

文章编号: 1004 - 7271(2007)01 - 0048 - 06

SPF 理论及其在捕捞能力计算中的应用

冯春雷^{1,2}, 黄洪亮², 陈雪忠²

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与
河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;
2. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘要: 随机生产边界法是一种基于 Cobb-Douglas 生产函数的线性规划方法。在得到待定系数的估计值后, 可求得理论产出, 进而可以求得各投入单元的技术效率。以年渔获产量为产出, 海洋捕捞专业劳动力和渔船数为投入, 应用该方法计算浙江省 1996 - 2004 年的海洋捕捞能力。结果表明 2000 年浙江省捕捞技术效率最高, 达到 99.9%。在与 DEA 法进行比较后得出结论: 两者计算结果相近, 都能较准确的反映捕捞能力水平; 在使用 SPF 法分析捕捞能力时, 要注意技术无效率投入的剔除。此外, 在用 SPF 法计算捕捞能力时, 应将除去劳动力外的投入因子全部货币化, 以提高计算的准确性。

关键词: 随机生产边界法; 捕捞能力; 技术效率

中图分类号: S 937 文献标识码: A

The theory of SPF and its application to fishing capacity

FENG Chun-lei^{1,2}, HUANG Hong-liang², CHEN Xue-zhong²

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, China Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China;
2. Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: It is a linear programming method based on Cobb-Douglas production function to SPF. After getting the estimated value undetermined coefficient, we can try to get the project output, and then we can get the technical efficiency of every input unit. The SPF method was applied to analyze the fishing capacity in Zhejiang in 1996 - 2004. The result showed that the technical efficiency in 2000 is the maximum, approximately 99.9%. After being compared with DEA method, we got the conclusion that both methods can indicate the level of capacity clearly. And the technical inefficient cost should be eliminated when analyzing fishing capacity by SPF method. In addition, with SPF method to calculate fishing capacity, all the input factors should be capitalized excepting labor, in order to improve the accuracy of calculating.

Key words: SPF method; fishing capacity; technical efficiency

以往人们分析含待定系数的生产函数时, 通常采用二元线型回归求得估计值, 从而可建立具体的生产函数。因为样本容量大小不同, 得到的估计值也会不同, 这样的估计值也只能反映大致的投入和产出关系, 或只是反映一种平均意义下的产出量。为了去做较精确的评估, 人们引入了生产边界函数, 又称

收稿日期: 2006-03-23

基金项目: 农业部重点项目: 我国海洋捕捞主要渔具渔调查研究(200401)

作者简介: 冯春雷(1978 -), 男, 硕士研究生, 专业方向为渔具捕捞能力的分析与评估。E-mail: ctfeng@21cn.com

为前沿生产函数的概念^[1]。生产边界函数是用数学规划的方法确定生产函数中的待定系数,获得一种关于投入要素和产出之间在扩展意义上的函数关系。随机生产边界法(Stochastic Production Frontiers, SPF)就是根据随机样本观察值,应用生产边界函数,来对大量样本值作一定的综合评估。该方法最早于1977年由 Aigner、Lovell、Schmidt 等人提出^[2]。起初是用于计算技术效率(Technical efficiency, TE),在经济领域应用比较广泛。后来随着其应用范围的拓展,人们也用它来计算能力(Capacity)和能力利用率(Capacity Utilization)。随着世界各主要渔业国不断地加强渔业管理,对于捕捞能力的控制也日益加强,同时也促进了捕捞能力计算方法的研究。SPF 法是 FAO 推荐的计算捕捞能力的主要方法之一。本文主要是运用 SPF 法分析浙江省近 10 年的海洋捕捞能力情况,并将 SPF 法的计算结果与其他计算方法进行一定的比较,为我国渔业宏观管理提供一些的参考依据。

