

國立政治大學社會科學院經濟學研究所

碩士論文

臺灣各行政區農業生產力與效率分析－

Färe-Primont 生產力指數之應用



趙品堯

指導教授：李文福 博士

中華民國 108 年 1 月

## 摘要

本研究針對台灣本島與澎湖縣共 20 個行政區，取其自民國 88 年到 105 年的農牧業生產相關資料，進行生產力及效率分析。主要利用 Färe-Primont 總要素生產力效率指數(total factor productivity index, TFPI)及其拆解項，對台灣農牧業生產的各方面進行研究，分別為平均總要素生產力效率(total factor productivity efficiency, TFPE)及其拆解項結果、效率變動情形、交叉比較效率值與效率排名、技術與效率變動關係，最後再比較純農業與農牧業於生產效率的異同。

實證結果如同一般大眾印象，中南部的農牧業生產效率是較為突出的，從平均 TFPE 及其拆解項結果可以發現，中長期的生產規模規劃能力對大部分行政區而言是個課題；效率變動情形則告訴我們，各行政區對產品組合的選擇都是較適當的，且農牧業生產技術於觀察期間有明顯進步；交叉比較效率值與排名更進一步印證了效率的相對概念；技術與效率變動關係則顯示，農牧業從業人員在面對技術進步時，生產對策的應對稍顯不足，導致技術變動與效率變動呈現負相關。最後純農業與農牧業生產效率比較的部分，除了發現嘉義市於純農業生產處在大幅領先的位置外，也發現大部分行政區的純農業生產效率是低於農牧業的。

關鍵字：效率、生產力、農業、Färe-Primont TFP 指數

## Abstract

The objective of this study is to assess productivity and efficiency of the agriculture sector across twenty districts in Taiwan during 1999 to 2016. For this, we use the Färe-Primont total factor productivity index (TFPI) to study all aspects of Taiwan's agricultural production, including the total factor productivity efficiency (TFPE) and its components (OTE, OME, ROSE), and TFPI and its components (dTech, dOTE, dOME, dROSE). In addition, this study also investigates the relationship between technology and efficiency change.

The empirical results are like the general public impression. The production efficiency of agriculture in the south-central region is more prominent. From the average TFPE and its components, it can be found that the long-term production scale planning ability is a topic for most administrative districts; TFPI tells us that the choice of product portfolio is more appropriate in each administrative region, and the agricultural and livestock production technology has made significant progress during the observation period; the relationship of technology and efficiency changes shows that when the agricultural and livestock industry practitioners face technological progress, the response to production countermeasures is slightly insufficient, resulting in a negative correlation between technological changes and efficiency changes.

Keywords: Efficiency, Productivity, Agriculture, Färe-Primont TFP index.

## 目錄

1. 緒論.....	1
2. 理論基礎.....	4
2.1 生產力與效率.....	4
2.2 距離函數.....	9
2.3 DEA 簡介.....	11
2.4 Färe-Primont TFP 指數.....	13
3. 資料說明.....	16
3.1 產出變數.....	17
3.2 投入變數.....	18
3.3 產出及投入變數基本統計量.....	19
4. 實證結果.....	23
4.1 各行政區平均 TFPE 及其拆解項的比較.....	23
4.2 行政區與各期間 TFPI 狀況.....	27
4.2.1 行政區 TFPI.....	27
4.2.2 TFPI 的時間趨勢.....	31
4.3 效率值與效率排名的交叉比較.....	33
4.4 生產力、技術與效率變動關係.....	36
4.5 純農業部門狀況.....	38
4.5.1 各行政區純農業的 TFPE 與拆解項的比較.....	38
4.5.2 行政區純農業 TFPI 狀況.....	40
4.5.3 純農業的技術變動與效率變動關係.....	42
5. 結論.....	43
參考文獻.....	45

# 1. 緒論

根據吳聰敏(2003)，自荷蘭佔據台灣並發現可在此種植貿易商品後，便開始採取獎勵耕種政策並開墾荒地用以生產蔗糖，主要出口對象為日本及波斯；西元 1662 年鄭成功擊退荷蘭人後，為養活帶來的大量軍隊人口，開始將農業重點轉向稻穀；到了清領時期，台灣主要貿易對象為中國內地，直到 1858 年簽訂天津條約規定台灣開港通商後，貿易對象擴大，造成茶業興起；其後又到了日治時期，1900 年代由於新式製糖廠接連設立，砂糖產業的發展很快地超越茶業，甚至於 1930 年奪得當時日本全國各行政區域產量的首位。時間來到 1920 年代，日人磯永吉研發改良的蓬萊米成為當時糧食外銷的主要產品，日本人也在各地設立農會，用以推廣農業技術。國民政府來台之後，農業占整體經濟的重要性逐漸降低，GDP 占比從 1951 年的 32.3% 降至 2000 年的 2.1%，相對的工業於 1951 至 1981 年間 GDP 占比從 21.3% 增至 45.5%，1981 年之後便是服務業的蓬勃發展，2007 至 2017 年間農業占 GDP 比重平均降至 1.7%，農業不再是台灣的經濟重心。

行政部農業發展委員會早已注意到農業的發展狀況，並開始策畫農業轉型，如 1970、1980 年代的觀光果園，1990 年代休閒農業轉型等等，旨在利用結合不同產業的方式提高農業產值。為解決嚴重的農業勞動力不足問題，農委會亦與教育部國民及學前教育署共同推動「獎勵高中從農方案」，鼓勵年輕學子選讀設有農場經營科的高中，並於部分大學相關科系開辦公費專班，目的在於緩解農業平均每年缺工九萬人的窘境。

從上述簡單的台灣農業發展史可以發現，農業在 GDP 占比雖日漸降低，但其對台灣地區的發展還是有很重要的奠基作用。在自由貿易盛行的現在，各類型生產活動的專業化愈發重要，從前自給自足的生產業態已不適用，以農業而言，要如何在「土地」這一投入要素受限的情況下做到最大的產出更顯重要，換言之，就是提高生產力。

農業生產力對人類而言一直是個重要的課題，以全球的角度來說，隨著醫療

科技進步，人類愈發長壽，世界人口呈現超乎想像的成長，若要供應這爆炸的人口，提升農業生產力是必要的。以經濟體轉型的角度來看，提高農業生產力能夠解放投入農業生產的資源，諸如人力、土地和資本等，使需要重點發展的產業能夠得到更多的資源投入，對於政府的決策亦有幫助。

經濟理論中，生產力的改善主要由技術進步和生產效率提升來帶動，技術進步指的是擴大原有投入下的最大潛在產出，這可透過增加相關知識和研發新品種等方式達成。舉例來說，政府可利用補貼教育和研究開發等政策刺激產業的技術進步。而生產效率則是藉由去除製程中的錯誤達到最大的產出投入比，經濟學是一門做選擇的科學，決策者必須在受到限制的情況下想辦法做出對自己最有利的決定，當受到的限制相同時，能夠取得相對高報酬的選擇即被視為有效率的選擇，生產製程的除錯就是透過減少做出錯誤選擇來改善整體生產效率。

在學術研究上有兩種方法常用以分析生產效率與生產力，分別為資料包絡分析法 (data envelopment analysis, DEA) 及隨機邊界分析法 (stochastic frontier approach, SFA)。二者本質上均為利用實際投入產出資料建構生產邊界 (production frontier, PF)，再藉由比較觀察點與生產邊界得出生產效率的方法，差別在於 SFA 使用類似迴歸的方式，將廠商的「自身無效率項」與「其他隨機變數」二者視為使觀察點偏離生產邊界的誤差，在建構模型時需假設二者的各種參數，而 DEA 則是單純地透過衡量某一生產結果與生產邊界間的距離來判斷生產是否效率，為一不需要參數即可估計的方法。DEA 衡量生產行為的方式與效率的核心概念很接近，都是利用相同產業中其他廠商生產資料來得到自身效率的衡量標準，在使用上更加方便，且學術研究上應用也較多，故本文採用其作為分析的理論基礎。

現今個體經濟大多以複合產出及複合投入的方式進行生產，根據 Jorgenson and Griliches(1967)，在此情況下的生產力稱為總要素生產力 (total factor productivity, TFP)，TFP 代表的是每一單位總投入能生產多少單位的總產出，即總產出與總投入的比值。而總要素生產力指數 (TFP index, TFPI) 則代表兩個相互比較



的個體或時點之 TFP 比值，在這個定義下，TFPI 亦可被視為產出指數與投入指數的比值，經濟意義上這種解析方式可解釋為 TFP 的成長是由產出成長減去投入成長而得，當產出成長率大過投入成長率時 TFP 將改善，反之則下降。O'Donnell(2008)將此種解析特性稱為 *multiplicatively complete*。

TFP index 根據不同學者的定義發展出多種計算方式，自 Caves et al.(1982)利用 Malmquist(1953)的概念發展出 Malmquist TFP index，並將其應用到 DEA 的分析中開始，此種指數開始被大量使用於各種產業的效率分析研究，如 Kortelainen(2007)用於比較歐盟各國環境工程成效、Barros(2004)及 Barros(2005)則是關於葡萄牙零售產業鏈與國有旅館的經營效率、Murillo-Melchor(1999)探討了西班牙機場使用效率、Berg et al.(1992)則是研究挪威銀行於 1980-1989 年放鬆管制期間生產力成長…等。應用於農業的文章也有很多，如 Mao and Koo(1997)將改革開放後的中國農業成長做為研究標的、Coelli and Rao(2005)比較了 93 個農業產出和人口較多之國家的農業生產力成長、施孟隆等(2004)則探討政府支出及人力資本與台灣各縣市農業生產力關係。

然而根據 O'Donnell(2010, 2011a, 2012)，Malmquist TFP index 應用於經濟分析上並不完善，其對於分析 TFP 的變動存在某些問題。不同於 Laspeyres, Paasche, Fisher, Törnqvist, and Hicks-Moorsteen 等計算方法，Malmquist TFP index 在計算上僅使用到產出或投入導向其中一種，故不滿足 *multiplicatively complete* 特性，這不僅與傳統 TFP 為產出投入比的概念不同，且在解析產出投入比例時會有障礙。又上述所有類型的指數均不滿足遞移性(*transitivity*)，故只能應用於兩兩比較的情況，即兩家廠商直接比較的結果與透過第三者比較結果會有不同，對於多邊比較是不方便的。與這些指數相比，由 Färe and Primont(1995)提出的 Färe-Primont TFP index 不僅可進行變動來源的解析，亦同時具備遞移性，使其在經濟分析上更有說服力。近年來有許多關於農業生產力的研究亦使用到 Färe-Primont TFP index，如 Islam et al.(2014), Khan et al.(2015)以澳洲作為研究標的，Widodo et

al.(2017)則研究印尼，Bachewe et al.(2015)觀察了伊索比亞，黃禕等(2014)和葛靜芳等(2016)討論了中國農業，歐洲部分則有 Đokić et al.(2017)探討歐盟和 Dakpo et al.(2016)以法國為研究對象。綜上所述，在世界各國的研究均逐漸可以看到 Färe-Primont TFP index 的影子，惟台灣尚未有將其應用於農業相關的研究。

本文以資料較齊全的台灣本島及澎湖縣共二十個行政區作為研究標的，以各類種植作物代表農業、肉品蛋類代表牧業，再將此二類加總得到之農牧業生產相關資料用 DEA 輔以 Färe-Primont TFP index 分析，從平均效率值、效率變動和效率排名等方面觀察台灣農牧業的生產狀況。以下將於第二章進一步說明效率概念、DEA 計算過程和 Färe-Primont TFP index 的結構，於第三章說明資料出處與處理方式，於第四章呈現實證結果，並在第五章作出結論。

## 2. 理論基礎

### 2.1 生產力與效率

生產理論的基本假設為「沒有免費的午餐」，欲得產出必須先有投入。投入要素生產力代表每一單位投入能製造的產出，在簡單的單一投入(x)單一產出(y)假設下，要素生產力定義如下：

$$Productivity = \frac{y}{x} \quad (1)$$

然而現實生產已少有單一投入產出的情況，故在複合投入產出之下需要對生產力的計算進行調整，而生產力又根據計算放入的投入延伸出偏要素生產力 (partial factor productivity, PFP)及總要素生產力(TFP)兩種，數學式如下：

$$PFP_i = \frac{Y(y)}{x_i} \quad (2)$$

$$TFP = \frac{Y(y)}{X(x)} \quad (3)$$

(2)、(3)式中 $x_i$ 代表第 i 種投入要素， $y, x$ 分別為原始產出、投入， $Y(\cdot), X(\cdot)$



為衡量總產出、總投入的函數，均具備非負向、非遞減、線性齊次等性質。

PFP 探討的主要為某一投入要素與總產出的關係，TFP 呈現的則是所有投入要素加總後的總投入與總產出的關係。如要觀察某一關鍵投入要素對總產出的關係可使用 PFP，但風險在於可能忽略其他重要投入要素造成的影響。例如欲比較勞動(labor)對總產出的影響，我們蒐集大國 A 國與小國 B 國的生產資料進行比較，則可能因為投入要素中包含土地這類大國明顯優勢的要素，造成兩國總產出顯著的差距，如此情況下則對 B 國的勞動生產力計算較為不利，故 PFP 之運用有其極限，若據以制定政策，恐形成扭曲的政策。

相對於 PFP 在使用上需要更繁複的操作及針對某特定投入要素的性質，TFP 納入所有投入要素的方式避免了上述的問題，更為全面的計算生產力，在學術上的應用也較多，故在本文將採用 TFP 作為主要討論的生產力，若未特別註明，則本文中出現的生產力一詞指的就是總要素生產力。

接著探討何謂「效率」，效率指的是生產者在同樣的限制下實踐自身潛在最大利得或最小成本的能力，且為相對比較的概念。Koopmans(1951)定義了生產技術效率與無效率的基本概念<sup>1</sup>，Farrell(1957)則進一步將效率分為技術效率(technical efficiency, TE)和配置效率(allocative efficiency, AE)與經濟效率(economic efficiency, EE)。技術效率旨在衡量生產者是否有效運用生產技術，藉由比較生產結果與生產邊界的差距得知，可從固定投入極大化產出與固定產出極小化投入兩個面向觀察；配置效率重點在於加入價格因素，評斷生產者是否選擇適當的產出或投入要素組合進行生產；上述兩效率均達成即滿足經濟效率，經濟效率最常見的應用為成本、收益、獲利效率。

