

國立交通大學

科技管理研究所

博士論文

跨國科技競爭力之評估與預測研究



Evaluation and Forecasting on
National Science and Technology Competitiveness:
A Cross-Country Comparison

研究生：劉俊儀

指導教授：袁建中 教授

中華民國九十八年六月

跨國科技競爭力之評估與預測研究

Evaluation and Forecasting on National Science and Technology
Competitiveness: A Cross-Country Comparison

研究生：劉俊儀

Student : Chun-Yi Liu

指導教授：袁建中

Advisor : Benjamin J.C.Yuan

國立交通大學
科技管理研究所
博士論文



Submitted to Institute of Management of Technology
College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Management of Technology

June 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

跨國科技競爭力之評估與預測研究

學生：劉俊儀

指導教授：袁建中教授

國立交通大學科技管理研究所 博士班

摘 要

在知識經濟時代，科技競爭力將是帶動國家經濟發展重要的關鍵因素，因此瞭解世界各國在科技創新發展過程中，資源運用的相對效率與效能，將有助於國家科技政策制定，與資源分配之參考。

本研究的主要目的在於建立一個客觀性評比的架構與方法，來探討科技競爭力，並對「科技發展相對效率與效能」進行量化實證研究。研究者從整體性的觀點，以國際知名的 IMD 全球競爭力報告書為研究基礎，建立評估科技競爭效率與效能之指標與研究數據，應用資料包絡分析法理論，從科技發展投入與產出面來觀察從 1993 年到 2008 年，16 年以來，全球 50 多個國家，在科技競爭相對效率與效能之比較、轉變與發展趨勢，為全球科技發展歷程進行實證紀錄，並進行比較研究。研究結果期望建立世界各國、G7、東亞等區域群組之相對科技競爭效率與效能，並瞭解各國長期的科技效率與效能的差距，同時建立灰預測模型，預測未來科技發展，以助於各國政府科技資源運用與政策之制定。

關鍵字：國家競爭力、科技競爭力、科技指標、效率、效能、資料包絡分析法、灰預測、灰理論

Evaluation and Forecasting on National Science and technology competitiveness: A Cross-Country Comparison

Student : Chun-Yi Liu

Advisor : Dr. Benjamin J.C.Yuan

Institute of Management of Technology
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In this era of knowledge-based economy, the science and technology competitiveness is the key factor that will boost the country's economy development. Therefore, it is an important issue to understand the relative efficiency and effectiveness of the resource operation of countries all over the world in the course of developing in science and technology innovation. And the outcome of such research could serve as a basis of reference for a country's science and technology policy-making and resource allocation.

The purpose of this paper was to establish a structure and approach to objectively evaluate the science and technology competitiveness, and to quantify "the relative efficiency and effectiveness of the science and technology development".

This paper was based on the indicators and statistical data of the IMD's world competitiveness yearbook, and applied the DEA theory to evaluate and analyze the relative efficiency and effectiveness of the science and technology competitiveness, change and the trend of development in more than 50 countries during 16 years, from 1993 to 2008. It also aimed at finding out the difference of the long-term relative efficiency and effectiveness between each country's, including the G7 states and the East Asia countries. Meanwhile this study also applied the moving grey forecasting method to predict on the science and technology development in the future so that each government could be assisted in their science and technology policy-making.

Keyword : national competitiveness, science and technology competitiveness, indicators, efficiency, effectiveness, DEA, moving grey forecasting

誌 謝

首先要感謝指導老師袁建中教授，在論文撰寫過程中的教導與指正，以及在求學階段對俊儀的提攜、照顧與愛護。另外口試委員虞孝成所長、洪志洋教授、江偉平副教授、承立平副教授、康才華副教授，對於本論文提出精闢的修正建議，並時時給予精神上的鼓勵與肯定，令俊儀受益良多。過程中曾國雄教授對於方法論的引導，更增添論文的價值性。另外感謝諸多好朋友們的協助與厚愛，特別是好友張哲維副教授、謝嘉鴻助理教授的支持與義助；還有家人的支持與幫忙，讓俊儀在求學的期間內，各項公務仍能順利與圓滿的進行，在此謹致上最崇高的敬意與謝意。

論文撰寫過程中，承蒙所有好朋友、系助理白瑞箕小姐，李阿鐔小姐，以及學弟妹們，李光斌、高崑銘、吳倚晴、林慶璋等的鼎力相助，使得本論文得以順利完成，俊儀也向他們致上無限的謝意與祝福。



劉俊儀 謹誌

民國九十八年六月

于國立交通大學科技管理研究所

目 錄

中文摘要	.....	I
英文摘要	.....	II
誌謝	.....	III
目錄	.....	IV
表目錄	.....	VI
圖目錄	.....	VI
第一章	緒論.....	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	研究動機.....	2
1.3	研究的問題與目的.....	2
1.4	研究架構與方法.....	3
1.5	研究限制.....	3
1.6	研究名詞定義.....	4
第二章	文獻探討.....	6
2.1	國家競爭力理論.....	6
2.1.1	國家競爭力定義與評估理論.....	6
2.1.2	國際競爭力研究報告之探討.....	9
2.2	國家科技競爭力之評估.....	10
2.2.1	國家科技競爭力評估方法.....	11
2.2.2	IMD 全球競爭力年報與科技評估指標.....	14
2.3	相對科技效率與效能衡量模式之探討.....	18
2.3.1	資料包絡分析法(DEA)理論發展.....	20
2.3.2	DEA 理論在國家科技競爭相對效率與效能評估之應用.....	23
2.4	灰理論與科技競爭力預測.....	26
2.4.1	灰色理論.....	26
2.4.2	灰色預測模式.....	28
第三章	國家科技效率與效能之實證研究.....	34
3.1	國家科技競爭力評估模式.....	34
3.2	觀察國家(DMU 單位)、研究數據與科技指標選取.....	36
3.3	研究程序.....	36
3.3.1	決定科技投入指標與產出指標.....	36
3.3.2	DEA 模式選取.....	42
3.4	DEA 科學效率與效能結果分析.....	43
3.4.1	全球主要國家平均科學效率值分析.....	43
3.4.2	各國歷年科學效率值與群集分析.....	45

3.4.3	區域國家科學效率差距分析.....	47
3.4.4	DEA 效率理論在國家科技政策規劃的應用--以台灣為例.....	50
3.4.4.1	台灣科學發展無效率之因素分析.....	50
3.4.4.2	偏差值分析與台灣達成科學效率國家的目標規劃.....	52
3.4.5	全球主要國家平均科學效能值分析.....	53
3.4.6	各國科學效能值群集分析.....	55
3.4.7	區域國家科學效能差距分析.....	57
3.4.8	相對科學效率與效能之探討.....	60
第四章	科技競爭力預測之實證研究.....	66
4.1	GM(1,1)滾動模型預測科學效能.....	66
第五章	結論與建議.....	74
5.1	結論.....	74
5.2	未來研究方向與建議.....	75
參考文獻	.....	77
附錄	.....	86
自傳	.....	95



表目錄

表 1	本章各節與本研究之關聯性.....	6
表 2	國家競爭力研究報告 IMD 與 WEF 之比較	10
表 3	國內外現有科技指標性質及計算方法之比較.....	13
表 4	歷年度 IMD 科學基礎建設指標.....	15
表 5	歷年度 IMD 技術基礎建設指標.....	17
表 6	灰色理論、機率及模糊理論之區別.....	27
表 7	灰色預測與傳統預測方法之比較.....	27
表 8	1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析.....	39
表 9	歷年台灣達成科學效率國家可參考與學習之國家.....	50
表 10	1993、2001、2002 年台灣科學指標虛擬乘數分析.....	51
表 11	1993 年台灣科學指標偏差值、效率目表及改善空間分析.....	52
表 12	2001 年台灣科學指標偏差值、效率目標及改善空間分析.....	52
表 13	2002 年台灣科學指標偏差值、效率目標及改善空間分析.....	53
表 14	科學效率與效能之相關性分析與 R 平方值.....	61
表 15	2006~2008 年全球主要國家科學效率與效能排名.....	65
表 16	各區域平均科學(指標)效能值(CCR 模式).....	67
表 17	全球平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測.....	68
表 18	G7 平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測.....	69
表 19	亞洲四小龍平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測.....	70
表 20	東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測.....	71

圖目錄

圖 1	研究架構.....	5
圖 2	國家技術能力衡量模式.....	11
圖 3	技術效率衡量方法.....	19
圖 4	Farrell 技術效率示意.....	20
圖 5	DEA 效率前緣與迴歸線對 DMU 效率值的比較.....	21
圖 6	GM(1,1)模式之運算步驟.....	30
圖 7	國家科技競爭力評估模式.....	35
圖 8	依規模報酬與導向區分的 DEA 模式圖.....	43
圖 9	全球平均科學效率值(CCR 模式).....	44
圖 10	1993~2002 年全球主要國家科學相對效率華德法群集分析樹形圖.....	46
圖 11	1993~2008 年全球主要國家科學相對效率華德法群集分析樹形圖.....	47
圖 12	全球科學效率差距分析.....	48
圖 13	以國民所得分析全球科學效率.....	49
圖 14	全球平均科學效能值(CCR 模式).....	54

圖 15	1993~2002 年全球主要國家科學相對效能華德法群集分析樹形圖.....	56
圖 16	1993~2008 年全球主要國家科學相對效能華德法群集分析樹形圖.....	57
圖 17	以人口數分析全球科學效能差距分析.....	58
圖 18	以國民所得分析全球科學效能.....	59
圖 19	1993 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	61
圖 20	1997 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	62
圖 21	2001 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	62
圖 22	2005 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	63
圖 23	2008 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	63
圖 24	1993~2008 年全球平均科學相對效率與效能散佈與迴歸圖.....	64
附錄 1	1993~2008 年全球主要國家科學指標總技術效率值(CCR 模式)	86
附錄 2	1993~2008 年全球主要強勢科學效率國家被參考次數(CCR 模式)	87
附錄 3	1993~2008 年全球主要國家科學指標純技術效率值(BCC-I 模式)	88
附錄 4	1993~2008 年全球主要國家科學指標純技術效率值(BCC-O 模式)	89
附錄 5	1993~2008 年全球主要國家科學指標規模效率值(CCR/BCC-I)	90
附錄 6	1993~2008 年全球主要國家科學指標效能值(CCR 模式)	91
附錄 7	1993~2008 年全球主要科學指標無效率產生之因素(BCC-I 模式).....	92
附錄 8	1993~2002 年全球主要國家相對科學效能排名(CCR 模式)	93
附錄 9	1992~2002 年 IMD 全球主要國家科技排名表.....	94

第一章 緒論

本章說明本研究之研究背景、研究動機、研究問題與目的、研究架構、研究限制及研究定義。研究背景主要是說明科學技術(以下簡稱科技)競爭力的研究對國家發展的重要性。研究動機則是探討本研究從應用績效評估與預測理論來分析全球主要國家科技競爭力效率、效能與發展趨勢。研究目的詳述要達成的具體研究成果，以嚴謹的數量研究方法分析全球主要國家長期科技競爭力的趨勢與發展預測並提出建議。研究架構係以流程圖方式說明本論文整體架構和研究流程。研究定義主要是說明本研究對於科技、科技效率、科技效能、科技競爭力名詞的定義。

1.1 研究背景

過去對於技術進步為經濟成長的主要因素之實證分析已有許多的討論，尤其是科技產業在經濟成長的過程中，扮演著重要的角色。基於科技的重要性，近年來，世界各國均將提升國家科技競爭力視為其最重要的施政目標，而為能瞭解國家整體科技能力到達何種的水準，以及協助政府制定科技政策，提升國家科技競爭力，各國研究機構與學者莫不前仆後繼的投入科技指標的建立與研究，諸如國際知名研究機構瑞士洛桑國際管理學院(IMD)、瑞士世界經濟論壇(WEF)、瑞士經濟合作暨發展組織(OECD)等機構，每年均會提出全球科技競爭力相關的調查報告與數據，主要科技領先國家如美國、德國、日本等政府，以及我國、韓國等亦積極進行相關國際科技競爭力評比之研究。縱觀各種研究報告，不外乎從單一或複合的科技投入指標、過程轉換指標、及科技產出綜合指標來分析科技競爭力，均缺乏研究連續多期、長期性的全面觀察各國科技競爭力投入產出面的相對關係與效率指標，用以解釋為何開發中國家包括台灣、新加坡等、從國際科技發展相關統計發現，其科技投入遠低於先進國家，然而科技實力卻逐年的上升，科技產出的表現與投入間相較有很大的差異，是否意味著這些國家在科技發展資源轉換過程中相對的有效率與有效能。

評估相對科技效率與效能的意義可以從 IMD 全球競爭力報告書中可以加以顯現，部份國家雖然在其政府效率指標、企業效率指標、基礎建設指標均排名前面，邏輯上有高效率的政府與企業，再配合優良的基礎建設，國家經濟應是向上持續成長，然而從 IMD 資料顯示其經濟績效指標卻是下降。從投入、產出的觀點而論，可能的推論是其投入策略或資源配置不當，或者是資源轉換的過程效率不彰，或者政策遞延效應、或是外在環境因素影響等。另外有些國家整體績效雖然逐年上升，然而其政府效率指標、企業效率指標、基礎建設指標均相對的排名落後，但卻擁有高度的經濟績效。邏輯上沒有效率政府與企業，再配合不良的基礎建設，國家經濟應是向下持續成長，然而從 IMD 資料顯示其經濟績效指標

卻是逐年名列前茅。因此如能瞭解各國在科技發展過程相對的效率與效能，將更能深入瞭解一國的科技競爭力與未來發展潛力。本研究企圖從投入產出面來觀察世界各國長期以來的科技相對競爭效率，並以 IMD 全球競爭力報告書為研究數據與比較基礎。

1.2 研究動機

在知識經濟時代，科技競爭力將是帶動國家經濟發展重要的關鍵因素，因此瞭解世界各國在科技創新發展過程中，資源運用的相對爭效率與效能，將是個重要議題，而且可做為國家科技政策研擬與資源分配之參考。評估相對效率與效能常用的數量方法有比值法與回歸分析法，本研究應用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis，以下簡稱 DEA)來衡量不同國家之間科技發展的相對效率。DEA 為衡量多項投入、產出之決策單位相對效率的方法，自 1957 年 Farrell 提出相對效率理論以來，許多學者相繼投入研究，在理論應用的實證研究上評估包括營利與非營利事業單位如軍事單位、學校、醫院、研發單位、企業等等之相對效率或經營績效，但較少有應用在國家間效率之比較研究。袁建中、劉俊儀(1997)提出衡量國家技術能力之模式並建議運用 DEA 評估國家科技相對效率的想法，而後續研究者更有將 DEA 理論等多目標決策方法運用在國家競爭力發展策略績效之比較研究。

如能將歷年來各國科技發展相對效率與效能趨勢進行差異比較，配合探討各國科技政策進行，可以歸納出已開發中與未開發中國家的科技進步的發展經驗，並檢視各個國家過去在提昇科技效率與加強科技發展所扮演的角色。本研究嘗試瞭解有效率的科技策略是由那些因素所組成？全球主要國家科技發展長期的趨勢為何？

1.3 研究的問題與目的

本文主要研究的問題是因為不同專業研究機構對於國家間科技競爭力評比常有不同的評估結果，造成世界各國在引用與解釋上的爭議，因此本研究認為是否能以現有國際上已公認的競爭力評估報告書中的評估指標與數據為基礎，找出另外一個客觀性評比的架構或方法來探討科技競爭力，讓績效評估的面向更具周延性與比較性。

本研究的主要目的在於建立一個客觀性評比的架構與方法，來探討科技競爭力，並對「科技發展相對效率與效能」進行量化實證研究。研究者從整體性的觀點，以國際知名的 IMD 全球競爭力報告書為研究基礎，建立評估科技競爭效率與效能之指標與研究數據，應用資料包絡分析法理論，從科技發展投入與產出面來觀察從 1993 年到 2008 年，16 年以來，全球 50 多個國家，在科技競爭相對效

率與效能之比較、轉變與發展趨勢，為全球科技發展歷程進行實證紀錄，並進行比較研究。研究結果期望建立世界各國、G7、東亞等區域群組之相對科技競爭效率與效能，並瞭解各國長期的科技效率與效能的差距，同時建立灰預測模型，以做為各國政府科技資源運用與政策制定之參考。

1.4 研究架構與方法

本文研究架構為第一章緒論敘述本研究之背景、動機、目的與研究架構，第二章則是進行全球科技競爭力研究、資料包絡分析法理論、灰預測理論等文獻進行探討。第三章為 DEA 在國家科技競爭效率與效能之實證與應用，探討各國科技競爭力的情況，並運用群集分析法加以分析，第四章為灰預測模型之實證研究，最後為結論與建議。本研究採用敘述性方法與數量性方法同時並用，透過數量性的定量分析，可以增加研究之實證性。研究架構詳如圖 1。

1.5 研究限制

本研究有以下的研究限制：

- (1)為求科技指標之公正性與完整性，本研究直接採用 IMD 全球競爭力報告書中的科學技術指標，因此僅能在現有的科技指標中，進行投入與產出指標之間的相關性分析，然後再選擇具有相關性的指標進行實證研究，此將會影響評估科技效率與效能的結果與代表性。
- (2)IMD 在科技指標的相關數據上，由於各國調查數量或有缺乏，或有沿用舊年度的數據，將會造成評估結果的誤差。
- (3)DEA 分析模式屬數學規劃之範疇，因此對於投入產出項的變動、資料值的離群值(outlier)非常敏感，要規劃出最佳的效率前緣的基本要求有：資料數據需正確，受評估之 DMU 屬於同性質、同規模的產業，否則求得的效率值將失去意義。
- (4)由於 IMD 歷年技術指標大多為產出或資源轉換指標，欠缺明確的投入指標方面，本研究在實證上將無法進行 IMD 的技術指標 DEA 分析，以避免研究的偏失。

1.6 研究名詞定義

本研究所主要使用之名詞定義如下：

- (1)科技：科學與技術之簡稱。
- (2)效率、相對效率：以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察單位的總效率值、技術效率值或規模效率值。
- (3)效能、相對效能：以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察單位的效能值。
- (4)科學指標效率：以 IMD 競爭力報告書中的科學指標為基礎，再以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察國家的總效率值、技術效率或規模效率。以下簡稱科學效率。
- (5)科學指標效能：以 IMD 競爭力報告書中的科學指標為基礎，再以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察國家的效能值。以下簡稱科學效能。
- (6)技術指標效率：以 IMD 競爭力報告書中的技術指標為基礎，再以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察國家的總效率值、技術效率或規模效率。以下簡稱技術效率。
- (7)技術指標效能：以 IMD 競爭力報告書中的技術指標為基礎，再以資料包絡分析法理論所計算出的各觀察國家的效能值。以下簡稱技術效能。
- (8)科技競爭力：以上述分析法探討世界各國科技效率與效能值的比較結果。

