \quad \begin{cases} \max h_x = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1, (j = 1, 2, \dots, n) \\ U \geq 0, V \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中的 $U \geq 0$ 表示至少存在一个分量 $u_{jk} > 0$.

将公式(2)写成矩阵的形式且引入松弛变量 s^+ 和 s^- ,则可写为:

$$s. t \quad \begin{cases} \min \theta_k \\ \sum_{j=1}^n x_j \partial_j + s^- = \theta_k x_k \\ \sum_{i=1}^n y_j \partial_j - s^+ = y_k \\ \partial_j \geq 0, s^+, s^- \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

其中 ∂ 为公式(2)的矩阵形式做 Charnes-Cooper(查尼斯-库伯)变换后,约束条件的对偶变量.写作 $\partial = (\partial_1, \partial_2, \dots, \partial_n)$.

公式(2)、(3)就是 CCR 模型.

可以用 CCR 模型来判定评价对象是否同时技术有效和规模有效:

(1) $\theta^* = 1$, 且 $s^{*+} = 0, s^{*-} = 0$, 则评价对象为 DEA 有效,评价对象同时为技术有效和规模有效.

(2) $\theta^* = 1$, 但至少某个输入或者输出大于 0, 则评价对象为弱 DEA 有效,评价对象不是同时为技术有效和规模有效.

(3) $\theta^* < 1$, 评价对象不是 DEA 有效,既不是技术有效也不是规模有效.

也可以用 ∂ 判断评价对象的规模收益情况:

(1) 如果存在 ∂_j^* 使得 $\sum \partial_j^* = 1$, 则评价对象为规模收益不变;

(2) 如果不存在 ∂_j^* 使得 $\sum \partial_j^* = 1$, 若 $\sum \partial_j^* < 1$, 则评价对象为规模收益递增;

(3) 如果不存在 ∂_j^* 使得 $\sum \partial_j^* = 1$, 若 $\sum \partial_j^* > 1$, 则评价对象为规模收益递减.

1.2 DEA 方法在工业厂址选择中的优越性分析

工业建设一般是通过多个厂址的比较优选而确定的.而每个备选厂址都是具有相同功能的部门,都

有多项的数据输入,比如建设资金、原料、燃料、水资源利用量等;同时又有多项输出数据,比如产品产量、三废综合利用率等.根据输入数据和输出数据来评价厂址的优劣,也就是评价各备选厂址间的相对有效性问题.

DEA方法适用于多输入—多输出的有效性综合评价问题,在处理多输入—多输出的有效性评价方面具有绝对的优势^[10-11].工业企业的厂址选择方案评价本身就是一个有多输入—多输出的综合性评价问题,DEA方法可以全面地考虑到各种影响方案评价的因素.

工业厂址选择容易受到人为因素的干扰,而选择定量分析方法就是为了尽量减少人为因素干扰.但在一般常用的定量分析方法中总是有部分指标是人为确定的,如德尔菲法、模糊评判法等都要进行人为地对指标或指标权重进行赋值等,影响了评价结果的客观性.而DEA方法无须任何权重假设,而以决策单元输入、输出的实际数据求得最优权重,排除了很多主观因素,具有很强的客观性.这一特性可以使厂址选择方案评价能更多地消除人为因素干扰,得出更能让人信服的选址优化方案.另外,DEA方法假定每个输入都关联到一个或者多个输出,且输入和输出之间确实存在某种联系,但不必确定这种关系的显示表达式,这样就避免了很多主观的因素带来的偏差,更客观更准确的对方案进行评价.

2 实例分析

以某有色企业钒钛制品厂厂址选择方案评价为例,利用“数据包络分析(DEA)方法”对厂址选择方案进行评价,以说明此方法的有效性.

本厂址选择的前提是:(1)拟建企业有四个备选厂址;(2)各厂址的建设条件已知;(3)宽城县厂址只能支撑其他三个备选厂址一半的生产规模.

2.1 确定评价厂址方案的输出、输入因素

在进行厂址选择时,应考虑的因素有:土地的合理利用、耕地的保护;当地城市规划的要求;工作、生活的功能要求;技术经济的合理性;卫生、安全等技术规范和规定的要求;交通组织的要求;环境保护和可持续发展的要求等.其中规划政策、技术规范、环境污染及卫生、安全要求等为定性因素,应在选址的最初阶段加以考虑,不符合要求的选址在这个阶段将被淘汰,留下来的选址被认为都是可行的.此时再对各个方案的占地面积、经济合理、交通运输、土石方量等定量因素通过DEA法来进行分析,从而选出最优的厂址方案.

