

邢丽荣,徐翔,林连升.江苏省水产养殖技术效率与影响因素分析[J].江苏农业科学,2014,42(10):457-460.

江苏省水产养殖技术效率与影响因素分析

邢丽荣^{1,2},徐翔²,林连升³

(1. 山东理工大学商学院,山东淄博 255049; 2. 南京农业大学经济管理学院,江苏南京 210095; 3. 中国水产科学研究院,北京 100039)

摘要:基于江苏省池塘养殖户的调研数据,运用2阶段DEA模型和Tobit模型评价水产养殖技术效率,分析养殖户的经营要素、个体因素以及外部政策对技术效率的影响。结果显示:水产养殖技术效率有较大的提升空间;外部政策的3个变量中,技术培训和农机补贴政策对综合技术效率具有显著的正向影响;技术培训、加入合作社和农机补贴对纯技术效率具有显著的正向影响。在其他因素中,养殖户性别、受教育程度和养殖面积对纯技术效率具有显著的正向影响;而鱼药和水面租金对技术效率具有负向影响。因此,要提高水产养殖经济效益应充分发挥利用政府和合作社的组织功能,加强水产养殖户的技术教育与培训,扩大农机补贴政策的力度和范围,促进水产养殖的机械化发展。

关键词:水产养殖;技术效率;农机补贴;技术培训;DEA-Tobit模型

中图分类号: F326.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0457-04

水产养殖是世界上增长最快的食品生产部门之一,是可持续水产品供给的重要来源,缓解了水产品消费不断增长对渔业部门的压力,补充了国家的食物供给,加强了人们的营养。大力发展水产养殖可以提高居民的生活水平,改善渔民收入,缓和贫富差距,降低贫困。自1985年大力发展水产养殖业以来,中国已成为世界上第一水产养殖大国,2011年可养殖面积为674.9万 hm^2 (这里的可养殖面积指的是内陆可养殖面积,数据来源于2012年《中国统计年鉴》),已利用养殖面积572.86万 hm^2 ,水产养殖产量达24 719 338 t,其中池塘养殖面积244.99万 hm^2 ,产量达17 435 044 t,池塘养殖以42.77%的水产养殖面积生产出70.53%的产量(数据来源于2012年《中国农村统计年鉴》),成为水产品最主要的来源。江苏省拥有丰富的水资源,水产养殖产量与产值在国内均占有重要的地位。目前,随着水面资源利用率的不断增加,水产养殖可获资源不断减少,养殖规模空间扩张接近极限,与此同时,人们对水产品的消费需求却在不断增长。在这种情况下,为解决供给与需求之间的矛盾应充分利用现有资源、减少水产养殖的投入,在现有技术条件下实现最大化产出,才能既满足人们的需求,又维持生态平衡和自然环境资源的可持续发展,即通过增加水产养殖产量来满足人们的消费需求。有研究表明,技术进步与技术效率是总产出增长的潜在力量^[1],因为资源缺乏,通过技术改革或技术进步来提高水产养殖的生产效率几乎不可能,所以提升技术效率对提高水产养殖生产效率、增加养殖户收入至关重要^[2],同时技术效率也是水产养殖生产效率提高的快捷方式^[2-5]。

新古典经济学认为,农业生产者能够通过新技术的开发与采纳和原技术的合理运用改变农业投入和产出的水平与类别^[6],而舒尔茨在传统农业生产领域中“有效率但贫困”的假

说^[7]对发展中国家的农业发展政策产生了重大的影响,导致政策的制定者注重价格昂贵的技术进步,忽视较为低廉的提高生产率的方式——通过技术效率改进生产率。“有效率但贫困”的假说须建立在外环境稳定,农户处于持续均衡的状况下,然而在现代农业发展中,由于新技术的不断涌现以及投入要素与产出价格的波动,农户总是处于不均衡的状态中^[8],水产养殖户也是如此,因此“有效率但贫困”的假说前提并不适合现代水产养殖业。在养殖户没有最大化运用现有技术的条件下要增加农业产出、努力提高技术效率比引进新技术更为有效^[2],或者说水产养殖产量增长的决定因素中技术效率的贡献远远大于技术进步或改革创新^[5],与新技术开发相比,提高技术效率的价格更为低廉,且简单易行,对养殖户来说也更容易采纳。在现有技术资源的约束下,养殖户的个体因素特征、政府部门的渔业保险政策、鱼塘的租赁期以及各机构与养殖户之间的经验技术交流均在不同程度上影响着水产养殖技术效率,进而影响水产养殖的产出^[9-14]。

