

應用共同邊界生產力指標評估臺灣宅配業營業所之經營績效——以公司 A 為例

Using Metafrontier Approach to Evaluate the Performance of Home-delivery Service Provider in Taiwan: A Case Study of Company A

趙時樑 (Shih-Liang Chao)^{①*}、游明敏 (Ming-Miin Yu)^②、蔡宛容 (Wang-Rung Tsai)^③

摘要

臺灣自 2000 年導入宅配服務，宅配業平均集貨量呈現逐年增長的趨勢，深具發展潛力。本研究以國內某大型宅配物流業者為研究對象，選取其 2010 至 2012 年臺灣本島營業所為受評估單位 (decision making unit, DMU)，據不同的配送技術區分為都會型、鄉鎮型、混合型三個群組，以四項投入變數 (車輛數、車輛油耗、人數以及廠房大小) 與一項產出變數 (集貨與配送總件數) 作為效率衡量指標，應用共同邊界法 (Metafrontier Approach) 分析麥氏生產力指數 (Malmquist Productivity Index, MPI)，衡量跨期與跨群組之生產力，並進而探討其效率變動、技術變動、技術落差變動，據以瞭解不同類型營業所之生產力變動狀況並掌握其相對的營運優劣勢，作為研擬營業所策略與調整資源配置之參考。

關鍵字：宅配物流、績效評估、共同邊界麥氏生產力指數

Abstract

In Taiwan, home-delivery service was introduced in 2000 and the cargo

①* 通訊作者，國立臺灣海洋大學航運管理學系副教授；聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路 2 號，國立臺灣海洋大學航運管理學系；電話：(02)2462-2192 轉 3422；Email: alexchao@mail.ntou.edu.tw。

② 國立臺灣海洋大學運輸科學系教授；Email: yummm@mail.ntou.edu.tw。

③ 國立臺灣海洋大學航運管理學系研究生；Email: memory810130@gmail.com。

throughput of the industry has gradually increased. The purpose of this research is to evaluate the performance of main operation depots of a large home-delivery service provider in Taiwan. Based on different levels of delivery technique, all DMUs (decision making units) can be divided into three groups: Urban, Country and Mixed. For evaluating the performance, four inputs (number of cars, car's fuel consumption, number of employees and plant size) and one output (set of goods and distribution) were adopted in the evaluation model. A Metafrontier model was applied to measure Malmquist productivity index (MPI), and in addition, efficiency change, technical change, and technical gap change were calculated for each group to measure the productivity change of these three groups.

Keywords: Home-delivery, Efficiency evaluation, Metafrontier Malmquist productivity index

壹、前言

不論是以物易物或金錢購物的時代，商品的消費型態主要發生在當面交易的情況下，消費者可面對面交換物品，或是於實體店面中選購自己所需之商品，並在完成交易的同時即將商品轉予消費者所有。然而隨著全球網際網路的興起與數位化科技的普及，不僅改善人類的生活品質、提高生活便利性，同時也促成電子商務的發展，改變人們消費的行為與方式。

Kalakota and Whinston (1997) 認為電子商務係指利用網際網路進行購買、銷售或交換產品與服務，其功能在降低成本、縮短產品的生命週期、加速得到顧客的反應，及增加服務的品質。資策會 (2013) 預估 2012 至 2015 年臺灣電子商務市場復

合年均增長率為 16.8%，將由 2013 年的 7,673 億臺幣，成長到 2015 年的 1 兆臺幣。宅配事業的物件成長性與臺灣 B2C/C2C (business to customer / customer to customer) 網購及電視購物市場的關聯性高，因消費者於網路購物時多數選擇超商取貨或宅配到府的方式取得商品。由於臺灣近年電子商務大幅成長之趨勢，將有助於帶動宅配物流發展，創造可觀的經濟價值。

過去宅配業績效評估之相關研究，多為以傳統 CCR、BCC 效率值以衡量績效，進而差額變數分析、敏感度分析以及麥氏生產力指數 (Malmquist Productivity Index, MPI) 分析之文獻。而本研究將以國內某大型宅配業者作為研究對象 (以下簡稱公司 A)，統計 2010 至 2012 年間臺

灣本島之 73 個營業所運營資料，涵蓋集配車數量、集配車油耗、人力數、廠房大小以及集貨與配送件數，並依營業所所在地不同將其區分為三個相異的群組—都會型、鄉鎮型與混合型。為探討不同群組間因經營特性相異而運用不同配送技術，有別於以往宅配業績評估之方法，本研究採共同邊界法進行 MPI，以評估不同類型營業所之經營績效，提供業者進行資源分配與技術更新之調整。

貳、文獻回顧

2.1 宅配產業

宅配之興起源於 1907 年美國對於私人送件和遞送服務需求的增加，James E. Casey 於華盛頓州成立了「美國郵遞公司 (American Messenger Company)」，為宅配概念的起源，而後在日本逐步發展成熟，日本大和運輸於 1976 年首創「宅急便」一詞，目前常用之「宅配」即為其衍生用詞，意為「配送到府」，延用宅急便一詞之概念，日本運輸服務業一般通稱為「宅配便」。日本運輸政策審議會物流部會將宅配定義為：「小口定型物，重量為 30 公斤以下之商品；以運費及運送時間為主要因素之運輸服務；運輸方式由業者任意利用鐵路、國內海運、自動車、空運等；運費制度以貨物一件重量、明確價格及地帶運費為準」。

目前普遍使用之「宅急便」、「宅配通」等詞，可通稱為「宅配」。陳淑慧 (2001) 定義宅配為「具戶對戶之高便利性、時效性的貨物配送服務，強調精緻化服務品質與多次免費配送服務」。邱淑貞 (2005) 認為：「宅配為經由專人將消費者託運之小型商品，在要求的時間內以快速、安全之方式送達指定地點的服務」。呂學卓 (2003) 對於宅配的定義為：「將顧客交付之貨物，包括企業對消費者 (business to customer, B2C) 之商品配送，及消費者對消費者 (customer to customer, C2C) 的個人包裹服務，在指定時間內安全地送達指定地點」。交通部運輸研究所 (2004) 推出的「國家貨運發展政策白皮書」，明確彙整出宅配的特性及說明，如表 1 所示。