根据该有色企业厂址的产业特点和环境保护的要求,确定要输入的数据包括:各厂址可提供的用地面积、建厂的成本因素和环境因素.输出的数据是各厂址的产品年生产量和所排放废弃物的综合利用产值.成本因素包括:生产成本和土石方工程量.生产成本包括:修建(或扩建)与国道相连的厂外道路、厂外铁路专用线、水电费用,环境因素指环境保护设施修建所需的费用.拟选厂址的具体情况如表1所示.

表1 拟选厂址输入—输出数据表

Tab.1 Input and output data in potential sites

a. 输入数据

		厂址 1(承德县)	厂址 2(平泉县)	厂址 3(宽城县)	厂址 4(滦平县)
基建费用	厂外公路/km×15m	5	10	5	6
	厂外铁路/km	43.5	1	2	17
	水电费/亿元	2.98	2.67	1.38	2.56
	土方量/10 ⁴ m ³	10474	5850	7400	10536
环境因素	环保建设费/亿元	2.6	1.9	2.4	2.3
	可供用地面积/km ²	12	10.2	4.1	12

b. 输出数据

	厂址1(承德县)	厂址2(平泉县)	厂址3(宽城县)	厂址4(滦平县)
产品产量/10 ⁴ t·a ⁻¹	11.7	11.7	6.0	11.7
废弃物综合利用产值/千元·a ⁻¹	5.2	4.3	3.2	5.8

2.2 利用 DEA 方法求解并分析结果

2.2.1 数据的输入

本文利用 DEA 计算软件 Deap2.1 进行计算,将数据输入.决策单元为 4 个待选厂址;输出数据为 2 个,分别为年产品生产量和“三废”综合利用产值;输入数据为 6 个,具体内容见表 1. 第一步是将表 1 数据转化成 Deap 软件识别的文本形式的数据库.

2.2.2 设置评价内容

利用以 CCR 模型下进行待选厂址的综合效率评价、技术效率评价和规模效率评价,如图 2 所示. 选择投入角度(0=INPUT), (Deap 中有两种评价角度,一种是投入角度指的是产出一定投入最小为最优,另一种是产出角度,指的是投入一定产出最大为最优.)选择 CCR 模型评价(0=CRS),选择多阶段评价(0=DEA(MULTI-STAGE)),如图 1.

```

厂址2.txt          DATA FILE NAME
评价结果输出.txt   OUTPUT FILE NAME
4                  NUMBER OF FIRMS
1                  NUMBER OF TIME PERIODS
2                  NUMBER OF OUTPUTS
6                  NUMBER OF INPUTS
0                  0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0                  0=CRS AND 1=URS
0                  0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

```

图 1 Deap 计算软件设置图

Fig. 1 Sets of Deap calculation software

2.2.3 计算和分析评价结果

打开 Deap 软件,将数据导入,运算结果为 1~4 个待选厂址的综合效率(crste)分别为 0.959、0.902、0.842、1,其中滦平县厂址(厂址 4)的综合效率为 1,即为最优厂址. 厂址 4 的技术效率(vrste)和规模效率(scale)也是最优,取值为 1.

DEA 评价方法不但可以选出最优的厂址方案,还能指出了其他厂址的具体不足. 如表 2 所示,对于投入的数据,除了最优的厂址 4 之外,其他三个厂址中松弛变量为负值出现的指标上即存在不足的地方. 例如,厂址 1 所需厂外铁路过长、水电费过高、环境基建费用过高;厂址 2 所需厂外公路过长、可供用地面积不足;厂址 3 环境基建费用过高、可供用地面积不足.