由于水产养殖户个体投入产出差异较大,到目前为止学者们很少对水产养殖的技术效率及其影响因素进行研究,因此本研究以江苏省农户调研数据为例,探讨现阶段水产养殖收益增加的方法——技术效率提升的途径。

1 研究方法 with 数据说明

1.1 研究方法

在技术效率的评价中,需要假设前沿面是既定的;在实际运用中,则需确定该前沿面,常用的确定前沿面的方法主要有参数法和非参数法2种。参数法即随机前沿方法(SFA),以统计方法进行,适用于多投入单产出的大样本量的效率测度,需要设定生产函数的形式,其优点在于能更好地反映出随机因素对生产的影响,并估计每个投入变量对产出变量的影响;非参数法即数据包络分析(DEA),以数学规划方法进行,不受样本量的限制,同时适用于多投入多产出的效率测度,不需要设定生产函数,从而避免函数形式假设错误带来的偏差。这2种方法各有优劣,技术效率的测定结果略有不同,但差异并不大^[15]。水产养殖户为了最大限度地利用现有水域资源,

收稿日期:2013-12-06

基金项目:国家自然科学基金(编号:71273135);中国水产科学研究院本级基本科研业务费专项(编号:2012C018)。

作者简介:邢丽荣(1977—),女,山东文登人,博士研究生,讲师,主要从事农业经济研究。E-mail:xl971@163.com。

同时为保持生态的相对平衡,通常会投入多种鱼苗,因此产出也是多样化的。本研究首先从生产的角度以总产量作为产出指标,分析比较不同投入水平所对应的不同产出水平即投入与产出之间的技术关系;然后评价各类投入要素、养殖户自身特征与政策要素对技术效率的影响。根据多要素投入和产出条件与样本量的约束可知,数据包络分析更适用于水产养殖技术效率的评价。

1.1.1 数据包络分析 Charnes 等提出的 DEA 模型^[15]建立在有效决策单元的基础上,假设前提为尽可能减少投入而扩大产出,该模型是在假定规模报酬不变的前提下测算包含规模效率在内的综合效率,因此也称规模报酬不变(CRS)模型。假设有 n 个决策单元(DMU),每个 DMU 都有 m 种投入和 s 种产出, x_{ij} 表示第 j 个 DMU 的第 i 种投入总量, y_{rj} 表示第 j 个 DMU 的第 r 种产出总量 ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), 各 DMU 的投入与产出可用向量表示为 $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})^T$; $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})^T$, 其中,变量数值严格界定为非负值,依据 Banker 等的 DEA 方法^[16]构建产出导向的 CRS 数学规划模型:

$$\min_{\mu, \nu} f_0(\nu) = \sum_{i=1}^m x_{i0} \nu_i,$$

$$\begin{cases} -\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r + \sum_{i=1}^m x_{ij} \nu_i \geq 0, (i=1, 2, \dots, n) \\ \sum_{r=1}^s y_{r0} \mu_r = 1 \\ \mu_r \geq \varepsilon (r=1, 2, \dots, s) \\ \nu_i \geq \varepsilon (i=1, 2, \dots, m) \end{cases} .$$

式中: μ_r 和 ν_i 分别为非负数,表示投入和产出的权重; ε 为非阿基米德常数,无限小^[17]。其对偶方程为:

$$\max_{\varphi, \lambda, s^-, s^+} q_0(\varphi, s^-, s^+) = \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right),$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \varphi r_{i0} - \sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j + s_r^+ = 0 (r=1, 2, \dots, s) \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0} (i=1, 2, \dots, m) \\ (\text{DMU 权重}) \lambda_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, n) \\ (\text{主出松弛变量}) s_r^+ \geq 0 (r=1, 2, \dots, s) \\ (\text{投入松弛变量}) s_i^- \geq 0 (i=1, 2, \dots, m) \end{cases} .$$

当且仅当 $\varphi_0^0 = 1, s_r^+ = s_i^- = 0$ 时, DMU 有效;当 $\varphi_0^0 = 1, s_r^+, s_i^-$ 不同时为 0 时, DMU 弱有效。当满足条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, 上述模型

