

# 經濟部科技研究發展專案計畫執行效率 之探討－資料包絡分析及分析層級程序 法之應用

張石柱\*

致理技術學院會計資訊系

蔡正暉

國防管理學院財務資源管理研究所

## 摘要

本文旨在探討我國經濟部「科技研究發展專案計畫」（簡稱科技專案）之執行效率，並探討影響執行效率之因素。本研究以經濟部科技專案執行年報民國88至93年之專案為研究對象，首先，以分析層級程序法（Analytic Hierarchy Process, AHP）計算投入與產出變數之權重，進一步運用資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA）進行科技專案執行效率之衡量與差異分析；最後，應用Tobit迴歸分析探討影響科技專案執行效率之因素。

實證結果發現：執行效率平均為0.533，有分配不均的情形，大多數DMU屬於明顯無效率單位。效率差異分析方面，「機械與航太」領域之專案執行效率相對其他產業較佳，不同年度專案比較則以「93」年較佳；Tobit迴歸分析顯示「研發人力素質」、「研發經費密度」、「專利應用率」、「成果移轉」等四項對科技專案執行效率有顯著的正向影響；敏感度分析顯示利用DEA/AHP求得科技專案之執行效率值頗具穩固性。

**關鍵詞：**科技專案、資料包絡分析法、分析層級程序法、Tobit迴歸分析

---

\* 作者由衷感謝兩位匿名評審的細心指正與寶貴建議。

# The Efficiency Evaluation of the Technology Development Program - Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy Process Approach

**Shyr-Juh Chang**

Department of Accounting Information  
Chihlee Institute of Technology

**Cheng-Hui Tsai**

Graduate School of National Defense  
Financial Resource Management, N.D.U.

## Abstract

This study explores the executive efficiency on “Technology Development Program (TDP)”, and the factors influencing it. This research aims at investigations notified in the annual reports about the TDP from 1999 to 2004. First of all, Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to calculate the weighted proportion of input and output variables. Data Envelopment Analysis (DEA) is further used to analyze the efficiency and divergence on TDP. Finally, the application of Tobit regression probes into factors that influence the executive efficiency on TDP.

The result is that the executive efficiency on the investigations related to “machinery and aerospace” is relatively better than the other industries, while the one in “2004” is better in comparison with the other annual investigations. Besides, Tobit regression analysis shows that “Human Resource”, “Research Density”, “Patent Application”, and “Result Transfer” have significant positive effect on the executive efficiency. In addition, sensitivity analysis of DEA/AHP indicates the executive efficiency is robust.

**Keywords:** *Technology Development Program , Data Envelopment Analysis ,Analytic Hierarchy Process , Tobit regression.*

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

「科技政策」依據聯合國教育、科學及文化組織（UNESCO）報告書所下之定義：「一個國家為強化其科技潛力，以達成其綜合開發之目標和提高其國家地位，而建立之組織、制度及執行方向」。簡言之，科技政策就是政府為促進科技有效發展，以達成國家整體建設目標，所採行之各種重要制度及施政方針。因此，制定專業化及制度化的科技政策，無不是世界各國積極努力的目標。

我國科技政策的規劃與執行主要係由中央研究院、國科會及經濟部主導，此三單位於民國94年之科技經費佔全部科技預算（不含國防科技經費）之83.6%（科學技術統計要覽／2005年版）。而自民國68年起，經濟部即開始編列預算，推動、規劃、管理並委託所屬財團法人研究機構從事「科技研究發展專案計畫」，主要以發展應用研究為目標之產業科技政策，由於其執行時間悠久，經費應用龐大，且涵括之科技領域廣泛，為國內最具代表性之產業科技政策。

經濟的持續發展有賴於產業的升級，而產業升級的驅動力則在於研發活動不斷地創新，由於科技研發是一項長期性與持續性的工作，所需投入的經費、人力與時間等投資成本相當可觀，因此，科技專案的績效與其能量評估是很重要的（劉欽元，2003）。科技政策的績效評估僅是一種手段，而非目的，其主要用意在於能對重大決策及科技預算分配產生決策參考與回饋效果（陳信宏，2002）。唯有透過整體性的評估，方能瞭解國家科技競爭優勢之所在與不足之處，以作為國家科技政策推展與科技研發經費運用的依據。

就現行的績效評估制度而言，經濟部的科技專案績效考評制度已經相當接近先進國家的水準（林欣吾，2003），但以專家評審法為主，再加上執行機構提供自評資料的評估方式，仍難免失之主觀（袁建中、黃志男、張寶誠，1999），容易引起研究機構申請專案計畫之爭議，且對研究機構組織內營運效率或生產力相對較為欠缺（徐基生，2004）。在科技專案績效考評制度中所採用的多項投入指標與成果指標之間，以一全面性及客觀性的數量實證分析作為考評委員專業判斷之參考，應屬必要（吳學良、林育司，2005）。因此，本研究希望藉由實證方式，探討以較為公正、客觀之數量方法來進行經濟部科技專案績效之評估，此為本研究的第一個動機。

蘇雲一（1997）指出科技專案的績效評估係以多目標的投入與產出為評估標準，不同於一般的營利機構是採獲利程度來衡量優劣。而Charnes、Cooper and Rhode（1978）根據伯瑞圖最適境界（Pareto Optimality）之理念，發展出的

資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis，DEA）則能有效評估科技專案多投入與多產出的執行效率。