臺灣宅配產業自統一集團與大和運輸在 1999 年 10 月簽訂技術合作契約後，「宅急便」服務於 2000 年 10 月正式自日本引進臺灣，宅配服務開始引起運輸服務業者的高度關切，如新竹貨運、東源儲運等貨運業者積極與日本佐川、日通等運輸業合作，搶進宅配市場。此外，國內原有的快遞、專業物流業者、郵局及著名的連鎖通路體系亦開始投入宅配市場。目前國內多家宅配業者皆與日本宅配公司有合作關係，例如：2000 年東元集團與日本通運合作成立臺灣宅配通；新竹貨運則於 2000 年與日本佐川急便簽訂技術合作，加入宅配市場；而後大榮貨運於 2001 年與日本

表 1 宅配服務特性

特性	說明
可及性	全省各地任何地區均為宅配服務範疇
時效性	全省主要配送區域，強調當日配達，偏遠地區隔日亦可送達
便利性	消費者一通要求服務電話，即可快速到府收貨
可追蹤性	消費者只要以電話或網路，立即可詢問貨件的下
價格統一	簡化的定價策略，全省統一的費率標準，使消費者容易記憶
保證送達	提供必要貨物保險制度，保障客戶的貨物完整和安全
全年無休	與一般物流業、貨運業相較，更近似服務業
配送到家	消費者不需到特定地點領貨，宅配公司會將貨物送至收件人家門口
夜間配送	考慮無法白天收件之客戶，夜間配送提高民眾使用宅配服務之意願
指定時間	收件人可指定送件時間，避免錯過收件機會
代收貨款	節省收件人出門劃撥時間，消除消費者對信用卡付費被盜用的顧慮
服務品質	注重服務人員服務及車輛外觀，亦要求服務態度及應對禮節
保鮮	某些貨件乃生鮮商品，宅配公司多溫層車輛，提供保鮮之功能

資料來源：交通部運輸研究所 (2004)。

西濃貨運簽約合作，形成大榮一日配。據徐志宏等人 (2014) 指出臺灣前五大宅配業者分別為統一速達 (Ta-Q-Bin)、臺灣宅配通 (Taiwan Pelican Express)、新竹物流 (HCT Logistics)、嘉里大榮物流 (KerryTJ Logistics) 及中華郵政 (Chunghwa Post)，然各業者之間的經營模式皆有所差異，有

的以傳統貨運模式為主、有的拓展龐大的通路、有的以郵政業務體系為基礎，表 2 為前五大宅配業者基本資料之彙整。

隨著近年電子商務快速發展與科技的日新月異，為宅配物流創造龐大的市場商機與發展新的商業模式，周秀蓉、葉秉鈞 (2001) 指出，近年因消費者購物習慣及運

表 2 臺灣前五大宅配業者之概況

宅配業者	統一速達	郵局	宅配通	新竹物流	嘉里大榮
資本額 (單位：千元)	1,000,000	40,000,000	860,000	2,494,931	4,835,825
101 年 個別營收	6,933,569	—	2,538,541	9,724,902	6,486,568
101 年 宅配件數	70,000	35,600	27,178	—	—
主要市場	B2C、C2C	B2C、C2C	B2C、C2C	多 B2B，少 B2C、C2C	多 B2B，極少 B2C、C2C
技術合作	日本大和運輸	—	日本通運	日本佐川急便	日本西濃運輸
計費標準	尺寸計費			重量計費	

資料來源：宅配通 (2013)。

輸工具改變，為促使宅配服務蓬勃發展的主要因素。張超翔 (2008) 認為網路購物與電視購物的興盛為消費型態之改變，使得宅配物流需求成為一個潛力龐大的市場；此外，受到高齡化社會、雙薪家庭增多等社會結構之改變，使得各種族群之需求產生差異，宅配業可針對不同需求開發不同的服務項目，成為未來發展之目標。為滿足不斷成長的宅配需求，宅配業者皆積極導入創新的技術，搭配日漸完善的物流體系運作，如何運用資源尋求滿足各種時效需求的最佳營運狀態，將是業者深入探討的關鍵。

2.2 應用共同邊界法分析 MPI 方面

傳統分析經營績效常見的評量方法有以邊界 (frontier) 為觀點的資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 及隨機邊界法 (Stochastic Frontier Analysis, SFA)。其中 DEA 在生產技術不變的假設下，可求取各年度受評估單位 (Decision Making unit, DMU) 之效率值，衡量不同群體間之效率評比，但無法衡量跨期之效率變動，屬靜態分析。若將跨期的因素納入考量，則需採用 MPI 的方法進行分析，以深入探究 DMU 跨期生產力變動之情形。MPI 最早由 Caves et al. (1982) 所提出，因自 Malmquist (1953) 以距離函數的比值定義指數而命名，而後 Färe et al. (1994) 藉由幾何平均型態加以延伸，建立可衡量跨期

效率之 DEA 模式，並進一步將 Caves et al. (1982) 的 MPI 進行拆解，為技術進步與效率改善兩項乘積；其中，技術進步意味生產邊界的移動，而效率變動為廠商實際生產水準與生產邊界之間相對距離的跨期變動。

然傳統 MPI 適用於同一技術集合內廠商群組的比較，若需進行跨技術群組效率分析，因面臨生產邊界不同，使得以邊界距離比值衡量的效率值與生產力指數，失去共同比較的基準，故爾後有學者提出以共同邊界法 (Metafrontier Method) 來衡量不同技術差異下之群組效率評估。共同邊界法之概念最早由 Hayami (1969) 與 Hayami and Ruttan (1970) 所提出，主要應用共同邊界函數於比較不同國家間農業之生產力變動。而後許多學者將共同邊界法之概念延伸運用到各個領域之分析，藉由計算群組之技術效率 (Technical Efficiencies, TE) 和群組與共同邊界間的技術缺口率 (Technology Gaps Ratio, TGR) 衡量群組間效率之差異。

隨後許多學者運用共同邊界法以評估不同技術間廠商跨期生產力之變動，Battese and Rao (2002) 假設所有樣本皆位於相同技術水準下所產生的隨機共同邊界，但無法確保此隨機共同邊界可包絡所有的群組邊界，因而 Battese et al. (2004) 改以線性規劃法，使用縱橫資料 (Panel data) 針對印尼五個地區的成衣製造廠進行實證分析，運用共同邊界法分析不同區域

