

植基於效率分解資料包絡分析法探究政府審計機關之績效

周漢忠* 盧文民** 楊凱筑*** 顏寶恭**** 何東興*****

摘要：本研究運用「加法型效率分解資料包絡分析法 (Additive Efficiency Decomposition DEA)」探究政府審計機關「審計效率」與「審計效能」，該模型無法有效區隔有效率審計機關之排序及內部資源運用之強、弱勢分析，故本研究進一步結合「以參考網路為基礎之排序法 (Network-Based Ranking Method)」，以利區分不同階段的標竿單位與內部強弱項的資源運用項目分析比較，並探究資本支出規模與政黨因素對審計機關績效之影響，提供有關單位資源配置與政策推動之參考。而迴歸分析結果也顯示出，資本支出規模對審計機關的審計效率及效能有顯著之影響。

關鍵詞：審計機關、績效評估、加法型資料包絡分析法

* 國防大學管理學院財務管理學系講師
** 國防大學管理學院財務管理學系教授
*** 國防大學管理學院財務管理學系碩士班研究生
**** 陸軍教育訓練暨準則發展指揮部財務官
***** 國防大學管理學院財務管理學系助理教授

Governmental Audit Agencies' Performance based on Additive Efficiency Decomposition DEA

Han-Chung Chou* Wen-Min Lu** Kai-Chu Yang***
Pao-Kung Yen**** Dong-Sing He*****

Abstract: This study investigates “audit efficiency” and “audit effectiveness” in audit agencies using the Additive Efficiency Decomposition DEA model. The model cannot sufficiently distinguish between audit agencies’ efficiency ranking and strength-weaknesses analysis of their internal resources. Thus, the model is further integrated with Network-Based Ranking Method, so as to distinguish the benchmark units from various stages of analysis and allow strengths and weaknesses of internal resources to be compared. In addition, the study examines the effect of capital expenditure scale and political party affiliation on audit performance. This is to provide relevant agencies with reference in resource allocation and policy implementation. Regression analysis results further indicate that capital expenditure scale has no significant influence on audit efficiency and effectiveness of auditing agencies.

Keywords: audit agency, performance evaluation, additive efficiency decomposition DEA

* Lecturer, National Defense University

** Professor, National Defense University

*** Postgraduate, National Defense University

**** Financial Officer, Army Education, Training and Doctrine Development Command

***** Assistant Professor, National Defense University

壹、緒論

國際最高審計機關組織（International Organization of Supreme Audit Institutions, INTOSAI）於 1977 年利瑪宣言（Lima Declaration）中強調政府審計應在政府治理中發揮關鍵性作用，以彰顯政府審計在公共治理議題上，除了傳統維護民主法治、提高政府效能、促進廉能政治之功能外，更可在推動社會和諧、促進改善民生、維護國家安全等面向積極展現審計機關價值與效益。另國際最高審計機關組織大會（International Congress of Supreme Audit Institutions, INCOSAI）於 2010 年討論「審計機關之價值與意義」議題，認為審計機關之價值來自兩方面，包括「審計機關應被視為一個獨立之典範機關」及「審計機關應被視為對民眾生活產生正面影響之機關」。因此，政府審計之趨勢，由傳統揭發舞弊、打擊貪瀆之監督者（oversight）角色，逐漸轉型為以增加公共資源附加價值，落實績效審計之洞察者（insight）與前瞻者（foresight）角色（Reed and Swain, 1996）。

INTOSAI 指出績效審計用以衡量政府施政計畫之施政績效，績效審計並不侷限於財務事項之審核，實已涵蓋整個政府活動，指出績效審計係針對政府的施政計畫之經濟性（economic）、效率性（efficiency）及效能性（effectiveness）等三個層面，概述如下：經濟性係指謀求所投入資源能作為最經濟有效之運用。效率性係指投入資源所產生之成果。效能性係指投入資源，能否達成預期目標。在今日強調政府績效管理的時代，績效審計已成為績效管理的重要一環，而審計機關肩負著績效審計的重責大任，為政府績效管理成敗的關鍵（徐仁輝，2009）。

我國採行五權分立，其審計權在中央歸屬於監察院之審計部，在地方政府隸屬審計室，使中央與地方財務行政機關形成綿密且相互協調與制衡的「聯綜組織」，可有效審核弊端及違法案件。我國受到全球化及知識經濟發展之影響，政府部門已於 1989 年推動績效審計，藉由績效審計政策的宣導，可使全國各地財務行政機關從預算籌編、預算執行至決算階段，能妥善規劃，依法執行，減少違法情事肇生，落實我國績效審計之推行，使得政府施政計劃更具經濟性、效率性及效能性。我國在推動多年的績效審計政策後，是否真能有效減低違法案件的肇生，因此本研究首先將檢視我國各地審計機關查核違失案件之效率，其次將探討各審計機關推動績效審計政策有效降低重大違法案件之效能。為了進一步瞭解不同地區審計機關是否因為資源獲取上的不同，影響政策推動的效益及效能；另試圖檢驗縣市議會有一黨獨大之情形，是否會對審計機關效率有影響及審計機關若為五都（直轄市）城市，對審計效率及效能是否造成影響（徐仁輝，2009）。

目前審計機關績效評估，係對各個審計單位年度施政計畫執行與審計工作品質管制考核，未以審計機關做為績效評估對象，國內對審計機關績效衡量之相關研討文獻亦少，故本文運用「加法型效率分解資料包絡分析法（Additive Efficiency

Decomposition DEA)」可將審計活動劃分成兩個產生過程 (Two-stage Production Process)，進一步改善傳統「資料包絡分析法」(Data Envelopment Analysis, DEA) 的方法，將多項投入與多項產出以較客觀的評估概念，評估分析政府所屬審計機關之審計績效，並結合「以參考網路為基礎之排序法」(Network-Based Ranking Method)，俾利區分不同階段的標竿審計機關與內部強弱項的資源運用項目，提供相關決策單位學習對象，改善其審計活動，達成績效之目標。

綜上所述本研究目的如下：首先，運用加法型效率分解資料包絡分析評估審計機關審計效率與審計效能之良窳。其次，進一步檢視效率與效能較佳的審計機關，對其標竿變數進行強、弱排序，供其他審計機關參考以改善效率與效能。最後，探討資本支出規模與政黨因素對審計機關效率與效能之影響，提供有關單位資源配置與政策推動之參考。

貳、文獻探討

本研究參考有關審計類之國內書籍、期刊，相關文獻分為審計規模、審計品質及審計效率分別逐一說明如后：

一、審計規模

DeAngelo (1981)推論，當事務所規模越大，提供低品質的審計服務可能導致的損失就越大，此時事務所提升審計品質的誘因提高，而較高的審計品質會帶來較高的審計公費。Rose (1998)以印度、馬來西亞、香港及英國等四個國家的子公司是否有在訂定審計公費上差別的效果。林嬋娟與林孝倫 (2009) 研究發現當事務所規模越大、越有動機提升審計品質，在競爭激烈的審計市場中，事務所可以藉由提供不同品質的服務，來收取不同水準之審計公費，因此會計師事務所之規模與審計公費間存在正向關係，亦發現事務所品牌聲譽對審計公費存在正向影響。Chen, Hsu, Huang, and Yang (2013)本研究以調查審計品質、審計規模及財務績效之間的關係，其中公立的審計公司優於地區及地方的審計公司。