DEA在處理效率方面，特別是多重投入與產出問題、不同計量單位的投入與產出、可同時評估不同環境下各決策單位（Decision Making Unit，DMU）之效率、可同時處理定性（Qualitative）與定量（Quantitative）因素等有其獨特的優點。儘管DEA投入與產出變數之權數係由數學規劃法產生，不受人為主觀因素的影響，可客觀的提供每個DMU之投入、產出變數最適權數值。但此特性，因有模式上與管理實質意義上之缺點，受評單位將產生無法信服與不公平之感覺（林健治，1993）。劉春初（1994）指出雖然權數設限可使評估結果更接近事實而被接受，但是如何收集相關專家與管理者之意見，公平且合理的決定權數，實為一大問題，此時可藉由運用分析層級程序法（Analytic Hierarchy Process，AHP）與德菲法（Delphi Technique）作為輔助，使評估結果可以合理推論。蔣侑修（2003）亦指出AHP較適用在不確定性高的業界科技專案評選，隨著決策環境的改變，會造成評審委員改變部分準則的重要性排序；不同領域的評審委員由於領域專案特性的不同，亦會導致對於評估準則有不同的權重。

DEA結合AHP進行績效評估之相關研究，已廣泛運用於各種不同領域中，惟綜合DEA與AHP應用於評估科技專案績效之研究，卻付之闕如。因此，本研究希望藉由結合DEA與AHP之主、客觀兼具的量化績效評估方式，對經濟部科技專案之執行效率進行評估，此為本研究的第二個動機。

黃志男（1996）、吳學良、林育司（2005）同時考量縱斷面（跨年度）與橫斷面（產業別）兩個面向，以進行科技專案各產業別與各年度間之執行效率評估與比較。但並未深入就各年度別與各產業別進行效率差異分析，因此本研究擬利用變異數分析探討各年度別與各產業別間執行科技專案效率之差異，此為本研究的第三個動機。

過去學者如林治廷（2000）、郭雍信（2003）、徐基生等（2003）、吳學良、林育司（2005）等研究，多僅以DEA來衡量科技專案研究發展的執行效率，即希望得到一綜合性評估指標，但上述研究均未再深入探討影響科技專案執行效率之因素。因此，本研究擬利用目前最普遍使用之二階段DEA（two stage DEA）來探討經濟部科技專案執行效率評估問題，即先運用AHP/DEA衡量科技專案之執行效率，進一步應用Tobit迴歸分析影響科技專案執行效率之因素，希望能掌握科技研發之資源投入與產出效率，並提供有關單位科技專案執行效率之改善建議，此為本研究的第四個動機。

## 二、研究目的

基於上述研究背景與動機，本研究擬針對我國執行時間悠久、經費應用

龐大，且涵括之科技領域眾多，最具代表性之產業科技政策－「經濟部科技專案」之執行效率進行探討，以期達到以下之目的：

- (一)結合DEA與AHP，探討科技專案之執行效率。
- (二)探討不同年度、不同領域之科技專案，執行效率之差異。
- (三)探討科技專案執行效率的影響因素。

本文分為五節，第貳節為文獻探討，介紹經濟部科技專案、AHP與DEA及其相關文獻，第參節為研究設計，第肆節為實證結果，第五節為結論與建議。

## 貳、文獻探討

### 一、經濟部「科技研究發展專案計畫」

鑑於產業技術研發，是促進產業結構升級的重要因素，歷年來我國政府均戮力提升產業技術的研究發展水準。由於政府主導進行之技術研究開發工作，是定位在技術層次較高者，包括應用研究開發、關鍵性技術與零組件之開發等，因此，自民國68年起，經濟部即開始編列預算，委託所屬財團法人研究機構從事「科技研究發展專案計畫」。近年來，政府更為積極推動科技研究之整體發展，於民國87年4月通過「科技化國家推動方案」，整合各方面資源，以具體的措施、分工及時程，期逐步推動邁向科技化國家之途程。民國88年1月通過立法正式公告實施之「科學技術基本法」，可謂奠定我國以研發為本的產業科技政策基礎。綜合上述法規及方案，及民國90年1月舉行第六次全國科技技術會議產、官、學、研代表研議所得之共識結論，訂定出我國未來四年的科技政策，依此擬定了「國家科學技術發展計畫」，以落實全國科技會議之決議，也確立了由經濟部負責推動產業科技發展，及相關支援業務的最重要工作－即推動科技專案。

### 二、資料包絡分析法

資料包絡分析將所有決策單位的相同指標採用生產力觀點建構成量化的評估模式，其理論起源自Farrell（1957）的效率衡量方法，以「非預設生產函數」，代替「預設生產函數」來預估效率值，利用等產量曲線解釋整體效率（Overall efficiency），該效率分解為配置效率（Allocation efficiency）與技術效率（Technical efficiency）的乘積，採用Shephard的距離函數（Distance function）觀念計算觀察值之相對效率，提出不用先行假設生產函數型態，也可評估效率的方法。Farrell提出的效率衡量（Efficiency Measure）觀念，奠立DEA理論之基礎。

DEA是利用包絡的觀念進行效率評估，在經濟的涵意上，是指在「在所有可能」中找出「最有利的可能」所形成的前緣（Frontier）。亦就是由所有受評估單位（即DMU）中，將某一單位與所有其他單位逐一比較，選出在現有資源下，表現最好的單位，並由這些單位所組成之生產前緣，找出其他落在該生產前緣內相對效率較差的單位，其與生產前緣的距離即為無效率值，因此稱為「資料包絡」。凡相對效率值為1者，即落在生產前緣上，為最有效率單位；凡是相對效率小於1者，即為無效率單位。

### 三、應用DEA於科技專案之相關文獻

應用DEA於科技專案研究之相關文獻，如表1。

表1 應用DEA於科技專案之相關文獻

作者	投入變數	產出變數	研究結果
郭雍信 (2003)	1.人數 2.經費 3.時間	1.研究報告及論文 2.研討會場次 3.專利獲得應用數 4.技術引進數 5.技術移轉金	1.透過DEA之CCR模式可得效率值，可判斷其相對效率。 2.以BCC模式分析非效率單位期無效率原因，以作為調整專案規模之參考。
徐基生等 (2003)	1.員工總人數 2.資本支出 3.業務支出	1.專利獲得件數 2.期刊及研討會論文篇數 3.研究報告篇數 4.技術移轉家次	1.顯示工研院各研究單位應擴大研發規模，發揮研發綜效。 2.發現交叉分析模式結合多目標模式產生之結果，可信度高且較以往績效評量客觀公正。
吳學良、 林育司 (2005)	1.經費投入 2.人力投入	1.專利獲得數 2.技術移轉權利及授權金 3.委託案及工業服務金額	1.發現可以經由科技專案績效考評委員會考評意見證實之。 2.考量外生變數：學習效果與經濟景氣波動，發現兩者對於早期技術效率均有影響