間成衣製造廠效率之差異，實證結果認為該研究以不同區域劃分群組是合理的，因跨區域間存在相異的技術，使得產出效率在不同群組織之中可比較 TE 和群組與共同邊界間的 TGR。O'Donnell et al. (2008) 以距離函數的概念定義共同邊界生產函數，分析 1982 至 2000 年間 69 國的農業生產力；同時將共同邊界的概念延伸至總要素生產力指數，改善傳統 MPI 模型因面對生產邊界之相異，而失去比較基準的問題。O'Donnell et al. (2008) 拓展共同邊界 DEA 模型與共同邊界 SFA 模型，分析 97 個國家的農業 TE 與 TGR。Oh and Lee (2010) 針對 1970 至 2000 年間 58 個國家應用共同邊界的概念進行總體生產力分析，假設所有受評估的國家皆具取得共同邊界上領導技術之能力，實證結果發現亞洲國家的追趕效率較佳，及歐洲國家具有世界上較先進的技術。

近年國內亦有許多針對各領域之經營效率評估的文獻，其中以共同邊界法進行分析之研究以銀行業居多，顏晃平、張靜文 (2011) 以成本面之觀點，比較加入金融控股公司與非金融控股公司兩種類型銀行間經營績效之差異，而後林照遠 (2012) 針對臺灣與中國銀行業進行成本效率之探討，江翰青 (2013) 則針對臺灣及中國商業銀行之利潤效率做進一步之討論，鄭富安 (2014) 就東南亞六國 (印尼、菲律賓、泰國、越南、馬來西亞、新加坡) 銀行業，依地區劃分為六個群組進行經營績效之分

析。此外，紀盟錡 (2010) 依海峽兩岸之人壽保險公司區分為臺灣、大陸、外資壽險三個群體，進行經營效率分析。就運輸領域來說，張寶光等人 (2011) 以我國某海運公司之定期航線去程和回程資料，據其貨運量、裝卸量、轉運量等差距，將去程與回程視為兩組使用不同生產技術之群體，運用共同邊界法之概念計算傳統 MPI 以及效率追趕、規模追趕及潛在技術變動等項，加以辨別兩組間之效率。

共同邊界法可考量到現實中不同廠商間生產技術之差異，因而避免傳統 DEA 進行各廠商經營效率評估可能產生之偏差，經上述文獻發現國內運用共同邊界法分析 MPI 之研究可延伸至各領域，依 DMU 之特性可區分不同的群體，就其 TE、TGR 為群體間效率差異做客觀性的分析，惟此方法運用於宅配、物流領域的研究有限，故本研究以我國某大型宅配業者為例，運用共同邊界法進行 MPI 之分析。

參、研究方法

3.1 MPI 分析

MPI 之概念最早由 Malmquist (1953) 所提出，Caves et al. (1982) 將產出分別以投入與產出導向的射線尺度方法，比較該投入與產出向量至可參考之生產技術的距離，建構出投入與產出導向的 MPI，Färe

et al. (1992) 以 Caves et al. (1982) 所提出之理論加以改善整合，提出可衡量 DMU 跨期產力變動的模式。

如圖 1 所示， D^t 與 D^{t+1} 分別表示第 t 期與 $t+1$ 期 DMU 之觀測值， f_t 與 f_{t+1} 則為在固定規模報酬下之生產率前緣。另外以 D_t^t 表第 t 期之 DMU (D^t) 以 f_t 為效率前緣之投影，而 D_{t+1}^t 表第 t 期之 DMU (D^t) 以 f_{t+1} 為效率前緣之投影，而 D_t^{t+1} 表第 $t+1$ 期之 DMU (D^{t+1}) 以 f_t 為效率前緣之投影， D_{t+1}^{t+1} 表第 $t+1$ 期之 DMU (D^{t+1}) 以 f_{t+1} 為效率前緣之投影。自第 t 期至 $t+1$ 期以投入為導向之 MPI，定義如式 (1) 所示：

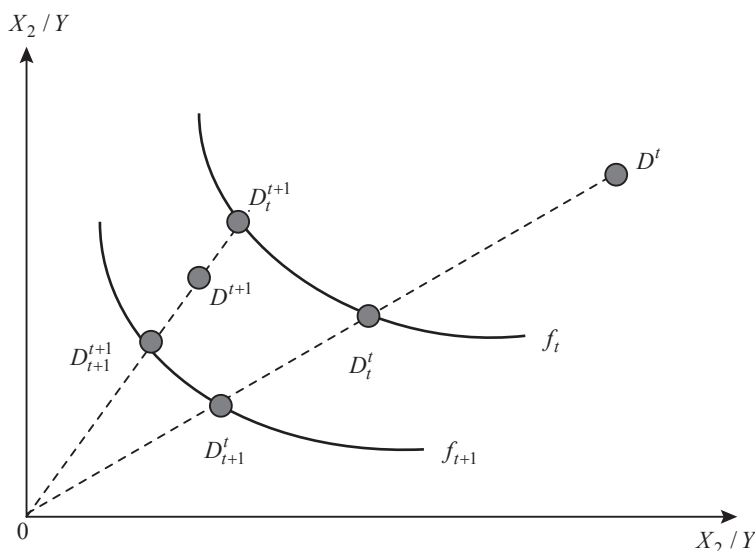
$$MPI_t^{t+1} = CIE^{t \rightarrow t+1} \cdot MI_t^{t+1} \quad (1)$$

當 $MPI_t^{t+1} > 1$ 時，表示生產力為正成長之趨勢；反之，當 $MPI_t^{t+1} < 1$ 時，則表示生產力呈現負成長之趨勢。其中第 t 期至 $t+1$ 期的追趕效率 (catching-up in efficiency, CIE) $CIE^{t \rightarrow t+1}$ ，又稱為綜合技術效率變動指數 (EFF-ch)，其定義如式 (2)：

$$CIE_t^{t+1} = \frac{TSE^{t+1}}{TSE^t} = \frac{\frac{OD_{t+1}^{t+1}}{OD_{t+1}^{t+1}}}{\frac{OD_t^t}{OD_t^t}} \quad (2)$$

若 $CIE_t^{t+1} > 1$ ，表示具 CIE 且效率提升，後期的效率優於前期；若 $CIE_t^{t+1} < 1$ ，表示效率惡化，後期的效率劣於前期。

最後，根據 Färe et al. (1992) 將麥氏指數 (Malmquist Index, MI) 計算方式定義如式 (3)。



資料來源：高強等人 (2003)。

圖 1 跨期效率前緣移動示

$$MI_t^{t+1} = \left(\frac{OD_t^t \cdot OD_t^{t+1}}{OD_{t+1}^t \cdot OD_{t+1}^{t+1}} \right)^{1/2} \quad (3)$$

