

以資料包絡法評估文蛤養殖生產技術效率

郭仁杰^{1*}·陳清春²·林明男³

¹行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心台西試驗場

²國立台灣海洋大學 應用經濟研究所

³行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心

摘 要

本研究使用 2000 ~ 2003 年「中華民國台灣地區沿海及養殖漁戶經濟調查報告」中，對文蛤 (*Meretrix lusoria*) 養殖戶之生產調查原始資料，利用資料包絡法，探討文蛤養殖產業生產技術效率，並分析導致養殖技術缺乏效率之因子，再利用 Tobit 迴歸分析方法，瞭解影響文蛤養殖經營效率的各項因素，以提出改善策略。

資料包絡法實證結果顯示，台灣地區文蛤養殖規模報酬屬規模遞減，各年間文蛤養殖技術效率平均值為 0.5606，以彰化地區養殖技術效率較高。另，其高低與經營者之學歷與文蛤放養密度成正比。因此，本研究建議文蛤養殖經營應適度提高放養密度，但養殖規模不宜擴大，俾利達到提升文蛤養殖產業競爭力之目標。

關鍵詞：文蛤、技術效率、資料包絡法

前 言

自 1992 年起，文蛤 (*Meretrix lusoria*) 的年產量一直位居我國內陸養殖漁業的前十名，其重要性僅次於吳郭魚類與虱目魚。惟自 2001 年底開始，受國內經濟景氣不佳和進口或非法走私之貝類產品的影響，蛤價持續低落，迄今尚未好轉，本產業也因而遭遇到前所未有的衝擊。

分析造成文蛤價格低落的原因，除了受市場供需影響之外，業者生產之文蛤品質無法使消費者認同也是主要因素之一。由於文蛤的殼重佔產品比率極高，消費者所購買之文蛤，若肥滿度不佳或者有殼內含砂情況，都會影響其價格及銷售量。因此，探討文蛤生產技術效率，並積極尋求改善策略，將可增加優質文蛤的產量，生產符合消費者需求的產品。

有關文蛤的研究，以往都偏重在養殖技術與

管理方面探討。相較之下，對於經濟層面的分析則著墨較少 (曾等, 1988; 吳等, 1993; 郭, 2002)，文蛤生產技術效率分析的報告更尚付闕如。技術效率的觀念，已被廣泛的應用於國內商業、工業或農漁業領域的產業發展研究 (李與李, 1996; 謝, 1997; 劉等, 1997; 張與賴, 1999; 李, 2000; 楊等, 2000; 黃與李, 2001; 彭與鄭, 2002)。然針對水產養殖產業技術效率之研究則較少且大多採用隨機性生產邊界法 (Stochastic Production Frontier) 進行 (Lee and Lee, 1995; 黃與王, 1997; 黃, 2000; 余, 2001; 陳與溫, 2001; 陳等, 2001)，較少利用資料包絡法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 分析養殖產業生產技術效率的變化 (陳, 2003)。

綜合上述，本研究擬利用資料包絡法分析文蛤養殖產業生產技術效率，以探討文蛤養殖產業改進技術效率與提升生產之各項可行方案。

資料來源與理論模型說明

一、資料來源

*通訊作者 / 雲林縣台西鄉中央路 271 號, TEL: (05) 698 - 2921; FAX: (05)698-3158; E-mail: kuo540816@yahoo.com.tw

本研究利用生產經濟各項基本統計數據，以資料包絡法進行台灣地區文蛤養殖主要生產區，包含彰化縣、雲林縣與嘉義縣的生產技術效率評估。研究所用資料是根據 2000～2003 年台灣地區養殖漁戶經濟調查原始資料（由於各年間受訪戶不一定相同，故原始資料並非追蹤資料），經 EXCEL 軟體整理統計，經詳細審核過濾調查原始資料，選取適當樣本共計有效樣本 219 筆（各年間調查戶數分別為 2000 年 50 戶，2001 年 58 戶，2002 年 56 戶，2003 年 55 戶）。另，次級資料包括行政院農業委員會漁業署編印之「中華民國台灣地區漁業年報」及行政院農業委員會編印之「台灣農產物價及成本統計月報」。前者引用資料包含主要縣市分佈、生產量值及養殖面積；後者為文蛤產地批發價格與都市零售價格。

二、理論模型說明

Charnes, Cooper 與 Rhodes (本文以下簡稱 CCR 模式) 在 1978 年將 Farrell 效率評估理論運用在多投入與多產出的情況，並以數學規劃模式求生產邊界，並定名為資料包絡分析法 (Charnes *et al.*, 1978)。DEA 將所有 DMU (decision making unit) 的投入、產出項投射於空間中，客觀的給予所有受評估單位最有利的權數值，以找出最大產出或最小投入的邊界。DEA 對受評估 DMU 之績效評估係基於柏拉圖最適 (pareto optimal) 的假設，對某生產者而言，只要能較其他生產者以更小的生產投入要素資源，產生同樣產出水準，則該生產者即為有效率單位，其效率值為 1 (即落在邊界上的 DMU)。若違反柏拉圖最適的假設，則 DEA 評定其為無效率單位，其效率值小於 1 (即不在邊界上的 DMU)。

由於 DEA 並未預設各項投入與產出的關係，而是經由相對比較之觀念，決定各 DMU 效率值。因此，DEA 不但能找出各 DMU 的效率值，還能指出各 DMU 應該如何調整其投入與產出項之組合，以便達到較高效率的經營。

(一) CCR 模式理論模型設定

假設有 l 個生產者，每個生產者使用 m 種投入 $X_j (j=1, 2, \dots, m)$ ，來生產 n 種產出 $Y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。

