

# 運用網絡隨機共同邊界模型 與關聯結構法 比較我國金控與非金控銀行經營效率\*

黃台心\*\*

淡江大學  
產業經濟學系教授

王允立

國立政治大學  
金融學系碩士

黃國睿

國立臺灣大學  
財務金融學系博士

本研究結合 Huang, Lin, and Chen (2017) 的網絡隨機邊界模型與 Huang, Huang, and Liu (2014) 的隨機共同邊界模型，假設銀行生產過程分為兩階段，第一階段運用部分勞動與資本吸收客戶存款，視為中間產出，再將其當作第二階段投入，搭配其餘勞動與資本要素，生產最終產出。運用關聯結構法推導出概似函數，並聯合估計兩個生產階段的迴歸係數，然後計算各群組兩個生產階段的技術效率、技術缺口比率及共同邊界總效率。蒐集我國樣本銀行 2002-2017 年資料，進行實證分析，發現非金控銀行第一生產階段總效率較金控銀行佳，第二階段則相反，顯示兩類銀行在不同生產階段各有其優勢。

關鍵字：中間產出、最終產出、關聯結構法、網絡隨機共同邊界、技術效率、技術缺口比率

---

\* 作者們感謝兩位評審精闢的建議，使本文更臻完善。

\*\* 通訊作者，Email: [thuang@nccu.edu.tw](mailto:thuang@nccu.edu.tw)

收稿日期：109 年 6 月 15 日；接受刊登日期：109 年 11 月 6 日

## 壹、緒論

我國在 1990 年以前未開放新銀行申設，當時研究銀行經營績效的學者，大多針對公營與民營銀行比較它們的績效表現。開放新銀行申設以後，純公股營銀行僅剩臺銀、土銀與臺企銀等三家，另有幾家泛官股銀行，包括彰銀、一銀、華南銀、兆豐銀與合庫等。此後探討公、民營銀行經營績效的論文較少出現，取而代之者是比較金控與非金控銀行經營效率。因為，我國於 2001 年通過「金融控股公司法」後，金融機構可以成立金融控股公司，進行跨業經營，包括銀行、保險、證券等業務，擴大業務種類與規模，期能發揮營運綜效，降低營運成本。反觀非金控銀行，無法享有相同優勢，這兩類銀行何者經營效率較佳，具有重要管理與政策意涵，值得深入探討。

過去的研究發現平均而言，隸屬於金控公司的銀行表現較優，符合所謂的「綜效假說」；但獨立銀行的變異程度較大，代表獨立銀行之中亦有表現極佳的銀行，符合所謂的「小而美」假說。然而，也有研究發現金控銀行的績效未必較優。「小而美」抑或「大而美」？一直是學術界和實務界關心的議題，值得深究。

截至目前為止，扣除沒有商業銀行的國票金控，我國共有 15 家金融控股公司。平均而言，金控銀行的營運規模遠大於非金控銀行，是否真能發揮經營綜效，降低營運成本，給予顧客全方位服務，進而提升我國銀行業競爭力，達到成立金控公司的預期目標，具有重要政策意涵。為能提供銀行經營策略與政府政策參考，本文將蒐集我國金控與非金控銀行資料，進行績效分析和比較，排除規模與家數較少的外商銀行。

傳統評估效率與生產力方法，例如資料包絡分析法（data envelopment analysis, DEA）和隨機邊界法（stochastic frontier approach, SFA），將整個生產流程視為一個黑盒子（a black box），忽略整體生產過程可能須經過幾個生產階段。因此，有學者試圖將多階段或稱網絡模型納入 DEA 模式，特稱為兩階段網絡 DEA（two-stage network DEA），如 Chen et al.（2009）、Färe et al.（2007）、Kao and Hwang（2008）以及 Kao（2009）等，可將生產流程

區分為不同階段（部門），估計不同生產階段的效率值，進而了解各生產階段的管理無效率情況，設法解決。

雖然 two-stage network DEA 已被許多學者採用，若不同生產階段有共用生產要素時，會有以下三項缺點：(1)需事先給定共用生產要素在各生產階段使用比率的區間，以確保共用生產要素不會完全分配至某個生產階段，唯此區間上下界的決定易流於主觀；(2)需假設所有共用要素與中間產出之權數相等，才能得到多生產階段的整體技術效率；(3)該數理規劃模式可能出現多重解，致使分解得到之個別生產階段的效率值非唯一（此缺點是所有 two-stage network DEA 共通者）。

為避免以上缺點，本研究根據 Huang, Lin, and Chen (2017) 提出之網絡隨機邊界法（network SFA），根據經濟理論建立計量模型，容許直接估計不同生產階段的要素投入比例。另外，再結合 Huang, Huang, and Liu (2014) 的隨機共同邊界模型，成為網絡隨機共同邊界模型，進而估計並比較我國金控與非金控銀行的技術效率。

採用 network SFA 進行效率評估者，目前只有 Huang, Lin, and Chen (2017)、Huang, Chen, and Lin (2018) 與 Huang, Lin, and Wu (2019) 等三篇，分別探討大陸銀行業、美國銀行業和臺灣保險業經營效率。但皆未觸及不同群組間的效率比較課題，亦即皆未使用共同邊界模型，故本研究可彌補現有文獻之不足。

具體而言，本研究打算收集臺灣金控與非金控銀行 2002-2017 年資料，採 network SFA 模型在隨機共同生產與成本邊界架構下，比較金控與非金控銀行的經營效率。在兩個生產階段架構下，第一生產階段使用生產函數，描述銀行使用部分的勞動與資本設備，生產中間產出——存款，此中間產出搭配剩餘的勞動與資本設備，在成本極小化假設下生產第二階段的最終產出，包括投資、放款與非利息收入。兩階段生產模型的優點除能更貼切描述廠商實際生產流程外，也可避免定義銀行投入與產出時，究竟應將存款定義為投入（仲介法）抑或產出（生產法）的困擾，請參考 Holod and Lewis (2011)。透過估計隨機共同生產與成本邊界，得以計算兩個生產階段技術缺口比率（technology gap ratio, TGR）和總效率，克服兩類銀行因採用之生產技術不

同，無法比較不同群組間與不同生產階段技術效率的問題。

本研究除第壹節是緒論外，第貳節回顧相關文獻，第參節介紹研究方法並提出兩個假說，第肆節說明資料來源、變數定義以及樣本統計量，第伍節進行實證分析，利用係數估計值計算各種效率值，比較金控與非金控銀行經營績效的差異，進而檢定相關假說；最後一節是本研究的結論。

## 貳、文獻回顧

### 一、網絡 DEA

網絡 DEA 最初由 Färe and Grosskopf (2000) 提出，Kao and Hwang (2010)、Holod and Lewis (2011)、Wang et al. (2014)、Zha et al. (2016) 以及 Avkiran (2015) 等，擴充至不同生產階段有共用生產要素情形。Lo and Lu (2009) 擷取臺灣 2004 年 14 家金控銀行資料，應用 slacks-based 與 super-SBM DEA 模型整合至兩階段網絡 DEA，將金控銀行的生產過程分為獲利 (profitability) 與行銷 (marketability) 兩個階段；發現大型金控銀行在獲利與行銷階段之效率皆優於小型金控銀行，故建議大型金控銀行可以合併小型較無效率之金控銀行。

Kao (2009) 提出數種關聯網絡 DEA 模型 (relational network DEA)，將廠商生產流程分成幾個相互關聯的次流程。收集臺灣 2001-2002 年 24 家非壽險公司進行分析，將保費支出與投資費用當作第一階段投入，將保費收入與再保險收入視為中間產出，當作第二階段投入，最後產出為承銷收益與投資收益。鑒於有些網絡 DEA 模型與 Pareto-Koopmans efficiency 概念不一致，Mirdehghan and Fukuyama (2016) 立基於 slacks-based 模型，提出兩階段網絡 DEA，沿用 Kao and Hwang (2010) 資料進行實證分析。

陳柏琪與顏晃平 (2018) 延伸 Fukuyama and Weber (2010) 與 Chen et al. (2010) 的研究方法，額外將非意欲產出納入兩階段資料包絡法網絡模型，樣本期間為 2004-2013 年我國銀行資料，發現泛官股、金控銀行的生產效率高於民營、非金控銀行；唯本篇論文未使用共同邊界模型，進行群組間的效率比較。鄭政秉、梁連文與陳仁屏 (2015) 使用隨機共同成本邊界模型，模

擬不同監管項目對於金控與非金控銀行的成本效率，造成之影響；發現整體而言，金控銀行的共同成本效率優於非金控銀行。

Chao et al. (2018) 收集我國 2013 年 19 家上市商業銀行資料，其中金控銀行有 10 家，非金控銀行有 9 家；運用網絡 DEA 搭配共同邊界模型，進行效率評估與比較。發現金控銀行在第一生產階段 (profitability process) 優於非金控銀行，但在第二生產階段 (marketability process) 則相反，非金控銀行優於金控銀行。值得留意者，Chao et al. (2018) 僅使用單一年度資料，所定義的兩個生產階段與本研究不同，各階段的投入和產出亦與本文完全不同，兩個生產階段也沒有共用生產要素。故該文結果不適合與本文直接比較，但與本文類似之處，金控與非金控銀行在兩個生產階段各有所長，詳情請參見第參節第四小節的研究假說與第伍節實證結果分析。

Holod and Lewis (2011) 將銀行的生產過程分為兩個階段，第一階段使用部分勞動與資本生產存款 (視為中間產出)，第二階段使用剩餘勞動與資本以及存款，進行放款與投資；此篇文獻收集 1986-2008 年銀行控股公司 (bank holding company, BHC) 資料，並使用網絡 DEA 模型估計。

## 二、網絡 SFA

Huang, Lin, and Chen (2017) 首先利用經濟學上的生產理論，使用生產函數代表第一階段生產技術，運用部分勞動與資本設備生產存款。利用總成本函數描述第二階段的生產活動，使用其餘勞動與資本設備以及第一階段的存款，生產最終產品。透過關聯結構法 (copula methods)，推導出組合誤差之聯合分配以及概似函數，收集大陸 2002-2015 年 172 家銀行業資料進行實證分析。此模型的特色在於透過要素份額方程式，才能估計勞動與資本設備在兩個生產階段的配置比率。Huang, Chen, and Lin (2018) 利用 2009 年美國商業銀行資料進行類似研究。Huang, Lin, and Wu (2019) 根據台灣經濟新報資料庫、台灣保險年鑑、台灣保險機構年報及各家保險業者財務報告，擷取 2000-2012 年 26 家臺灣壽險業者資料，將保費收入視為中間產出，投資收益為最終產出，發現臺灣本國壽險業者在兩個生產階段的管理能力相較國外壽險業者佳。

### 三、共同邊界相關文獻

Battese, Rao, and O'Donnell (2004) 與 O'Donnell, Rao, and Battese (2008) 提出共同邊界生產函數，第一階段採取隨機邊界模型估計群組生產邊界，第二階段採用數理規劃法估計共同生產邊界後，可以計算 TGR 與總效率。之後，許多學者相繼採用相同模型進行研究，例如 Bos and Schmiedel (2007)、黃台心、張寶光及邱郁芳 (2009)、Huang, Chiang, and Chen (2011)、和 Chen (2012) 等。

黃美瑛與謝志彬 (2009) 以 1996-2003 年上市櫃之 34 家本國銀行為研究對象，使用隨機成本邊界法衡量金融控股公司法通過前後，臺灣銀行業之系統風險變動情形，並檢測系統風險對銀行成本與效率之影響。發現金控法通過後，因為金控銀行樣本期間只有兩年，跨業經營之綜效並未顯著提升成本效率，但其跨業經營模式仍有助於降低其資產報酬風險。顏晃平和張靜文 (2011) 使用共同成本邊界模型進行估計，比較金控子銀行與獨立銀行間技術水準與成本節省幅度差異。發現 2001 年至 2008 年間，非金控銀行 TGR 平均值較高，表示此群組較接近共同成本邊界。

由於 Battese, Rao, and O'Donnell (2004) 與 O'Donnell, Rao, and Battese (2008) 提出共同邊界模型第二階段採用線性或二次規劃法，與第一階段的隨機邊界相異，僅能得到確定性共同邊界而非隨機邊界，欠缺統計性質。乃有 Huang, Huang, and Liu (2014) 隨機共同邊界模型的出現，第二階段仍採用隨機邊界模型進行估計，避免上述確定性邊界的缺點。自此以後，隨機共同邊界模型廣為學者使用，例如 Chang, Huang, and Kuo (2015)、Jiang and Sharp (2015)、Huang, Chang, and Kuo (2019) 以及 Melo-Becerra and Orozco-Gallo (2017) 等。此外，Huang, Hu, and Chang (2018) 和黃台心、鍾銘泰與陳世章 (2018) 運用隨機共同邊界模型計算得到 TGR，當作銀行業的創新度指標，進而探討市場競爭度與創新間的關係；而 Bos, Kolari, and Lamoen (2013) 則使用 Battese, Rao, and O'Donnell (2004) 的共同邊界模型計算銀行創新度。Lee and Huang (2017) 是第一篇將傅立葉富伸縮成本函數 (Fourier flexible cost function)，應用到隨機共同成本邊界模型，並將技術缺口比率與特定國

家環境變數連結，比較西歐國家銀行 1996-2010 年成本效率。

#### 四、金控與非金控相關文獻

Stiroh (2000) 探索美國 661 家銀行控股公司 1991-1997 的經營績效，分別從成本與利潤函數以及不同產出定義，進行分析，發現儘管生產力大約以每年 0.4% 速度上升，仍存在相當的成本和利潤無效率。Vennet (2002) 探討收入、成本和利潤效率等議題，發現綜合或稱集團銀行 (universal or conglomerate banks) 較專業銀行有效率；Isik and Hassan (2003)、Sathye (2003) 與 Hauner (2005) 分析土耳其、印度以及比較德國與奧地利銀行業，發現類似結果。