表 2 运算结果分析表

Tab. 2 Results analysis of the operation

输入指标的松弛变量取值						
输入的样本	厂外公路	厂外铁路	水电费	土方量	环保建设费	可供用地面积
厂址 1(承德县)	0.000	-26.5	-0.42	0.000	-0.3	0.000
厂址 2(平泉县)	-5	0.000	0.11	0.000	0.000	-1.8
厂址 3(宽城县)	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.1	-7.9
厂址 4(滦平县)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3 总 结

本文探讨了“数据包络分析”(DEA)方法在工业企业厂址选择方案评价中的应用,并利用一个实例来说明此方法的有效性,获得了较为满意的结果. DEA 方法的多方面的定量评价避免了很多主观评价的弊端,提高了方案评价的客观性. 但是此方法对输入和输出的数据要求很严格,评价哪些方面的内容就需要哪些方面的数据. 在本文实例中,笔者仅对有色企业的一些常见决定因素确定了输出和输入数据,但工业企业的厂址影响因素远不止于此,还需继续总结和扩展输出、输入指标体系,这样才能更好的发挥 DEA 方法的优势. 因此应用 DEA 方法进行工业厂址选择时,对输入输出因子,亦即指标体系的确定成为技术关键之一,这也是 DEA 方法应用于工业企业厂址选择时应该进一步研究的问题.

参考文献 References

- [1] 雷明. 厂址选择[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.
LEI Ming. Sites Selection. [M]. Beijing: Science & Technology Literature Publishing House. 1992
- [2] 祝伟. 企业厂址选择与评价模型[J]. 工业工程与管理, 2003(4): 71-74.
ZHU Wei. Enterprise Location and Evaluation Models[J]. Industrial Engineering and Management. 2003(4): 71-74.
- [3] 严高剑, 马添翼. 关于 DEA 方法[J]. 科学管理研究, 2005, 23(2): 54-56.
YAN Gao-jian, MA Tian-yi. On DEA Method[J]. Scientific Management Research. 2005, 23(2): 54-56.
- [4] 程赐胜, 苏玲利. DEA 法在物流中心选址中的应用[J]. 长沙理工大学学报: 自然科学版, 2004, 1(3/4): 8-12.
CHENG Li-sheng, SU Ling-li. Application of DEA in the Site Selection of Logistics Center[J]. Journal of Changsha University of Science and Technology: Natural Science, 2004, 1(3/4): 8-12.
- [5] 张敏, 杨超. 基于 AHP/DEA 的物流中心选址问题研究[J]. 管理学报, 2005, 2(6): 641-644, 653.
ZHANG Min, YANG Chao, ect. Location of Logistics Distribution Centre Based on AHP/DEA[J]. Chinese Journal of Management, 2005, 2(6): 641-644, 653.
- [6] 肖剑, 陈义华. DEA 评价下的配送中心再选址模型及求解[J]. 系统工程学报, 2006, 21(4): 442-445.
XIAO Jian, CHEN Yi-hua. Distribution centre relocation model and solution based on DEA. Journal of Systems Engineering, 2006, 21(4): 442-445.
- [7] 肖岳峰, 张昭. 基于 DEA 的区域连锁便利店配送中心选址的研究[J]. 商场现代化, 2011(638): 51-53.
XIAO Yue-feng, ZHANG Zhao. Research on chain convenience store location based on DEA[J]. Market modernization, 2011(638): 51-53.
- [8] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of DMU[J]. European Journal of Operation Research. 1978(2): 429-444.
- [9] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
WEI Quan-ling. Data Envelopment Analysis[M]. Beijing: Renmin University of China Press. 2004.
- [10] 吴越, 谷明玉. DEA 分析方法研究综述[J]. 价值工程, 2003(增刊): 129-132.
WU Yue, GU Ming-yu. The summary of DEA methods[J]. Value Engineering, 2003(Z1): 129-132.
- [11] 董俊刚, 闫增峰. 基于建成环境主观评价分析研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2011, 43(5): 694-699.
DONG Jun-gang, YAN Zeng-feng. Research on the subjective evaluation of a built-up environment-Case study of a postgraduates' apartment[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2011, 43(5): 694-699.

Application of DEA in industrial enterprise site selection

CHEN Da-peng, REN Hui, LIU Xiao-hong, REN Lei

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech. State Key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China(XAUAT), Xi'an 710055, China)

Abstract: This article introduces “data envelopment analysis” (DEA) method into industrial enterprise location evaluation. The advantages of “data envelopment analysis” presented, combined with an example to verify DEA method's effectivity and feasibility in site selection evaluation. Using DEA method's basic model-CCR model, selects input/output factors are selected, the results of evaluation by using Deap2.1 calculating program are given, and the results analyzed. Through this study, DEA is proved to be a effective method in industrial enterprise site selecting evaluation.

Key words: site selection; project evaluation; data envelopment analysis (DEA); CCR model