則在投入導向下第 k 個生產者之技術效率可根據式 1 來衡量：

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k &= \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i Y_{ik}}{\sum_{j=1}^m v_j X_{jk}} \\ \text{s.t. } \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i Y_{ik}}{\sum_{j=1}^m v_j X_{jk}} &\leq 1 \quad \forall k = 1, 2, \dots, l \\ \mu_i &\geq 0, \quad v_j \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中， k 為第幾家生產者， Y_{ik} 為第 k 家生產者第 i 項產出， X_{jk} 為第 k 家生產者第 j 項投入，而 μ_i 與 v_j 則分別代表第 i 項產出及第 j 項投入之權數， E_k 即為第 k 家生產者之相對技術效率值。

式 1 為資料包絡法的分數型式，但由於此型式並非線性分數規劃，因此不利於求解。為便於運算求解，可將式 1 轉換為式 2 的線性模式。

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k &= \sum_{i=1}^n \mu_i Y_{ik} \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^m v_j X_{jk} &= 1 \\ \sum_{i=1}^n \mu_i Y_{ir} - \sum_{j=1}^m v_j X_{jr} &\leq 0 \\ \mu_i &\geq 0, \quad v_j \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

透過上述轉換，便將原始 DEA 模式轉換為較易運算的線性 DEA 模式，但為進一步簡化運算，更可將原始 DEA 模式，再度轉換為對偶型式 (式 3)，該式即為資料包絡法之 CCR 模式。

$$\begin{aligned} \text{min } \theta_k & \\ \text{s.t. } -Y_{ik} + \sum_{r=1}^l Y_{ir} \lambda_r &\geq 0 \\ \theta_k X_{jk} - \sum_{r=1}^l X_{jr} \lambda_r &\geq 0 \\ \lambda_r &\geq 0 \quad \forall r, r=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (3)$$

其中 θ_k 即第 k 家生產者之相對效率值 (亦即前述之 E_k)， λ_r 則是參考生產者的權重值，其

餘參數定義皆如前述所示。透過 CCR 模式的轉換，使得技術效率值求解更為容易，且不會影響目標函數的最適求解。

另，資料包絡法可依討論層面不同，分為投入導向及產出導向。產出導向之 CCR 模式如式 4，式中應注意的是 ϕ_k 並非相對技術效率值，而是相對技術效率值的倒數，亦即 $\phi_k = 1/\theta_k$ 。

$$\begin{aligned} \text{Max } & \phi_k \\ \text{s.t. } & -\phi_k Y_{ik} + \sum_{r=1}^l Y_{ir} \lambda_r \geq 0 \\ & X_{jk} - \sum_{r=1}^l X_{jr} \lambda_r \geq 0 \\ & \lambda_r \geq 0 \quad \forall r, r=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (4)$$

(二) BCC 模式理論模型設定

Banker, Charnes 及 Cooper 在 1984 年延伸 Farrell 與 CCR 模式 (本文以下簡稱 BCC 模式)，以用於探討有關技術效率、規模效率及規模報酬之問題。由於 Banker *et al.* (1984) 認為生產者的規模報酬並非固定不變，且所有生產者也並不均為最適規模，因此技術效率可再分解成純粹技術效率 (pure technical efficiency, PTE) 與規模效率 (scale efficiency, SE)。

BCC 模式理論模型如下所示：

$$\begin{aligned} \text{min } & \theta_k \\ \text{s.t. } & -Y_{ik} + \sum_{r=1}^l Y_{ir} \lambda_r \geq 0 \\ & \theta_k X_{jk} - \sum_{r=1}^l X_{jr} \lambda_r \geq 0 \\ & \sum_{r=1}^l \lambda_r = 1 \\ & \lambda_r \geq 0 \quad \forall r, r=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (5)$$

產出導向下的 BCC 理論模型，如式 6：

$$\begin{aligned} \text{Max } & \phi_k \\ \text{s.t. } & -\phi_k Y_{ik} + \sum_{r=1}^l Y_{ir} \lambda_r \geq 0 \\ & X_{jk} - \sum_{r=1}^l X_{jr} \lambda_r \geq 0 \\ & \sum_{r=1}^l \lambda_r = 1 \\ & \lambda_r \geq 0 \quad \forall r, r=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (6)$$

BCC 模式尚可延伸為非規模報酬遞增模式，其對偶型式函數如式 7：

$$\begin{aligned} \text{min } & \theta_k \\ \text{s.t. } & -Y_{ik} + \sum_{r=1}^l Y_{ir} \lambda_r \geq 0 \\ & \theta_k X_{jk} - \sum_{r=1}^l X_{jr} \lambda_r \geq 0 \\ & \sum_{r=1}^l \lambda_r \leq 1 \quad \lambda_r \geq 0 \quad \forall r, r=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (7)$$

而由式 6 可發現，非規模報酬遞增的 BCC 模式與變動規模報酬之 BCC 模式唯一的不同僅在於限制式之差異。

(三) Malmquist 生產力指數 (Malmquist productivity index, MPI) 模型

由於資料包絡法所估計之相對效率值可用以衡量個別生產者的相對效率表現，但卻無法觀察生產者跨期間之效率變化，故本研究利用採用 DEA 所延伸出之 Malmquist 生產力指數理論以應用於跨期生產者技術效率變化之衡量。Malmquist 生產力指標可定義如下：

假設現有 N 家生產者使用 m 種投入進行 S 種產品生產，則投入向量 $x^t \in R_+^m$ ，產出向量 $y^t \in R_+^S$ ，其中 $t=1, 2, \dots, T$ ，則第 t 期生產技術 (GR^t) 可表示為：

$$GR^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ 可生產 } y^t\} \quad (8)$$

故對任一投入產出向量 (x^t, y^t) 而言，產出必須集合為：

$$P^t(x^t) = \{y^t : (x^t, y^t) \in GR^t\}, \text{ 其中 } t=1, 2, \dots, T \quad (9)$$