資料來源：本研究整理

### 四、分析層級程序法

AHP是由Saaty於1971年提出，它是一套有系統的多目標決策模式，主要目的乃使錯綜複雜之系統簡化為要素層級結構的系統，即將各評估的要素以名目尺度（Nominal Scale）進行兩兩要素間之成對比較（Pairwise Comparison），並經由量化的過程建立比對矩陣（Comparison Matrix），以求出特徵向量（Eigenvector），而此特徵向量代表層級間各因素之權重，並產生特徵值（Eigenvalue），藉以評定單一成對比較間之一致性強弱程度，以作為決策資訊取捨或評估的指標。

AHP主要應用在決策問題方面，其目的乃系統化處理複雜的決策問題。將

不同層面層級分解後，以1-9尺度對各評估準則間相對權重做成對比較，計算各評估準則間權重，以提供決策者選擇適當方案。

## 五、應用AHP於科技專案之相關文獻

陳智賢（1994），以經濟部科技專案為研究對象，建立研發成果績效評估的分析模式，並進而建立研發成果績效指標。認為科技專案的研發活動、研發成果本身、以及市場的回應，是研發成果績效指標的三個來源，同時可以歸類到三個不同的績效構面：技術價值績效、商業價值績效、政策目標績效三方面。逐一探討既有的研發成果相關指標，並針對科技專案篩選出具備良好指標特性的七個指標，組成初擬研發成果指標，透過專家座談的方式，詳細介紹各指標的意義與特性，再透過AHP問卷的分析，產生各指標的權重，研究的結果顯示，專家在評估科技專案的研發成果時，給予商業價值績效最大權重，其次是技術價值績效，最後才是政策目標績效。

蔣侑修（2003），研究自群體決策角度出發，提出AHP建構科技專案評選決策分析，內容包含：使用層級分析法建構「業界開發產業技術計畫」委員會對於研發計劃的評選準則與架構；運用AHP法以及模糊AHP法，分析「業界開發產業技術計畫」評審委員對於該評選準則的判斷；使用模擬來分析不同決策環境下「業界開發產業技術計畫」評審委員對各項準則的權重。研究結果顯示評審委員最重視技術價值面的考量，分析層級程序法較適用在不確定性高的業界科技專案評選，隨著決策環境的改變會造成評審委員改變部分準則的重要性排序，不同領域的評審委員由於領域專案特性的不同會導致對於評估準則有不同的權重。

## 參、研究設計

### 一、研究樣本

本研究以經濟部技術處「科技專案執行年報」中所分類之四項技術領域別：「通訊與光電」、「機械與航太」、「材料與化工」、「生技與藥品」等為研究樣本分類。Golany and Roll（1989）認為DEA分析中選取之DMU，其投入產出型態應具有同質性（Homogeneous），即受評估對象須有相似的生產性質，由於本研究採用經濟部技術處之分類領域，已衡酌其技術屬性皆為技術、製程、產品之研究發展與創新、技術移轉與引進、技術服務與工業服務，各執行單位研發績效的投入產出項目亦大致相同，因此，其投入產出型態具有同質性。

本研究以四項技術領域別之專案連續六年的資料作為評量效率的依據，將

每個年度的資料視為不同之DMU，如此可兼顧各產業領域的比較，以及同一領域不同年度的比較。樣本篩選係扣除當年度科技專案之投入或其產出變數為0之專案後，進行績效評估。為了方便分析比較，後續內容將373個DMU，以年度加上領域別與專案名稱作為受評量DMU之代號，例如「88通訊與光電—數位訊技術發展三年計畫」即為通訊與光電領域中「數位訊技術發展三年計畫」在88年的執行資料，餘類推。

研究期間為自民國88至93年共計六個年度，選取其科專執行年報中投入項目與產出成果指標，同時考量縱斷面（跨年度）與橫斷面（技術領域別）兩個面向，以進行科專計畫各產業別與各年度間之執行效率評估與比較。由於本研究分析範圍涵蓋多年，有關金額之項目皆以經建會公佈之台灣GDP平減指數（以88年為基期）處理之，以消除物價波動之干擾。

## 二、變數定義與衡量

### （一）DEA之投入及產出變數

本研究參考過去研究文獻、科技專案成果資料庫及科技專案執行年報，選擇四項投入變數及五項產出變數，其定義與衡量分述如下：

#### 1. 投入變數：

- (1) 研究經費：當年度執行科技專案所需之研究費用，單位為萬元。
- (2) 博士人力：執行科技專案研究人員之學歷為博士，單位為人年。
- (3) 碩士人力：執行科技專案研究人員之學歷為碩士，單位為人年。
- (4) 學士以下人力：執行科技專案研究人員之學歷為學士以下，包含學士、專科及其他學歷等，單位人年。

#### 2. 產出變數：

- (1) 著作：包含論文與研究報告。論文包括國內、外在專業性期刊上刊登之期刊論文，和參加專門性會議所發表，但尚未在專業性期刊上發表之研討會論文與在職進修之博、碩士論文不包括在內。研究報告主要分為從事某項技術開發的技術性報告；針對特定產業、產品或技術之研究調查報告，單位為篇數。
- (2) 專利獲得：執行單位向國內外之專利主管機關申請專利，經審查、公告等程序後，所獲證之專利。單位為件數。
- (3) 分包研究：進行研究活動中，將部份工作計畫交由業界或學術界負責，包含轉委託金額，單位為萬元。