圖 1 及圖 2 將更完整地說明技術效率及配置效率。

---

<sup>1</sup> 假設 $L(y)$ 為投入集合， $P(x)$ 為產出集合。

從投入面而言，若 $x' \geq x, x \in L(y)$ ，則 $x'$ 為技術無效率(inefficient)；

從產出面而言，若 $y' \leq x, x \in P(x)$ ，則 $y'$ 為技術無效率。

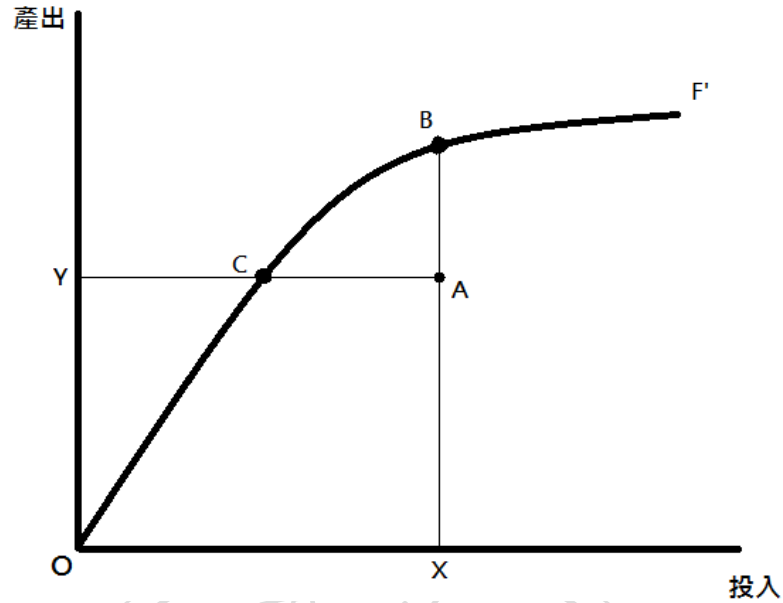


圖 1 技術效率

圖 1 中 OF' 曲線為生產要素在技術限制下可達到的生產邊界，線段以下至橫軸的區塊為生產可能集合，數學式如下：

$$production\ possibility\ set = [(x^t, y^t) | x^t\ can\ produce\ y^t] \quad (4)$$

B 點為固定投入在 X 時生產者的潛在最大產出，C 點為固定產出在 Y 時生產者的潛在最小投入。落在 OF' 曲線上的 B, C 兩點皆達到技術效率，不在線上的觀察點 A 屬於技術不效率，可從投入和產出兩方面探討其不效率，數學式如下：

$$TE_o = \overline{XA} / \overline{XB} \quad (5)$$

$$TE_i = \overline{YC} / \overline{YA} \quad (6)$$

(5) 式是從產出面描述 A 點的效率值，用實際產出與潛在最大產出的比值表示；(6) 式則從投入面描述 A 點的效率值，用潛在最小投入與實際投入的比值表示，投入面以此方式可使效率值小於 1，於比較上更為直觀。

圖 2 為探討配置效率，從經濟效率中的成本面出發進行討論。

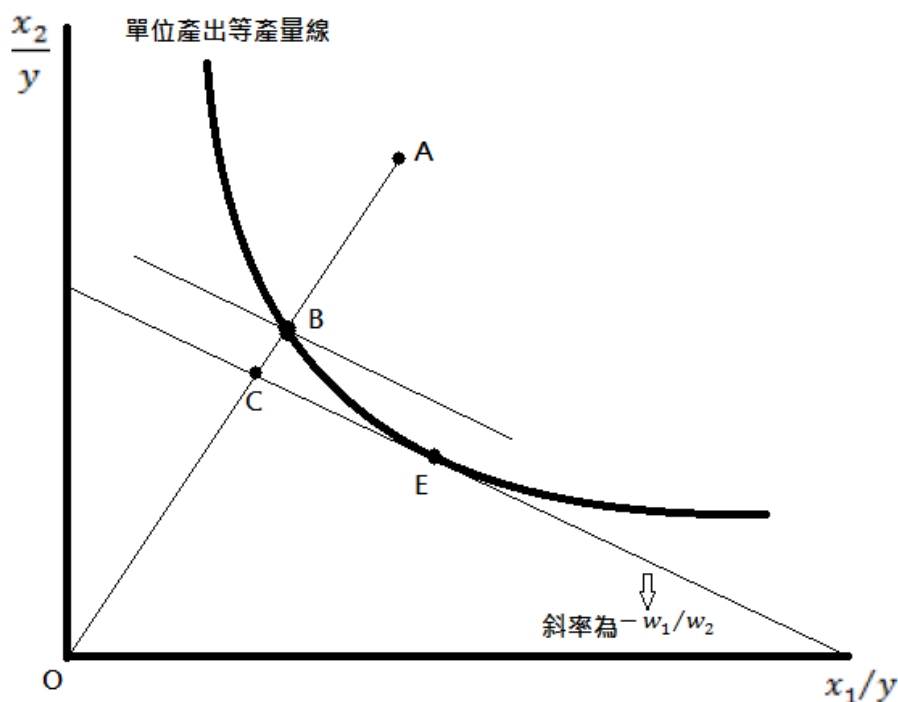


圖 2 經濟效率（以成本效率為例）

圖 2 假設固定規模報酬(constant returns to scale, CRS)，生產活動包含兩種投入 $(x_1, x_2)$ 及一種產出 $y$ ，單位等產量線(unit isoquant) BE 即為具有技術效率的投入組合點<sup>2</sup>。觀察點 A 位於投入集合內部，為技術不效率，而 B,E 點落在等產量線上，是技術效率點。 $(w_1, w_2)$ 為兩投入的價格，通過 C,E 與通過 B 點的兩條直線平行，為不同水準的等成本線，通過 C,E 值線的成本較通過 B 值線的成本低。

等產量線上的效率投入組合中，若廠商能夠尊重市場價格機能選擇要素組合，使得要素投入量滿足「兩投入邊際生產力比值（邊際技術替代率）等於兩投入價格比值（相對價格）」的條件，或「花在 $x_1$ 或 $x_2$ 的最後一塊錢都帶來相同的邊際生產力」的條件，則稱具有配置效率，即：

$$\frac{MP_1}{MP_2} = \frac{w_1}{w_2} \Rightarrow \frac{MP_1}{w_1} = \frac{MP_2}{w_2} \quad (7)$$

(7)式中邊際生產力比值為通過等產量線的點之切線斜率，在等產量線為曲線的情況下會有不同的值，配置效率即發生在要素邊際生產力比值等於要素價格

<sup>2</sup> 設生產函數為 $y = f(x_1, x_2)$ ，CRS隱含 $1 = f(x_1/y, x_2/y)$ 。

比的點上，如圖 2 中的 E 點。就經濟意義而言，配置效率指的就是生產者對於要素的配置比例(input mix or input ratio)是最適當的，即生產者在已知 $(w_1, w_2)$ 下能選擇對的 $(x_1, x_2)$ 數量及比例。因此，B 點雖達到技術效率但並未達到配置效率，因其要素比例不適當。

Farrell(1957)提出射線方式衡量效率，將經濟效率（如成本效率）拆解為技術效率與配置效率（或稱價格效率）之乘積。在圖 2 的假設下，最低成本為通過 CE 直線的成本，故 B 點屬於成本無效率，而觀察點 A 的成本效率值可分解為：

$$\text{cost efficiency} = \text{technical efficiency} \times \text{allocative efficiency}$$

$$\frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{OA}} \times \frac{\overline{OC}}{\overline{OB}} \quad (8)$$

生產力及效率之意義如前述，而它們值的高低或變動存在著一些關係，扼要討論如下。

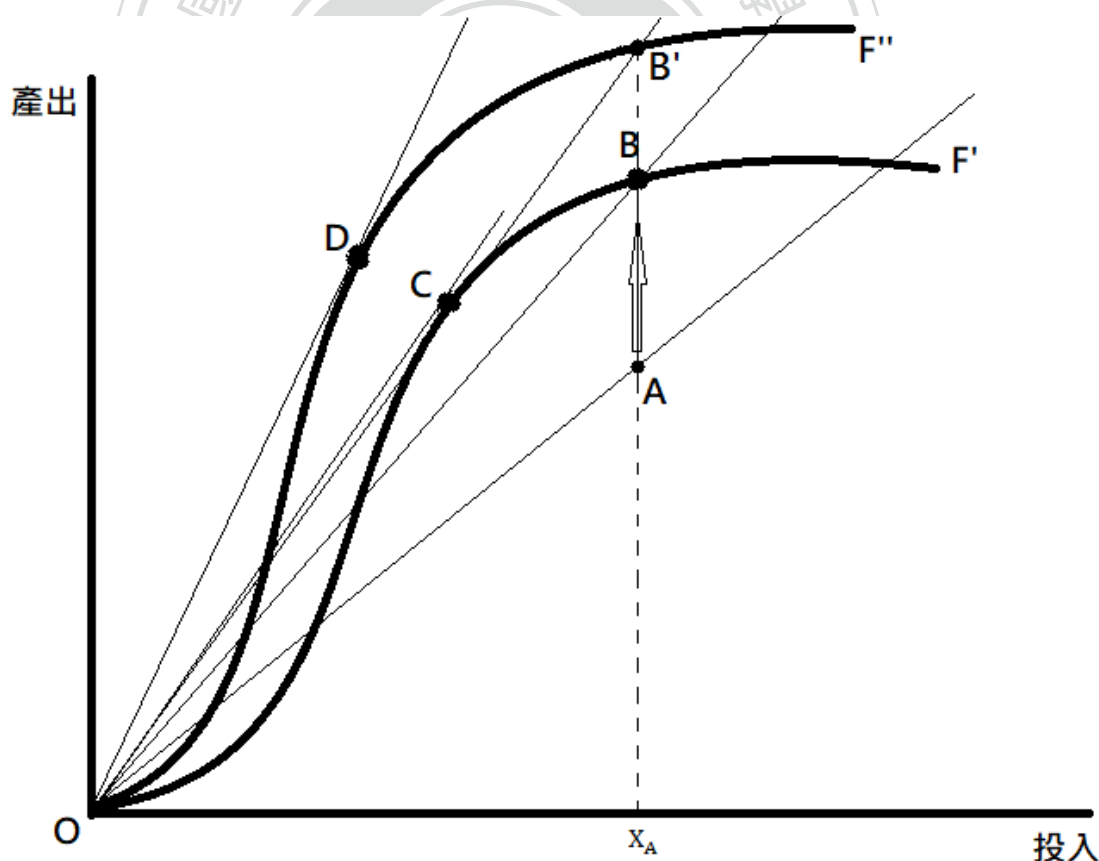


圖 3 生產力與效率

圖 3 中 F' 代表時點 t' 的生產邊界，A 為觀察點，B 點達到生產效率，C 則為

達到生產效率且極大化生產力的點。就觀察點 A 而言，其生產不具效率，廠商若從產出面改善效率，產量可調整至 B 效率點之水準，此時生產力也跟著提升，但 B 點的生產力並非生產者可達到的極限。從圖 3 可看出 B 點是處於變動生產規模(variable returns to scale, VRS)的規模報酬遞減階段，而生產力極大的生產規模應屬於 CRS，如 C 點。因此，比較 A, B, C 三點，可看出廠商達到生產效率與極大化生產力之間意義上的差別，同時亦可看出若廠商 A 欲提升生產力，一則可藉效率提升，二則可藉調整生產規模來達成。

此外，值得一提的是，在時間過程中，若時點 t 有技術進步(technical progress)現象，則生產邊界(效率前緣) F' 會擴張外移至 F''，因此， $X_A$  之潛在最大產量可由 B 提升至 B' 點，最大生產力規模(most-productive scale size, MPSS)亦隨之改變，由 C 點移動至 D 點。

## 2.2 距離函數

由上面的討論看來，要檢驗決策單位的生產效率最重要的是求得其潛在最大產出或最小投入，在傳統個體生產理論中常透過建構出一條生產函數，函數本身即為生產邊界，試圖利用此函數得到在各種生產要素組合下，廠商能夠生產的最大產量及使用的最少投入為何，但這僅限於單一投入產出。根據 Färe(1988)，當我們欲描述並比較複合投入產出的生產情況時應使用距離函數(distance function)的概念，故本節將對距離函數進行簡介。

假設有 K 家廠商進行共 T 期的生產活動，每家廠商使用的 N 種投入及生產的 M 種產出用下列數學式表示：

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N) \quad (9)$$

$$y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_M) \quad (10)$$

第 t 期的投入產出關係可用下式表達：

$$\psi_t = [(x^t, y^t) \in R_+^{N+M} | x^t \text{ can produce } y^t] \quad (11)$$

(11)式中的 $\psi_t$ 就是複合投入產出下第 t 期的生產可能集合，投入取向和產出

取向的距離函數則由下列二式表示：

$$D_i^t(x, y) = \max \left\{ \theta > 0 \mid \left( \frac{x}{\theta}, y \right) \in \psi_t \right\}, (x, y) \in \psi_t, \theta \geq 1 \quad (12)$$

$$D_o^t(x, y) = \min \left\{ \lambda > 0 \mid \left( x, \frac{y}{\lambda} \right) \in \psi_t \right\}, (x, y) \in \psi_t, \lambda \leq 1 \quad (13)$$

(12)式中的 $\theta$ 在數學意義上為「為使投入達到最小投入所除的值」，因實際投入一定不小於最小投入，故其值必不小於1；(13)式中的 $\lambda$ 在數學意義上為「為使產出達到最大產出所除的值」，因實際產出一定不大於最大產出，故其值必不大於1。 $\theta$ 與 $\lambda$ 可視作觀察點的效率值，通常為求分析方便，在使用投入面距離函數時會以 $1/\theta$ 表示效率值，使其數值小於1。

產出向距離函數具備對產出 $y$ 的非遞減（投入向則對投入 $x$ 非遞減）、一階齊次等數學性質，且當函數值為1即代表觀察點達到生產效率，此時 $\theta$ 與 $\lambda$ 值為1。我們將用圖4說明距離函數於圖形上的意義。

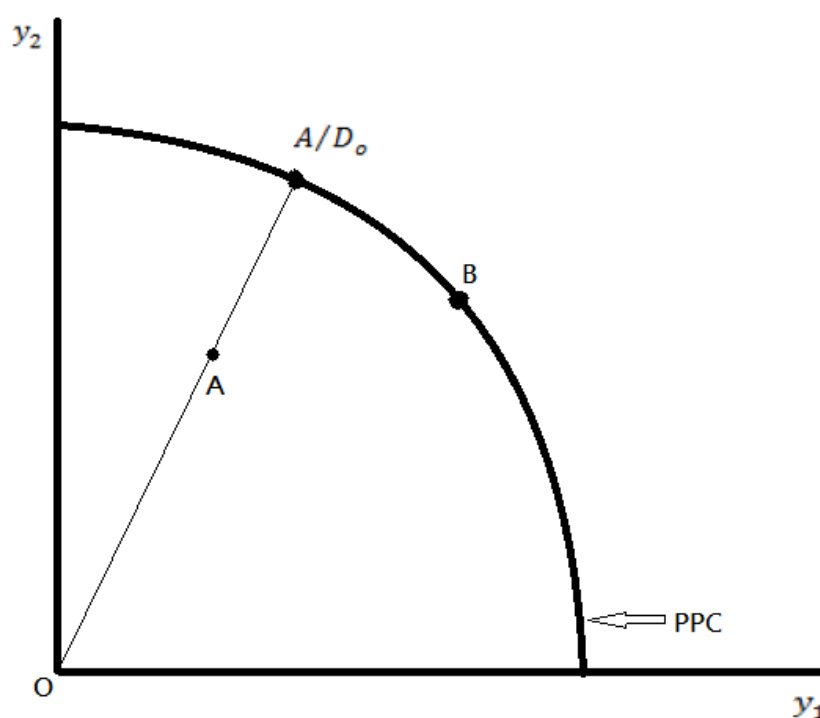


圖4 距離函數

PPC 為生產可能曲線(production possibility curve)，由生產可能集合最外圍的各點連線而成，A 為觀察點，B 為落於 PPC 上達到生產效率的點， $D_o$  為 A 點的