若 $MI_t^{t+1} = 1$ ，表示兩期生產效率前緣相同；若 $MI_t^{t+1} > 1$ ，表示第 $t+1$ 期的生產效率前緣較第 t 期進步，亦即更向原點方向接近。

3.2 共同邊界麥氏生產力指數 (Metafrontier Malmquist Productivity Index, MMPI)

傳統 MPI 與 MMPI 皆可運用距離的概念進行效率的衡量，然兩者間仍存在些微的差異，MPI 為衡量兩條效率前緣線之平均距離，而 MMPI 則是針對某個觀測值，拆解投射到不同前緣線的方法。

共同邊界的概念最早由 Hayami (1969) 與 Hayami and Ruttan (1970) 提出，以衡量不同群體間的效率，而後經過許多學者 Battese et al. (2004), O'Donnell et al. (2008) 等，不斷加以其他方法以定義共同邊界生產函數，使靜態的共同邊界效率分析延伸至生產力的動態研究，因而發展出 MMPI。

本研究採用 Oh and Lee (2010) 提出的 MMPI 模型作為研究方法，利用 Pastor and Lovell (2005) 所提之 MPI，與 Battese and Rao (2002) 提出的共同邊界法，可比較不同時間下不同技術水準之各群組的績效，研究前提假設為所有觀測點皆具取得共同邊界上領導技術之能力。依 Pastor

and Lovell (2005) 之 MMPI 研究，可定義三個技術集合與其距離函數，分別為同期的 (contemporaneous) 技術集合、跨期 (intertemporal) 技術集合與全域 (global) 技術集合。共同邊界模型示意圖如圖 2 所示，內部實體線條為同期之技術群集包絡線，虛線則為跨期技術邊界，涵蓋某特定群體之所有同期邊界，最外圍較粗之線條則為共同技術群集邊界 (稱之為共同邊界) 則為不同群體之跨期邊界的包絡線。圖 2 中，代號 P 右上方的數值表示各個期間之代碼，而右下方則代表群體編號，圖中共有三個技術群體，每個群體之跨期邊界均包絡三個不同期間之同期技術群集。

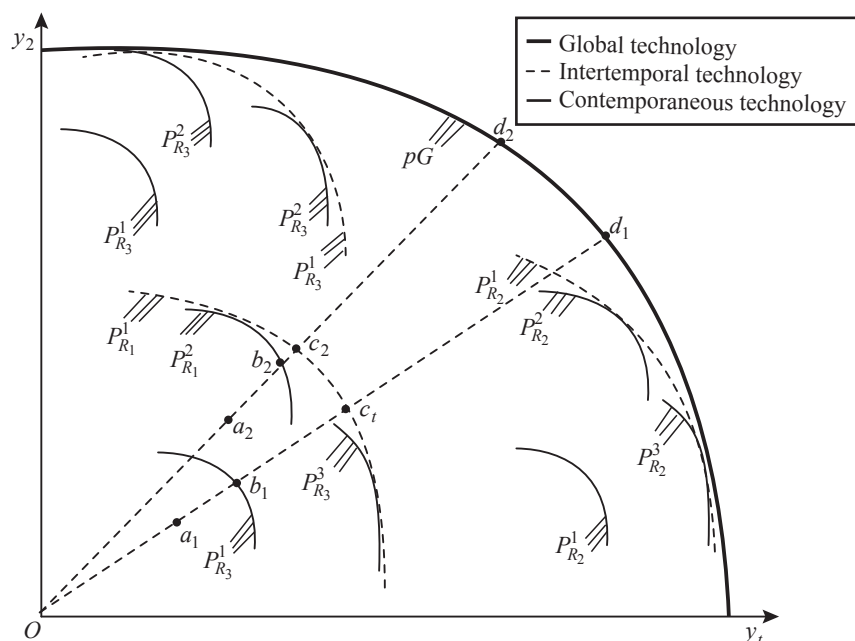
Caves et al. (1982) 假設 t 與 $t+1$ 期為觀察期間，某技術集合群體的生產力跨期變動以第 t 期的生產技術為衡量基期，Oh and Lee (2010) 以此為延伸後續分解生產力指數架構之基礎。前述之同期 MPI 的衡量如式 (4) 所示：

$$M^s(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D^s(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^s(x^t, y^t)} \quad (4)$$

相同技術之同個群體跨期 MPI 的衡量如式 (5) 所示：

$$M^I(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D^I(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^I(x^t, y^t)} \quad (5)$$

Pastor and Lovell (2005) 指出可以產出項為一階齊次的距離函數分解同個群組之跨期 MPI，齊次的距離函數定義為



資料來源：Oh and Lee (2010)。

圖 2 MMPI 模型示意

$\lambda D(x, y) = D(x, \lambda y)$ ，代入式 (5)，將其分解後如式 (6) 所示：

$$\begin{aligned}
 M^I(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \left\{ \frac{D^I(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^I(x^t, y^t)}{D^t(x^t, y^t)} \right\} \\
 &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \left\{ \frac{D^I(x^{t+1}, y^{t+1} / D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}))}{D^I(x^t, y^t / D^t(x^t, y^t))} \right\} \\
 &= \frac{TE^{t+1}}{TE^t} \cdot \frac{BPG^{I,t+1}}{BPG^{I,t}} \\
 &= EC \cdot BPC
 \end{aligned} \tag{6}$$

TE^s ， $s = t, t+1$ 為 DMU 以群體邊界衡量的技術效率，而 EC 則代表各 DMU 實際生產水準相對各組邊界上的生產水準之技術效率的跨期變動，BPGI (best practice gap)， $s = t, t+1$ 為個別觀測點

DMU 之最佳實務缺口，BPC (best practice gap change) 則為最佳實務缺口變動，亦可稱為技術變動，兩期 BPG 相除後得出 BPC，可作為群組內技術變動的衡量指標，大於 1 表示同期技術標竿在第 $t+1$ 期

時較第 t 期接近跨期邊界，小於 1 則為同期標竿在第 $t+1$ 期時較第 t 期距跨期邊界來的遠；其中又可將 BPC 大於 1 (小於 1) 解釋為技術的進步 (退步)。

多組技術廠商，且各組廠商又包含跨

期變化的 MMPI 之衡量，如式 (7) 所式：

$$M^G(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^G(x^t, y^t)} \quad (7)$$