- (4)委託案及工業服務：科技專案以建立之技術、既有之設備，對業界提供檢校、鑑定、維修、技術輔導等短期之服務；或以既有之研發能量接受民間或政府委託，協助特定產品之開發研究計畫等，亦可提供產業界的服務包括：新產品開發、製程技術升級、品質強化、國際合作等輔導，以及市場分析、投資評估的專業諮詢，皆可為廠商個別規劃及服務，單位為萬元。
- (5)促成投資生產：業界以先期參與、合作研究的方式參與科技專案，再透過成果移轉取得關鍵性生產技術後，促使業者投資相關技術衍生之產品生產，或擴大原先之生產規模，統計其相關產品產值，單位為萬元。

## (二) DEA投入及產出變數之權重

本研究以問卷方式，針對各科技研發學者專家進行投入與產出變數權數之調查，取得專家與實際參與決策者之意見後，以名目尺度進行各項因素層級間的成對評比（Rating of Pair-wise Comparison）。在進行成對比較時，若有相異觀點存在而無法達成共識時，將其評量結果以幾何平均法綜合之。

成對比較後建立成對互倒矩陣（Reciprocal Matrix），並求出各因素之特徵向量（Eigenvector），代表層級中某層次各因素間的優先順位，即代表各因素間之相對重要程度。接著再以極大化特徵值（Maximized Eigenvalue）評量成對比較矩陣之 $\lambda_{\max}$ ，評估成對互倒矩陣是否具有的一致性，倘若一致性結果符合邏輯標準時，即可依據此所得之優先順序作為DEA投入及產出項目權重。

## (三) 影響效率因素之變數定義

本研究以科技專案之執行效率為應變數，進行影響效率因素之探討。各解釋變數與執行效率之預期關係如下：

1. 研發人力素質（HR）：相關文獻多以學、經歷衡量（Souitaris, 2002；賴士葆, 1987），本研究以博、碩士人數佔全部研發人數之比率來衡量研發人力素質。高科技產品之研發常須運用高科技知識，而高科技人才的養成有賴學校及研究單位的高等教育。根據Thirlwall（1999）表示：人力經由訓練、教育，足以改善工作品質，進而提高生產力。Souitaris（2002）表示：研發人力素質與技術創新有高度的關聯。因此，本研究預期研發人力素質與研發執行效率有正向的關聯性。
2. 研發經費密度（RD）：本研究以各專案計畫占該產業領域當年研發經費的比率來衡量，代表該專案長期之研發努力與研發能量之累積。Souitaris（2002）研究顯示：研發經費密度與技術創新有顯著的關聯。王健全、陳厚銘（2000）亦發現廠商的研發努力（包括研發人力、研發費用）對新產品及技術產出與投資報酬率皆有顯著的正面影響。因此，本研究預期研發經費密

度與研發執行效率為正向關聯。

3. 專利應用率 (PA)：陳契盈 (2000) 發現有越來越多的國外學者使用專利應用資料來討論技術發展。李主平 (2004) 指出專利影響力最終表現在新產品的品質、成本或銷售等之上，而新產品上市才有獲利回收的可能，故專利應用所帶來的效果，應會透過品質提升、成本降低或銷售增加後，最終反映在公司之獲利能力上；廖振宏 (2004) 則認為將專利視為企業的策略性資產時，專利的價值則表現於企業對技術創新應用的構面。因此，本研究預期專利應用率與研發執行效率為正向關係。
4. 成果移轉 (RT)：林婉萍 (1997) 指出技術能提供企業國際化所需的競爭優勢。從移轉者的觀點來看，藉著技術移轉可控制和擴大市場，以及掌握技術接受者之技術水準。就技術接受者而言，引進技術可改善產品，降低生產成本，對該國發展有快速正面之影響。因此，本研究預期成果移轉與研發執行效率應該會產生正面的效果。
5. 合作研究 (CR)：科技專案相關研究活動中與業界、學界在技術上進行合作研發，合作研究之廠商應支付配合款給研究機構統籌支用，研發成果屬合作業者與執行單位共有，合作對象須與研發單位共同承擔研發風險。徐明朗 (1991) 認為研究機構對於合作研究的成效普遍表示肯定，但是參與的廠商卻只是感到普通滿意而已，並發現廠商不願意參加合作研究的首要原因在於對國內研究機構的研究成果缺乏信心，且廠商在合作過程中所面臨的最嚴重問題是認為合作專案的效益不確定，因此缺乏繼續合作的興趣。因此，合作研究對研發執行效率的影響方向是一實證的議題。

### 三、研究模型

#### (一) DEA效率衡量模型

在DEA的運算法則中，可事先設定「產出導向 (Output oriented)」或「投入導向 (Input oriented)」，「產出導向」係假定在投入資源不變的情況下，求「產出」的最大化；而「投入導向」則係假定產出不變之下，求「投入」的最小化。

考量政府推行科技專案計畫的初衷，在於強化我國產業界研發能量之不足，進而誘導企業自發性的持續投入研發，加上研發支出逐年遞增的政策趨勢，故本研究認為科技專案績效評估應該積極的從「產出導向」的觀點出發，亦即檢討在既定的預算支出之下，是否能夠透過更好的研發規劃與管理，增加更多的產出，並且讓研發的成果與效益的擴散能夠更淋漓盡致，而非只消極的檢討預算的編列是否浮濫，而考慮減少對研發活動的補助。因此，本研究選取

產出導向之CCR模型進行效率評估，並將計算出之效率值以倒數處理，使其介於0與1之間。CCR之模型如下：

$$\text{Min : } h_0 = \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^m S_r^+ \right)$$

S.t :

