

水运业效率 DEA 评价研究

陈军飞¹,严以新²

(1.河海大学商学院,江苏 南京 210098;2.河海大学交通、海洋学院,江苏 南京 210098)

摘要 选取水运总投资、新增年吞吐能力、营业成本、年末固定资产总额等 4 个指标作为输入指标,营业收入、利润总额和货运量等 3 个指标作为输出指标,建立 DEA 评价模型,评价我国水运业运行效率,对非 DEA 有效的决策单元进行投影改进.给出不同输入、输出指标组合方案的 DEA 评价结果,评价结果能反映我国水运业的发展情况,对提高我国水运业运行效率具有一定的指导意义.

关键词 数据包络分析;DEA 有效;水运业;运行效率

中图分类号 U692 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2004)05-0592-04

交通运输是社会经济的命脉,其中水路运输以其运量大、成本低、能耗省、占地少和易开发等特点,在交通运输中占有重要地位.我国的水运业发展到今天已取得了令人瞩目的成绩,水路货运总量、外贸货物吞吐量和水运行业总投资逐年增长.2002 年,水路货运量 14.2 亿 t,货物周转量 27 510.6 亿 t·km,分别比 2001 年增长 6.8% 和 5.9%.全国港口完成外贸货物吞吐量 7.8 亿 t,比 2001 年增长 18.4%,集装箱吞吐量 3 721 万标准箱,比 2001 年增长 35.4%.水运建设完成投资 169.8 亿元.据预测,到 2005 年,水路货运量将达 15 亿 t,外贸货物海运量将达 6.56 亿 t,集装箱、散货、原油等的海运需求将进一步快速增长.中国在加入 WTO 之后,水运业将面临更多的机遇和挑战,要在日趋激烈的竞争中更好地发展,必须对水运业的运行效率进行合理的评估,由此找出其中存在的问题和不足之处,同时寻求解决问题的对策.

1 水运业效率 DEA 评价模型

数据包络分析方法(DEA)是由美国运筹学家 Charnes 等^[1]提出的一种评价决策单元相对有效性的一种方法,我国学者魏权龄^[2]进一步发展和完善了该方法.DEA 实质是根据一组输入和输出的观察值来估计有效生产前沿面,并把单输入、单输出的工程效率概念推广到多输入、多输出同类决策单元(DMU)的有效性评价中去,并据此进行多目标综合评价.

1.1 评价规模和技术有效的 C²R 模型

设有 n 个决策单元 $DMU_j(j=1,2,\cdots,n)$,每个 DMU 都有 m 种输入及 s 种输出,输入及输出分别用 X_j 和 Y_j 表示:

$$X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \cdots, x_{mj})^T \qquad Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \cdots, y_{sj})^T$$

式中: x_{ij} ——第 j 个决策单元 DMU_j 的第 i 种类型的输入, $i=1,2,\cdots,m$; y_{rj} ——第 j 个决策单元的第 r 种类型的输出, $r=1,2,\cdots,s$.评价第 j_0 个决策单元 DMU_{j_0} 规模和技术有效性的 C²R 模型为

$$(D_{C^2R}) \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \cdots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases}$$

C^2R 模型经济含义为^[3]:(a)当 $\theta = 1$ 且 $S^- = S^+ = 0$ 时,称 DMU_{j_0} 为 DEA 有效,即规模和技术有效,即在这 n 个决策单元组成的系统中,在原投入 X_{j_0} 的基础上获得的产出 Y_{j_0} 已达到最优;(b)当 $\theta = 1$ 且 $S^- \neq 0$ 或 $S^+ \neq 0$ 时,称 DMU_{j_0} 为 DEA 弱有效,即在这 n 个决策单元组成的系统中,投入 X_{j_0} 可减少 S^- 而保持产出的 Y_{j_0} 不变,或在投入 X_{j_0} 不变的情况下可将产出提高 S^+ ;(c)当 $\theta < 1$ 时,称 DMU_{j_0} 为 DEA 无效,即在这 n 个决策单元组成的系统中,可通过组合将投入降至原投入 X_{j_0} 的 θ 比例而保持原产出 Y_{j_0} 不减少。