二、審計品質

李建然、陳政芳與李啟華 (2003) 則分析組別重要性對於會計師審計意見的影響。戚務君、俞洪昭與邱士宗 (2004) 則透過分析性模型推導，探討會計師任期與輪調制度對於審計品質的影響。楊炎杰與官月緞 (2006) 以分析臺灣2002年至2003年非審計服務對於審計品質的影響。劉嘉雯與王泰昌 (2008) 討論會計師任期與事務所任期對於會計師是否出具繼續經營假設有重大疑慮審計意見之影響。DeAngelo (1981)指出，當事務所規模擴大後，受單一客戶影響較小，因此有較高的獨立性，且事務所由於審計品質不佳使聲譽受損的成本提高，而有較高的審計品質。Ruiz-Barbadillo, Gomez-Aguilar, and Carrera (2009)並未發現會計師在西班牙施行強

制會計師事務所輪調前後，出具非標準審計意見的機率有顯著差異。Chi and Chin (2011)分析產業專家會計師與產業專家事務所與審計品質之關連性。

三、審計效率

張金男(2004)以1998至2002年23個審計單位為研究對象，以DEA之CCR模型評估政府審計效能，實證結果皆顯示審計機關之運行及其審計效能為大眾肯定宜加強辦理，並應持續協助政府行政施為及提供財務管理顧問之服務。結果顯示由敏感性分析得知員額的敏感度最高，未盡職責或效能過低案件及建議改善意見居次。

Dopuch, Gupta, Simunic, and Stein (2003)美國公司審計抽樣當時的六大會計師事務所的相對效率進行檢查，結果顯示低效率的事務所所做的審計服務在經濟上是有較高成本的，Knechel, Rouse, and Schelleman (2009)以資料包絡分析法利用勞動力成本投入和時間花費在收集證據上，結果顯示利用迴歸生產模式可以控制影響審計效率的因素。Sueyoshi and Sekitani (2009)有效的使用DEA與AHP方法使用公司內在的收支檢查資源，決定需要內部稽核的企業。

綜合以上文獻探討，可歸納出本研究與先前研究有數點差異：首先，非營利機關相關研究(Lewin, Morey, and Cook, 1982; Kao, Chang, and Hwang, 1993; Thanassoulis, 1995; Sun, 2002; Drake and Simper, 2003; Gorman and Ruggiero, 2008; Lee and Worthington, 2016)，鮮以審計機關為研究對象。再者，本研究首先建構「審計效率」及「審計效能」兩階段生產程序模型，藉由此種多重指標的績效測度模型來衡量政府審計機關的績效。次之，本研究進一步運用迴歸分析，探究資本支出規模與政黨因素對審計效率與審計效能之影響。最後，進一步擬訂改善策略，提供有關單位資源配置與政策推動之參考。

參、研究設計

本章分為三節探討審計機關兩階段生產模型建構、研究對象與資料選取及方法論等，目的在說明本研究所欲建構之模型、資料來源及分析方法，藉以評估審計機關執行之內部審計效率與外部審計效能之關係。

一、建構審計機關二階段生產模型

Bagozzi and Phillips (1982)與 Chakravarthy (1986)認為一個組織的經營績效是一種複雜的評估過程，需要透過多重指標測度才能避免管理決策失當。因此，本研究利用多投入及多產出之評估概念，並參考過去學者所使用之兩階段DEA (Seiford and Zhu, 1999; Zhu, 2000; Sexton and Lewis, 2003; Lo and Lu, 2006; Kao and Hwang, 2008)建構兩階段績效衡量模型。

第一階段目的以「審計查核人事費」及「受查核單位數」為投入變數，使用審計查核違失案件之「改善意見數」作為產出變數來定義審計效率，也稱為「審計效

率」階段，亦即當「審計查核人事費」及「受查核單位數」在維持現有水準下，「改善意見數」越多，表示縣市審計機關審計效率越好。

第二階段目的在評估審計機關查核出的「改善意見數」，與「處分人數」及「列支費用剔除繳庫數」之關係，亦即當這兩者關係越高時，審計效能越高，反之，則越低，也就是探討審計機關所查核成果是否一致，此稱為「審計效能」階段，以「改善意見數」為投入變數，「處分人數」及「列支費用剔除繳庫數」作為產出變數，如圖 1，變數定義如表 1。

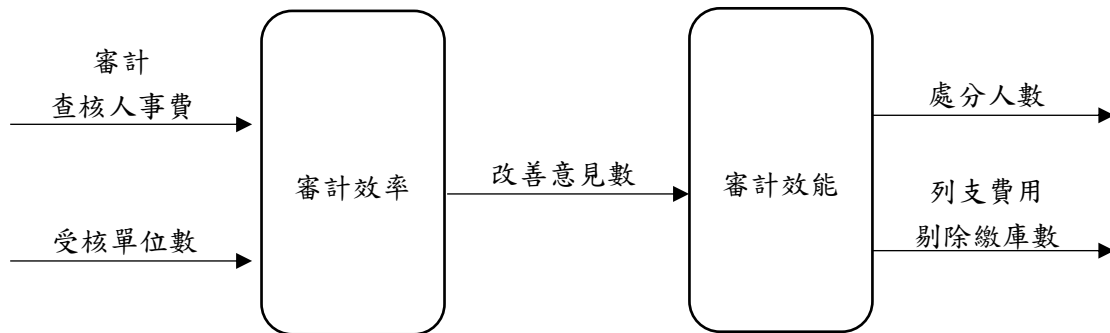


圖 1 審計機關二階段生產模型

表 1 變數定義

變項及屬性	單位	定義
審計查核人事費 (投入)	萬元	每年執行審計期間所投入的人事經費。
受查核單位數 (投入)	個數	每年接受審計查核的機關單位數。
改善意見數 (產出/投入)	件數	因制度規章或設施不良所提出。
處分人數 (產出)	人數	稽查各機關人員財務(物)不法不忠案件之處分人數。
列支費用剔除繳庫數 (產出)	萬元	列支費用與有關法令規定不合之支出數解繳國庫。

二、研究對象與資料選取

本研究以 2009 年至 2013 年間自審計部編印之審核年報中¹，選取具有共同組織目標與核心價值，適用一致的審計法令，執行相同的工作內容，其中我國審計機關之組織於各縣市設有審計室計有臺北市、新北市、基隆市、宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南

¹ 監察院審計部，中華民國 98 年至 102 年直轄市及縣市地方決算審核結果年報；中華民國 98 年至 102 年政府審計年報；中華民國 98 年至 102 年鄉鎮縣轄市財務審核結果年報。

市、高雄市、屏東縣、花蓮縣、臺東縣、連江縣、澎湖縣及金門縣等 22 個審計室，亦考量 DEA 模型之決策單位同屬性要求及分析有效性，且將每一個縣市的審計室視為一個決策單位 (decision making unit, DMU)，之後稱之為審計機關。

(一)決策單位之同質性：Golany and Roll (1989)進一步解釋決策單位的同質性係指：(1)所考慮的決策單位有相同的組織任務或目標；(2)各決策單位均處在相同之市場環境或情況下；(3)各決策單位之間具有相同的績效要素，亦即投入與產出變數除了數量上的差異，其餘特徵皆為相同。

(二)最低決策單位數量：依據 Golany and Roll (1989)的研究經驗法則：「決策單位之數目應為投入及產出項目個數總合的兩倍以上」，而檢視本研究計臺北市等 22 個審計室，大於兩個階段投入及產出變項總合的兩倍以上 (即 $22 > 2(1+2)=6$)，符合其限制條件。Cooper, Shanling, Seiford, Tone, Thrall, and Zhu (2001)則建議決策單位的總數必須至少為產出項與投入項總合的三倍，對照本研究計有 22 個決策單位，審計效率階段計有 2 個投入項變數與 1 個產出項變數， $22 > 3(2+1)=9$ ；審計效能階段計有 1 個投入項變數與 2 個產出項變數， $22 > 3(1+2)=9$ ，因此本研究之兩階段 DEA 模型具有穩健可靠的建構效度。