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \chi_{ij} - \theta \chi_{i0} + S_i^- = 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} - S_r^+ = 0$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

$$i = 1, \dots, m \quad ; \quad r = 1, \dots, s \quad ; \quad j = 1, \dots, n$$

$h_0$ ：被評估DMU之效率值

$\chi_{ij}$ ：第j個DMU之第i個投入項

$y_{rj}$ ：第j個DMU之第r個產出項

$S_i^-$ ：第i個投入項之差額變數

$S_r^+$ ：第r個產出項之差額變數

$\varepsilon$ ：非阿基米德常數（non-archimedean constant），極小的正數

$\lambda_j$ ：第j個DMU之權數

## （二）影響效率因素迴歸模型

本研究以科技專案之執行效率為應變數，進行影響效率因素之探討。由於本研究係以投入面分析效率，因此效率值恆介於0與1之間，即本研究之應變數之值介於0與1之間，為設限樣本模型（Censored samples model）或為一種被限制的應變數模型（Limited dependent variables model），不同於一般迴歸模型中應變數無範圍限制的情況。當自變數可以對應任何觀察值，而應變數只有部份對應的觀察值，亦即當設限觀察值比例較高時，誤差項的期望值不一定等於零，OLS參數估計值會產生偏誤與不一致性（Inconsistent）的現象。因此，本研究將以Censored Tobit模型（Tobin, 1958）進行迴歸分析，探討影響科技專案執行效率的因素。

另外，由於本研究之實證資料兼具縱斷面與橫斷面資料，可能有變異數不齊一（Heteroskedasticity）的情形，導致迴歸係數估計值的無效率（Inefficient），且變異數估計值會產生偏誤（biased），影響檢定的顯著性，因此，本研究採用Tobit迴歸分析－Heteroskedasticity model來估計迴歸式之參數，避免推論結果發生錯誤（李文福、蔡秋田，2004）。

Tobit迴歸實證模型中，反應變數為各DMU之執行效率（Executive Efficiency, EE），解釋變數包括研發人力素質（Human Resource, HR）、研發經費密度（Research Density, RD）、專利應用率（Patent Application, PA）、成果移轉（Result Transfer, RT）、合作研究（Cooperation Research, CR）以及產業別（D1 D3）虛擬變數。

本研究迴歸模型如下：

$$EE_i = \beta_0 + \beta_1 HR_i + \beta_2 RD_i + \beta_3 PA_i + \beta_4 RT_i + \beta_5 CR_i + \beta_6 D_{1i} + \beta_7 D_{2i} + \beta_8 D_{3i} + \varepsilon_i$$

各解釋變數定義如下：

研發人力素質（HR）：（博士+碩士人數）/（全部研發人數）

研發經費密度（RD）：該科技專案之研發經費占科技專案全部研發經費的比率

專利應用率（PA）：國內、外專利應用之件數/（國內、外專利申請獲得之件數）

成果移轉（RT）：科技專案所研究之技術，藉由技術移轉、授權予國內廠商使用件數

合作研究（CR）：先期技術授權金+權利金+廠商配合款

D1：產業別，1=通訊與光電，0=其他

D2：產業別，1=機械與航太，0=其他

D3：產業別，1=材料與化工，0=其他

$\varepsilon$ ：誤差項

## 肆、實證結果

### 一、樣本敘述統計量

科技專案投入與產出變數之敘述統計如表2。由表可知，科技專案計畫研發經費平均為16,550.89萬元，現階段我國研發核心人力則以碩士學歷為主，博士級人力相對而言則較少。

### 二、投入產出項之相關分析

利用資料包絡分析法計算效率值時，投入變數對產出變數的關係必須合理、符合邏輯（Logical causal relationship）並具同向性，換言之，若投入數量增加，則產出數量不得減少，如果有負相關存在或是相關性太低，則須將該項目剔除，然後才能進一步運用DEA模式進行分析。因此，本研究在計算效率值

時，先以統計上之Pearson相關係數對投入、產出變數作相關分析，確定投入與產出變數之相關性質，相關分析矩陣如表3。

由相關分析結果顯示本研究各項投入與產出項目間，皆呈正向相關且至少達 $\alpha=0.1$ 顯著水準，符合因果關係之假設，可運用DEA進行效率評估。

表2 科技專案投入與產出變數之敘述統計量

	項目	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
投入變數	研究經費(萬元)	16,550.89	13,010.00	16,577.96	1,192.30	149,295.00
	博士人力(人年)	11.20	9.10	9.76	0.00	65.90
	碩士人力(人年)	35.36	25.10	34.22	0.50	247.90
	學士以下人力(人年)	25.80	21.29	20.86	2.10	135.90
產出變數	著作(篇數)	68.36	51.00	60.15	1.00	393.00
	專利獲得(件數)	12.07	6.00	16.92	0.00	122.00
	分包研究(萬元)	553.11	320.00	620.54	0.00	4,332.80
	委託案及工業服務(萬元)	4,431.29	1,747.64	7,608.71	0.00	65,400.00
	促成投資生產(萬元)	181,843.10	35,100.00	639,859.40	0.00	10,000,000.00

表3 投入與產出項目Pearson相關係數矩陣

Pearson 相關	研究 經費	博士 人力	碩士 人力	學士以 下人力	著作	專利 獲得	分包 研究	委託案及 工業服務	促成 投資 生產
研究經費	1								
博士人力	0.646***	1							
碩士人力	0.739***	0.613***	1						
學士以 下人力	0.694***	0.634***	0.649***	1					
著作	0.723***	0.585***	0.766***	0.760***	1				
專利獲得	0.200***	0.104*	0.264***	0.287***	0.384***	1			
分包研究	0.347***	0.241***	0.413***	0.316***	0.363***	0.102*	1		
委託案及 工業服務	0.267***	0.212***	0.334***	0.326***	0.375***	0.203***	0.144**	1	
促成投 資生產	0.130**	0.142**	0.174***	0.359***	0.297***	0.334***	0.107*	0.179***	1