1 SPF 法理论简介

1.1 SPF 法模型

1.1.1 原始模型

在考虑单投入、单产出的生产方程中,先假设第 j 个投入单元的产出方程为:

$$\ln \hat{y}_j = f(\ln x) - u_j \quad (1)$$

其中 \hat{y} 和 x 为产出和投入观测值, u_j 是第 j 个投入单元的技术无效率的单边误差或称为偏差,其投入产出情况见图 1。

图 1 中“x”表示样本点,根据这些样本点可以回归得到直线 Y_1 。如果把回归直线上方距离最远的点用曲线连接起来,得到曲线 Y_2 。曲线 Y_2 上的点对应的产出都大于或等于实际产出。 Y_2 曲线实际上是 XOY 平面上关于样本点的一条外包络线,下面的点都是生产可能性集合点。当投入因子为两个时,投入和产出可以用生产空间的一个点表示,与平面情况相似,同样存在一个外包络面。这样的包络面有无穷多个,但肯定会有一个外包络面与所有的样本点最接近,这个包络面就是生产空间前沿面,这个前沿面用数学的表达方式就是前沿生产函数,或者称为边界生产函数。

此时,生产的边界水平为:

$$\ln \hat{y}^* = f(\ln x) \quad (2)$$

所以,就可以求得技术效率^[3]:

$$\ln TE = \ln y_j - \ln \hat{y}^* = -u_j \quad (3)$$

即 $TE = e^{-u_j}$ 。不同定义下的 TE 计算值是不一样的,值一般都介于 0 到 1 之间。

1.1.2 捕捞能力计算中的常用模型

运用生产随机边界法对捕捞能力进行评估,假定有劳动力和资本两个投入因子,且生产函数满足 Cobb-Douglas 形式,即:

$$Y_t = AL_t^a K_t^b T_t \quad (4)$$

式中: Y_t 为时间 t 内的总产出, L_t 为时间 t 内的劳动力的量, K_t 为时间 t 内的资本量,而 T_t 为一种技术趋势。实际应用中,在分析截面数据(Cross-section date)时,取(4)式的对数形式。

在计算 Cobb-Douglas 生产边界时,采用如下方程^[4]:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln(L) + \beta_2 \ln(K) + e \quad (5)$$

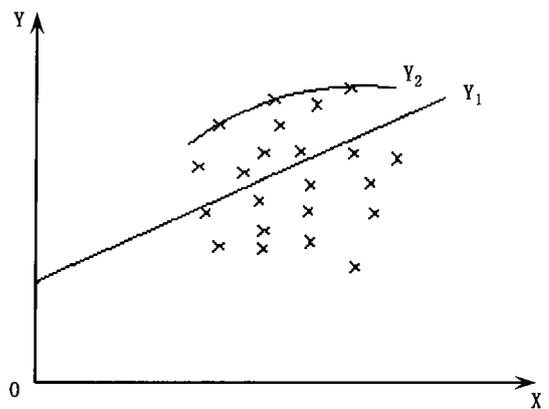


图 1 随机生产函数示意图

Fig. 1 Sketch map of stochastic production function

式中, Y, K, L 分别为产出、资金和劳动力, e 为偏差。值得注意的是, 这是同一时期的数据分布, 因为分析的是截面数据。令 $X_0 = \ln Y, X_1 = \ln L, X_2 = \ln K$, 则(5)式可以转化为线性形式:

$$X_0 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e \quad (6)$$

再令 $X = (1, X_1, X_2)$, $C = (\beta_0, \beta_1, \beta_2)^T$, 则(6)式可写成

$$X_0 = XC + e \quad (7)$$

现在的问题归结为如何根据样本点计算参数矢量 C 的估计值 \hat{C} , 使得产出的估计值大于实际值, 即

$$X\hat{C} \geq X_0 \quad (8)$$

也就是偏差项 e 大于或等于零, 即

$$e = X\hat{C} - X_0 \geq 0 \quad (9)$$

同时还应保证偏差的平方和($e\hat{e}$)为最小, 使前沿面与样本点最接近。因为(9)式中 $e \geq 0$, 所以不必求偏差的平方和最小, 而只求偏差和最小即可, 故问题可简化为一个二次线性规划

$$\min Z = Le$$

$$s. t. X\hat{C} \geq X_0$$

$$\hat{C} \geq 0 \quad (10)$$

式中 $L = (1, 1, \dots, 1)$ 。将 $e = X\hat{C} - X_0$ 代入(10)式, 则目标函数为

$$Z = L(X\hat{C} - X_0) \quad (11)$$

同时由于(11)式中 X_0 为常量, 故可以略去, 则问题可以简化为

$$\min Z = LX\hat{C}$$

$$s. t. X\hat{C} \geq X_0$$

$$\hat{C} \geq 0 \quad (12)$$

据此, 解这个线性规划问题, 就可以得到参数估计值 \hat{C} , 于是就得到一个前沿生产函数。实际中, β_0 的估计值可能为负, 为了保证线性规划问题有可行解, 可令 $X = (-1, X_1, X_2)$, 此时计算出的 β_0 值就为正, 满足线性规划约束条件 $\hat{C} \geq 0$ 。各个投入单元的技术效率就可以根据实际值和估计值的比值确定^[5]。