距離函數值，也是 A 點的效率值。同樣地，在 Farrell(1957)之射線技術效率假設下，A 點可藉由 $D_o$ 的調整達到生產效率，也就是位於 PPC 上的 $A/D_o$ 點，這與圖 1 中 A 點除以(5)式的 $TE_o$ 即可達到技術效率的 B 點是相同的概念。以上即為距離函數的簡介及運用方法，接著我們將對 DEA 的部分進行介紹。

### 2.3 DEA 簡介

如緒論中提到的，DEA 是一種只利用觀察點的投入及產出資料去建構一條生產邊界的線性規劃方法，我們可以藉由比較觀察點與生產邊界的距離來判斷此點的生產效率情況。此方法概念最早由 Farrel(1957)提出，並由 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)發展出多種產出的衡量，且以線性規劃求出生產邊界作為比較生產效率的方式，在他們的文章裡假設生產規模為 CRS，此種分析方式又被簡稱為 CCR。但實際上廠商的生產行為並非總是 CRS 的形式，Banker, Charnes, and Cooper (1984)中對 CCR 模式假設的固定規模報酬加以改動，將之改為 VRS 的形式，使模型更加貼近現實生產的情況，這種模式簡稱為 BCC，此亦為本文將使用的分析方式。

DEA 又可分為投入取向及產出取向，在投入取向 DEA 建構出的生產邊界為固定目標產出時，觀察點中最小投入量之邊界，產出取向 DEA 則是尋找在固定投入下能達到的最大產出量之界線，在假設生產規模為 CRS 時兩種取向的生產效率是相同的，但在 VRS 的情況下則不然。農牧業生產過程中投入的限制是比產出大的，從業人員往往是在有限的投入資源下試圖達到最大產出，例如土地即是農牧業生產中的一大限制，這項產業的本質就是將作物以不自然的方式聚集生產，對美國和俄羅斯這種佔地廣大的國家如是，對做為這次研究標的的台灣來說更加如此，故本文將採用產出取向的 DEA 方法進行分析。

假設在某一時點有 K 家廠商同樣以 N 種投入生產 M 種產出，對第 i 廠商來說，產出取向的 DEA 方法之包絡型線性規劃模型如下：

$$\begin{aligned}
& \max_{\lambda, z} \quad \lambda \\
\text{st.} \quad & \sum_{k=1}^K z_k y_{km} \geq \lambda y_{im}, \quad m = 1, 2, 3, \dots, M \quad \Leftrightarrow zY \geq \lambda y_i \\
& \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} \leq x_{in}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, N \quad \Leftrightarrow x_i \geq zX \\
& \sum_{k=1}^K z_k = 1, \quad \Leftrightarrow z\mathbf{1}_k = 1 \\
& z_k \geq 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \quad \Leftrightarrow z \geq 0 \quad (14)
\end{aligned}$$

其中

$y_{km}$  代表第  $k$  廠商第  $m$  種產出量的數值

$x_{kn}$  代表第  $k$  廠商第  $n$  種投入量的數值

$z_k$  代表第  $k$  廠商權重的數值

$y_i$  代表第  $i$  廠商產出的  $M \times 1$  向量；

$x_i$  代表第  $i$  廠商投入的  $N \times 1$  向量；

$Y$  代表共  $K$  家廠商產出的  $K \times M$  矩陣；

$X$  代表共  $K$  家廠商投入的  $K \times N$  矩陣；

$z$  為代表加權權重的  $1 \times K$  向量；

$\mathbf{1}_k$  為元素都是數值 1 的  $K \times 1$  矩陣；

$\lambda$  為一常數。

(14)式計算結果得到之 $z^*$ 為建構最具效率之理想廠商的權重， $z^*Y, z^*X$ 即為理想廠商的產出和投入，此處 $\lambda$ 為不小於 1 的常數， $\lambda - 1$ 是為第  $i$  廠商在固定 $x_i$ 的投入下可增進的產出比例， $1/\lambda$ 代表第  $i$  廠商的技術效率，其值介於 0 與 1 之間，另外值得一提的是，式中 $z\mathbf{1}_k = 1$ 的限制為確保比較廠商均屬同一規模，故不會將規模過大或過小的廠商納入比較。

## 2.4 Färe-Primont TFP 指數

如同 2.1 節提到的，TFP 為加總過後的總產出與總投入的比值，而隨著加總函數的不同也衍伸出各種定義的 TFP，根據 O'Donnell(2011b)，目前共有七種 TFP 的計算方式，分別為 Laspeyres, Paasche, Fisher, Lowe, Malmquist, Hicks-Moorsteen, 和 Färe-Primont，前四者的加總方式均為利用代表價格及數量之矩陣的內積，差別在於 Laspeyres 採用基期價格、Paasche 使用計算期價格，Fisher 為前兩者的幾何平均，而 Lowe 則是採用某一代表期的價格為基準進行加總。後三者則都是透過距離函數進行加總，其中 Färe-Primont 形式與 Lowe 相似，均以代表期作為標準計算生產力，差別在於 Färe-Primont 利用代表期的技術邊界計算距離函數。文中亦提到，Lowe 和 Färe-Primont indexes 對於經濟分析來說是這些指數型式中最理想的，因為這兩者滿足所有經濟相關的定理與檢定，如 identity axiom 及遞移性的檢定<sup>3</sup>，這使得二者用於跨期間不同廠商的效率計算能得到較可靠的結果。

Färe 和 Primont 定義的 TFP index 即根據(3)式的定義改寫，以固定  $\bar{t}$  期投入和產出  $(\bar{x}, \bar{y})$  為基準，利用同時具備非負向、非遞減、線性齊次等性質的距離函數計算，數學式如下：

$$TFP^t = \frac{D_o^{\bar{t}}(\bar{x}, y^t)}{D_i^{\bar{t}}(x^t, \bar{y})} \quad (15)$$

有了各期的 TFP 之後，接著比較的是不同期間 TFP 的變化，本文採用的方式是將欲比較的兩期 TFP 值相除的指數化進行比較，指數化的數值若大於 1 則表示 TFP 有進步，不僅在計算上比百分比容易，觀測上也可直覺地看出計算期相比基期進步或衰退的程度。Färe-Primont TFPI 可以下式計算：

$$TFPI^{t,t+1} = \frac{TFP^{t+1}}{TFP^t} = \frac{D_o^{\bar{t}}(\bar{x}, y^{t+1})}{D_i^{\bar{t}}(x^{t+1}, \bar{y})} \times \frac{D_i^{\bar{t}}(x^t, \bar{y})}{D_o^{\bar{t}}(\bar{x}, y^t)} \quad (16)$$

接著討論何謂總要素生產力效率(total factor productivity efficiency, TFPE)，根據 O'Donnell(2008, 2010)，TFPE 為 TFP 與當期可達到之最大 TFP 的比值。

$$TFPE_i^t = \frac{TFP_i^t}{TFP^{*t}} \Rightarrow TFP_i^t = TFP^{*t} \times TFPE_i^t \quad (17)$$

<sup>3</sup> 欲進一步了解指數定理與檢定的問題，可參考 O'Donnell(2011a)。

(17)式中 $TFP^{*t}$ 即為 t 期可達到之最大 TFP，此 TFP 為 t 期所有比較廠商中生產力表現最佳的 TFP 值，故將其視為當期潛在最大 TFP； $TFPE_i^t$ 代表第 i 廠商於 t 期生產過程的效率，為一不大於 1 的數值，這也解釋了為何 TFP 不一定能達到  $TFP^*$ ，因為要在實際的生產過程達到效率實屬不易，在 TFPE 難以達到 1 的情況下，TFP 自然也很難與  $TFP^*$ 相等。

若單就 TFPE 進行分析，雖可比較生產力的高低，卻無法了解其來源，在不知原因的情況下廠商無法作出調整，此研究也失去提供廠商改善生產活動意見的功能。故在眾多文章中，會將 TFPE 依生產過程中的不效率來源進行拆解，又因 2.3 節曾提到的農業生產活動的特性，以下將就產出取向觀點列出本文將使用的 TFPE 組成項。

技術效率(output-oriented technical efficiency, OTE)：此為衡量廠商使用生產技術是否效率的項目，透過比較自身 TFP 與同一投入且固定產品組合 VRS 下生產邊界的 TFP，此差距即是廠商沒有完全發揮自身生產技術產生的缺口，如下方圖 5 中 A,B 兩點的差距。這些缺口大多是因未充分運用投入要素、管理者監督不周等原因造成，又這些資源浪費問題應較可於短時間內改善，故此項也可用以評估生產者的短期管理能力。

產品組合效率(output-oriented mix efficiency, OME)：與 OTE 維持相同產品組合不同，OME 重點在於衡量廠商因產品組合配置錯誤產生的不效率，在固定投入下生產邊界會因產品組合不同而變動，此處將比較達到 OTE 時的 TFP 與變更產品組合後生產邊界上的 TFP，如圖 5 中 B,C 兩點的差距，此即廠商因為產品組合選擇錯誤產生的不效率部位。

殘餘規模效率(residual output-oriented scale efficiency, ROSE)：上述兩項的調整皆是在固定投入(即生產規模固定，通常在調整前未達到 CRS)的情況下進行，此項與前二者的差別在於解放了投入的固定，以期尋找生產規模達到 CRS 且生產力最大的 TFP，我們將此 TFP 稱為  $TFP^*$ 。接著比較 OME 下的 TFP 與生產力

最大化的  $TFP^*$ ，中間的差距就是廠商因生產規模選擇錯誤造成的不效率部位，如圖 5 中 C,E 兩點的生產力比較。由於造成這類不效率的原因為不當的規模選擇，若欲改善需透過新增或削減廠房這種費時較久的方法，故此項表現良好即可說明生產者的中長期規劃能力是較優秀的，反之亦然。

上述三種效率項可輔以圖 5 用以下數學式表達：

$$OTE = \frac{TFP_A}{TFP_B} = \frac{Y/X}{\bar{Y}/X} = \frac{Y}{\bar{Y}} \quad (18)$$

$$OME = \frac{TFP_B}{TFP_C} = \frac{\bar{Y}/X}{\hat{Y}/X} = \frac{\bar{Y}}{\hat{Y}} \quad (19)$$

$$ROSE = \frac{TFP_C}{TFP_E} = \frac{\hat{Y}/X}{Y_0/X_0} = \frac{\hat{Y}/X}{Y^*/X} = \frac{\hat{Y}}{Y^*} \quad (20)$$

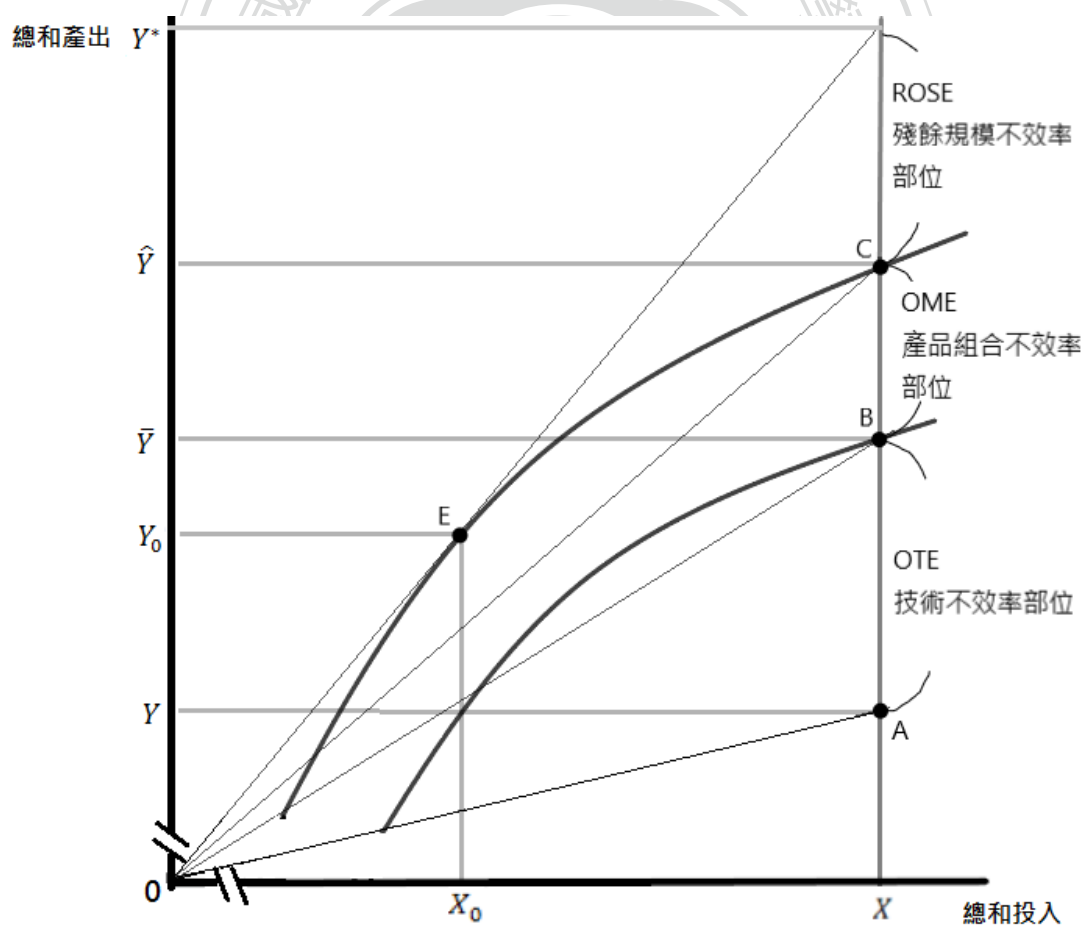


圖 5 TFPE 拆解圖

正如前面提到的，此三項為 TFPE 的組成項，分別代表生產活動中的不效率來源，且可根據性質粗分為 2.1 節提到的技術效率和配置效率。技術效率即 OTE，配置效率則分為產品組合部分的 OME 與生產規模部分的 ROSE，數學式如下：

$$\begin{aligned} TFPE &= OTE \times OME \times ROSE \\ &= \frac{Y}{\bar{Y}} \times \frac{\bar{Y}}{\hat{Y}} \times \frac{\hat{Y}}{Y^*} = \frac{Y}{Y^*} \end{aligned} \quad (21)$$

根據(21)式，我們可以進一步拆解  $TFPI^{t,t+1}$ ，如下：

$$\begin{aligned} TFPI^{t,t+1} &= \frac{TFP^{t+1}}{TFP^t} = \frac{TFP^{*t+1}}{TFP^{*t}} \times \frac{OTE^{t+1}}{OTE^t} \times \frac{OME^{t+1}}{OME^t} \times \frac{ROSE^{t+1}}{ROSE^t} \\ &= dTech \times dOTE \times dOME \times dROSE \end{aligned} \quad (22)$$

右式後三項為整體生產效率的變動(efficiency change, EC)，首項  $dTech$  為技術變動(technological change, TC)，發生變動時會連帶改變生產邊界，是比較兩期所有觀察點中最佳生產力變動的結果。根據 Asmild et al.(2007)，生產邊界因 TC 發生的改變可視為所有廠商共有的現象，因為所有從事生產的廠商面臨的經濟條件或技術的改善可視作同質，因此當期最佳的 TFP\* 對所有廠商來說亦是同質。本次研究標的台灣因為政體關係，在政策上較美國這種聯邦國家來得一致，且因科技發達造就資訊傳遞的便利，優秀的生產技術普及至全台各地更為方便，因此這種說法更為合理。

