

文章编号 : 1004 - 7271(2002) 01 - 0037 - 06

DEA 理论及其在我国海洋渔业中的应用

郑奕¹, 周应祺²

(1. 上海水产大学人文与基础学院, 上海 200090 2. 上海水产大学, 上海 200090)

摘要 : 阐述了 DEA 法理论, 并将其应用于我国的海洋渔业。分析表明, 在我国远洋渔业中, 目前存在的主要问题是: 船数多但船体不够大, 这是提高远洋船队捕捞能力的主要障碍, 也是远洋渔业效率不高的根本原因; 其次, 我国远洋捕捞船队的“能力利用率”呈现两极分化的特征, 1999 年以辽宁、江苏、福建、山东和广东为最高, 其余各相关省市都有可能在不增加投入的前提下, 通过效率的提高而增加捕捞产量。在帆张网作业中的 DEA 分析得出结果: 一个投入因子若普遍被高估(或低估)相同的比例, 应不会影响捕捞能力。因此得出结论: 运用 DEA 法可以对不变投入、可变投入与最终的产出进行综合分析, 以确定在多重投入情形下的最大产量; DEA 法既能处理大量的数据, 也能解决较少数据的情况, 其在海洋渔业方面应用的结果是令人满意的。

关键词 : 数据包络分析法, 捕捞能力, 计量

中图分类号 : S934, S911 文献标识码 : A

The theory of DEA and its application to Chinese marine fisheries

ZHENG Yi¹, ZHOU Ying-qi²

(1. College of the Humanities & Basic Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China ;
2. Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract : The theories of DEA were introduced and the method was applied to the marine fisheries in China. Firstly, the result showed that the ship sizes were too small which affected the increase of the fishing capacity and the capacity utilization, though there were enough ships in the Chinese distant-water fisheries. Secondly, the capacity utilization of the relative provinces is in two extremes. Among these provinces, the rates of Liaoning, Jiangsu, Shandong and Guangdong are the highest and the others may increase their catch much by only raising their production efficiency with no more investment. The analyses of the stow nets' fishing in Zhoushan showed that the fishing capacity will not change when an input factor changes at the same rate in different units. So the DEA method can make comprehensive analyses of the variable investing, the fixed investing and the catch in fishing to determine the maximum output in multi-investments. This method is also able to deal with not only a lot but also a little of data, and the results of its application to marine fishing are satisfactory.

Key words : DEA method ; fishing capacity ; measure

1 DEA 法概述

数据包络分析(Data envelopment analysis, DEA)方法提出于 1978 年^[1]。它是处理不含参数的边界模

收稿日期 2001-09-30

作者简介 : 郑奕(1963 -) 男, 上海人, 副教授, 硕士, 主要从事应用数学和海洋捕捞学研究。Tel : 021 - 65710066, E-mail : zhengyi168

@online.sh.cn

型的一个有力的工具,在本质上它是一种以数学上线性规划理论为依据的求解最优解的方法,DEA 模型目前已成为生产函数理论中的一个蓬勃发展的分支。它不同于一般生产函数的特点是:在研究过程中,它不假设一个确定的函数形式,其得到的产出边界是完全通过给定的投入产出的数据而推出的,因而更具有合理性。

在数据的具体处理方面,该方法提供了两种基本方向:产出方向和投入方向。基于产出方向的方法处理在给定的投入水平下,当各种潜能被充分发挥后,尚有多少产出可以被增加;而基于投入方向的方法则考虑在一个确定的产出水平下,有多少投入可以被削减。

DEA 法目前在国内外的工业、农业和金融业等多个领域中都已得到了广泛的应用。尤其在美国、加拿大和欧共体等国家,许多科学家正在积极探索该方法的进一步的应用,并开发了相应的软件包,取得了不少的成果。

虽然 DEA 法在捕捞能力计量方面的应用只是开始于最近几年,但在欧美等国已成为渔业管理者最易于理解和接受的方法之一。在 DEA 法中,无论是投入方向还是产出方向的计算,都可以直接提供相应的捕捞能力的计量的信息。基于投入方向的方法应用于给定总许可捕捞量(TAC)的渔业时,可以获得合适的投入水平的信息,并以此确定相应的实际所需渔船数。而基于产出方向的方法可以确定在给定的技术水平和资源限制条件下,所能达到的最大的产出水平及在此水平下所需的渔船数。更进一步,在给定 TAC 水平后,基于产出方向的方法也有可能得出一个针对总投入水平和渔船数的“预警值”。基于此,联合国粮农组织的专题技术工作组将该方法作为计量捕捞能力的两种重点推荐的方法之一^[2]。