通常, 技术效率的相对频率分布有三种: 半正态分布, 截正态分布和 e 指数分布^[6]。

1.2 SPF 法应用说明

通过生产边界函数, 可以计算出各投入单元的能力产出, 进而可以得到投入单元的技术效率。在捕捞能力中, 该技术效率又表示为能力利用度。在预测整条生产利用度边界时, 必须对投入进行区分。投入包括能力基础部分(通常为资本投入)和可变部分(通常以“天”来计算, 或者是可变的努力量)。如果能力是根据资本投入来定义的, 则相应的产出和努力量可作为能力利用度的指标, 即用实际产出和努力量偏离它们边界线的水平来反映能力利用度^[7]。

如果假设可变投入以作业天数或小时计, 预计基于可变投入与潜在产出量无“约束关系”, 也就是把这个变量除去对边界的预计没有影响, 生产可能性边界只受到生产中的固定投入影响。尤其是对于那些固定投入的单位捕捞产量比较大的观察试验, 这种假设就更加具有说服力。此时的技术效率就等于技术有效的能力利用度(Technically efficient capacity utilization)。它反映了如果所有固定投入能够有效利用并且产出能够完全被观测出的话, 潜在能力产出就可以被完全发挥。

基于渔民的随机生产边界预测至今只进行过有限的尝试。这些尝试通常只是对效率的预测而非能力的预测。最近, Kirkley 等人也采用 SPF 法对渔民的随机生产边界进行了预测评估^[8], 但同样面临了一些问题, 主要就是投入单位的效率是否完全发挥, 以及其他可变投入对产出的贡献度等。实际上, 由于以渔民和渔船为投入因子分析其生产边界有一定的优势, 主要是因为投入和产出可以基本量化。运用 SPF 法分析捕捞能力时, 假设除劳动力和船数为可变投入, 其他投入被完全利用且产出不变, 这样得出的结果能客观地反映捕捞能力问题。

运用 SPF 法计算能力,目前常用的处理软件有 FRONT 和 LIMDEP。使用也相对比较方便。

2 SPF 法在捕捞能力计算中的应用和比较

2.1 用 SPF 计算捕捞能力

作为一种宏观分析方法,本文假设在分析时间段内浙江省海洋捕捞各作业方式分布不变。根据浙江省 1996-2004 年的海洋渔业生产统计,笔者以海洋捕捞专业劳动力和海洋机动渔船数为投入因子,海洋捕捞渔获量为产出因子。根据数学规划模型,即(12)式,先用 Excel 求出各年份投入和产出的对数值,然后运用 Tim Coelli 编写的 FRONTIER 4.1 软件计算其技术效率 TE,再根据 TE 值计算能力产量。详见表 1。

表 1 1996-2004 年浙江省海洋捕捞能力

Tab. 1 Fishing capacity of Zhejiang Province in the years 1996-2004

年份	实际统计值			生产边界 SPF 法	
	产量(t)	劳动力(人)	渔船数(艘)	TE(%)	能力产量(t)
1996	2 586 026	202 504	40 453	77.3	3 341 970
1997	2 916 892	197 883	39 951	86.7	3 360 481
1998	3 250 899	198 022	40 199	96.8	3 356 857
1999	3 295 223	194 612	39 851	97.7	3 370 468
2000	3 357 678	199 607	39 815	99.9	3 357 776
2001	3 293 072	222 642	39 161	99.4	3 310 195
2002	3 241 799	215 955	37 229	96.7	3 352 314
2003	3 141 511	215 319	36 649	93.4	3 362 109
2004	3 220 358	199 078	35 047	93.9	3 427 018

在用 FRONT 4.1 计算 TE 值时,模型选择是 TE EFFECTS 模型,由产出方向评估。 β 值分别为: $\beta_0 = 18.5727, \beta_1 = -0.1545, \beta_2 = -0.1568$ 。