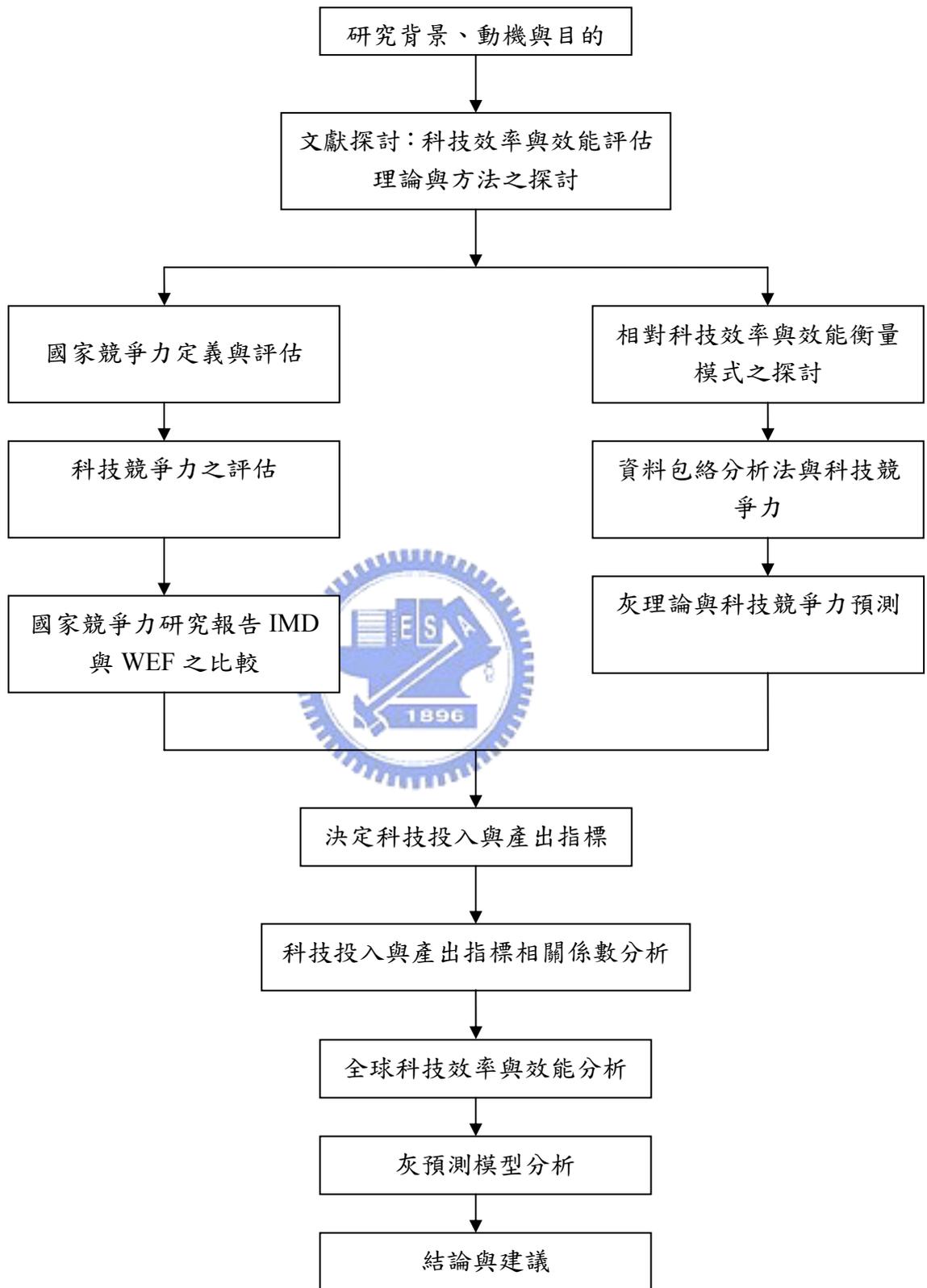


圖 1 研究架構

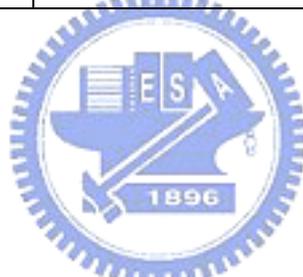
第二章 文獻探討

本研究期望透過文獻的回顧，界定研究問題及其範圍，做為評估與分析全球主要國家科技競爭效率與效能的理論基礎，本章各節與本論文之關聯性如下表 1 所示。

表 1 本章各節與本研究之關聯性

節次	主題	與本研究之關聯性
2.1	國家競爭力理論與國際研究報告之探討	國家競爭力理論之探討可做為本研究分析科技競爭力之參考基礎。
2.2	科技競爭力之評估	藉由探討主要研究機構衡量國家競爭力指標之理論基礎，以做為決定科技競爭力指標之依據。
2.3	相對科技效率與效能衡量模式之探討	探討效率理論、資料包絡分析法(DEA)理論發展，以及其在評估國家科技競爭效率與效能之應用。
2.4	灰理論與科技競爭力預測	瞭解灰預測的理論基礎，以利後續建立科技競爭力模型的建立與發展。

資料來源：本研究整理



2.1 國家競爭力理論

本研究主要是探討國家科技競爭力，科技競爭力為國家競爭力的一部份，因此要瞭解科技競爭力相關問題，亦應先對國家競爭力進行探討。以下分為 2 小節說明國家競爭力評估理論與國際競爭力研究報告等相關議題。

2.1.1 國家競爭力定義與評估理論

國家競爭力的探討起源於古典經濟學理論，古典經濟學家Adam Smith提出以土地、資本、自然資源及勞動力等做為衡量國家生產力的要素。20世紀後的經濟學家則認為，除前述四項基本要素外，國家政策面因素亦會影響競爭力，這些政策面包括：政府法令、教育政策、科技政策、創新政策、政府效率與廉能等。關於國家競爭力的研究，依觀察的對象來看，可分為企業、產業、與國家等三個層面的競爭力研究。IMD 「2008年全球競爭力年報」中特別引述美國國家競爭力委員會對於競爭力提供14項的定義，各項定義所探討的面向雖有所不同，但由此可大略得知競爭力的整體面貌，茲將此14項競爭力的定義分述如下：

- 1.競爭力主要探討何種的因素與政策，可以讓國家有能力建立一個能讓企業創造更多價值，讓民眾生活富足的環境，其屬於經濟學的知識領域。(資料來源：IMD's World Competitiveness Yearbook, 2003)
- 2.一國可以達成並維持平均每人 GDP 高成長率的能力。(資料來源：World Economic Forum, Global Competitiveness Report, 1996, p.19.)
- 3.競爭力是相對而非絕對的。當它在面對競爭環境、人的潛能、技術改變時所需做的策略性變革時，均會受到股東、消費者價值觀、財務能力所影響。(資料來源：Feurer, R. and K. Chaharbaghi, "Management Decision", Vol. 32, No. 2, pg. 49. 1994.)
- 4.一個公司如能比國內外競爭者，以較少的成本，生產更優良品質的產品，則表示其具有競爭力。競爭力也代表是一個公司的長期獲利績效，員工報酬與業主權益。(資料來源：Report of the Select Committee of the House of Lords on Overseas Trade, 1985)
- 5.競爭力指的是企業能提供在價格及品質上，均優於其它國內競爭者，且設計出更具吸引力的全球性產品的既有能力、未來能力和機會點。(資料來源：European Management Produce and Market.)
6. 國家競爭力指的是一個國家建立、生產及發展國際貿易產品或服務的能力。(資料來源：Scott, B. R. and Lodge, G. C., "US Competitiveness in the World Economy", pg. 3, 1985.)
- 7.國家競爭力包含了效率與效能等兩個概念。效率 (efficiency)，指以最低的成本達到目的；效能 (effectiveness)，指擁有正確的目標。(資料來源：Buckley, P. J. et al, "Measures of International Competitiveness: A critical Survey", Journal of Marketing Management, 1988)
- 8.國家競爭力意指生產力、效率及獲利力，它的主要目的為提升生活水準及增加社會財富。(資料來源：Competitiveness Advisory Group, (Ciampi Group). "Enhancing European Competitiveness". First report to the President of the Commission, the Prime Ministers and the Heads of State, June 1995
- 9.國家競爭力應該被視為一個能夠提升生活水準、提供工作機會及消滅貧窮的基本方法。(資料來源：Competitiveness Advisory Group, (Ciampi Group). "Enhancing European Competitiveness". First report to the President

of the Commission, the Prime Ministers and the Heads of State, June 1995)

10. 國家競爭力指的是在自由貿易的市場，國家可以長期提供符合國際需求的產品、服務，以及增加人民收入的能力。(資料來源：OECD)
11. 產業的競爭力是指公司或產業面對國際競爭者挑戰的能力。(資料來源：US Department of Energy)
12. 國家競爭力指的是能提供符合國際市場需求的產品及服務，以及提高人民生活水準的能力。(資料來源：US Competitiveness Policy Council, the First Report to the President and Congress, 1992.)
13. 競爭力指的是一國能夠提供其公司、產業、或跨國企業在面對國際競爭時，具有相對的高收益及勞動力的能力。(資料來源：OECD, “Industrial Competitiveness: Benchmarking Business Environments in the Global Economy”, 1996.)
14. 企業競爭力是指提供比競爭者更好的產品及服務，讓消費者願意購買的能力。(資料來源：Department of Enterprise, Trade and Employment, UK)

從上述國家競爭力的定義與研究，可以瞭解國家競爭力主要的成果展現是國民生活水準與國民所得，而過程中的表現則是國內企業或產業在產品與服務上的相對競爭力，而整體的衡量概念是效率與效能。從 1990 年以來，國際間的研究單位或學術機構，均自行發展出評估競爭力的方法與系統，整體而言，其表現與評估競爭力的方式分為模式法與指標法兩種。模式法意指以一套模式來分析國家競爭力，譬如 Michael Porter(1990) 將國家競爭力概念整合成一個系統性的國家競爭力鑽石模型 (Competitiveness Diamond)。

Porter 的鑽石模型由生產、需求、相關與支援產業、企業策略(企業結構及同業競爭)等四類因素組成，主要可用來分析大型國家的競爭力。而 Keith & Lance (1997)提出四種執行鑽石模型之流程包括：(1)決定國家之重要產業群集(2)決定主要貿易國家；(3)決定國家競爭力指標；(4)導入鑽石模型分析模式。後續學者以鑽石模型為基礎，提供修正意見，包括 Dunning(1992)建議應於 Porter 鑽石模型中，加入跨國企業構面。Cartwright (1993)建議鑽石模型應分析由其他國家所獲得之效益，可增加 5 個 off-shore 變數。Daly (1993)認為國家競爭優勢亦可從勞動成本與匯率市場獲得。Narula (1993)認為關鍵技術亦會對鑽石模型各構面有重大影響。Rugman and Verbeke (1993)實證研究發現跨國企業可增加競爭優勢。Rugman & D'Cruz (1993)提出雙鑽石模型(Double-Diamond)，將由貿易伙伴所得之

效益整合納入競爭力分析。Rugman & Verbeke(1995)則針對小型國家定義一般雙鑽石模型(Generalizability of the Double-Diamond)。

關於用指標法來衡量國家競爭力的研究方面，各國研究機構與學者莫不前仆後繼的投入競爭力指標的建立與研究，諸如國際知名研究機構瑞士洛桑國際管理學院(IMD)、瑞士世界經濟論壇(WEF)、瑞士經濟合作暨發展組織(OECD)等機構，每年均會提出全球競爭力相關的調查報告與數據，下節將特別說明與比較主要評比機構 IMD 與 WEF 在國家競爭力評比之異同。

2.1.2 國際競爭力研究報告之探討

本節主要探討瑞士洛桑國際管理學院(IMD)及日內瓦世界經濟論壇(WEF)二者專業機構在分析與評比全球競爭力之差異比較，以做為本研究在選取科技指標之參考基礎。

「全球競爭力報告書」是於 1979 年由 WEF 首先開始出版，而 WEF 及 IMD 聯合出版 1989~1996 年之全球競爭力報告書。後因兩機構對於國家競爭力評估的方法有所差異，於 1996 年之後各自出版「全球競爭力報告」。表 2 為國家競爭力評比單位及指標之綜合比較，由表中可以發現，IMD 著重在各國現況的表現，指標採用較為客觀，WEF 則著重在國家未來發展與成長，指標採用較為主觀。

就此二研究單位歷年之報告書可以得知，WEF 不斷的改進其評估體系與指標，WFE 於 1996 年起以開放程度、政府效率、金融實力、基礎建設、技術、企業管理、勞動力、法規制度等 8 個構面來評估國家競爭力；其到 2000 年時則改變為成長競爭力與當前競爭力兩類評估構面；於 2001 年 WEF 調整成長競爭力構面的各項指標；WEF 微幅調整 2002 年與 2003 年的評估指標；2006 年 WEF 又大幅變動，將評估構面改為基本需求、效率提升、創新因素等三項。相較於 WEF，IMD 其報告書則具有延續性、穩定性與可比較性，僅於 2001 年有做大幅變動與調整。換言之，IMD 從 1993 年到 2008 年的報告書的各項競爭力評估指標，大多數具有延續性。有鑑於此，本研究考量評比資料的客觀性與長期性，將選定以 IMD 的國家科技競爭力評估指標做為本研究科技指標選取之基礎。

表 2 國家競爭力研究報告 IMD 與 WEF 之比較

比較條件	洛桑國際管理學院 (International Institute for Management Development, IMD)	瑞士世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF)
客觀性	1. IMD 指標較客觀。 2. IMD 的評比指標中以量化指標為主(佔66.4%)，問卷調查指標為輔(佔33.6%)。	1. 較不客觀。 2. 指標以現代經濟成長理論及實證文獻為基礎。 3. 主觀調查指標達69.8%，量化指標僅佔30.2%。
週延性	1. IMD 選取的指標總數(259個)較多，內涵較為完整。 2. 指標性間互斥性(如消費成長率與儲蓄率、貿易餘額及其佔GDP 比率等)較高。未公布八大競爭力要項及中分類的權重。	1. 要項的權重設定較嚴謹。 2. 設定八大競爭力投入要素對經濟成長的貢獻度(權重)，計算綜合分數。
前瞻性	強調過去1 年經濟表現的各項短期性量化指標。	1. 強調一國未來5 至10 年經濟成長潛力。 2. 對未來經濟成長潛力的評估力較佳。
改進建議	1. 非量化指標亦應根據各國現行法規制度的明文規定、行政命令及政策措施，避免對特定人員的訪查，以消除誤導的主觀認定。惟接受問卷之企業高級經理人員或因資訊不足、或因政府宣導不週，主觀感受或誤認政府對貿易與投資設限仍多。 2. 國家競爭力指創造及累積國富之能力，故競爭力的評比指標除衡量一國創造國富能力之外，並應反映未來中長期創造國富潛力，作為政府研擬前瞻性施政之依據。	

資料來源：行政院經建會，「國家競爭力之意義與內涵」，專題研究特刊第 2 號，3-8 頁，民國 88 年。

2.2 國家科技競爭力之評估

世界各國均將提升國家科技競爭力視為其最重要的施政目標，而為能瞭解國家整體科技能力到達何種的水準，協助政府制定科技政策以提升科技競爭力，各國研究機構與學者均已建立各項科技指標，主要技術領先國家如美國、德國、日

本等政府，以及我國、韓國等政府單位亦積極進行相關國際科技競爭力評比之研究。以下將分兩小節，首先概述國家科技競爭力評估方法，其次專述 IMD 歷年度的科技指標。

2.2.1 國家科技競爭力評估方法

前述國家競爭力評估的方法有模式法與指標法，而科技競爭力亦為國家競爭力的一環，其關衡量與評估方法亦與國家競爭力相同。就模式法而言，袁建中、劉俊儀(1997)提出國家技術能力衡量模式，二人認為比較一國技術能力或競爭力可以從七大因素著手，這七大因素分別是文化、人才、技術、組織、制度、投入面等因素，且各因素之間的交互作用十分複雜，因此建立一套完整之評估模式，才能瞭解國家技術能力之全盤面貌。雖然目前國際上各研究機構已發展出各式各樣的國家科技競爭力指標系統與其定義，然而均欠缺科技相對效率與效能之衡量，袁建中、劉俊儀同時建議運用效率理論與方法，將相對效率與效能的評估納入科技競爭力系統中。

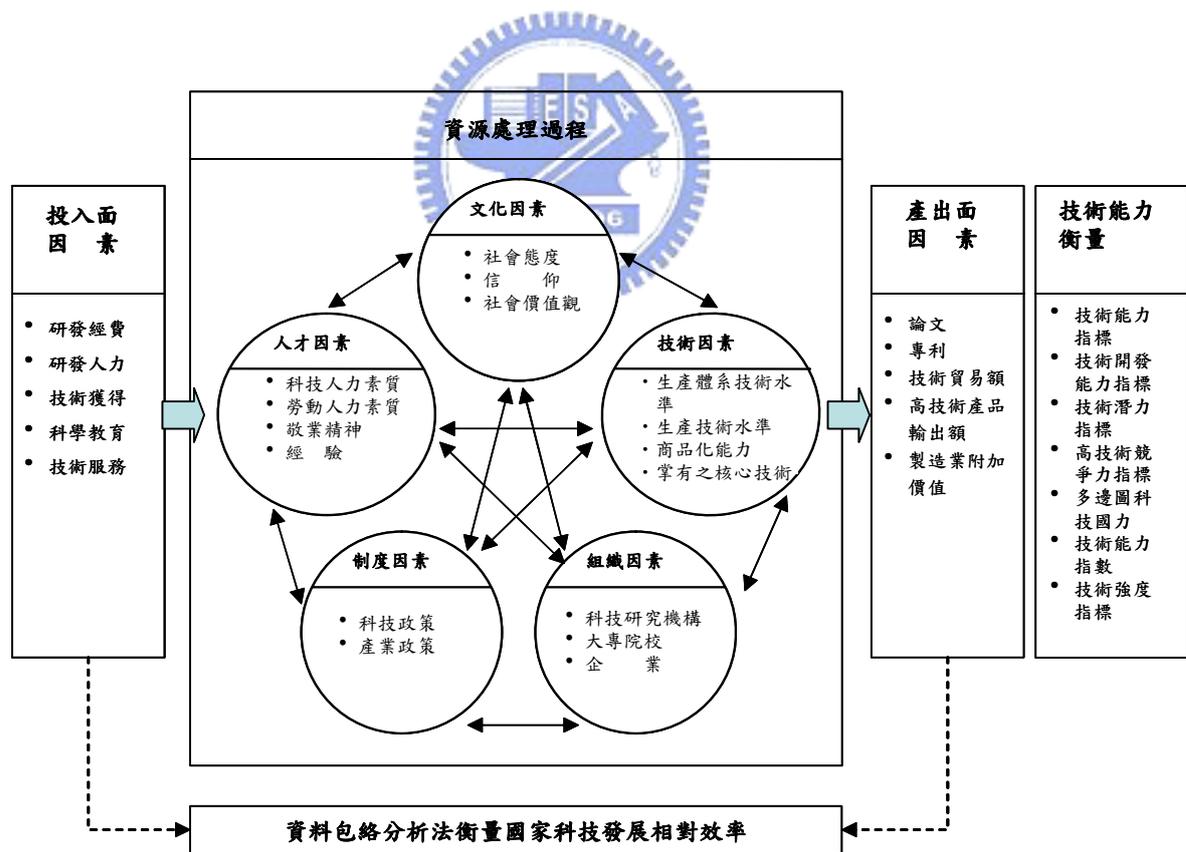


圖 2 國家技術能力衡量模式

資料來源：袁建中、劉俊儀，「衡量國家技術能力之研究--以兩岸技術能力比較為例」，第二卷第一期，科技管理學刊，57-73 頁，民國 86 年

用指標法來評估科技競爭力可說是研究主流，表 3 為左峻德等(1998)所整理出的國內外機構在評估科技競爭力的指標名稱、性質、分析主體，與計算方法。由表中可知各研究機構研衡量國家科技競爭力之指標架構，大多數均以單一指標為評估基礎，而後再依簡單平均法或加權平均法，將各單一指標總和成各種綜合指標。