但是,DEA 法在我国渔业中的应用研究目前还只是刚刚开始,有关这方面的文字资料尚未查阅到。然而,DEA 法对我国渔业的指导性和在渔业实际中的适用性的确值得我们进行探索。

2 DEA 理论简介

2.1 DEA 法模型

设 N 个决策单元(decision making unit, DMU)中,每个含有 K 种投入和 M 种产出。对第 i 个 DMU,这些量可以分别用向量 x_i 和 y_i 来代表。这样,全部 N 个 DMU 的投入和产出数据分别构成了一个 $K \times N$ 的投入矩阵,记为 X 和一个 $M \times N$ 的产出矩阵,记为 Y 。

对第 i 个 DMU($i = 1, 2, \dots, N$),在规模收益为常数(Constant returns to scale, CRS)的条件下,可建立线性规划模型如下:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{s. t.} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

这里 λ 是一个 $N \times 1$ 的常向量, θ 是一个数,代表第 i 个 DMU 的投入的利用率,其值介于 0 与 1 之间。当 θ 的值等于 1 时,表示相应的 DMU 出现在边界上,其投入的利用率为 100%。

对每个 DMU 分别求解(1)式,这 N 个线性规划问题就构成了在 CRS 条件下投入方向的 DEA 模型(input-oriented DEA model)。

完全类似的分析,可以得到在 CRS 条件下产出方向的 DEA 模型(output-oriented DEA model)模型描述的是第 i 个 DMU (i 可为 $1, 2, \dots, N$):

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\theta, \lambda} \Phi \\ & \text{s. t.} \\ & -\Phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & x_i - X\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

$$\lambda \geq 0 \quad (2)$$

这里 Φ 代表在投入条件给定的情形下,第 i 个 DMU 在产出方面所能得到的最大的增长比例, $1 \leq \Phi \leq +\infty$ 。在 DEA 理论中称 Φ 的倒数为技术效率(technical efficiency, TE)。

若记 P 为当前产量,则 ΦP 为潜在产量。故有:

$$P(\Phi P) = 1/\Phi = TE$$

即 TE 也就是在关于捕捞能力研究中的“能力利用度”(Capacity utilization)^[3]。

但也有观点认为,这样得到的传统的“能力利用度”,其值往往偏小。原因在于其分子是实际产量,而这种产量往往是在现有条件没有被充分利用的情形下得到的。因此这种观点提出:“能力利用度”的无偏估计量应该为在现有的可变投入与不变投入的状态下全效率生产所能得到的产出去除以能力产出。

为了做到这一点,可将全部投入细分为可变投入和不变投入。在可变投入不予限制(即始终能满足生产所需)的条件下,对第 i 个 DMU,可将(2)式具体写为

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\Phi, \lambda, k} \Phi_1 \\ & \text{s.t.} \\ & \Phi_1 y_i \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j y_j \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{jn} \leq x_{in} \quad (n \in \alpha) \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{jn} = \kappa_{in} x_{in} \quad (n \in \hat{\alpha}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中 $\lambda_j \geq 0$ ($j=1, 2, \dots, N$) 为非零向量 λ 中的各分量, k_{in} 是相应的可变投入在全效率生产时所需的目前投入的倍数, α 表示不变投入的集合, $\hat{\alpha}$ 是指全部可变投入构成的集合。这里, Φ_1 较为准确地刻画了第 i 个 DMU 在全效率生产时对目前产出所能得到的最大的增长比例, $\Phi_1 P$ 即为能力产出。

进一步,在增加可变投入现有配置不变的限制条件后(3)式可改写为

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\Phi, \lambda} \Phi_2 \\ & \text{s.t.} \\ & \Phi_2 y_i \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j y_j \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{jn} \leq x_{in} \quad (n=1, 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (4)$$

这里 $\lambda_j \geq 0$ ($j=1, 2, \dots, N$)。显然,该式中的 x_{in} 既包括不变投入也包括可变投入。此时 $\Phi_2 P$ 即为在当前投入(特别是可变投入)配置状态不变的情况下,全效率生产时的产出。

