

機率邊界生產函數之應用—以宜蘭縣冬山鄉茶葉生產為例

溫育芳¹ 王兆桓²

1. 國立宜蘭技術學院應用經濟系

2. 國立宜蘭技術學院森林系

摘要

茶為一種健康飲料，乃世界三大飲料之一，但近幾年台灣茶葉生產成本高漲，加上茶葉運銷制度的不健全，以及經營規模多屬小農經營，使得台灣茶葉的國際競爭力大為削弱，尤其我國正積極爭取加入世界貿易組織(WTO)，屆時必將造成茶產業的重大衝擊。故謀求成本降低、提高生產效率及建立完整的共同運銷體系，乃解決問題的首要之務。本研究利用機率邊界生產函數之觀念，以宜蘭縣冬山鄉茶葉生產為研究對象，利用問卷調查資料進行生產函數的推估，藉以探討土地、勞動、資本及管理四大生產要素與產量的關係，並分析各要素組合間對產量的影響，以提供農場提高生產量與降低生產成本之參考。本研究運用 Translog 函數進行推估的結果顯示，種植面積與投入資本之交互項存在，與產量呈正向關係；而勞動投入的一次項與產量成正比，但二次項卻與產量呈反向變動，意味著勞動的投入量有其限制，當投入過多勞動時，可能不僅無法使產量增加，反而使產量減少。此外，本研究亦利用所推估之機率邊界生產函數，進行各農場管理因素之探討，並提出一套農場生產效率之衡量指標。經本研究推估各樣本茶戶之生產效率結果，尚有 30%之樣本戶生產效率未達 0.5，其經營管理能力有待加強。

關鍵詞：機率邊界生產函數、管理因素、生產效率指標

Application of Probabilistic Frontier Production Function - An Example of Tung-Shan Tea Production

Yue-Fang Wen¹ Chao-Huan Wang²

1. Department of Applied Economics, National Ilan Institute of Technology

2. Department of Forestry, National Ilan Institute of Technology

Abstract

As a kind of healthy drink, tea is one of the three most popular drink in the world. Due to the highly increased production cost and small business scale, the tea industry of Taiwan is getting weaker to compete internationally. Especially at this moment, the government is eager to join the World Trade Organization (WTO), which will cause great impact to the tea industry in Taiwan. To solve the problem, the mission of first priority is to reduce the cost, increase production efficiency, and establish the complete cooperated marketing system. By taking an example of Tung-Shan tea production, this research took the view of probabilistic frontier production function, and use the data from questionnaires to estimate the production in which the production factors of labor, land, capital and management were included. In the form of Translog function, the result of estimation indicated that interaction of land and capital inputs existed, positively related to the production. Besides, it also showed the first order of labor input was positively related to production, but the second order of labor input were negatively related to production, that meant there was limit for labor input. When the labor input was excess, which not only could not increase the production, but also decrease the production level. The study of individual managerial factor and index of production efficiency were also covered in this paper.

Key Words: Probabilistic frontier production function, Managerial factor, Index of production efficiency

一、前言

茶原產於中國大陸，適宜溫暖之山區栽培，為世界三大飲料(茶、咖啡、可可)之一，廣為世人所喜愛，除可增進生活情趣外，科學家更證明茶葉具有多種保健及預防疾病之功效，如降低血糖、預防高血壓、糖尿病及抗癌、殺菌等。近年來隨著國人生活水準的提昇，嗜茶風氣日盛，而茶飲料與袋裝茶之崛起，均造就茶葉內銷數量之提昇。茶為台灣坡地的重要經濟作物，原以外銷為主，但近年由於生產成本高漲，削減了臺灣的競爭能力，致使臺茶種植面積與年外銷量呈現遞減趨勢，再加上大陸及其他地區廉價茶葉之提供，使得臺茶外銷市場飽受威脅。因此如何降低產銷成本，提高生產效率以及建立完整的共同經營及運銷體系，則為當務之急。