DEA 之投入與產出項的決定影響績效值，如果選擇不適當的變數，將扭曲效率評估的決果，係績效評估的成敗關鍵。本研究所使用之審計查核人事費、受查核單位數、改善意見數、處分人數、列支費用剔除繳庫數等變數數據資料，取自審計部編印「審計年報」彙整而得；本研究因年報公布為 2009 至 2013 年之 5 年資料，相關投入與產出項變數之敘述統計量，如表 2。

表 2 投入、產出變數敘述統計

變數	單位	平均數	最大值	最小值	標準差
審計查核人事費	萬元	210.161	802.428	9.063	208.896
受查核單位數	單位數	38.318	132.000	11.000	34.696
提出改善意見數	件數	62.836	139.000	23.000	22.787
處分人數	人數	15.891	441.000	0.000	45.843
列支費用剔除繳庫數	萬元	508.628	19150.480	0.040	1902.598

(三)變數之同向性：依據 Golany and Roll (1989)的研究，DEA 之投入與產出項選出後，必須進行相關性分析，以驗證其是否具有同向性關係 (Isotonicity)，即一部份投入增加會使一部份產出增加。本研究以 Pearson 相關分析檢定後，其他投入與產出變數間是存有正向關係 (如表 3 顯示)，符合 DEA 變數選取要求。

表 3 投入產出變數 Pearson 相關係數分析

	審計查核 人事費	受查核單位數	改善意見數	處分人數	剔除繳庫數
審計查核人事費	1.000				
受查核單位數	0.925	1.000			
改善意見數	0.791	0.760	1.000		
處分人數	0.382	0.367	0.189	1.000	
剔除繳庫數	0.243	0.319	0.289	0.036	1.000

三、方法論

在研究 DMU 的效率時，經常會發現整體效率為多個連續工作流程的結果，例如：公司內部有不同部門，每個部門利用其投入的資源進行產出，但是不同部門之間可能也會利用其他部門的產出進行生產流程。然而，傳統的資料包絡分析只將投入與產出的中間過程視為一個「黑盒子」，無法看出其中的運作狀況，研究者若欲了解內部運作效率，可將生產過程拆解為兩個階段進行兩階段資料包絡分析 (Two-Stage DEA)。此方法雖可了解組織內的運作效率，但每階段之投入與產出皆歸屬於該階段的運作過程，只能透過不同步驟個別分析前後兩個階段 (Zhu, 2000; Seiford and Zhu, 2002)，無法一次性的考慮中間過程與整體效率之間的互動關係。此外，一般的兩階段生產過程只有簡單的兩個內部部門，且後一階段之投入完全為前一階段之產出，假設決策單位有兩個以上的部門，其內部工作流程不但互相連結，且投入與產出亦變得複雜時，則無法有效地反映內部生產狀況。

Färe and Grosskopf (2000)首度以網路資料包絡分析的模型來探究「黑盒子」內部，其特色在於計算決策單位的效率時，同時考量整體與內部部門的個別效率，因此近幾年成為相關學者研究的熱門領域。本研究參考Liu and Lu (2012)的做法，將Chen, Cook, Li, and Zhu (2009)的模型轉成加法型效率分解DEA模型，此模型可以有效地檢視組織內部運作流程，並找出效率決策單位，但缺點在於可能同時出現許多有效率決策單位。倘若評估結果需要用來排定順序，例如：組織內部按照不同部門的績效排名決定未來資源分配或獎金多寡，則此方法的應用程度便明顯不足。

為克服效率決策單位的區隔與排序問題，Liu, Lu, Yand, and Chuang (2009)首先提出「以參考網路為基礎之排序法」，結合資料包絡分析與社會網路分析的觀念，將每個決策單位視為一個節點 (node)，彼此的參考關係則視為節點間的連結，因此可以把資料包絡分析的結果轉變成一個具有「指向」和「權重」的參考網路 (referencing network)。不同階段的投入與產出，藉由不同的排列組合方式，即可得到不同的參考網路，從中不但可以挖掘出過去資料包絡分析所隱藏的資訊，並可透過社會網路分析的特徵向量中心性 (eigenvector centrality) 觀念，找出同儕中最值得參考的決

策單位，進一步對效率決策單位排序。特徵向量中心性由 Bonacich (2007)提出，其概念在於「決策單位的重要性」不只受到同儕的參考次數影響，還與同儕本身的重要性有關，意即參考自己的同儕不僅要多，還要夠力才行。利用此方法找出有效率的決策單位有兩大優點，第一是「非特殊性」，意即可排除過於特殊而不適合學習或模仿的決策單位；第二是「整體最佳」，也就是排名較前的決策單位是均衡發展而非偏重某項優勢。

Liu and Lu (2010)改良 Liu et al. (2009)的方法，以標準化 (normalization) 去除規模的影響，讓此方法同時適用於 CRS 和 VRS 模型。當特徵向量中心性遇到網路中的節點只有向外的連線時，可能產生數學上無解的情況，因此 Liu and Lu (2012)以 α 中心性 (alpha centrality) 代替原本的特徵向量中心性來改良此模型。 α 中心性係由 Bonacich and Lloyd (2001)提出，兩者概念相同，但 α 中心性容許一定程度的外在因素來決定一個節點的重要性，因此可在特徵向量中心性無解時得到較合理的結果。此模型除了可對效率決策單位排序，還可進一步做到傳統資料包絡分析無法達到的目標：(1)建議每個投入項、中介項與產出項的標竿決策單位；(2)辨識出每個不同決策單位的強弱項。根據 Liu and Lu (2012)的模型，相關說明如附錄 1 與附錄 2。

肆、實證分析

一、縣市審計機關跨期績效分析

依據本研究建構之兩階段生產程序，透過DEA效率分析後，相關效率值呈現如表4。

首先，就審計效率方面，審計效率好，表示各審計機關在現有投入資源下查核出之改善意見數亦較多，而審計效率自2009年0.599成長至2013年0.758，其可能原因如下：

1. 績效審計導入：隨著國民經濟的發展及政府收支的擴張日益加重，推動績效審計已經成為各國審計機關提供政府增值服務及增進人民福祉的重要工作，而稽核軟體的運用，更有效擴大審計範圍、縮短審計週期及降低審計人力成本。
2. 教育訓練落實：查核人員面對不同的案件，在很多情況之下必須從事專業判斷，如有所疏忽而發生訴訟，損及單位聲譽至鉅。單位需持續不斷對員工施與教育訓練，才能有效提升執行審計工作之績效。
3. 新興案件增加：由圖2可看出資本支出規模普遍呈現逐年遞增的情形，而這也表示各項新興支出案也呈現增加之趨勢。也可推論，隨著案件的增加，復因法令無法即時配合修正，以致審計人員與行政機關承辦人員認知差距，間接造成查核出之改善意見數也隨之遞增，故審計效率亦跟著提升。

再者，就審計效能方面，審計效能好，表示各審計機關查核出之改善意見數，經行政機關申覆後仍列為「處分人數」及「列支費用剔除繳庫數」，表4由2009年0.544下降至2013年0.429，由此可推論，上述新興案件的增加，導致許多法令無法及時配

合修訂，也造成審計人員與行政機關承辦人員對法令認知有差距，而這差距也有逐年拉大之趨勢，到2013年才有縮小狀況，因此，本研究建議審計機關辦理審計業務時，為有效提高審計人員素質及審計工作品質，首先，審計室內部應定期針對特殊案件研討並形成共識，並定期辦理講習，與案件前端承辦人溝通，而對於新進審計人員之選用，除重視學歷及考試資格外，並施以新進人員訓練；其次，在職人員應訂定年度訓練計畫並設班講習或薦送國內外大學或研究機構進修學習，以期熟諳審計法規及強化審計技能，並參加會計審計專業團體及大學舉辦之研討會，藉以提高工作效率，提升審計品質。