則在假設 $P^t(x^t)$ 為封閉、有界且為凸集合 (convex set) 情形下，根據 Shepard (1970) 之研究，可將產出面之距離函數定義為：

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf \left\{ \theta : \left(x^t, \frac{y^t}{\theta} \right) \in P^t \right\} \quad (10)$$

其中 $t=1, 2, \dots, T$

式 10 表示產出距離函數為衡量在投入項固定

為 x^t 之情形下，產出項 y^t 與最大可能產出之比值，故若 $D_0^t(x^t, y^t) = 1$ ，則表示該生產者具有生產效率。事實上，式 10 之產出距離函數即為 Farrell (1957) 研究之產出導向技術效率估計值倒數。因此，可利用以下之線性規劃方式進行 $D_0^t(x^t, y^t)$ 的推導，亦即：

$$\begin{aligned} [D_0^t(x^t, y^t)]^{-1} &= \text{Max}_{(\phi, \lambda)} \phi \\ \text{s.t. } -\phi y_i^t + Y^t \lambda^t &\geq 0 \\ x_i^t - X^t \lambda^t &\geq 0 \quad \lambda^t \geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Caves *et al.* (1982) 即利用以上結果提出產出面之 *Malmquist* 生產力指數，其函數型式表示如下，式中 CRS 為固定規模報酬 (constant return to scale)：

第 t 期 *Malmquist* 生產力指數為：

$$M_0^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})} \quad (12)$$

第 $t+1$ 期 *Malmquist* 生產力指數為：

$$M_0^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t | \text{CRS})} \quad (13)$$

其中式 12 之分子即為以第 t 期之技術水準，衡量 $t+1$ 期投入產出之效率水準，並與第 t 期時之效率水準相比較，以探討跨期技術效率變動之情形，同理，式 13 也以相同的概念衡量跨期技術效率變動之狀況。

為避免僅選擇第 t 期或第 $t+1$ 期的技術作為參考技術所引發的偏誤，Fare *et al.* (1989) 重新定義 *Malmquist* 生產力指標，將 1982 年 CCD (Caves, Christensen and Diwert) 提出之兩個 *Malmquist* 總要素生產力指數幾何透過平均方式，加權兩期總要素生產力指數，故產出面的 *Malmquist* 生產力指標可由下式表示：

$$M_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | \text{CRS}) = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t | \text{CRS})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

由式 14 可發現，1989 年 FGLR (Fare, Grosskopf, Linolgren and Ross) 所定義之 *Malmquist* 生產力指數是以固定規模報酬為前提，當該生產力指數大於 1，則表示生產力提升，反之，則代表生產力下降。FGLR 進一步將式 14 分解為：

$$M_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | \text{CRS}) = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})} \times \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t | \text{CRS})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

又 *Malmquist* 生產力指數又可分解為效率變動指標 (*EFF-ch*) 以及技術變動指標 (*TECH-ch*) 兩部分，亦即：

效率變動指標：

$$\begin{aligned} \text{EFF} - \text{ch}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | \text{CRS}) &= \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})} \end{aligned} \quad (16)$$

技術變動指標：

$$\begin{aligned} \text{TECH} - \text{ch}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) &= \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | \text{CRS})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t | \text{CRS})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t | \text{CRS})} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (17)$$

因此，若 $M_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | \text{CRS})$ 大於 1，則表示生產者生產力有所提升，小於 1 則代表生產力下降；若 *EFF-ch* 大於 1，代表效率改善，小於 1 則表示效率退步；*TECH-ch* 大於 1 代表技術進步，小於 1 則代表技術退化。

Fare *et al.* (1994) 將固定規模的假設，擴充到變動規模報酬，進一步將效率變動分解成純粹技術效率變動 (*Pure Technical Efficiency Change, PE-ch*) 與規模效率變動 (*Scale Efficiency Change, SE-ch*)。相關函數可表示如下，式中 *VRS* 為變動規模報酬 (variable return to scale)：

純粹技術效率變動：

$$\begin{aligned} & PE - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | VRS) \\ &= \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)}{D_0^t(x^t, y^t | VRS)} \end{aligned} \quad (18)$$

規模效率變動：

$$\begin{aligned} & SE - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | VRS) = \\ & \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | CRS) / D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)}{D_0^t(x^t, y^t | CRS) / D_0^t(x^t, y^t | VRS)} \end{aligned} \quad (19)$$

因此，若純粹技術效率變動大於 1，顯示在變動規模報酬下技術效率的進步，反之，則表示技術效率的惡化；而若規模效率變動大於 1，表示 $t+1$ 期相對於 t 期而言更接近於固定規模報酬，若規模效率變動小於 1，則表示 $t+1$ 期相對於 t 期而言更偏離於固定規模報酬。

綜合以上所述，*Malmquist* 生產力指數可以分解為純粹技術效率變動、規模效率變動及技術變動三項，其關係可表示如式 20：

$$\begin{aligned} & M_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) \\ &= EFF - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | CRS) \times \\ & \quad TECH - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) \\ &= PE - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | VRS) \times \\ & \quad SE - ch(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | VRS) \times \\ & \quad TECH(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) \end{aligned} \quad (20)$$

資料處理說明與計量模型設定

一、資料處理說明

由於文蛤養殖總成本中種苗成本、飼料成本、塭地租金成本、臨時工資及家工成本，合計超過總成本的半數以上，因此本文有關資料包絡法的投入變數，即設定為單位面積下之種苗成本、飼料成本、塭地租金成本、臨時工資、家工成本與其他成本(包括藥品成本、利息成本、維護成本及其他成本等)等六項，配合單位面積文蛤養殖產量，來探討文蛤養殖投入要素與產出間的關係。各變數定義如 Table 1。