由上述分析可知,无偏的“能力利用度”可以表示为

$$\Phi_2 P / (\Phi_1 P) = \Phi_2 / \Phi_1 \quad (5)$$

分析这两种“利用率”,笔者认为:传统的“能力利用度”($1/\Phi_1$)侧重描述实际生产的效率,无偏的“能力利用度”(Φ_2/Φ_1)则揭示了当前可变投入配置状态的优劣,而两种“能力利用度”之差反映的是所研究的 DMU 对当前资本配置的利用情况。因此,两个指标各有所长。认识并用其所长,对指导当前生产的管理与调控是十分有利的。

2.2 DEA 法中计算的说明

DEA 法得到的无参数的、分段的、线性形式的边界虽然体现了这种方法的长处,但在效率的度量方面也引起了一些困难。主要是可能会产生一些关于投入的松弛量和关于产出的松弛量,而这些松弛量的存在将影响 DMU 的技术效率的精确程度。为此,DEA 理论提供了两种处理松弛量的方法:两步法和多步法^[4]。两步法计算相对较为简单,但有两个主要不足:其一是在求解中该方法将松弛量的和最大化而不是最小化了,其二是该方法求解的最优值会随着投入和产出的度量单位的变化而变化,故不是最理想的方法。而多步法尽管运算较为复杂,但较好地解决了上述两个问题,因此,它是一种到目前为止所

能得到的较好的方法。

本文下面对有关松弛量的处理均采用多步法。在 DEA 法计算的整个过程中,本文使用了 Coelli T. J. 的 DEAP 2.1 版软件。该软件可从新英格兰大学的网站上免费下载。

3 DEA 法在我国渔业中的应用及分析

3.1 用 DEA 法估算我国远洋渔业的捕捞能力

根据渔业统计资料^[5],笔者以各沿海省市为捕捞单位,在 CRS 的假设下,分别以产出方向和投入方向的 DEA 模型(2)式和(1)式来估算 1999 年度各有关省市和全国的远洋渔业的捕捞能力,详见表 1。

表 1 1999 年全国远洋渔业捕捞能力计算

Tab.1 Calculation of fishing capacity for the distant-water fisheries in China in 1999

单位	远洋捕捞实际值				output-oriented DEA 法		input-oriented DEA 法得出的理想值		
	产量 (t)	船数 (艘)	总吨位 (t)	功率 (kW)	能力利用度 (%)	能力产量 (t)	船数 (艘)	总吨位 (t)	功率 (kW)
天津	11 836	21	10 212	15 766	59.4	19 918.9	12.5	5 138.1	7 646.2
河北	3 021	8	2 272	4 704	52.0	5 814.8	4.2	1 180.4	2 129.4
辽宁	200 138	211	86 882	129 292	100.0	200 138.0	211	86 882	129 292
上海	42 857	68	36 009	51 450	66.4	64 499.5	45.2	18 604.7	27 686.2
江苏	14 387	41	4 338	10 320	100.0	14 387.0	41	4 338	10 320
浙江	182 635	324	125 792	214 223	62.1	294 101.6	201.2	78 115.9	119 568
福建	48 483	109	27 006	30 264	100.0	48 483.0	109	27 006	30 264
山东	152 922	186	99 949	93 895	100.0	152 922.0	186	99 949	93 895
广东	59 715	126	17 416	50 116	100.0	59 715.0	126	17 416	50 116
海南	98	2	196	515	14.8	661.0	0.2	29.1	76.4
中水总公司	182 999	1 652	122 358	238 529	52.9	346 039.5	392.5	64 707.6	126 143.3
全国	899 091	2 748	532 430	839 074	73.4	1 206 680.3	1 328.8	403 366.8	597 136.5

由表 1 可见,1999 年我国远洋捕捞的“能力利用度”呈两极分化态势,以辽宁、江苏、福建、山东和广东为最高,其余各相关省市都有可能在不增加投入的前提下,通过效率的提高而增加捕捞产量,其产量的理论值可参见表 1 的“能力产量”栏。就全国而言,1999 年的实际远洋捕捞量为 89.9 万吨,但现有投入经计算得到的“能力产量”却可达 120.7 万吨;“能力利用度”为 73.4%。这说明远洋渔业在进一步提高生产效率方面仍然是大有可为的。