以評估構面來說明主要研究機構間的異同情形，OECD 將之科技指標之類別分為：國家研發經費、研發人力資源、產業研發、專利、技術擴散、技術與產業績效(生產力、國際競爭力、技術貿易)等六個構面。我國整體產業科技競爭力指標之內涵包括投入面、轉換能力、產出面、科技發展環境面、生產力績效面等五個面向。喬治亞理工學院之技術競爭力指標構面包括：投入面(又細分為國家導向、社會經濟基礎建設、科技基礎建設)與產出面指標(分為技術地位、技術重點、技術變動速度)。日本之科學技術總合指標內涵為投入與產出兩方面指標。IMD 在 2000 年以前將科技指標分為研究發展支出、研究發展人力、技術管理、科學研究環境、智慧財產權等五方面的指標，2001 年以後則將科技指標分為技術基礎建設指標與科學基礎建設指標。

由各研究機構對於科技競爭力的評估方法均可以發現，對於科技效率與效能的衡量的指標較為缺乏，因此探討科技間效率與效能的運作情形，是具有高度的研究價值與意義。



表 3 國內外現有科技指標性質及計算方法之比較

	發表機構	指標	指標性質	分析主體	計算方法
國內相關機構	1. 中華民國國科會委託台灣經濟研究院	研究發展指標	單一指標	全國整體科技	無
	2. 中華民國經濟部技術處委託台灣經濟研究院	技術能力指標	綜合指標	技術能力	簡單平均法
	3. 中華民國經濟部技術處委託台灣經濟研究院	技術開發能力指標	綜合指標	技術開發能力	簡單平均法
	4. 中華民國經濟部技術處委託台灣經濟研究院	整體產業科技競爭力指標	單一指標	整體產業科技競爭力	無
	5. 中華民國經濟部工業局委託台灣經濟研究院	產業研究發展綜合升級指標	綜合指標	個別產業研究發展綜合升級	簡單平均法、定基指數法
國外相關機構	1. 瑞士洛桑國際管理學院(IMD)	科學與技術競爭力指標	綜合指標	全國整體科技	標準化處理、加權平均法(主觀設定權數)
	2. 瑞士世界經濟論壇(WEF)	科學與技術競爭力指標	綜合指標	全國整體科技	標準化處理、加權平均法(主觀設定權數)
	3. 瑞士經濟合作暨發展組織(OECD)	科學與技術指標	單一指標	全國整體科技、個別產業科技	無
	4. 日本科學與技術廳	技術能力指標	綜合指標	技術能力	簡單平均法
	5. 日本科學與技術廳	技術開發能力指標	綜合指標	技術開發能力	簡單平均法
	6. 日本科學與技術廳	科學技術總合指標	綜合指標	全國整體科技	加權平均(利用因素分析法、主成份分析法決定權數)
	7. 美國國科會委託喬治亞理工學院	高科技技術競爭力指標	多項綜合指標	高科技產業	定基指數法、簡單平均法、加權平均法(主觀設定權數)
	8. 韓國 Lim & Song	基礎科學研究能力指標	綜合指標	基礎科學	因素分析法、科技進步函數(利用 Logistic Curve 導出)
	9. 韓國 Lee	企業研究發展效率衡量指標	單一指標	企業研究發展效率	無
	10. 中國大陸國科會	科學與技術指標	單一指標	全國整體科技	無
	11. 中國大陸國科會	國際科技實力綜合平價指標	綜合指標	全國整體科技	簡單平均法
	12. 荷蘭萊登大學科技中心	科技指標	單一指標	全國整體科技	無

資料來源：左峻德、尤敏君，「國家科技競爭力指標之研究」，科技發展政策報導，329-348 頁，民國 87 年 10 月。

2.2.2 IMD 全球競爭力年報與科技評估指標

IMD 從 1989 年起，每年度均會發表全球競爭力年報，並隨國際環境發展，在評估指標上會有所增減，2008 年 IMD 將國家競爭力分為經濟績效、政府效率、企業效率及基礎建設等四個主要評估構面。2008 年 IMD 年報各構面的指標數為經濟績效指標 80 項、政府效率指標 73 項、企業效率指標 70 項、基礎建設指標 73 項，共計 331 項指標，接受評估的國家有 55 個。

2008 年 IMD 的 331 項國家競爭力指標中，其中 131 項屬於統計資料指標，123 項為調查資料指標。調查資料指標的獲得方式，是採取問卷調查，總計調查 3,960 份問卷，IMD 對統計資料與調查資料指標分別賦予權重，統計資料指標權重為 1，調查資料指標為 0.5，最後將各指標數據標準化後，進行整體積分的計算與國家排名。

而在科技指標方面，IMD 在 2000 年以前將科技指標分為研究發展支出、研究發展人力、技術管理、科學研究環境、智慧財產權等五方面的指標，2001 年以後則將科技指標分為技術基礎建設指標與科學基礎建設指標。歷年度 1993 年到 2008 年的 IMD 的科技指標，經本研究整理詳如表 4 與表 5，科學指標總計 61 項指標，技術指標為 32 項指標，各年度採用的指標數均不同。1993 年科技指標數 37 項、1994 年科技指標數 41 項、1995 年科技指標數 39 項、1996 年科技指標數 17 項、1997 年科技指標數 19 項、1998 年科技指標數 20 項、1999 年科技指標數 22 項、2000 年科技指標數 24 項、2001 年科技指標數 34 項、2002 年科技指標數 42 項、2003 年科技指標數 37 項、2004 年科技指標數 35 項、2005 年科技指標數 38 項、2006 年科技指標數 38 項、2007 年科技指標數 43 項、2008 年科技指標數 42 項。

表4 歷年度IMD科學基礎建設指標

IMD科學基礎建設指標 (其中1993到2000年為科技指標)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
(I)Availability of information technology skills are or not available in your country's labor market								⊙								
(I)Basic research does or not enhance long-term economic and technological development	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Business expenditure on R&D	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Business expenditure on R&D (percentage of total R&D expenditure)	⊙	⊙	⊙													
(I)Business expenditure on R&D per capita							⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			
(I)Business expenditure on R&D percentage of GDP														⊙	⊙	⊙
(I)Company and university cooperation is insufficient or sufficient	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙								
(I)Development and application of technology is constrained or supported by the legal envirement						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙						
(I)Engineering sciences do or not attract young talent sufficiently		⊙	⊙													
(I)Financial resources dose or not constrain technological development	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙								
(I)Funding for technological development is generally sufficient									⊙							
(I)Growth of R&D personnel in industry (annual compund percentage rate)	⊙	⊙	⊙													
(I)Growth of R&D personnel nationwide (annual compund percentage rate)	⊙	⊙	⊙													
(I)Intellectual property rights are or not adequately enforced	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙							⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Interest in science and technology is strong among the youth										⊙	⊙	⊙	⊙			
(I)Legal environment hinders or supports scientific research														⊙		
(I)Number of scientists and engineers in R&D (university graduate percentage of total R&D personnel)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙										
(I)Patent and copyright protection is or not adequately enforced								⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			
(I)Private funding of business R&D (percentage of total business R&D)	⊙	⊙	⊙													
(I)Production technologies are generall more advanced than those of foreign competitors	⊙	⊙	⊙													
(I)Public funding of non-defense R&D (percentage of government R&D)	⊙	⊙	⊙													
(I)Qualified engineers are or not available in your country's labor market		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
(I)R&D in key industries is often behind or ahead of foreign competitors	⊙	⊙	⊙													
(I)R&D scientist and engineers in industry (percentage of total R&D personnel)	⊙	⊙	⊙													
(I)R&D scientist and engineers in industry (university graduate full-tme work equivalent)		⊙														
(I)R&D spending of your film increase or decrease in real terms over the next two years	⊙	⊙	⊙													
(I)Real growth in business R&D expenditure (annual real compound percentage growth)	⊙	⊙	⊙													
(I)Real growth in total expenditure on R&D (annual real compound percentage growth)	⊙	⊙	⊙													
(I)Relocation of R&D facilities is or not a threat to the future of your economy						⊙	⊙	⊙	⊙							
(I)Science & technology does or not interest the youth of your country							⊙	⊙	⊙	⊙						

資料來源：本研究整理

表4 歷年度IMD科學基礎建設指標(續1)

IMD科學基礎建設指標 (其中1993到2000年為科技指標)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
(I)Science and education is or not adequately taught in compulsory schools		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎			
(I)Science degrees (percentage of total first university degrees in science and engineering)										◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Science in schools is or not sufficiently emphasized														◎	◎	◎
(I)Scientific research is or not supported by legislation															◎	◎
(I)Sourcing of technology by domestic companies is superior or inferior compared to international competitors	◎	◎	◎													
(I)Technological cooperation is lacking or common between companies	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎								
(I)Technological strategies of companies are or not usually well though out	◎	◎	◎													
(I)Total expenditure on R&D	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total expenditure on R&D per capita							◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total expenditure on R&D percentage of GDP	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total R&D personnel in business enterprise (full-time work equivalent)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total R&D personnel in business per capita (full-time work equivalent (FTE) per 1,000 people)							◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total R&D personnel in industry (percentage of total R&D personnel)	◎	◎	◎													
(I)Total R&D personnel nationwide (full-time work equivalent)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total R&D personnel nationwide per capita (full-time work equivalent (FTE) per 1,000 people)							◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Total R&D personnel nationwide per 1,000 of the labor force)	◎								◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(I)Youth interest in science is insufficient or strong														◎	◎	◎
(O)Change in patents granted to non-residents (annual compound percentage change)	◎															
(O)Change in patents granted to residents (annual compound percentage change)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			◎			
(O)Change in securing patents abroad (annual compound percentage change in the number of patents secured abroad by residents)	◎	◎	◎													
(O)Nobel prizes	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Nobel prizes per capita							◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Number of patents granted in the USA	◎	◎	◎													
(O)Number of patents in force	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎							
(O)Number of patents in force Per 100,000 inhabitants										◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Patent balance (annual compound percentage change between patents secured abroad and domestic patent granted to non-residents)	◎	◎	◎													
(O)Patent productivity (patents granted to residents / R&D personnel in business ('000s))										◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Patents granted (total number of patents granted)	◎	◎	◎													
(O)Patents granted to non-residents (average annual number of patents granted to residents)	◎	◎*	◎													
(O)Patents granted to residents (average annual number of patents granted to residents)	◎	◎**	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Scientific articles published by origin of author										◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
(O)Securing patents abroad (number of patents secured abroad by country residents)	◎	◎***	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

資料來源：本研究整理 * average annual percentage of total petente granted **per100,000 inhabitants ***per100,000 inhabitants

表5 歷年度IMD技術基礎建設指標

IMD技術基礎建設指標	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
(I)Adequacy of communications (availability , reliability, cost) is generally low or high in your economy		⊙	⊙					
(I)Availability of information technology skills (qualified information technology employees are or not available in your country's labor market)	⊙							
(I)Broadband costs (US\$ per 100 kbits/s per month)							⊙	⊙
(I)Broadband subscribers (number of subscribers per 1000 inhabitants)				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Communications technology does or not meet business requirements				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Computers in use	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Computers per capita (number of computers per 1000 people)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Computer power (world share of MIPS(millions of instructions per second))	⊙							
(I)Computer power per capita (MIPS per 1000 people)	⊙							
(I)Cyber security is or not being adequately addressed by corporations				⊙	⊙	⊙	⊙	
(I)Data security is or not sufficiently enforced in your economy		⊙	⊙					
(I)Development and application of technology are hindered or supported by the legal environment		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Electronic commerce is or not sufficiently developed for business opportunities	⊙							
(I)Fixed telephone lines (number of main lines per 1000 inhabitants)		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Funding for technological development is or not sufficient/readily available		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Information technology skills are or not readily available in your country's labor force		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)International fixed telephone costs (US\$ per 3 minutes in peak hours to USA(for USA to Europe))	⊙	⊙					⊙	⊙
(I)Internet costs (cost for 20 hours dial-up per month,US\$)		⊙					⊙	⊙
(I)Internet users (number of internet users per 1000 people)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Investment in telecommunications Percentage of GDP	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Mobile telephone costs (mobile cellular tariffs-US\$ per 1 minute (local))							⊙	⊙
(I)Mobile telephone costs (US\$ per 3 minutes in peak hours)		⊙						
(I)Mobile telephone subscribers (number of subscribers per 1000 inhabitants)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)New information technology and its impelmentation do or not meet business requirements	⊙	⊙	⊙					
(I)Public and private sector ventures are or not supporting technological development							⊙	⊙
(I)Secure servers (number of secure severs per million inhabitants)		⊙						
(I)Suitable internet access (availability , speed, cost) is or not provided your country		⊙	⊙					
(I)Technological cooperation is lack or developed between companies	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Technological regulation hinders or supports business development and innovation					⊙	⊙	⊙	⊙
(I)Telephone lines (number of main lines per 1000 inhabitants)	⊙							
(O)High-tech exports percentage of manufactured exports		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(O)High-tech exports US\$ millions		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

資料來源:本研究整理

2.3 相對科技效率與效能衡量模式之探討

關於科技發展之衡量，大致上可分為投入、產出與資源轉換指標。在科技投入與產出指標研究上，目前各國政府、學者、研究單位均已有長期的探討，並取得一致性的共識，然而對於資源轉換指標與相對效率指標因較無法量化評估，相關研究也較為缺乏。由前述圖 2 國家科技能力衡量模式所示，促使資源轉換有效率的影響因素有文化、人才、技術、組織、制度等等因素，因此如何分析國家科技發展相對效率，資源轉換過程的能力，確實有其難度與複雜性。

關於效率(Efficiency)的定義為以最小的投入獲得最大的產出，效能(Effectiveness)代表的意義是達成目標的程度。對於評估效率的方法，傳統經濟學者常用的方法有比值法、迴歸分析法與線性規劃法。比值法是用簡單的「生產投入與產出之比」的方式，方法簡單，但解釋效率的效果有限，且其在評估多項投入與產出時，便需考量權重問題。迴歸分析法，則使用「生產函數」的概念，導入統計工具，來衡量生產效率，但因基本假設為投入和產出項呈線性關係，對於非線性關係的投入產出項，準確性將較不精準。但自 1957 年 Farrell 提出以生產邊界衡量效率的概念後，各式各樣的效率衡量的方法陸續建立，圖 3 為本研究概述技術效率衡量之方法的示意圖。

因此，在評估科技投入產出的相對效率時，亦可應用上圖 3 所示各種方法來衡量各國科技投入產出相對效率的關係。以目前世界各國科技發展投入與產出指標在資料的連續性、完整性，與指標本身的可接受度，本研究將應用 DEA 理論做為衡量科技相對效率與效能的實證方法。包絡線為 DEA 的理論基礎，包絡線係指所有可能成為有效率的點所連成之邊界，亦即透過數學規劃所獲得的產出極大或成本極小的效率前緣。DEA 衡量效率是建立在柏拉圖最適境界 (Pareto Optimality) 之效率觀念上。

DEA 用包絡線的觀念，將所有接受評估之決策單位(DMU)的投入、產出項投射(map)於空間中，尋找最高單位產出或最低投入的效率前緣，落在效率前緣上的 DMU 稱為有效率單位，效率值為 1，在效率前緣外的 DMU 稱為無效率單位，其效率值介於 0~1 之間，以下分為兩小節詳加說明 DEA 相關理論及其應用。

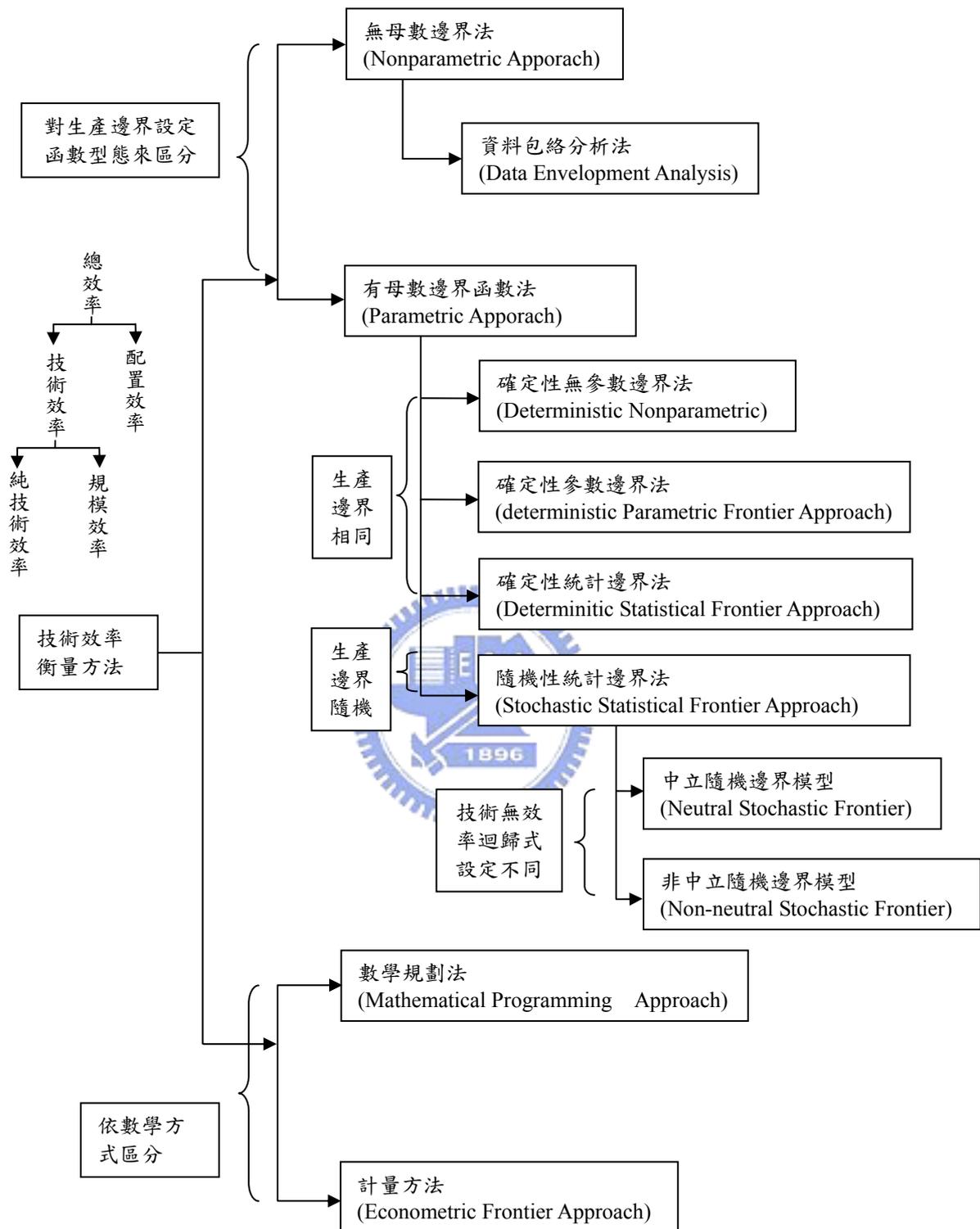


圖 3 技術效率衡量之方法
資料來源：本研究整理

$$h_j^* = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (2-3-1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$0 < \varepsilon \leq u_r, v_i; \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad j = 1, \dots, n$$

x_{ij} 代表第 j 個 DMU 於第 i 項之投入量

y_{rj} 代表第 j 個 DMU 的第 r 項產出值

u_r, v_i 代表第 r 個產出項與第 i 個投入項的權數

h_j^* 表示第 j 個廠商的相對效率值

ε 為極小的正數(一般設定為 10^{-6})，Charnes et al. 稱為非阿基米德數 (Non-Archimedean Quantity)