Elyasiani and Wang (2012) 運用 DEA 模式，分析 1997-2007 年美國銀行控股公司採取生產多樣化策略，對其效率與生產力變動之影響；發現技術效率與生產多樣化之間呈負向關係，也發現多樣化改變程度與總要素生產力之間沒有關係。Hughes and Mester (2013) 針對 2007 年美國 842 家第一級銀行控股公司，考慮經理人員的風險偏好與內生性風險承擔 (endogenous risk-taking) 後，發現樣本銀行存在很強的規模經濟；但若忽略風險因素，則不存在規模經濟。

Feng, Peng, and Zhang (2017) 採用隨機產出面距離函數並考慮 Ahn et al. (2013) 的多因子結構 (a multi-factor structure)，探討 2004-2013 年美國銀行控股公司的效率與生產力，發現這些大型銀行控股公司多處於遞增規模報酬階段。Akhigbe, McNulty, and Stevenson (2017) 收集美國銀行控股公司 1996-2010 年資料，區分成 1996-2007 年的金融危機前與 2008-2010 年的危機期間兩個時段，研究私有銀行控股公司與上市銀行控股公司利潤效率之差異；發現兩者在金融危機前的利潤效率差異不大，在金融危機後兩者利潤效率亦無顯著差異。

國內方面使用共同邊界模型，比較金控與非金控銀行效率的論文，請見前小節。

## 參、研究方法

### 一、網絡隨機邊界模型

參考 Huang, Lin, and Chen (2017) 與 Huang, Chen, and Lin (2018), 假定銀行的生產活動分為兩個階段, 第一階段先運用部分勞動與資本設備吸收存款, 獲得放款所需資金, 視存款為中間產出; 第二階段除雇用剩餘勞動與資本之外, 前階段的中間產出——存款, 也一併投入生產最終產品, 包括放款、投資和非利息收入。

假設銀行第一階段雇用  $\alpha_1$  比例勞動 ( $X_1$ ) 與  $\alpha_2$  比例資本財 ( $X_2$ ), 試圖極大化中間產出——存款 ( $X_3$ ), 令  $\alpha X = (\alpha_1 X_1, \alpha_2 X_2)'$  代表此階段要素投入組合, 組合誤差項為  $\varepsilon_3 = v_3 - u_3$ , 則隨機生產邊界函數表示如下:

$$X_3 = g(\alpha X) e^{\varepsilon_3}, \quad (1)$$

其中  $g(\cdot)$  為生產函數,  $v_3 \sim N(0, \sigma_v^2)$  為隨機干擾項,  $u_3 \sim N^+(0, \sigma_u^2)$  為技術無效率率項。進行迴歸分析時, 須將式(1)取自然對數, 設定成 translog 迴歸方程式。值得一提者, 因為額外參數  $\alpha$  出現在(1)式, 必須有額外的條件, 也就是額外的迴歸方程式提供足夠的辨認條件, 才能估計出所有迴歸係數, 請見下文。

假定廠商第二階段的目標為極小化生產成本  $PC^*(\cdot)$ , 雇用第一階段的中間產出——存款——以及剩餘的勞動和資本設備生產最終產出。包含技術無效率的成本函數定義如下:<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} PC^*\left(Y, \frac{W}{b}\right) &= \min_{b\tilde{\alpha}X} \left[ \frac{W'}{b} (b\tilde{\alpha}X) \mid F(b\tilde{\alpha}X, Y) = 0 \right] \\ &= \frac{1}{b} \min_{b\tilde{\alpha}X} [W'(b\tilde{\alpha}X) \mid F(b\tilde{\alpha}X, Y) = 0] \\ &= \frac{1}{b} PC(Y, W) \end{aligned} \quad (2)$$

1 (2)式中的原始定義為  $PC^*(Y, W) = \min_{\tilde{\alpha}X} [W' \tilde{\alpha}X \mid F(b\tilde{\alpha}X, Y) = 0]$ , 目標函數的選擇變數是  $\tilde{\alpha}X$ , 但限制條件卻是  $b\tilde{\alpha}X$ , 兩者出現不一致, 故將目標函數同時乘以和除以參數  $b$  轉換, 要素價格向量成為  $W'/b$ 。

其中  $\tilde{\alpha}X = (\tilde{\alpha}_1X_1, \tilde{\alpha}_2X_2, \tilde{\alpha}_3X_3)'$ ,  $\tilde{\alpha}_1 = 1 - \alpha_1$ ,  $\tilde{\alpha}_2 = 1 - \alpha_2$ ,  $\tilde{\alpha}_3 = 1$ ,  $W$  代表要素價格向量,  $F(\cdot)$  代表生產轉換函數。根據 Atkinson and Cornwell (1993; 1994), 令參數  $b$  代表技術無效率且  $0 < b \leq 1$ , 其值若越接近一, 代表越具有技術效率; 反之, 若越小而接近零, 代表越缺乏技術效率。成本極小化假設使得我們不只考慮銀行多重產出特性, 配合成本份額函數的運用, 不但可以估計出全部生產與成本函數的迴歸係數, 也能將技術無效率  $b$  和額外的比例參數  $\alpha$  等估計出來。

利用 Shephard's Lemma 導出銀行第  $i(i=1, 2, 3)$  個要素的需求函數:

$$\begin{aligned} \frac{\partial PC^*}{\partial \left(\frac{W_i}{b}\right)} &= b\tilde{\alpha}_i X_i \left(Y, \frac{W}{b}\right) \\ &= b\tilde{\alpha}_i X_i(Y, W) \end{aligned} \quad (3)$$

且

$$\frac{\partial PC^*}{\partial W_i} = \frac{\partial PC^*}{\partial \left(\frac{W_i}{b}\right)} \frac{\partial \left(\frac{W_i}{b}\right)}{\partial W_i} = b\tilde{\alpha}_i X_i \frac{1}{b} = \tilde{\alpha}_i X_i \quad (4)$$

依據(2)與(4)式得到:

$$\frac{\partial PC^*}{\partial W_i} = \frac{1}{b} \frac{\partial PC}{\partial W_i}$$

隱含(4)式可另表為:

$$X_i = \frac{1}{\tilde{\alpha}_i} \frac{\partial PC^*}{\partial W_i}$$

運用(3)與(4)式, 第  $i$  要素的份額方程式可證明為:

$$S_i(Y, W) \equiv \frac{\partial \ln PC^*}{\partial \ln W_i} = \frac{\partial PC^*}{\partial W_i} \frac{W_i}{PC^*} = \frac{\tilde{\alpha}_i X_i W_i}{PC^*} \equiv \frac{\partial \ln PC^*}{\partial \ln \left(\frac{W_i}{b}\right)} \quad (5)$$

實際成本與份額方程式定義如下:

$$E = \sum_{i=1}^3 W_i X_i = \sum W_i \frac{PC^* S_i}{\tilde{\alpha}_i W_i} = PC^* \sum S_i \tilde{\alpha}_i^{-1} = PC^* \times G(Y, W) \quad (6-1)$$

$$\frac{W_i X_i}{E} = \frac{W_i}{E} \frac{S_i PC^*}{\tilde{\alpha}_i W_i} = \frac{S_i \tilde{\alpha}_i^{-1}}{G}, \quad i=1, 2, 3 \quad (6-2)$$

其中  $G(Y, W) = \sum_{i=1}^3 S_i \tilde{\alpha}_i^{-1}$ 。研究者通常只能從各公司資產負債和損益表等會計報表中，得知公司整體的成本支出和銷貨收入等資料，無法觀察到該公司內部各部門的成本和收入等資料。(6-1)式主要功能在於將銀行(公司)整體的成本支出( $E$ )，連結到第二生產階段(部門)的成本函數( $PC^*$ )，而 $PC^*$ 包含第二個生產階段技術無效率 $\frac{1}{b}$ (請參考(2)式)，兩者差距等於 $G(Y, W) = \sum S_i \tilde{\alpha}_i^{-1}$ 。其中 $\tilde{\alpha}_i^{-1} \geq 1$ ，可推知 $G(Y, W) \geq 1$ ，由於銀行整體的成本支出應大於部門的成本支出，故(6-1)式 $E = PC^* \times G(Y, W)$ 符合預期。由此凸顯本研究理論模型的重要性，研究者只須得到公司整體的成本支出( $E$ )資料，估計(7)式，就可得到第二階段成本函數( $PC^*$ )的係數值，用以計算第二階段成本效率值。

將(6-1)式左右兩邊取自然對數並加入誤差項 $v_4$ ，成為迴歸方程式：

$$\begin{aligned} \ln E &= \ln PC(Y, W) - \ln b + \ln G(Y, W) + v_4 \\ &= \ln PC(Y, W) + \ln G + v_4 + u_4 \end{aligned} \quad (7)$$

其中 $u_4 = -\ln b$ 為非負隨機變數，即 $u_4 \sim N^+(0, \sigma_{u_4}^2)$ ，代表成本無效率導致的成本上升，<sup>2</sup>它與 $v_4 \sim N(0, \sigma_{v_4}^2)$ 統計獨立，令 $\varepsilon_4 = v_4 + u_4$ 代表成本函數的組合誤差項，進行迴歸分析時，設定 $\ln PC(\cdot)$ 為translog型式。依據(6-2)式實際份額迴歸方程式表示如下：

$$\frac{W_i X_i}{E} = \frac{S_i \tilde{\alpha}_i^{-1}}{G} + \varepsilon_i, \quad i=1, 2 \quad (8)$$

其中 $\varepsilon_i$ 是額外加入的隨機干擾項，讓(8)式成為迴歸方程式。<sup>3</sup>

2 從(7)式可看出成本無效率 $-\ln b$ ，其實就是生產函數中的技術無效率( $b$ )。研究者若要利用成本函數同時分析廠商的技術與(要素)配置效率，必須同時蒐集廠商的要素價格資訊，並導入影子價格概念，由於本研究的模型已十分複雜，故未嘗試探討配置效率議題。

3 因為三個份額函數相加等於一，估計時必須去除其中之一，以避免共變數矩陣出現奇異性(singularity)問題。

值得注意者，第一階段銀行究竟使用多少比例勞動與資本設備生產存款，會計報表中無法窺見，即比例參數  $(\alpha_1, \alpha_2)$  無法直接觀察到，必須以計量方法估計之。若只估計迴歸方程式(1)與(7)式，忽略(8)式，會因辨認條件不足而無法將所有迴歸係數估計出來。必須同時納入(8)式聯合估計，幫助辨認比例參數  $(\alpha_1, \alpha_2)$  以及其他待估參數，進而用以計算各生產階段的技術效率，並不需要取得各生產階段個別要素投入資料才能進行估計，是本小節理論模型的主要貢獻。<sup>4</sup>

## 二、迴歸模型

為能聯合估計(1)、(7)與(8)式，須有  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_3(=v_3-u_3)$  與  $\varepsilon_4(=v_4+u_4)$  的聯合機率密度函數，因為  $\varepsilon_3$  和  $\varepsilon_4$  具備偏常態分配 (skewed normal distribution)，必須使用關聯結構法得到兩者的聯合機率密度函數。根據 Sklar (1959)，第  $j$  廠商  $\varepsilon_3$  和  $\varepsilon_4$  的聯合累積分配函數 (cumulated distribution function, CDF)  $F(.)$  為：

$$F(\varepsilon_{3j}, \varepsilon_{4j}) = C(F_3(\varepsilon_{3j}), F_4(\varepsilon_{4j}); \rho) \quad (9)$$

其中  $F_i(\varepsilon_{ij})$  代表第  $i$  隨機變數的邊際分配函數， $C(.)$  代表聯合關聯結構分配函數， $\rho$  代表邊際分配函數彼此間的相依參數。

將(9)式針對  $\varepsilon_i(i=3, 4)$  取偏導數後，可得第  $j$  廠商的聯合機率密度函數 (probability density function, pdf)

$$f(\varepsilon_{3j}, \varepsilon_{4j}) = c(F_3(\varepsilon_{3j}), F_4(\varepsilon_{4j}); \rho) \times \prod_{i=3}^4 f_i(\varepsilon_{ij}) \quad (10)$$

其中  $c(.)$  代表聯合關聯結構 pdf， $f_i(.)$  為第  $i$  隨機變數的邊際 pdf。

因 Copula 函數有多種形式，本研究根據 Lai and Huang (2013) 選擇 Gaussian Copula 函數推得聯合累積分配函數如下：

$$F(\varepsilon_{3j}, \varepsilon_{4j}) = \Phi_2(\Phi^{-1}(F_3(\varepsilon_{3j})), \Phi^{-1}(F_4(\varepsilon_{4j})); \Omega) \quad (11)$$

4 若使用網絡 DEA 模式，研究者必須個別給定比例參數  $(\alpha_1, \alpha_2)$  區間值，以避免單一生產階段投入全部某生產要素。

其中  $\Phi^{-1}(\cdot)$  為標準常態分配 CDF 的反函數， $\Phi_2(\cdot)$  為二維標準常態聯合 CDF，它的平均數向量等於零， $2 \times 2$  對稱相依係數矩陣為  $\Omega = [\Omega_{jk}]$ ，即

$$\Omega = \begin{pmatrix} 1 & \Omega_{34} \\ \Omega_{34} & 1 \end{pmatrix}$$

Gaussian Copula 聯合機率密度函數為：

$$\begin{aligned} f(\varepsilon_{3j}, \varepsilon_{4j}) &= c(F_3(\varepsilon_{3j}), F_4(\varepsilon_{4j}); \Omega) \times \prod_{i=3}^4 f_i(\varepsilon_{ij}) \\ &= \frac{1}{|\Omega|^{1/2}} \exp \left[ \frac{-1}{2} \zeta_j' (\Omega^{-1} - I_2) \zeta_j \right] \times \prod_{i=3}^4 f_i(\varepsilon_{ij}) \end{aligned} \quad (12)$$