表 4 審計效率及效能二階段效率值

西元(年)	效率值	
	審計效率	審計效能
2009	0.599	0.544
2010	0.659	0.473
2011	0.652	0.458
2012	0.718	0.385
2013	0.758	0.429
平均數	0.677	0.458

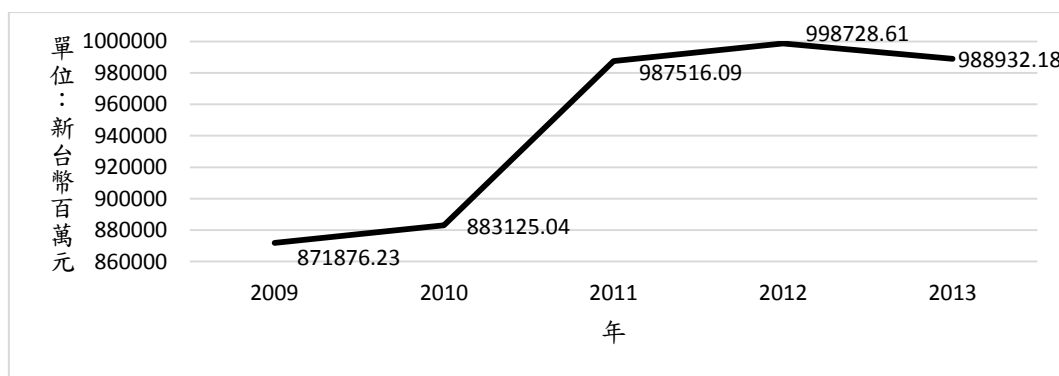


圖 2 資本支出趨勢圖

次之，進一步探討各區域間分年在審計效率與審計效能效率表現，以了解其中差異，因考量篇幅有限，本研究僅以北區為例。由表5發現，在審計效率中，北區各縣市審計機關在2009至2013年間，效率值是呈現成長的，表示北區各縣市審計機關在審計效率有逐年進步，其中以新竹縣審計機關為北區最佳。在審計效能中，各縣市審計機關在2009至2013年間，效率值並無呈現成長，反而是呈現下跌現象，尤其以新北市審計機關差距最大，主要原因為新北市行政機關對「改善意見數」申覆後，「處分人數」及「列支費用剔除繳庫數」能有效下降，故間接導致審計效能不佳，推測原因，

可能為2010年組織調整，審計處室因應調整，在合併改制過程中，有許多政策及法令規範無法及時增修訂頒（例如：採購法民國101年及105年的部份法規鬆綁）間接造成審計人員與承辦人員對法規認知落差，因而導致審計效能呈現下跌現象。

最後，綜合上述，審計機關對於政府其他重要施政工作，應持續扮演監督、洞察及前瞻的治理角色，並建立與行政機關溝通平台，及協助行政機關建立透明與確保課責機制，針對計畫之經濟、效率及效果性，提出改進意見，以協助行政機關聚焦於未來的挑戰，期達成審計機關「實踐優質審計服務，創造最大審計價值」與「提升政府施政績效，促進政府廉能政治」之願景，實現審計機關成為「對社會大眾生活產生正面影響」機關之目標。

表 5 臺灣北區各年效率值

單位	審計效率						審計效能						差異數
	2009	2010	2011	2012	2013	平均數	2009	2010	2011	2012	2013	平均數	
北區													
台北市	0.177	0.301	0.278	0.423	0.366	0.309	1.000	0.265	0.492	0.235	0.356	0.470	0.161
新北市	0.484	0.904	0.481	0.743	1.000	0.722	0.300	0.221	0.541	0.205	0.185	0.290	-0.432
基隆市	0.390	0.787	0.874	0.714	0.863	0.725	0.544	0.349	0.346	0.358	0.335	0.386	-0.339
桃園縣	0.328	0.328	0.299	0.338	0.582	0.375	0.490	0.490	0.369	0.315	0.281	0.389	0.014
新竹縣	0.759	0.735	0.867	0.996	1.000	0.871	0.579	0.731	0.643	0.339	0.514	0.561	-0.310
新竹市	0.617	0.634	0.672	0.948	0.942	0.762	0.549	0.443	0.448	0.356	0.395	0.438	-0.324
苗栗縣	0.558	0.574	0.596	0.627	0.610	0.593	0.639	0.549	0.486	0.477	0.445	0.519	-0.074
平均數	0.473	0.609	0.581	0.684	0.766	0.623	0.586	0.435	0.475	0.326	0.359	0.436	-0.187

註：因考量篇幅有限，本研究僅列出北區各年效率值表現。

二、標竿分析

「標竿學習」(benchmarking)是尋求最佳學習典範，它所代表的涵義正是透過尋求最佳作業典範並將其作為學習對象的方式，來汲取對方精華，使企業能夠藉此過程有效的提昇營運績效。簡單的說，標竿學習是一種蒐集資訊的過程，目的在提供組織有用的資訊，以改善營運績效，故本研究導入此理念，探究不同縣市審計機關之間的優劣，提供管理者未來改善方向與資源配置作為。

根據學習標的或學習的目標不同可將標竿學習分為三種類型：(1)外部性標竿學習 (external benchmarking) 又稱為競爭性標竿學習 (competitive benchmarking)：將最佳學習典範的對象是為競爭對手，將競爭對手的服務、產品及工作流程與自身表現作比較；(2)內部性標竿學習 (internal benchmarking)：係指組織內部之某一部門工作流程比其他部門更具效率，因此可將該部門的作法當作其他部門的學習典範進行學習；(3)功能性標竿學習 (functional benchmarking) 又稱為通用性標竿學習 (generic benchmarking)：以在某領域表現傑出的標竿企業作為學習典範的對象，且僅供參考標竿企業某領域較傑出的表現。

本研究運用加法型效率分解資料包絡分析法 (Additive Efficiency Decomposition DEA) 探究政府機關「審計效率」與「審計效能」，並進一步結合「以參考網路為基礎之排序法 (Network-Based Ranking Method)」，以利區分不同階段的標竿單位，以下將各縣市的審計機關推動績效之標竿學習分為外部性標竿學習 (external benchmarking) 與內部性標竿學習 (internal benchmarking) 進行探討。

1. 外部性標竿學習

為了從有效率縣市中，找出彼此間效率差異性，故利用「以植基網路為基礎之排序法」，結合社會網路分析中之 α 中心性概念進一步將縣市審計機關排序，表6為有效率縣市審計機關投入項、中介項及產出項之 α 中心值之排序結果。

透過排序結果發現，第一階段審計效率之投入變項為：「人事費」及「受查核單位數」等二個變項，各項目代表之前兩名標竿縣市分別為花蓮縣與金門縣及新竹縣與花蓮縣；中介變項為「改善意見數」，其代表之前兩名標竿縣市為連江縣與澎湖縣；產出變項為「處分人數」及「剔除繳庫數」，各項目代表之前兩名標竿縣市分別為台北市與連江縣及台中市與連江縣。透過上述標竿縣市之建立，可以讓各縣市審計機關首長或是管理決策者尋找審計效率以及審計效能階段中各個項目績效表現最佳者作為學習對象，已達到改善自己審計效率與提升整體審計效能之目的。

表 6 審計機關各投入、中介及產出變項之排序

排序	投入變項		中介變項	產出變項	
	人事費	受查核單位數	改善意見數	處分人數	剔除繳庫數
1	花蓮縣 290.8710	新竹縣 1.8400	連江縣 300.2950	台北市 2.3340	台中市 2.4840
2	金門縣 190.724	花蓮縣 1.505	澎湖縣 114.876	連江縣 1.536	連江縣 1.578
3	新竹縣 173.035	澎湖縣 1.479	新竹縣 72.600	新竹縣 1.511	新竹縣 1.277
4	連江縣 79.287	新北市 1.379	台中市 65.105	台中市 1.063	台北市 1.090