为 VRS 模型。

1.1.2 Tobit 回归分析 水产养殖技术效率的影响因素不仅包括养殖的生产要素(PE)如机械(M)、劳动(L)、饲料(F)、肥料(Fz)、鱼药(Dg)、养殖面积(Sq)、水面租赁期(Ry)、水面租金(Rm)等,还包括养殖户的个体特征(PC)如性别(Ge)、年龄(Ag)、受教育程度(Ed)、养殖经验(Ex)以及外部环境变量(EV)如技术培训(Tr)、合作社组织(Or)、农机补贴(Sy)等。由于技术效率的测算结果介于 0~1 之间,因此本研究采用 Tobit 回归分析水产养殖技术效率的影响因素,其影响因素的 Tobit 回归模型可以为:

$$TE_i = \delta_0 + \delta_1 PE_i + \delta_2 PC_i + \delta_3 EV_i + \varepsilon; \quad (1)$$

$$\delta_1 PE = \delta_1 M_i + \delta_2 L_i + \delta_3 F_i + \delta_4 Fz_i + \delta_5 Dg_i + \delta_6 Sq_i + \delta_7 Ry_i + \delta_8 Rm_i; \quad (2)$$

$$\delta_2 PC_i = \delta_9 Ag_i + \delta_{10} Ex_i + \delta_{11} Ed_i + \delta_{12} Ge_i; \quad (3)$$

$$\delta_3 EV_i = \delta_{13} Tr_i + \delta_{14} Or_i + \delta_{15} Sy_i . \quad (4)$$

将式(2)、式(3)、式(4)带入式(1)中得到:

$$TE_i = \delta_0 + \delta_1 M_i + \delta_2 L_i + \delta_3 F_i + \delta_4 Fz_i + \delta_5 Dg_i + \delta_6 Sq_i + \delta_7 Ry_i + \delta_8 Rm_i + \delta_9 Ag_i + \delta_{10} Ex_i + \delta_{11} Ed_i + \delta_{12} Ge_i + \delta_{13} Tr_i + \delta_{14} Or_i + \delta_{15} Sy_i + \varepsilon . \quad (5)$$

式(5)为水产养殖技术效率影响因素分析函数,其中 i 为池塘养殖户的样本数,表示第 i 个水产养殖户的技术效率水平, $\delta_0 \sim \delta_{15}$ 为待估参数, δ_0 为截距项。

1.2 数据说明

本研究采用的数据来自 2012 年对江苏南京浦口、秣陵、汤泉、江宁、溧水、镇江丹徒等地池塘养殖的问卷调查,其中有效问卷 155 份。江苏省池塘养殖主要采用混养模式,养殖户所养殖的品种不完全相同,主要品种包括罗非鱼、草鱼、鲫鱼、鲢鱼、青鱼、淡水白鲳、鳊鱼和鲤鱼等。

基于实地调研数据,本研究采用总产量作为产出指标和 8 个投入指标测算江苏省池塘养殖投入产出技术关系;由于不同的销售模式导致水产品的销售价格差异较大,为了避免价格差异对技术效率产生偏差,产出指标为总产量(kg);投入指标分别为饲料投入(元)、鱼苗总投入(元)、人工投入[包括雇佣工人和养殖户等所有的人工投入(h)]、养殖面积(km²)、机械投入(元)、肥料投入(元)、鱼药投入(元)、水电和机械维修费用(元)。

表 1 江苏省池塘养殖投入与产出情况

要素	平均值	标准差	最小值	最大值
饲料(元)	95 142.06	77 921.59	2 800.00	442 000.00
鱼苗(元)	49 319.43	52 230.65	674.00	292 960.00
人工(h)	2 875.61	2 707.20	520.00	20 480.00
养殖面积(km ²)	18.02	15.97	0.67	106.72
机械(元)	12 153.59	28 212.05	0	200 000.00
肥料(元)	2 190.54	9 283.54	0	80 000.00
鱼药(元)	4 110.69	4 460.38	0	30 000.00
水电与机械维修(元)	7 632.38	10 563.27	0	67 755.00
产出值(kg)	29 521.15	30 012.45	350.00	152 500.00