其中  $\zeta_j = (\Phi^{-1}(F_3(\varepsilon_{3j})), \Phi^{-1}(F_4(\varepsilon_{4j})))'$ ， $I_2$  為  $2 \times 2$  單位矩陣。有關 copula 函數詳細介紹，請參考 Cherubini, Luciano, and Vecchiato (2004)。將(12)式取自然對數後針對全部樣本加總，即得到  $\varepsilon_3$  與  $\varepsilon_4$  對數概似函數。<sup>5</sup>

(12)式中的  $F_3(\cdot)$  與  $F_4(\cdot)$  是偏常態分配  $f_3(\cdot)$  與  $f_4(\cdot)$  的 CDF，沒有封閉型式 (closed form)，故無法直接以最大概似進行估計。它們的 pdf 分別為

$$f_3(\varepsilon_3) = \frac{2}{\sigma_3} \phi \left( \frac{\varepsilon_3}{\sigma_3} \right) \Phi \left( -\frac{\lambda_3 \varepsilon_3}{\sigma_3} \right) \quad (13)$$

與

$$f_4(\varepsilon_4) = \frac{2}{\sigma_4} \phi \left( \frac{\varepsilon_4}{\sigma_4} \right) \Phi \left( \frac{\lambda_4 \varepsilon_4}{\sigma_4} \right) \quad (14)$$

其中  $\sigma_j = \sqrt{\sigma_{u_j}^2 + \sigma_{v_j}^2}$ ， $j=3, 4$ ， $\lambda_j = \frac{\sigma_{u_j}}{\sigma_{v_j}}$ ， $\phi(\cdot)$  是標準常態分配的 pdf。由於  $\Phi(\cdot)$  沒有封閉型式導致(13)與(14)式積分後的 CDF，即  $F_3(\cdot)$  與  $F_4(\cdot)$  亦無封閉型式。相關文獻有兩種方法解決，一為 Greene (2003) 與 Amsler et al. (2014) 採用之模擬最大概似法 (simulated maximum likelihood method)，另一為 Tsay et al.

5 估計(12)式 Gaussian Copula 聯合機率密度函數，Lai and Huang (2013) 稱為聯合估計法，若僅使用該式後半部  $\prod_{i=3}^4 f_i(\varepsilon_{ij})$  進行估計，忽略前半部的  $c(F_3(\varepsilon_{3j}), F_4(\varepsilon_{4j}); \Omega)$ ，則稱為分開估計法。目前採用 Copula 函數進行迴歸分析的相關文獻，特別是在效率與生產力領域，大多採用 Gaussian Copula。例如，Lai and Huang (2013)、Amsler et al. (2014; 2016; 2017)、Huang et al. (2017)、Huang, Liu, and Kumbhakar (2018)、Huang et al. (2019) 以及 Huang, Chen, and Lin (2018) 等。

(2013)、Lai and Huang (2013) 以及 Huang, Liu, and Kumbhakar (2018) 採用之近似積分法，得到具有封閉解的近似函數。這兩種方法皆屬近似法，Tsay et al. (2013) 證明他們的近似積分法的近似誤差在  $10^{-5}$  以內。本研究將依據 Tsay et al. (2013)，推導出  $F_3(\cdot)$  與  $F_4(\cdot)$  的近似函數，代入(12)式；有關  $F_3(\cdot)$  的近似函數推導過程請參考 Tsay et al. (2013)，而  $F_4(\cdot)$  的近似函數推導過程請見附錄一。

(12)式含有標準常態分配 cdf 的反函數，加之  $F_3(\cdot)$  與  $F_4(\cdot)$  無封閉型式，必須改用比較複雜的近似函數取代，導致對應(12)式的概似函數十分繁複且高度非線性，迴歸分析時不易收斂，本研究加諸一些假設，稍微簡化對數概似函數。即假設單一誤差項  $\varepsilon_1$  與  $\varepsilon_2$  為二變量聯合常態分配，相關係數設為  $\Omega_{12}$ ，它們與  $\varepsilon_3$  和  $\varepsilon_4$  統計獨立，組合誤差項  $\varepsilon_3$  和  $\varepsilon_4$  的聯合分配須使用(12)式的關聯結構法導出。如此， $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_3$  與  $\varepsilon_4$  的聯合機率密度函數，等於  $\varepsilon_1$  與  $\varepsilon_2$  為二變量聯合常態分配，乘以(12)式  $\varepsilon_3$  與  $\varepsilon_4$  的關聯結構函數，取自然對數後針對全部樣本加總，即得到所需的對數概似函數。<sup>6</sup>

### 三、網絡隨機共同邊界模型

假定對於第  $k$  個群組（可能是一個國家或地區），在第  $t$  期的第  $i$  個決策單位（可能是廠商或銀行）的隨機邊界生產函數表為：

$$Y_{kit} = f_i^k(X_{kit})e^{V_{kit}-U_{kit}}, \quad k=1, 2, 3, \dots, K; i=1, 2, \dots, N_k; t=1, 2, 3, \dots, T \quad (15)$$

其中  $Y_{kit}$  與  $X_{kit}$  為第  $t$  期第  $k$  群組中第  $i$  廠商的單一產出與要素向量， $f_i^k(X_{kit}) = e^{X_{kit}\beta^k}$  為隨著時間  $t$  與第  $k$  個群體不同的生產函數， $V_{kit} \sim N(0, \sigma_{kV}^2)$  為隨機干擾項， $U_{kit} \sim N^+(0, \sigma_{kU}^2)$  為技術無效率項， $V_{kit}$  與  $U_{kit}$  假設統計獨立。廠商的技術效率定義為：

6 本文假設  $\varepsilon_1$  與  $\varepsilon_2$  和  $\varepsilon_3$  與  $\varepsilon_4$  統計獨立，雖讓迴歸係數估計式欠缺有效性，但仍具備一致性，可參考 Judge et al. (1982: 315-321)。由於本研究將聯合估計(1)、(7)與(8)式，(8)式中的成本份額方程式  $S_i$ ，導源於(7)式的 lnPC 函數，即成本份額方程式中所有自變數和迴歸係數，與部分 lnPC 函數相同，聯合估計這三式相當於加入迴歸係數的跨式限制，可以提高係數估計式的有效性。故整體而言，有效性的損失可能不大。

$$TE_{it}^k = \frac{Y_{kit}}{f_t^k(X_{kit})e^{V_{kit}}} = e^{-U_{kit}} \quad (16)$$

第  $t$  期間所有群組的共同邊界生產函數定義為  $f_t^M(X_{kit})$ ,  $k=1, 2, 3, \dots, K$ , 它應從上方包絡所有個別群組的生產邊界  $f_t^k(X_{kit})$ , 兩者之間關係表示如下:

$$f_t^k(X_{kit}) = f_t^M(X_{kit})e^{-U_{kit}^M}, \quad \forall k, i, t \quad (17)$$

因為  $U_{kit}^M \geq 0$ , 故  $f_t^M(\cdot) \geq f_t^k(\cdot)$ , 第  $k$  個群組的生產邊界與共同生產邊界的比例, 定義為技術缺口比率 (TGR):

$$TGR_{it}^k = \frac{f_t^k(X_{kit})}{f_t^M(X_{kit})} = e^{-U_{kit}^M} \leq 1 \quad (18)$$

依據 Huang et al. (2014), 綜合以上四個方程式得下式:

$$\frac{Y_{kit}}{f_t^M(X_{kit})} = TGR_{it}^k \times TE_{it}^k \times e^{V_{kit}} \quad (19)$$

將(19)式隨機干擾項  $e^{V_{kit}}$  移至等號左邊, 定義共同邊界效率 (metafrontier technical efficiency, MTE):

$$MTE_{kit} \equiv \frac{Y_{kit}}{f_t^M(X_{kit})e^{V_{kit}}} = TGR_{it}^k \times TE_{it}^k \quad (20)$$

令  $\hat{f}_t^k(X_{kit})$  為第  $k$  群組估計的生產函數值, 此群組的技術效率估計值以條件期望值表示如下:

$$\widehat{TE}_{it}^k = \hat{E}(e^{-U_{kit}} | \hat{\varepsilon}_{kit}) \quad (21)$$

其中  $\hat{\varepsilon}_{kit} = \ln Y_{kit} - \ln \hat{f}_t^k(X_{kit})$  代表殘差。已知

$$\ln \hat{f}_t^k(X_{kit}) - \ln f_t^k(X_{kit}) = \varepsilon_{kit} - \hat{\varepsilon}_{kit} = V_{kit}^M \quad (22)$$

(17)式取自然對數後代換上式的  $\ln f_t^k(X_{kit})$ , 成為

$$\ln \hat{f}_t^k(X_{kit}) = \ln f_t^M(X_{kit}) - U_{kit}^M + V_{kit}^M \quad (23)$$

其中  $V_{kit}^M \sim N(0, \sigma_{MV}^2)$ ,  $U_{kit}^M \sim N^+(0, \sigma_{MU}^2)$ , 且兩者相互獨立。TGR 的估計值為

$$\widehat{TGR}_{it}^k = \hat{E}(e^{-U_{kit}^M} | \hat{\varepsilon}_{kit}^M) \leq 1 \quad (24)$$

其中  $\hat{\varepsilon}_{kit}^M = \ln \hat{f}_i^k(X_{kit}) - \ln \hat{f}_i^M(X_{kit})$ ，即為(23)式的殘差。

以上有關MTE與TGR的推導過程，立基於第一個生產階段的生產函數，本小節的產出  $Y$ ，就是第一個生產階段的中間產出——存款。本研究第二個生產階段使用三種投入生產三種產出，並以成本函數代表此階段生產技術，只需將前述步驟適度修改即可；例如(15)與(23)式中的組合誤差  $(V-U)$  修改為  $(V+U)$ ，故不再贅述。

綜合以上推導，統整本研究估計步驟如下：

- (一) 使用最大概似法聯合估計(1)、(7)與(8)式導出的對數概似函數，分別得到金控與非金控群組生產函數與成本函數的係數值，進而計算個別群組兩個生產階段的群組技術效率值。
- (二) 分別計算兩個群組生產函數與成本函數的配適值，將兩群組資料合併，針對此合併樣本再次以最大概似法聯合估計(12)式導出的對數概似函數，唯應變數須改為生產函數與成本函數的配適值，得到隨機共同生產與成本函數的係數值。<sup>7</sup> 運用這些係數估計值依據(24)式，分別計算生產與成本函數的技術缺口比率。請注意，此處將前步驟的比例參數  $(\alpha_1, \alpha_2)$  估計值視為已知，不需再次估計，故不需聯合估計(8)式的份額方程式。
- (三) 前面兩個步驟得到的群組技術效率值和技術缺口比率相乘，即為(20)式的MTE估計值，即

$$\widehat{MTE}_{it}^k = \widehat{TGR}_{it}^k = \widehat{TE}_{it}^k \quad (25)$$

#### 四、設立假說

本文假設樣本銀行第一個生產階段為單一產出——存款，第二個生產階段為多重產出，也是銀行主要的生產階段，提供投資、放款和非利息收入等三種金融商品。本研究是國內首先採用網絡模型同時結合共同邊界模型，比較金控與非金控銀行效率的文章，相關文獻較少。Huang et al. (2017) 使用

7 值得一提者，估計共同邊界時應變數使用生產函數與成本函數的配適值，計算這些配適值已將分配參數  $\alpha_1$  與  $\alpha_2$  的估計值帶入，故不需納入成本份額方程式再次估計之。

網絡模型但未結合共同邊界模型，探討大陸銀行業生產效率，他們將樣本銀行區分成大型國有銀行、合資銀行與城市商業銀行等三類，大型國有銀行規模最大，合資銀行次之，城商行最小。實證分析發現兩個生產階段，均以合資銀行效率最高，其次為城商行，大型國有銀行兩個生產階段效率皆最差；顯示規模較小銀行兩個生產階段效率均較佳。Chao et al. (2018) 針對我國 19 家上市商業銀行資料，運用網絡 DEA 搭配共同邊界模型，比較 2013 年金控與非金控銀行的兩階段效率。

根據 Huang et al. (2017) 以及 Chao et al. (2018) 的發現，大型與小型銀行在不同生產階段似乎各有所長，進而推測，由於非金控銀行的營運規模較金控銀行小，具有較高的規模彈性（請參考表 7）以及其營運較有伸縮性，預期非金控銀行在第一個生產階段管理能力優於金控銀行。至於第二個生產階段，僅能推測金控銀行透過產品多樣化、同業競爭、交叉銷售、客戶資訊共享以及成本分攤等方式，提升成本效率，這些是非金控銀行比較不利之處，預期金控銀行在第二個生產階段管理能力可能優於非金控銀行。

準此，以下提出兩個假說，將在第伍節進行檢定。

假說 1：非金控銀行在第一個生產階段技術效率值高於金控銀行。

假說 2：金控銀行在第二個生產階段技術效率值高於非金控銀行。

## 肆、樣本與資料整理

本研究資料主要取自台灣經濟新報資料庫 (TEJ, 2020)，期間為 2002 年至 2017 年，共 51 家銀行，屬不平衡縱橫資料，因為其中部分銀行已被合併，總樣本數為 591，樣本銀行名稱置於附錄二。<sup>8</sup>