### 3. 資料說明

本文資料取自行政院農委會網站自民國 88 年至 105 年（西元 1999 至 2016 年）之農業統計年報，由於 100 年實行過行政區整合，本研究於收集資料時即以現行的劃分方式進行整理，如將過去台南縣與台南市的資料加總為台南市進行計算，接著以台灣本島和澎湖縣共二十個生產資料較完整的行政區為標的，收集各自農牧業生產相關投入產出要素數量，以下分別就產出及投入兩變數介紹本文的整理方式。



### 3.1 產出變數

根據 Coelli and Rao(2005)及經驗法則，考慮到 DEA 方法計算時的自由度問題，若放入 DEA 計算的產出及投入項目過多，將導致相當比例廠商的效率值為 1 或偏高，這將使效率鑑別度降低且失去相對比較的意義，故產出及投入項目的數量應不超過觀察廠商數的三分之一。然台灣農牧業生產的產品項目繁多，若僅取其中幾項又無法代表整體的生產情形，故本文將各種產品依據性質加總為農產品及畜產品兩類。

農產方面包含 6 種糧食及特作品（如蓬萊米、在來米、茶葉…等），14 種蔬菜作物（如蘿蔔、生薑、甘藍…等），及 11 種水果（如西瓜、香蕉、木瓜…等），計算過程中將這些產品依各自特性加總為代表農產品的 $y_1, y_2, y_3$ ；畜產部分包含 8 種畜產品（如牛肉、豬肉、雞蛋、鴨蛋…等），計算過程中將這些產品加總為代表畜產品的 $y_4$ 。上述產品原始資料除雞蛋和鴨蛋單位為千顆外均以公噸計，由於在計算中將採用農產品和畜產品分別進行加總得到總和產出，本文利用蛋類含殼的平均重量將其單位轉換為公噸，以便將畜產品的產出加總。

在加總過程中，首先將各產品以公噸計的產出乘上當期的價格得到當期產值，然而技術效率與生產力之評估所探討的是實質投入與實質產出的關係，加入價格因素的產值屬於名目變數，故本文在 DEA 計算上不採用產值作為產出資料，而是利用產值、數量、價格三者的關係，求出實質產出作為產出資料。

實證研究上，價格變動(price change)和數量變動(quantity change)必須能說明價值變動(value change)，即：

$$V_{st} = P_{st} \times Q_{st} \quad (23)$$

其中 $V_{st} = \frac{\sum_{m=1}^M p_{mt} q_{mt}}{\sum_{m=1}^M p_{ms} q_{ms}}$ ，為值指數，由資料直接計算而得，是 s 和 t 兩期產值之比。 $P_{st}$ 和 $Q_{st}$ 為價指數和量指數，可利用 Laspeyres、Paasche、Fisher 或 Törnqvist 等指數公式計算，但當中僅 Fisher 能滿足(23)式，為一具有自我對偶性(self-duality)的指數公式。

本文計算並比較各產品相鄰兩期的量指數及價指數的變異程度<sup>4</sup>，變異程度較小則表示此指數是相對穩定，可靠的(reliable)。比較結果發現價指數是相對量指數穩定的，因此本文首先採用 Fisher 公式算出農產品及畜產品這兩種類別產品的直接價指數，接著將各行政區每期的產值除以對應當期的直接價指數算出實質產量，並以之作為 DEA 計算使用的產出。

### 3.2 投入變數

一如在產出部分提到的產出與投入項目數的限制，在此我們亦無法將所有細項的投入資料都放入 DEA 計算中，故僅選出三種投入資料，以下將分別介紹。

土地( $x_1$ )：作為農業生產投入最受到限制的一項，將其納入考量是必要的。本文採用各行政區以公頃計的耕地與畜牧用地面積，為方便計算，假設此二者具完全替代性，即同一塊土地能在種植農產與養殖畜產間自由轉換，在這樣的假設下，投入的土地總數為耕地與畜牧用地的直接加總。

人力( $x_2$ )：指的是各行政區從事農牧業生產的成年人口，採用農委會紀錄之以千人為單位的人口資料。在二十個行政區中僅澎湖縣和基隆市二者，在資料登記上自民國 92 年起或因從業人數不滿一千而計為零，故以 91 年的紀錄作為自此年開始的人力資料。

農機( $x_3$ )：此項目代表的是從事農業生產活動所使用的機械，對於提升效率而言，以機器取代人力是必須的，本文採用代表稻米生產的耕耘機與可用於各種農產的曳引機資料，以其馬力作為權重加總，耕耘機的平均馬力約為 10 馬力，曳引機則根據機型大小不同而有不同，在此採用中大型平均的 50 馬力作為標準，因此我們將一台曳引機視為五台耕耘機加總，最終得到本文採用的農機投入數量。

---

<sup>4</sup> 如 89 年的量指數為 89 年產量除以 88 年產量而得。

### 3.3 產出及投入變數基本統計量

本節將列出前文提到的四大類產出( $y_1, y_2, y_3, y_4$ )及三種投入( $x_1, x_2, x_3$ )之基本統計量，並把 20 個縣市的產出量加總製作成圖 6 的走勢圖。

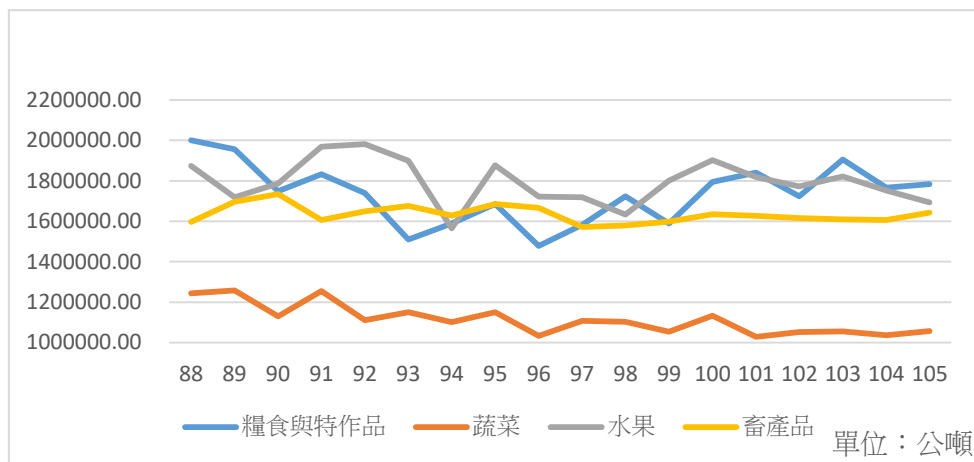


圖 6 全台產量走勢圖

表 1 產出基本統計量

單位：公噸

		糧食與特作( $y_1$ )	蔬菜( $y_2$ )	水果( $y_3$ )	畜產品( $y_4$ )
民國 88 年	平均	100045.39	62189.65	93730.55	79863.80
	最大值	374079.14	407152.00	292478.00	309916.19
	最小值	392.00	576.00	264.00	457.06
	標準差	101478.73	100827.48	98420.71	98762.66
90	平均	87437.61	56492.56	89374.50	86696.75
	最大值	325568.34	391197.92	296974.04	356047.44
	最小值	362.75	174.40	243.09	102.31
	標準差	89599.63	96053.05	95652.80	113347.82
92	平均	86977.86	55524.73	99070.35	82434.17
	最大值	392853.96	413276.00	350079.67	347827.51
	最小值	363.81	90.00	271.57	95.35
	標準差	101476.58	96390.11	108053.29	108823.90
94	平均	79448.92	55070.56	78229.74	81462.89
	最大值	339740.45	369842.60	276934.70	362044.59
	最小值	329.08	292.14	210.84	91.71
	標準差	89365.70	87694.33	88891.36	108475.89
96	平均	73888.81	51628.15	86081.25	83328.40
	最大值	311454.76	313408.00	327462.00	353162.25
	最小值	317.00	461.00	152.00	97.74
	標準差	82772.17	74828.88	101209.89	111351.16

表 1 產出基本統計量(續)

單位：公噸

98	平均	86149.93	55137.33	81663.24	78973.55
	最大值	395844.10	405772.32	280181.08	333794.96
	最小值	286.36	396.64	236.29	114.70
	標準差	103561.91	92842.43	87086.18	105820.63
100	平均	89747.47	56638.87	95124.23	81748.86
	最大值	421089.02	391332.99	313905.67	350101.69
	最小值	22.47	28.14	71.53	111.36
	標準差	109167.79	91861.84	102538.51	110704.66
102	平均	86201.72	52610.35	88637.36	80783.27
	最大值	395799.89	385877.80	290851.86	348842.31
	最小值	12.44	22.12	69.22	113.53
	標準差	103048.07	89022.03	97448.84	112195.99
104	平均	88282.60	51815.49	87567.22	80300.99
	最大值	433388.50	376982.17	272087.15	355253.56
	最小值	15.19	35.82	64.35	113.15
	標準差	111837.74	85961.24	94947.05	112968.76
105	平均	89162.58	52868.67	84671.31	82170.73
	最大值	435424.16	376985.00	273433.53	369998.80
	最小值	0.68	57.07	56.43	114.14
	標準差	109304.56	85512.40	92372.58	116609.12

資料來源：本文整理而得

表 2 投入基本統計量

		土地( $x_1$ ;公頃)	人力( $x_2$ ;千人)	農機( $x_3$ ;台)
民國 88 年	平均	43171.25	35.45	6506.25
	最大值	98957.51	87.00	23129.00
	最小值	744.65	0.50	4.00
	標準差	30228.52	30.17	6027.91
90	平均	43143.23	33.44	6271.40
	最大值	99019.27	79.35	24722.00
	最小值	741.37	0.45	4.00
	標準差	30289.32	29.13	6079.66
92	平均	42763.27	31.48	6207.45
	最大值	97997.54	76.00	25602.00
	最小值	736.30	0.19	0.00
	標準差	29984.43	28.32	6189.06

表 2 投入基本統計量(續)

94	平均	42167.75	26.78	5976.80
	最大值	97161.43	71.00	25646.00
	最小值	737.62	0.19	1.00
	標準差	29579.56	24.27	6092.99
96	平均	41740.70	24.83	5955.85
	最大值	96753.65	72.00	26001.00
	最小值	736.47	0.19	0.00
	標準差	29440.59	24.04	6208.51
98	平均	41195.36	24.28	5396.40
	最大值	96317.31	65.00	19750.00
	最小值	736.39	0.19	10.00
	標準差	29107.44	22.69	5199.23
100	平均	40828.82	39.28	5939.70
	最大值	95528.00	347.00	19424.00
	最小值	736.22	0.19	0.00
	標準差	124737.74	75.68	5350.27
102	平均	40386.10	41.08	5221.00
	最大值	94576.97	359.00	15524.00
	最小值	735.89	0.19	0.00
	標準差	124010.83	78.37	4790.97
104	平均	40214.32	25.03	5523.25
	最大值	93209.57	66.00	20820.00
	最小值	735.86	0.19	0.00
	標準差	28755.00	23.42	5769.86
105	平均	40086.93	25.08	5736.15
	最大值	93045.18	66.00	20455.00
	最小值	735.66	0.19	0.00
	標準差	28713.64	23.64	5928.17

資料來源：本文整理而得

從圖 6 可以發現蔬菜的總產量雖不如其他三種來的高，但比糧食和水果類更穩定，於觀察期間呈現緩步下滑的趨勢；糧食與特作品雖在中期有產量下滑的現象（民國 88 年：2000907.81 公噸，96 年：1477776.26 公噸），但自 97 年開始慢慢回穩；水果類的產量變化則屬於上下波動不一，整體並無明顯衰退或進步，但變動幅度不小；畜產品是四類產品中產量最穩定的，觀察期間內全台畜產品總產

量均維持在 160 萬至 180 萬噸之間。

從表 1 的基本統計量中，我們不難從最大值與最小值的變化看出一些農牧業生產分布的情況，以下將就各類別產品的最大值及最小值變化進行討論。

糧食與特作品產量的最大值一直都是雲林縣，且由表 1 可以看出產量是穩定且增長的，最小值則都由基隆市包辦，且每年愈發降低，尤其是重劃行政區的 100 年下降最為嚴重（99 年：115.91 公噸，100 年：22.47 公噸）。

蔬菜部分雲林縣的產量也一直都是當年最大值，產量雖有上下浮動但幅度不大，且均大過第二名的彰化縣近兩倍，而最小值自 88 年至 92 年均為嘉義市，但自 93 年開始嘉義市的蔬菜產量開始增加並超越基隆市（嘉義市蔬菜產量，92 年：90.00 公噸；93 年：598.00 公噸），自此到觀察期間結束基隆市都是蔬菜產量最少的縣市。

水果方面由 88 至 103 年為台南市產量為最大，其次為高雄市與屏東縣，104 與 105 年台南市水果產量下降，屏東縣成為第一，整體而言水果較前面兩種產品更集中於南部地區，且不像糧食和蔬菜般集中於雲林縣，水果的前三名產量是較平均的（台南市年平均：284805.86 公噸，高雄市年平均：222809.27 公噸，屏東縣年平均：250952.41 公噸）。最小值部分 88 至 98 年為新竹市，99 年開始基隆市水果產量驟降（98 年：241.05 公噸，99 年：61.47 公噸），並持續到觀察結束的 105 年均為產量最低。

畜產品產量的最大值則由彰化縣和屏東縣互相爭奪，且產量均超過第三名約 1.5 倍（彰化縣年平均：337252.37 公噸，屏東縣年平均：340376.49 公噸）。最小值只有 88 年是嘉義市其餘均為基隆市，除了嘉義市產量增加外，基隆市產量於 99 年驟降亦是原因（89 年：374.29 公噸，90 年：102.31 公噸）。

經過這些討論我們可以發現，農牧業產量大多集中在中南部，而基隆、新竹和嘉義這三個市級別的行政區產量偏少，這兩個發現均與以往的印象相符，但其生產效率是否同樣低落，我們將在下一個章節進行實證結果的討論。



## 4. 實證結果

本章將利用第二與第三章說明的方法與資料進行實證分析，利用 DPIN Version 3.0 進行 DEA 計算。除了單純的效率值與指數外，亦分析各行政區效率排名與時間的顯著性及生產力、技術與效率三者的變動關係，前者可幫助更進一步了解效率變動的情形，後者則就實證上生產力變動的來源進行分析。

### 4.1 各行政區平均 TFPE 及其拆解項的比較

本節將根據(21)式，對行政區的 TFPE 進行拆解比較。從(17)式可以得知 TFP 為 TFPE 與 TFP\*的乘積，亦即生產力為當期最佳生產力受自身總要素生產力效率影響的結果，而在 Färe-Primont TFPI 的定義下，計算 TFP 中使用的 TFP\*為同期 TFP 最高者，也就是當期生產行為表現最佳行政區之 TFP，因此對當期每個行政區來說 TFP\*都是相同的，故在實證分析部分首先分析行政區的 TFPE 狀況。表 3 列出的是各行政區在民國 88 年至 105 年間農牧業生產行為平均 TFPE 及其分解項，其中最後一欄的 TFP\*年度指的是在觀察的 18 年中該行政區之 TFP 被當作當期 TFP\*的年度，意即在當期此行政區的生產效率表現是最為優良的。可以從表 3 中看到，TFP\*次數最多的雲林縣確實為平均 TFPE 最高者，但同樣位居 TFP\*次數第二多的苗栗縣及嘉義市的平均 TFPE 卻有差異，這說明了僅有某幾期特別優秀的生產行為並不能代表此行政區在農牧業生產效率上處於絕對領先地位，以下將針對 TFPE 組成進行拆解，進一步了解造成生產效率差異的原因。