註：\*\*\*：P-value<0.01；\*\*：P-value<0.05；\*：P-value<0.1

### 三、投入產出項權重分析結果

本研究以問卷邀請台經院與中山科學研究院等單位之高階管理者、資深研發工程師及資深科專行政人員，針對四項投入與五項產出績效指標之相對重要性進行填答，共計發出10份問卷。本次問卷及挑選受訪對象之考量有二：(1) 受訪者對科技專案發展目標與策略及研發績效指標應有深入之瞭解；(2) 受訪對象所屬單位具代表性。俾使未來研究結果，具有可信性與應用性。

各層級權重之計算，首先建立成對比較矩陣之一致性檢定，一致性檢定用意主要告訴決策者在評估過程中，所做的判斷是否合理，避免作成不良的決策，依據Saaty (1980) 建議C.R.值宜小於或等於0.1，如此一致性才能獲得保證。在本研究中十份專家問卷樣本其一致性指標(C.I.)及比率(C.R.)均小於0.1，符合要求之一致性水準。經過幾何平均法彙總十位專家的相對重要性給分後，求算出各投入產出內層級要素的權重，結果如表4與表5。十位專家學者認為在投入項目方面，相對權重以「研究經費」0.450最高；其次為「博士人力」0.219；「碩士人力」0.198，最低為「學士以下人力」，權重為0.133。而在產出項目方面，最高為「專利獲得」0.238；「促成投資生產」0.226次之；第三為「委託案及工業服務」0.195；「分包研究」0.175排第四，「著作」0.166最低。

表4 投入項之相對權數

投入項	研究經費	博士人力	碩士人力	學士以下人力
相對權重	0.450	0.219	0.198	0.133
排序	1	2	3	4

表5 產出項之相對權數

產出項	著作	專利獲得	分包研究	委託案及工業服務	促成投資生產
相對權重	0.166	0.238	0.175	0.195	0.226
排序	5	1	4	3	2

### 四、相對執行效率分析

本研究以AHP計算所得之投入與產出變數權數，代入產出導向之CCR模型進行執行效率分析，效率值愈高則代表整體執行效率愈高。DEA/AHP評估科技專案執行效率的結果，如表6所示。整體平均執行效率為0.533，顯示樣本為達到相對有效率單位，平均約有46.7%的改善空間；計有「93機械與航太-電機產業關鍵技術發展三年計畫」等31個專案達到效率前緣，僅佔全部373個DMU的8.31%。效率最大值為1、最小值為0.118，差距達88.20%，顯示各個樣本間效率

表現呈現極大的差異性。

Norman and Stoker (1991) 建議使用四種標準來區分受評單位之效率值，分別包括：

- (一) 強勢效率單位 (Robustly Efficient Units)：DMU 出現在許多效率參考集合中，出現次數越多越強勢，除非投入、產出項目有重大變動，否則均可維持在效率前緣上。
- (二) 邊際效率單位 (Marginal Efficient Units)：該 DMU 出現在效率參考集合只有一次或二次 (包括自己的參考集合)，若其投入、產出項稍有變動，其效率值極可能小於 1，由此可知其效率值雖為 1，但不強勢。
- (三) 邊際無效率單位 (Marginal Inefficient Units)：此 DMU 效率值小於 1 但大於 0.9，投入產出項稍作調整，很容易便能提升效率值至 1 的水準。
- (四) 明顯無效率單位 (Distinctly Inefficient Units)：此單位之效率值小於 0.9，此等 DMU 想在短期內變的有效率較困難，而效率值小於 0.75 的 DMU，除非未來有重大的改變，否則此等 DMU 將維持無效率的水準。

依據 Norman and Stoker 的分類結果如表 7。其中，強勢效率單位僅 26 個專案，明顯無效率單位計有 330 個專案計畫，整體執行效率則有分配不均的情形。

表 6 執行效率之敘述統計

	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
執行效率	0.533	0.479	0.226	0.118	1.000

表 7 執行效率之分類表

分類	強勢效率單位	邊際效率單位	邊際無效率單位	明顯無效率單位
個數	26	5	12	330

## 五、年度別與領域別效率差異分析

為探討科技專案執行效率，在不同產業與年度間之差異，本研究以單因子變異數分析及雪菲 (Scheffe) 事後多重比較法進行檢測。結果如表 8 與表 9 所示。

各領域之專案執行效率，相對較「生技與藥品」產業為佳，「生技與藥品」領域專案執行效率相對較差，可能因為其發展尚在起步階段，多屬新創且仍須長期投入，短期成效較難立竿見影；不同年度專案之比較，以「93」、

表8 不同產業之間執行效率ANOVA表

產業別	個數	平均數	標準差	F值	P值	Scheffe事後比較
通訊與光電	102	0.540	0.244	9.523 ***	0.000	通訊與光電>生技與藥品 **
機械與航太	116	0.609	0.233			機械與航太>材料與化工 ***
材料與化工	109	0.492	0.203			機械與航太>生技與藥品 ***
生技與藥品	46	0.427	0.142			材料與化工>生技與藥品 **

註：\*\*\*：P-value<0.01；\*\*：P-value<0.05；\*：P-value<0.1

表9 不同年度之間執行效率ANOVA表

年度別	個數	平均數	標準差	F值	P值	Scheffe事後比較
88	56	0.514	0.225	10.603 ***	0.000	
89	76	0.409	0.178			93>88 **
90	51	0.502	0.177			93>89 ***
91	57	0.537	0.213			93>90 **
92	66	0.601	0.256			92>89 ***
93	67	0.645	0.215			91>89 **