註：本表僅顯示出前4名。

2. 內部性標竿學習

本研究透過「以植基網路為基礎之排序法」找出縣市審計機關內部之強弱項，其方法為將縣市審計機關本身之投入、產出項與其他縣市審計機關相同之投入項與產出項進行比較，由此判斷縣市審計機關本身在該項目之相對效率，最後再透過相對強度值找出縣市審計機關自身強弱項。本研究定義相對強度值為0.10以上的項目為強項，相對強度值為0.07以下項目為弱項，見表7。

就自身資源的運用效率上，以新北市審計機關為例，在投入項、中介項與產出項的變數中，自身強項為受查核單位數之數值為0.736。在弱項則以處分人數與剔除繳庫之數值0.000，為自身最弱項。這表示雖然新北市有較佳的受查核單位數表現，但有關單位之審計人員查核結果較為不佳，才導致處分人數與剔除繳庫數的表現上相對較弱。在此可以藉由加強審計機關人員教育訓練，並建立與地方機關承辦人員之良好溝通管道，兩相合作，以改進自身審計效能，更能提升整體效率。

綜合上述，從植基網路為基礎之排序法中，可得知何者為效率群之標竿學習對象，更可找出自身強弱項，藉由瞭解自身強弱項，可以從中改善以提升每分資源的最大運用效率，進而提升競爭優勢。

表 7 審計機關內部強弱項分析

審計機關	強項	弱項		
台北市	處分人數	0.968	人事費	0.000
	剔除繳庫數	0.009	受查核單位數	0.000
			改善意見數	0.022
新北市	人事費	0.125	處分人數	0.000
	受查核單位數	0.736	剔除繳庫數	0.000
	改善意見數	0.140		
新竹縣	受查核單位數	0.487	人事費	0.051
	改善意見數	0.209	剔除繳庫數	0.064
	處分人數	0.189		
台中市	剔除繳庫數	0.876	人事費	0.063
			受查核單位數	0.004
			改善意見數	0.052
			處分人數	0.004
花蓮縣	人事費	0.608	處分人數	0.000
	受查核單位數	0.133	剔除繳庫數	0.000
	改善意見數	0.259		
連江縣	改善意見數	0.760	人事費	0.006
	處分人數	0.109	受查核單位數	0.002
	剔除繳庫數	0.123		
金門縣	人事費	0.670	受查核單位數	0.036
	改善意見數	0.294	處分人數	0.000
			剔除繳庫數	0.000
澎湖縣	受查核單位數	0.781	人事費	0.060
	改善意見數	0.159	處分人數	0.000
			剔除繳庫數	0.000

三、影響因素分析

本研究運用加法型效率分解資料包絡分析法 (Additive Efficiency Decomposition DEA)，衡量政府機關「審計效率」與「審計效能」各階段效率後，將進一步利用迴歸模型探討影響審計機關績效可能之因素。

迴歸模型中，被解釋變數分別為審計效率 (Te_1) 與審計效能 (Te_2)；解釋變數包括各縣市政府資本支出規模與政黨因素，各變數定義與資料來源如表 8。資本支出規模方面，在從事新興建設時，需要投入大量資本，有越高的資本支出，表示在地方建設上亦有較多的新興建設。地方政府在從事新興建設的同時，亦須遵照相關法令（如採購法等），方能合法且有效運用相關資本。因此本研究選擇資本支出規模與審計效率及效能之關聯性；政黨因素方面，縣市首長黨派與中央政府一致，則有較高機會獲得爭取預算經費的可能，有了經費的挹注，地方政府更能從事更多新興建設，亦可從中檢驗縣市首長政黨與中央政府一致，是否影響地方審計機關效率與效能。檢測模型如式 1 與式 2。

$$Te_1 = \beta_0 + \beta_1 MP + \beta_2 PH + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$Te_2 = \beta_0 + \beta_1 MP + \beta_2 PH + \varepsilon_i \quad (2)$$

表 8 影響審計績效代理變數之名稱、定義及資料來源

變數名稱	定義	資料來源
資本支出規模 (MP)	關於縣（市）辦理政權行政、教育、社福、退撫、經濟、警政、債務及財務等資本支出均屬之。	中華民國統計資訊網
政黨因素 (PH)	設虛擬變數，縣市政府中的首長政黨與中央政府相同者為 1，反之為 0	中央選舉委員會資料庫網站 ²

由表 9 的迴歸結果可知，解釋變數資本支出規模對第一階段審計效率有顯著的影響，說明資本支出越高的縣市其效率值表現越差，應證本研究的論點，資本支出越高，有更多新興建設，而相關法令規範無法及時修頒，導致縣市被提出意見數增加。另縣市首長的執政黨與中央政府是否一致，此變數未呈現顯著影響，表示此變數不是影響審計效率的關鍵因素，亦即表示，地方政府黨派與中央政府是否一致，對審計機關的審計效率是沒有影響的。解釋變數資本支出規模於第二階段審計效能中亦呈現顯著的影響，說明縣市政府在推行新興建設的同時，相關法令無法及時修訂，導致審計人員與承辦人員認知上有落差，而產生審計效能與資本支出規模呈現負向關係，更加驗證本研究論點。而在政黨因素，與第二階段審計效能亦未呈現顯著，表示審計效能不受政黨因素所影響。

² 中華民國中央選舉委員會 <http://db.cec.gov.tw/histMain.jsp>。

綜上分析顯示，地方機關若擁有較高的資本支出規模，亦即表示有較高經費能夠挹注在新興建設上，在推行各項新興建設的同時，又因現有法令無法及時配合修訂，因而導致資本支出越高而審計效率之效率值表現越差的現象，而第二階段審計效能中，效率表現不彰，推測原因為從事各項建設需按法令程序執行，而和新興案件相關之法令無法及時配合增頒，導致審計人員與承辦人員認知落差，產生資本支出規模與審計效能亦呈現負向顯著影響。因此，在第一階段與第二階段之分析結果與本研究 4.1 節之論述一致。

表 9 影響各地方審計機關效率差異之迴歸結果

解釋變數	審計效率		審計效能	
	係數	標準誤	係數	標準誤
常數	0.855	0.060	0.592	0.048
資本支出	-2.388E-06***	0.000	-1.292E-06***	0.000
執政黨	-0.062	0.041	-0.062	0.033
R-squared	0.213		0.129	
Adjusted R-squared	0.199		0.112	

註：*** 顯著水準為 1%；** 表顯著水準為表 5%；* 表顯著水準為 10%

伍、結論與建議

本研究運用加法型效率分解資料包絡分析法 (Chen, Liang, and Zhu, 2009)，參考監察報告書、政府審計年報、審計機關年度施政工作計畫執行情形、中央政府總決算審核報告及審計部全球資訊網等，採用投入及產出所需變項之相關數據，求得各審計機關之審計效率及審計效能，有效區分單位間排序，並進一步分析其評估結果，以提供相對無效率審計機關的改善方向與幅度，研究成果可供有關單位資源適當配置與政策推動的改善。