根据投入方向的 DEA 法的计算结果,要得到 1999 年远洋渔业的实际产量 89.9 万吨,最少的投入仅需渔船 1 329 艘、总吨位 403 366.8 吨以及总功率 597 136.5kW,分别为实际拥有量的 48.4%、75.8% 和 71.2%。所需渔船数与实际渔船数的比例大大低于相应的总功率和总吨位的比例,表明我国远洋渔船中目前存在船数较多但功率与总吨位却较小的问题,这是我国提高远洋捕捞能力的主要障碍,也是我国远洋渔业效率不高的根本原因。关于各省市的相关计算结果可详见表 1 中的各栏,类似的分析不再赘述。

3.2 帆张网渔船的“能力”估计和分析

考虑到渔船的捕捞能力会因作业方式的不同而不同,所以在对具体船只的估计时,笔者认为:将渔船以作业方式分类,分别进行“能力”估计是比较合理的。为此笔者收集了舟山地区 10 艘帆张网渔船自 1999 年 9 月至 2000 年 6 月这一捕捞年度内的有关资料(表 2),并据此对这些船只的捕捞能力采用 DEA 法产出方向的模型(2)式进行了分析,计算结果见表 3。

表 3 中的“能力产量”栏给出了各船在现有资源和不变投入固定的生产条件下的能力产量的理论值,可以作为 ITQ 制度中对具体船只实施合理配额的依据。“能力利用度”栏是以实际产量除以由总吨

位、主机功率、船的成色、所带帆张网数和这些网的网长、网宽及网高等投入指标为限制条件而计算出的能力产量所得到的比值。

表 3 中的“无偏能力利用度”一栏,是以在现有的可变投入与不变投入配置不变的状态下全效率生产所能得到的产出去除以能力产出而得到的值(模型见(3)(4)和(5)式)。观察该栏的值,可见均等于或接近于 1。这表明经过长期生产实践的探索,各渔船目前可变投入(这里指船队人数和出海天数)的安排均比较合理,不须再做大的变动。但若将“无偏能力利用度”和对应的“有偏”的“能力利用度”作比较后可以发现:在给出的 10 艘船中,浙嵊渔 07130、浙嵊渔 07215 和浙定渔 02315 三船相应的两者间的数值相差较大。由此可以说明,这些渔船即使不改变现有投入配置,只要加强管理,就有可能使自己的生产水平在现有基础上得到较大的提高。

表 2 舟山部分帆张网渔船 1999 年生产数据

Tab.2 Production data of the partial ships of Zhoushan with stow nets in 1999

船名	1999 年 产量(t)	不变投入							可变投入	
		总吨位 (总 t)	主机功率 (kW)	船的成色	带网数 (顶)	网长 (m)	网宽 (m)	网高 (m)	船员总数 (人)	出海天数 (天)
浙嵊渔 07711	155	112	183.8	1	3	185	65	45	12	126
浙嵊渔 07427	198	140	235.2	1	4	185	65	45	12	139
浙嵊渔 07131	189	130	198.5	5	5	170	63	45	13	148
浙嵊渔 07213	190	142	220.5	6	4	185	65	45	13	151
浙嵊渔 07130	120	140	202.1	4	3	175	62	45	11	162
浙嵊渔 07215	139	143	202.1	3	4	175	63	45	12	146
浙岱渔 02401	300	140	220.5	8	6	200	65	45	13	151
浙岱渔 02116	218	140	202.1	6	6	200	65	45	13	159
浙定渔 02402	305	140	220.5	8	6	200	65	45	13	156
浙定渔 02315	190	160	249.9	8	7	200	65	45	13	148

注:船的成色以 1991 年造为一成新、1998 年造为八成新,余类推。

表 3 舟山部分帆张网渔船 1999 年捕捞能力分析

Tab.2 Analyses of fishing capacity to the partial ships of Zhoushan with stow nets in 1999