註：\*\*\*：P-value<0.01；\*\*：P-value<0.05；\*：P-value<0.1

「92」及「91」年較佳，可能係科專為國家重科技政策，受到政府重視與鼓勵，且研究單位累積多年研發經驗，研究成果逐年增加所致。

## 六、執行效率的影響因素

Tobit迴歸分析結果列示於表10，由表可知，除了「合作研究（CR）」外，其餘解釋變數皆與專案之執行效率呈顯著正向關係，表示「研發人力素質（HR）」越高、「研發經費密度（RD）」越高、執行研發專案獲得之「專利應用率（PA）」越高、科技專案研究成果、技術移轉及授權予國內廠商使用之「成果移轉件數（RT）」越多，科技專案執行之效率均愈高；而「合作研究（CR）」則與執行之效率無明確關聯性。

表10 Tobit 迴歸分析－科技專案執行效率及其影響因素

$$EE_i = \beta_0 + \beta_1 HR_i + \beta_2 RD_i + \beta_3 PA_i + \beta_4 RT_i + \beta_5 CR_i + \beta_6 D_{1i} + \beta_7 D_{2i} + \beta_8 D_{3i} + \varepsilon_i$$

解釋變數	反應變數－執行效率			
	預期符號	$\beta$ 值	Z值	p值
截距項		0.576	3.878***	0.000
研發人力素質(HR)	+	0.149	3.731***	0.000
研發經費密度(RD)	+	0.725	12.064***	0.000
專利應用率(PA)	+	0.547	7.684***	0.000
成果移轉(RT)	+	0.536	7.507***	0.000
合作研究(CR)	?	0.298	1.168	0.243
通訊與光電(D1)	?	0.598	8.235***	0.000
機械與航太(D2)	?	0.717	11.827***	0.000
材料與化工(D3)	?	0.618	10.291***	0.000

註：\*\*\*：P-value<0.01；\*\*：P-value<0.05；\*：P-value<0.1

從各產業領域別虛擬變數的迴歸係數來看，D1 D3的係數均為正，而且均達 $\alpha=0.01$ 顯著水準，表示通訊與光電、機械與航太、材料與化工等產業相較於生技與藥品業是較有效率的，與前述「機械與航太」領域之專案執行效率，相對其他產業較佳、「生技與藥品」領域專案執行效率則相對較差，結果一致。

## 七、敏感度分析

由於DEA所求得之效率值常受不同投入與產出項目選擇的影響（Valdmanis，1992），因此本研究進行敏感度分析（Sensitivity Analysis），以檢測DEA計算結果之穩固性（Robustness）。

第1組為本研究選擇之4項投入、5項產出變數，第2組起，分別以不同的投入產出變數進行組合，首先，固定5項產出變數，而投入變數減少1項並進行排列組合，因此，第2組至第5組為3項投入、5項產出；第6組起改為投入變數固定，產出變數減少1項，因此，第6組至第10組為4項投入、4項產出；共計進行10組。檢視在不同投入及產出組合下，各組之執行效率。10組效率值之相關係數如表11，各組執行效率值之相關係數在0.581至0.981之間，且各相關係數均達 $\alpha=0.01$ 以上顯著水準。由此可知不同投入產出組合求得之效率值頗為一致，因此，利用DEA/AHP求得之綜合性評估指標在研究上或實務應用上具有穩固性。

表11 敏感度分析—科技專案執行效率之Pearson相關係數

	第1組	第2組	第3組	第4組	第5組	第6組	第7組	第8組	第9組	第10組
第1組	1									
第2組	0.974***	1								
第3組	0.981***	0.952***	1							
第4組	0.945***	0.902***	0.920***	1						
第5組	0.941***	0.891***	0.931***	0.890***	1					
第6組	0.775***	0.778***	0.762***	0.717***	0.779***	1				
第7組	0.968***	0.941***	0.950***	0.913***	0.897***	0.714***	1			
第8組	0.862***	0.858***	0.863***	0.775***	0.782***	0.581***	0.817***	1		
第9組	0.928***	0.890***	0.905***	0.883***	0.922***	0.664***	0.888***	0.764***	1	
第10組	0.947***	0.915***	0.920***	0.956***	0.888***	0.664***	0.907***	0.789***	0.893***	1

註：\*\*\*：P-value<0.01；\*\*：P-value<0.05；\*：P-value<0.1

## 伍、結論與建議

### 一、研究結論

本研究旨在探討我國經濟部「科技研究發展專案計畫」之執行效率，並探討影響執行效率之因素。以經濟部科技專案執行年報民國88至93年之專案為研究對象，首先，以分析層級程序法計算投入與產出變數之權重，進一步運用資料包絡分析法進行科技專案執行效率之衡量與差異分析；最後，應用Tobit迴歸分析探討影響科技專案執行效率之因素。

實證結果發現平均執行效率為0.533，達到效率前緣之決策單位佔全部DMU之8.31%，執行效率亦有分配不均的情形，強勢效率單位僅26個專案，而有330個DMU屬於明顯無效率單位。

在效率差異分析方面，各領域之專案執行效率相對「生技與藥品」產業均較佳，「生技與藥品」領域專案執行效率相對較差，可能因為其發展尚在起步階段，多屬新創且仍須長期投入，短期成效較難立竿見影；不同年度專案之比較則以「93」、「92」及「91」年較佳，可能與科專預算逐年遞增的政策趨勢，並且該年產出項目亦較多有關。

在探討科技專案執行效率的影響因素中，Tobit迴歸分析顯示「研發人力素質」、「研發經費密度」、「專利應用率」、「成果移轉」等四項對科技專案

執行效率有顯著的正向影響，表示研發人力素質越高、研發經費密度越高、執行研發專案獲得之專利應用率越高、科技專案研究成果、技術移轉及授權予國內廠商使用之件數越多，科技專案之執行效率均愈高；合作研究（CR）則與執行之效率沒有明確的關聯性。

敏感度分析檢視在不同投入及產出組合下，各專案執行之效率值之相關係數，各相關係數均達 $\alpha=0.01$ 顯著水準。由此可知不同投入產出組合求得之效率值頗為一致，因此，利用DEA求得之綜合性評估指標在研究上或實務應用上具有穩固性。