从计算结果看,1996-2004 年浙江省海洋捕捞的技术效率(TE)呈一个峰形走势,即由低到高,再由高到低。1996 年技术效率最低。分析原因可能是前期的渔船设备和渔具渔法相对落后,船员的作业水平相对较低。但随着设备的更新,大马力渔船的投入使用,渔民对设备、渔具渔法掌握程度的不断提高,技术效率逐年增加,2000 年达到最大值 99.9%。

2000 年到 2004 年,浙江省海洋捕捞效率又出现下降趋势,主要原因是资源量的衰退。虽然技术和设备仍在不断地发展,但由于我国沿海渔业资源几乎每年都处于过度开发状态,再加上捕捞劳动力又有所增加,导致固有的设备和一些其他投入未能发挥其最大的产出效率。从另一方面说明渔业投入过大,造成生产资料浪费。应该加大渔业管理力度,进一步贯彻实行“减船转产”,降低近海捕捞压力,恢复我国近海渔业资源。

虽然波峰是出现在 2000 年,但 2004 年的效率仍然比 1996 年高出近 16 个百分点。原因可能是虽然渔业资源在衰退,但是技术的进步速度以及设备的更新速度快于资源的衰退速度,所以才出现投入单元的利用率仍然比早年来得高。不过,要注意的是,虽然相对利用率提高了,但同时捕捞对资源环境的破坏却在不断加大。

2.2 SPF 法和其他方法的比较

目前,计算捕捞能力的方法主要有三种^[9,10]:峰值法(Peak-to-Peak, PTP)、数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)、随机生产边界法(SPF)。

利用表 2 的数据,用 DEA 法计算浙江省的捕捞能力,运用 Tim Coelli 编写的 DEAP Version 2.1 软件,松弛量处理采用多步法^[11]。经过多年的发展,技术、设备的不断进步和更新,整个浙江省的海洋渔业很难保持着一个规模收益不变的发展情况,所以在用 DEA 法计算时,假定规模收益不为常数

(Variable returns to scale, VRS)。由于 PTP 法是分析规模收益为常数的生产情况^[12],根据计算,发现浙江省 1996 - 2004 年的海洋渔业投入和产出比例不为常数,所以无法与 PTP 法进行比较。SPF 法和 DEA 法计算的理论规划值比较见图 2。

从图 2 可以看出,SPF 法和 DEA 法的计算结果非常相近。在 1996 年和 1997 年间,无论是 SPF 法,还是 DEA 法,其理论值都比实际值要高。原因上文也作过分析。1997 - 2001 年,理论产出和实际产出几乎吻合,说明在这几年浙江省海洋捕捞的投入相对合理,生产投入浪费较少。但随后几年理论值与实际值又发生了偏差,一是反映投入的不尽合理,各个投入单位未发挥最大作用,其次就是说明资源量下降,投入成本的增加并未使产出成正比例上升。

DEA 法也是一种基于理论规划模型的数学方法,在考察的数据列中,以投入产出比最好的一年效率确定为 100%,然后分析其他投入的技术效率情况^[13]。根据其本身的特点,相对 SPF 法,DEA 法有一定的优势,它可以分析多(单)投入、多(单)产出的效率,并且只要合理选取一定量的投入、产出因子,进行效率估算简单方便,且准确性随数据等级提高而提高^[14]。但 DEA 法的不足之处在于其容易受到异常数据的影响,同时由于该方法是一种评价相对有效性的方法,其结果是各个决策单元的相对水平,不能完全等同于真实情况。

SPF 法经济分析的成分较多一点,它是一种基于生产函数和统计分析的基础上对投入单元利用效率的分析手段。任何一种生产活动,都由投入和产出两块,而投入可以分为资本投入和人员投入,这当中,产出和资本投入都是可以用货币表示的,所以 SPF 法的优势就在于参数少,分析问题直观、实际。

3 结语

SPF 法和 DEA 法一样,也是目前国际上比较推崇的一种新兴的计算捕捞能力的方法^[15]。运用该方法评估我国海洋的捕捞能力时,理论上按照其原始的生产方程要求,将投入分为资本投入和劳动力投入。目前对于投入的界定一般都是用渔船和劳动力,所以在这一层面上,本文仅能假设其他投入因素为技术无效率成分。但是在今后的研究中,除劳动力外,应尽可能将所有的投入货币化,这样就能更准确的说明各个时期、各研究对象的捕捞能力。