根據 Huang et al. (2017)，本研究兩階段投入與產出變數定義如下表 1，值得一提者，此處的要素投入  $X_3$ ，就是本研究第一生產階段定義的中間產出；各變數的敘述統計量如表 2，各變數的標準差相較於平均數都很大，表

8 我國於 2001 年至 2003 年，啟動第一次金融改革方案，2002 年 1 月 1 日正式成為 WTO 的會員，本研究選擇的樣本期間為 2002 年至 2017 年，希望避開這些制度面（金融管制）或重大事件因素的干擾。

示各樣本銀行的變數值差異頗大，亦即經營規模變異很大；此外，放款總額（ $Y_2$ ）平均值約是投資額的三倍，顯示銀行整體營運模式中，主要獲利來源為放款，其次是投資。

表 3 將樣本銀行區分成金控與非金控銀行兩類後，分別列出它們所有變數的樣本統計量。金控銀行平均產出金額大於非金控銀行，三種要素投入量

表 1：變數定義

變 數	定 義
總成本 (Cost)	勞動成本+(營業費用-勞動成本)+利息支出
投資總額 ( $Y_1$ )	短期投資+長期投資
放款總額 ( $Y_2$ )	買匯貼現及放款-催收款項毛額
非利息收入總額 ( $Y_3$ )	手續費收入+信託報酬收入+證券經紀收入+信用卡收入+兌換盈益 +保本保息準備轉收益
勞動投入量 ( $X_1$ )	員工人數
固定資產 ( $X_2$ )	固定資產
資金總額 ( $X_3$ )	活期存款+儲蓄存款+定期存款+支票存款+郵匯局存款+其他存款 +借入款
勞動價格 ( $W_1$ )	勞動成本/員工人數
資本價格 ( $W_2$ )	(營業費用-勞動成本)/固定資產
資金價格 ( $W_3$ )	利息支出/資金總額

表 2：各變數敘述統計量

變數名稱	單 位	平均值	標準差	最小值	最大值
Cost	千元新臺幣	2.37416E+07	2.05741E+07	832,946.44	9.85373E+07
$Y_1$	千元新臺幣	1.93529E+08	2.30671E+08	350,539.63	1.61832E+09
$Y_2$	千元新臺幣	5.72576E+08	5.67417E+08	2.31190E+07	2.41524E+09
$Y_3$	千元新臺幣	4,356,491.928	5,076,814.868	9,001.6602	3.54698E+07
$X_1$	人	3,783.80203	2,664.80623	217	14,537
$X_2$	千元新臺幣	2.06055E+07	1.14869E+08	16,129.99	2.26826E+09
$X_3$	千元新臺幣	7.73488E+08	7.65295E+08	95,940.906	3.95054E+09
$W_1$	千元/人	1,144.6535	346.46276	62.85	2,949.28003
$W_2$	比率	0.62681	2.00542	0.02872	45.73327
$W_3$	比率	0.013357	0.006967	0.001309	0.044357
樣本數			591		

註：所有變數皆經過基期為 2016 年的消費者物價指數 (CPI) 平減。

也較大，而要素投入平均價格除資本設備外，勞動與資金平均價格均大於非金控銀行。

表 3：金控與非金控銀行各變數敘述統計量

變數名稱	金控銀行			非金控銀行	
	單位	平均值	標準差	平均值	標準差
Cost	千元新臺幣	3.75539E+07	2.22866E+07	1.42973E+07	1.24141E+07
Y <sub>1</sub>	千元新臺幣	3.24875E+08	2.88690E+08	1.03720E+08	1.13429E+08
Y <sub>2</sub>	千元新臺幣	9.09227E+08	6.09421E+08	3.42386E+08	3.97837E+08
Y <sub>3</sub>	千元新臺幣	7,227,955.03	6,316,686.461	2,393,098.354	2,584,854.715
X <sub>1</sub>	人	5,702.6625	2,695.61562	2,471.76068	1,660.57768
X <sub>2</sub>	千元新臺幣	2.31863E+07	2.22769E+07	1.88408E+07	1.47974E+08
X <sub>3</sub>	千元新臺幣	1.24176E+09	8.65328E+08	4.53299E+08	4.72000E+08
W <sub>1</sub>	千元／人	1,195.11013	310.44923	1,110.15325	365.50627
W <sub>2</sub>	比率	0.41454	0.21876	0.77195	2.58742
W <sub>3</sub>	比率	0.013639	0.007346	0.013165	0.006700
樣本數		240		351	

註：所有變數皆經過基期為 2016 年的消費者物價指數（CPI）平減。

## 伍、實證分析

為凸顯本研究網絡 SFA 特色，此部分第一小節先估計傳統單一生產階段的隨機共同成本邊界模型，第二小節改為網絡隨機共同邊界模型，前者只估計 translog 成本函數，後者同時估計 translog 生產（第一階段）與成本（第二階段）邊界。

### 一、單一生產階段隨機共同成本效率分析

附錄三中的附表 2 至附表 4 列出在單一生產階段假設下，金控與非金控銀行群組隨機成本邊界以及隨機共同成本邊界的係數估計值，大多數參數估計值至少達到 10% 顯著水準，顯示係數估計結果尚屬合理。利用這些係數估計值，可以計算金控與非金控銀行群組成本效率（CE）、技術缺口比率（TGR）以及共同邊界成本效率（MTE），如表 4。

表 4：單一生產階段隨機共同成本效率值

	CE		TGR		MTE	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
金控銀行	0.6848	0.0790	0.8822	0.0961	0.6042	0.0951
非金控銀行	0.7479	0.1639	0.9185	0.0564	0.6841	0.1458
全體銀行	0.7223	0.1393	0.9037	0.0771	0.6516	0.1335

非金控銀行群組的平均 TGR 和 MTE 分別等於 0.92 和 0.68，皆大於金控銀行群組的 0.88 和 0.60，檢定兩者是否相等的統計量皆達到 1% 顯著水準；平均 TGR 較高，表示非金控銀行採用的生產技術較金控銀行先進，平均 MTE 較高，表示非金控銀行實際生產成本較接近共同成本邊界。整體而言，非金控銀行的經營績效勝過金控銀行。

圖 1 與圖 2 繪出兩類銀行樣本期間各效率平均值的變動趨勢，CE 大致持平，金控銀行比較平穩；金控銀行的平均 TGR 有逐漸上升趨勢，非金控銀行的平均 TGR 則出現逐漸下降趨勢，自 2011 年以後，前者超越後者。這些數據顯示 2002 年以後成立的金控銀行，經過初期的磨合階段，在僱用設備或者技術整併上需花費些時間。之後，可能因為經營綜效以及規模的擴大，所採用的生產技術逐漸超過非金控銀行。反觀非金控銀行 TGR 在 2007 年之後，TGR 有逐漸下降趨勢，恰與 2007-2008 美國次級房貸風暴重疊。整體而言，金控銀行 MTE 波動趨勢相對非金控銀行小，尤其在 2007 年更是如此，隱含金控銀行在應對金融危機的能力方面，較非金控銀行佳。

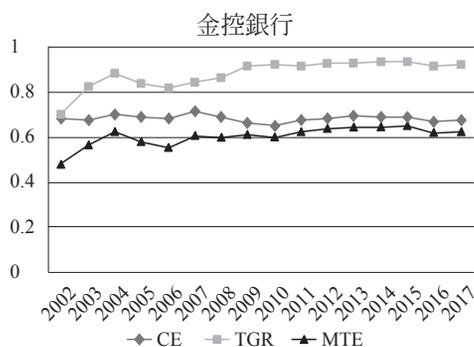


圖 1：金控銀行歷年 CE,TGR,MTE

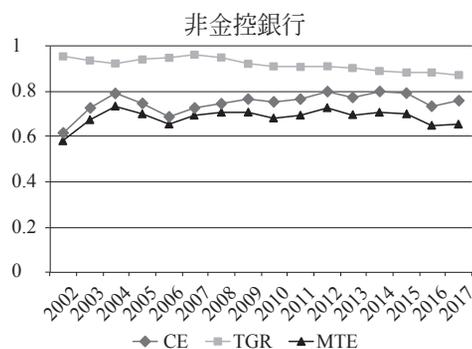


圖 2：非金控銀行歷年 CE,TGR,MTE

## 二、網絡 SFA 模型共同效率分析

### (一) 群組與共同邊界估計結果

本小節考慮兩個生產階段的網絡 SFA 模型，表 5 和表 6 分別列出金控與非金控銀行兩個群組邊界第一（生產函數）與第二（成本函數）生產階段的迴歸係數估計值。整體而言，兩個生產函數的係數估計結果尚佳，因為有超過一半以上的係數值達到至少 10% 顯著水準；金控銀行成本函數的迴歸係數估計結果稍差，可能因為此群組的樣本數較少所致。<sup>9</sup> 值得一提者，隨機生產邊界與成本邊界迴歸方程式相依參數  $\Omega_{34}$  的估計值，在金控群組等於 0.22，但未達到統計顯著；而非金控群組等於 0.19 且達到 5% 顯著水準，表示迴歸模型不應忽略此相依性。<sup>10</sup> 表 5 和表 6 中的  $\Omega_{34}$  估計值皆為正，代表無論金控還是非金控銀行的兩個生產階段，組合誤差項都具有正向相關性；若第一階段的存款生產量增加，由於它屬於第二階段的要素投入之一，因而導致第二階段的成本支出上升，符合理論預期。

金控銀行  $\alpha_1$  與  $\alpha_2$  估計值分別為 10.74% 與 7.96%，皆達到統計顯著；非金控銀行則分別為 2.65% 與 28.65%，後者未達到統計顯著。這些數據顯示兩類銀行皆將大部分資源放在第二生產階段，由於第二階段主要生產最終產品以創造收益，配置較高比例的生產要素於此階段，應屬合理，印證第參節第一小節網絡隨機邊界模型，可以適當描述銀行廠商的生產過程。

9 迴歸係數估計值達到統計顯著者較少，可能進而對後續技術效率、技術缺口比率及共同邊界效率等估計值的準確度造成不利之影響，因為這些估計值的機率分配未知，研究者不易衡量實際的影響程度。

10 Lai and Huang (2013) 提出一個檢定 Gaussian copula 是否恰當的方法，此法類似 Hausman 1987 年的 model specification test。檢定統計量 (H) 具有自由度等於  $K$  的卡方分配：

$$H = (\hat{\theta}_S - \hat{\theta}_J)' [C\hat{\sigma}_v(\hat{\theta}_S) - C\hat{\sigma}_v(\hat{\theta}_J)]^{-1} (\hat{\theta}_S - \hat{\theta}_J) \sim \chi^2_K$$

下標  $S$  與  $J$  代表分開估計與聯合估計得到的結果， $\hat{\theta}$  代表  $K \times 1$  係數估計值向量， $K$  代表兩種估計方式共同參數的個數，若  $H$  遭到拒絕，表示兩種估計方式得到的係數值差異，達到統計顯著，應支持使用 Gaussian copula 進行聯合估計。針對金控與非金控群組，計算  $H$  統計量分別等於 3694.06 和 6893.56，在自由度等於 47 的情況下，都落入棄卻域，支持本研究使用 Gaussian copula 進行聯合估計。作者們感謝本刊評審的建議。

表 5：金控銀行兩階段聯合估計迴歸係數值

生產函數		成本函數			
變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
$\alpha_1$	0.1074*** (0.0319)	Constant	15.095 (80.7914)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \right]^2$	0.0781*** (7.80E-03)
$\alpha_2$	0.0796** (0.0391)	$\ln Y_1$	0.7117 (2.111)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_1$	-0.0338*** (0.0105)
Constant	11.2976*** (0.6310)	$\ln Y_2$	-0.1579 (7.7721)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_2$	-0.0451* (0.0241)
$\ln \alpha_1 X_1$	0.8826*** (0.1406)	$\ln Y_3$	-0.2320 (2.114)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_3$	0.0901*** (0.0169)
$\ln \alpha_2 X_2$	0.1616 (0.2781)	$0.5(\ln Y_1)^2$	0.1772 (0.3598)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	2.21817*** (0.7403)
$0.5[\ln(\alpha_1 X_1)]^2$	0.0076 (0.5216)	$0.5(\ln Y_2)^2$	0.1689 (0.2041)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \right]^2$	0.2618*** (0.0461)
$0.5[\ln(\alpha_2 X_2)]^2$	0.0124*** (0.0056)	$0.5(\ln Y_3)^2$	0.0461 (0.1036)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	-0.0827*** (7.82E-03)
$\ln(\alpha_1 X_1) \ln(\alpha_2 X_2)$	0.0208*** (0.0102)	$\ln Y_1 \ln Y_2$	-0.1414 (0.4380)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_1$	0.0826*** (0.0145)
t	0.1981*** (0.0833)	$\ln Y_1 \ln Y_3$	-0.0317 (0.0538)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_2$	0.0396*** (0.0124)
$0.5 \times t^2$	0.0493 (1.3238)	$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.0022 (0.0972)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_3$	-0.1165*** (0.0324)
$t \times \ln \alpha_1 X_1$	-0.0060 (0.0886)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	0.3097*** (0.0105)	$\lambda_4$	1.42794 (3.5177)
$t \times \ln \alpha_2 X_2$	-0.0415 (0.0653)	t	0.0401 (0.1517)	$\sigma_4$	0.2866 (0.4082)
$\lambda_3$	6.5161*** (2.4610)	$0.5 \times t^2$	0.9561E-02*** (0.8193E-03)	$t \times \ln Y_1$	0.446E-02 (0.010)
$\sigma_3$	1.2742*** (0.2429)	$t \times \ln Y_2$	0.5293E-02 (0.0321)	$t \times \ln Y_3$	-0.1912E-02 (0.7936E-02)
		$t \times \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-0.2984E-02*** (0.9778E-03)	$t \times \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.8617E-02 (0.02874)
Log likelihood value	970.216	$\Omega_{12}$	-0.8524*** (0.1019)	$\Omega_{34}$	0.2211 (0.5937)