Banker、Charnes 及 Cooper(1984) 解決當規模為非固定時，提出衡量純技術效率和規模效率的 BCC 模式。Charnes, Cooper, Divine, Ruefli, Thomas(1989) 以為原本在迴歸分析中判定為有效率點 A，依 DEA 效率前緣線觀之則是無效率點，顯示 DEA 比迴歸模式有更佳效率值鑑別能力(圖 5)。

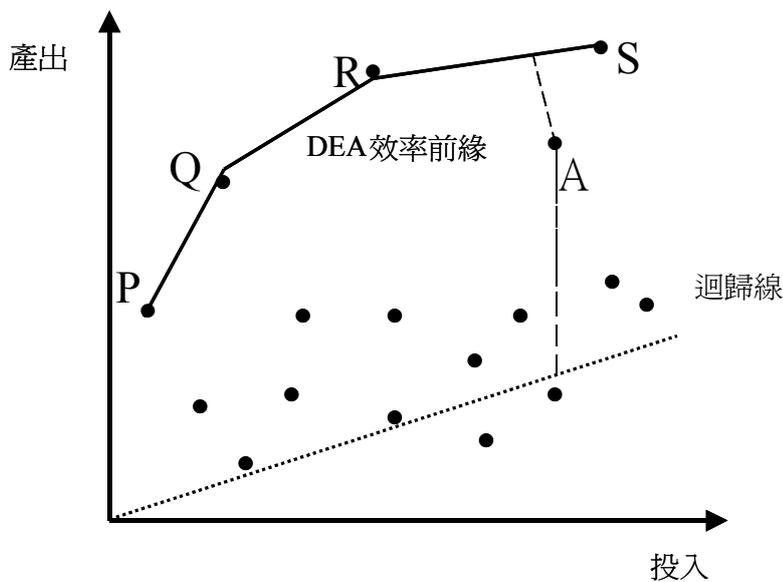


圖 5 DEA 效率前緣與迴歸線對 DMU 效率值的比較

DEA 所選擇之投入、產出項資料必須符合等張性(isotonic) 關係，亦即投入數量增加時，產出數量不得減少。且投入、產出項及決策單位個數亦有一經驗法則，即受評估單位之個數至少須為投入、產出項合計總數之兩倍。

DEA 可以處理多項投入、多項產出之評估問題，可以用單一綜合指標衡量效率，權重之決定不會受人為主觀因素影響，可以同時處理比率資料與非比率資料，也可獲得資源使用狀況之相關資訊，更可以處理組織外部之環境變數。

DEA 分析模式屬數學規劃之範疇，因此對於投入產出項的變動、資料值的離群值(outlier)非常敏感，要規劃出最佳的效率前緣的基本要求有：資料數據需正確，受評估之 DMU 需屬於同性質、同規模的產業，否則求得的效率值將失去意義。

隨著 DEA 方法的廣泛應用，後進學者陸續提出修正理論，以解決 DEA 模式在實證研究上解釋的侷限性，這些理論包括 Charnes, Clark, Cooper, and Golany(1985)之窗口分析；黃旭男(1993)提出跨期 DEA 效能變動分析模型；Andersen&Petersen(1993)提出 A&P 模式，解效率值為 1 的 DMU 之鑑別問題；Doyle, and Green(1994)之交叉效率分析(運用同僚自評方式)；模糊 DEA 模式；江勁毅與曾國雄(2000)之多準則 DEA 模式等等。DEA 方法發展至今，已成為評估非營利事業單位組織效率之最佳的理論模型。

應用 DEA 評估 DMU 的效率與績效的文獻相當多的，舉凡各種公私立部門、教育單位、醫院、行政機構、銀行、金融業、農、林、漁業、旅遊業、交通業等等之效率評估。在國內以 DEA 評估各組織語與單位的績效研究至少有 1000 篇以上，近期的研究文獻有邱紹成(2002)以 DEA 評估台灣育成中心營運效率。徐基生等(2002) 運用 DEA 法評估工業技術研究院各研發組織之經營績效。楊志慶(2005) 對於臺灣養豬示範戶生產效率進行績效衡量。胡光華(2007)以 DEA 進零銀行風險胃納之衡量與績效評估。林立弘(2007)建構台灣地區國際觀光旅館績效評估模式。徐孝義(2008)評估美國連鎖加盟餐廳績效。方進義(2008) 以四階段 DEA 模式探討證券商經營效率。陳麗如(2008)探討保險產業經營績效與生產力分析。戴文禮(2008)使用 DEA 的方法，客觀及完整地研究供應鏈管理的績效。林昭伶(2008)以 DEA 進行會計師事務所人力資本與經營績效分析。江俊霖(2008) 以資料包絡法探討企業整合之生產效率研究。莊汪清(2008)，將 DEA 應在擇股模式之建構。林永能(2009)運用 DEA 進行國防部所屬單位預算執行績效評估。

資料包絡分析法 (DEA)，可同時處理多個不同單位的投入與產出，為單一總體衡量指標。且不須事先知道投入、產出之間的函數形式，避免了實務上在投入產出關係不明確情況下假設之生產函數而導致的誤差；DEA 可提供各受評估之 DMU 的最佳加權值，以儘可能提昇該 DMU 之效率，由於權重無須事先賦予，

可避免人為的主觀判斷；此不僅可指出效率有待改進的 DMU，也可提供決策者改進各種影響效率值的可行途徑，如資源投入數應刪減多少，或需增加多少產出才能達到有效率。

2.3.2 DEA 理論在國家科技競爭相對效率與效能評估之應用

關於 DEA 應用在國家競爭力或科技競爭力評估的研究國內外較少，袁建中、劉俊儀(1997)建議衡量國家技術能力模式中可以用 DEA 理論進行科技效率分析。Rousseau(1997)等使用 DEA 建立國家間相對科技效率的比較。呂恆志(1999)以 DEA 檢驗台灣與其他 27 個國家科技發展的相對效率，並以灰色模型 GM(1, N) 預測投入與產出間的量化分析。劉俊儀、袁建中、曾國雄(2003)以 DEA 評估 1993 年到 2002 年台灣與全球主要 40 多個國家相對科技競爭效率之比較。羅佳珍(2003)以 DEA 及標竿分析法探討 14 個亞洲國家在 2000 及 2001 年之整體競爭力。李健瑞(2003)以資料包絡分析法比較 1994 與 2002 年 20 個國家科技競爭效率。林巨凡(2004)，用 DEA 與麥氏指數分析 1997~2001 年 OECD 會員國(29 國)非 OECD 會員國之科技競爭力。金新安(2007)以劉俊儀(2003)的全球主要 40 多個國家 10 年相對科技競爭效率之研究為基礎，繼續應用 DEA 分析探討台灣與南韓的長期科技能力比較。

部份相關競爭力的研究共同性的問題有，評估的指標是研究者自行選定，評估指標少，且沒有經過國際公認，觀察國家數目不多讓評比較略顯不足、並欠缺長年度 10 年以上的評估。本研究克服以上問題，指標的選擇將以國際認可的指標，觀察國家多達 50 國，評估的年度將長達 16 年。

對於科技效能的評估，亦即科技目標的達成度，黃旭男(1993)提出 DEA 衡量相對效能 (relative effectiveness) 之模式，以線性規劃模式計算相對效能。黃旭男提出對於以多元準則進行組織之效能評估時，將 DMU 之投入項視均為相等常數或為 1 時，以 CCR 模式衡量 DMU 之產出效率，就相當於衡量 DMU 所有產出項的相對效能。依此理論將可以直接應用 DEA 效率值分別計算出相對的效能值。

黃旭男用數學證明下述(2-3-2)、(2-3-3)、(2-3-4)等三個線性規劃方程式具有同等的意義，因此獲得將所有 DMU 之投入視為相等，而以 DEA 模式衡量產出效率，就等於是對所有產出衡量其相對效能的結論。以下引述黃旭男的文獻加以說明。

對於以多元準則 Z_1, Z_2, \dots, Z_S 進行組織之效能評估時，其一般式如下：

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \theta \\
& \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1 \quad (2-3-2) \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j Z_{i,j} \geq \theta Z_{j_0} \quad ; i=1, \dots, s \text{ criteria} \\
& \quad \lambda_j \geq 0 \quad ; j=1, \dots, n \text{ DMUs}
\end{aligned}$$

當 $X = \bar{X} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n)$, \bar{X}_j 均為常數，而產出為 $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_s)$ 時，
 可以下式求得 CCR 模式之相對效率，

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \theta \\
& \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{X}_{i,j} \leq \bar{X}_{j_0} \quad , \bar{X}_j \text{ constant, } i=1, \dots, n \text{ inputs} \quad (2-3-3) \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{r,j} \geq \theta Y_{j_0} \quad , r=1, \dots, s \text{ outputs} \\
& \quad \lambda_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n \text{ DMUs}
\end{aligned}$$

(2-3-3)式所有 DMU 之投入 X 均為常數，其第一個限制式兩邊之 \bar{X} 可消去，
 所以下述 (2-3-4) 與(2-3-3)式具有相同的意義。

$$\begin{aligned}
& \text{Max } Z \\
& \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1 \quad (2-3-4) \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{r,j} \geq Z Y_{j_0} \quad , r=1, \dots, s \text{ outputs} \\
& \quad \lambda_j \geq 0, \quad ; j=1, \dots, n \text{ DMUs}
\end{aligned}$$

只要以 Z_j 代換(2-3-4)式之 Y_j ，則(2-3-4)式與(2-3-2)式同義。(2-3-2)式所得之 $1/\theta^*$ ，可解釋為純粹以 s 種評估指標 $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_s)$ 為準則求各 DMU 之相對效能 (relative effectiveness)。亦可解釋為所有 DMU 均以一單位投入生產 s 種產出 $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_s)$ 時之相對效率。

DEA 模式基本上為投入產出的觀點，以往學者在理論應用的實證研究上，評估對象主要是包括營利與非營利事業單位如軍事單位、學校、醫院、研發單位、企業等等之相對效率或經營績效。以現有世界各國科技發展指標歷史性數據充分，且可符合 DEA 模式之受評估 DMU 的觀察國家至少為投入產出指標數目之

二倍的經驗法則，只要選擇之模式正確，可將 DEA 理論應用在不同國家科技相對效率之比較研究。透過 DEA 可對生產績效值不佳的 DMU，提出偏差值(差額變數)，做為該 DMU 國家提升科技效率與效能的改進方向。建構完整的國家科技競爭效率與效能 DEA 模式，可以獲得如下的分析結果：

- (1)瞭解 DMU 國家的相對科技效率與效能排名。
- (2)全球科技發展長期趨勢與變動。
- (3)瞭解無效率與無效能 DMU 國家成為科技效率與效能國家，所需加強的項目、應有之科技發展策略、以及可參考與學習的科技效率國家。
- (4)可將圖 3 中許多資源轉換指標納入投入指標，進行 DEA 分析，藉以瞭解 DMU 國家透過政策改善與加強轉資源轉換過程對於科技成果與效率的影響與關連性。資源轉換的指標包括產學合作情形、工程師素質、科技企業籌資難易度、智慧財產保護情形、基礎研究支援長期經濟與科技發展情形、法令支持科技發展的程度等。



2.4 灰理論與科技競爭力預測

進行科技競爭力的預測，預測的技術與方法主要可以分為四大類，分別是傳統的統計預測方法、定性分析、因果分析法、時間序列分析法等。定性分析包括：德菲法(Delphi Method)、市場研究法(Market Research)、歷史類比法(Historical Analogy)；因果分析法有四種包括：迴歸模式(Regression Model)、計量經濟模式(Econometric Model)、購買意願調查法(Intention-to-buy & Anticipation Surveys)、投入-產出模式(Input-Output Model)；時間序列分析法可分為：移動平均法(Moving Average)、指數平滑法(Exponential Smoothing)、Box-Jenkins 法、時間數列迴歸分析法。然而上述各種預測方法均有其侷限性，本研究將應用由鄧聚龍(1982)提供的灰色理論，來建立國家科技競爭力的灰預測模式，此方法特別適用於預測分析，其特色是能充分運用有限的數據與訊息預測未來數值。以下分兩小節敘述灰色理論與灰色預測模式

2.4.1 灰色理論

灰色理論之「灰色」，乃結合「黑色」與「白色」而成。「黑色」表示對信息完全不瞭解；「白色」則為信息完全；所謂「灰色」則為信息不完全，即「部分清楚」及「部分不清楚」之信息貧乏狀態下去，去挖掘系統本身之特性及結構，並適時補充信息，使系統由灰色狀態轉為白色狀態，發展而成之理論。

在現實的世界中，存在著許多的系統，任何一個系統又隱含著若干個子系統，且同時又被若干子系統所包圍。由於系統的複雜與多層次子系統的集合，若想對一個系統做全面的瞭解，往往會因所得之信息不完全或不確定，而無法一窺全貌。當面對一個無法具體描述的系統時，稱之為「灰色系統」。Deng(1982)於提出灰色系統理論，主要是在研究系統模型之不確定性、資訊不完全及運行狀況不清楚下，做系統的關聯分析、模型建立、預測及決策。此理論對事務的「不確定性」、「多變量性輸入」及「離散的數據」能做有效的處理(Deng, 1989；鄧聚龍與郭洪，1997)。鄧聚龍(2000)整理灰色理論、機率及模糊理論之特點及適用時機，如表 6 所示。

在未來的分析中，本研究將運用灰色理論中之灰色預測，並將其理論及應用分述如下表 6。

灰色系統理論將一切隨機變量看成是一定範圍內變化之灰色量，及與時間相關之灰過程。對灰色量之處理並非藉尋找統計規律的方法達成，而是將雜亂無章之原始數據經過處理後，來尋找數的內在規律性，經由處理過後之數列轉化為

微分方程，建立灰色模型，之後再以此進行預測，即稱為「灰色預測」。鄧聚龍(民 89)整理灰色預測及幾個傳統常用的預測方法，並比較所需數據、數據型態、數據間隔、準備時間及數學需求等，如表 7 所示。

表 6 灰色理論、機率及模糊理論之區別

	灰色理論	機率論	模糊集
內涵	小樣本不確定	大樣本不確定	認知不確定
基礎	灰朦朧集	康托集	模糊集
依據	信息覆蓋	機率分佈	隸屬函數
手段	生成	統計	邊界取值
特點	少數據	多數據	經驗(數據)
要求	允許任意分佈	要求典型分佈	函數
目標	現實規律	歷史統計規律	認知表達
思維模式	多角度	重複再現	外延量化
信息準則	最少信息	無限信息	經驗信息

資料來源：鄧聚龍，民國 89 年。

表 7 灰色預測與傳統預測方法之比較

預測模型	所需數據	數據型態	數據間隔	準備時間	數學需求
灰色預測	4 個	等間距及等間距	短、中或長間隔	短	基本
簡單指數型	5~10 個	等間距	短間隔	短	基本
Holt's 指數型	10~15 個	同趨勢	短或中間隔	短	稍高
Winter's 指數型	至少 5 個以上	同趨勢且具規律性	短或中間隔	短	中等
迴歸分析	10~20 個以上	同趨勢且具規律性	短或中間隔	短	中等
Causal 迴歸法	10 個以上	同型態相互配合	短、中或長間隔	長	高
時間序壓縮法	2 個峰值以上	同趨勢且具規律性	短或中間隔	短(稍常)	基本
Box Jenkins 法	50 個以上	等間距	短、中或長間隔	長	高

資料來源：鄧聚龍，民國 89 年。

吳漢雄等(1996)提出灰色預測具有以下優點：(1)灰色預測需要少數據。只需根據實際狀況，選擇適當數量的數據即可，而不須大量的歷史數據，甚至只用四個數據就可建模，進行預測，還能得到精確的結果。(2)一般情況下，灰色預測不須太多關聯因素。因此，簡化資料蒐集之工作。(3)灰色預測既可用於短期，也可用於中長期預測。(4)灰色預測精準度高。在相同之少量數據下，比其他法的模型預測誤差還小。

灰生成即為補充信息之數據處理，是一種就數找數的規律方法，在一些雜亂無章的數據中，設法將其被掩蓋的規律及特徵浮現出來，降低數據中的隨機

性，並提升其規律性，此一過程稱為白化過程。江金山等(1998)整理灰色理論中常用的生成有兩種。一是整體生成又分為累加生成及逆累加生成兩種；另一為局部生成，主要的作用是在非等間距之下，或序列在剔除不當的數據時所出現的空穴 $\phi(k)$ 時，做填補空穴 $\phi(k)$ 數據之用。又分為差值生成及均值生成兩種。

當數據生成後，即可建立一組灰差分方程與灰微分方程之模式，稱為灰建模。建模方式，一般可以分成 GM(1, 1)、GM(1, N)與 GM(0, N)，將這三種建模之意義分述如下：

- (1) GM(1, 1)：表示一階微分，一個輸入變數，一般做預測之用。
- (2) GM(1, N)：表示一階微分，N 個輸入變數，一般做多維關聯分析之用。
以 GM(1, 1)模型為基礎，對現有數據進行預測的方法，實際上是找出某一數列中間各個元素的未來動態狀況。
- (3) GM(0, N)：表示零階微分，N 個輸入變數，一般做多維關聯分析之用。

灰色預測在人力資源應用方面，洪欽銘與李龍鑣(1996)，將少量的歷史資料來推估台灣地區高職教師，在未來幾年所需之人數；陳弘旭(1997)預測未來營造業的就業人口數；梁賢達、劉仁昌(1998)預測台北市高職畢業生未來之發展趨勢；韓季霖(2001)預測台灣地區自民國 89 年至 93 年內科、外科、小兒科與婦產科之各科醫師總供給人數與總需求人數。

在需求量變化方面，謝坤民(1997)以台灣地區人口數，推估為來台灣人口未來人壽保險投保率；許巧鶯與溫裕弘(1998)以航空公司客運網路為對象，建構航線運量預測、航空網路型態設計、航線班機頻次規劃與機型指派模式；黃泰林等(民 87)建構兩岸海運需求量之預估模式；林進財等(2000)以海上航行人員為對象，預測未來航行的船舶數目，及海上航行的人員需求量；許哲強等(2000)運用灰色預測模型及修正灰色殘差模型，來預測台灣地區之區域用電需求量。

2.4.2 灰色預測模式

灰色預測模式，GM(1, 1)模式(Deng, 1989; Lin and Lin, 2001; Hsieh, et al., 2002; Lin and Yang, 2003)，能夠不斷地精準的預測。灰色預測模式，可以在資料量不是很充足之狀態下建構預測模式。Deng (1989)指出只要四個資料點即可建構 GM(1, 1)之預測模式。在一般之預測模式，當有很多個變數需被考慮時，必須考慮大樣本，且服從某一個分配，才能分析及比較變數之間關係。然而，灰色預測僅需少量之樣本，且資料不需服從某一分配，即可做預測。因此，灰色預測非常適合運用在預測國家科技競爭力。

灰色預測是將系統內已發生之時間數列，透過累加生成之運算，找出系統內行為發展之規律。圖 6 說明 GM(1, 1) 模式之運算步驟之圖解說明，而其進行步驟如下(Deng, 1999; Lin and Yang, 2003)：

步驟一：建立原始數列

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \quad (2-4-1)$$

步驟二：建立累加生成(build accumulated generating operation, AGO) 序列
累加生成，是系統補充信息之數據處理方式，是一種就數找數之規律方法。決策者可以在凌亂之數據中，找出被掩蓋之規律及特徵，並設法加以浮現。利用生成之方法來將低數據中之隨機性及雜訊效果，藉以提高數據之規律性。