注:数据来源于实地调研;n=155 户。

在技术效率的影响因素分析中,机械采用设备的总支出(元),劳动采用人工小时数,饲料、肥料、鱼药、租金采用实际支出,养殖面积为养殖户的总养殖面积,池塘租赁期为合同签

约年限,养殖经验为养殖户实际从事水产养殖的年限,受教育程度采用实际接受教育的年限,年龄采用调研时养殖户的实际年龄作为投入变量。以上的投入变量均采用取对数后的

值,这是因为技术效率值介于0~1之间,而上述的原始值与技术效率相差过大,不易分析其影响程度,采用对数形式可减少其波动幅度,且不会改变其波动方向,可以更明晰表明这些因素对养殖户技术效率的影响。养殖户性别、培训、加入合作社和补贴政策均采用虚拟变量:性别中女=0,男=1;无政府补贴=0,有政府补贴=1;没有参加合作社=0,加入合作社=1;没有接受过培训=0,接受过培训=1。

2 实证分析与结果

2.1 技术效率实证结果

如表2、表3所示,以产出最大化为导向的DEA模型运行的结果显示155个养殖户中,在规模报酬可变条件下,养殖户的综合技术效率均值为0.660。其中,69户综合技术效率低于0.60,占44.5%;48户处于0.60~0.89之间,占调研样本的31.0%,9户在0.90~0.99之间,占5.8%;余下29户的综合技术效率为1.00。综合技术效率分为纯技术效率与规模效率,纯技术效率平均为0.695,其中58户纯技术效率低于0.60,占37.4%;48户介于0.60~0.89之间,占31.0%;9户处于0.90~0.99之间;余下40户则达到技术完全有效。养殖户的规模效率平均较高,为0.951,仅有1户规模效率低于0.60,18户介于0.60~0.89之间,而余下136户即87.7%的养殖户规模效率高于或等于0.90;其中36户已经达到规模报酬不变状态,39户处于规模报酬递减状态,其余80户处于规模报酬递增状态。由此可见,无论从综合技术效率还是从纯技术效率的角度看,江苏省池塘养殖户的提升空间很大,分别为0.340和0.305。

表2 水产养殖的技术效率范围描述

技术效率	综合技术效率		纯技术效率		规模效率	
	户数 (户)	占比 (%)	户数 (户)	占比 (%)	户数 (户)	占比 (%)
1.00	29	18.7	40	25.8	34	21.9
0.90~0.99	34	5.8	9	5.8	102	65.8
0.60~0.89	48	31.0	48	31.0	18	11.6
0.60以下	69	44.5	58	37.4	1	0.6
合计	155		155		155	

表3 产出导向的技术效率统计结果

技术效率类型	平均值	标准差	最小值	最大值
综合技术效率	0.660	0.260	0.050	1.000
纯技术效率	0.695	0.264	0.052	1.000
规模效率	0.951	0.091	0.306	1.000

基于带有松弛变量的产出最大化导向 C^2R 模型,当 $\theta^* = 1$ 时,养殖户为技术弱有效;只有在 $\theta^* = 1$ 且 $S^{*-} = 0$ 、 $S^{*+} = 0$ 时,水产养殖户才是技术有效的。结果显示,155户中有4户为技术弱有效,40户为技术有效;其余111户技术效率均有不同程度的改进空间。要素投入存在不同程度过量现象,尽管只有29户存在肥料投入过量,但是过量程度最高,达50.36%;其次是鱼苗投入过量,达92.75%,大多数养殖户存在着饲料和鱼药投入过量,过量幅度相对较低,为43.19%和56.34%;尽管养殖户的规模效率高达0.951,但仍有52户未充分利用现有养殖面积,可提升利用空间率为39.80%。由于要素投入过量导致产出不足,每户平均不足量为

16 790.95 kg,比例达40.42%,结果如表4所示。

表4 技术非有效养殖户要素投入的松弛量描述

要素	户数	平均松弛量	理想投入量	投入过多或产出减少的量(%)
饲料	60	35 207.47	81 513	43.19
鱼苗	34	38 009.02	40 982	92.75
人工	47	1 512.32	2 417	62.57
养殖面积	52	6.33	16	39.80
机械	48	6 102.36	10 264	59.46
肥料	29	2 570.55	1 710	150.36
鱼药	58	1 912.86	3 395	56.34
水电与机械维修	53	4 871.38	5 967	81.64
产出	111	-16 790.95	41 546	-40.42

2.2 Tobit 分析结果

弗兰克·艾利思认为,如果农民在现有技术的约束内是有效率的,那么农业经济政策所要做的仅仅是大规模地改变农民的生产技术;如果农民技术无效率,则农民教育和农业技术推广起主要作用^[6]。本试验在研究水产养殖技术效率时,不仅考虑了养殖户的生产经营因素和个体因素,还重点考察了外部政策变量如技术推广、合作社组织以及政府的农机补贴政策对综合技术效率和纯技术效率的影响,结果见表5。