蘭陽茗茶以冬山鄉的素馨茶、礁溪鄉的五峰茶、大同鄉的玉蘭茶及三星鄉的上將茶等四種較為有名，而冬山鄉位於蘭陽平原的蘭陽溪南，其境內山麓坡度不陡，極適宜茶樹的生長。冬山茶區包括了武荖坑、太和、丸山、中山及大進等茶區，以生產包種茶及烏龍茶為大宗，其種植面積約為 370 公頃，產量在宜蘭縣各鄉市鎮之中，僅次於大同鄉而位居第二。冬山農會為提升冬山地區茶葉之品質及名號，於民國 68 年輔導茶農成立茶葉產銷班，除給予經費補助外，亦委請茶葉改良場進行產製技術輔導。在臺灣茶葉改良場的指導及冬山鄉農會的要求下，茶葉製造以品質至上為原則。冬山鄉茶葉產銷班班員之茶園分佈較為分散，產銷規模差異亦大，其班員大致分散於冬山鄉之中山村、蚊子坑及武荖坑等地區，其中以中山村的茶葉產銷班規模最大，產量也最多。

南投縣向來為臺灣茶葉的最大生產地區，但因未做好水土保持的工作，在民國 85 年 7 月間，由於賀伯颱風過境，使得南投產區災情慘重，其茶葉生產量與輸出量，已大不如以往，品質亦受到影響，對於國內茶產業之影響不小。而宜蘭縣係以農立縣，冬山鄉所產的素馨茶在縣內頗有知名度，若能藉此機會積極經營，打響品牌聲譽，必能擴展市場。有鑑於此，本研究運用機率邊界生產函數理論，以宜蘭縣冬山鄉茶葉為研究對象，進行生產要素投入情形之研究，及探討各農場管理因素之推估，並研提一套農場生產效率之衡量指標。

目前政府正積極推動加入世界貿易組織(World Trade Organization, WTO)，屆時對國內農業將造成重大衝擊，我們須及早擬定對策，藉以提昇臺灣茶農之市場競爭能力，促使臺灣茶產業升級，再創臺茶之契機。

二、文獻回顧

在一般生產經濟學上，我們通常將生產之投入因素分為土地(Land)、勞動(Labor)、資本(Capital)及管理(Management)等四大項，以探討因素與產量之關係，即 $Y = f(A, L, K, M)$ ，但由於管理因素往往缺乏衡量的方法，因此大都僅就土地、勞力、及資本三項投入因素推估生產函數(Production function)，而將管理因素對產出之影響效果歸入殘差項(Residuals)。管理因素如同土地、勞動及資本等因素一樣，在利潤極大化之生產情況下，管理亦是

促成最佳分配之因素之一，故欲以生產函數分析投入與產出間的關係時，不應忽略管理因素，以免導致不精確的結論。

依據經濟學之定義，生產函數是指在某一時期內，某一特定的技術水準之下，每一種不同的投入組合與財貨數量間的關係。在一般情況下，企業所欲追求的是如何以最低的成本生產，並獲取最大的利潤，故最大化及最小化之概念非常重要。當觀察值界於某一範圍內之時，應用邊界之觀念於生產函數上便頗具意義。而在邊界生產函數(Frontier Production Function)之觀念下，僅可找出低於此函數觀察值，而無法求得高於邊界生產函數之觀察值。因此就計量經濟觀點而言，邊界之推估便十分重要，主要因其內生變數受最大化觀念之限制，必需假設殘差項為單邊，以進而求出邊界函數[1]。關於邊界設定及推估的方法，大致有下列四種情況：

1、確定無參數邊界(Deterministic nonparametric frontier)

此法係假設邊界為確定性，但在函數中不推估參數值。Farrell[2]在1957年提出「非預設生產函數」來推估生產效率。

2、確定性參數邊界(Deterministic parametric frontier)

此法主要是先設立一確定性生產函數(多為Cobb-Douglas生產函數)，假設殘差項為正值，再利用線性規劃法(linear programming, LP)使觀察值與推估值間之絕對離差最小，以求出函數中之參數值。如Aigner與Chu [3]及Timmer[4]等人之研究。

3、確定性統計邊界(Deterministic statistical frontier)

由於邊界函數推估時之殘差項並非常態分配，故此法係對殘差項之分配作適切之假設，利用觀察點之產量與生產因素之關係，設定適當的概似函數，並以最大概似法(Maximum likelihood method)求邊界之參數值。計有Afriat [5]、Richmond [6]、及Greene [7]等學者，利用此原理推估邊界函數。

4、隨機邊界(Stochastic frontier)