在此，X (1) 序列定義為 X (0) 原始序列之一階累加生成，其計算式表示如下：

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)) \\ &= \left(\sum_{t=1}^1 X^{(0)}(t), \sum_{t=1}^2 X^{(0)}(t), \dots, \sum_{t=1}^n X^{(0)}(t) \right) \end{aligned} \quad (2-4-2)$$

步驟三：建立一階微分方程

以 X (1) 累加生成後所定義之灰微分方程式之白化方程式為：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b$$



(2-4-3)

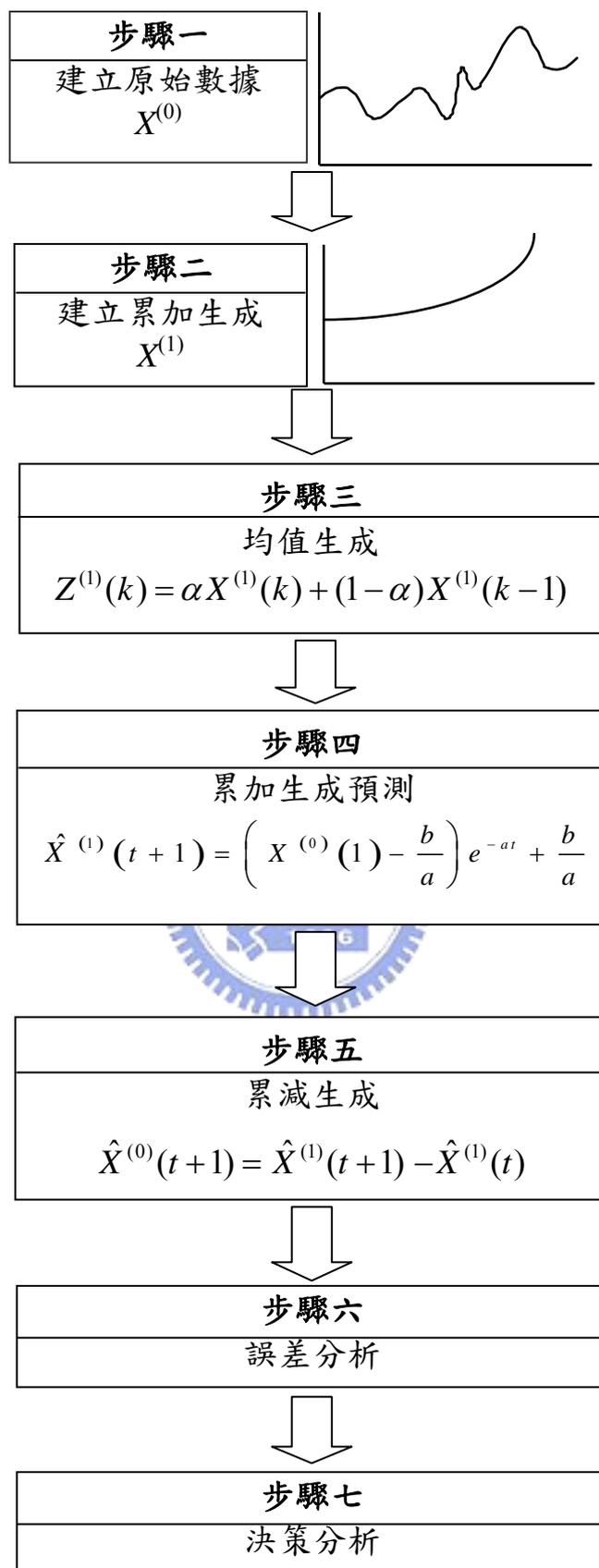


圖 6 GM (1, 1)模式之運算步驟

其中，t 為系統之獨立變數；a 稱為發展係數，為反映動態過程發展趨勢之參數；b 稱為灰作用量。此兩變數可視為灰預測之特定之係數。

由式(2-4-3)可得

$$X^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b, \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2-4-4)$$

對所有的 $k = 2, 3, \dots, n$ 而言，亦即

$$X^{(0)}(2) + aZ^{(1)}(2) = b$$

$$X^{(0)}(3) + aZ^{(1)}(3) = b$$

⋮

$$X^{(0)}(n) + aZ^{(1)}(n) = b$$

其中 $Z^{(1)}(k) = \alpha X^{(1)}(k) + (1 - \alpha)X^{(1)}(k - 1)$ ， α 為調整係數。(2-4-5)

以最小平方法，可解系統模型參數 a 與 b，推導過程如下：

令

$$Y_N = [X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)]^T$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

可得 $Y_N = B\hat{a}$

其中， Y_N 為數據列；B 為數據矩陣； \hat{a} 為參數列。

令 ε 為 $Y_N - B\hat{a}$ 之最小值，且令函數 $L = \varepsilon^T \varepsilon$ ，將 ε 代入得出：

$$L = \varepsilon^T \varepsilon = (Y_N - B\hat{a})^T (Y_N - B\hat{a})$$

以 B 為變數對 L 做偏微分，得出：

$$\frac{\partial L}{\partial B} = (Y_N - Ba)^T - a [B^T Y_N - (B^T B)a]$$

$$\frac{\partial L}{\partial B} = 0$$

可求出極值：

$$B^T Y_N - (B^T B)\hat{a} = 0$$

可求得：

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N \quad (2-4-6)$$

步驟四：計算累加生成預測

經由(2-4-1)與(2-4-2)式之定義，及 X (1)之初始值 $X^{(0)}(1) = X^{(1)}(1)$ ，利用一般常微分方程式求解，可得(2.4.3)式 X (1)之響應式為：

$$\hat{X}^{(1)}(t+1) = \left(X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-at} + \frac{b}{a} \quad (2-4-7)$$

步驟五：計算累減生成(Inverse-Accumulated Generating Operation, IAGO)之轉換

在(2-4-7)式中，預測之結果是經過累加生成。所以，必須做累減生成，將數據還原，才能得到原始數據之預測值，即(2-4-8)式所示。

$$\hat{X}^{(0)}(t+1) = \hat{X}^{(1)}(t+1) - \hat{X}^{(1)}(t) \quad (2-4-8)$$

其中， $\hat{X}^{(1)}(t+1)$ 表示在 k+1 時點之預測值。

當 t=1, 2, ..., n, 則其預測值之數列，可表示如下：

$$\hat{X}^{(0)} = (\hat{X}^{(0)}(1), \hat{X}^{(0)}(2), \dots, \hat{X}^{(0)}(n+1))$$

其中 $\hat{X}^{(0)}(n+1)$ 是 X(n+1)之灰基本預測值。

步驟六：計算誤差

灰預測模型建立後，必須要對實際值及預測值做比較，來了解所建置系統之準確性。為了說明預測模式之有效性，本章之研究使用殘差來計算實際值與誤差值之間的差異。(2-4-9)式為計算灰色預測所產生之殘差；而(2-4-10)式則為平均殘差。

$$\text{殘差} = \left| \frac{X(t) - \hat{X}(t)}{X(t)} \right| \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2-4-9)$$

$$\text{平均殘差} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X(t) - \hat{X}(t)}{X(t)} \right| \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2-4-10)$$

步驟七：決策分析



第三章國家科技效率與效能之實證研究

本章主要先提出國家科技競爭力評估模式，其次是應用 DEA 理論評估全球主要國家之科技效率與效能。在評估經營效率之程序為，首先先定義及選擇欲評估之觀察國家(DMU)，接者是確定具相關性的科技投入、產出項指標，並選取適合之 DEA 模式，最後做評估結果之分析，以下將分 4 小節探討 DEA 在國家科技競爭效率與效能之實證研究。

3.1 國家科技競爭力評估模式

本研究以圖 2 國家技術能力衡量模式與 DEA 理論為基礎，建構一個新的國家科技競爭力評估模式。此模式可以圖 7 所示，在此競爭力模式中，建議除以科技投入、資源轉換、產出等指標做為評估各國科技競爭力外，應輔以評估各國在科技發展上的相對效率與效能，如此就是一個比較完整，且可以代表國家科技競爭力的衡量架構。

模式中顯示，在評估效率與效能上，可以區分為科學與技術指標兩類，二者可以合併評估，亦可分開評估，由科技效率與效能值代表各國的科技競爭力。本研究所探討的相對效率主要是指效率理論中的技術效率，再以此相對效率值，推估相對效能值。在評估全球科技效率與效能方面，可依「全球趨勢發展」、「區域競爭力差距」、「科技競爭力分群」、「科技競爭力排名」等四個評估構面來探討各國相對科技競爭力。以下分別敘述各評估構面所探討的內容。

在「全球趨勢發展」構面上可以從「全球科技相對效率與效能長期發展趨勢」、「區域科技相對效率與效能長期發展趨勢」、「全球科技發展長期變動圖」等三方面來加以分析全球科技發展。此構面主要計算各國歷年相對的科技效率與效能值，再分別計算全球平均值、區域平均值，並比較變動與發展趨勢。

在「區域競爭力差距」構面上可以從「以國民所得(10,000 美金)分析科技差距」、「以人口數(2 千萬人口)分析科技差距」等兩方面來加以探討，此構面主要以各國歷年相對的科技效率與效能值，再分別依國民所得及人口數為分類基礎，瞭解不同國民所得與人口數在長期的科技上的差距。

在「科技競爭力分群」構面上可以從「全球科技相對效率群集分析」、「全球科技相對效能群集分析」等兩方面來說明，此構面主要以各國歷年相對的科技效率與效能值為分群的基礎，將全球主要科技發展國家，依群集分析法大約分為 4~5 群，以瞭解在科技發展上相似的國家群。

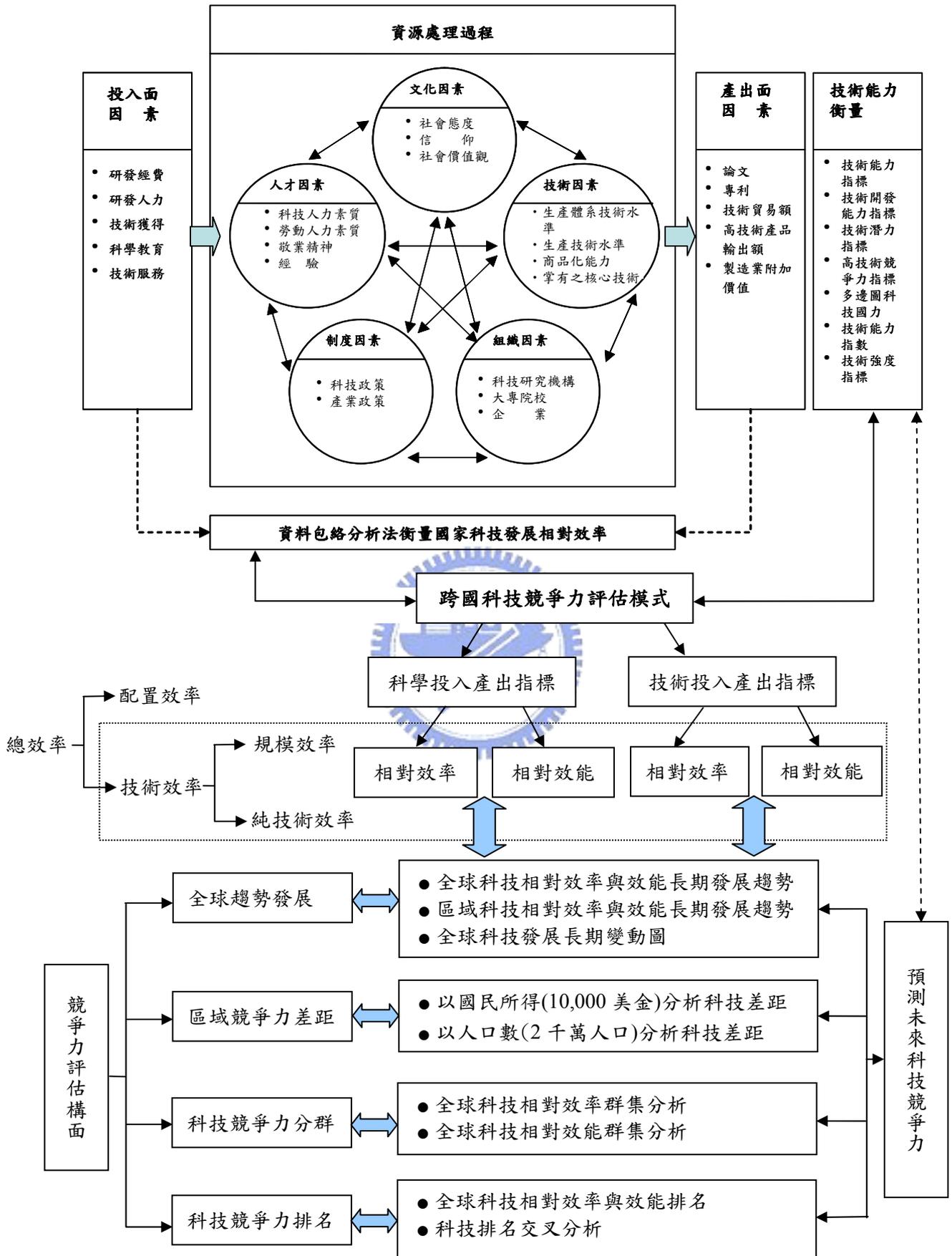


圖 7 國家科技競爭力評估模式

在「科技競爭力排名」構面上，主要是從「全球科技相對效率與效能排名」、「科技排名交叉分析」等二方面來分析，以科技效率與效能值為基礎，對於各國進行排名，並進行交叉比對，瞭解其發展的差異。

3.2 觀察國家(DMU 單位)、研究數據與科技指標選取

為能保有比較之連續性、可分析性與公正性，本研究選擇 IMD 從 1993 年至 2008 年全球競爭力報告書中，34~50 多個國家做為受評估的 DMU 單位與研究數據。在科技投入產出項指標選擇上，直接選用 IMD 衡量科技能力之指標。IMD 於 1995 年以前出版之競爭力報告書，在評估上將 OECD 與非 OECD 國家之計分與排名分開處理，自 1995 年起才將二者合併觀察評估，1996 年報告書更重新演算 1992~1994 年全球各國的科技排名分開處理。以國際公正單位 IMD 所評比的科技排名資料為基礎，在相同的比較基礎下，用相同的指標進行投入與產出的相對效率與效能比較，將具有特殊意義。因為由總體排名可看出科技能力的消長，而從相同指標下所演算出的相對效率與效能的消長、差異性，進而可預測未來的發展趨勢。但是如果總體科技國力積分與相對效率的計算基礎不相同，將使得分析二者關聯性失去一定程度的意義。

由於 IMD 將科技指標分別科學指標與技術指標，本研究為求指標評比的一致性、相關性與正確性，在下述研究項目中均分別討論科學指標與技術指標的選用與演算 DEA 模式，並沒有將所有 IMD 科學指標與技術指標二者整合進行 DEA 分析。

3.3 研究程序

3.3.1 決定科技投入指標與產出指標

首先針對表 4 與表 5 每一年的 IMD 科技指標依投入產出特性進行區分，將區分後之所有投入產出指標進行相關性分析，將與效率衡量較無影響，且負相關的投入產出項去除，經過多次的反覆相關性分析，即可確認出符合進行 DEA 理論的投入產出指標。另外，依據 DEA 的經驗法則，受評估的國家數需大於或等於投入與產出指標數的兩倍。以下分別說明 IMD 科學指標與技術指標是否可以應用在 DEA 模型。

本研究所依表 4 篩選出歷年 IMD 可運用在 DEA 理論的所有科學指標計有 25 個投入指標，8 個產出指標，以下分別說明各指標之內容，科學投入指標以下簡稱 SI，科學產出指標以下簡稱 SO。另外要特別說明的是 IMD 在 2000 年以前

的報告書中將這些指標稱為科技指標，用以衡量一國的科技發展競爭力，到 2001 年以後才將上述指標新分類為科學基礎指標，而為求資料的長期性(16 年觀察期)，因此乃將 1993 年到 2000 年的科技指標亦稱為科學指標，如此方能進行 1993 年到 2008 年的各國競爭力比較研究。應此本研究在進行科學指標效率與效能分析時，在 1993 到 2000 年度亦代表分析各國科技指標的相對效率與效能。

(1)科學投入指標，(說明：1993 年到 2000 年 IMD 稱為科技指標，2001 年後稱為科學基礎指標)

SI(1)指標=全國研發費用 Total expenditure on R&D

SI(2)指標=全國研發費用佔 GDP 之百分比

Total expenditure on R&D percentage of GDP

SI(3)指標=全國研發人員之全時約當數

Total R&D personnel nationwide (full-time work equivalent, FTE)

SI(4)指標=企業研發人員之全時約當數

Total R&D personnel in business enterprise (full-time work equivalent, FTE)

SI(5)指標：智慧財產權保護

Patent and copyright protection is or not adequately enforced

SI(6)指標：基礎研究是否帶動長期經濟與科技發展

Basic research does or not enhance long-term economic and technological development

SI(7)=關鍵產業研發領先國外競爭者情形

R&D in key industries is often behind or ahead of foreign competitors

SI(8)=未來兩年內企業研發費用增減情形

R&D spending of your firm is likely to decrease or increase in real terms over the next two year

SI(9)=生產技術與國外競爭者比較情形

Production technologies are generally more advanced than those of foreign competitors

SI(10)=企業技術策略

Technological strategies of companies are or not usually well thought out

SI(11)=國內企業技術來源領先國外競爭者比較情形

Sourcing of technology by domestic companies is inferior or superior compared to international competitors

SI(12)=企業間技術合作密切情形

Technological cooperation is lacking or common between companies

SI(13)=財務資源限制技術發展情形

Financial resources do or not constrain technological development

SI(14)=產學合作

Company and university cooperation is insufficient or sufficient

SI(15)=每千位勞動人力中全國研發人力

Total R&D personnel nationwide (per 1,000 of the labor people)

SI(16)=企業研發費用

Business expenditure on R&D

SI(17)=優良的工程師供給情形

Qualified engineers are or not available in your country's labor market

SI(18)=法令支持或限制科技發展的情形

Development and application of technology is constrained or supported by the legal environment

SI(19)=研發設備遷移對國家經濟的影響情形

Relocation of R&D facilities is or not a threat to the future of your economy

SI(20)=平均每人研發費用

Total expenditure on R&D per capita

SI(21)=平均每人企業研發費用

Business expenditure on R&D per capita

SI(22)=平均每人之企業研發人員之全時約當數

Total R&D personnel in business per capita (full-time work equivalent(FTE) per 1,000 people)

SI(23)=企業研發人員之全時約當數

Total R&D personnel in business enterprise (full-time work equivalent)

SI(24)=大學畢業生之全時約當數(FTE)

R&D scientists and engineers industry (university graduate full-time work equivalent)

SI(25)=企業研發費用佔 GDP 百分比

Business expenditure on R&D percentage of GDP

SI(26)=平均每人之全國研發人力之全時約當數

Total R&D personnel nationwide per capita (full-time equivalent(FTE) per 1000 people)

(2)科學產出指標 (說明：1993 年到 2000 年 IMD 稱為科技指標，2001 年後稱為科學基礎指標)

SO(1)=諾貝爾得獎數 Nobel prizes

SO(2)=平均每人諾貝爾得獎數 Nobel prizes per capita

SO(3)=全國總註冊專利數 Total number of patents granted

SO(4)=本國人註冊專利數

Patents granted to residents (average annual number of patents granted to residents)