表5 综合技术效率与纯技术效率影响因素Tobit回归结果

影响因素	综合技术效率		纯技术效率	
	相关系数	t	相关系数	t
机械	0.017 7	0.60	0.027 7	0.84
劳动	-0.036 3	-0.84	-0.079 5	-1.62
饲料	-0.003 8	-0.07	-0.015 0	-0.25
肥料	-0.007 0	-1.05	-0.008 2	-1.11
鱼药	-0.075 2***	-3.07	-0.084 7**	-2.95
面积	0.163 3*	2.46	0.202 9***	2.69
租期	0.002 5	0.10	0.001 3	0.05
租金	-0.083 2**	-2.24	-0.121 2**	-2.91
教育	0.113 2	1.30	0.162 3*	1.66
年龄	0.131 0	0.74	0.196 7	1.00
经验	-0.048 5	-1.35	-0.047 6	-1.18
性别	0.214 7***	3.76	0.191 0**	3.03
技术培训	0.108 4*	2.08	0.096 4*	1.66
合作社	0.085 0	1.48	0.113 5*	1.78
农机补贴	0.124 0*	2.61	0.121 2*	2.29
常数项	0.041 1	0.05	-0.149 7	-0.17

注:“*”“**”“***”分别表示在10%、5%、1%的水平上差异显著。其中,综合技术效率、纯技术效率的P均为0,R²为0.662 9、0.475 8。

水产养殖综合技术效率的影响因素中,机械、租期、养殖户受教育程度、年龄和参加合作社的影响方向为正,但并不显著,说明这些因素对水产养殖综合技术效率的提升有着潜在的促进作用。性别的影响显著为正,表明男性在水产养殖中更具有优势。养殖面积、技术培训和政府的农机补贴政策的影响均在10%的水平上显著为正,显示扩大养殖面积、增加养殖户的技术培训以及增加政府的农机补贴力度和范围能显著提高水产养殖的综合技术效率。

渔药投入对综合技术效率的影响在1%的水平上显著为负,说明渔药的过量投入导致综合技术效率下降。水面租金反映养殖区域的水质以及地理位置、交通等外在因素的综合状况,水面租金对技术效率的影响在5%的水平上显著为负,

即水面租金越高,综合技术效率越低,说明租金越高,养殖户为了涵盖成本,追求高产导致要素的过量投入,实际上不仅没有通过技术效率提高产出,反而进一步提高了要素成本和降低了综合技术效率。劳动、饲料和肥料对养殖的技术效率影响方向为负,但并不显著。劳动、饲料和肥料投入过量导致其对综合技术效率的影响为负;养殖经验的影响为负,说明有经验的养殖户更愿意根据自己的经验进行养殖,而不愿意接受技术培训和指导,导致常年积累的技术知识老化,从而造成对综合技术效率的负向影响。

与综合技术效率相比,所有要素对纯技术效率的影响方向没有发生任何改变,改变的是各要素对纯技术效率的影响程度。养殖面积对纯技术效率的影响程度更大,在1%的水平上显著;渔药和水面租金对纯技术效率的影响在5%的水平上显著为负,说明水产养殖在实践中确实存在渔药过量投放的现象;而水面租金的减少能够大幅度提升纯技术效率;加入合作社和农机补贴对纯技术效率的影响在10%的水平上显著为正。

无论从综合技术效率的角度还是纯技术效率的角度,养殖面积、性别、技术培训以及农机补贴的影响显著为正,这也验证了农民技术交流、接受技术培训和农机补贴对技术效率的提升具有重要的作用,合作社是技术交流的重要途径之一,有助于显著提升纯技术效率。

3 结论

本研究在调查水产养殖户的基础上分别运用2阶段DEA模型和Tobit模型重点分析水产养殖技术效率的影响因素与影响程度。实证结果表明,目前水产养殖中综合技术效率均值仅为0.660,纯技术效率均值为0.695,技术效率损失分别为34.0%、30.5%。

3.1 水产养殖户自身应注重提升技术

鉴于水产养殖综合技术效率和纯技术效率的提升空间较大,对农户来说,通过提升技术效率就可提高产出,其成本低、见效快。同时,在水产养殖技术上为了提高产出,71%的农户存在不同程度的投入要素过量导致的产出不足。要素投入过量,提高了成本,降低了产出与收益,同时恶化了环境。实证结果也表明,只要养殖户重视技术,掌握技术,寻求技术效率的提升途径,科学合理地搭配各投入要素,就可以在降低成本的同时增加产出,进而增加收益。