本研究首先發現政府審計機關普遍皆具有「審計效率」，但在「審計效能」上大多需要持續改善精進，外部標竿對象學習，投入變項「人事費」及「受查核單位數」分別為花蓮縣及新竹縣審計室表現最優，中介變項「提出改善意見數」為連江縣審計室表現最佳，產出變項「處分人數」及「剔除繳庫數」分別為台北市及台中市審計室最佳；透過內部標竿對象學習找出縣市自身內部強弱項，藉由瞭解自身的優勢與劣勢等條件，並加以改進，以提升整體效率。最後，以北區各審計處室為例，進行分析比較，發現在「審計效率」與「審計效能」效率之間的差異，差距最大為新北市，主要因為新北市行政機關對「改善意見數」申覆後，「處分人數」及「列支費用剔除繳庫數」能有效下降，間接導致審計效能不佳，說明了在推行新興建設亦須法令配合修正，方能降低審計人員與承辦人員間的認知差距。又因北區都市化程度較高，有些案件屬於首次施行，也無前例可循，且現行法令規範亦無法配合現況，

以致審計人員與承辦人有法規上認知差異，故被審計機關糾舉的次數相對較高，例如：根據102年審計年報提到臺北市政府都市發展局辦理中繼國宅計畫執行情形，原預計出售國宅於完工後即轉作中繼國宅，供老舊國宅戶更新改建安置租住，惟未確實評估查察更新改建意願暨辦理進程，及進住需求暨入住時程，致中繼安置需求長期均處偏低，此便是其中一個案。而外離島單位處理案件可能為例行性業務及所屬單位亦較少，其案件較無台灣本島機關單位來得複雜且多，而相關法令規定較為成熟亦有前例可循，故被糾舉及提出意見的次數較少，其表現也較為優異。

在現在預算有限及人力緊縮的狀態下，如何有效運用每份資源更顯重要。此次實證分析結果發現，在審計效率方面，各縣市皆能充分利用每份資源並創造最大效益。在審計效能中，本研究發現效率值表現不彰。可以就整體審計過程中，重新檢討在監督政府機關與收支預算時，是否能發揮現有作業精度，並針對問題癥結提出相關審核意見，雖現行人力有限，但可以加強人員教育訓練，提升人員作業素質，或者導入電腦稽核系統，輔以協助提高作業效率及品質，降低現行人員作業壓力並減少誤判情事發生。

經剖析後發現，資本支出規模確實對審計機關審計效率及效能有顯著影響。在面臨各項複雜案件時，因現有法令無法及時配合修頒，導致地方行政機關第一線承辦人員對相關作業程序與審計人員認知不同，造成資本支出規模越高而效率值越差現象，因此，在法令未及修正時，可藉由建立審計機關與地方行政機關共同溝通平台，在良好得溝通聯繫機制下，可降低審計人員與承辦人員間的認知差距，以期能達預期效益，另可將本研究之經驗複製至其他公家機關進行審核檢視資源運用情形，在預算緊縮及資源有限中，可參考本研究之經驗與方法，期能妥善運用每份資源，並發揮其最大效益，以符合民眾對政府之期待。

本研究審計機關之績效可能會受審計人員的特質影響，將來如能取得各審計機關實際動用之人力及相關審計技術投入項目變數，例如：年資、性別、教育水準及證照數等，將對審計機關績效做更客觀及深入的分析並提供學術上相關研究之參考。

參考文獻

- 李建然、陳政芳與李啟華，2003，董監事持股集中度與會計師獨立性—對會計師出具繼續經營疑慮查核意見之影響，*當代會計*，第4卷第2期：191-210。
- 林嬋娟與林孝倫，2009，會計師事務所規模、品牌與競爭程度對審計公費之影響：中國之實證，*會計評論*，第49期：35-72。
- 徐仁輝，2009，*公共財務管理：公共預算與財務行政*，六版，台北：智勝文化。
- 張金男，2004，*政府審計效能—資料包絡分析法及專家問卷實證分析*，初版，台北：三民書局。
- 戚務君、俞洪昭與邱士宗，2004，強制性輪調與會計師獨立性之分析，*中華會計學刊*，第5卷第1期：71-104。
- 楊炎杰與官月緞，2006，客戶重要性與非審計服務是否影響審計品質？Enron後的觀察，*會計評論*，第43期：27-61。
- 劉嘉雯與王泰昌，2008，會計師任期與審計品質之關連性研究，*管理評論*，第27卷第4期：1-28。
- Bagozzi, R. P., and L. W. Phillips. 1982. Representing and testing organizational theories: A holistic construal. *Administrative Science Quarterly* 27 (3): 459-489.
- Bonacich, P. 2007. Some unique properties of eigenvector centrality. *Social Networks* 29 (4): 555-564.
- Bonacich, P., and P. Lloyd. 2001. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. *Social networks* 23 (3): 191-201.
- Chakravarthy, B. S. 1986. Measuring strategic performance. *Strategic Management Journal* 7 (5): 437-458.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2 (6): 429-444.
- Chen, Y. S., J. C. S. Hsu, M. T. Huang, and P. S. Yang. 2013. Quality, size, and performance of audit firms. *The International Journal of Business and Finance Research* 7 (5): 89-105.
- Chen, Y., W. D. Cook, N. Li, and J. Zhu. 2009. Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *European Journal of Operational Research* 196 (3): 1170-1176.
- Chen, Y., L. Liang, and J. Zhu, 2009. Equivalence in two-stage DEA approaches. *European Journal of Operational Research* 193 (2): 600-604.
- Chi, H. Y., and C. L. Chin. 2011. Firm versus partner measures of auditor industry expertise and effects on auditor quality. *Auditing: A Journal of Practice & Theory* 30 (2): 201-229.

- Cooper, W. W., L. Shanling, L. M. Seiford, K. Tone, R. M. Thrall, and J. Zhu. 2001. Sensitivity and stability analysis in DEA: Some recent developments. *Journal of Productivity Analysis* 15 (3): 217-246.
- DeAngelo, L. E. 1981. Auditor size and audit quality. *Journal of Accounting and Economics* 3 (3): 183-199.
- Dopuch, N., M. Gupta, D. A. Simunic, and M. T. Stein. 2003. Production efficiency and the pricing of audit services. *Contemporary Accounting Research* 20 (1): 47-77.
- Drake, L. M., and R. Simper. 2003. An evaluation in the choice of inputs and outputs in the efficiency measurement of police forces. *The Journal of Socio-Economics* 32 (6): 701-710.
- Färe, R., and S. Grosskopf. 2000. Network dea. *Socio-Economic Planning Sciences* 34 (1): 35-49.
- Golany, B., and Y. Roll. 1989. An application procedure for DEA. *Omega* 17 (3): 237-250.
- Gorman, M. F., and J. Ruggiero. 2008. Evaluating US state police performance using data envelopment analysis. *International Journal of Production Economics* 113 (2): 1031-1037.
- Kao, C., and S. N. 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.
- Kao, C., P. L. Chang, and S. N. Hwang. 1993. Data envelopment analysis in measuring the efficiency of forest management. *Journal of Environmental Management* 38 (1): 73-83.
- Knechel, W. R., P. Rouse, and C. Schelleman. 2009. A modified audit production framework: Evaluating the relative efficiency of audit engagements. *The Accounting Review* 84 (5): 1607-1638.
- Lee, B. L., and A. C. Worthington. 2016. A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services. *Omega* 60: 26-33.
- Lewin, A. Y., R. C. Morey, and T. J. Cook. 1982. Evaluating the administrative efficiency of courts. *Omega* 10 (4): 401-411.
- Liu, J. S., and W. M. Lu. 2010. DEA and ranking with the network-based approach: A case of R&D performance. *Omega* 38 (6): 453-464.
- Liu, J. S., and W. M. Lu. 2012. Network-based method for ranking of efficient units in two-stage DEA models. *Journal of the Operational Research Society* 63 (8): 1153-1164.