此法係假設每一農場(或廠商)擁有其自身之邊界，即邊界為一隨機性，而因農場(或廠商)間之效率差異，並非完全可由農場(或廠商)本身所能控制，故邊界便不盡相同。推估的過程係以組合誤差(Composed error)的方式進行，換言之，一部份誤差是由於衡量誤差、其他統計干擾及非產業所能控制的外在因素造成，其分配為對稱；另一部份則是衡量農場(或廠商)相對於隨機邊界所造成的技術無效單邊成份，然後以最大概似法推估參數值。運用此種推估法的學者為Meeusen與Broeck [8]，而在實證分析上，隨機生產邊界之估計，可採用最大概似法(Maximum Likelihood)或修正最小平方法(Corrected OLS)進行參數的估計。前者在估計值方面具有效率性，而後者則具估計簡易之優點，其估計值雖不具效率性，但使用最大概似法所提高效率，未必抵得過其在計算上的繁複[9]。

在國內相關研究方面，始自薛琦及周治邦(1984)利用 Farrell 法進行台糖公司農場效率的衡量[10]；之後為彭作奎(1986)應用線性規劃法衡量稻作農家之技術效率[1]；彭作奎及吳江胡(1986)利用 Farell 法及線性規劃法衡量乳牛業之生產效率[11]；傅祖壇及詹滿色(1990, 1991)利用隨機性生產邊界法估計連續記帳農場之技術效率[9]。

綜上所述，其推估方法雖有不同，但基本觀念仍建立在生產函數為一定量投入因素的組合所能得到最大產量之關係上，故如欲測定個別廠商生產之技術訊息，不宜用普通最小平方法 (OLS) 求出樣本廠商之「平均生產函數」為基礎，因為此「平均」之觀念實已排除廠商間技術效率之差異。

三、理論模型

依前述定義，生產函數是定量的一組生產因素，其所能生產之最大產量。因此，欲瞭解生產之技術狀態，實應以邊界生產函數(frontier production function) 觀念予以衡量。而所謂的機率邊界生產函數，乃將確定型邊界生產函數轉換為機率型式，以避免極端樣本觀察值對生產邊界推估之影響。實證常用的函數式有 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數兩種型態，而參數值則可利用線性規劃法進行推估。Cobb-Douglas 函數之優點為數理結構簡易且經濟涵義明確，其缺點則為函數本身具有相當嚴格的理論上限制，例如不同生產因素的代替彈性固定為 1。而 Translog 生產函數包含了生產因素間的平方項及交互乘積項，考慮了生產因素間的交互影響，而且容許生產彈性及替代彈性的變動，因此較 Cobb-Douglas 生產函數更一般化且具包容性[3]、[4]。為便於說明，茲以 Cobb-Douglas 生產函數為例，將確定性邊界生產函數之觀念及推估過程說明如下：

$$y_i = \prod_{j=0}^m x_{ji}^{\alpha_j} \epsilon_i \dots\dots\dots (1)$$

y_i 為 i 農家之產出， x_{ji} 為 i 家第 j 種生產因素投入量， α_j 為 j 生產因素之生產彈性， ϵ_i 為殘差項。式(1) 取其對數形式，表示如下：

$$\ln y_i = \sum_{j=0}^m \alpha_j \ln x_{ji} + \ln \epsilon_i \dots\dots\dots (2)$$

為滿足邊界生產函數之定義，所有觀察值必須不能超過生產邊界，即所有 $\ln \epsilon_i$ 必須大於或等於零， $\ln \epsilon_i \geq 0$ ，則由式(2) 推估之邊界生產函數必須滿足

$$\ln \hat{y}_i = \sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji} \geq \ln y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (3)$$

其中 $\ln \varepsilon_i = \ln \hat{y}_i - \ln y_i$, $\ln \varepsilon_i \geq 0$ 。然滿足式(3)之 $\hat{\alpha}_j$ 可有無限多組，為使所推估之生產邊界儘可能接近樣本觀察值，則須給 $\hat{\alpha}_j$ 進一步之限制條件，即加入殘差項加總函數極小化的限制；如 $\sum \ln \varepsilon_i$ 或 $\sum \ln \varepsilon_i^2$ 之極小化。

為減少極端觀察值之影響，可選擇殘差項之線型加總為極小，即 $\sum \ln \varepsilon_i$ 之極小化，因此推估邊界生產函數之問題為推估一組參數 $\hat{\alpha}_j$ ，非但能滿足(1) $\sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji} \geq \ln y_i$ ；(2) $\hat{\alpha}_j \geq 0$ ，且能使 $\sum \ln \varepsilon_i$ 為極小，此問題可藉 LP (linear programming) 求解。為能應用 LP，則 $\sum \ln \varepsilon_i$ 必須為 $\hat{\alpha}_j$ 及 $\ln x_{ji}$ 之線型函數；由式(3)知：

$$\sum_{i=1}^n \ln \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji} - \sum_{i=1}^n \ln y_i$$