3.2 充分发挥合作社的功能

合作社将地域临近的养殖户组织起来,为水产养殖户之间的技术交流提供了便利,为养殖技术的扩散与传播提供了便捷,加入合作社的养殖户在这种氛围的熏陶下更关注技术,能够显著提高技术效率。此外,合作社还是政府与养殖户之间进行沟通的纽带之一。政府的相关技术培训、政策内容和导向通过合作社进行传递,可以让更多的养殖户受益,且更容易被养殖户接受。另外,除了技术交流、政策沟通的功能外,合作社还具有促进竞争的功能。合作社内部养殖户之间的竞争以及合作社成员与非合作社成员之间的良性竞争,都可以促进养殖户减少要素投入、提升技术效率,进而提高产出。

3.3 政府制定的农业政策与政策导向至关重要

政府的政策支持与指引即本研究中的外部环境变量对水

产养殖技术效率的显著正向影响已经得到验证。因此,要提高水产养殖户的技术效率,政府首先要加大宣传力度与技术培训力度,如通过合作社接受免费的技术培训让养殖户意识到减少相关要素投入可以节约成本并可提高产出,进而调动养殖户提高技术效率的积极性,对要素投入进行合理搭配。此外,政府加大农机补贴的范围与力度也会促进水产养殖业的机械化发展,进而扩张养殖规模,提高水产养殖技术效率。

参考文献:

- [1] Bravo - Ureta B, Pinheiro E B. Efficiency analysis of developing country agriculture; a review of the frontier function literature[J]. *Agricultural and Resource Economics Review*, 1993, 22(1): 88 - 101.
- [2] Belbasek K, Grabowski R. Technical efficiency in Nepalese agriculture[J]. *Journal of Development Area*, 1985, 19: 515 - 525.
- [3] Hannesson R. Bio - economic production function in fisheries[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1983, 40: 968 - 982.
- [4] Färe R, Grosskopf S, Lovell C A K. *production frontiers*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 11 - 134.
- [5] Hassanpour B, Ismail M M, Mohamed Z, et al. Factors affecting technical change of productivity growth in rainbow trout aquaculture in Iran[J]. *African Journal of Agricultural Research*, 2011, 6(10): 2260 - 2272.
- [6] 弗兰克·艾利思. 农民经济学——农民家庭农业和农业发展[M]. 胡景北, 译. 上海: 上海人民出版社, 2006: 88.
- [7] 西奥多·舒尔茨. 改造传统农业[M]. 梁小民, 译. 北京: 商务印书馆, 2006: 33.
- [8] Ali M, Chaudhary M A. Inter - regional farm efficiency in Pakistan Punjab; a frontier production function study[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 1990, 41: 62 - 74.
- [9] Seini A W, Nyanteng V K, Owusu K. Fish and food security in Ghana[R]. Ghana: The Food and Agriculture Organisation of the United Nations Africa Regional Office Accra, 2002.
- [10] Onumah E E, Brümmer B, Hörstgen - Schwark G. Elements which delimitate technical efficiency of fish farm in Ghana[J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2010, 41(4): 506 - 518.
- [11] Asche F, Bjørndal T. Productivity growth and technological change, in the economics of salmon aquaculture[M]. Oxford: Wiley - Blackwell, 2011.
- [12] Paraguas, F J, Dey M. Aquaculture productivity convergence in India; a spatial econometric perspective[J]. *Agricultural Economics Research Review*, 2006, 19: 121 - 134.
- [13] Vassdal T, Holst H M. Technical progress and regress in norwegian salmon farming; a malmquist index approach[J]. *Marine Resource Economics*, 2011, 26(4): 329 - 341.
- [14] Lee J Y. Comparing SFA and DEA methods on measuring production efficiency for forest and paper companies[J]. *Forest Products Journal*, 2005, 55(7/8): 51 - 56.
- [15] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision - making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1979, 3(4): 339.
- [16] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. *Management Science*, 1984, 30(9): 1078 - 1092.
- [17] Ali A I, Seiford L. Translation invariance in data envelopment analysis[J]. *Operations Research Letters*, 1990(9): 403 - 405.