根據(21)式，TFPE 可進一步拆解為技術效率及配置效率，其中技術效率(OTE)部分指的是行政區在給定投入及產品組合時，實際產出與最大可能產出的比值，旨在描述觀察單位是否將投入資源完全發揮；配置效率則可再細分為代表行政區選擇之產品組合與最大產出之產品組合間生產力比值的產品組合效率(OME)，以及衡量行政區生產規模偏離 CRS 最適規模程度的殘餘規模效率(ROSE)，本文將就這三種效率項分析各個行政區的生產行為。

由表 3 可以看到，這其中在平均 TFPE 表現最優秀的便是雲林縣，儘管澎湖

縣和基隆市同樣在 OTE 與 OME 達到效率，但 ROSE 的表現卻與雲林縣有很大的差距，這說明他們的生產規模與最佳生產力下的 CRS 尚有大段距離，導致 TFPE 整體低下，但雲林縣在保持 OTE 與 OME 的同時，在生產規模的選擇亦維持在高水準，故在整體生產效率的 TFPE 中表現最佳。

接著比較苗栗縣和嘉義市這兩個最佳表現次數相同的行政區，他們在 OTE 與 OME 的比較中各有千秋，苗栗縣的 OTE 領先著嘉義市（苗：0.9202, 嘉：0.9159），而嘉義市則在 OME 上扳回一城（苗：0.9882, 嘉：0.9922），但這兩者間差異均不大，造成苗栗縣在平均 TFPE 領先嘉義市的關鍵就是 ROSE 的表現，在本文觀察的二十個行政區中，苗栗縣的 ROSE 是最優異的，也因此使之在平均 TFPE 的排名位居第二。

表 3 各行政區農牧業平均 TFPE 及其拆解項

	TFPE	OTE	OME	ROSE	TFP*年度
台北市	0.3715 (0.0569)	0.5547 <b>(0.0848)</b>	0.9774 (0.0004)	0.6076 (0.0307)	-
新北市	0.6097 (0.0235)	0.8037 (0.0411)	0.9501 (0.0069)	0.7909 (0.0245)	104
台中市	0.6785 (0.0505)	0.8282 (0.0217)	0.9440 (0.0117)	0.8544 (0.0225)	-
台南市	0.7704 (0.0125)	0.8983 (0.0183)	0.9851 (0.0002)	0.8716 (0.0079)	-
高雄市	0.5378 <b>(0.0654)</b>	0.8173 (0.0110)	0.9653 (0.0006)	0.6992 <b>(0.1149)</b>	-
宜蘭縣	0.4567 (0.0165)	0.9123 (0.0040)	0.9850 (0.0002)	0.5120 (0.0222)	-
桃園市	0.3139 (0.0105)	0.8173 (0.0228)	0.7731 <b>(0.0221)</b>	0.4970 (0.0099)	-
新竹縣	0.5704 (0.0187)	0.9369 (0.0082)	0.9715 (0.0014)	0.6262 (0.0169)	-
苗栗縣	0.8534 (0.0192)	0.9202 (0.0105)	0.9882 (0.0002)	<b>0.9344</b> (0.0063)	96,98,99,100
彰化縣	0.8494 (0.0087)	<b>1</b> (0)	0.9742 (0.0016)	0.8726 (0.0072)	89,90

表 3 各行政區農牧業平均 TFPE 及其拆解項 (續)

	TFPE	OTE	OME	ROSE	TFP*年度
南投縣	0.8031 (0.0060)	0.9833 (0.0022)	0.9805 (0.0011)	0.8365 (0.0082)	-
雲林縣	0.8934 (0.0111)	1 (0)	1 (0)	0.8934 (0.0111)	88,91,101,102,103,105
嘉義縣	0.7260 (0.0120)	0.8646 (0.0108)	0.9747 (0.0007)	0.8624 (0.0074)	-
屏東縣	0.7255 (0.0160)	1 (0)	0.9852 (0.0014)	0.7380 (0.0177)	95
台東縣	0.4002 (0.0053)	0.4585 (0.0104)	0.9741 (0.0002)	0.8977 (0.0070)	-
花蓮縣	0.5153 (0.0031)	0.7226 (0.0181)	0.9789 (0.0001)	0.7425 (0.0117)	-
澎湖縣	0.4866 (0.0014)	1 (0)	1 (0)	0.4866 (0.0014)	-
基隆市	0.2333 (0.0183)	1 (0)	1 (0)	0.2333 (0.0183)	-
新竹市	0.3782 (0.0307)	0.5784 (0.0314)	0.9366 (0.0073)	0.6861 (0.0301)	-
嘉義市	0.7367 (0.0478)	0.9159 (0.0317)	0.9922 (0.0003)	0.8054 (0.0193)	92,93,94,97

資料來源：本文整理所得；(.)為變異數。

從表 3 的觀察結果也可以發現，OTE 表現的後段班與前段班間的差距是較 OME 更大的。OTE 表現倒數三名的台東縣、台北市及新竹市呈現的結果分別為 0.4586, 0.5547, 0.5784，倒數第四的花蓮縣也僅有 0.7226 的成績，而在 OME 表現最不理想的桃園市的效率值也不過達到 0.7731，其餘縣市的平均 OME 均達到 0.9 以上的高效率，由此可見各行政區在選擇產品組合上的差異不如技術使用大，而幾個技術使用表現不佳的縣市仍有藉由改善技術進而增進生產效率的空間。

與前兩種效率相比，ROSE 間的差距就更大了，在表 3 中也可以觀察到有許多行政區都在 OTE 及 OME 的表現良好的情況下仍因為 ROSE 的落後而呈現較差的 TFPE。最明顯的即是澎湖縣和基隆市，這兩個縣市在技術使用和產品組合選擇上的表現均已達到最佳效率，但在規模的調整上與其他地區的差異明顯，使得

TFPE 低下。我們也可以藉由比較宜蘭縣與苗栗縣發現這個問題，在技術使用和產品組合上宜蘭縣雖落後但差距不大，然而在 ROSE 表現優秀的苗栗縣面前，宜蘭縣僅有 0.5120 的規模效率表現顯然造成了兩者在 TFPE 上近兩倍的差距。綜上所述，除了 OTE 表現不佳的台東縣、台北市及新竹市需要同時改進這部分的效率之外，其他縣市若想增進農業生產效率最有效的方法即是調整生產規模，藉由調整最適合各自的生產規模已達到最佳的生產效率。

僅就表格中的數值及其他論述去了解各行政區效率值可能過於零散，因此本文輔以四象限圖示分析，來進一步了解各行政區的效率分佈特性，對效率值進行更直觀的描述。

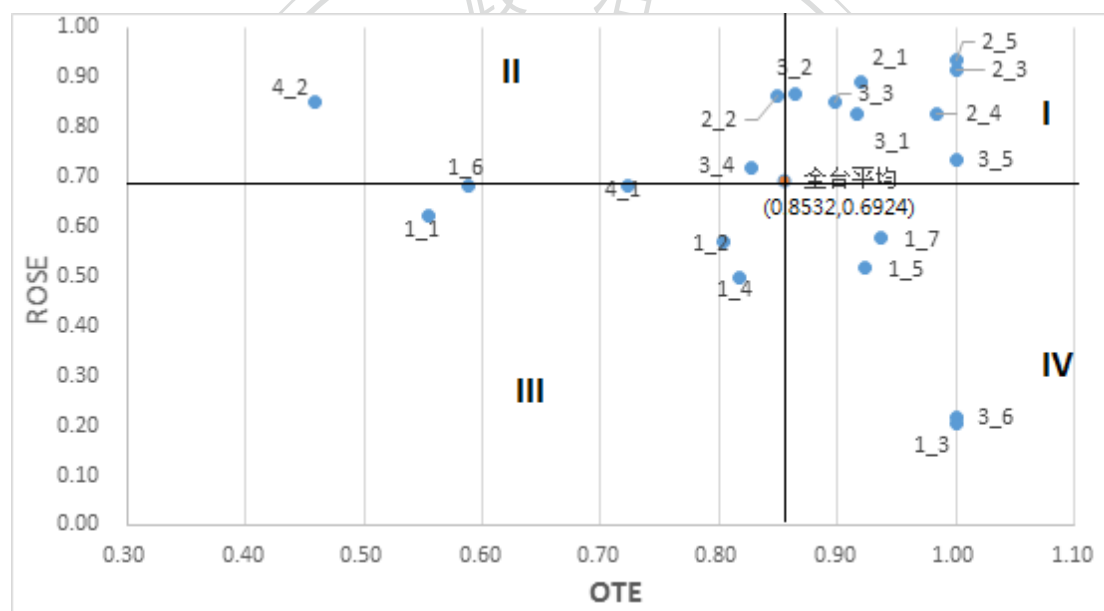


圖 7 各行政區效率值散佈圖

表 4 象限行政區標籤

象限	標籤	象限	標籤
II	1_6 新竹市, 2_2 台中市 3_4 高雄市, 4_2 台東縣	I	2_1 苗栗縣, 2_3 彰化縣 2_4 南投縣, 2_5 雲林縣 3_1 嘉義市, 3_2 嘉義縣 3_3 台南市, 3_5 屏東縣
III	1_1 台北市, 1_2 新北市 1_4 桃園市, 4_1 花蓮縣	IV	1_3 基隆市, 1_5 宜蘭縣 1_7 新竹縣, 3_6 澎湖縣

資料來源：本文整理所得

圖 7 為以各行政區 OTE 為橫軸、ROSE 為縱軸繪製的散佈圖，只標出這兩種效率值是因為每個縣市在 OME 的表現都很良好，且如 2.4 節提到的，在管理概念上，OTE 的低下可能來自未充分運用投入要素、管理者監督不周這類可迅速改善的問題，故可當作評斷生產者短期管理能力的基準；而 ROSE 的低下可能是因為廠房規模選擇不當，欲改善這類問題需要較長的時間進行計畫與實行，故可看出生產者中長期的規劃能力。因此第 I 象限代表短期管理與中長期規劃能力均屬前列；落於第 II 象限則代表生產者管理能力有問題；位在第 IV 象限的生產者們對生產規模的決策尚需加強；身處 III 象限者則是兩方面均有欠缺。

在圖 7 中我們將所有行政區依北中南東的順序標上 1,2,3,4 的記號，並以全台平均為原點分出四個象限，將各觀察點的標籤及所處象限整理於表 4，藉此觀察 TFPE 表現較優的縣市多位於哪一地區。

就落點散佈的情況來看，北部地區的縣市雖有幾個在某一效率中高過平均，但整體仍沒有落於第一象限的點出現，而中部地區幾乎都落於此，尚有幾處較靠中部的南部縣市如嘉義縣市與台南市亦落在第一象限，故藉此得知中南部縣市在農牧業生產效率方面是比較優秀的。在圖 7 中亦可觀察到與 4.1.1 節論述的相同之處，如雲林縣和苗栗縣這兩個效率表現良好的縣市在圖中確實落於第一象限偏右上方處。又如 OTE 表現不佳的台東縣、台北市與新竹市在圖中的位置偏左，且與其他縣市距離較遠，這亦顯示此三者短期管理能力的落後。第四象限的基隆市與澎湖縣也因為 ROSE 的低下相當顯眼，從落點即可看出其在規模的選擇規劃上存在嚴重的問題。

## 4.2 行政區與各期間 TFPI 狀況

### 4.2.1 行政區 TFPI

本節將根據(22)式的概念，對代表 TFPE 變動的 TFPI 進行分析。表 5 列出的是觀察期間行政區 TFP, TFP\*, 及 TFPE 與其拆解項的平均變動，表中我們以 dTech

代表 TFP\*變動，為技術變動項。此處採用以第一期為固定基期所計算的指數，故可視為各縣市平均而言相較於第一期自身的進步或退步程度。括號中列出的則是各項目的變異係數，變異係數是變異數除以平均數的計算結果，可檢驗各期變動的穩定性，如變異係數偏大則表示在觀察期間此效率項的變動程度較大，實際成長或衰退情形可能受某幾期特殊表現影響，不完全如平均變動結果所顯示；變異係數偏小則表示在觀察期間效率項的變動較為平穩，實際成長或衰退情形與平均變動結果較為貼近。

表 5 各行政區農牧業生產力、技術與效率平均變動

	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE
台北市	1.3729 (0.5592)	1.2982 (0.0331)	1.1143 <u>(0.1730)</u>	1.0810 <u>(0.1445)</u>	0.9773 (0.0004)	0.9287 (0.0657)
新北市	1.7294 (0.4793)	1.2982 (0.0331)	1.3431 (0.0808)	1.2653 (0.0483)	0.9652 (0.0069)	1.0893 (0.0272)
台中市	0.9626 (0.5097)	1.2982 (0.0331)	0.7606 (0.0668)	0.9120 (0.0340)	0.9635 (0.0118)	0.8523 (0.0277)
台南市	1.0675 (0.2842)	1.2982 (0.0331)	0.8358 (0.0294)	0.9470 (0.0192)	0.9865 (0.0002)	0.8963 (0.0140)
高雄市	0.7867 <u>(1.0222)</u>	1.2982 (0.0331)	0.6291 (0.1230)	0.9076 (0.0121)	0.9843 (0.0015)	0.7259 <u>(0.1616)</u>
宜蘭縣	1.2277 (0.2431)	1.2982 (0.0331)	0.9566 (0.0386)	0.9873 (0.0062)	1.0325 (0.0002)	0.9458 (0.0474)
桃園市	0.7652 (0.1338)	1.2982 (0.0331)	0.6052 (0.0324)	1.0534 (0.0264)	0.8200 <u>(0.0270)</u>	0.7033 (0.0215)
新竹縣	0.7112 (0.1285)	1.2982 (0.0331)	0.5637 (0.0460)	0.9332 (0.0083)	0.9699 (0.0014)	0.6246 (0.0389)
苗栗縣	1.1366 (0.2684)	1.2982 (0.0331)	0.8889 (0.0252)	0.9155 (0.0108)	1.0172 (0.0002)	0.9502 (0.0093)
彰化縣	1.0793 (0.0416)	1.2982 (0.0331)	0.8467 (0.0139)	1 (0)	0.9726 (0.0016)	0.8713 (0.0134)
南投縣	1.1777 (0.0381)	1.2982 (0.0331)	0.9224 (0.0101)	0.9823 (0.0021)	0.9794 (0.0010)	0.9632 (0.0145)
雲林縣	1.1349 (0.2190)	1.2982 (0.0331)	0.8871 (0.0196)	1 (0)	1 (0)	0.8871 (0.0196)