SO(5)=科學文章發表數 Scientific articles published by origin of author

SO(6)=本國人獲得國外專利數

Securing patents abroad (number of patents secured abroad by country residents)

SO(7)=每十萬人本國人國防專利核准數

Number of patents in force per 100,000 inhabitants

SO(8)=專利生產力

Patent productivity (patents granted to residents / R&D personnel in business ('000s))

表 8 為本研究選用 1993 到 2008 年 IMD 各科學投入與產出項指標之相關係數分析，數據顯示各科學投入與產出項均為正相關，可運用這些科學指標進行 DEA 分析。

關於技術投入產出指標評選方面，從表 5 得知由於 IMD 從 2001 起才有技術基礎指標，且歷年度的技術指標大多為或資源轉換指標，包括：通訊技術與成本、通訊技術、電腦使用率、上網數與成本、行動電話、資訊技術、技術合作、科技發展與應用、技術發展基金、技術法令、網路安全等，產出指標僅有高科技出口值與高科技出口佔製造業出口值比率，欠缺明確的技術投入指標(譬如經費與人力)，將無法進行 DEA 模式評估，因此本研究將不探討以 IMD 的技術指標進行 DEA 分析，以避免研究的偏失。後續研究者可以應用本模式繼續進行研究，將 IMD 技術指標中的部份指標例如：高科技出口值、高科技出口佔製造業出口值比率等，與 IMD 的科學指標結合，甚至結合總體經濟 GDP 指標，重新定義一套新的科技投入與產出指標，進行各國的科技效率與效能之比較研究。

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(7)	SI(8)	SI(9)	SI(10)	SI(11)	SI(12)	SI(13)	SI(14)	SI(15)	SI(17)	SI(24)
		1993 國家數 DMUs = 34	SO(1)	0.85	0.42	0.71	--	0.25	0.23	0.21	--	0.14	--	0.27	--	--	0.25	0.20
	SO(3)	0.36	0.40	0.19	0.37	0.36	0.24	0.32	0.30	0.22	--	0.22	--	--	0.19	0.36	--	--
1994 國家數 DMUs = 37	SO(1)	0.79	0.32	0.33	0.57	0.28	0.27	0.30	0.12	0.16	0.15	0.35	0.20	0.19	0.30	--	0.01	0.65
	SO(3)	0.93	0.58	0.40	0.65	0.14	0.52	0.56	0.16	0.53	0.44	0.55	0.50	0.39	0.56	--	0.13	0.61
	SO(4)	0.41	0.60	0.08	0.23	0.34	0.45	0.51	0.17	0.52	0.44	0.45	0.60	0.36	--	--	0.23	0.18
1995 國家數 DMUs = 37	SO(1)	0.82	0.37	0.39	0.73	0.27	0.29	0.33	0.11	0.25	0.26	0.37	0.28	0.26	0.33	--	--	--
	SO(3)	0.91	0.62	0.49	0.84	0.41	0.53	0.58	0.20	0.56	0.54	0.54	0.40	0.43	0.49	--	--	--
	SO(4)	0.46	0.59	0.19	0.40	0.33	0.53	0.58	0.25	0.56	0.54	0.48	0.55	0.42	0.60	--	--	--

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 1)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(12)	SI(13)	SI(14)	SI(16)	SI(17)	SI(18)	SI(19)
		1996 國家數 DMUs = 40	SO(1)	0.79	0.34	0.35	0.69	0.20	0.29	0.23	0.19	0.32	0.81	--
	SO(4)	0.93	0.48	0.53	0.83	0.13	0.29	0.30	0.15	0.27	0.91	--	--	--
1997 國家數 DMUs = 41	SO(1)	0.79	0.33	0.42	0.63	0.22	0.3	0.13	0.24	--	0.81	0.06	0.02	0.23
	SO(4)	0.91	0.46	0.63	0.79	0.15	0.3	0.2	0.24	--	0.89	0.15	0.07	0.08
1998 國家數 DMUs = 41	SO(1)	0.76	0.29	0.40	0.62	0.25	0.37	0.25	0.29	0.35	0.79	--	0.029	0.37
	SO(4)	0.92	0.44	0.58	0.77	0.12	0.37	0.39	0.28	0.29	0.91	--	0.021	0.26

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 2)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(16)	SI(18)	SI(19)	SI(20)	SI(21)	SI(23)	SI(26)
		1999 國家數 DMUs = 42	SO(1)	0.83	0.30	0.54	0.65	0.21	0.33	0.84	0.11	0.24	0.32	0.36	0.14	0.23
	SO(2)	0.26	0.61	0.10	0.16	0.49	0.48	0.26	0.39	0.09	0.71	0.73	0.54	0.61
	SO(4)	0.79	0.40	0.62	0.67	0.16	0.26	0.78	0.10	0.20	0.49	0.52	0.30	0.40

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 3)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(12)	SI(13)	SI(14)	SI(16)	SI(18)	SI(19)	SI(20)	SI(21)	SI(22)	SI(26)
		2000 國家數 DMUs = 42	SO(1)	0.87	0.31	0.66	0.54	0.25	0.39	0.26	0.30	0.35	0.88	0.22	0.32	0.36	0.40	0.23	0.08
	SO(2)	0.27	0.62	0.16	0.07	0.51	0.50	0.47	0.55	0.49	0.27	0.45	0.09	0.74	0.75	0.59	0.49
	SO(4)	0.73	0.40	0.66	0.64	0.13	0.28	0.28	0.20	0.11	0.72	0.10	0.14	0.45	0.49	0.39	0.31

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 4)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(3)	SI(5)	SI(6)	SI(13)	SI(16)	SI(18)	SI(20)	SI(21)	SI(22)
		2001 國家數 DMUs = 44	SO(1)	0.85	0.30	0.66	0.30	0.42	0.30	0.98	0.26	0.36	0.42	0.21
	SO(2)	0.26	0.60	0.17	0.53	0.53	0.55	0.33	0.43	0.79	0.73	0.61
	SO(4)	0.84	0.46	0.80	0.17	0.33	0.23	0.52	0.14	0.49	0.51	0.39

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 5)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(16)	SI(20)	SI(21)	SI(22)
		2002 國家數 DMUs = 47	SO(1)	0.87	0.28	0.64	0.29	0.38	0.90	0.36	0.41	0.21
SO(2)	0.28		0.55	0.17	0.56	0.49	0.29	0.69	0.72	0.60
SO(4)	0.84		0.43	0.75	0.14	0.28	0.80	0.49	0.49	0.37
SO(5)	0.94		0.37	0.77	0.32	0.43	0.95	0.45	0.48	0.30
2003 國家數 DMUs = 50	SO(1)	0.89	0.27	0.64	0.25	0.35	0.90	0.38	0.41	0.15
	SO(2)	0.28	0.47	0.17	0.50	0.40	0.28	0.61	0.63	0.45
	SO(4)	0.84	0.40	0.76	0.14	0.30	0.83	0.48	0.51	0.29
	SO(5)	0.96	0.35	0.76	0.27	0.39	0.96	0.45	0.48	0.22
	SO(6)	0.92	0.46	0.75	0.35	0.43	0.92	0.59	0.62	0.35
	SO(7)	0.24	0.72	0.17	0.64	0.64	0.24	0.77	0.78	0.70
2004 國家數 DMUs = 50	SO(1)	0.90	0.21	0.66	0.23	0.30	0.90	0.35	0.36	0.14
	SO(2)	0.29	0.43	0.19	0.46	0.34	0.29	0.60	0.60	0.47
	SO(4)	0.84	0.32	0.77	0.13	0.33	0.84	0.43	0.45	0.26
	SO(5)	0.97	0.28	0.78	0.26	0.35	0.96	0.42	0.43	0.20
	SO(6)	0.89	0.39	0.75	0.33	0.38	0.89	0.55	0.56	0.33
	SO(7)	0.23	0.65	0.17	0.65	0.64	0.23	0.72	0.73	0.70
2005 國家數 DMUs = 50	SO(1)	0.91	0.20	0.62	--	0.32	0.90	0.34	0.34	0.14
	SO(2)	0.28	0.47	0.16	--	0.40	0.28	0.62	0.63	0.51
	SO(4)	0.85	0.33	0.74	--	0.29	0.86	0.40	0.43	0.24
	SO(5)	0.97	0.27	0.75	--	0.36	0.97	0.40	0.40	0.18
	SO(6)	0.91	0.38	0.70	--	0.41	0.92	0.53	0.55	0.31
	SO(7)	0.23	0.66	0.13	--	0.63	0.24	0.71	0.74	0.71

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 6)

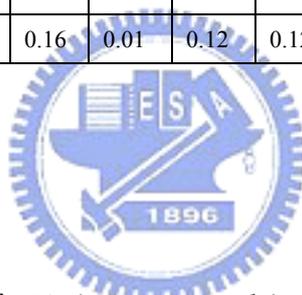
投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(5)	SI(6)	SI(16)	SI(18)	SI(20)	SI(22)	SI(25)
		2006 國家數 DMUs = 50	SO(1)	0.91	0.22	0.21	0.30	0.90	0.11	0.31	0.10	0.22
SO(2)	0.29		0.50	0.46	0.47	0.29	0.37	0.60	0.44	0.50
SO(4)	0.82		0.35	0.13	0.25	0.83	0.08	0.33	0.21	0.36
SO(5)	0.97		0.28	0.24	0.35	0.97	0.12	0.33	0.12	0.27
SO(6)	0.88		0.34	0.23	0.32	0.89	0.15	0.40	0.21	0.36
SO(7)	0.06		0.31	0.31	0.24	0.06	0.25	0.50	0.62	0.37

資料來源：本研究

表 8 1993~2008 年科學投入與產出指標相關係數分析(續 7)

投入項 產出項		SI(1)	SI(2)	SI(4)	SI(5)	SI(6)	SI(16)	SI(18)	SI(20)	SI(22)	SI(25)
		2007 國家數 DMUs = 50	SO(1)	0.91	0.24	--	0.20	0.26	0.89	0.12	0.28	0.11	0.22
SO(2)	0.32		0.55	--	0.49	0.45	0.30	0.41	0.68	0.47	0.52
SO(4)	0.80		0.36	--	0.13	0.23	0.82	0.16	0.27	0.23	0.39
SO(5)	0.98		0.30	--	0.22	0.30	0.96	0.15	0.30	0.13	0.29
SO(6)	0.81		0.39	--	0.36	0.36	0.80	0.24	0.41	0.25	0.38
SO(7)	0.06		0.31	--	0.44	0.32	0.07	0.39	0.52	0.65	0.35
SO(8)	0.10		0.30	--	0.01	0.07	0.12	0.12	0.08	0.22	0.31
2008 國家數 DMUs = 49	SO(1)	0.91	0.21	0.52	0.28	0.29	0.90	0.19	0.27	0.10	0.21
	SO(2)	0.26	0.48	0.08	0.53	0.51	0.25	0.46	0.65	0.45	0.48
	SO(4)	0.77	0.41	0.67	0.13	0.26	0.79	0.12	0.27	0.24	0.44
	SO(5)	0.97	0.28	0.71	0.29	0.32	0.96	0.20	0.28	0.12	0.28
	SO(6)	0.82	0.43	0.61	0.30	0.34	0.84	0.24	0.37	0.28	0.45
	SO(7)	0.07	0.26	0.00	0.30	0.24	0.07	0.26	0.44	0.60	0.31
	SO(8)	0.10	0.32	0.16	0.01	0.12	0.12	0.00	0.06	0.18	0.33

資料來源：本研究



3.3.2 DEA 模式選取

如圖 8 所示，可依規模報酬 (return to scale) 將 DEA 的模式區分為固定規模報酬與變動規模報酬兩大類，規模報酬乃指投入量成一定比例變動時其產出量變動的情況。當投入量與產出量同時增減的倍數相同時，即為固定規模報酬，當產出量增減的倍數大於或小於投入量時，即為變動規模報酬。又依導向 (oriented) 之有無將 DEA 模式區分為投入導向、產出導向與無導向。投入導向係指分析者減少投入量與支出，以使無效率的 DMU 移動到效率前緣線，成為有效率點；而產出導向，則是增加產出，使無效率 DMU 成為有效率 DMU。(以下將投入導向 CCR 模式、產出導向 CCR 模式、投入導向 BCC 模式、產出導向 BCC 模式，分別簡稱為 CCR-I、CCR-O、BCC-I、BCC-O)

本研究在相對效率模式選取上以投入導向的 CCR、BCC 模式為主，而相對效能則應用第 2 章文獻探討中黃旭男(1993)所提供的效能模式進行分析。在科學(指標)效率分析方面進行包括：CCR 技術效率分析、BCC 純技術效率分析、規模報酬分析。用 CCR-I 與 CCR-O 模式所計算出的效率值是相同，依上述程序執行 DEA 理論，分別計算 32 次的 DEA，實證 16 年來全球主要國家歷年科技發展相對效率與效能值，分析台灣與各國跨期效率與效能的變動趨勢。

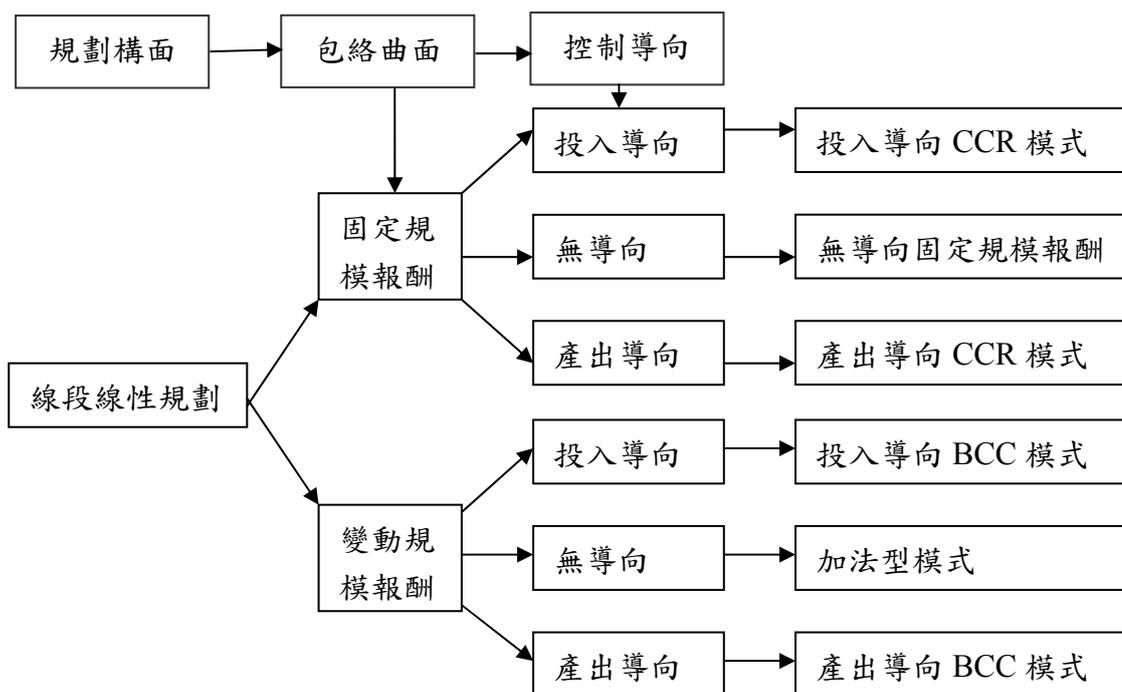


圖 8 依規模報酬與導向區分的 DEA 模式圖

資料來源：曾國雄、左竣德(2002)，國科會計畫書 與本研究整理

3.4 DEA 科學效率與效能結果分析

3.4.1 全球主要國家平均科學效率值分析

以 CCR 模式計算歷年全球平均科學效率值、G7 工業國平均科學效率值、亞洲四小龍平均科學效率值、亞洲其它開發中國家平均科學效率值(如圖 9 所示)。結果顯示從 1994 年起全球平均效率值趨勢向下，到 2002 年科學效率開始大幅成長。G7 工業國家的歷年平均效率值均高於全球、亞洲四小龍與亞洲其他開發中國家等的平均效率值。但全球科技效率的變動與差距於 1994 與 1995 有明顯的縮小，且相對的有效率，然而自 1996 年開始科技效率差距又逐漸變大，且相對的無效率。全球歷經多年的科技發展，2008 年的全球平均效率值，比 1993 年效率值高出 64.7%。1993~2008 年全球主要國家科學指標總技術效率值(CCR 模式)、主要強勢科學效率國家被參考次數(CCR 模式)、純技術效率值(BCC-I 模式)、規模效率值(CCR/BCC-I)分別詳見附錄一、附錄二、附錄三、附錄四、附錄五、附錄七 各國無效率產生之因素。