船名	实际产量(t)	能力产量(t)	能力利用度(%)	无偏能力利用度(%)
浙嵊渔 07711	155	155	100.0	100.0
浙嵊渔 07427	198	198	100.0	100.0
浙嵊渔 07131	189	236	80.2	100.0
浙嵊渔 07213	190	205	92.7	100.0
浙嵊渔 07130	120	155	77.6	100.0
浙嵊渔 07215	139	202	68.7	100.0
浙岱渔 02401	300	305	98.4	98.4
浙岱渔 02116	218	257	84.8	100.0
浙定渔 02402	305	305	100.0	100.0
浙定渔 02315	190	305	62.3	96.4

若表 2 的每一个捕捞单位均按相同比例增加同一个投入或产出因子中的值而其它的投入和产出因子中的值均不变,则完全相似的计算相应的“能力利用度”后发现其值不变。这个结果表明:一个投入因子若普遍被高估(或低估)相同的比例,应不会影响捕捞能力。即尽管对具体的一艘船(或船队)增加投入有可能提高该船的捕捞能力,但在渔业资源一定的情况下,若整个行业普遍增加某一个投入因子的投入比例,并不会使捕捞能力得到显著的改善,只会造成资金的浪费。不过产出因子不同,若普遍被高估(或低估)一定的比例,尽管“能力利用度”的值不变,但捕捞能力作为“能力利用度”与实际产出的乘积,会发生变化。我们以帆张网渔船为例来解释这个结论:即若渔船出海所带的帆张网数被普遍的低报相同比例的话,其对用 DEA 法计算得到的捕捞能力没有影响,而产量如普遍被以一定比例高报的话,则捕

捞能力也会被按相同的比例高估。

上述对帆张网渔船的分析只是一个例子,完全类似的,可将该方法推广到海洋渔业的其它作业方式中去,以研究它们的捕捞能力。

4 结语

通过选择聚合程度较高的全国远洋渔业和聚合程度较低的帆张网渔船进行 DEA 分析,本文认为:首先,DEA 法在我国海洋渔业应用中所得到的合理的结果表明,用该方法计量和分析我国的捕捞能力是可行的,用该方法可以对我国各种海洋渔业的不变投入、可变投入与最终的产出进行综合分析,以确定在多重投入情形下的最大产量及其“能力利用率”,是一种很有前途的估计我国捕捞能力的方法。因此,其在我国海洋渔业中的应用前景是广阔的,是值得继续花大力气进行研究的。其次,在对数据的需求上,DEA 法既能处理大量的数据,也能解决较少数据的情况,极具灵活性,因此该方法的应用范围也将是广泛的。

当然也应该注意到:由于目前渔业资源已经明显地衰退,在这种情形下,按照 DEA 方法通过产量估计得到的捕捞能力的值,与实际具有的“能力”相比,往往是被大大地低估了。所以从渔业管理的角度来看,根据这个估计所要求的渔船数一般总是比实际要求的要多,故有必要不断地按照新的情况进行修正。从本质上讲,这也是由“能力”的动态性和短期性所决定的。

参考文献:

- [1] Coelli T J. Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement[J]. Austr J Agric Econ, 1995, 39(3):219-245.
- [2] FAO. Report of the technical working group on the management of fishing capacity[R]. Rome:FAO Fish Rep, 1998, 586:2-5.
- [3] Nelson R. On the measurement of capacity utilization[J]. J Indus Econ, 1989, 37(3):12.
- [4] Ali A I, Seiford L M. The mathematical programming approach to efficiency analysis[A]. The measurement of productive efficiency[M]. New York:Oxford University Press, 1993. 120-159.
- [5] 中华人民共和国农业部. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京, 2000. 44-46.

下期文章摘要

草鱼段气调包装袋内 CO₂ 动态变化 与鱼体肌肉表面 pH 值关系

周冬香, 周培根, 陈 椒

(上海水产大学食品学院, 上海 200090)

摘要:分别测定草鱼段气调包装袋中 CO₂ 气体动态变化与鱼体的肌肉表面 pH 值,得出了气体的动态变化与 pH 值关系。在草鱼的气调包装中,采用 CO₂、O₂ 和 N₂ 作为混合气体,其中 CO₂ 是一种抑菌气体。由于 CO₂ 溶解度较大,因此,CO₂ 在鱼体中的溶解是产生抑菌效果的重要因素,也是引起气体组分变化的重要原因,影响鱼的贮藏效果。CO₂ 被鱼体表面吸收后,水解生成碳酸,引起鱼体表面 pH 值下降,反映了 CO₂ 被鱼体吸收的量。