則 $\sum_{i=1}^n \ln \varepsilon_i$ 確為 $\hat{\alpha}_j$ 及 $\ln x_{ji}$ 之線型函數，在樣本中， $\sum_{i=1}^n \ln y_i$ 一項為常數，故 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji}$ 之極小化亦能滿足 $\sum_{i=1}^n \ln \varepsilon_i$ 之極小化。又根據 Timmer [11] 之建議，為使問題簡化，可以 $\ln \bar{x}_j$ (j 投入因素之平均投入量) 取代 $\sum_{i=1}^n \ln x_{ji}$ (j 投入因素之總投入量)，如此推估 $\hat{\alpha}_j$ 之線性規劃問題成為：

$$\text{目標函數：Min: } \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \ln \bar{x}_1 + \hat{\alpha}_2 \ln \bar{x}_2 + \dots + \hat{\alpha}_m \ln \bar{x}_m$$

限制式：S. T.

$$\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \ln x_{11} + \hat{\alpha}_2 \ln x_{21} + \dots + \hat{\alpha}_m \ln x_{m1} \geq \ln y_1$$

.....(4)

.....

$$\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \ln x_{1n} + \hat{\alpha}_2 \ln x_{2n} + \dots + \hat{\alpha}_m \ln x_{mn} \geq \ln y_n$$

$$\hat{\alpha}_j \geq 0$$

求得 $\hat{\alpha}_j$ 之最適解後， $\ln y_i = \sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji}$ 即為邊界生產函數。

上述所求得之邊界生產函數為確定型邊界 (Deterministic frontier)，為避免極端樣本觀察值對生產邊界推估之影響，可採機率邊界生產函數 (Probabilistic frontier production function)，則式(3)變為機率形式，即

$$p_r \left(\sum_{j=0}^m \hat{\alpha}_j \ln x_{ji} \geq \ln y_i \right) > p \quad \dots \dots \dots (5)$$

其中, p 為預設機率值, 例如 98%。在實際推估生產邊界時, Timmer[11]提出兩種處理方式: (1)允許(100-p)%的觀察值大於生產邊界, 即去除大於邊界超過(100-p)%之觀察值; (2)逐一去除觀察值, 直到推估而得之係數 \hat{a}_j 穩定為止, 此兩種方式均能克服極端值造成之資料問題。

由此可見, $\ln e_i$ 為 i 家農場之實際產量 ($\ln y_i$) 與最大產量 ($\ln y_i^*$) 之差距, 一般可視為個別農場管理能力之差異。

因此, 求 \hat{a}_j 值使 $\sum_{i=1}^n \ln e_i$ 為最小, 實已隱含農場管理因素在內。故以邊界函數觀念推估生產函數, 實已將土地、勞力、資本及管理四大因素均包含在內, 可正確瞭解農業生產之技術與管理狀態。至於 Translog 生產函數的形式, 則如下式所示:

$$\begin{aligned} \ln y_i = & b_0 + b_1 \ln x_{1i} + b_2 \ln x_{2i} + \dots + b_n \ln x_{ni} + b_{12} \ln x_{1i} \ln x_{2i} + \\ & b_{13} \ln x_{1i} \ln x_{3i} + \dots + b_{1n} \ln x_{1i} \ln x_{ni} + \frac{1}{2} b_{11} (\ln x_{1i})^2 + \\ & \frac{1}{2} b_{22} (\ln x_{2i})^2 + \dots + \frac{1}{2} b_{nn} (\ln x_{ni})^2 + \ln e_i \end{aligned} \quad (6)$$

其中 y_i 為 i 農家之產出, x_{ji} 為 i 家第 j 種生產因素投入量, e_i 為殘差項。當交互乘積項與平方項皆等於 0 時, Translog 函數則將演變成對數形式之 Cobb-Douglas 函數。而關於參數之推估方法, 則如同前述 Cobb-Douglas 生產函數的推估方式。

由於 Translog 生產函數考慮了生產因素間的交互影響, 較 Cobb-Douglas 模式更具包容性及一般化, 故本文乃採用 Translog 模式進行機率邊界生產函數之推估。