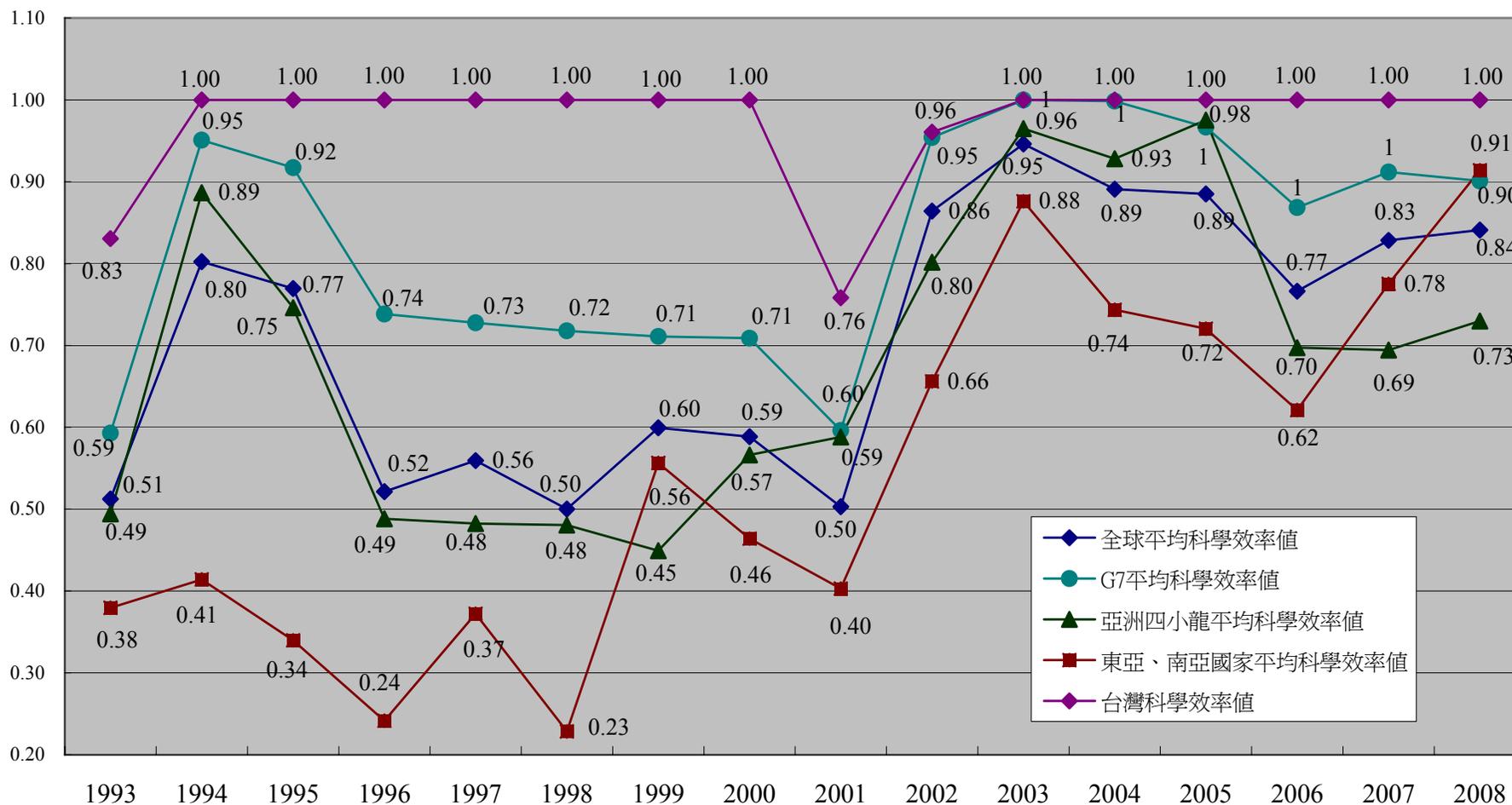


圖9 全球平均科學效率值(CCR模式) 資料來源：本研究

附註：東亞、南亞國家包含中國大陸,印度、印尼、馬來西亞、菲律賓、泰國

四小龍中香港缺乏1993~2001年資料，新加坡缺乏1994及1995年資料

中國大陸缺1993年資料，印尼缺1993~1995、2006年資料。菲律賓缺1993~1996年資料

3.4.2 各國歷年科學效率值與群集分析

以 CCR 模式所獲得的 1993~2008 年 16 年以來全球主要國家科學發展相對總效率值詳見附錄一，連續 16 年效率值為 1 的強勢效率國家群包括英國、美國。有 15 年效率值為 1 的國家有日本、俄羅斯、阿根廷。有 14 年效率值為 1 的國家為瑞典。有 13 年效率值為 1 的國家為台灣。有 12 年效率值為 1 的國家為瑞士。有 11 年效率值為 1 的國家為挪威。有 10 年效率值為 1 的國家為中國大陸、印度。有 9 年效率值為 1 的國家為義大利。有 8 年效率值為 1 的國家為波蘭、土耳其。有 7 年效率值為 1 的國家為澳洲、加拿大、希臘、愛爾蘭、韓國、紐西蘭、智利。有 6 年效率值為 1 的國家為捷克、匈牙利、斯洛伐克(只有 2001~2008 數據)。有 5 年效率值為 1 的國家為羅馬尼亞、南非。有 4 年效率值為 1 的國家為愛沙尼亞(只有 2001~2008 數據)、法國、德國、荷蘭、西班牙、香港(只有 2002~2008 數據)、菲律賓(只有 1997~2008 數據)。有 3 年效率值為 1 的國家為比利時、丹麥、葡萄牙、盧森堡(只有 2006~2008 數據)。有 2 年效率值為 1 的國家為奧地利、印尼、馬來西亞、墨西哥、斯洛維尼亞(只有 1999~2007 數據)。有 2 年效率值為 1 的國家為巴西、芬蘭、以色列(只有 2002~2008 數據)。均為無效率國家有巴伐利亞(只有 2003~2006 數據)、克羅埃西亞(只有 2006~2008 數據)、冰島(只有 1995~2008 數據)、馬來西亞、巴基斯坦(只有 1993 數據)、RHONE-ALPS(只有 2003~2005 數據)、新加坡(只有 1993,1996~2008 數據)、委內瑞拉(只有 1993~1994 數據)。

以 1993~2002 年歷年科學效率值為變數，以華德最小變異法與歐氏距離平方將各國家進行群集分析，其樹形圖如下圖 10，以距離 3 做為切點，本研究將全球主要國家區分為五種效率群：

第一群為：英國、美國、瑞典、瑞士、台灣、愛爾蘭、挪威、丹麥、日本。本群的特徵為長期強勢科技效率群，其歷年科學效率平均值在 0.83~1。

第二群為：澳洲、加拿大、韓國、荷蘭、德國、匈牙利、奧地利、比利時、法國、義大利、紐西蘭、墨西哥。本群除 1994 年平均效率值為 0.91、1995 年平均效率值為 0.82，其餘歷年科學效率平均值在 0.43~0.57。

第三群為：印度。從 1993 起連續 6 年為低效率國家，效率值在 0.05~0.18，自 1999 年起連續 4 年成為強勢效率國家，效率值均為 1。

第四群為：希臘、馬來西亞、芬蘭、西班牙。本群 1994 年平均效率值為 0.56、1995 年平均效率值為 0.99，1996 年平均效率值為 0.78，但自 1997 年起連續成為無效率國家，科學效率平均值在 0.06~0.15。

第五群為：智利、葡萄牙、泰國、土耳其。本群 1997 年平均效率值為 0.47、1998 年平均效率值為 0.31，有 8 年均為無效率國家，科學效率平均值在 0.06~0.22。

以 1993~2008 年歷年科學效率值為變數，以華德最小變異法與歐氏距離平方

將各國家進行群集分析，其樹形圖如下圖 11，以距離 3 做為切點，本研究將全球主要國家區分為五種效率群：

第一群為：英國、美國、瑞典、瑞士、台灣、愛爾蘭、挪威、丹麥、日本。本群的特徵為長期強勢科學效率群，其歷年科學效率平均值在0.83~1之間。

第二群為：德國、匈牙利、奧地利、比利時、法國、墨西哥、西班牙。本群歷年科學效率平均值在0.34~0.98之間。

第三群為：澳洲、加拿大、韓國、荷蘭、義大利、紐西蘭、希臘。本群其餘歷年科學效率平均值在0.3~1之間。

第四群為：馬來西亞、芬蘭、泰國。本群科技效率平均值在0.13~0.7之間。

第五群為：智利、葡萄牙、土耳其、印度。本群科技效率平均值在0.12~1之間。以印度為例，從1993起連續6年為低效率國家，效率值在0.05~0.18之間，自1999年起連續10年成為強勢效率國家，效率值均為1。

分別以 1993~2002 年與 1993~2008 年進行群集分析上的差異為，泰國由第五效率群變動到第四效率群，印度則由第三群變動到第五群。

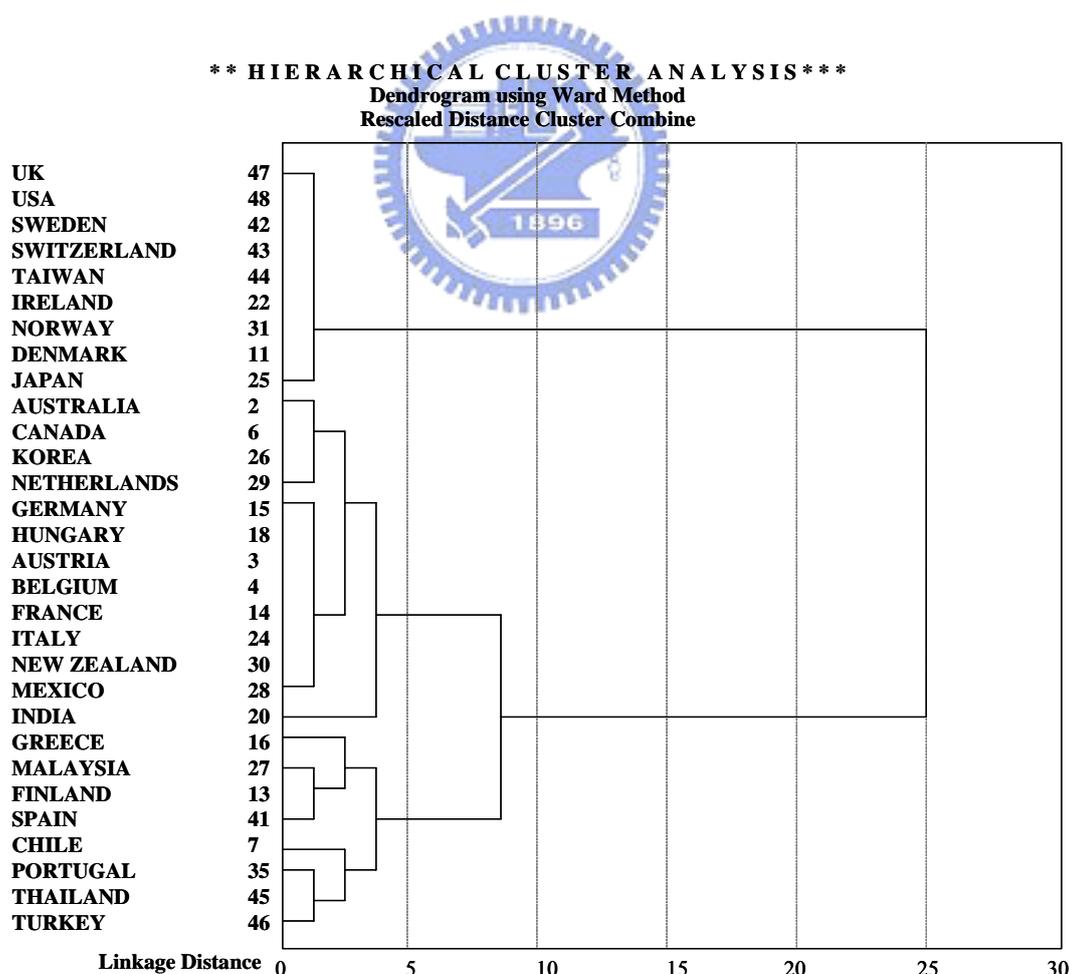


圖 10 1993~2002 年全球主要國家科學相對效率華德法群集分析樹形圖

資料來源：本研究

****HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS****

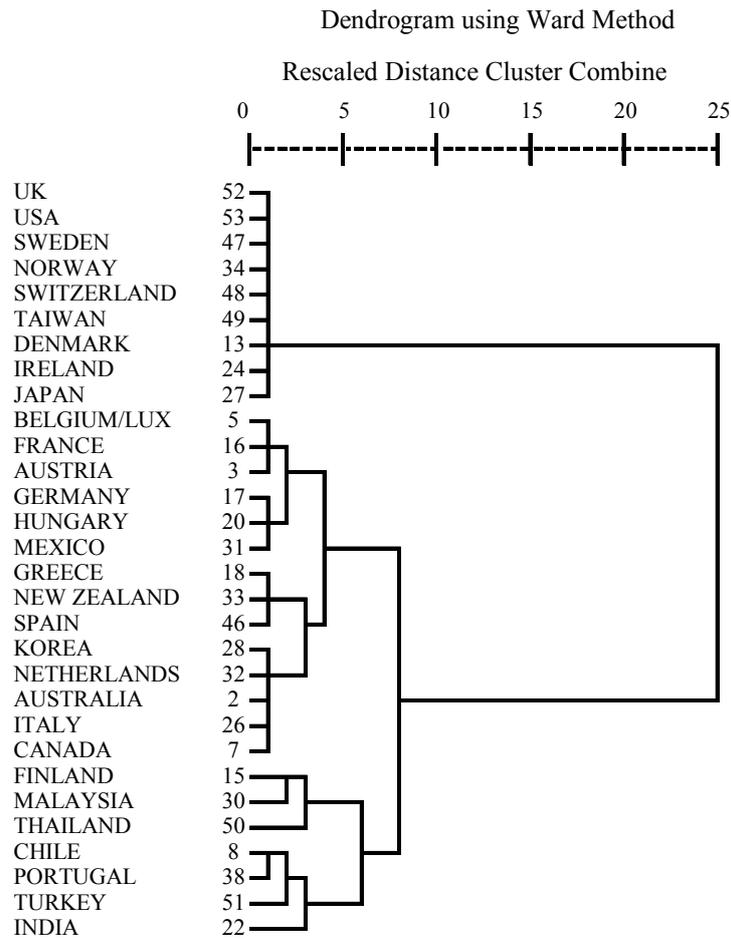


圖 11 1993~2008 年全球主要國家科學相對效率華德法群集分析樹形圖
資料來源：本研究

3.4.3 區域國家科學效率差距分析

從圖 12 中可以發現 G7 與全球科學效率差距情形，以 16 年的觀察期來看，G7 在科學效率運作上每年均高於全球的平均效率值。1993 年 G7 與全球科學效能差距的效能差距值為 0.081，2008 年效率差距值為 0.135，二者之間科學效率差距變大。

以人口數分析全球科學效率差距，研究顯示 2 千萬人口以上的國家其平均科學效率值從 1993 年到 1995 年均落後於 2 千萬人口以下的國家，但從 1996~2008 年 2 千萬人口以上的國家平均科學效率值均領先 2 千萬人口以下的國家。2 千萬人口以上與以下的國家，在科學效率差距上從，以 16 年的觀察期來看，1993 年 2 千萬人口以上與以下的國家科學效率差距值為-0.192，到 2008 年科學效率差距值 0.135。

以國民所得分析全球科學效率，如圖 13 所示，國民所得大於美金 10,000 的國家與國民所得低於美金 10,000 的國家其科學效率值差距，從 1993 年效率差距值 0.35 逐年縮小到 2008 年效率差距值 0.06。2002 年到 2008 年此二國家群的在科技效率上運作差異較小。

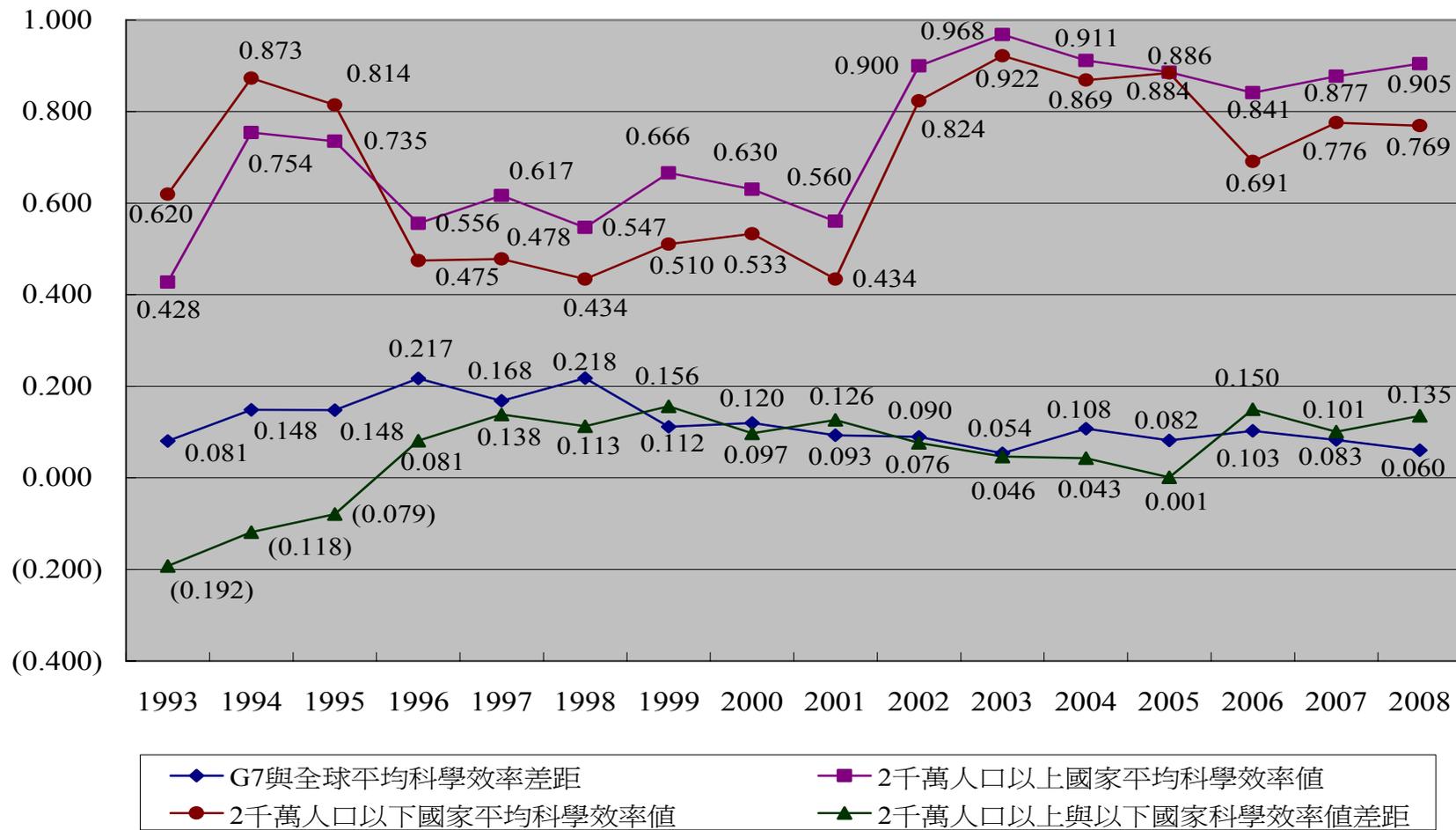


圖 12 全球科學效率差距分析 資料來源：本研究

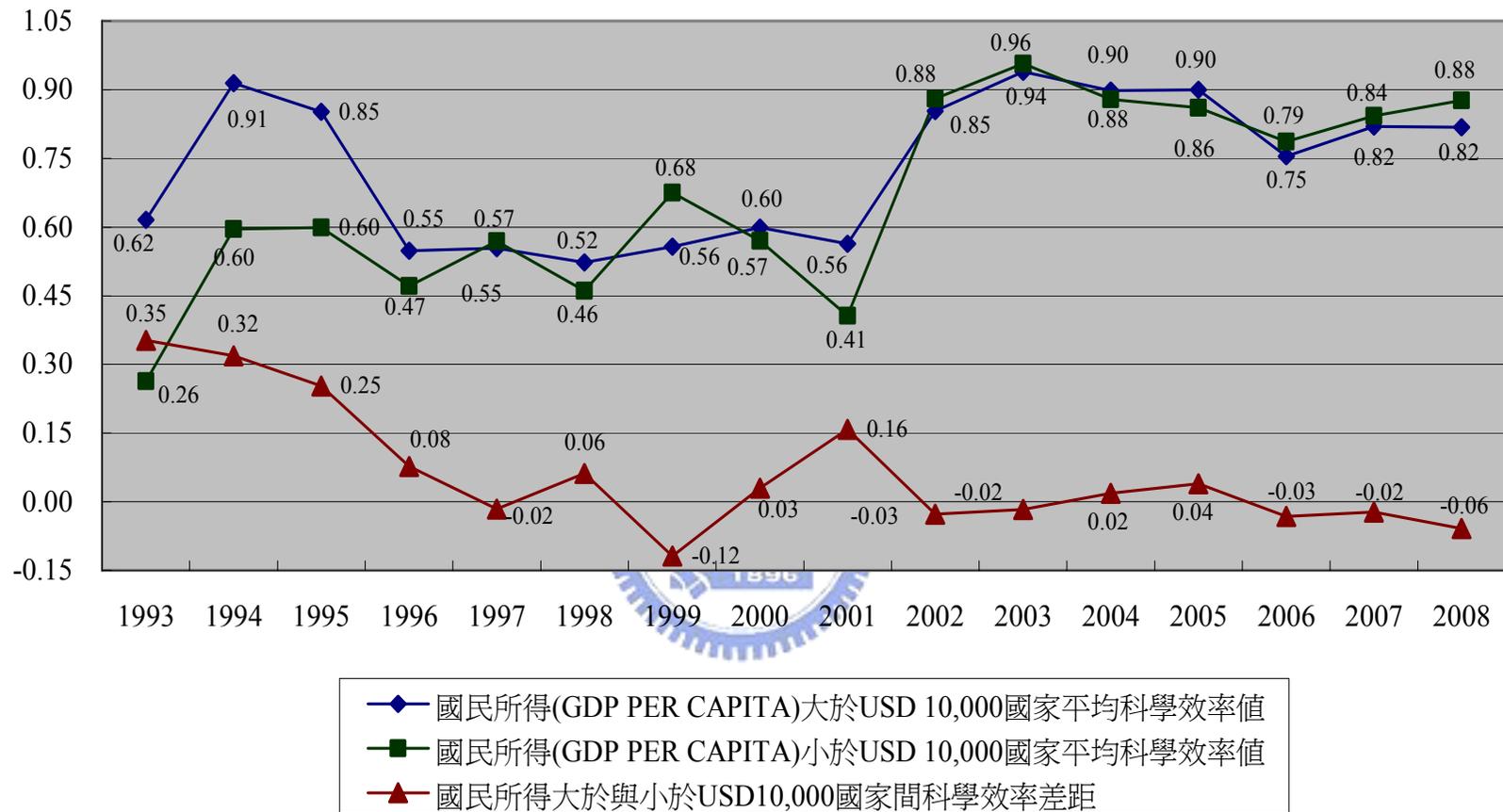


圖 13 以國民所得分析全球科學效率
資料來源：本研究

3.4.4 DEA 效率理論在國家科技政策規劃的應用--以台灣為例

台灣從 1993~2008 年間僅有 1993、2001、2002 等三年為相對科學無效率國家，其他 13 個年度均為科學效率國(效率值均為 1)，屬於強勢效率單位；台灣歷年科學效率值均高於同年度的 G7 工業國平均效率值、亞洲四小龍平均效率值與全球平均效率值。研究數據充分顯示從 1993 到 2008 年 16 年來，台灣科學發展相對效率成績斐然。