如同期與跨期 MPI，MMPI 亦可進行拆解以求得生產力變動，如式 (8)：

$$\begin{aligned} & M^G(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) \\ &= \frac{D^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^G(x^t, y^t)} \\ &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \left\{ \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^G(x^t, y^t)} \right\} \\ &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \left\{ \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^l(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^l(x^t, y^t)} \right\} \cdot \left\{ \frac{D^l(x^t, y^t)}{D^l(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^G(x^t, y^t)} \right\} \\ &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \left\{ \frac{D^l(x^{t+1}, y^{t+1} / D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}))}{D^l(x^t, y^t / D^t(x^t, y^t))} \right\} \cdot \left\{ \frac{D^G(x^{t+1}, y^{t+1} / D^l(x^{t+1}, y^{t+1}))}{D^G(x^t, y^t / D^l(x^t, y^t))} \right\} \\ &= \frac{TE^{t+1}}{TE^t} \cdot \frac{BPG^{l,t+1}}{BPG^{l,t}} \cdot \frac{TGR^{t+1}}{TGR^t} \\ &= EC \cdot BPC \cdot TGC \end{aligned} \quad (8)$$

而 EC 與 BPC 的解釋同上，TGC (technology gap change) 稱為技術落差變動，代表技術領導的改變，TGC 大於 1 表示群組後期之跨期邊界逐漸追上前期跨期邊界的技術，可看出各群組技術邊界變動情形。然 TGC 為兩期 TGR 之比值，無法準確評估技術領導者，故須進一步以 TGR 進行分析。TGR 為技術缺口率，可衡量某特定群體潛在技術邊界距離共同邊界技術之距離，TGR 愈小時，表示群組邊界距離

共同邊界愈遠。Oh and Lee (2010) 表示當 DMU 之 TGR 等於 1 則表示其技術水準座落於共同邊界上，即為技術領導者，若某個群體中多個 DMU 之 TGR 等於 1 時，表示該群體位於技術領導前緣，這被視為一種用來衡量技術領導的方法。

參照圖 2 之圖形表示， a_1 為群體一之第一期產出，而 a_2 為群體一之第二期產出，可為 MMPI 以距離的概念進行拆解，其拆解過程如式 (9)。

$$\begin{aligned}
M^G(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) &= \frac{O_{a2}/O_{d2}}{O_{a1}/O_{d1}} \\
&= \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{b1}} \cdot \left\{ \frac{O_{a1}/O_{b1}}{O_{a2}/O_{b2}} \cdot \frac{O_{a2}/O_{d2}}{O_{a1}/O_{d1}} \right\} \\
&= \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{b1}} \cdot \left\{ \frac{O_{a1}/O_{b1}}{O_{a2}/O_{b2}} \cdot \frac{O_{a2}/O_{c2}}{O_{a1}/O_{c1}} \right\} \cdot \left\{ \frac{O_{a1}/O_{c1}}{O_{a2}/O_{c2}} \cdot \frac{O_{a2}/O_{d2}}{O_{a1}/O_{d1}} \right\} \\
&= \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{b1}} \cdot \left\{ \frac{O_{a2}/O_{c2}}{O_{a1}/O_{c1}} \right\} \cdot \left\{ \frac{O_{a2}/O_{d2}}{O_{a1}/O_{d1}} \right\} \\
&= \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{b1}} \cdot \left\{ \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{c1}} \right\} \cdot \left\{ \frac{O_{a2}/O_{c2}}{O_{a1}/O_{c1}} \right\} \\
&= \frac{O_{a2}/O_{b2}}{O_{a1}/O_{b1}} \cdot \frac{O_{b2}/O_{c2}}{O_{b1}/O_{c1}} \cdot \frac{O_{c2}/O_{d2}}{O_{c1}/O_{d1}} \tag{9}
\end{aligned}$$

肆、實證分析

本節以第參節之研究方法架構作為研究基礎，針對我國某大型宅配業者（公司 A）為效率評估對象，然績效為一種比率式的衡量指標，為 DMU 之產出與投入間的比率，就宅配業而言，以常見之廠房、員工、車輛數等作為投入項目，集配送件數為產出，據以衡量各 DMU 之績效。由於傳統 DEA 無法直接比較不同技術水準下 DMU 之績效，為改善此問題，故本研究改以 MMPI 作為衡量宅配業者生產力變動之方法，進而探究 DMU 之 EC、BPC、TGC。

4.1 公司 A 簡介

公司 A 為我國國內某大型宅配物流業者，目前員工人數超過 6,000 人，全省代

收據點加上營業據點逾 17,000 個，主要業務為提供常溫、低溫、契約客戶之運輸服務，亦有當日、國際等多樣化之服務，提供密集之服務網絡。

4.2 DMU 資料蒐集與分組

本研究以公司 A 為績效評估的對象，選取其介於 2010 至 2012 年間 73 個營業所之四項變數作為主要投入項目，並依其集、配作業件數為產出變數，作為本研究評估宅配營業所營運績效之指標，其各項定義如表 3，詳細統計量如表 4。此外，由於機車始於 2011 年底陸續導入，並非所有據點皆有導入機車，因此本研究不將機車納入投入變數。

表 3 投入與產出之項目及定義

類別	變數名稱	單位	變數定義
投入變數	車輛數	輛	各營業所執行集配作業時，由司機駕駛之 3.49 噸及 1.75 噸車輛。(不含機車)
	車輛油耗	公升	執行集配作業之集配車每年之加油量。
	人數	人	執行集配作業所需之人力，包含營業所後勤作業之事務員。
	廠房大小	坪	每一營業所使用之土地坪數。
產出變數	集貨加配送件數	個	每一營業所，每年的集貨包裹件數加配送包裹件數。

表 4 2010~2012 年 73 個營業所投入與產出變數基本敘述性統計量

年度	項目	車數量	車輛油耗	人數	廠房大小	集貨加配送件數
2010 年	最大值	25	12,372.95	78	5,893	1,720,478
	最小值	6	1,300.74	28	65	327,451
	平均值	14.56	5,920.39	50.30	550.48	1,102,148.41
	標準差	4.34	2,665.91	11.66	689.89	305,410.87
2011 年	最大值	34	183,395.99	111	5,893	2,175,284
	最小值	7	15,771.83	28	65	508,493
	平均值	17.89	77,820.70	61.10	588.51	1,326,253.64
	標準差	5.73	36,978.46	16.64	686.37	375,317.73
2012 年	最大值	41	234,517.10	114	5,893	2,713,584
	最小值	9	17,010.10	30	65	537,270
	平均值	23.19	93,755.13	68.93	609.84	1,549,433.66
	標準差	7.58	46,468.32	19.53	682.14	468,563.51