在實證估計方面，本研究中除了瞭解台灣地區文蛤養殖技術效率外，更進一步探討影響養殖技術效率因素，考慮在相關因素變動下，對文蛤養殖產業技術效率之影響。一般在討論影響技術效率因子時，主要是針對養殖業者的相關管理變數進行討論，而管理變數包括業者生產過程中可控制的變數(如：放養密度、養殖型態等)，或業者本身的特徵(如學歷、年齡等)，以及養殖場環境特質(如池齡、養殖地區等)，此類變數的最主要共同點即該類變數均為業者所能掌控與改變。

可能影響文蛤養殖技術效率的管理變數包括養殖場場主年齡、養殖經驗與學歷，養殖場放養密度、池齡、養殖池底土含砂率、養殖投銀模式、養殖物活存率及養殖場所在地區等等；然受限於原始調查資料，本研究僅採用養殖場場主年齡、養殖經驗與學歷，養殖場放養密度、池齡、養殖物活存率及養殖場所在地區等各項管理變數(Table 1)，來探討文蛤養殖產業中影響技術效率的因素為何。其中養殖場所在地區採虛擬變數型式處理，以彰化地區作為比較基準，探討其餘二個地區與彰化地區間養殖技術差異。

根據樣本資料顯示，文蛤養殖經營者(勞力提供者)平均年齡為 51.76 歲，標準差平均約為 0.74 歲，顯示文蛤養殖產業勞動力年齡層頗高；經營者學歷方面，虛擬變數平均值為 3.4，標準差平均約為 0.21，表示樣本資料中經營者平均學歷約為國中；養殖經驗平均值為 20.02 年，標準差平均約為 3.06 年，表示受訪養殖戶的養殖經驗均很充足。放養密度部分，各養殖場平均放養密度約為每公頃 127.67 萬粒，標準差平均約為 3.85 萬粒，由標準差之值看來，整體受訪者的放養密度並無太大差異。池齡部分，所有樣本資料的平均池齡為 18.47 年，標準差平均約為 3.5 年，依此看來，受訪者養殖池的池齡已偏高。活存率的平均值為 75.32%，標準差平均約為 3.61%。有關文蛤養殖管理變數之統計資料整理如 Table 2 所示。

二、計量模型設定

本研究以 *Malmquist* 生產力指數模型為基礎，利用距離函數進行生產者當期技術效率之衡量，因此，文蛤養殖業者第 t 期的養殖技術效率估計模型如式 21。

Table 1 Variable definitions and measurement units for the empirical model

Variable	Definition	Units
Y	Production quantity	Kg / ha
X ₁	Seed cost	NT\$ / ha
X ₂	Feed cost	NT\$ / ha
X ₃	Rent cost	NT\$ / ha
X ₄	Temporary labor cost	NT\$ / ha
X ₅	Family labor cost	NT\$ / ha
X ₆	Other miscellaneous costs ¹	NT\$ / ha
AGE	Age of manager	Years
EDU	Manager education level ²	—
EXP	Years of experience	Years
D	Density of hard clam cultivate	10 thousand / ha
PA	Years pond has been in use	Years
S	Survival rate of hard clam	%
ARE 1	ARE 1 = 1 if the hard clam farm is located in Yunlin county; otherwise ARE 1 = 0	—
ARE 2	ARE 2 = 1 if the hard clam farm is located in Chiayi county; ARE 2 = 0	—

¹ Other miscellaneous costs include medicine, interest, and maintenance costs.

² Illiterate = 1, primary school = 2, junior high school = 3, senior high school = 4, junior college and above = 5.

Table 2 Statistical data of variables (as defined in Table 1) for the empirical model

Year / Variable	AGE	EDU	EXP	D	PA	S
2000	51.69 (10.28) ¹	3.69 (0.98)	15.59 (9.03)	130.87 (31.78)	13.38 (4.34)	73.02 (14.26)
2001	50.88 (10.70)	3.36 (1.09)	20.35 (12.27)	122.49 (35.54)	21.06 (12.09)	79.04 (17.71)
2002	51.77 (9.53)	3.21 (1.09)	21.86 (9.82)	130.29 (27.41)	20.43 (10.50)	71.53 (15.06)
2003	52.70 (10.74)	3.33 (1.02)	22.26 (10.34)	127.01 (40.69)	19.00 (10.31)	77.68 (13.01)
Average	51.76 (0.74)	3.40 (0.21)	20.02 (3.06)	127.67 (3.85)	18.47 (3.50)	75.32 (3.61)

¹Numbers in parentheses are the standard deviation.

$$\begin{aligned}
 [D_0^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \text{Max}_{(\phi, \lambda)} \phi \\
 \text{s.t.} \quad & -\phi y_{it} + \sum_i \sum_t^{219} Y_{it} \lambda_{it} \geq 0 \\
 & x_{it} - \sum_i \sum_t^{219} x_{jit} \lambda_{it} \geq 0, \\
 & i = 1, 2, 3, \dots, 219, j = 1, 2, \dots, 6 \\
 & \lambda_{it} \geq 0
 \end{aligned} \tag{21}$$

其中 x_t 、 y_t 為文蛤養殖業者第 t 期投入與產出所組成之向量， ψ 為各養殖業者間的相對效率值， y_{it} 為第 i 家養殖戶在第 t 期之收穫量， x_{1it} 、 x_{2it} 、 x_{3it} 、 x_{4it} 、 x_{5it} 及 x_{6it} 分別代表第 i 家養殖戶在第 t 期的種苗成本、飼料成本、塭地租金成本、臨時工資、家工成本與其他成本，而 λ_{it} 則為用以調整各投入產出相對重要性的權數。

Table 3 Technical efficiency of hard clam farms by year and county

Year\County	Changhua	Yunlin	Chiayi	Average
2000	0.7343 (0.273) ¹	0.4862 (0.2973)	0.6407 (0.1994)	0.6204 (0.2566)
2001	0.4495 (0.3143)	0.5273 (0.2566)	0.4610 (0.2672)	0.4793 (0.2794)
2002	0.7685 (0.239)	0.4298 (0.266)	0.4242 (0.3521)	0.5408 (0.2857)
2003	0.7330 (0.2759)	0.4316 (0.2852)	0.6416 (0.2418)	0.6021 (0.2676)
Average	0.6713 (0.2756)	0.4687 (0.2763)	0.5419 (0.2651)	0.5606 (0.2723)

¹Numbers in parentheses are the standard deviation.