- Liu, J. S., W. M. Lu, C. Yang, and M. Chuang. 2009. A network-based approach for increasing discrimination in data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society* 60 (11): 1502-1510.
- Lo, S. F., and W. M. Lu. 2006. Does size matter? Finding the profitability and marketability benchmark of financial holding companies. *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 23 (2): 229-246.
- Reed, B. J. and J. W. Swain. 1996. *Public Finance Administration*. 2nd Edition. NJ: Prentice Hall.
- Rose, A. M. 1998. Auditor size, audit fees and multinational enterprises: An investigation of selected international markets. UMI Dissertations Publishing. Texas A&M University.
- Ruiz-Barbadillo, E., N. Gomez-Aguilar, and N. Carrera. 2009. Does mandatory audit firm rotation enhance auditor independence? Evidence from Spain. *Auditing: A Journal of Practice & Theory* 28 (1): 113-135.
- Seiford, L. M., and J. Zhu. 1999. Profitability and marketability of the top 55 U.S. commercial banks. *Management Science* 45 (9): 1270-1288.
- Seiford, L. M., and J. Zhu. 2002. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research* 142 (1): 16-20.
- Sexton, T. R., and H. F. Lewis. 2003. Two-stage DEA: An application to major league baseball. *Journal of Productivity Analysis* 19 (2): 227-249.
- Sueyoshi, T., and K. Sekitani. 2009. An occurrence of multiple projections in DEA-based measurement of technical efficiency: Theoretical comparison among DEA models from desirable properties. *European Journal of Operational Research* 196 (2): 764-794.
- Sun, S. 2002. Measuring the relative efficiency of police precincts using data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 36 (1): 51-71.
- Thanassoulis, E. 1995. Assessing police forces in England and Wales using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research* 87 (3): 641-657.
- Zhu, J. 2000. Setting scale efficient targets in DEA via returns to scale estimation method. *The Journal of the Operational Research Society* 51 (3): 376-378.

附錄 1 加法型效率分解 DEA 模型

假定檢驗 n 個決策單位在兩階段的生產效率，單位 j 在第一階段利用 m 個投入 ($x_{ij}, i=1, \dots, m$) 來創造 d 個次要產出 ($z_{pj}, p=1, \dots, d$)，這些次要產出將在第二階段被用來當作初始投入，再進一步創造 s 個最終產出 ($z_{rj}, r=1, \dots, s$)。受評單位 (observed unit) k 在 VRS 的假設下，各階段的效率值 TE_k^1 和 TE_k^2 定義如下：

$$TE_k^1 = \frac{(\sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} + \gamma_A)}{(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik})} \quad (3)$$

$$TE_k^2 = \frac{(\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \gamma_B)}{(\sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})} \quad (4)$$

v_i, η_p, u_r 分別是第 i 個初始投入、第 p 個次要產出、第 r 個最終產出的乘數。 r_A 和 r_B 是各階段的自由變數。兩階段生產的整體效率可用兩階段的凸性線性組合呈現如下：

$$\theta_k = w_1 TE_k^1 + w_2 TE_k^2, \quad w_1 + w_2 = 1$$

$$w_1 = \frac{(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik})}{(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})} \quad w_2 = \frac{(\sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})}{(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})}$$

權重 w_1 與 w_2 分別代表兩個單一階段績效對整體績效的貢獻或相對重要性，它們係根據該階段的相對規模而決定。換句話說， $(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})$ 代表兩階段過程所消耗資源的總規模或總數量，而整體效率 θ_k 可進一步整理得到如下公式：

$$\theta_k = \frac{(\sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \gamma_A + \gamma_B)}{(\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk})} \quad (5)$$

在線性規劃模型下，以限制式來限定各階段效率值 TE_k^1 和 TE_k^2 不得超過最小的整數，即可求出整體效率 θ_k 的極值。上述式子經過 Charnes, Cooper, and Rhodes (1978) 的模型轉化後，加法效率拆解之線性規劃問題在 VRS 的假設下將變成：

$$\begin{aligned}
 \theta_k &= \text{Max}(\sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \gamma_A + \gamma_B) \\
 \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} = 1, \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} (\alpha - 1) + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} \alpha \leq 0, \\
 & \alpha \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} (\alpha - 1) \leq 0, \\
 & \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} + \gamma_A - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \gamma_B - \sum_{p=1}^d \eta_p z_{pk} \leq 0, \\
 & v_i, \eta_p, u_r > 0 \\
 & \gamma_A, \gamma_B \text{ free in sign}
 \end{aligned} \tag{6}$$

求極值的過程中，可能發生 $w_1=1$ 和 $w_2=0$ ，或者 $w_1=0$ 和 $w_2=1$ 的情況，為了避免此問題，必須要求式(4)中的 $w_1 \geq \alpha$ 和 $w_2 \geq \alpha$ ，而 $0\% < \alpha \leq 50\%$ 。假如式(6)中 $r_A = r_B = 0$ ，則表示其為 CRS 的條件。

在 VRS 假設下，式(6)的對偶模型如下：

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta_k \\
 \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} x_{ij} \leq (\theta_k + \tau\alpha - \tau + \pi\alpha)x_{ik}, \quad i=1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk} z_{pj} - \sum \lambda_{jk} z_{pj} \leq (\theta_k - 1 + \tau\alpha + \pi\alpha - \pi)z_{pk}, \quad p=1, \dots, d, \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk} y_{rj} \geq y_{rk}, \quad r=1, \dots, s, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1, \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk} = 1, \\
 & \tau, \lambda_{jk} \geq 0; \quad j=1, 2, \dots, n, \\
 & \pi, \mu_{jk} \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n, \\
 & \alpha \in \text{constant}
 \end{aligned} \tag{7}$$

式(7)的 λ_{jk} 可被用來判斷第一階段的單位 j 是否為受評單位 k 的參考對象。假如 $\lambda_{jk} = 0$ ，則單位 j 並非受評單位 k 的參考對象；反之， λ_{jk} 可當作受評單位 k 學習單位 j 的程度指標，當 λ_{jk} 愈大，單位 j 與受評單位 k 的關係則愈強。 μ_{jk} 在第二階段亦扮演相同角色。

一旦獲知整體效率，即可建立與式(6)相似的模型來決定各階段的效率。特別是在優先考慮第一階段的情況下，維持式(7)計算出的整體效率值 θ_k ，即可決定此階段的效率值 TE_k^1 ：

$$\begin{aligned}
TE_k^1 &= \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dk} + u_A \\
s.t. \quad & \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dj} + \gamma_A - \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} \leq 0, \\
& \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + \gamma_B - \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dj} \leq 0, \\
& (1 - \theta_k) \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dk} + \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + \gamma_A + \gamma_B = \theta_k, \\
& \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} = 1 \\
& \pi_d, \mu_r, w_i \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
& \gamma_A, \gamma_B \text{ free in sign}
\end{aligned} \tag{8}$$

在 VRS 假設下，式(8)的對偶模型如下：

$$\begin{aligned}
TE_k^1 &= \text{Min} \beta \theta_k + \alpha \\
s.t. \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \alpha x_{ik}, \quad i = 1, \dots, m, \\
& \sum_{j=1}^n \eta_j z_{dj} - \sum_{j=1}^n \eta_j z_{dj} - \beta(1 - \theta_k) z_{dk} \leq -z_{dk}, \quad d = 1, \dots, D, \\
& -\sum_{j=1}^n \eta_j y_{rj} \leq \beta y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s, \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j + \beta = 1, \\
& \sum_{j=1}^n \eta_j + \beta = 0, \\
& \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n, \\
& \eta_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n, \\
& \alpha, \beta \text{ free in sign}
\end{aligned} \tag{9}$$