表 5 各行政區農牧業生產力、技術與效率平均變動（續）

	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE
嘉義縣	1.1648 (0.1301)	1.2982 (0.0331)	0.9140 (0.0212)	0.9383 (0.0118)	0.9850 (0.0007)	0.9902 (0.0137)
屏東縣	1.4844 (0.1649)	1.2982 (0.0331)	1.1589 (0.0264)	1 (0)	0.9843 (0.0013)	1.1799 (0.0283)
台東縣	1.3462 (0.1162)	1.2982 (0.0331)	1.0470 (0.0216)	1.1479 (0.0214)	0.9995 (0.0002)	0.9137 (0.0114)
花蓮縣	1.2484 (0.0721)	1.2982 (0.0331)	0.9755 (0.0128)	1.3315 (0.0236)	0.9920 (0.0001)	0.7501 (0.0240)
澎湖縣	1.2815 (0.0699)	1.2982 (0.0331)	1.0031 (0.0189)	1 (0)	1 (0)	1.0030 (0.0189)
基隆市	0.7198 (0.3807)	1.2982 (0.0331)	0.5786 (0.0945)	1 (0)	1 (0)	0.5786 (0.0945)
新竹市	0.4582 (0.2427)	1.2982 (0.0331)	0.3666 (0.0858)	0.5536 (0.0503)	0.9329 (0.0075)	0.7130 (0.0388)
嘉義市	1.8190 (0.6595)	1.2982 (0.0331)	1.3730 (0.0580)	1.0857 (0.0327)	1.0279 (0.0002)	1.2234 (0.0232)

資料來源：本文整理所得；(.)為變異係數。

以台北市為例，從表 5 可以看出其在 TFPE 的平均變動表現尚算優異，由此可能推論出台北市的農牧業生產情形在觀察的 18 年間屬於穩步成長，但與此同時它也擁有最高的變異係數，這點就值得我們深究實際變動情形是否如平均變動顯示的良好。比較台北市生產效率情形可發現，它在民國 89 至 99 年間的生產效率較諸 88 年確實少有衰退且常有 50% 以上的效率進步，然而在 100 年之後突然出現巨幅退步，這種情形持續到觀察結束的 105 年都尚未改善，這種變化情形由圖 8 所列出台北市於觀察期間各項效率值的走勢可以看到，100 年之後除了 OME 外的 OTE 和 ROSE 均明顯發生衰退，但整體變動平均水準卻因前半的優良表現提高，導致其無法體現台北市在觀察期間後半的衰退情形。與台北市相比，嘉義市不僅進步幅度更大，且效率變動更加穩定，除了歸功於自 92 年後就處在最高點的 OTE 和 OME，嘉義市的 ROSE 也在 92 至 94 年及 97 年成為生產最佳表現行政區後有了相較於第一期的穩定改善，其結果就是表 5 所呈現的平穩的進步。

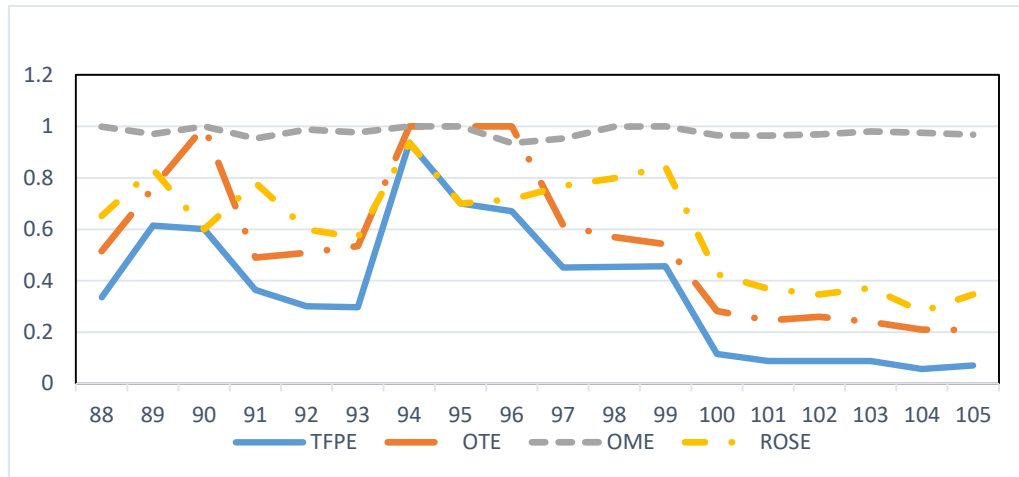


圖 8 台北市各效率值走勢

資料來源：本文整理所得

表 5 引人注意的還有基隆市以及新竹市，兩者在平均變動都顯示出明顯的退步，且這種退步是穩定持續的。新竹市在民國 88 年的 TFPE 為 0.8967，這在當年是排名靠前的優良表現，但自此乃至觀察期間結束再無任何一年達到這樣的效率值，由圖 9 列出的效率值走勢圖可以觀察到 OTE 和 ROSE 的退步較為明顯，由表 5 的資料可看出新竹市在 OTE 的表現上平均只有 88 年一半，ROSE 也只有七成左右，這兩點大幅度影響了 TFPE 的表現，從這些結果我們知道了新竹市在觀察期間內的農牧業生產效率確實處於衰退的狀態。相較於新竹市，圖 10 基隆市效率值走勢圖展現了其在 OTE 及 OME 方面與雲林縣一樣，一直都保持在最高水準的表現，因此 TFPE 的變動都是來自 ROSE 的變動，如同圖 10 顯示，ROSE 自 99 年起至 105 年均表現不佳，與 88 年相比的指數平均僅有 0.1334，衰退了約百分之八十五，由此更可見基隆市在生產規模選擇上的不足及可改進的空間。

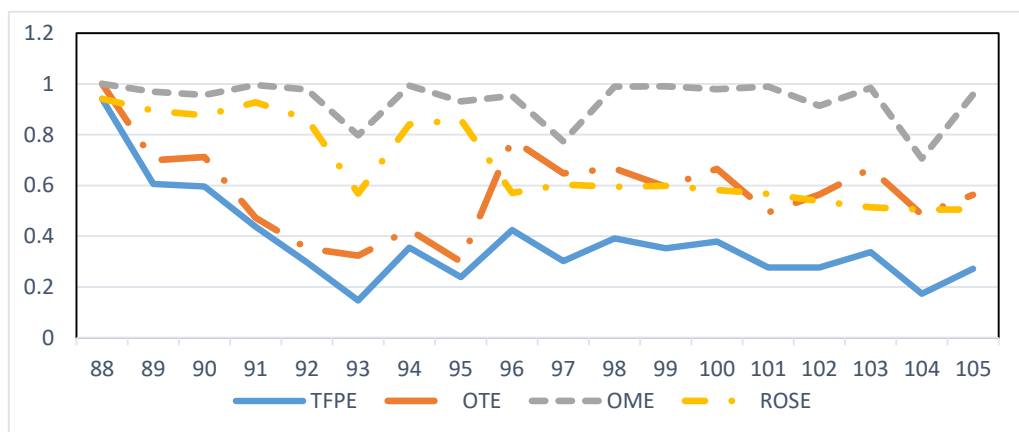


圖 9 新竹市各效率值走勢

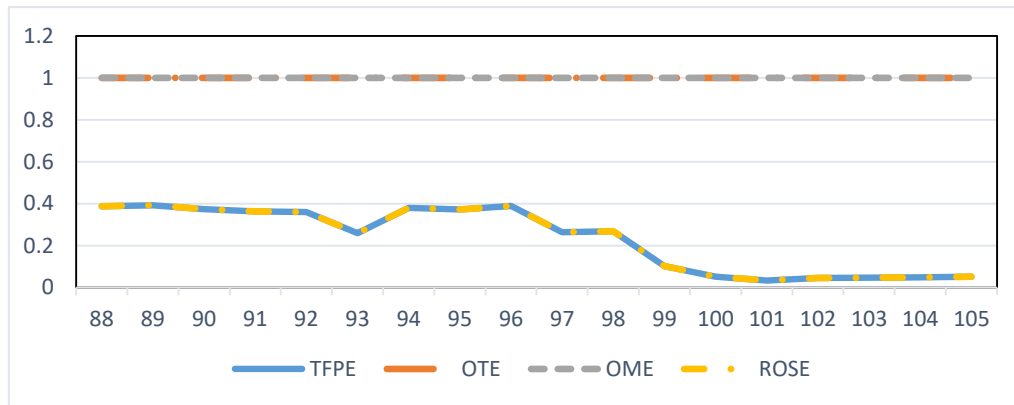


圖 10 基隆市各效率值走勢

資料來源：本文整理所得

#### 4.2.2 TFPI 的時間趨勢

比較完個別行政區的效率變化後，接著可以看到觀察年間各年全台平均的變化，藉此找出農牧業生產變化的趨勢。

表 6 年度農牧業生產力、技術與效率變動

民國	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE	災損金額
88	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	12,633,141
89	0.9975 (0.0501)	1.0405 (0)	0.9587 (0.0482)	0.9966 (0.0360)	0.9896 (0.0009)	0.9737 (0.0093)	13,179,035
90	0.9685 (0.0423)	1.0071 (0)	0.9617 (0.0419)	1.0400 (0.0725)	0.9892 (0.0005)	0.9481 (0.0077)	11,902,138
91	1.1126 (0.1754)	1.1467 (0)	0.9703 (0.1530)	0.9542 (0.0677)	0.9958 (0.0014)	1.0211 (0.0367)	1,169,868
92	1.0307 (0.1007)	1.1016 (0)	0.9356 (0.0914)	0.9579 (0.0342)	0.9865 (0.0042)	0.9782 (0.0229)	4,001,823
93	1.0862 (0.2095)	1.4571 (0)	0.7455 (0.1438)	0.9537 (0.0391)	0.9696 (0.0123)	0.7850 (0.0546)	7,987,003
94	1.0804 (0.2146)	1.0296 (0)	1.0493 (0.2084)	1.0294 (0.0723)	0.9766 (0.0034)	1.0207 (0.0531)	21,910,498
95	1.1487 (0.1669)	1.1142 (0)	1.0309 (0.1498)	1.0151 (0.0838)	0.9785 (0.0024)	1.0246 (0.0439)	6,128,266
96	1.0892 (0.1121)	1.0120 (0)	1.0763 (0.1108)	1.0735 (0.0485)	0.9801 (0.0051)	1.0128 (0.0324)	13,817,242

表 6 年度農牧業生產力、技術與效率變動（續）

	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE	災損金額
97	1.1865 (0.1842)	1.4722 (0)	0.8059 (0.1251)	1.0255 (0.0209)	0.9597 (0.0107)	0.8075 (0.0607)	13,536,357
98	1.0893 (0.0916)	1.1601 (0)	0.9390 (0.0790)	0.9826 (0.0113)	0.9920 (0.0032)	0.9513 (0.0371)	20,497,375
99	1.0464 (0.1274)	1.1719 (0)	0.8929 (0.1088)	0.9938 (0.0222)	0.9753 (0.0079)	0.9155 (0.0690)	8,834,190
100	1.0558 (0.1916)	1.2406 (0)	0.8510 (0.1544)	1.0317 (0.0386)	0.9848 (0.0035)	0.8365 (0.1179)	3,162,299
101	1.0333 (0.2319)	1.4314 (0)	0.7219 (0.1620)	0.9730 (0.0569)	0.9818 (0.0060)	0.7510 (0.1138)	6,113,524
102	0.9810 (0.2193)	1.3123 (0)	0.7475 (0.1671)	0.9984 (0.0723)	0.9743 (0.0044)	0.7705 (0.1229)	9,974,736
103	1.0052 (0.2118)	1.2382 (0)	0.8119 (0.1711)	1.0585 (0.0769)	0.9920 (0.0012)	0.7746 (0.1176)	3,143,248
104	1.0649 (0.3054)	1.2182 (0)	0.8742 (0.2507)	1.0051 (0.1420)	0.9500 (0.0145)	0.8944 (0.1464)	15,097,214
105	1.0218 (0.2416)	1.2513 (0)	0.8166 (0.1931)	0.9973 (0.1216)	0.9842 (0.0035)	0.8278 (0.1184)	28,434,073
總平均	1.0587 (0.1692)	1.2003 (0)	0.8935 (0.1387)	1.0051 (0.0598)	0.9800 (0.0050)	0.8996 (0.0685)	11,195,668

資料來源：本文整理所得；(.)為變異係數；災損金額單位為千元。

表 6 中所有指數均以民國 88 年為基期進行計算，其中 dTech 項目在 Färe-Primont 的計算下，對每個行政區都是相同的，可視為全台共有的技術進步，其餘各項為全台平均結果。災損金額為當年度農牧業因天災造成的損失金額，天災為生產時會影響技術的外生變數，可能會使技術退步，但此種因天災導致的退步與一般內生的技術退步是不同的，故將災損金額作為衡量天災的變數放入表格。

由表 6 可以發現，技術變動部分在 93 與 97 及 101 年之技術進步是較大的，但其 TFPE 的退步也是各期間中較明顯的，因此 93 與 101 年生產力進步並不特別出色，唯 97 年因技術進步巨大且 TFPE 退步幅度在三者中較小，故仍創造全期間最高的生產力進步，由此可見僅有技術進步是無法帶動生產力增加的。從災

損金額與 dTech 的比較也可以發現，在 97 年之前這兩者的反向變動關係是比較明顯的，如 94 年的巨大損失確實造成與 93 年的技術落差；但在 97 年之後技術相對穩定，dTech 均達到 1.2 以上，即使在 104 與 105 年面對嚴重天災時亦是如此，從這可以看出如今台灣農牧業的生產技術確實比起 88 年更加進步。

在 TFPE 部分，幾乎每個年度比起 88 年都是退步的，僅 94, 95, 96 年呈現微幅進步。在拆解項部分，OTE 雖只有 8 個年度呈現進步，但已是三者中改善最多的項目，OME 雖表現平穩但存在微幅退步；ROSE 則是三者中變動最大的，雖然在 96 年以前時常出現進步，但 101 年開始的大幅度退步說明了規模配置決策的疏忽。就總平均而言，在整個觀察期間生產技術相比於 88 年是進步的，但 TFPE 卻呈現退步，導致 TFP 無法有更大幅度的改善，可以看出 TFP 成長來源主要是技術進步，這與一般經濟理論之論述是相符的。

### 4.3 效率值與效率排名的交叉比較

經過前兩節我們已經知道各行政區平均效率值與效率值變動的情況，但因為效率是相對比較的概念，效率值是衡量觀察點與生產邊界的距離，而生產邊界每期都會變動，因此不同期間的效率值 0.8 透露的生產力也不盡相同，某一縣市效率值增加並不代表其生產力亦會增加，效率值不變也不代表其排名不變，效率值增加（減少）亦不代表效率排名上升（下降），但效率排名具有直覺印象的效果，因此本節將藉由效率值與效率排名的交叉比較來觀察更精準的效率變化。

為進一步捕捉效率值變動無法描述的生產力進步，本文將名次改為類似 PR 值呈現，因為若以 1~20 的名次標示會使表現較差者會出現較大的數值，這對計算與觀察都不方便，算式如下：

$$PR = 20 - Rank / 20 \quad (24)$$

如此轉換之後，1, 2, ..., 20 名分別對應到 PR 值 95, 90, ..., 0，生產力表現良好者會有較大的 PR 值，在呈現也會變得較為直觀。但若僅用 PR 值走勢來看，有多個