由理論模型可以發現，式 21 距離函數模型是利用資料包絡法的線性規劃模式，透過產出導向進行文蛤養殖當期技術效率估計。然由於台灣地區文蛤養殖產業發展已相當成熟，且近年來文蛤養殖戶單位面積生產量變化有限，故本研究假設對於文蛤養殖業者而言，在維持一般生產水準下減少養殖投入，應是業者主要的生產概念，因此，本研究將採用投入導向來進行文蛤養殖技術效率估計。據此，式 21 可改寫如式 22 的投入導向型式，進行文蛤養殖業者當期技術效率衡量。

$$\begin{aligned}
 [D_0^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \text{Max}_{(\phi, \lambda)} \phi \\
 \text{s.t.} \quad &-Y_{it} + \sum_i^{219} \sum_t^4 Y_{it} \lambda_{it} \geq 0 \\
 &\text{TE}_{it} X_{jit} - \sum_i^{219} \sum_t^4 x_{jit} \lambda_{it} \geq 0, \\
 &\quad i = 1, 2, 3, \dots, 219, \\
 &\quad j = 1, 2, \dots, 6 \\
 &\lambda_{it} \geq 0
 \end{aligned} \quad (22)$$

三、技術效率迴歸模型設定

除資料包絡法外，本研究輔以迴歸方法進行管理變數對技術效率影響之研究。由於技術效率值介於 0-1 間，且會在 1 處產生截斷現象，因此採用 Tobit 迴歸分析法，來討論影響技術效率的原因。技術效率迴歸模型可設定如式 23：

$$\begin{aligned}
 TE_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + \alpha_2 EDU_{it} + \alpha_3 EXP_{it} + \\
 & \alpha_4 D_{it} + \alpha_5 PA_{it} + \alpha_6 S_{it} + \alpha_7 ARE1_{it} + \\
 & \alpha_8 ARE2_{it} + e
 \end{aligned} \quad (23)$$

其中 TE_{it} 即為技術效率估計值，而其他相關變數說明同前述，但為與隨機性生產邊界法的研究一致，可將式 23 改寫成技術無效率迴歸模型如式 24，其中 $EE_{it} = 1 - TE_{it}$ 。

$$\begin{aligned}
 EE_{it} = & \delta_0 + \delta_1 AGE_{it} + \delta_2 EDU_{it} + \delta_3 EXP_{it} + \\
 & \delta_4 D_{it} + \delta_5 PA_{it} + \delta_6 S_{it} + \delta_7 ARE1_{it} + \\
 & \delta_8 ARE2_{it}
 \end{aligned} \quad (24)$$

實證結果

一、養殖技術效率分析

所謂技術效率以產出面而言，係指在既有生產技術下給定投入使用量，廠商所能盡量增加生產之能力；以投入面而言，則指在給定產出下能少用投入之能力。本研究採 Coelli et al. (1998) 之投入導向模型計算技術效率，所以若技術效率值等於 1，表示本產業受訪業者能以較有效率的方式生產；若技術效率值小於 1，則表示其未能以較有效率的方式生產，可稱之為技術無效率。通常產生技術無效率的原因，係由於管理失當，未能充分利用資源，以致造成要素投入浪費而未能產生技術效率，無法發揮應有的效益。

本研究根據資料包絡法理論，將距離函數所估計之技術效率分為純粹技術效率及規模效率兩部分，並利用 Frontier 3.0 版套裝軟體進行資料包絡法評估。現將不同年度各地區文蛤養殖之技術效率值 (Table 3)、純粹技術效率 (Table 4) 與規模效率 (Table 5) 估計結果整理如后。

Table 4 Pure technical efficiency of hard clam farms by year and county

Year\ County	Changhua	Yunlin	Chiayi	Average
2000	0.9980 (0.0067) ¹	0.9458 (0.076)	0.9992 (0.0019)	0.9810 (0.0282)
2001	0.9310 (0.0933)	0.9350 (0.1072)	0.9805 (0.2852)	0.9488 (0.1619)
2002	0.9475 (0.0674)	0.9357 (0.0921)	0.9278 (0.1057)	0.9370 (0.0884)
2003	0.9585 (0.0622)	0.9009 (0.1051)	0.9556 (0.075)	0.9383 (0.0808)
Average	0.9588 (0.0574)	0.9294 (0.0951)	0.9658 (0.1170)	0.9513 (0.0898)

¹Numbers in parentheses are the standard deviation.

Table 5 Scaled technical efficiency of hard clam farms by year and county

Year\ County	Changhua	Yunlin	Chiayi	Average
2000	0.7358 (0.2663) ¹	0.5141 (0.1806)	0.6412 (0.2653)	0.6303 (0.2374)
2001	0.4828 (0.2210)	0.5640 (0.1494)	0.4702 (0.0180)	0.5056 (0.1295)
2002	0.8111 (0.1716)	0.4593 (0.1739)	0.4572 (0.2464)	0.5759 (0.1973)
2003	0.7647 (0.2137)	0.4791 (0.1801)	0.6714 (0.1668)	0.6384 (0.1869)
Average	0.6986 (0.2182)	0.5041 (0.1710)	0.5600 (0.1741)	0.5876 (0.1878)

¹Numbers in parentheses are the standard deviation.