公司 A 之據點遍及全臺，公司 A 依其據點所在地之人口密集度、服務範圍大小，將其營業所區分為都會型、鄉鎮型、混合型三種，每一營業所利用其所屬的配送技術，搭配人、車在負責的區域進行包裹配送與收取，以下針對本研究選取之營業所分類進行定義與介紹：

1. 都會型：定義為「營業所負責區域為單一行政區或人口數 30 萬人以上或人口密度高於 5000 人 / km²」，計有北部 21 個、中部四個、南部八個，共 33 個營

業所。其中多數營業所位於人口密集度高的都會區中，商辦大樓與住宅大樓林立，及路邊停車規範較為嚴格增加集配車配送難度，故常採小組式配送，除集配車司機外增加二至四人不等。

2. 鄉鎮型：定義為「營業所負責區域人口數少於 15 萬人或人口密度低於 1000 人 km²，負責區域僅為鄉、鎮或鄉及鎮」，計有北部七個、中部 10 個、南部六個，共 23 個營業所。此類型營業所區位多於中南部區域，負責地區面積

廣泛，包裹配送常須因應長途跋涉的路程，因而增加每個包裹配送時間。為提升集配車每趟路程之經濟價值與集、配送包裹數，拓展季節性農產品產地直送之服務，與當地農民共創經濟價值。此外，鄉鎮型營業所的廠房面積較大，主要為鄉鎮地區土地面積較大，故常須配合地主要求而承租較大的廠房，往往與包裹集配量未呈正向變動關係。

3. **混合型**：定義為「營業所負責區域人口數介於 15 萬人至 30 萬人間，負責範圍涵蓋市、鄉、鎮」，計有北部 10 個、中部四個、南部三個，共 17 個營業所。混合型營業所之特性介於都會型與鄉村型之間。

4.3 投入產出項目相關性分析

本小節針對選取之四項投入及一項產出進行皮爾森相關係數 (pearson correlation) 檢定，以檢視變數間是否存在高度相關性。在 2010 ~ 2012 年的資料中，「集配車數量」、「集配車油耗」、「人力數」及「集貨加配送件數」皆與「廠房大小」呈現低度正相關，由於營業所之據點為營運宅配流程中必要之投入項目，因此本研究仍將其納入模式中進行分析。餘能符合同向性檢驗與等幅擴張性的原則，適合以 DEA 相關模式進行分析。表 5 至表 7 分別為 2010 ~ 2012 年皮爾森相關係數分析結果。

表 5 投入與產出變數相關係數分析結果 (2010 年)

	集配車數量	集配車油耗	人力數	廠房大小	集貨加配送件數
集配車數量	1	0.8341**	0.7408**	0.1535	0.5253**
集配車油耗	0.8341**	1	0.5520**	0.1233	0.2658*
人力數	0.7408**	0.5520**	1	0.0879	0.7994**
廠房大小	0.1535	0.1233	0.0879	1	0.0366
集貨加配送件數	0.5253**	0.2658*	0.7994**	0.0366	1

註：**及*表示分別在顯著水準為 0.01 及 0.05 下顯著 (雙尾)。

表 6 投入與產出變數相關係數分析結果 (2011 年)

	集配車數量	集配車油耗	人力數	廠房大小	集貨加配送件數
集配車數量	1	0.8693**	0.7328**	0.1932	0.6114**
集配車油耗	0.8693**	1	0.4887**	0.1798	0.3142**
人力數	0.7328**	0.4887**	1	0.1266	0.8817**
廠房大小	0.1932	0.1798	0.1266	1	0.0542
集貨加配送件數	0.6114**	0.3142**	0.8817**	0.0542	1

註：**表示在顯著水準為 0.01 下顯著 (雙尾)。

表 7 投入與產出變數相關係數分析結果 (2012 年)

	集配車數量	集配車油耗	人力數	廠房大小	集貨加配送件數
集配車數量	1	0.8267**	0.5985**	0.1416	0.4713**
集配車油耗	0.8267**	1	0.3198**	0.1153	0.1905
人力數	0.5985**	0.3198**	1	0.0758	0.8653**
廠房大小	0.1416	0.1153	0.0758	1	0.0820
集貨加配送件數	0.4713**	0.1905	0.8653**	0.0820	1

註：**表示在顯著水準為 0.01 下顯著 (雙尾)。

4.4 實證分析結果

本研究藉由 MMPI 衡量公司 A 之 73 個營業所運營績效，依其據點所在地之特性區分為都會型、鄉鎮型與混合型三個群組。表 8 為整體 DMU 分析結果，綜合 73 個營業所平均生產力表現，2010 ~ 2012 年間所有 DMU 之 MMPI 平均成長率約為 1%，EC 年平均減少 0.5%，BPC 年平均增加 2.3%，表示整體的技術創新與改善是有進步的，而 TGC 平均每年約有 0.2% 小幅度下滑。由此得知，整體生產力的升幅主要受到 BPC 提升的影響。

表 8 整體平均分析結果

分析期間	MMPI	EC	BPC	TGC
2010 ~ 2011	0.988	1.007	0.993	0.992
2011 ~ 2012	1.031	0.983	1.053	1.004
整體平均	1.010	0.995	1.023	0.998

然觀察各個跨期之生產力變動，發現 2010 ~ 2011 年間為下降的狀態，2011 ~ 2012 年間則呈現大幅成長的趨勢，兩個跨期生產力相差 4.3%。2010 ~ 2011 年整體生產力下降主要受到 TGC 下滑的影響，

2011 ~ 2012 年則是因 BPC 提升，使得整體生產力增長，應為此段期間內，公司 A 投入創新技術或改善原有技術使然，使 BPC 有所增長。

接續進行跨群組比較，主要以平均值呈現各群組之各個跨期與整體分析結果 (如表 9 所示)。首先探討都會型營業所，以該群組 33 個營業所之兩個跨期平均而言，MMPI 年平均成長率約為 0.7%，EC 年平均成長 0.4%，BPC 年平均下滑 0.3%，TGC 年平均成長 0.6%，由此而知，生產力之成長主要受到 TGC 增長的影響。就各跨期變化而言，2010 ~ 2011 年生產力衰退，2011 ~ 2012 年生產力則相對大幅度成長，主要為 EC 大幅增長，可知該類營業所善用資源達到良好的效率表現。此外，都會型中兩個跨期的 TGC 皆有微幅成長，可得知該群體技術與共同技術邊界的距離愈趨縮短。