1.2 C^2R 模型的投影改进及规模效益分析

对非 DEA 有效的 DMU_{j_0} ,可借助投影分析将其改进为具有 DEA 有效性的决策单元^[4,5]. 设

$$\hat{X}_{j_0} = \theta^* X_{j_0} - S^{*-} \qquad \hat{Y}_{j_0} = Y_{j_0} + S^{*+}$$

其中 S^{*-}, S^{*+}, θ^* 是决策单元 j_0 对应的线性规划问题(D_{C^2R})的最优解,则 $(\hat{X}_{j_0}, \hat{Y}_{j_0})$ 为 DMU_{j_0} 对应的 (X_{j_0}, Y_{j_0}) 在 DEA 的相对有效面上的“投影”,是 DEA 有效的,这为改进非 DEA 有效的 DMU 提供了一个可行方案。

设 D_{C^2R} 有最优解 $\lambda_i^* (i = 1, 2, \cdots, n)$, 记 $k = \sum_{i=1}^n \lambda_i^*$, 称 k 为 DMU_{j_0} 的规模效益值. 当 $k = 1$ 时,表示 DMU_{j_0} 的规模效益不变,此时 DMU_{j_0} 达到最大产出规模点; 当 $k < 1$ 时,表示规模效益递增,且 k 值越小规模效益递增趋势越大,表明 DMU_{j_0} 在投入 X_{j_0} 的基础上适当增加投入量,产出量将有更高比例的增加; 当 $k > 1$ 时,表示规模效益递减,且 k 值越大规模效益递减趋势越大,表明 DMU_{j_0} 在投入 X_{j_0} 的基础上增加投入量不可能带来更高比例的产出。

2 水运业效率实证分析

2.1 水运业效率评价指标的选取

水运业投入、产出的相关评价指标众多,本文根据《中国交通年鉴》水运行业基本情况统计资料,选取水运基本建设投资指标中的水运总投资、新增年吞吐能力,经济指标中的营业成本、年末固定资产总额等 4 个总量指标作为输入指标,其中水运总投资包括航道及航标建设投资、港口建设投资、水运部门投资、运输船舶的购置等 4 部分. 选取能够反映水运业产出及效率情况的 3 个指标,即营业收入、利润总额和货运量作为输出指标. 我国水运业 1991 ~ 2001 年输入、输出指标的原始统计值见表 1.

表 1 水运业指标原始数据

Table 1 Original indexes of water transportation industry

年份	输入指标				输出指标		
	水运总投资 I_1 /万元	固定资产总额 I_2 /万元	营业成本 I_3 /万元	新增年吞吐能力 I_4 /万 t	营业收入 O_1 /万元	利润总额 O_2 /万元	货运量 O_3 /万 t
1991	614 057	1 436 564	503 351	923	646 985	115 016	57 235
1992	791 527	1 580 356	635 522	5 466	783 137	106 536	62 356
1993	939 944	2 106 369	657 233	4 636	753 767	28 249	64 258
1994	1 239 999	2 637 983	852 677	1 997	949 126	66 776	63 232
1995	1 434 613	7 639 049	2 895 258	2 310	3 356 097	151 705	63 306
1996	1 312 665	8 032 993	2 949 305	1 762	3 169 745	23 143	62 369
1997	1 409 186	7 789 522	2 797 938	12 020	2 951 920	2 303	61 927
1998	1 367 608	6 534 651	2 508 086	2 882	2 570 929	- 31 130	109 555
1999	1 409 186	8 974 397	4 160 411	12 020	4 702 111	50 965	114 608
2000	1 309 705	9 629 613	5 963 058	4 637	6 769 058	52 918	122 391
2001	1 759 863	9 941 115	6 045 293	6 545	6 760 808	- 32 248	132 675

注 资料来源于 1992 ~ 2002 年《中国交通年鉴》.