由于“能力”的动态性和短期性特点,在实际分析问题,往往会忽略未考虑因素的产出水平,因而理论计算的捕捞能力值会偏低。联系我国近海海洋捕捞的现状,在出现捕捞能力利用度相对较低的时候,应该调整作业结构,提高投入的利用率,避免不必要的浪费。捕捞能力的研究在我国才刚刚开始,在分析评估时往往缺乏系统性和针对性,评估的结果与实际难免会出现一些误差,有待今后研究中进一步完善和提高。同时应根据不同渔具渔法的特点,深入开展研究工作,为渔业研究和管理提供必要的科学数据和参考依据。

参考文献:

- [1] 胡运权. 运筹学教程[M]. 清华大学出版社. 2003:40 - 65.
- [2] Aigner D, Lovell C A K, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. *Econometrics*, 1977, 6: 21 - 37.
- [3] FAO. Measuring and assessing capacity in fisheries [R]// Rome: FAO Fish Rep, 2003: 95 - 111.
- [4] Tim Coelli. A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. A Guide to FRONTIER Version 4.1[J]. CEPA Working Paper, 1996, 8(7):15 - 17.
- [5] 姚德民,李汉铃. 系统工程实用教程[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1997. 213 - 215.

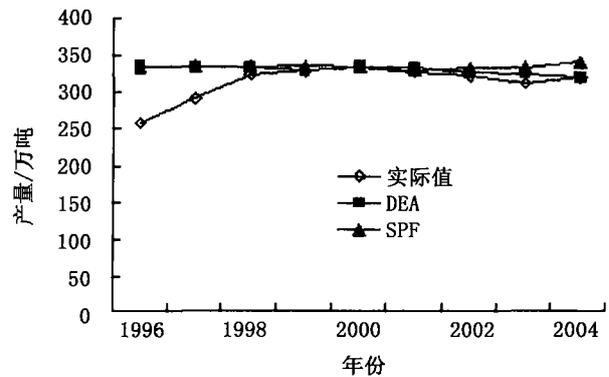


图 2 SPF 法与 DEA 法理论产量

Fig. 2 Projected yields of SPF and DEA method

- [6] Battese G E, Coelli T J. Frontier Production Function, technical efficiency and panel data: with application to Paddy Farmers in India [J]. *Productive, Anal*, 1992, (3): 153 - 169.
- [7] Greene W H. Frontier production functions [J]. *Econ*, 1993, (20): 7 - 15.
- [8] Kirkley J E, Färe R., Grosskopf S, *et al.* Assessing capacity and capacity utilization in fisheries when data are limited [J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 2001, 21:482 - 497.
- [9] 周应祺,陈新军,张相国. 有关捕捞能力量化统计方法的探讨[J]. *上海水产大学学报*,2002,(2):119 - 124.
- [10] 周应祺,郑奕. 捕捞能力及其计量[J]. *上海水产大学学报*,2002,(1):84 - 88.
- [11] Coelli T J. Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement[J]. *Austr J Agric Econ*, 1995, 39(3): 219 - 245.
- [12] 郑奕,周应祺. PTP 法在我国海洋渔业中的应用[J]. *上海水产大学学报*,2002,(2):154 - 159.
- [13] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社, 2004:1 - 58.
- [14] 郑奕,周应祺. DEA 理论及其在我国海洋渔业中的应用[J]. *上海水产大学学报*,2002,(1):37 - 42.
- [15] FAO. Report of the technical working group on the management of fishing capacity[R]//Rome: FAO Fish Rep, 1998: 2 - 5.

《上海水产大学学报》 文献计量指标统计(2002 - 2005)年度

指标	中国科技期刊引证报告 (中国科技信息所)			
	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
总被引频次	94	149	200	291
影响因子	0.160	0.217	0.287	0.368
即年指标	0.013	0.013	0.013	0.057
他引总引比	0.83	0.80	0.88	0.86
引用刊数	38	47	68	80
扩散因子	40.4	31.5	34	27.49
被引半衰期	3.75	4.69	5.1	5.0
来源文献量	80	77	75	88
参考文献量	911	954	909	1509
平均引文数	11.39	12.39	12.12	17.15
平均作者数	3.25	3.62	3.36	3.32
地区分布数	10	12	9	8
机构数	25	16	19	20
基金论文比	0.30	0.65	0.65	0.92