進而探討鄉鎮型營業所，以該群 23 個營業所之兩個跨期平均而言，MMPI 年平均衰退 0.1%，為三個群組中表現最差者，其中 EC 與 TGC 皆呈現下滑的現

表 9 都會型、鄉鎮型、混合型分析結果

組別	期間	MMPI	EC	BPC	TGC
都會型	2010~2011	0.978	0.966	1.006	1.007
	2011~2012	1.036	1.043	0.988	1.005
	整體平均	1.007	1.004	0.997	1.006
鄉鎮型	2010~2011	0.982	1.005	1.018	0.965
	2011~2012	1.016	0.957	1.072	1.000
	整體平均	0.999	0.981	1.045	0.982
混合型	2010~2011	1.015	1.088	0.934	1.000
	2011~2012	1.041	0.900	1.154	1.009
	整體平均	1.028	0.994	1.044	1.004

象，平均分別減少約 1.9% 及 1.8%，亦為三組中表現最差者，然 BPC 平均成長 4.5%，由此發現，EC 及 TGC 為影響鄉鎮型生產力變動微幅下降的主要因素。就各個跨期生產力的變化而言，2010~2011 年為衰退，主要受到 TGC 衰退的影響，而 2011~2012 生產力則為增長的趨勢，主要受到 BPC 增長的影響。

最後探討混合型營業所，以該群 17 個營業所之兩個跨期平均而言，MMPI 平均年成長率約為 2.8%，為三組中表現最佳者，EC 年平均下滑 0.6%，BPC 年平均增長為 4.4%，TGC 年平均增長 0.4%。由此得知，生產力變動主要受到 BPC 增長的影響而提升。就各個跨期變化而言，兩個跨期的生產力變動皆呈現成長的趨勢，2010~2011 年主要是受到營業所本身運營效率的提升所致，第二期則是 BPC 的增長使得生產力提升，而 TGC 的部分，2010~2011 年間無變動，2011~2012 年則有 0.9% 的小幅成長。

以共同邊界法衡量組織績效時，最主要的評斷指標為 TGR，可用於衡量群組邊界與共同邊界間的缺口比率，當 TGR 愈接近 1 時，表示群組邊界與共同邊界的距離缺口愈小，表示該群組實際運用的生產技術愈接近潛在的生產技術水準，若 TGR 為 1，則表示該群組之生產技術為潛在生產技術前緣；反之，TGR 愈接近 0 時，兩者間距離缺口愈大，群組技術與共同邊界技術相差愈大。Oh and Lee (2010) 指出某個群體中有多個 DMU 之 TGR 為 1 時，可說該群組為所有群組內的技術領導者。而上述的 TGC 為兩期 TGR 相除之比值，可能受到數值相近影響其數值大小，無法準確判別技術領導群組，故須以 TGR 的角度加以衡量。表 10 彙整出各群組之 TGR，其中都會型各年度 TGR 為 1 的 DMU 個數最多，為三組中表現最為優異者，且每年 TGR 為 1 的 DMU 個數呈現增加的趨勢，可說都會型為這三個群組的技術領導者。然鄉鎮型每年 TGR 平均值

表 10 (a) 各群組 TGR 統計結果 (2010 年)

	DMU 個數	=1 (個數)	0.9-1 (個數)	< 0.9 (個數)	最大值	最小值	平均值
都會型	33	9	23	1	1	0.896	0.970
鄉鎮型	23	0	12	11	0.992	0.739	0.887
混合型	17	2	11	4	1	0.768	0.943
整體	73	11	46	16	1	0.739	0.933

表 10 (b) 各群組 TGR 統計結果 (2011 年)

	DMU 個數	=1 (個數)	0.9-1 (個數)	< 0.9 (個數)	最大值	最小值	平均值
都會型	33	11	22	0	1	0.922	0.975
鄉鎮型	23	2	6	15	1	0.672	0.853
混合型	17	0	13	4	0.997	0.827	0.941
整體	73	13	41	19	1	0.672	0.923

表 10 (c) 各群組 TGR 統計結果 (2012 年)

	DMU 個數	=1 (個數)	0.9-1 (個數)	< 0.9 (個數)	最大值	最小值	平均值
都會型	33	13	20	0	1	0.932	0.980
鄉鎮型	23	1	4	18	1	0.677	0.851
混合型	17	2	13	2	1	0.814	0.947
整體	73	16	37	20	1	0.677	0.926

呈現下滑的趨勢，表示該群組邊界距離共同技術邊界愈來愈遠，技術落差程度愈來愈大，且 TGR 為 1 的 DMU 個數幾近於 0，為三個群體中表現較為不理想者，可說鄉鎮型營業所為三個群組中的技術落後者。

伍、結語

臺灣自 2000 年導入宅配服務以來，

宅配業者不斷導入創新的思維，例如產地直送的飲食文化、消費者購物模式的改變、提倡旅行生活等，徹底改變消費者傳統的生活習慣，加上近年電子商務蓬勃發展，使得宅配服務愈趨重要，各宅配業者不斷投入各項資源，提升服務品質以維持企業競爭優勢。本研究採共同邊界法分析公司 A 之經營效率，避免傳統 DEA 僅能考慮相同技術水準之缺失。將公司 A 之 73 個營業所分為三個群組，藉由績效評估分析，宅配業管理階層可瞭解不同類型營

業所其資源投入所產生之效率的差異，作為其他類型營業所調整資源分配之參考。

過去相關研究議題多以傳統 DEA 模式作為分析之方法，如蔡鎮宇 (2008)、蔡倡瑞 (2010) 皆以國內宅配業者作為評估之對象，採用 CCR、BCC 及其他 DEA 模式進行績效評估，或是其他相關議題如汽車路線貨物業 (葉芳禎，2011)、低溫運輸業 (林易緯，2014) 等研究，皆以傳統 DEA 模式評估其績效。本研究採用共同邊界法針對宅配營業站所進行績效評估，與以往之績效評估形式相比，不僅可分析各營業所之效率，同時可將不同技術群體的因素納入考量，本研究因營業所區位之人口密集度、服務範圍大小而有不同的營運特性及配送技術，區分為都會型、鄉鎮型、混合型三種不同類型的營業所，可找出效率表現優異的營業所，判別主要是受到自身營運效率良好、技術進步，或是群體與共同邊界技術落差之因素所影響。本研究經實證分析後發現，混合型之 MMPI 成長幅度最大，主要是該群體的技術進步較為顯著所致，又以 2011 ~ 2012 年間有較為明顯的成長，推估混合型營業所在該段期間有導入配送技術改善其營運績效；MMPI 成長幅度次之的都會型，主要是受到營業所自身營運效率提升以及群體與共同邊界技術的影響；而 MMPI 唯一呈現退步的鄉鎮型營業所，亦是受到營運效率以及群體