透過本研究，以DEA結合AHP評估科技專案之研發績效，可以整合出科技研發專案之多投入多產出的資訊，以提供評估作業時、評估作業後結果之分析工具，俾提供計畫管理當局一項作為執行成效的判定及資源管控的參考，和未來改進的方向。

## 二、研究建議

- (一) 本研究整合科技研發專案之多投入多產出的資訊，以DEA結合AHP評估科技專案之執行效率，其結果可提供計畫管理當局執行成果判定及資源管控的參考。
- (二) 後續學者可運用DEA模型與其他評估方法如模糊積分模型、類神經網路模式及多準則決策模式，進行科技專案之效率評估與比較。
- (三) 由於權重對於DEA/AHP績效評估模式具有相當大的影響力，故後續研究可以採取實驗設計的方式，進行權重的評估。

## 三、研究限制

科技研發成果的最具體表現，在於對產業及整體經濟所造成的效益，本研究在進行研發專案評量時，常因涉及技術機密及內部資訊管理問題，難以獲得相關資訊。

## 參考文獻

- 王健全與陳厚銘，2000，「政府獎勵措施對廠商績效之影響－LISREL分析方法之應用」，台大管理論叢，第10卷第2期：71-96。
- 行政院國家科學委員會（2004），「科學技術統計要覽／2005年版」，行政院國家科學委員會。
- 李主平，2004，「專利在公司獲利能力之遞延效果的研究－以美國製藥業為例」，私立中原大學企業管理研究所未出版碩士論文。

- 林欣吾，2003，「對於科技計畫績效評估制度的省思」，科技發展政策報導，2003年4月號：259-274。
- 林治廷，2000，「科技研究發展專案的連續多期效率評估」，國立交通大學工業工程與管理系未出版碩士論文。
- 林婉萍，1997，「從資源基礎探討影響技術引進因素及績效關係—我國電腦資訊業之實證」，私立大同大學事業經營研究所未出版碩士論文。
- 林健治，1993，「資料包絡分析法與其權數之探討—以臺灣森林業經營之效率評估為例」，國立交通大學管理科學研究所未出版碩士論文。
- 吳學良與林育司，2005，「經濟部科技專案執行效率之評估—資料包絡分析之實證」，科技管理期刊，第10卷第1期：101-134。
- 袁建中、黃志男與張寶誠，1999，「資料包絡分析法在科技專案執行效率評估的應用—以能源科技研發專案為例」，科技管理學刊，第4卷第1期：17-38。
- 徐明朗，1991，「民間企業參與工業科技專案之研究」，國立中山大學企業管理研究所未出版碩士論文。
- 徐基生、李宗耀、史欽泰、洪志祥、盧孝成與曾國雄，2003，「運用資料包絡分析法評量工業技術研究院各研發組織之研發績效」，管理評論，第22卷第2期：25-53。
- 徐基生，2004，「大型研究機構績效評估模型之建構」，國立交通大學工業工程與管理系未出版博士論文。
- 郭雍信，2003，「資料包絡分析法應用於科技研發專案計畫績效評估之研究—以XX科學研究院為例」，國防大學國防管理學院資源管理研究所未出版碩士論文。
- 陳信宏，2002，「我國中央層級科技績效評估體系改革架構之芻議」，科技發展政策報導，2002年6月號：387-404。
- 陳契盈，2000，「由專利資料分析我國之研發產出及其關聯」，國立中央大學工業管理研究所未出版碩士論文。
- 陳智賢，1994，「研發成果績效指標之研究：以經濟部科技專案為例」，國立交通大學管理科學研究所未出版碩士論文。
- 黃志男，1996，「資料包絡分析法在科技專案執行效率評估的應用」，國立交通大學科技管理研究所未出版碩士論文。

- 廖振宏，2004，「科技產業專利策略與無形資產之分析－資源基礎之觀點」，私立元智大學國際企業學系未出版碩士論文。
- 蔣侑修，2003，「科技專案評選的專家模糊多準則決策」，國立中山大學公共事務管理研究所未出版碩士論文。
- 賴士葆，1987，「企業技術特性與新產品發展績效相關之研究」，管理評論，第6期：102-114。
- 劉春初，1994，「應用DEA方法探討非營利組織之經營效率－以高雄市各區隊垃圾清運為例」，國立中山大學公共事務管理研究所未出版碩士論文。
- 劉欽元，2003，「科技研發單位績效評估之研究－以應用探勘國軍研發單位績效資料為探討案例」，國防大學國防管理學院資訊研究所未出版碩士論文。
- 蘇雲一，1997，「資料包絡分析法與比例分析法運用於科技專案效率評估之研究」，國立交通大學管理科學研究所未出版碩士論文。
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. Vol. 2 : . 429-444.
- Charnes, A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, R. C. Morey, and J. Rousseau. 1985. Sensitivity and Stability Analysis in DEA. *Annals of Operations Research*. Vol. 2 : 139-156.
- Farrell, M. J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A. Vol. 120 Part 3. : 253-281.
- Golany, B. and Y. Roll. 1989. An Application Procedure for DEA. *OMEGA: International Journal of Management Science*. Vol. 17. No. 3 : 237-250.
- Norman, M. and B. Stoker. 1991. *Data Envelopment Analysis—The Assessment of Performance*, Boston : John Wiley and Sons.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Souitaris, V. 2002. Firm-specific Competencies Determining Technological Innovation : A Survey in Greece. *R&D Management*. Vol. 32. No. 1 : 61-77.
- Thirlwall, A. P. 1999. *Growth and Development : With Special Reference to Developing Economies*. England : Macmillan.

Tobin, J. 1958. Estimation of Relationship for Limited Dependent Variables. *Econometrica*. Vol. 26 : 24-36.

Valdmanis, V. 1992. Sensitivity analysis for DEA models : An empirical example using public vs. NFT hospitals. *Journal of Public Economics*. Vol. 48 : 185-205.