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

表 6：非金控銀行兩階段聯合估計迴歸係數值

生產函數		成本函數			
變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
$\alpha_1$	0.0265*** (0.01)	Constant	-15.009 (10.7854)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \right]^2$	0.0338 (0.0412)
$\alpha_2$	0.2854 (0.3584)	$\ln Y_1$	-0.0174 (0.0437)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_1$	0.0201* (0.0113)
Constant	9.2706*** (0.6310)	$\ln Y_2$	2.061*** (0.7125)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_2$	-0.0434 (0.0336)
$\ln \alpha_1 X_1$	-8.4320*** (0.6707)	$\ln Y_3$	1.0001** (0.4528)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_3$	1.73E-03 (0.0348)
$\ln \alpha_2 X_2$	3.1670*** (0.2574)	$0.5(\ln Y_1)^2$	-0.3651* (0.2041)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.7631 (0.4837)
$0.5[\ln(\alpha_1 X_1)]^2$	-0.9335*** (0.2144)	$0.5(\ln Y_2)^2$	0.1977** (0.0962)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \right]^2$	0.1511*** (0.0207)
$0.5[\ln(\alpha_2 X_2)]^2$	-0.4433*** (6.95E-05)	$0.5(\ln Y_3)^2$	0.3692*** (0.1056)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	-0.0370 (0.0330)
$\ln(\alpha_1 X_1) \ln(\alpha_2 X_2)$	0.9086*** (1.43E-04)	$\ln Y_1 \ln Y_2$	0.1469** (0.0727)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_1$	9.89E-03 (9.84E-03)
t	0.7075*** (0.1024)	$\ln Y_1 \ln Y_3$	0.2501* (0.1473)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_2$	0.0564 (0.0470)
$0.5 \times t^2$	0.0002 0.0031	$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.5291*** (0.1798)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_3$	-4.72E-03 (0.0353)
$t \times \ln \alpha_1 X_1$	0.0604*** 0.0162	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	0.5060 (0.3118)	$\lambda_4$	3.5363*** (0.9347)
$t \times \ln \alpha_2 X_2$	-0.0650*** 0.0091	t	-0.4693*** (0.0656)	$\sigma_4$	0.7085*** (0.1846)
$\lambda_3$	3.8096*** (2.4610)	$0.5 \times t^2$	-0.2227E-02 (.2789E-02)	$t \times \ln Y_1$	0.0251*** (0.6907E-02)
$\sigma_3$	1.2742*** (1.4808)	$t \times \ln Y_2$	0.0366 (0.1671)	$t \times \ln Y_3$	-0.0508*** (0.4852E-02)
		$t \times \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-0.1611E-02* (0.8741E-02)	$t \times \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	-0.1304E-03** (0.6182 E-03)
Log likelihood value	1,133.1	$\Omega_{12}$	-0.9002*** (0.0113)	$\Omega_{34}$	0.1946** (0.0966)

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

運用表 5 與表 6 的係數估計值，針對 translog 生產函數分別對  $\ln X_1$  和  $\ln X_2$  取偏導數後加總，得到規模彈性值 (RTS)。RTS 大於、等於或小於一，分別代表遞增、固定或遞減規模報酬；translog 生產函數對時間  $t$  取一階偏導數，可以得到技術進步率 (PCHANGE)，其值若大於零，代表技術進步；反之，若小於零，代表技術退步。針對(7)式的 translog 成本函數，分別對三個產出的對數值，取一階偏導數後加總，得到產出成本彈性值 (COSTRTS)。COSTRTS 大於、等於或小於一，代表遞減、固定或遞增規模報酬。translog 成本函數對時間  $t$  取一階偏導數，也可以得到技術進步率 (TCCHANGE)，其值若小於零，代表技術進步；反之，若大於零，代表技術退步。表 7 列出以上四種指標值的平均數與標準差。

表 7：規模彈性與技術進步率

	金控銀行		非金控銀行	
	平均值	標準差	平均值	標準差
RTS	2.0860	0.0788	5.6097	0.8780
PCHANGE	0.0211	0.1251	0.0313	0.0584
COSTRTS	0.9910	0.0330	0.9111	0.1151
TCCHANGE	-0.0228	0.0401	-0.0076	0.0407

兩類銀行第一生產階段的 RTS 平均值分別為 2.09 與 5.61，皆處於規模報酬遞增階段，代表若所有生產要素投入量增加 1%，兩類銀行的產出分別增加 2.09% 與 5.61%，繼續擴大生產規模，有助於降低兩類銀行的長期平均成本。兩類銀行的產出成本彈性 (COSTRTS) 分別為 0.99 與 0.91，金控銀行已十分接近固定規模報酬階段，長期平均成本很接近最低水準，無須繼續擴大營運規模。反之，非金控銀行第二個生產階段仍處在規模報酬遞增階段，要素投入增加 1%，總成本僅增加約 0.91%，尚有部分空間可以繼續擴大營運規模，以降低長期平均成本。以上數據顯示，金控銀行在兩個生產階段的營運規模皆大於非金控銀行，證諸表 3，金控銀行無論在三種要素投入量與三種產出數量，平均而言，皆遠超過非金控銀行，表示本研究的理論和計量模型尚屬恰當。

至於技術進步率方面，兩類銀行 PCHANGE 分別為 0.02 與 0.03，均存在技術進步現象，隨時間經過，生產函數逐年向上方移動約 2% 和 3%，但非金控銀行向上移動速度稍快。兩類銀行 TCCHANGE 平均值都為負，分別為 -0.022 與 -0.007，表示隨著時間經過，成本逐年下降 2.2% 和 0.7%，也發生技術進步現象，但金控銀行向下移動速度較快。由此看來，兩類銀行的技術進步率各擅勝場，非金控銀行在第一階段較優，但金控銀行在第二階段表現較佳。

將兩群組邊界生產函數及成本函數之應變數以它們的配適值替換，再將兩群組樣本合併後，聯合估計隨機共同生產以及成本邊界迴歸方程式，估計結果置於表 8。兩條迴歸方式均有超過一半以上的迴歸係數，達到至少 10% 顯著水準，顯示係數估計結果尚佳。隨機共同生產邊界與成本邊界迴歸式相依參數  $\Omega_{34}$  的估計值等於 -0.197，達到 10% 顯著水準，表示迴歸模型不應忽略此相依性。<sup>11</sup>

## (二) 效率分析

運用表 5、表 6 與表 8 等三個表的係數估計值，可以分別計算金控銀行與非金控銀行兩階段群組效率平均值、技術缺口比率平均值與共同邊界效率平均值。表 9 顯示第一生產階段群組效率平均值 (TE1)，金控銀行為 0.5063，非金控銀行為 0.5595；表示金控銀行使用目前的要素投入量，只能生產潛在產量的 50.63%，非金控銀行則為 55.95%。技術缺口比率平均值 (TGR1)，金控銀行為 0.6622，非金控銀行為 0.8196；表示金控與非金控銀行的群組生產邊界產量，分別只有共同生產邊界產量的 66.22% 和 81.96%；易言之，為達到共同生產邊界，它們的群組生產邊界產量應分別提高 33.78% 與 18.04%。共同邊界效率平均值 (MTE1)，金控銀行為 0.3142，非金控銀行為 0.4544。金控銀行在本階段無論是 TGR 或 MTE，表現皆不及非金控銀行。

11 請留意，估計表 5-8 的共同生產與成本邊界之前，必須將它們的應變數改為生產量與生產成本的配適值，而非原始的觀測值，造成這些係數估計值的經濟意涵不很明確，進而不易解釋  $\Omega_{34}$  估計值正負號的意義。此處估計共同生產與成本邊界的目的，旨在利用(25)式計算得到 TGR，進而得到 MTE，據以分析和比較我國金控與非金控銀行經營效率之差異。

表 8：網絡 SFA 模型隨機共同生產與成本邊界迴歸係數估計值

生產函數		成本函數			
變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
Constant	-5.0138*** (1.1485)	Constant	-2.8143 (3.2624)	$t \times \ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	0.0161*** (0.0055)
$\ln\alpha_1 X_1$	-3.5743*** (0.0912)	$\ln Y_1$	-0.6882*** (0.1583)	$0.5 \left[ \ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) \right]^2$	0.1269*** (0.0206)
$\ln\alpha_2 X_2$	4.1352*** (0.1397)	$\ln Y_2$	2.7720*** (0.0866)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) \ln Y_1$	0.0366*** (0.0107)
$0.5[\ln\alpha_1 X_1]^2$	-0.3845*** (0.0278)	$\ln Y_3$	-0.7593** (0.2929)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) \ln Y_2$	-0.0168*** (0.0205)
$0.5[\ln\alpha_2 X_2]^2$	-0.4021*** (0.0065)	$0.5(\ln Y_1)^2$	-0.2183*** (0.0095)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) \ln Y_3$	-0.0777*** (0.0186)
$\ln\alpha_1 X_1 \ln\alpha_2 X_2$	0.4315*** (0.0104)	$0.5(\ln Y_2)^2$	-0.0549*** (0.0129)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	0.8471 (0.6253)
$t$	0.3013*** (0.0312)	$0.5(\ln Y_3)^2$	0.3287*** (0.0152)	$0.5 \left[ \ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right) \right]^2$	0.1579*** (0.0588)
$0.5 \times t^2$	0.0074*** (0.0013)	$\ln Y_1 \ln Y_2$	0.1891*** (0.0066)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) \ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	-0.1103*** (0.0221)
$t \times \ln\alpha_1 X_1$	0.0210*** (0.0027)	$\ln Y_1 \ln Y_3$	0.1586*** (0.0118)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right) \ln Y_1$	0.1019*** (0.0140)
$t \times \ln\alpha_2 X_2$	-0.0293*** (0.0021)	$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.3638*** (0.0019)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right) \ln Y_2$	-0.0637*** (0.0222)
$\sigma_3$	0.5005*** (0.0146)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)$	0.9099*** (0.3285)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right) \ln Y_3$	-0.0045 (0.0212)
$\lambda_3$	1.97799*** (0.1804)	$t$	-0.1022* (0.0608)	$\lambda_4$	-3.2783*** (0.3327)
		$0.5 \times t^2$	0.0073*** (0.0009)	$\sigma_4$	0.3144*** (0.0242)
		$t \times \ln Y_1$	-0.0024 (0.0027)	$t \times \ln Y_2$	0.0256*** (0.0041)
		$t \times \ln Y_3$	-0.0260*** (0.0032)	$t \times \ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)$	-0.0162*** (0.0031)
Log-likelihood value	-501.35			$\Omega_{34}$	-0.1968*** (0.0281)

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

表 9：網絡 SFA 模型各種效率估計值

		金控銀行		非金控銀行	
		平均值	標準差	平均值	標準差
第一生產階段	TGR1	0.6622	0.1900	0.8196	0.0664
	TE1	0.5063	0.2033	0.5595	0.1725
	MTE1	0.3142	0.1313	0.4544	0.1354
第二生產階段	TGR2	0.9143	0.0811	0.9692	0.0198
	CE2	0.8356	0.0678	0.6453	0.1722
	MTE2	0.7654	0.0994	0.6255	0.1658

第二生產階段群組效率平均值 (CE2)，金控銀行等於 0.8356，非金控銀行為 0.6453；為達到金控群組的成本邊界，其實際成本應減少 16.44%；為達到非金控群組的成本邊界，其實際成本應減少 35.47%。技術缺口比率平均值 (TGR2)，金控銀行為 0.9143，非金控銀行為 0.9692；表示共同成本邊界分別是金控與非金控銀行群組成本邊界的 91.43% 與 96.92%，為達到共同成本邊界，它們的群組成本邊界應分別減少 8.57% 與 3.08%。共同邊界成本效率平均值 (MTE2)，金控銀行為 0.6547，非金控銀行為 0.6255。金控銀行在本階段的 TGR 略低於非金控銀行，但在 MTE 的表現優於非金控銀行。

上述分析顯示兩類銀行在不同階段的表現各有優劣，非金控銀行在第一生產階段較具優勢，第二階段則以金控銀行表現較佳。然而，兩類銀行在第一生產階段的效率平均值偏低，建議它們均應優先提升第一生產階段的管理能力，在現有要素投入組合下，加強吸收客戶存款的能力。雖然兩類銀行在第二生產階段的管理能力稍佳，仍存在一定的改善空間。由於第二生產階段是銀行主要的生產活動，就整體表現而言，金控銀行的管理能力稍優於非金控銀行。

若只考慮單一生產階段如第伍節第一小節，無法看出兩類銀行在不同生產階段經營績效，孰優孰劣，欲分析銀行的生產活動與績效比較，本研究使用的網絡 SFA 模型，值得參考。在共同邊界下，第伍節第一小節得到金控與非金控銀行總效率分別為 0.6042 與 0.6841，金控銀行的績效表現較差。本小節在共同邊界模型下，兩類銀行第一生產階段總效率 (MTE1) 分別為 0.3142

與 0.4544，金控銀行仍然表現較差；第二生產階段總效率（MTE2）分別為 0.7654 與 0.6255，金控銀行表現超過非金控銀行。顯然，網絡 SFA 模型能夠提供研究者、銀行經理人員和政府當局較為深入的管理或經濟意涵，作為改善銀行管理能力之參考依據。