與共同邊界技術間的關係所影響，卻與都會型營業所呈現相反的結果，可針對兩類型營業所的 EC 與 TGC 進行比較與檢討。

此外，由於 TGC 為一比值，故本研究進一步以 TGR 分析各群組與共同技術邊界之缺口，發現都會型中多個營業所的生產技術為共同邊界上之潛在生產技術，或近似於共同邊界生產技術，為三組中技術領導前緣，而鄉鎮型為三組中技術落後者，即使鄉鎮型兩期 BPC 呈現成長的趨勢，仍無法追趕上共同邊界技術前緣的進步。然鄉鎮型營業所生產力在兩個跨期中 BPC 皆有成長的趨勢，表示該群組可能導入新的配送技術以提升配送效率，由於鄉鎮型中多數 DMU 的 TGR 小於 1，且群體之 TGR 平均相較於其他兩組來的低，表示鄉鎮型營業所之邊界距離共同邊界缺口較大。建議再與宅配業者進行實務討論，檢視鄉鎮型營業所的配送技術與其他類型營業所之差異，嘗試將部分居於效率前緣之配送技術導入鄉鎮型營業所，作為改善鄉鎮型營業所技術落差之參考。此外，由於本研究根據實際訪談公司 A 之管理階層的結果，此三類型是公司 A 自行對其營業所之劃分方式，由於各站所人口密集度與服務範圍大小不同，故配送模式也有差異。未來另可依 DMU 所在之區域進行營業所之分類，進行不同區域間 DMU 效率之探討。

參考文獻

交通部運輸研究所，2004，*國家貨運發展政策白皮書*，交通部運輸研究所，臺北市。

宅配通，2013，*臺灣宅配通股份有限公司上市前法人說明會報告書*。

江翰青，2013，*臺灣及中國商業銀行業之利潤效率——DEA 共同邊界模型分析*，東吳大學經濟學系研究所碩士論文，臺北市。

呂學卓，2003，*專業型宅配經營策略之分析研究*，長榮大學經營管理研究所碩士論文，臺南市。

周秀蓉、葉秉鈞，2001，*臺灣宅配服務業的經營發展與策略之個案研究——以統一速達公司「宅急便」為例*，第一屆製商整合研討會論文集，7，雲林縣。

林易緯，2014，*應用資料包絡分析法評估低溫運輸業經營績效：以臺灣某低溫運輸公司為例*，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。

林照遠，2012，*臺灣與中國銀行業成本效率之探討——共同邊界資料包絡分析法*，國立臺北大學經濟學研究所碩士論文，新北市。

邱淑貞，2005，*以 C2C 觀點探討宅配公司與通路商之結盟模式*，國立東華大學全球運籌管理研究所碩士論文，花蓮縣。

紀盟錡，2010，*海峽兩岸人壽保險公司經營效率之比較分析：共同邊界法之應用*，

國立交通大學經營管理研究所碩士論文，新竹市。

徐志宏、賴建榮、賴建榮，2014，*臺灣宅配業之現況與趨勢*，*物流技術與戰略*，第 67 期，41-45。

高強、黃旭男、Sueyoshi, T., 2003，*管理績效評估——資料包絡分析法*，華泰書局，臺北市。

張超翔，2008，*臺灣宅配系統之業務發展分析研究*，*網路社會學通訊期刊*，第 75 期。

張寶光、黃台心、韓宜蓁，2011，*我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用*，*東吳經紀商學學報*，第 75 期，31-68。

陳淑慧，2001，*通路衝突對連鎖體系關係品質影響之研究*，國立高雄第一科技大學行銷與流通管理所，高雄市。

葉芳禎，2011，*應用資料包絡分析法評估臺灣地區汽車路線貨運業經營績效之研究*，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。

資策會產業情報研究所，2013，*網際網路及電子商務發展趨勢及其對金融業之影響與因應研究*，<http://www.tfsr.org.tw/uploads/%E6%9C%9F%E6%9C%AB%E5%A0%B1%E5%91%8Afinal.pdf>，2015 年 05 月。

蔡倡瑞，2010，*應用 DEA 探討宅配業者之經營效率——以宅急便為例*，國立高雄第一科技大學運籌管理系碩士論文，高雄市。

- 蔡鎮宇，2008，應用資料包絡分析法於宅配業之經營績效評估，開南大學物流與航運管理系碩士論文，桃園市。
- 鄭富安，2014，東南亞六國銀行業經營效率分析 —— 共同邊界法之應用，東吳大學經濟學系碩士論文，臺北市。
- 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*，第 47 卷，第 1 期，20-64。
- Battese, G.E. and Rao, D.S.P., 2002. Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. *International Journal of Business and Economics*, 1(2), 87-93.
- Battese, G.E., Rao, D.S.P. and O'Donnell, C.J., 2004. A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of Productivity Analysis*, 21, 91-103.
- Caves, D.W., Christensen, L.R. and Diewert, W.E., 1982. Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers. *Economic Journal*, 92, 73-86.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z., 1994. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, 84, 66-83.
- Hayami, Y. and Ruttan, V.W., 1970. Agricultural productivity differences among countries. *The American Economic Review*, 60, 875-911.
- Hayami, Y., 1969. Sources of agricultural productivity gap among selected countries. *American Journal of Agricultural Economics*, 51, 564-575.
- Kalakota, R. and Whinston, A.B., 1997. *Electronic Commerce: A Manager's Guide*, Addison-Wesley Professional: Reading, MA.
- Malmquist, S., 1953. Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.
- 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*, 34, 231-255.
- Oh, D.H. and Lee, J.D., 2010. A metafrontier approach for measuring malmquist productivity index. *Empirical Economics*, 88, 47-64.
- Pastor, J.T. and Lovell, C.A.K., 2005. A global malmquist productivity index. *Economics Letters*, 88(2), 266-271.