由 Table 3 可知，所有樣本文蛤養殖技術效率各年間之總平均值為 0.5606，並不是很高，以 2000 年最高 (0.6204)，2001 年最低 (0.4793)；整體而言，表示整體產業平均而言，未能充分利用資源，有投入要素浪費的現象。年間技術效率波動極大，成先降再升之趨勢；各地區平均以彰化地區最高 (0.6713)，其次為嘉義地區 (0.5419)，雲林地區 (0.4687) 較低。

在純粹技術效率方面，若純粹技術效率值等於 1，表示樣本業者以較有純粹效率的方式生產，若純粹技術效率值小於 1，則表示其未能以較有效率的方式生產，可稱之為純粹技術無效率。台灣文蛤養殖純粹技術效率相當高，總平均高達 0.9631，；整體而言，年間純粹技術效率有下降趨勢。表示整體產業未能充分利用資源，有投入要素浪費的現象，但其資源浪費程度不太嚴重；各

年間以 2000 年最高 (0.9810)，2002 年最低 (0.9370)。各地區平均以嘉義地區為最高 (0.9658)，但與效率最低之雲林地區 (0.9294)，亦僅有 0.0364 之差距，顯示台灣文蛤養殖之純粹技術效率差異極小 (Table 4)。

規模效率乃在衡量樣本是否處於最適規模狀態，惟有在規模效率下，經營效率與獲利性才能最佳。當樣本規模效率值等於 1 時，表示具有規模效率，其生產亦會處於固定規模報酬；若規模效率值小於 1，則表示不具有規模效率，須進一步進行分析是處於遞減規模報酬階段或處於遞增規模報酬階段。透過規模報酬型態的衡量，可以瞭解生產規模應擴大或縮小。由 Table 5 可發現，台灣文蛤養殖規模效率值各年間總平均為 0.5876，以 2003 年最高 (0.6384)，2002 年最低 (0.5056)，整體而言，年間規模效率變動差異不大；各地區

Table 6 Return to scale of hard clam farms by year and county

Year\ County	Changhua	Yunlin	Chiayi	Average
2000	IRS ¹	DRS	DRS	DRS
2001	DRS ²	DRS	DRS	DRS
2002	DRS	DRS	DRS	DRS
2003	DRS	DRS	DRS	DRS
Average	DRS	DRS	DRS	DRS

¹Increasing return to scale.²Decreasing return to scale.**Table 7** Malmquist index of hard clam farms by year and county

Year\ Item\ County		Changhua	Yunlin	Chiayi	Average
2000 ~ 2001	Technical efficiency change	0.6121	1.0726	0.7098	0.7757
	Pure technical efficiency change	0.9329	0.9786	0.9813	0.9671
	Scale technical efficiency change	0.6562	1.0961	0.7233	0.8021
2001 ~ 2002	Technical efficiency change	1.7063	0.8040	0.8977	1.1137
	Pure technical efficiency change	1.0165	1.0007	0.9426	0.9786
	Scale technical efficiency change	1.6786	0.8034	0.9524	1.1381
2002 ~ 2003	Technical efficiency change	0.9439	0.9847	1.4861	1.0890
	Pure technical efficiency change	1.0015	0.9625	1.0189	1.0014
	Scale technical efficiency change	0.9425	1.0231	1.4585	1.0875
Average	Technical efficiency change	1.0330	0.9155	0.9832	0.9800
	Pure technical efficiency change	0.9732	0.9706	0.9709	0.9716
	Scale technical efficiency change	1.0614	0.9432	1.0127	1.0086

平均以彰化地區最高 (0.6986)，其次為嘉義地區 (0.5600)，雲林地區 (0.5041) 較低。

進一步分析規模報酬狀態 (Table 6)，可發現 2000 ~ 2003 年台灣地區文蛤養殖產業整體呈規模報酬遞減 (DRS)；各年間與各縣市的規模報酬，除彰化縣在 2000 年成規模為遞增 (IRS) 狀態外，皆呈現規模報酬遞減狀態。顯示，台灣地區文蛤養殖產業有過多的投入，應縮減規模以達最適生產規模。

另，由台灣地區文蛤養殖產業平均 Malmquist Index 比較表 (Table 7) 可知，2000 ~ 2001 年的技術效率變動呈現衰退現象，而 2001 ~ 2002 年技術效率變動較大，整體產業的技術效率變動平均值則呈現負成長 (0.980) 的情況。純粹技術效率變動

方面，2002 ~ 2003 年為正成長且期變動較大，其餘年度階段之技術效率變動則呈些微衰退現象，整體變動平均值則呈負成長 (0.9716) 的情況。在規模效率方面，由於各年平均規模效率處在遞減規模報酬且各年平均效率值為 1.0086，表示整體文蛤養殖產業需減少投入生產要素以縮小生產規模空間。規模效率變動較大的情況發生在 2001 ~ 2002 年，2000 ~ 2001 年其規模效率變動則呈現衰退現象，各年之平均變動仍為正成長。

各縣市技術效率變動方面，彰化縣於 2001 ~ 2002 年變動最大，雲林縣為 2000 ~ 2001 年，嘉義縣為 2002 ~ 2003 年；整體變動而言，除彰化縣為正成長外，其餘縣市皆為些微衰退。純粹技術效率變動方面，彰化縣與雲林縣皆於 2001 ~ 2002 年

變動最大，嘉義縣則為 2002～2003 年；整體變動而言，三縣市皆為些微衰退。規模效率變動方面與技術效率變動相同情形，而整體的規模效率變動，除雲林縣為些微衰退外，其餘縣市皆為正成長。

綜合上述實證結果，就技術效率而言，整體產業平均技術效率值為 0.5606，顯示整體產業投入資源的運用效率仍有很大的改善空間。若進一步分解為純粹技術效率與規模效率，本研究發現整體平均純粹技術效率值為 0.9631，平均規模效率值為 0.5876 且呈規模遞減狀態，顯示技術無效率的主因來自於規模無效率。由於 2000～2003 年受訪業者之各年間平均養殖規模依年份分別 2.11 ha，2.78 ha，2.63 ha 與 2.58 ha，有逐漸縮小之趨勢，且當養殖規模變小後規模效率變動為正成長，因此為改善文蛤養殖產業的經營效率，養殖業者應當縮小經營規模。