同樣地，假設優先考慮第二階段，以下模型即可決定此階段的效率值 TE_k^2 ：

$$\begin{aligned}
TE_k^2 &= \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} + \gamma_B \\
s.t. \quad & \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dj} + \gamma_A - \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} \leq 0, \\
& \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} + \gamma_B - \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dj} \leq 0, \\
& \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dk} + \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} - \theta_0 \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} + \gamma_A + \gamma_B = \theta_k \\
& \sum_{d=1}^D \pi_d z_{dk} = 1, \\
& \pi_d, \mu_r, w_i \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
& \gamma_A, \gamma_B \text{ free in sign}
\end{aligned} \tag{10}$$

在 VRS 假設下，式(10)的對偶模型如下：

$$\begin{aligned}
TE_k^2 &= \text{Min} \beta \theta_k + \alpha \\
\text{s.t.} & - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \beta \theta_k x_{ik}, \quad i=1, \dots, m, \\
& \sum_{j=1}^n \eta_j z_{dj} - \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{dj} - \beta z_{dk} - \alpha z_{dk} \leq 0, \quad d=1, \dots, D, \\
& - \sum_{j=1}^n \eta_j Y_{rj} - \beta y_{rk} \leq -y_{rk}, \quad r=1, \dots, S, \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j + \beta = 0, \\
& \sum_{j=1}^n \eta_j + \beta = 1, \\
& \lambda_j \geq 0; \quad j=1, 2, \dots, n, \\
& \eta_j \geq 0; \quad j=1, 2, \dots, n, \\
& \alpha, \beta \text{ free in sign}
\end{aligned} \tag{11}$$

附錄 2 以參考網路為基礎之排序法

【步驟一】確定資料包絡分析轉成網路的方法。

將每個決策單位視為網路的節點。根據資料包絡分析的計算結果，若效率決策單位被無效率決策單位視為參考對象，表示兩兩之間具有參考關係，可直接將此兩個決策單位之間做連結。連結方向由受評決策單位 k 指向決策單位 j ，lambda 值 λ_{jk} 或 mu 值 μ_{jk} 則被用來當作參考權重。

【步驟二】計算所有決策單位第一階段及第二階段的效率值。

利用式(7)可解出第一階段與第二階段的最佳效率值 θ_k 。為了從資料挖掘出最多的資訊，讓每個決策單位在各種不同投入與產出組合的優劣勢顯現出來，將窮盡所有可能的投入與產出組合方法計算出效率值。每次計算 t 都是求解式(7)，但投入與產出皆不同。換句話說，假設生產過程有 m 個投入項， p 個中介項， s 個產出項，兩階段總共執行 $(2^2-1) \times (2^2-1) \times (2^2-1) = 27$ 次之資料包絡分析計算。不同投入與產出組合的計算結果，可進一步提供區分有效率單位的基礎。線性規劃的數學式呈現如下：

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta_k \\
 \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t x_{ij} \leq (\theta_k + \tau\alpha - \tau + \pi\alpha)x_{ik}, \quad i=1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk}^t z_{pj}^t - \sum \lambda_{jk}^t z_{pj}^t \leq (\theta_k - 1 + \tau\alpha + \pi\alpha - \pi)z_{pj}^t, \quad p=1, \dots, d, \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk}^t y_{rj}^t \geq y_{rk}^t, \quad r=1, \dots, s, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t = 1, \\
 & \sum_{j=1}^n \mu_{jk}^t = 1, \\
 & \tau, \lambda_{jk}^t \geq 0; \quad j=1, 2, \dots, n, \\
 & \pi, \mu_{jk}^t \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n, \\
 & \alpha \in \text{constant}
 \end{aligned} \tag{12}$$

【步驟三】將 lambda 值 λ_{jk}^t 與 mu 值 μ_{jk}^t 標準化。

在資料包絡分析的計算之下，小規模效率決策單位容易得到較大的 lambda 值，導致後續以網路計算排序時易產生偏誤。將 lambda 值 λ_{jk}^t 與 mu 值 μ_{jk}^t 標準化可消除規模因素的影響，並使此方法可同時適用於 CRS 與 VRS 模型。假設 E_k 是某一受評單位參考指標所構成之集合，則在第 t 次資料包絡分析計算之下，第 k 個受評單位參考第 j 個單位時，第一階段第 i 個投入的 lambda 值與第二階段第 d 個投入的 mu 值分別如下：

$$\begin{aligned}
 IW1_{ij}^{t,k} &= \frac{\lambda_{jk}^t z_{ij}^t}{\sum_{j \in E_k} \lambda_{jk}^t z_{ij}^t}, \quad 0 < IW1_{ij}^{t,k} \leq 1 \\
 IW2_{dj}^{t,k} &= \frac{\mu_{jk}^t z_{pj}^t}{\sum_{j \in E_k} \mu_{jk}^t z_{pj}^t}, \quad 0 < IW2_{dj}^{t,k} \leq 1
 \end{aligned} \tag{13}$$

同樣地，在第 t 次資料包絡分析計算之下，第 k 個受評單位參考第 j 個單位時，第一階段第 p 個產出的 lambda 值與第二階段第 r 個產出的 mu 值分別如下：

$$OW1_{dj}^{t,k} = \frac{\lambda_{jk}^t z_{pj}^t}{\sum_{j \in Ek} \lambda_{jk}^t z_{pj}^t}, \quad 0 < OW1_{pj}^{t,k} \leq 1$$

$$OW2_{rj}^{t,k} = \frac{\mu_{jk}^t y_{rj}^t}{\sum_{j \in Ek} \mu_{jk}^t y_{rj}^t}, \quad 0 < OW2_{rj}^{t,k} \leq 1 \quad (14)$$

標準化後的 lambda 值與 mu 值，亦即在第 t 次資料包絡分析計算之下，第 k 個受評單位參考第 j 個單位時，第一階段與第二階段的 lambda 值與 mu 值分別如下：

$$IOW1_{jk}^t = \frac{1}{(m+d)} \times (\sum_{i=1}^m IOW1_{ij}^{t,k} + \sum_{p=1}^d OW1_{pj}^{t,k}) \quad (15)$$

$$IOW2_{jk}^t = \frac{1}{(d+s)} \times (\sum_{p=1}^D IOW2_{pj}^{t,k} + \sum_{r=1}^s OW2_{rj}^{t,k}) \quad (16)$$

【步驟四】建立參考網路。

以決策單位為節點， $IOW1_{jk}^t$ 或 $IOW2_{jk}^t$ 為決策單位 k 指向 j 連線的權重，將所有 $(2^m-1) \times (2^D-1) \times (2^s-1)$ 次資料包絡分析計算所得加總成為一個網路，若兩個決策單位之間有多次參考關係，則將權重相加。第一階段與第二階段形成網路的相鄰矩陣 (adjacency matrix) 分別如下：

$$A1 = \left[\sum_{t=1}^w IOW1_{jk}^t \right], \quad A2 = \left[\sum_{t=1}^w IOW2_{jk}^t \right] \quad (17)$$

其中 $A1$ 與 $A2$ 為一個 $N \times N$ 矩陣， N 是決策單位總數， w 是資料包絡分析計算的總次數。矩陣元素 $A1_{jk}$ 與 $A2_{jk}$ 代表第 k 個受評單位參考第 j 個單位的集體效果。兩階段之網路加總後則為整體網路，意即：

$$A = A1 + A2 \quad (18)$$

【步驟五】計算每個決策單位的 α 中心性。

每個決策單位的排序根據其中心性值來決定。Liu et al. (2009) 最早採用特徵向量中心性來衡量，後來 Liu, Lu (2012) 改採 α 中心性來解決特徵向量中心性可能產生無解的情況。分別計算網路 $A1$ 、 $A2$ 與 A 的 α 中心性後，得到第一階段、第二階段以及整體的排序如下：

$$I1_j = c1 \times \sum_k A1_{jk} \times I1_k,$$

$$I2_j = c2 \times \sum_k A2_{jk} \times I2_k \quad (19)$$