縣市在觀察期間的名次變動與時間的關係是不明顯的，故在此我們將利用下式的簡單迴歸模型檢驗二者的關係：

$$PR = \alpha_0 + \alpha_1 period + \varepsilon \quad (25)$$

其中 $period$ 為將民國 88,89,...,105 年轉換為期間 1,2,...,18 期的項目，若期間效果不顯著則加入期間平方項一同作為變數，捕捉其中的非線性關係，迴歸模型如下：

$$PR = \alpha_0 + \alpha_1 period + \alpha_2 period^2 + \varepsilon \quad (26)$$

除了效率排名之外，我們也將各行政區的 TFPE 效率值依同樣的方式對期間跑迴歸，目的在於觀察效率值改變與效率排名是否吻合，若有不同之處，一如之前提到的，將以相對而得之效率排名迴歸結果為準。TFPE 與期間關係的迴歸模型如下：

$$TFPE = \alpha_0 + \alpha_1 period + \varepsilon \quad (27)$$

$$TFPE = \alpha_0 + \alpha_1 period + \alpha_2 period^2 + \varepsilon \quad (28)$$

表 7 為二者迴歸結果。

表 7 TFPE 效率值及效率排名與時間的關係

TFPE 效率值		TFPE 排名	
<b>(27)式正向顯著</b>	台東縣	<b>(25)式正向顯著</b>	宜蘭縣、南投縣、屏東縣、台東縣、花蓮縣、澎湖縣
<b>(27)式負向顯著</b>	台北市、台中市、高雄市、新竹縣、澎湖縣、基隆市、新竹市	<b>(25)式負向顯著</b>	台中市、高雄市、新竹縣、基隆市
<b>(28)式正向顯著</b>	宜蘭縣、桃園市、花蓮縣	<b>(26)式正向顯著</b>	桃園市、雲林縣、新竹市



表 7 TFPE 效率值及效率排名與時間的關係（續）

<b>(28)式負向顯著</b>	嘉義市	<b>(26)式負向顯著</b>	台北市、嘉義市
<b>不顯著</b>	新北市、台南市、苗栗縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、屏東縣	<b>不顯著</b>	新北市、台南市、苗栗縣、彰化縣、嘉義縣

資料來源：本文整理所得。

就迴歸結果來看，並非所有行政區的 TFPE 排名都隨時間有穩定變動方向，與時間無顯著關係的理由可大致分為兩類，其一為自身生產力變動方向與幅度太過不一，其二為該縣市農牧業生產活動發揮穩定故生產力排名亦較無變動。其中苗栗縣、彰化縣和嘉義縣屬於後者，且除了嘉義縣排名維持在中堅外，其他兩個中部行政區的排名都是穩定維持在前列。在效率值部分雖然僅有台東縣屬於(27)式正向顯著的行政區，但 TFPE 排名則不然，這也正印證本節首段提到的自身效率值增加並不一定影響排名的現象。

接著我們看到 TFPE 排名與時間有顯著關係的行政區，經過整理之後我們發現，台中市、高雄市、新竹縣與基隆市等四個行政區的 PR 值都隨時間顯著下降，這點從表 5 呈現的 TFPE 指數平均結果也可看出，綜合以上兩個結果可以結論出這四個縣市在觀察期間的 TFPE 確實是退步的。值得一提的是新竹市，其 TFPE 排名均與期間雖然呈現(26)式正向顯著關係，但並不代表新竹市在觀察期間後期擁有靠前的名次，而是因為 92 至 95 年的表現過差而之後稍微回穩導致。宜蘭縣、台東縣及花蓮縣 PR 值的攀升程度則是隨時間穩步成長，在所有行政區中算是有顯著進步的一類。而在前面提到效率表現優異的雲林縣在效率值方面雖不存在與時間的顯著關係，但其效率排名部分呈現的結果就有點不同，為先降後升的二次正向顯著。造成這種差別是因為在雲林縣效率排名表現較差的 94 到 97 年間雖只有微幅的效率值退步，但其他名列前茅的行政區如苗栗縣、彰化縣、南投縣等都維持相同，甚至更優秀的效率表現，故雲林縣在這些年間的排名才會落後。

結合上面提到的效率分析，我們可以發現各行政區若想改進效率表現，首要即是針對產品規模的選擇再思考。由於台灣幅員並不大，不管是移動的便利性或氣候的相似都是交流生產經驗的方便之處，故技術落後的地區要在技術上獲得改善與其他國家相比算是較為輕易。產品組合部分也因為上述兩點造就出差異較不明顯的飲食、消費習慣，使得各行政區間在做種植、養殖物的選擇上較無困難，這點我們從表 3 的 OME 發揮穩定可見一斑。因此，在三種效率項中最有調整空間的就是 ROSE，生產行為表現較不佳的縣市可藉由尋找最適合自身的生產規模進而改善生產效率，使這項產業的生產更為穩定。

#### 4.4 生產力、技術與效率變動關係

根據(22)式可以得知，TFP 的變動會受到技術變動與效率變動的影響，對生產者而言前者屬於外在因素，如科技發展造成進步或天然災害導致衰退；後者則屬於可被自身決策控制的內在因素。然而實際上，從 4.2.2 節的表 6 可以發現，TFP 的成長主要來自技術進步，但諸如 93, 101 年雖有較大的技術進步，卻因 TFPE 的衰退導致生產力的成長幅度不如技術理想，這不免讓人對實際觀察資料中 TFP、技術與效率三者的變動關係產生興趣。

根據 2.4 節中(17)式，TFP 會受到 TFPE 與 TFP\*影響，其中 TFPE 為效率值總指標，TFP\*則可視為當期的技術指標。生產力變動受後兩者的影響可由取對數再微分的方式簡單看出，但技術與效率變動就沒有這種數學式的輔助，故在此以迴歸的方式進行實證上的驗證。由於我們想探討的僅是技術變動與效率變動的關係，因此在迴歸式的設定上我們採簡單迴歸模型，以下列模型進行迴歸分析：

$$dTFPE = \alpha_0 + \alpha_1 dTech + \varepsilon_1 \quad (29)$$

$$dOTE = \beta_0 + \beta_1 dTech + \varepsilon_2 \quad (30)$$

$$dOSME = \gamma_0 + \gamma_1 dTech + \varepsilon_3 \quad (31)$$

其中  $dTech$  代表技術變動， $dTFPE$  代表總效率變動， $dOTE$  代表技術效率變動。而  $OSME = OME \times ROSE$ ，為規模與產品組合效率乘積，反映技術效率以外

的效率水準，亦即總配置效率，*dOSME*代表配置效率變動。上述變動均為以民國88年為基期計算出的指數，迴歸結果如下：

表 8 技術與效率變動關係

應變數		係數	T 統計量	P 值
<i>dTFPE</i>	$\alpha_0$	1.6540	11.6225	0.0000
	$\alpha_1$	-0.6346	-5.3440	0.0000
<i>dOTE</i>	$\beta_0$	1.0846	10.8713	0.0000
	$\beta_1$	-0.0671	-0.8065	0.4205
<i>dOSME</i>	$\gamma_0$	1.5831	15.1117	0.0000
	$\gamma_1$	-0.5819	-6.6567	0.0000

資料來源：本文整理所得

由表 8 結果可發現 $\alpha_1$ 顯著為負，這代表效率變動與技術變動確實存在顯著關係，且為負相關。而 OTE 不顯著但 OSME 卻顯著則說明技術進步之後，對影響配置效率的最佳產品組合與生產規模會產生較大的衝擊，若沒有對應的生產策略改變即會造成生產效率下降。

此種實證結果與 Barcenilla-Visús et al.(2013)及 Sauer and Latacz-Lohmann(2014)相符，前者將 1989~2004 年間 OECD 國家的 TFP 變動拆解為技術變動和效率變動，目的是研究 R&D 及制度調整對於技術變動和效率變動的影響；後者則利用德國乳製品產業於 1996~2010 年間的資料，探討效率、技術及生產力三者間的關係。這兩篇文章的實證結果同時指出技術的進步確實會導致效率的衰退，Sauer and Latacz-Lohmann(2014)更提到技術進步須配合充分且完善的教育才能完全發揮，因此對於人力所需的教育訓練是提升效率的關鍵。從這點看來，台灣也呈現人力資本提升趕不上技術進步的現象，也因此存在表 8 中的結果。

## 4.5 純農業部門狀況

4.1 至 4.4 節式討論農牧業綜合的生產績效狀況，模型中假設「農產與畜產用地具完全替代性」，耕地與畜牧用地直接相加作為農牧業（廣義農業）使用的土地。由於「農產與畜產用地具完全替代性」在現實中較難達成；另一方面，農產 GDP 遠大於畜牧 GDP，因此純農業部門的跨區生產績效的探討有其意義。故本節續以(21)和(22)式為基礎，探討各行政區的純農業部門的相對生產績效。

### 4.5.1 各行政區純農業的 TFPE 與拆解項的比較

首先以(21)式的概念，對照表 3 的方式以純農業資料做出表 9。

表 9 各行政區農業平均 TFPE 及其拆解項

	TFPE	O <sub>TE</sub>	O <sub>ME</sub>	ROSE	TFP*年度
台北市	0.2795 (0.0488)	0.7293 (0.1509)	0.5298 (0.0376)	0.6949 (0.0388)	-
新北市	0.5744 (0.1053)	0.9552 (0.0070)	0.8066 (0.0346)	0.6852 (0.0599)	100,101,103,104,105
台中市	0.3439 (0.0243)	0.8265 (0.0329)	0.9981 (0.0001)	0.4170 (0.0269)	-
台南市	0.2502 (0.0140)	0.5969 (0.0118)	0.9736 (0.0016)	0.4220 (0.0260)	-
高雄市	0.1363 (0.0061)	0.4950 (0.0356)	0.7597 (0.0370)	0.3997 (0.0493)	-
宜蘭縣	0.1282 (0.0023)	0.9658 (0.0065)	0.7827 (0.0157)	0.1836 (0.0115)	-
桃園市	0.1552 (0.0090)	0.8667 (0.0223)	0.9755 (0.0041)	0.1778 (0.0078)	-
新竹縣	0.2445 (0.0317)	0.9198 (0.0197)	0.9950 (0.0001)	0.2593 (0.0287)	-
苗栗縣	0.4625 (0.0319)	0.9049 (0.0173)	1 (0)	0.5074 (0.0280)	-
彰化縣	0.4325 (0.0246)	0.9872 (0.0008)	0.9898 (0.0005)	0.4420 (0.0249)	-
南投縣	0.4807 (0.0254)	0.9752 (0.0027)	0.9423 (0.0049)	0.5241 (0.0329)	-

表 9 各行政區農業平均 TFPE 及其拆解項 (續)

	TFPE	O <sub>TE</sub>	O <sub>ME</sub>	ROSE	TFP*年度
雲林縣	0.3877 (0.0197)	1 (0)	1 (0)	0.3877 (0.0197)	-
嘉義縣	0.4880 (0.0431)	0.9338 (0.0148)	0.9999 (0)	0.5170 (0.0376)	91
屏東縣	0.3010 (0.0119)	0.8531 (0.0194)	0.7851 (0.0194)	0.4551 (0.0236)	-
台東縣	0.2982 (0.0158)	0.6468 (0.0218)	0.9994 (0)	0.4617 (0.0280)	-
花蓮縣	0.2622 (0.0098)	0.8688 (0.0195)	1 (0)	0.3166 (0.0236)	-
澎湖縣	0.2796 (0.0078)	1 (0)	1 (0)	0.2796 (0.0078)	-
基隆市	0.1923 (0.0251)	1 (0)	1 (0)	0.1923 (0.0251)	-
新竹市	0.3853 (0.1020)	0.8912 (0.0342)	0.9998 (0)	0.4128 (0.0917)	88,89,90
嘉義市	0.8299 (0.0448)	0.9583 (0.0095)	0.9997 (0)	0.8619 (0.0331)	92,93,...,99,102

資料來源：本文整理所得；(.)為變異數。

表 9 與表 3 做法相同，差別在於表 9 進行 DEA 計算時使用的產出為三大類農產品，且投入的土地部分僅計算耕地。

比較表 3 與表 9 可以發現，幾乎所有行政區的平均 TFPE 相比農牧業均大幅下降，就連農牧業表現優良的雲林縣、苗栗縣、彰化縣亦是如此，會產生這種現象與 DEA 的特性有關。如第二章提到的，DEA 是利用觀察資料互相比較並計算出效率的方法，當某一觀察者的效率比其他人好上許多時，生產邊界便會遠離大部分觀察點，導致大部分人的效率值低下。從表 9 可以看到，TFP\*年度有九次由嘉義市奪下，相對的表 3 中 TFP\*年度最多的雲林縣僅有六次，由此可見嘉義市的純農業生產效率是明顯領先其他縣市的。

另外，耕地面積與畜牧用地面積相差過多也是導致其他縣市效率值低下的原因之一，經計算，全台平均農畜產品產量比為 2.2403，但耕地與畜牧用地面積比

卻是 293.5593，這意味著計算純農業時，產出方面扣除佔有相當比例的畜產品，但投入方面扣除的畜牧用地佔土地的比例卻小得多。而嘉義市與其他縣市的不同在於，其農畜產品產量比為 7.4356，耕地與畜牧用地面積比為 280.9725，由此數值可知在嘉義市農牧業的產出中，畜產品佔有的比例是比其他縣市要少的，故在純農業計算結果較其他縣市來的好。

#### 4.5.2 行政區純農業 TFPI 狀況

接著根據(22)式的概念，以表 5 的方式及純農業資料製作出表 10。

表 10 各行政區農業生產力、技術與效率平均變動

	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE
台北市	1.4450 (0.8357)	1.6502 (0.4356)	1.0872 (0.7143)	0.7554 (0.2314)	1.5083 (0.1963)	0.9084 (0.0778)
新北市	2.4913 (1.2815)	1.6502 (0.4356)	1.6208 (0.5123)	1.0561 (0.0084)	1.2421 (0.0659)	1.1344 (0.1507)
台中市	1.1409 (0.0859)	1.6502 (0.4356)	0.8166 (0.1799)	0.9147 (0.0468)	0.9980 (0.0001)	0.8953 (0.1486)
台南市	0.9187 (0.0415)	1.6502 (0.4356)	0.6655 (0.1574)	0.7436 (0.0220)	1.1322 (0.0011)	0.7740 (0.1199)
高雄市	0.9185 (0.1862)	1.6502 (0.4356)	0.6631 (0.2356)	1.2639 (0.1871)	0.8330 (0.0560)	0.6976 (0.2321)
宜蘭縣	1.4509 (0.2352)	1.6502 (0.4356)	0.9923 (0.1463)	1.0119 (0.0074)	1.3551 (0.0303)	0.7844 (0.2902)
桃園市	0.6055 (0.0361)	1.6502 (0.4356)	0.4585 (0.1678)	0.8588 (0.0262)	0.9740 (0.0044)	0.5336 (0.1306)
新竹縣	0.5356 (0.0575)	1.6502 (0.4356)	0.4145 (0.2232)	0.9151 (0.0224)	0.9947 (0.0001)	0.4430 (0.1890)
苗栗縣	1.0951 (0.0451)	1.6502 (0.4356)	0.7777 (0.1236)	0.8992 (0.0197)	1 (0)	0.8588 (0.0996)
彰化縣	1.4254 (0.0453)	1.6502 (0.4356)	1.0066 (0.1405)	0.9865 (0.0008)	1.0627 (0.0003)	0.9587 (0.1302)
南投縣	1.1121 (0.0564)	1.6502 (0.4356)	0.7731 (0.0892)	0.9737 (0.0029)	0.9409 (0.0053)	0.8464 (0.1082)