2.2 应用 DEA 方法进行效率评价

本文的评价年份共 11 a,即对 11 个决策单元进行评价,评价指标体系由 4 个输入指标和 3 个输出指标组成. 由于利润总额指标含有负值,因此需对具有非正值指标的 C^2R 模型最优解的存在性进行检验^[6]. 经检验,本文的数据满足存在最优解的要求,应用运筹学软件 DSS-MSOR 2.1 求解相应的线性规划问题(D_{C^2R}),得到各 DMU 的有效性系数 θ 值和规模效益值 k ,见表 2.

表2 1991~2001年水运业 DEA 有效性评价结果

Table 2 Value of DEA efficiency evaluation of water transportation industry from 1991 to 2001									
年份	有效性系数 θ	规模效益值 k	目标投入额				目标产出额		
			水运总投资 /万元	固定资产 总额/万元	营业成本 /万元	新增年吞吐 能力/万 t	营业收入 /万元	利润总额 /万元	货运量 /万 t
1991	1.000	1.000							
1992	1.000	1.000							
1993	0.892	1.165	715 130	1 878 881	380 452	4 135	756 867	133 949	66 658
1994	0.866	1.467	900 829	2 107 493	738 418	1 729	949 126	168 776	83 932
1995	0.994	1.742	1 426 005	5 982 215	2 877 886	2 296	3 356 097	170 705	127 806
1996	0.932	1.317	1 223 404	5 724 049	2 848 752	1 642	2 954 202	117 543	106 469
1997	0.896	1.715	1 262 631	4 931 012	2 506 952	2 700	2 951 920	178 503	117 727
1998	0.866	1.650	1 184 349	4 384 108	2 172 002	2 396	2 570 929	174 470	110 455
1999	0.980	1.566	1 381 002	7 185 309	4 077 203	3 680	4 702 111	142 765	128 908
2000	1.000	1.000							
2001	0.982	1.253	1 445 485	9 762 175	5 936 478	4 727	6 760 608	83 752	135 075

2.2.1 水运业的相对有效性评价

由表2可知,1991年、1992年、2000年的 θ 值都为1.000,且由计算结果知,其对应的 S^- 和 S^+ 均为0,故这3个决策单元为DEA有效,说明其水运业生产经营活动相对有效.而1993年、1994年、1995年、1996年、1997年、1998年、1999年、2001年的 θ 值都小于1.000,为非DEA有效决策单元,且 θ 值越小,水运业的投入产出效率越低.对非有效的DEA单元进行投影分析,可以对投入产出目标进行改进.对投入目标的改进为:在不减少产出的前提下,使原来的输入有所减少.对产出目标的改进为:在不增加输入的前提下,使产出有所增加.改进后的结果见表2.其中1991年、1992年、2000年投入、产出已经达到最优.

对规模效益值 k 进行分析发现,1991年、1992年、2000年 $k=1.000$,说明其规模有效,达到最大产出规模点.其余年份 k 大于1,表示规模效益递减,即在现行的投资条件下,增加投入量不可能带来更高比例的产出.

2.2.2 不同输入、输出方案的相对有效性评价

为了分析不同输入、输出指标对DEA模型评价结果的影响,对输入、输出指标进行不同的组合,得到各种不同方案的评价结果.表3给出了部分输入、输出组合方案的DEA评价结果.

表3 不同输入、输出组合方案的DEA评价结果

Table 3 DEA evaluation result for different combinations of input and output indexes													
方案	输入指标	输出指标	有效性系数 θ										
			1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年
1	I_1, I_2, I_3, I_4	O_1, O_2, O_3	1.000	1.000	0.892	0.866	0.994	0.932	0.896	0.866	0.980	1.000	0.982
2	I_1, I_2, I_3, I_4	O_1, O_2	1.000	1.000	0.892	0.866	0.994	0.932	0.896	0.866	0.980	1.000	0.982
3	I_1, I_2, I_3, I_4	O_1	1.000	0.993	0.892	0.866	0.994	0.932	0.896	0.866	0.980	1.000	0.982
4	I_1, I_2, I_3	O_1, O_2	1.000	1.000	1.000	0.866	0.985	0.919	0.896	0.866	0.980	1.000	0.982
5	I_1, I_2, I_3	O_1	1.000	0.993	0.892	0.866	1.000	0.930	0.896	0.866	0.980	1.000	0.902
6	I_1, I_2	O_1, O_2	1.000	1.000	0.558	0.616	0.841	0.561	0.539	0.560	0.753	1.000	0.967
7	I_1, I_2	O_1	0.641	0.705	0.509	0.512	0.628	0.567	0.539	0.560	0.745	1.000	0.667
8	I_2, I_3	O_1	1.000	0.993	0.892	0.866	0.921	0.847	0.826	0.817	0.941	1.000	0.982
各方案 θ 平均值			0.955	0.961	0.816	0.791	0.920	0.828	0.798	0.783	0.917	1.000	0.931