以上實證分析的結果，可與銀行實務結合與印證，進而提供管理意涵。在第一生產階段時，因金控銀行的任務較多元繁雜，如協助金控其他子公司任務配合，包括證劵駐點，到府服務，各項服務優惠，疑難雜症排除等等，必須投入較非金控銀行多的勞動與資本，但不見得有相對應的收益，造成金控銀行的經營效率較差。非金控銀行的任務相對單純與簡單，少了配合性任務執行，可以傾全力達成銀行目標。因此，這一階段，在有限的資本及勞動投入下，非金控銀行可以集中部分資源，舉辦各項顧客關懷行銷活動吸納更多的存款，如牌告利率或優惠存款專案，增加與顧客互動機會，建立更佳的關係。如此，較易吸取更多存款，使本階段的產出量能較大，效率相對上較高。

在第二階段，金控銀行因有金控子公司的資源可供運用，如證劵、壽險與銀行合作，整合客戶資源在同一金控各子公司之下。

(1)就貸款餘額來看，由於金控旗下一般均有創投、壽險及證劵等子公司，創投所推薦之萌芽卻具高度成長產業的初期資本與研發貸款、壽險公司投資標的公司的貸款以及證劵承銷端所引進承銷資本及營運資金之貸款量，會經由金控共同行銷活動，創造遠比非金控體系銀行更多的業務來源與動能。

(2)就投資面來看，金控公司會成立個別資產負債管理委員會及投資委員會，經由投資意見交流及資產負債管理，在可胃納的風險下進行股權投資與自營部位操作，在較豐沛的研究能量與人力資源支持下，預期可創造較非金控體系銀行更多的投資能量與報酬。

(3)至於貸款或投資的利息收入及手續費收入，在金控共同行銷架構下，各子公司資源相互支援，業務相互扶持，在金控體系下的銀行，將能因貸款量大而創造高額の利息收入，加之經由子公司的轉介透過財富管理產生的手續費收入，均促使金控體系銀行具備較非金控體系銀行最佳的經營效率。

針對表 9 中各項平均值，唯排除 TE1 和 CE2，<sup>12</sup> 分別進行兩母體平均數是否相等之檢定，表 10 列出檢定結果。因為 P 值都小於 0.01，皆達到 1% 顯著水準，表示兩類銀行在 TGR1, MTE1, TGR2 與 MTE2 都存在顯著差異。

表 10：兩母體平均數是否相等檢定

	Z	P-Value
TGR1	-12.33	<0.01
MTE1	-12.59	<0.01
TGR2	-10.28	<0.01
MTE2	12.80	<0.01

就 MTE1 而言，因為金控銀行顯著低於非金控銀行，故假說一得到確認；再就 MTE2 而言，金控銀行顯著高於非金控銀行，故假說二得到確認。

將表 9 中兩個生產階段各種效率歷年平均值，繪成圖形如圖 3。左半圖顯示金控銀行 TE1 於 2009 年開始下降，非金控銀行則維持穩定趨勢。金控銀行 TGR1 於 2004 後逐年增加並於 2013 年後超越非金控銀行，顯示金融控股法實施後，金控銀行初期尚在技術整併與磨合階段，TGR1 稍有下降趨勢，之後呈現上升走勢，可歸因於金控銀行之經營綜效漸次發揮，造成 2013 年後出現 TGR1 交叉的現象。兩類銀行 MTE1 的差距，約從 2009 年後逐漸縮小，至 2015-2016 年已十分接近，或許也與金控銀行經營綜效之發揮有關。

右半圖的第二生產階段，兩類銀行 CE2 除於 2007 年發生較大幅度下降外，大致平穩。TGR2 於 2007 年前呈現增加趨勢，於 2008 年後轉成下降趨勢，應與美國次貸風暴的發生有關。兩類銀行 MTE2 的走勢大體與 CE2 類似，除 2007 年外，大致持平。

陳柏琪與顏晃平（2018）利用資料包絡分析法，將非意欲產出考慮至兩階段網絡模型內，探討 2004-2013 年臺灣銀行業的生產效率。金控與非金控銀行於第一生產階段歷年效率趨勢與本研究之第一階段效率趨勢共通之處，皆於 2007 年出現交叉現象，但第一生產階段群組效率，本研究發現非金控

12 TE1 和 CE2 是分別依據兩類銀行的個別群組邊界測量得到，因為衡量基準不同，檢定它們的母體平均數是否相同，並無意義。

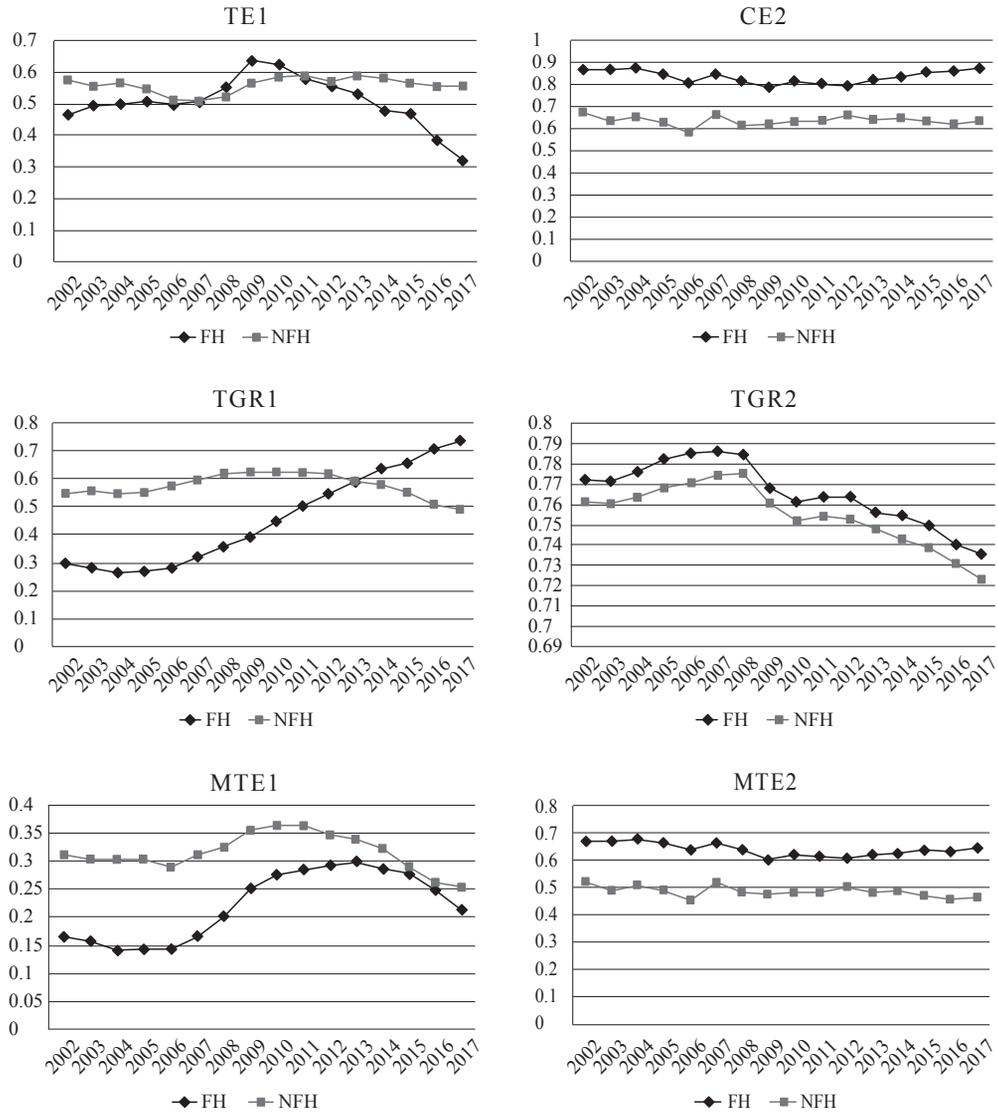


圖 3：兩生產階段歷年 CE, TGR 與 MTE 平均值

註：FH 與 NFH 分別代表金控與非金控銀行群組。

銀行優於金控銀行，與他們的發現相反。第二生產階段金控銀行的群組效率優於非金控銀行，與本研究所得之結果相同。

顏晃平和張靜文（2011）使用共同成本邊界模型進行估計，發現在資料區間 2001-2008 年時，金控銀行總成本效率優於非金控銀行，與本研究的第二階段類似；但他們未使用網絡隨機共同邊界模型，無法觀察兩類銀行在不

同生產階段優勢何在。鄭政秉、梁連文與陳仁屏（2015）模擬臺灣如實施 Basel III 之新資本監管，對銀行業的成本效率之可能影響；發現在共同邊界成本模型下，金控銀行的共同成本效率優於於非金控銀行。

## 陸、結論與建議

本研究根據 Huang, Chen, and Lin（2018）提出之方法，在網絡架下將銀行生產分為兩階段，解決應將銀行存款視為產出或是投入的難題。若只考慮單一生產階段，除了無法觀察金控與非金控等兩類銀行在不同階段的生產效率，也無法額外得知勞動與資本設備在兩個生產階段的投入比例。導入網絡架構後，金控銀行  $\alpha_1$  與  $\alpha_2$  估計值分別為 10.74% 與 7.96%，非金控銀行則分別為 2.65% 與 28.65%，顯示銀行運用多數勞動與資本設備至第二生產階段創造收益。

在現行金融法規架構下，同時存在著型態和技術水準互異的銀行，若要進行跨群組的績效衡量與比較時，必須先有共同的比較基準。本研究延伸 Huang, Huang and Liu（2014）的隨機共同邊界模型，將網絡架構納入考量，可估計出兩類銀行不同生產階段技術缺口比率與共同邊界總效率。

實證分析發現兩類銀行在第一生產階段 TE 與 TGR 皆於不同年分出現交叉趨勢，而 MTE 則於 2014-2015 年最為接近。在第二生產階段，金控銀行 CE 與 TGR 皆高於非金控銀行，因此所得出之 MTE 皆高於非金控銀行。另外，第二生產階段各種數據顯示，金控銀行 2007-2008 年 MTE 下降幅度較非金控銀行小，隱含 2008 年美國次貸風暴事件下，金控銀行對於資產避險措施及應對金融危機能力較非金控銀行佳。

在網絡隨機共同邊界模型下，兩類銀行之第一生產階段總效率（MTE1）分別為 0.3142 與 0.4544，第二生產階段總效率（MTE2）分別為 0.7654 與 0.6255，兩類銀行在不同生產階段各有優劣，提供銀行經理人員監督與管理的依據，對於政府當局擬定相關金融政策亦有參考價值。相反的，若只考慮單一生產階段，所得之效率估計值僅代表銀行整體管理能力，無法看到不同部門的差異。由於兩類銀行在第一生產階段的效率平均值偏低，建議兩類銀

行應優先改善第一生產階段吸收客戶存款的能力；雖然兩類銀行在第二階段的管理能力較強，仍有大幅改善空間，在給定的產出水準下，縮減要素投入以降低成本支出。

由於本研究的聯立迴歸模型已十分複雜，若將環境變數納入隨機邊界模型中的無效率項，概似函數將變得十分複雜且不易收斂，故本研究未考慮環境變數，未來可考慮納入。過去相關文獻曾經使用過的環境變數，大致包括權屬別（公營或民營）、權益占總資產比率（equity to asset ratio, ETA）、市場競爭度指標、每人平均實質 GDP 以及人口密度等。其中民營銀行、每人平均實質 GDP 以及人口密度，預期對銀行效率有正向影響，而 ETA 與市場競爭度指標對銀行效率的影響較不確定。

為稍加彌補不考慮環境變數的不足，本文用表 7 列出規模彈性與技術進步率，勾勒金控與非金控銀行兩個生產階段的技術特性與差異；造成此差異的原因，可部分歸因於兩類銀行面臨的環境差異。再運用圖 1 至圖 3 展示兩類銀行在兩個生產階段，各種效率值歷年平均值的趨勢變化；如此，搭配我國金融管制政策與重大事件如次貸風暴的發生（視為環境變數），可以明瞭這些管制政策與重大事件對兩類銀行經營績效之影響。

## 附錄一、 $F_4(\cdot)$ 的近似函數推導過程

為精簡符號，以下推導過程省略下標 4。

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right)$$

$$F(Q) = \int_{-\infty}^Q f(\varepsilon) d\varepsilon = \int_{-\infty}^Q \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right) d\varepsilon = \frac{2}{\sigma} \int_{-\infty}^Q \left( \int_{-\infty}^{\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}} \phi(\zeta) d\zeta \right) \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) d\varepsilon = \frac{2}{\sigma} I(Q)$$

$$I(Q) = \int_{-\infty}^Q \left( \int_{-\infty}^{\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}} \phi(\zeta) d\zeta \right) \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) d\varepsilon = \int_{-\infty}^Q \left( \int_{-\infty}^{a\varepsilon} \phi(\zeta) d\zeta \right) \phi(b\varepsilon) d\varepsilon, \quad a = \frac{\lambda}{\sigma} > 0, b = \frac{1}{\sigma}$$

$$\text{Let } \varepsilon = \frac{\sqrt{2}v}{a}, \quad -\infty < \varepsilon < Q, \quad -\infty < v < \frac{aQ}{\sqrt{2}}.$$