四、實證分析

(一) 樣本資料

為瞭解宜蘭縣冬山鄉茶葉生產概況, 以便進一步之分析, 本研究乃利用問卷調查方式進行資料的蒐集, 調查實施的期間為民國八十五年九月中旬至下旬, 拜訪當地茶農四十餘戶的結果, 共獲得有效樣本 37 份。

由於宜蘭縣冬山鄉之茶區分佈零散, 不同地區之產量及生產規模差異性大, 為使調查結果更具有代表性, 本調查採用立意抽樣法, 選取宜蘭縣冬山鄉茶產量最多且產區較為集中的中山村為抽樣母體, 隨機拜訪茶農共計 30 戶, 得有效問卷 27 份。此外, 為瞭解冬山鄉其他地區茶葉生產狀況, 亦於產量僅次於中山村, 但產量不多的蚊子坑及武荖坑地區進行訪問調查。由於該地區人口稀疏且分散, 在人力及物力的限制下, 僅獲 10 份有效問卷。本問卷調查項目分為下列三大部份:

1. 基本資料: 包含茶農之性別、年齡、學歷、職業、家中務農人數, 加入產銷班的情況及個人對政府法規、加入 WTO 後對臺茶的展望和看法等。在加入產銷班的情形及看法等問項中, 係採開放式答題方式, 讓茶農自由發揮。
2. 生產問項: 此部份為茶農的茶產量、銷售量、生產成本、生產費用、農機具有關生產之調查。因茶戶的產量互異, 且季節不一, 故採開放式的作答。
3. 銷售問項: 此部分調查茶農之茶葉銷售管道、運輸方式、價格訂定和銷售的分配等, 都採用封閉式或二階段的封閉式問答, 而最後再採開放式作答, 提出茶進口後而茶農的因應措為何。

經初步資料處理結果，發現樣本茶戶大多擁有自己的茶園及茶廠，僅有極少數為承租戶。然樣本茶戶之經營規模差異頗大，在種植面積方面，平均數為 2.01 公頃，高於全國平均每戶耕地面積，但樣本標準差竟高達 1.21 公頃。由於種植面積與產量具高度相關性，故各樣本茶戶之年產量亦差距相當大。

在勞動投入方面，樣本茶戶每戶平均有 3 人投入生產工作，且大多來自家庭成員，僱工僅佔極少的比率。本研究以人工小時為調查單位，包含自給人工及僱用人工，其將作為衡量勞動投入要素的變數。此外，本研究在推估冬山鄉茶葉生產函數時，將以農業機械的淨值，取代生產要素中的投入資本。而茶葉生產與製造的過程中，所使用的農業機械種類繁多，概略可分為茶園生產及茶廠製茶所需的兩大類機械。故本研究查訪茶農所擁有之農機種類、台數、購入價格、耐用年限及已用年限等資料，據以估算當期茶農的投入資本。而本研究在推估生產函數時，將把價格資料(當年購入價格)以消費者物價指數進行平減。茲將問卷調查結果與生產函數推估相關的重要統計資料彙整如表 1。

(二)實證模型與結果

進行生產函數的推估，有助於投入要素與產量間關係的瞭解，若能善用生產要素的組合與配適，除能提高農場的生產量外，亦能促成生產成本的降低，進而提升農場的競爭能力。為推求宜蘭縣冬山鄉茶葉之生產函數，本研究以問卷調查所得之 37 份有效樣本資料，採用 Translog 函數式進行推估，其目標函數及限制式分別如下：

目標函數極小化：

$$\begin{aligned} & \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 \ln \bar{M} + \hat{\delta}_2 \ln \bar{L} + \hat{\delta}_3 \ln \bar{K} + \hat{\delta}_{12} \ln \bar{M} \ln \bar{L} + \\ & \hat{\delta}_{13} \ln \bar{M} \ln \bar{K} + \hat{\delta}_{23} \ln \bar{L} \ln \bar{K} + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{11} (\ln \bar{M})^2 + \\ & \frac{1}{2} \hat{\delta}_{22} (\ln \bar{L})^2 + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{33} (\ln \bar{K})^2 \end{aligned} \dots\dots\dots (7)$$

$$\begin{aligned} & \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 \ln M_i + \hat{\delta}_2 \ln L_i + \hat{\delta}_3 \ln K_i + \hat{\delta}_{12} \ln M_i \ln L_i + \\ & \hat{\delta}_{13} \ln M_i \ln K_i + \hat{\delta}_{23} \ln L_i \ln K_i + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{11} (\ln M_i)^2 + \\ & \frac{1}{2} \hat{\delta}_{22} (\ln L_i)^2 + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{33} (\ln K_i)^2 + \ln a_i \geq \ln Y_i \end{aligned}$$