由表3可以看出,相对于不同的输入、输出组合方案,2000年均为DEA有效.1991年、1992年多种方案 θ 值为1.000, θ 平均值大于0.950,总体上相对其他年份较为有效,即投入、产出结果较理想.1995年、1999年、2001年 θ 平均值在0.900~0.950之间,说明投入、产出结果一般.而1993年、1994年、1996年、1997年、1998年 θ 平均值都小于0.900,相比较而言,投入、产出结果较差.

对水运业的基本情况,也可以进行一定的定性分析.从表1水运业的输入、输出指标数据及水运业十几年的发展过程可以看出,水运业投入量呈逐年增长趋势,1991年、1992年投入、产出结构合理,营业收入、利润总额等达到较高水平,评价结果相对运行效率较高.1993~1998年期间,全国投资建设了大量的中小港口

及码头,导致水运业投入过剩,内河及沿海港口都显现了过度竞争,影响了水运业的产出,导致水运业投入产出的相对无效,加上亚洲金融危机的影响,1998 年水运业运行效率达到了最低值.到 2000 年,随着亚洲金融危机影响的逐步消除以及中国经济稳健发展和外贸的飞速发展,水运业运行效率达到相对最高水平.2001 年由于产出指标利润总额大幅度降低,导致相对运行效率较低.

从上述分析可以看出,应用 DEA 方法得到的评价结果与定性分析的结果是一致的,运用 DEA 模型对水运业进行相对运行效率的评价能够反映水运业发展的实际情况,对水运管理部门加强管理具有一定的指导意义.

3 结 语

本文基于 DEA 方法,对我国水运业 1991 ~ 2001 年的相对运行效率进行了评价,对非 DEA 有效的各年份进行了投影改进.为了分析不同的输入、输出指标对 DEA 模型评价结果的影响,本文采用了对输入、输出指标进行不同组合的方法,对各种组合方案采用 DEA 模型进行评价,评价结果能反映我国水运业的发展情况,表明所建立评价模型的合理性.研究结果对我国水运管理部门具有重要的参考作用.

参考文献：

[1] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6) : 429—444.

[2] 魏权龄. 数量经济学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1998. 305—329.

[3] 莫剑芳, 叶世绮. DEA 方法在区域经济发展状况评价中的应用[J]. 系统工程, 2001, 19(2) : 18—21.

[4] 秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003. 63—87.

[5] 侯风华, 张在旭, 徐青山. DEA 方法在石油企业经济效益评价中的应用[J]. 系统工程理论方法应用, 2000, 9(3) : 252—257.

[6] 熊国强, 党兴华. 具有非正值评价指标的 DEA 方法及其应用[J]. 系统工程理论方法应用, 2003, 12(1) : 53—56.

DEA method-based evaluation of efficiency of water transportation industry

CHEN Jun-fei¹, YAN Yi-xin²

- (1. Business School, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. College of Traffic and Ocean Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract :A data envelopment analysis(DEA) method-based evaluation model was established with the total investment in water transportation industry, the newly increased annual transaction capacity, the operating cost, and the total amount of year-end fixed assets taken as input indexes and the operation income, the total amount of profit, and the volume of freight transported as output indexes. The model was applied to evaluation of the efficiency of water transportation industry of China, and the inefficient decision making units were modified. Finally, some evaluation results were given for different combinations of input and output indexes, which can reflect the current situation of water transportation development in China and are of certain significance to the improvement of its efficiency.

Key words :data envelopment analysis ;DEA efficiency ;water transportation industry ;operation efficiency