二、技術無效率影響因子分析

為能更清楚瞭解各種管理變數對文蛤養殖技術效率影響，本研究採用 Tobit 迴歸分析法，針對各類管理變數進行迴歸分析，所得實證結果整理如 Table 8。

Table 8 Estimated results of technical inefficiencies

Variable	Parameter	t-value
Constant	86.587	5.673***
AGE	0.036	0.129
EDU	-6.356	-2.874***
EXP	-0.158	-0.579
D	-6.374E-06	-1.863*
PA	-0.305	-1.213
S	-0.076	-0.564
ARE 1	1.278	1.692*
ARE 2	9.878	1.747*

Note: ***, ** and * indicate that these estimates are significant at the 1%, 5% and 10% significance levels, respectively. Variables are defined in Table 1.

以下即就各管理變數對文蛤養殖技術效率影響進行說明：

(一) 年齡 (AGE)

本研究預測年齡的係數為負值，即年齡較高的養殖業者相對年輕的養殖業者，其技術無效率影響應較低。實證結果顯示，該係數與預期不同，惟其係數 t 值在 10 % 顯著水準下並不顯著，表示文蛤養殖經營者年齡對其技術效率並無顯著的影響。

(二) 學歷 (EDU)

本研究預測學歷變數之係數為負值，亦即教育程度較高的經營者其技術效率比教育程度較低的經營者高。由實證結果發現，係數符號與預期相符，且該係數 t 值在 1 % 顯著水準下顯著，因此養殖場經營者學歷對技術無效率因子有顯著影響，代表文蛤養殖技術效率會因經營者學歷的高低而有差別，學歷愈高者，養殖技術效率愈高。

(三) 養殖經驗 (EXP)

養殖經驗變數之係數預期為負值，也就是養殖經驗愈久的經營者技術效率會比養殖經驗少的經營者來得高。實證結果顯示，該係數符號與預期結果相符，但該係數 t 值在 10 % 顯著水準下不顯著，表示文蛤養殖場經營者養殖經驗對技術無效率無顯著影響。

(四) 放養密度 (D)

文蛤養殖放養密度實證結果顯示，係數為負值與預期相同，且係數的 t 值在 10 % 顯著水準下顯著，表示養殖場放養密度越高，養殖技術效率越高。

(五) 池齡 (PA)

實證結果顯示，池齡的係數為負值與預期相反，但池齡係數 t 值在 10 % 顯著水準下不顯著，表示池齡變數對文蛤養殖技術效率無顯著影響。

(六) 存活率 (S)

活存率變數的實證結果與預期相符，但係數 t 值在 10 % 顯著水準下並不顯著。代表活存率變數對技術效率雖有正向關係，但無顯著影響。

(七) 養殖地區 (ARE1-ARE2)

本研究關於養殖地區是採用虛擬變數進行估計，並以彰化地區作為比較的基礎，衡量雲林及嘉義地區與彰化地區在技術效率上的差異。實證結果顯示，所有地區變數係數符號相對於彰化地區均為正值；觀察係數 t 值時可發現，雲林及嘉義地區在 10 % 下顯著，顯示各地區養殖技術效率與彰化地區有顯著差異。若再以前述各地區技術效率值分析，可看出彰化地區文蛤養殖技術效率是高於其他兩縣市。

由上述管理變數對文蛤養殖技術效率影響分析結果，可瞭解養殖業者學歷高低與放養密度對產出有顯著影響，且係數符號與預期相同；代表學歷與放養密度愈高，養殖技術效率也更高，對於產出有顯著提升。

結論與建議

由上述實證結果可知，各年間所有樣本文蛤養殖技術效率之總平均值為 0.5606，以 2000 年最高 (0.6204)，2001 年最低 (0.4793)，年間技術效率波動極大，成先降再升之趨勢；各地區平均以彰化地區最高 (0.6713)，其次為嘉義地區 (0.5419)，雲林地區 (0.4687) 較低。純粹技術效率方面有下降趨勢，總平均達 0.9631，各年間以 2000 年最高 (0.9810)，2002 年最低 (0.9370)，各地區平均以嘉義地區為最高 (0.9658)，雲林地區 (0.9294) 最低，但各地區之純粹技術效率差異極小。養殖規模效率方面，各年間總平均值為 0.5876，以 2003 年最高 (0.6384)，2002 年最低 (0.5056)，年間規模效率變動差異不大；各地區平均以彰化地區最高 (0.6986)，其次為嘉義地區 (0.5600)，雲林地區 (0.5041) 較低。另，推估規模報酬結果顯示，目前台灣地區文蛤養殖之經營屬規模遞減狀態。而技術無效率的主因來自於規模無效率，當養殖規模變小後規模效率變動為正成長。

而管理變數中影響文蛤養殖技術效率之主要變數為養殖業者學歷與養殖池放養密度；兩者對產出有顯著影響且係數符號與預期相同，代表學歷與放養密度愈高，養殖技術效率也更高，對於

產出有顯著提升。另，在養殖地區方面，實證結果顯示，相對於彰化地區，雲林與嘉義地區文蛤養殖技術效率明顯較差。

根據研究結果，對文蛤養殖產業發展提出幾點建議：

一、適度提高放養密度

根據本研究實證結果發現，放養密度的提高有助於養殖技術效率的提升，建議養殖戶可視其養殖能力與養殖池池底含砂量酌予提高放養密度，但每公頃以不超過 150 萬粒為宜。

二、業者可多參加養殖技術講習研討會以吸收新知

由實証結果可看出高養殖經驗與學歷者有較高生產技術效率，由於高養殖經驗者有豐富養殖管理技術，高學歷者吸收新知態度較積極，所以兩者會有較高生產技術效率。目前每年漁政與研究單位皆會辦理多場文蛤養殖管理技術講習會，其目的是要推廣新的養殖技術，業者若能多參與必可避免養殖技術僵化，進而提昇養殖技術效率。