限制式：

$$\hat{\delta}_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, 37 \text{ 農場}) \dots\dots\dots (8)$$

其中，Y：生產量(單位：公斤)

M：勞動投入(單位：人工小時)

L：種植面積(單位：公頃)

K：投入資本(單位：元)。

為避免樣本極端值對生產邊界推估造成影響，本研究採 95%之預設機率值，將(8)式轉換為機率形式，即去除大於生產邊界超過 5%之觀察值，使(8)式之機率值大於 95%。當求得各 $\hat{\delta}$ 之最適解後，即可推求機率邊界生產函數如下：

$$\begin{aligned} \ln \hat{Y}_i = & \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 \ln M_i + \hat{\delta}_2 \ln L_i + \hat{\delta}_3 \ln K_i + \hat{\delta}_{12} \ln M_i \ln L_i + \\ & \hat{\delta}_{13} \ln M_i \ln K_i + \hat{\delta}_{23} \ln L_i \ln K_i + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{11} (\ln M_i)^2 + \frac{1}{2} \hat{\delta}_{22} (\ln L_i)^2 + \\ & \frac{1}{2} \hat{\delta}_{33} (\ln K_i)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (9)$$

由於冬山鄉茶葉生產的最終產品為茶乾，故上述模式所使用之生產量資料係為茶乾而非茶菁。在生產投入要素方面，資本投入係以農機淨值作為代理變數，其包含了兩大部分，第一部份為田間管理方面之機械，第二部為製茶及用於保存茶葉品質之機器設備，共計有 14 種農機。而農機資本的計算，乃是採會計之直線折舊法，先提列出各項農機的折舊，再以農機之購入市價扣除折舊算出農機之淨值，進而將得到的農機具淨值以八十年為基準的消費者物價指數進行平減，得到實質的資本額。在勞動要素投入方面，係以宜蘭縣冬山鄉受訪茶農農場之工作時數為變數，單位為人工小時，包含自給人工和僱用人工兩種。而種植面積方面，則為受訪茶農茶園的耕種面積，以公頃為計算單位。此外，有關管理技術之因素，則以生產函數模型的殘差值，作為各農戶管理技術之差異項。

採用 Translog 生產函數推估的優點為其模式較具包容性，但缺點為計算繁瑣且困難，本研究為簡化計算並使模式具有解釋力，故僅採(9)式部份之參數項進行估計，在去除大於生產邊界超過 5% 的 3 筆樣本資料後，所求得較穩定且具解釋意義之 95% 機率邊界生產函數式如下：

$$\ln \hat{Y} = 1.134798 \ln M + 0.049924 \ln L * \ln K - 0.03544 (\ln M)^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

上述生產模式意味著當勞動投入增加時，產量為正向之增加，但是產量卻與勞動投入之平方成反比，即勞動的投入量有其限制，當投入過多的勞動時，可能不僅無法使產量增加，反而使產量減少。此外，產量與耕種面積及投入資本之乘積呈正向關係，即耕種面積與投入資本之交互乘積項顯著，表示二者具有交互作用。

(三) 管理因素及生產效率之衡量

傳統文獻在生產函數的推估方面，大多僅就土地、勞力及資本三項投入因素推估生產函數，因而在研究分析上有其限制。而運用邊界函數觀念推估的生產函數，實已將土地、勞力、資本及管理四大生產要素涵蓋在內，可正確瞭解生產的技術與管理狀態，並補傳統推估方法之不足。

表 1 本研究調查與生產函數推估相關之統計資料

項目	單位	平均數	標準差	最小值	最大值
產量	公斤/年	3634	2607	130	11800
種植面積	公頃	2.01	1.21	0.19	5.33
勞動	小時/年	15674	11230	3712	62400
資本	元	370719	100517	0	525137