以下分成  $Q \geq 0$  和  $Q < 0$  等兩種情況，分別推導後再合併。

$$I_{a \geq 0, Q \geq 0}(Q) = \int_{-\infty}^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} \left( \int_{-\infty}^{\sqrt{2}v} \phi(\zeta) d\zeta \right) \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) \frac{\sqrt{2}}{a} dv = \frac{\sqrt{2}}{a} \int_{-\infty}^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} \frac{1}{2} [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\infty}^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\infty}^0 [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv + \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\infty} [1 - \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv + \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$\because \text{erf}(v) \approx 1 - e^{-c_1 v + c_2 v^2} \quad \therefore 1 - \text{erf}(v) \approx e^{c_1 v + c_2 v^2}, \quad 1 + \text{erf}(v) \approx 2 - e^{-c_1 v + c_2 v^2}$$

$$I_{a \geq 0, Q \geq 0}(Q) = \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\infty} [1 - \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv + \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} [1 + \text{erf}(v)] \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$\approx \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\infty} e^{c_1 v + c_2 v^2} \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv + \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} (2 - e^{-c_1 v + c_2 v^2}) \phi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\infty} e^{c_1 v + c_2 v^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{b^2 v^2}{a^2}} dv \dots \dots \dots (1)$$

$$+\frac{\sqrt{2}}{a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{b^2v^2}{a^2}} dv \dots\dots\dots(2)$$

$$-\frac{\sqrt{2}}{2a} \int_0^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} e^{c_1v+c_2v^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{b^2v^2}{a^2}} dv \dots\dots\dots(3)$$

將(1)至(3)積分後合併，可得到近似函數如下：

$$I(Q) \approx \frac{1}{2b} \operatorname{erf}\left(\frac{bQ}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{4\sqrt{b^2-a^2c_2}} \exp\left(\frac{a^2c_1^2}{4(b^2-a^2c_2)}\right) \left\{1 - \operatorname{erf}\left[\frac{-ac_1 + \sqrt{2}Q(b^2-a^2c_2)}{2\sqrt{b^2-a^2c_2}}\right]\right\}$$

針對  $Q < 0$ ：

$$\begin{aligned} I(Q) &= \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\infty}^{\frac{aQ}{\sqrt{2}}} [1 + \operatorname{erf}(v)] \varphi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv = \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\frac{aQ}{\sqrt{2}}}^{\infty} [1 - \operatorname{erf}(v)] \varphi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv \\ &\approx \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\frac{aQ}{\sqrt{2}}}^{\infty} e^{c_1v+c_2v^2} \varphi\left(\sqrt{2}v \frac{b}{a}\right) dv = \frac{\sqrt{2}}{2a} \int_{-\frac{aQ}{\sqrt{2}}}^{\infty} e^{c_1v+c_2v^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{b^2v^2}{a^2}} dv \\ &= \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{aQ}{\sqrt{2}}}^{\infty} e^{-\left(\frac{b^2}{a^2}-c_2\right)v^2+c_1v} dv \\ &= \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{b^2-a^2c_2}} \exp\left(\frac{\frac{c_1^2}{4}}{b^2-a^2c_2}\right) \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{b^2-a^2c_2}{a^2}}v + \sqrt{\frac{b^2-a^2c_2}{a^2}}\right) \Bigg|_{-\frac{aQ}{\sqrt{2}}}^{\infty} \\ &= \frac{1}{4\sqrt{b^2-a^2c_2}} \exp\left(\frac{a^2c_1^2}{4(b^2-a^2c_2)}\right) \left\{1 - \operatorname{erf}\left[\frac{-ac_1 - \sqrt{2}Q(b^2-a^2c_2)}{2\sqrt{b^2-a^2c_2}}\right]\right\} \end{aligned}$$

將  $I(Q)_{a \geq 0, Q \geq 0}$  與  $I(Q)_{a \geq 0, Q < 0}$  合併後，得到  $I(Q)$  的近似函數  $I(Q)_{app}$ ，即

$$\begin{aligned} I(Q)_{app} &= \frac{1}{4\sqrt{b^2-a^2c_2}} \exp\left(\frac{a^2c_1^2}{4(b^2-a^2c_2)}\right) \left\{1 - \operatorname{erf}\left[\frac{-ac_1 - \sqrt{2}Q(b^2-a^2c_2)\operatorname{sign}(Q)}{2\sqrt{b^2-a^2c_2}}\right]\right\} \\ &\quad + \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{bQ}{\sqrt{2}}\right)}{2b} \frac{1 + \operatorname{sign}(Q)}{2} \end{aligned}$$

其中  $\operatorname{sign}(Q) = -1, 0, 1$ ，若  $Q <, =, > 0$ 。將  $I(Q)_{app}$  取代前面  $F(Q)$  中的  $I(Q)$ ，可以得到  $F(Q)$ （也就是  $F(\cdot)$ ）的近似函數。

## 附錄二、樣本銀行名稱

附表 1：樣本銀行清單

現有銀行		
彰化商業銀行	陽信商業銀行	日盛國際商業銀行
渣打國際商業銀行	華泰商業銀行	元大商業銀行
京城商業銀行	三信商業銀行	合作金庫銀行
台中商業銀行	國泰世華商業銀行	臺灣土地銀行
臺灣中小企業銀行	臺北富邦商業銀行	臺灣銀行
高雄銀行	中國信託商業銀行	板信商業銀行
凱基商業銀行	華南商業銀行	瑞興商業銀行
聯邦商業銀行	兆豐國際商業銀行	花旗(臺灣)商業銀行
遠東國際商業銀行	第一商業銀行	匯豐(臺灣)商業銀行
大眾商業銀行	玉山商業銀行	星展(臺灣)商業銀行
安泰商業銀行	台新國際商業銀行	上海商業儲蓄銀行
臺灣新光商業銀行	永豐商業銀行	澳盛(臺灣)商業銀行
已結束經營銀行		
中華商業銀行 (2007/12 香港上海匯豐商銀收購)	慶豐商業銀行 (2008/09 由中央存保公司接管)	台東區中小企業銀行 (2007/06 荷蘭銀行收購)
台北國際商業銀行 (2006/11 併入永豐商銀)	國泰商業銀行 (2003/10 併入國泰世華銀行)	高新商業銀行 (2005/11 併入陽信銀行)
中國農民銀行 (2006 併入合作金庫)	富邦商業銀行 (2005/01 合併台北銀行)	寶華商業銀行 (2008/05 由星展銀行收購)
交通銀行 (2006/08 整併為兆豐商銀)	第七商業銀行 (2005/11 併入國泰世華)	華僑商業銀行 (2007 由花旗銀行收購)

資料來源：毛芝瑩 (2017)。

### 附錄三、單一生產階段隨機邊界迴歸係數估計值

附表 2：金控銀行群組單一生產階段成本邊界係數估計值

變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
Constant	1.1275 (11.3753)	$0.5\left[\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)\right]^2$	-0.0146 (0.0537)
$\ln Y_1$	1.6138** (0.6915)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)\ln Y_1$	-0.0257 (0.0386)
$\ln Y_2$	0.7588 (1.2329)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)\ln Y_2$	-0.0950 (0.0880)
$\ln Y_3$	-1.2593 (0.8410)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)\ln Y_3$	0.2428*** (0.0469)
$0.5(\ln Y_1)^2$	0.1211** (0.0563)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	-0.0107 (1.4342)
$0.5(\ln Y_2)^2$	0.3106*** (0.1093)	$0.5\left[\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)\right]^2$	-0.1452 (0.1483)
$0.5(\ln Y_3)^2$	0.1577*** (0.0498)	$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	0.1902*** (0.0645)
$\ln Y_1 \ln Y_2$	-0.0135 (0.0798)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)\ln Y_1$	0.1924*** (0.0721)
$\ln Y_1 \ln Y_3$	-0.1218*** (0.0396)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)\ln Y_2$	-2.682E-03 (0.0679)
$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.1491*** (0.0531)	$\ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)\ln Y_3$	-0.1919** (0.0764)
$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)$	0.6319 (1.0336)	$\lambda$	8.8809*** (9.056E-03)
$t$	-0.0961 (0.1319)	$\sigma$	0.0617 (0.4062)
$0.5 \times t^2$	-0.4978E-02*** (0.1583 E-02)	$t \times \ln Y_1$	0.0228** (0.9018E-02)
$t \times \ln Y_2$	-0.7914E-02 (0.8575E-02)	$t \times \ln Y_3$	-0.0171*** (0.6493E-02)
$t \times \ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right)$	0.0153** (0.7319E-02)	$t \times \ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right)$	-0.0137 (0.0139)
Log likelihood value	125.142		

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

附表 3：非金控銀行群組單一生產階段成本邊界係數估計值

變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
Constant	10.3837** (5.1206)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \right]^2$	-0.330E-02 (0.0362)
$\ln Y_1$	-0.6774* (0.3764)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_1$	-0.0977*** (0.0366)
$\ln Y_2$	-1.0342 (0.6640)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_2$	0.0825* (0.0442)
$\ln Y_3$	1.5841** (0.7161)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_3$	0.1348*** (0.0255)
$0.5(\ln Y_1)^2$	0.0197 (0.0384)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.0998 (0.7251)
$0.5(\ln Y_2)^2$	0.2857*** (0.0792)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \right]^2$	-0.0635*** (0.1162)
$0.5(\ln Y_3)^2$	0.0718*** (0.0235)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	-0.0417*** (0.0480)
$\ln Y_1 \ln Y_2$	-0.0765*** (0.0262)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_1$	0.0131 (0.0559)
$\ln Y_1 \ln Y_3$	0.0744** (0.0344)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_2$	-0.0447 (0.0685)
$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.1583*** (0.0470)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_3$	-0.0371 (0.0411)
$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-2.096*** (0.4426)	$\lambda$	1.2094 (3.5587)
$t$	0.3688*** (0.1233)	$\sigma$	0.3394*** (0.0100)
$0.5 \times t^2$	0.1992E-02 (0.2026E-02)	$t \times \ln Y_1$	0.0179*** (0.5505E-02)
$t \times \ln Y_2$	-0.5190E-02 (0.7420)	$t \times \ln Y_3$	-0.5716E-02 (0.0103)
$t \times \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-0.0130 (0.9426E-02)	$t \times \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.0550*** (.0176)
Log likelihood value	272.241		

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

附表 4：單一生產階段隨機共同成本邊界係數估計值

變數名稱	係數估計值 (標準誤)	變數名稱	係數估計值 (標準誤)
Constant	-3.753 (3.2797)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \right]^2$	-0.0449*** (0.0116)
$\ln Y_1$	-0.7272*** (0.1573)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_1$	-0.0817*** (6.083E-03)
$\ln Y_2$	-9.655E-03 (0.3186)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_2$	0.0126 (0.0155)
$\ln Y_3$	1.6717*** (0.2453)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln Y_3$	0.1502*** (0.0124)
$0.5(\ln Y_1)^2$	0.0145 (0.0104)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.4520 (0.3767)
$0.5(\ln Y_2)^2$	0.2483*** (0.0266)	$0.5 \left[ \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \right]^2$	-0.0635*** (0.0183)
$0.5(\ln Y_3)^2$	0.1011*** (0.0127)	$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right) \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	9.661E-03*** (0.0137)
$\ln Y_1 \ln Y_2$	-0.0517*** (0.0125)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_1$	-4.230E-03 (0.0111)
$\ln Y_1 \ln Y_3$	0.0478*** (0.0108)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_2$	0.0656*** (0.0197)
$\ln Y_2 \ln Y_3$	-0.1680*** (0.0191)	$\ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right) \ln Y_3$	-0.0635*** (0.0183)
$\ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-1.0736*** (0.1792)	$\lambda$	8.8809*** (2.4608)
$t$	0.2796*** (0.0472)	$\sigma$	0.0204*** (0.1369E-02)
$0.5 \times t^2$	0.2872E-03 (0.6585 E-03)	$t \times \ln Y_1$	0.0130*** (0.2002)
$t \times \ln Y_2$	0.2029E-03 (0.2834E-02)	$t \times \ln Y_3$	-0.6876E-02*** (0.2495E-02)
$t \times \ln \left( \frac{W_2}{W_1} \right)$	-0.7591E-02*** (0.1914E-02)	$t \times \ln \left( \frac{W_3}{W_1} \right)$	0.0420*** (0.3644E-02)
Log likelihood value	266.127		

註：1. \*\*\*, \*\* 與 \* 分別代表達到 1%, 5% 以及 10% 顯著水準。2. 括弧內數字為估計標準誤。

## 參考資料

### A. 中文部分

毛芝瑩

- 2017 〈使用方向距離函數探討我國銀行業技術效率——非貝氏方法考慮函數的單調與曲度性質〉，國立政治大學金融學系碩士論文。(Mao, Chih-ying, 2017, "Technical Efficiency of Commercial Banks in Taiwan on Directional Distance Function: A Non-bayesian Approach Imposing Monotonicity and Curvature Conditions," Master Thesis, Department of Money and Banking, National Chengchi University.)

台灣經濟新報資料庫 (TEJ)

- 2020 〈台灣資料庫〉。2020年6月15日，取自 <http://www.tej.com.tw> (Taiwan Economic Journal Database, 2020, "Taiwan Database," Retrieved June 15, 2020, from <http://www.tej.com.tw>)

黃台心、張寶光、邱郁芳

- 2009 〈應用共同成本函數探討東亞六國銀行業之生產效率〉，《經濟論文》37(1): 61-100。(Huang, Tai-hsin, Bao-guang Chang, and Yu-fang Chiu, 2009, "An Examination of Banks' Efficiency for Six Asian Countries Using the Metafrontier Cost Function," *Academia Economic Papers* 37(1): 61-100.)

黃台心、鍾銘泰、陳世章

- 2018 〈臺灣證券業市場競爭度與創新之研究〉，《證券市場發展季刊》30(2): 151-193。(Huang, Tai-hsin, Ming-tai Chung, and Shih-jhang Chen, 2018, "Market Competition and Innovation in Taiwan's Securities Industry," *Review of Securities and Futures Markets* 30(2): 151-193.)

黃美瑛、謝志彬

- 2009 〈系統風險對金控法通過前後之銀行業成本與效率影響——隨機成本邊界法〉，《應用經濟論叢》86: 1-35。(Huang, Mei-ying and Chih-pin Hsieh, 2009, "The Effects of Systematic Risk on Bank's Cost and Efficiency before and after the Promulgation of FHC Act—Stochastic Cost Frontier Approach," *Taiwan Journal of Applied Economics* 86: 1-35.)