表 10 各行政區農業生產力、技術與效率平均變動（續）

	dTFP	dTech	dTFPE	dOTE	dOME	dROSE
雲林縣	1.3526 (0.1134)	1.6502 (0.4356)	0.9392 (0.1315)	1 (0)	1 (0)	0.9392 (0.1315)
嘉義縣	1.0711 (0.0391)	1.6502 (0.4356)	0.7667 (0.1485)	0.9299 (0.0166)	0.9999 (0)	0.8157 (0.1226)
屏東縣	1.2996 (0.1213)	1.6502 (0.4356)	0.9053 (0.1277)	1.1622 (0.0310)	0.8824 (0.0291)	0.8935 (0.1090)
台東縣	1.6266 (0.2698)	1.6502 (0.4356)	1.1234 (0.2081)	1.4000 (0.0682)	1.0075 (0)	0.7938 (0.1109)
花蓮縣	1.2049 (0.0396)	1.6502 (0.4356)	0.8512 (0.1305)	1.5536 (0.0294)	1 (0)	0.5680 (0.1347)
澎湖縣	1.6774 (0.1530)	1.6502 (0.4356)	1.1344 (0.1178)	1 (0)	1 (0)	1.1345 (0.1179)
基隆市	1.2550 (0.8795)	1.6502 (0.4356)	0.9057 (0.6604)	1 (0)	1 (0)	0.9057 (0.6605)
新竹市	0.4381 (0.0765)	1.6502 (0.4356)	0.3492 (0.2389)	0.8848 (0.0401)	0.9998 (0)	0.3782 (0.1972)
嘉義市	2.0064 (0.8404)	1.6502 (0.4356)	1.1949 (0.0793)	1.0566 (0.0114)	1.0049 (0)	1.1198 (0.0516)

資料來源：本文整理所得；(.)為變異係數。

比較表 5 與表 10 可以發現，純農業的技術進步比起農牧業的幅度更大，但大多數縣市的 ROSE 卻退步的較嚴重。其中值得注意的是新北市，相比於農牧業，新北市在純農業展現出巨幅的效率改善（農牧業 dTFPE：1.0354；純農業 dTFPE：1.6208），在輔以更大幅度的技術進步，新北市在純農業的生產力提升非常明顯，這與大部分觀察縣市的比較結果相反。事實上，新北市近年針對農業亦有不少相關政策，如加強社區長者交流與城市景觀的「可食地景」，和結合工業化製程管理的「S+A 自然農法模組植物工廠」等等，可以發現新北市對於農業發展的努力。而嘉義市則是在兩個方面都有長足的進步，對於投入規模接近的縣市如台北市、新竹市而言是很好的學習對象。

### 4.5.3 純農業的技術變動與效率變動關係

最後藉由技術變動與效率變動的顯著性，觀察純農業是否與農牧業存在同樣的結果。本節根據(29)~(31)式，將實證資料改為純農業之效率值進行迴歸分析，數學模型及迴歸結果如下：

$$dTFPE = A_0 + A_1 dTech + E_1 \quad (32)$$

$$dOTE = B_0 + B_1 dTech + E_2 \quad (33)$$

$$dOSME = \Gamma_0 + \Gamma_1 dTech + E_3 \quad (34)$$

表 11 純農業技術與效率變動關係

應變數		係數	T 統計量	P 值
<i>dTFPE</i>	<b>A<sub>0</sub></b>	1.3186	24.0033	0.0000
	<b>A<sub>1</sub></b>	-0.2721	-8.9526	0.0000
<i>dOTE</i>	<b>B<sub>0</sub></b>	1.0394	33.3144	0.0000
	<b>B<sub>1</sub></b>	-0.0137	-0.7947	0.4273
<i>dOSME</i>	<b>Γ<sub>0</sub></b>	1.3043	25.9608	0.0000
	<b>Γ<sub>1</sub></b>	-0.2654	-9.5466	0.0000

資料來源：本文整理所得

表 11 與表 8 的結果十分相似，OTE 與技術變動的關係均不顯著，且 TFPE 和 OSME 都呈現顯著關係，因此純農業也和農牧業一樣，面臨最佳產品組合和生產規模的調整與技術進步存在落差的問題。

## 5. 結論

本文針對台灣農牧生產較具規模的二十個行政區，取其自民國 88 年至 105 年共 18 年的農牧業生產相關資料，提列 6 種糧食與特作物、14 種蔬菜作物、11 種水果，及 8 種畜產品共 39 種農牧業產品，並以產值與直接價指數計算實質產量作為農產品及畜產品的兩種產出，再納入土地、人力，及農機作為投入，以 DEA 方法及 Färe-Primont TFP index 分析並比較觀察期間各行政區的農牧業生產情形。

根據上述資料及方法，利用軟體 DPIN Version 3.0 計算評估各行政區之農牧業生產效率，以下僅依序將實證結果章節中各小節的結果歸納如後。

### 1. 各行政區平均 TFPE 及其拆解項的比較：

三種生產效率中，各縣市差距最大的是 ROSE、OTE 次之，最穩定的為 OME，意即在生產規模的選擇是造成生產效率差距的主要原因，技術使用方面次之，產品組合則因各縣市表現皆屬良好故較無明顯差異。平均效率表現最佳的前三個行政區為雲林縣、苗栗縣、彰化縣，且表現優良縣市集中於中南部。除少數縣市如台北市、台東縣、新竹市存在嚴重短期管理能力問題外，大部分縣市於農牧業生產的問題為生產規模的中長期規劃能力。

### 2. 行政區與各期間 TFPI 狀況：

嘉義市為成長最穩定且幅度最大之縣市，台北市平均 TFPE 變動雖顯有進步，但因觀察期間的前期與後期變動方向不同，實際上屬於退步，新竹市與基隆市二者的生產表現於整個觀察期間均呈現退步。三種效率項中 OME 的變異程度最小，更可證明個縣市在產品組合選擇上相對穩定。

從 TFPI 的時間趨勢看來，現今農牧業生產技術與觀察初期相比確實有進步，在 104 與 105 年即使面對嚴重天災亦能保持一定的技術水準。

### 3. 效率值與效率排名的交叉比較：

兩種計算均呈現相同結果的縣市如台中市、高雄市等確實存在 TFPE 的退步，而效率值表現優秀的雲林縣在效率排名部分則略有不同，雖然效率值

僅有微幅退步，但效率排名的名次卻因其他縣市的進步顯得落後許多，這個觀察結果也印證了效率的相對概念。

#### 4. 生產力、技術與效率關係：

藉由技術變動與效率變動的顯著關係可以發現，農牧業生產存在技術進步與效率改善之間的落差，故為了使生產力得到更大的成長，必須加快技術進步後生產策略的調整速度，而這對決策者是一大挑戰，政府可藉由加強教育訓練進行輔助。

#### 5. 純農業部門狀況：

與農牧業相比，純農業表現優良的集中度高上許多，觀察期間有九次的最佳表現都是嘉義市，再加上農/畜產品產量比與耕地/畜牧用地面積比的差距過大，導致其他縣市純農業的生產效率低下，由此可發現生產農產品所需的土地是較畜產品要多的，故畜產品才可在使用少量土地的情況下達到大量產出。在技術與效率關係的部分，純農業與農牧業有著同樣的結果，兩者均呈現反向變動。

以上為本文觀察到的實證結果，但在收集資料階段其實尚有可惜之處，導致此次研究受到了限制。如農業生產的重要投入「肥料」則因政策修改，無法強制從業人員公佈詳細使用資料，故此次無法將其加入投入變數；又如無法將投入變數中的土地等級劃分出來，在農業生產中，無論是土壤肥沃度、地形，甚至是氣候等都會影響種植的決策，在做生產力與效率分析時將這些因素納入考量才是最為嚴謹的，惟以上資料取得不易，是本次研究的一大遺憾。

在模型設定上本文採用相對簡單的 DEA 模型，然而台灣農業的南北部差異確實存在，如稻米生產在北部為一年二收，南部則為一年三收，這種差異會導致同樣投入的情況下，南部的產量會大於北部，放在一起比較對北部較不利，因此更為嚴謹模型應為 meta-frontier 的 DEA，但受限於軟體權限，本文並無採用，是另一個可惜之處。

## 參考文獻

- [1] 吳聰敏 (2003), 「台灣經濟發展史」, 台大經濟系。  
<http://homepage.ntu.edu.tw/~ntut019/ltes/TEH2001.pdf>
- [2] 施孟隆、黃炳文、彭克仲、林思如 (2004), 「台灣 21 縣市農業生產力研究」, 生物與休閒事業研究, 2 卷 1 期 (2004 / 06 / 01: 45 – 66)。
- [3] 黃禕、孫廣生、黃金枝 (2015), 「全要素生產率分析新方法：Färe and Primont 指數」, 東北大學學報：自然科學版 (2015, 36(3): 453-456)。
- [4] 葛靜芳、李谷成、尹朝靜 (2016), 「我國農業全要素生產率核算與地區差距分解—基於 Färe and Primont 指數的分析」, 中國農業大學學報, 2016 年第 11 期。
- [5] Asmid, M., Paradi, J. C., Reese, D. N., and Tam, F. (2007), "Measuring Overall Efficiency and Effectiveness Using DEA", *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, No. 1, 305-321.
- [6] Bachewe, F. N., Koru, B., and Taffesse, A. S. (2015), "Cereal Productivity and Its Drivers: The Case of Ethiopia", *Ethiopia Strategy Support Program, Working Paper 75, Addis Ababa, Ethiopia and Washington, D.C.: Ethiopian Development Research Institute (EDRI) and International Food Policy Research Institute (IFPRI)*.
- [7] Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1031-1142.
- [8] Barcenilla-Visús, S., José-María Gómez-Sancho, López-Pueyo, C., María-Jesús Mancebón, and Sanaú J. (2013), "Technical Change, Efficiency Change and Institutions: Empirical Evidence for a Sample of OECD Countries" *Economic Record*, Vol. 89, No.285, 207-227.
- [9] Barros, C. P., and Carlos A. (2004), "An Empirical Analysis of Productivity Growth

in a Portuguese Retail Chain Using Malmquist Productivity Index”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 11, No.5, 269-278.

- [10] Barros, C. P. (2005), “Evaluating The Efficiency of a Small Hotel Chain With a Malmquist Productivity Index”, *International Journal of Tourism Research*, Vol.7, No. 3, 173-184.
- [11] Berg, S. A., Førsund, F. R., and Jansen, E. S. (1992), “Malmquist Indices of Productivity Growth During The Deregulation of Norwegian Banking, 1980-89”, *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94 (Supplement), 211-228.
- [12] Caves, D. W. , Christensen, L. R., and Diewert, W. E. (1982), “The Economic Theory of Index Numbers and The Measurement of Input, Output, and Productivity”, *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, 1393-1414.
- [13] Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978), “Measuring The Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, 429-444.
- [14] Coelli, T. J., and Rao, D. S. P. (2005), “Total Factor Productivity Growth in Agriculture: a Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980 – 2000”, *The Journal of International Association of Agricultural Economists*, Vol. 32, No. 1, 115-134.
- [15] Dakpo, K. H., Desjeux, Y., Jeanneaux, P., and Latruffe, L.(2016), “Productivity, Efficiency and Technological Change in French Agriculture During 2002-2014: A Färe -Primont Index Decomposition”, *149th EAAE Seminar ‘Structural Change in Agri-food Chains: New Relations Between Farm Sector, Food Industry and Retail Sector’Rennes*.
- [https://www.researchgate.net/profile/Yann\\_Desjeux/publication/309486976\\_Productivity\\_efficiency\\_and\\_technological\\_change\\_in\\_French\\_agriculture\\_during\\_2002-2014\\_A\\_Fare-](https://www.researchgate.net/profile/Yann_Desjeux/publication/309486976_Productivity_efficiency_and_technological_change_in_French_agriculture_during_2002-2014_A_Fare-)



- [16] Đokić, M. , Jovanović, V., and Vujanić I. (2017), "Using The TFP Index to Measure Changes in Agricultural Productivity in The EU", *Časopis za ekonomiju i tržišne komunikacije*, 338.43:339.137.2(4-672EU).  
<http://doisrpska.nub.rs/index.php/economyandmarket/article/viewFile/4117/3939>
- [17] Färe, R., and Primont, D. (1995), "Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications", *Kluwer Academic Publishers, Boston*.
- [18] Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of The Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, 253-290.
- [19] Islam, N., Xayavong, V., and Kingwell, R. (2014), "Broadacre Farm Productivity and Profitability in South-Western Australia", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 58, No. 2, 147-170.
- [20] Jorgenson, D. W., and Griliches, Z. (1967), "The Explanation of Productivity Change", *Review of Economic Studies*, Vol. 34, No. 3 , 249-283.
- [21] Khan, F., Salim, R., and Bloch, H. (2015), "Nonparametric Estimates of Productivity and Efficiency Change in Australian Broadacre Agriculture", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 59, No. 3, 393-411.
- [22] Koopmans, T. C. (1951), "Efficient Allocation of Resources", *Econometrica*, Vol. 19, No. 4, 455-465.
- [23] Kortelainen, M., and Kuosmanen, T. (2007), "Eco-efficiency Analysis of Consumer Durables Using Absolute Shadow Prices", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 28, No.1, 57-69.
- [24] Malmquist, S. (1953), "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Trabajos de Estadística*, Vol. 4, No.2, 209–242.
- [25] Mao, W., and Koo, W. W. (1997), "Productivity Growth, Technological Progress,

and Efficiency Change in Chinese Agriculture after Rural Economic Reforms: A DEA approach”, *China Economic Review*, Vol. 8, No. 2, 157-174.

- [26] Murillo-Melchor, C. (1999), “An Analysis of Technical Efficiency and Productivity Change in Spanish Airports Using the Malmquist Index”, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 26, No. 2, 271-292.
- [27] O’Donnell, C. J. (2008), “An Aggregate Quantity-Price Framework for Measuring and Decomposing Productivity Change”, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP07/2008*. University of Queensland, Queensland.
- [28] O’Donnell, C. J. (2010), “Measuring and Decomposing Agricultural Productivity and Profitability Change”, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol.54, No. 4, 527-560.
- [29] O’Donnell, C. J. (2011a), “The Sources of Productivity Change in The Manufacturing Sectors of The U.S. Economy”, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis WP07/2011*, University of Queensland.
- [30] O’Donnell, C. J. (2011b), DPIN Version 3.0 “A Program for Decomposing Productivity Index Numbers”, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP01/2010*, The University of Queensland.
- [31] O’Donnell, C. J. (2012), “Nonparametric Estimates of The Components of Productivity and Profitability Change in U.S. Agriculture”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 94, No. 4, 873 – 890.
- [32] O’Donnell, C. J., Rao, D. S. P., and Battese, G. E. (2008), “Metafrontier Frameworks for The Study of Firm-level Efficiencies and Technology Ratios”, *Empirical Economics*, Vol. 34, No. 2, 231-255.
- [33] Sauer, J., and Latacz-Lohmann, U. (2014), “Investment, Technical Change and Efficiency: Empirical Evidence from German Dairy Production”, *European Review*

*of Agricultural Economics*, Vol. 42, No. 1, 151 – 175.

- [34] Widodo, W. (2017), “Productivity Growth in Foods and Beverages Industry: Empirical Evidence from Indonesia”, *Advanced Science Letters*, Vol. 23, No. 8, 7135-7137.