關於管理因素之推估方法，以邊界生產函數之概念而言，係將管理因素以模型單邊殘差項作為各農戶管理技術之差異，因此個別農場管理因素($\ln \hat{\varepsilon}_i$)之推估，可由邊界生產函數所推估之各農場最大產量($\ln \hat{y}_i$)與實際產量($\ln y_i$)之差距求得，即 $\ln \hat{\varepsilon}_i = \ln \hat{y}_i - \ln y_i$ 。至於其估計值的實際推算方式，則係利用(10)式之 95% 機率邊界生產函數，將個別農場之實際勞動投入(M)、種植面積(L)及投入資本(K)的數值資料代入，而求得各農場之最大產量($\ln \hat{y}_i$)，再將各農場實際產量(Y)取自然對數求得 $\ln y_i$ ，則個別農場管理因素即為 $\ln \hat{y}_i$ 減去 $\ln y_i$ 。

在估計 95% 機率邊界生產函數時，為避免極端值對模式推估造成影響，模式僅允許 5% 之觀察值大於生產邊界，而依本研究測試結果，發現大於生產邊界之觀察值超過 5%，故於 37 個樣本中刪除 3 個觀察值後，僅餘 34 個觀察值進行模式與管理因素之推估。將最大產量推估值減去實際值後，可推得每農戶不同之管理數值，數值愈小者表管理能力愈佳；反之，數值愈大者表管理能力有待改進。在模式所允許超過生產邊界之 5% 範圍內，有兩家樣本農戶之管理數值為負，表其實際產量超過理論的最大產量，顯示此二農戶的管理或技術能力極佳。

本研究所推算之各農場管理數值($\ln \hat{\varepsilon}_i$)，雖可作為各農場間之比較參考，但其為絕對數值，在比較衡量上缺乏客觀及一致的標準。有鑑於此，本文乃提出一套生產效率指標 y_i / \hat{y}_i ，用以衡量農場經營效率之優劣，其中 y_i 為各農場的實際原始產量值，而 \hat{y}_i 為各農場的最大估計產量，二者相除的結果，可表示各農場實際產量在四種生產要素的投入下已達最大產量的比例，而 $1 - (y_i / \hat{y}_i)$ 則為各農場仍須朝向最大產量努力的部份。由於在短期內，農場之土地、勞力及資本不易變動，惟有技術或經營管理方式可以改善，故在其他條件不變下，欲提高生產效率，管理實為關鍵因素。至於生產效率與管理因素之關係，可用數學式表示如下：

$$\ln \hat{\varepsilon}_i = \ln \hat{y}_i - \ln y_i \dots\dots\dots (11)$$

$$\ln \hat{\varepsilon}_i = \ln \frac{\hat{y}_i}{y_i} \dots\dots\dots (12)$$

$$\hat{\varepsilon}_i = \frac{\hat{y}_i}{y_i} \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{y_i}{\bar{y}_i} = 1/\hat{\alpha}_i \dots\dots\dots (14)$$

利用上述本文所研提之生產效率指標，進行冬山鄉樣本茶戶生產效率之估算，所得結果整理如表 2 之次數分配表，其中最小值為 0.17，最大值為 1.23，平均值為 0.6。而由表中可看出，除了指標值大於 1 的部份外，其次數分配大致呈對稱之分配。

表 2 樣本茶戶經營效率次數分配

經營效率區間	百分比
$0.1 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.2$	3.0 %
$0.2 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.3$	9.1 %
$0.3 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.4$	6.1 %
$0.4 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.5$	12.1 %
$0.5 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.6$	21.2 %
$0.6 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.7$	18.2 %
$0.7 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.8$	12.1 %
$0.8 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 0.9$	9.1 %
$0.9 \leq \frac{y_i}{\bar{y}_i} < 1$	3.0 %
$\frac{y_i}{\bar{y}_i} \geq 1$	6.1 %

整體而言，雖有 30% 樣本茶戶之生產效率達 0.7 以上，但仍有 30% 之茶農生產效率未達 0.5，其技術與管理能力有待加強。此外，經卡方檢定的結果(顯著水準 0.05)，發現生產效率的高低，與農場的種植面積並無關聯，此意味著農場的生產效率不會受到農場規模的影響。

五、結論

本文運用機率邊界之理論，以宜蘭縣冬山鄉茶葉生產為例，進行機率邊界生產函數之推估，探討要素投入組合對產量之影響。而生產函數的推估，有助於投入要素與產量間的關係，若生產要素配適得當，除可提高農場生產量外，亦可達降低生產成本的效用，進而提升農場的競爭能力。此外，本研究除利用所推估的生產函數進行各農場管理因素的評估外，亦研提一套衡量農場生產效率的指標，以作為農場間經營管理之客觀與一致的比較標準。