顏晃平、張靜文

- 2011 〈本國銀行業成本效率之研究——共同邊界函數應用〉，《經濟研究》47(1): 147-181。(Yen, Huang-ping and Jing-wen Chang, 2011, "Measuring Cost Efficiencies in Domestic Banks: Application of the Metafrontier Approach," *Taipei Economic Inquiry* 47(1): 147-181.)

陳柏琪、顏晃平

- 2018 〈臺灣銀行業經營效率之分析——共用投入下網絡資料包絡分析法之應用〉，《應用經濟論叢》104: 139-183。(Chen, Po-chi and Huang-ping Yen, 2018, "Efficiency of Taiwanese Banking: An Application of a Two-stage Network System with Shared Inputs and Undesirable Outputs," *Taiwan Journal of Applied Economics* 104: 139-183.)

鄭政秉、梁連文、陳仁屏

- 2015 〈模擬 BASEL III 新資本監管對台灣銀行業成本效率之影響〉，《管理與系統》22(2): 175-203。 (Cheng, Cheng-ping, Lien-wen Liang, and Jen-ping Chen, 2015, "A Simulation of the Impact of New Capital Regulation in BASEL III on the Cost Efficiency of Taiwan's Banks," *Journal of Management & Systems* 22(2):175-203.)

## B. 外文部分

Ahn, Seung C., Young H. Lee, and Peter Schmidt

- 2013 "Panel Data Models with Multiple Time-Varying Individual Effects," *Journal of Econometrics* 174(1): 1-14.

Akhigbe, Aigbe, James E. McNulty, and Bradley A. Stevenson

- 2017 "Does the Form of Ownership Affect Firm Performance? Evidence from US Bank Profit Efficiency before and during the Financial Crisis," *Quarterly Review of Economics and Finance* 64: 120-129.

Amsler, Christine, Artem Prokhorov, and Peter Schmidt

- 2014 "Using Copulas to Model Time Dependence in Stochastic Frontier Models," *Econometric Reviews* 33: 497-522.

- 2016 "Endogeneity in Stochastic Frontier Models," *Journal of Econometrics* 190: 280-288.

- 2017 "Endogenous Environmental Variables in Stochastic Frontier Models," *Journal of Econometrics* 199(2): 131-140.

Atkinson, Scott E. and Christopher Cornwell

- 1993 "Estimation of Technical Efficiency with Panel Data: A Dual Approach," *Journal of Econometrics* 59(3): 257-261.

- 1994 "Parametric Estimation of Technical and Allocative Inefficiencies with Panel Data," *International Economic Review* 35(1): 231-243.

Avkiran, Necmi Kemal

- 2015 "An Illustration of Dynamic Network DEA in Commercial Banking Including Robustness Tests," *Omega* 55: 141-150.

Battese, George E., D. S. Prasada Rao, and Christopher J. O'Donnell

- 2004 "A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating under Different Technologies," *Journal of Productivity Analysis* 21(1): 91-103.

Bos, Jaap W. B. and Heiko Schmiedel

- 2007 "Is There a Single Frontier in a Single European Banking Market?" *Journal of Banking and Finance* 31(7): 2081-2102.

Bos, Jaap W. B., James W. Kolari, and Ryan C. R. van Lamoen

- 2013 "Competition and Innovation: Evidence from Financial Services," *Journal of Banking and Finance* 37: 1590-1601.

Chang, Bao-Guang, Tai-Hsin Huang, and Chun-Yi Kuo

- 2015 "A Comparison of the Technical Efficiency of Accounting Firms among the US, China, and Taiwan under the Framework of a Stochastic Metafrontier Production

- Function,” *Journal of Productivity Analysis* 44(3): 337-349.
- Chao, Chuang-Min, Ming-Miin Yu, Nan-Hsing Hsiung, and Li-Hsueh Chen  
2018 “Profitability Efficiency, Marketability Efficiency and Technology Gaps in Taiwan’s Banking Industry: Meta-frontier Network Data Envelopment Analysis,” *Applied Economics* 50(3): 233-250.
- Chen, Ku-Hsieh  
2012 “Incorporating Risk Input into the Analysis of Bank Productivity: Application to the Taiwanese Banking Industry,” *Journal of Banking and Finance* 36(7): 1911-1921.
- Chen, Yao, Juan Du, H. David Sherman, and Joe Zhu  
2010 “DEA Model with Shared Resources and Efficiency Decomposition,” *European Journal of Operational Research* 207(1): 339-349.
- Chen, Yao, Wade D. Cook, Ning Li, and Joe Zhu  
2009 “Additive Efficiency Decomposition in Two-stage DEA,” *European Journal of Operational Research* 196(3): 1170-1176.
- Cherubini, Umberto, Elisa Luciano, and Walter Vecchiato  
2004 *Copula Methods in Finance*. New York: John Wiley.
- Elyasiani, Elyas and Yong Wang  
2012 “Bank Holding Company Diversification and Production Efficiency,” *Applied Financial Economics* 22(17): 1409-1428.
- Färe, Rolf and Shawna Grosskopf  
2000 “Network DEA,” *Socio-Economic Planning Sciences* 34(1): 35-49.
- Färe, Rolf, Shawna Grosskopf, and Gerald Whittaker  
2007 “Network DEA,” pp. 209-240 in Joe Zhu & Wade D. Cook (eds.), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Boston, MA: Springer.
- Feng, Guohua, Bin Peng, and Xiaohui Zhang  
2017 “Productivity and Efficiency at Bank Holding Companies in the U.S.: A Time-varying Heterogeneity Approach,” *Journal of Productivity Analysis* 48(2-3): 179-192.
- Fukuyama, Hirofumi and William L. Weber  
2010 “A Slacks-based Inefficiency Measure for a Two-stage System with Bad Outputs,” *Omega* 38(5): 398-409.
- Greene, William H.  
2003 “Simulated Likelihood Estimation of the Normal-gamma Stochastic Frontier Function,” *Journal Productivity Analysis* 19(2-3): 179-190.
- Hauer, David  
2005 “Explaining Efficiency Differences among Large German and Austrian Banks,” *Applied Economics* 37(9): 969-980.
- Holod, Dmytro and Herbert F. Lewis  
2011 “Resolving the Deposit Dilemma: A New DEA Bank Efficiency Model,” *Journal of Banking and Finance* 35(11): 2801-2810.

- Huang, Cliff J., Tai-Hsin Huang, and Nan-Hung Liu  
2014 “A New Approach to Estimating the Metafrontier Production Function Based on a Stochastic Frontier Framework,” *Journal of Productivity Analysis* 42(3): 241–254.
- Huang, Tai-Hsin, Bao-Guang Chang, and Chun-Yi Kuo  
2019 “Comparing the Metafrontier Malmquist Productivity Changes of Public Accounting Firms Across Countries,” *Asia-Pacific Journal of Accounting and Economics* 26(5): 589–608.
- Huang, Tai-Hsin, Chu-Nan Hu, and Bao-Guang Chang  
2018 “Competition, Efficiency, and Innovation in Taiwan’s Banking Industry—An Application of Copula Methods,” *Quarterly Review of Economics and Finance* 67: 362–375.
- Huang, Tai-Hsin, Chung-I Lin, and Kuan-Chen Chen  
2017 “Evaluating Efficiencies of Chinese Commercial Banks in the Context of Stochastic Multistage Technologies,” *Pacific-Basin Finance Journal* 41: 93–110.
- Huang, Tai-Hsin, Chung-I Lin, and Ruei-Cian Wu  
2019 “Assessing the Marketing and Investment Efficiency of Taiwan’s Life Insurance Firms under Network Structures,” *Quarterly Review of Economics and Finance* 71: 132–147.
- Huang, Tai-Hsin, Kuan-Chen Chen, and Chung-I Lin  
2018 “An Extension from Network DEA to Copula-based Network SFA: Evidence from the U.S. Commercial Banks in 2009,” *Quarterly Review of Economics and Finance* 67(2): 51–62.
- Huang, Tai-Hsin, Li-Chih Chiang, and Kuan-Chen Chen  
2011 “An Empirical Study of Bank Efficiencies and Technology Gaps in European Banking,” *The Manchester School* 79(4): 839–860.
- Huang, Tai-Hsin, Nan-Hung Liu, and Subal C. Kumbhakar  
2018 “Joint Estimation of the Lerner Index and Cost Efficiency Using Copula Methods,” *Empirical Economics* 54(2): 799–822.
- Hughes, Joseph P. and Loretta J. Mester  
2013 “Who Said Large Banks Don’t Experience Scale Economies? Evidence from a Risk-return Driven Cost Function,” *Journal Financial Intermediation* 22(4): 559–585.
- Isik, Ihsan and M. Kabir Hassan  
2003 “Efficiency, Ownership and Market Structure, Corporate Control and Governance in the Turkish Banking Industry,” *Journal of Business Finance and Accounting* 30(9–10): 1363–1421.
- Jiang, Nan and Basil Sharp  
2015 “Technical Efficiency and Technological Gap of New Zealand Dairy Farms: A Stochastic Meta-frontier Model,” *Journal of Productivity Analysis* 44(1): 39–49.
- Judge, George G., R. Carter Hill, and William E. Griffiths  
1982 *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*. New York: John Wiley & Sons.

- Kao, Chiang  
2009 "Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model," *European Journal of Operational Research* 192(3): 949-962.
- Kao, Chiang and Shih-Nan Hwang  
2008 "Efficiency Decomposition in Two-stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-life Insurance Companies in Taiwan," *European Journal of Operational Research* 185(1): 418-429.  
2010 "Efficiency Measurement for Network Systems: IT Impact on Firm Performance," *Decision Support System* 48(3): 437-446.
- Lai, Hung-pin and Cliff J. Huang  
2013 "Maximum Likelihood Estimation of Seemingly Unrelated Stochastic Frontier Regressions," *Journal of Productivity Analysis* 40(1): 1-14.
- Lee, Chi-Chuan and Tai-Hsin Huang  
2017 "Cost Efficiency and Technological Gap in Western European Banks: A Stochastic Metafrontier Analysis," *International Review of Economics and Finance* 48: 161-178.
- Lo, Shih-Fang and Wen-Min Lu  
2009 "An Integrated Performance Evaluation of Financial Holding Companies in Taiwan," *European Journal of Operational Research* 198(1): 341-350.
- Melo-Becerra, Ligia Alba and Antonio José Orozco-Gallo  
2017 "Technical Efficiency for Colombian Small Crop and Livestock Farmers: A Stochastic Metafrontier Approach for Different Production Systems," *Journal of Productivity Analysis* 47(1): 1-16.
- Mirdehghan, S. Morteza and Hirofumi Fukuyama  
2016 "Pareto-Koopmans Efficiency and Network DEA," *Omega* 61: 78-88.
- O'Donnell, Christopher J., D. S. Prasada Rao, and George E. Battese  
2008 "Metafrontier Frameworks for the Study of Firm-level Efficiencies and Technology Ratios," *Empirical Economics* 34(2): 231-255.
- Sathye, Milind  
2003 "Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India," *European Journal of Operational Research* 148(3): 662-671.
- Sklar, Abe  
1959 "Fonctions de Repartitin à n Dimensions et Leurs Marges," *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris* 8: 229-231.
- Stiroh, Kevin J.  
2000 "How Did Bank Holding Companies Prosper in the 1990s?" *Journal of Banking and Finance* 24(11): 1703-1745.
- Tsay, Wen-Jen, Cliff J. Huang, Tsu-Tan Fu, and I-Lin Ho  
2013 "A Simple Closed-Form Approximation for the Cumulative Distribution Function of the Composite Error of Stochastic Frontier Models," *Journal of Productivity Analysis* 39(3): 259-269.

Vennet, Rudi Vander

2002 “Cost and Profit Efficiency of Financial Conglomerates and Universal Banks in Europe,” *Journal of Money, Credit, and Banking* 34(1): 254-282.

Wang, Ke, Wei Huang, Jie Wu, and Ying-Nan Liu

2014 “Efficiency Measures of the Chinese Commercial Banking System Using an Additive Two-stage DEA,” *Omega* 44: 5-20.

Zha, Yong, Nannan Liang, Maoguo Wu, and Yiwen Bian

2016 “Efficiency Evaluation of Banks in China: A Dynamic Two-stage Slacks-Based Measure Approach,” *Omega* 60: 60-72.

# Comparing the Efficiency of Taiwan's FHBs and Non-FHBs in the Context of the Network Stochastic Metafrontier Model and Copula Methods

Tai-Hsin Huang

Professor

Department of Industrial Economics, Tamkang University

Yun-Li Wang

Master

Department of Money and Banking, National Chengchi University

Kuo-Jui Huang

Ph.D.

Department of Finance, National Taiwan University

## ABSTRACT

This study employs the stochastic network model, first proposed by Huang, Lin, and Chen (2017), to compare the technical efficiency of financial holding banks (FHB) with non-financial holding banks (non-FHB) in Taiwan. The model allows banks to produce outputs through a two-stage process. Banks are assumed to hire fractional labor and capital to collect deposits at the first stage, which is viewed as an intermediate output. In the second stage, deposits and the remaining labor and capital inputs are used to produce final outputs, including investments, loans, and non-interest income. We extend the stochastic metafrontier approach, proposed by Huang, Huang, and Liu (2014), to estimate and compare the production efficiency under different technologies and two production stages. Compiling data for FHBs and non-FHBs in Taiwan spanning 2002–2017, we find that non-FHBs outperform FHBs in the first stage, while the reverse is true in the second stage.

**Key Words:** intermediate outputs, final outputs, copula methods, network stochastic metafrontier, technical efficiency, technology gap ratio