三、養殖規模不宜擴大

台灣地區文蛤養殖規模報酬的實証結果是呈規模報酬遞減狀態，表示已有過度投入現象。養殖業者欲改善技術效率則不該擴大經營規模，而使經營效率再降低。

參考文獻

- 李宗儒 (2000) 以資料包絡法衡量台灣地區魚市場經營之相對效率. 農林學報, 49(3): 53-63.
- 李佩郁, 李朝賢 (1996) 台灣菊花生產技術效率之分析. 農業金融論叢, 36: 93-123.
- 余金妹 (2001) 台灣虱目魚生產技術效率之分析—隨機性邊界生產函數之應用. 海洋大學漁業經濟研究所碩士論文, 53-84.
- 吳純衡, 何雲達, 周昱翰, 林必祐 (1993) 文蛤養殖經濟分析. 臺灣省水產試驗所研究報告, 52: 387-396.
- 郭仁杰 (2002) 不同文蛤養殖模式生產效率評估. 水產研究, 10(1 & 2): 41-51.

- 陳智遠 (2003) 疾病發生對台灣地區草蝦養殖技術效率之影響. 台灣大學農業經濟學研究所碩士論文, 43-54.
- 陳郁蕙, 溫祖康 (2001) 台灣地區草蝦養殖產業技術效率之研究. 農業金融論叢, 46: 289-304.
- 陳郁蕙, 林呈旭, 李武忠 (2001) 臺灣鰻魚產業之養殖技術效率分析. 中華農學會報, 2(5): 377-386.
- 黃貴民 (2000) 台灣鮑養殖產業經濟與技術因素之分析. 海洋大學漁業科學研究所博士論文, 95-115.
- 黃貴民, 王金利 (1997) 台灣九孔養殖技術效率之分析. 台灣水產學會刊, 24(3): 251-259.
- 黃貴民, 李家銘 (2001) 臺灣地區遠洋漁業不同作業型態生產技術效率之研究. 中華農學會報, 3(4): 277-289.
- 張靜貞, 賴怡君 (1999) 農會信用部的效率評估與風險管制. 農業金融論叢, 42: 33-58.
- 彭克仲, 鄭媚尹 (2002) 台灣地區果菜批發市場經營之相對效率研究—DEA 模式之應用. 中華農學會報, 3(2): 137-153.
- 曾啟富, 何雲達, 吳純衡 (1988) 文蛤養殖經濟分析. 臺灣省水產試驗所研究報告, 45: 275-282.
- 楊世華, 陳唐平, 潘德芳 (2000) 蓮霧農場技術效率之分析. 中華農業研究, 49(1): 76-85.
- 劉祥熹, 莊慶達, 林榮昌 (1997) 台灣地區漁會信用部經營績效之分析—資料包絡法之應用. 基層金融, 35: 107-134.
- 謝俊雄 (1997) 臺灣良質米生產效率之計量分析—資料包絡分析法之應用. 臺灣土地金融季刊, 34(4): 77-107.
- Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelope analysis. *Management Sci.*, 30: 1078-1092.
- Caves, D. W., L. R. Christensen and W. E. Diewert, (1982) The economic theory of index number of the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, 50(6): 1393-1414.
- Charnes A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978) Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.*, 2: 429-444.
- Coelli T. J., D. S. P. Rao and G. E. Battese (1998) An Introduction to Efficient and Productivity Analysis. Kluwer Acad. Publ., 205-280.
- Farrel, M. J. (1957) The measurement of productive efficiency. *J. Royal Statis. Soc.*, 120(part3): 253-282.
- Fare, R., S. Grosskopf, B. Lindgren and P. Roos (1989) Productivity development in swedish hospitals: A nalmquist output index approach. *In Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications* (A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin and L. M. Seiford eds.), Kluwer Acad. Publ., Boston, 253-272.
- Frre, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang (1994) Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *Am. Econ. Rev.*, 84(1): 66-83.
- Lee, C. X. and Y. C. Lee (1995) Technical efficiency of the milkfish production in Taiwan. *J. Agricul. Eco. Semian. Pub.*, 58: 103-125.
- Shephard, R. W. (1970) *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton Univ. Press. NJ., 80-112.

Technical Efficiency Measurements of Hard Clam (*Meretrix lusoria*) Production in Taiwan by Data Envelopment Analysis (DEA)

Jen-Chieh Kuo^{1*}, Ching-Chun Chen² and Min-Nan Lin³

¹Taihsi Station, Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Institute of Applied Economics, National Taiwan Ocean University

³Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The data used in this study was based on the Annual Economic Survey of Offshore Fisheries and Aquaculture in Taiwan from 2000 to 2003. A model using data envelopment analysis (DEA) was specified and estimated. The results of the DEA showed that a return to scale decreased in hard clam (*Meretrix lusoria*) aquaculture production in Taiwan, and the mean technical efficiency was 56.06%. Tobit analysis showed that those farmers with higher education and who used higher culture densities attained higher technical efficiencies. The study results suggest that hard clam aquaculture in Taiwan should increase the culture density to an appropriate level, but expanding the culture scale was deemed to be unsuitable.

Key words: hard clam, *Meretrix lusoria*, technical efficiency, data envelopment analysis (DEA)

*Correspondence: Taihsi Station, Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute, 271 Chung-Yang Rd., Taihsi, Yunlin 636, Taiwan. TEL: (05)698-2921; FAX: (05)698-3158; E-mail: kuo540816@yahoo.com.tw