(一)重要發現

本研究以 Translog 函數形式進行生產函數的推估，並進行包括土地、勞動、資本及管理四大生產要素之探討。茲將勞動投入、種植面積與投入資本與產量間的配置關係，以及對各農場管理因素與生產效率的衡量結果分述如下：

1. 勞動因素：在勞動投入方面，其生產函數的係數為 1.134798，和產量間呈正向的關係，而勞動投入的平方項，其係數為 -0.03544，和產量間呈反向的關係，可知若勞動的投入量增加，其產量也會隨著提升，但等到勞動量超過某飽和點時，即投入過多的勞動時，會呈現所謂「人多手雜，愈幫愈忙」的情況，將造成勞動投入愈多，產量反而愈少的情形。
2. 耕種面積與資本交互因素：在這兩項因素方面，係以耕種面積與投入資本之交互乘積項推估與產量間的關係，此項係數為 0.049924，和產量間呈正向關係。
3. 管理因素：本研究係將管理因素對產出之影響歸入殘差項，可經由推估值減去實際值後，得到每一戶不同之管理數值。在模式所允許超過生產邊界之 5% 範圍內，有兩家樣本農戶之管理數值為負，表其實際產量超過理論的最大產量，顯示此二農戶的管理或技術能力極佳。
4. 生產效率：樣本茶戶之平均生產效率為 0.6，最大值為 1.23，最小值卻僅有 0.17，顯示農場經營管理能力差距頗大。雖有 30% 樣本茶戶之生產效率達 0.7 以上，但仍有 30% 之茶農生產效率未達 0.5，其技術與管理能力有待加強。此外，經檢定結果，發現生產效率與農場規模間並無關聯性存在。

(二)研究限制

運用機率邊界生產函數的觀念，可同時探討四大生產要素對產量之影響，可確實掌握農場的生產及經營管理狀況。該研究方法為避免函數之推估受極端值之影響，乃利用機率型線性規劃法進行估算，然其缺點為此機率值可任意選取，且所估計的參數不具備統計檢定的意義，無法確知生產因素貢獻的顯著性為何。此外，由於冬山鄉幅員遼闊，茶園分佈分散，限於人力及物力因素，本研究調查僅獲 37 份樣本茶戶資料，故在進行模式之推估時，難免有所偏差，然本文所提之分析方法，可供後人做進一步之研究與探討。

謝 誌

本研究為 85 學年度指導本校農業經濟科學生專題研究成果，感謝王鳴增、何芍芃、楊嘉雯、陳淑娟及陳盈斐等人問卷調查及協助研究之辛勞，以及宜蘭縣冬山鄉農會熱心協助與提供寶貴資料，在此一併申謝。

參考文獻

1. 彭作奎(1986)，「機率邊界生產函數推估之理論與實證」，農業經濟半年刊，第三十九期，第 17-31 頁。
2. Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Production efficiency", Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General 120, part 3, pp. 253-281.
3. Aigner, D. J., Chu, S. F. (1968), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models", Journal of Econometrics, 6:1(July), pp. 21-37.
4. Trimmer, C. P. (1971), "Using Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency", Journal of Political Economics, 79:779-794.
5. Afriat, S. N. (1972), "Efficiency Estimation of Productions Functions", International Economic Review 13:3(October), pp. 568-598.
6. Richmond, J. (1974), "Estimating the Efficiency of Production", International Economic Review.
7. Greene, W. H. (1980), "Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Function", Journal of Econometrics, 13:1(May), pp. 27-56.
8. Meeusen, W., Van de breek, J. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error", International Economic Review, 18:435-444.
9. 傅祖壇、詹滿色(1990)，「台灣記帳農場之隨機性生產邊界及技術效率分析」，台灣土地金融季刊，第 27 卷第 3 期，第 125-142 頁。
10. 薛琦、周治邦(1984)，「Farrell 衡量效率之方法與台灣的實證分析」，中國經濟學會年會論文集。
11. 彭作奎、詹滿色(1986)，「台灣牛乳生產之技術效率與其影響因素之分析」，農業金融論叢，第 16 期，第 29-38 頁。

87 年 7 月 17 日 收稿

87 年 8 月 4 日 接受