台灣分別在 1993、2001、2002 三年科學發展相對無效率，此三年可參考的集合國家詳如表 9。表 9 顯示 2001、2002 年不論 DEA 模式的種類，台灣在當年度要提升科學相對效率，所應參考的集合國家主要是南韓與俄羅斯，而連續 16 年科學效率國英國、美國，以及 15 年科學效率國日本、瑞典等國，亦是台灣提升科學效率的學習典範。

韓國 2000 年以前為非效率國家、到 2001 年以後才成為科學效率國，基本上，南韓與台灣發展歷程上多有類似之處、且是長期科技產業競爭者，台灣應完整研究韓國科技發展效率上的策略、作法與執行情況，比較兩國間之差異性，提出我國改進之方向。然而，造成台灣在此 3 年度科學發展無效率主要因素為何，台灣應從那些層面學習參考集合國南韓等國之作法，以改善台灣之科學效率，可從 DEA 模式之虛擬乘數中分析得知。另外，從附錄二 CCR 模式全球主要國家被參考的次數發現，台灣被其他 DMU 國家做為參考集合的次數相當高，譬如 1997 年 28 次、1998 年 29 次，而包括美國、英國、日本、瑞典、俄羅斯、阿根廷等國亦有較高的被參考次數，顯示這些國家與其他具有同樣效率值 1 的 DMU 國家相較下，具有更強勢的科技效率。對於效率值為 1 的 DMU 國家群，可以應用 A&P 模式，加以鑑別那些國家更有效率，進行排名，可做為後進國家學習與模仿的對參考集合。

表 9 歷年台灣達成科學效率國家可參考與學習之國家

年度	CCR 模式 (總效率)	投入導向 BCC 模式 (技術效率)	產出導向 BCC 模式 (技術效率)
1993 年	法國、希臘	法國、希臘、泰國、委內瑞拉	法國、希臘、泰國
2001 年	南韓、俄羅斯	日本、南韓、俄羅斯、斯洛伐克	愛沙尼亞、南韓、俄羅斯、斯洛伐克
2002 年	南韓、俄羅斯	愛沙尼亞、南韓、俄羅斯、斯洛伐克	愛沙尼亞、南韓、俄羅斯

資料來源：本研究

3.4.4.1 台灣科學發展無效率之因素分析

影響生產效率的因素有技術因素與規模因素，附錄三、附錄四、附錄五分別是依投入與產出 BCC 模式所計算出的純技術效率與規模效率。比較各國純技術效率與規模效率值可比瞭解一國當年度無效率之導因於技術因素或是規模因素。由附錄七可知，造成台灣 1993、2001、2002 年無效率主要是來自技術因素。本研究再從 BCC 純技術效率模式中的虛擬乘數，探討影響純技術效率的科學指標。

在 DEA 理論中，每個 DMU 效率值是透過所謂的虛擬乘數(相對權重)，將各

別 DMU 投入產出項加權計算而獲得的相對積分數，不同 DMU 的投入產出項均會不有的虛擬乘數。虛擬乘數在一定程度上可代表投入產出科技指標的相對重要性，因此比較不同年度全球科技強勢效率國家(效率值為 1)的虛擬乘數情況，可以瞭解影響科技效率較為重要的科技指標，進而歸納出已開發中與未開發中國家，科技進步的經驗，發展有效率的國家科技策略。

由表 10 得知，台灣在無效率年度各投入產出指標之虛擬乘數大多為 0，僅於 1993 年指標 I(1)全國總研發費用、I(5)智慧財產權保護情形、O(3)全國總註冊專利數；2001 年指標 I(1)全國總研發費用、I(3)全國總研發人員之全時約當數、I(6)基礎研究支援長期經濟與科技發展情形、O(4)本國人註冊專利數；2002 年 I(3)全國總研發人員之全時約當數、I(16)企業研發費用、O(4)本國人註冊專利數等之虛擬乘數大於 0，台灣該年度的效率貢獻，均來自於這些指標。

如前述說明台灣提升科學效率(BCC 模式)可以學習的對象有韓國、俄羅斯、愛沙尼亞等國，但究竟需參考那些方面的策略與作法，可從 2001、2002 年南韓、俄羅斯、愛沙尼亞等國之虛擬乘數中可看出端倪。以 2001、2002 年南韓為例，南韓兩年度虛擬乘數大於 0 的指標有：I(1)=全國總研費(US\$ millions)、I(2)=全國總研發費用佔 GDP 之百分比(%)、I(3)=全國總研發人員之全時約當數(FTE)、O(4)=本國人註冊專利數，亦即韓國的效率貢獻主要來自這些指標。從 IMD 2001、2002 年報實際科學數據來看，韓國此四項指標值均大於台灣，如果將韓國做為參考集合國家，應以此四項指標做為改善與提升科技效率的方向，並考量國家相對規模性，提出具體的策略目標，達成科學效率國。

表 10 1993、2001、2002 年台灣科學指標虛擬乘數分析

虛擬乘數	1993				2001				2002			
	CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O	CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O	CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O
I(1)	0.000370	0.000445	0.000329	0.000443	0.000157	0.000208	0.000017	0.000206	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(2)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(3)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001012	0.001335	0.000008	0.001341	0.001213	0.001302	0.001113	0.001305
I(5)	0.003759	0.004525	0.024994	0.032023	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(6)	0.000000	0.000000	0.002858	0.000000	0.000000	0.000000	0.170812	0.011083	0.000000	0.000000	0.014917	0.000000
I(7)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--	--	--	--	--
I(9)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--	--	--	--	--
I(11)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--	--	--	--	--
I(13)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--
I(14)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--	--	--	--	--
I(15)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--	--	--	--	--
I(16)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000231	0.000248	0.000212	0.000248
I(18)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	--	--	--	--
I(20)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(21)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(22)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I(24)	--	--	--	--	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
O(1)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
O(2)	--	--	--	--	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
O(3)	0.000030	0.000037	0.000027	0.000037	--	--	--	--	--	--	--	--
O(4)	--	--	--	--	0.000046	0.000061	0.000024	0.000061	0.000052	0.000055	0.000048	0.000055

資料來源：本研究

3.4.4.2 偏差值分析與台灣達成科學效率國家的目標規劃

當 DMU 為無效率單位時，管理決策者可應用 DEA 理論的偏差值(slack)變數來調整投入量，以改進 DMU 的效率，由偏差值(slack)進行投影分析，可獲知非效率 DMU 要達成目標效率值的所有應改善的投入產出量。本研究依投入與產出導向之 CCR 及 BCC 模式，分別計算偏差值，表 11、表 12、表 13、分別為 1993、2001、2002 年台灣從非效率邁向科學效率國的效率目標與改善空間。由此三年度偏差值發現，不論何種模式，顯然在資源投入量上均需縮減，方能達成效率目標，換言之以 2001 年與 2003 年的資源投入量來看，在產出上明顯相對不足。基於實際政策運作與預算制度，減少科學投入活動不具可行性，在不刪減投入量的情況下，政策發展應將資源配置與資源轉換過程，導向於能增加產出量有關的科技活動上。透過偏差值分析，可讓國家科技政策更具效率導向，並可讓相關單位做為組織管控的方向與依據。因為台灣的資源相對有限，我國政府應同時追求科技發展的高效能與高效率。

表11 1993年台灣科學指標偏差值、效率目表及改善空間分析

1993		I(1)	I(2)	I(14)	I(3)	I(15)	I(5)	I(6)	I(7)	I(9)	I(11)	O(1)	O(3)
CCR-I (0.8307)	IMD數據	2660	1.69	4	46.1	6.32	4.5	4.3	4.4	5.7	5.2	0	27281
	偏差值	0.0000	0.9418	1.4957	11.5690	2.8867	0.0000	0.9859	1.4623	1.8400	1.8744	0.6351	0.0000
	效率目標	2210	0.4622	1.8273	26.7285	2.3636	3.7384	2.5863	2.1930	2.8953	2.4455	0.6351	27281
	改善空間	-450.2095	-1.2278	-2.1727	-19.3715	-3.9564	-0.7616	-1.7137	-2.2070	-2.8047	-2.7545	0.6351	0.0000
	增減(%)	-16.93%	-72.65%	-54.32%	-42.02%	-62.60%	-16.93%	-39.85%	-50.16%	-49.21%	-52.97%	999.90%	0.00%
CCR-O (0.8307)	IMD數據	2660	1.69	4	46.1	6.32	4.5	4.3	4.4	5.7	5.2	0	27281
	偏差值	0.0000	1.1336	1.8004	13.9260	3.4749	0.0000	1.1867	1.7602	2.2149	2.2563	0.7645	0.0000
	效率目標	2660	0.5564	2.1996	32.1740	2.8451	4.5000	3.1133	2.6398	3.4851	2.9437	0.7645	32839
	改善空間	0.0000	-1.1336	-1.8004	-13.9260	-3.4749	0.0000	-1.1867	-1.7602	-2.2149	-2.2563	0.7645	5558
	增減(%)	0.00%	-67.08%	-45.01%	-30.21%	-54.98%	0.00%	-27.60%	-40.00%	-38.86%	-43.39%	999.90%	20.37%
BCC-I (0.8635)	IMD數據	2660	1.69	4	46.1	6.32	4.5	4.3	4.4	5.7	5.2	0	27281
	偏差值	0.0000	0.9720	0.4904	9.4753	3.1744	0.0000	0.0000	0.5507	0.6880	1.0214	0.6578	0.0000
	效率目標	2297	0.4873	2.9635	30.3312	2.2828	3.8857	3.7130	3.2487	4.2339	3.4687	0.6578	27281
	改善空間	-363	-1.2027	-1.0365	-15.7688	-4.0372	-0.6143	-0.5870	-1.1513	-1.4661	-1.7313	0.6578	0.0000
	增減(%)	-13.65%	-71.16%	-25.91%	-34.21%	-63.88%	-13.65%	-13.65%	-26.17%	-25.72%	-33.29%	999.90%	0.00%
BCC-O (0.8459)	IMD數據	2660	1.69	4	46.1	6.32	4.5	4.3	4.4	5.7	5.2	0	27281
	偏差值	0.0000	1.1599	0.9558	12.7660	3.9337	0.0000	0.3449	1.2078	1.4540	1.5882	0.7705	0.0000
	效率目標	2660	0.5301	3.0442	33.3340	2.3863	4.5000	3.9551	3.1922	4.2460	3.6118	0.7705	32251
	改善空間	0.0000	-1.1599	-0.9558	-12.7660	-3.9337	0.0000	-0.3449	-1.2078	-1.4540	-1.5882	0.7705	4970
	增減(%)	0.00%	-68.63%	-23.89%	-27.69%	-62.24%	0.00%	-8.02%	-27.45%	-25.51%	-30.54%	999.90%	18.22%

資料來源：本研究

表12 2001年台灣科學指標偏差值、效率目標及改善空間分析

2001		I(1)	I(20)	I(2)	I(16)	I(21)	I(3)	I(22)	I(6)	I(18)	I(13)	I(5)	O(1)	O(2)	O(4)
CCR-I (0.7583)	IMD數據	5903	267.2	2.051	3737	169.17	69.5	3.146	5.27	6.38	5.063	7.038	0	0	16417
	偏差值	0.0000	108.00	0.4346	304.49	74.12	0.0000	1.5210	0.8397	2.0638	2.2550	2.5914	0.3216	0.0022	0.0000
	效率目標	4476	94.61	1.1206	2529.16	54.16	52.70	0.8646	3.1564	2.7739	1.5841	2.7453	0.3216	0.0022	16417
	改善空間	(1426.94)	(172.59)	(0.93)	(1207.84)	(115.01)	(16.80)	(2.28)	(2.11)	(3.61)	(3.48)	(4.29)	0.3216	0.0000	0.0000
	增減(%)	-24.17%	-64.59%	-45.36%	-32.32%	-67.99%	-24.17%	-72.52%	-40.11%	-56.52%	-68.71%	-60.99%	999.90%	0.00%	0.00%
CCR-O (0.7583)	IMD數據	5903	267.2	2.051	3737	169.17	69.5	3.146	5.27	6.38	5.063	7.038	0	0	16417
	偏差值	0.0000	142.43	0.5731	401.56	97.74	0.0000	2.0058	1.1074	2.7218	2.9739	3.4175	0.4242	0.0029	0.0000
	效率目標	5903	124.77	1.4779	3335.44	71.43	69.50	1.1402	4.1626	3.6582	2.0891	3.6205	0.4242	0.0029	21651
	改善空間	0.0000	(142.43)	(0.57)	(401.56)	(97.74)	0.0000	(2.0058)	(1.1074)	(2.7218)	(2.9739)	(3.4175)	0.4242	0.0000	5234
	增減(%)	0.00%	-53.30%	-27.94%	-10.75%	-57.78%	0.00%	-63.76%	-21.01%	-42.66%	-58.74%	-48.56%	999.90%	0.00%	31.88%
BCC-I (0.8641)	IMD數據	5903	267.2	2.051	3737	169.17	69.5	3.146	5.27	6.38	5.063	7.038	0	0	16417
	偏差值	0.0000	121.66	0.3196	751.12	82.38	0.0000	1.2778	0.0000	0.4080	1.8388	0.6743	0.3972	0.0028	0.0000
	效率目標	5101	109.23	1.4527	2478.10	63.81	60.06	1.4407	4.5539	5.1051	2.5362	5.4074	0.3972	0.0028	16417
	改善空間	(802.09)	(157.97)	(0.60)	(1258.90)	(105.36)	(9.44)	(1.71)	(0.72)	(1.27)	(2.53)	(1.63)	0.3972	0.0000	0.0000
	增減(%)	-13.59%	-59.12%	-29.17%	-33.69%	-62.28%	-13.59%	-54.21%	-13.59%	-19.98%	-49.91%	-23.17%	999.90%	0.00%	0.00%
BCC-O (0.7638)	IMD數據	5903	267.2	2.051	3737	169.17	69.5	3.146	5.27	6.38	5.063	7.038	0	0	16417
	偏差值	0.0000	133.96	0.3294	398.12	92.80	0.0000	1.6535	0.0000	0.9301	2.2325	1.4325	0.3958	0.0027	0.0000
	效率目標	5903	133.24	1.7216	3338.88	76.37	69.50	1.4925	5.2700	5.4499	2.8305	5.6055	0.3958	0.0027	21493
	改善空間	0.0000	(133.96)	(0.33)	(398.12)	(92.80)	0.0000	(1.6535)	0.0000	(0.9301)	(2.2325)	(1.4325)	0.3958	0.0000	5076
	增減(%)	0.00%	-50.13%	-16.06%	-10.65%	-54.86%	0.00%	-52.56%	0.00%	-14.58%	-44.10%	-20.35%	999.90%	0.00%	30.92%

資料來源：本研究

表13 2002年台灣科學指標偏差值、效率目標及改善空間分析

2002		I(1)	I(20)	I(2)	I(16)	I(21)	I(3)	I(22)	I(6)	I(24)	I(5)	O(1)	O(2)	O(4)
CCR-I (0.9322)	IMD數據	6326	284	2.045	3964	177.92	70.2	3.151	5.58	5512	6.47	0	0	18052
	偏差值	870.62	159.71	0.7937	0.0000	87.55	0.0000	1.9447	2.3546	1983.59	3.5060	0.4848	0.0033	0.0000
	效率目標	5026.42	105.04	1.1126	3695.20	78.30	65.4398	0.9927	2.8471	3154.64	2.5253	0.4848	0.0033	18052.00
	改善空間	-1299.5785	-178.96	-0.9324	-268.80	-99.62	-4.7602	-2.1583	-2.7329	-2357.36	-3.9447	0.4848	0.0000	0.0000
	增減(%)	-20.54%	-63.02%	-45.59%	-6.78%	-55.99%	-6.78%	-68.50%	-48.98%	-42.77%	-60.97%	999.90%	0.00%	0.00%
CCR-O (0.9322)	IMD數據	6326	284	2.045	3964.00	177.92	70.2	3.151	5.58	5512	6.47	0	0	18052
	偏差值	933.95	171.32	0.8514	0.0000	93.92	0.0000	2.0861	2.5258	2127.88	3.7610	0.5201	0.0036	0.0000
	效率目標	5392.05	112.68	1.1936	3964.00	84.00	70.20	1.0649	3.0542	3384.12	2.7090	0.5201	0.0036	19365.13
	改善空間	-933.95	-171.32	-0.8514	0.0000	-93.92	0.0000	-2.0861	-2.5258	-2127.88	-3.7610	0.5201	0.0000	1313.13
	增減(%)	-14.76%	-60.33%	-41.64%	0.00%	-52.79%	0.00%	-66.21%	-45.27%	-38.60%	-58.13%	999.90%	0.00%	7.27%
BCC-I (0.9369)	IMD數據	6326	284	2.045	3964	177.92	70.2	3.151	5.58	5512	6.47	0	0	18052
	偏差值	862.96	147.29	0.4233	0.0000	83.65	0.0000	1.6588	0.0000	1643.48	0.0434	0.4687	0.0032	0.0000
	效率目標	5063.67	118.78	1.4926	3713.74	83.03	65.77	1.2933	5.2277	3520.53	6.0181	0.4687	0.0032	18052.00
	改善空間	-1262.33	-165.22	-0.5524	-250.26	-94.89	-4.4319	-1.8577	-0.3523	-1991.47	-0.4519	0.4687	0.0000	0.0000
	增減(%)	-19.95%	-58.18%	-27.01%	-6.31%	-53.33%	-6.31%	-58.96%	-6.31%	-36.13%	-6.98%	999.90%	0.00%	0.00%
BCC-O (0.9332)	IMD數據	6326.00	284.00	2.045	3964.00	177.92	70.2	3.151	5.58	5512	6.47	0	0	18052
	偏差值	921.91	158.34	0.4961	0.0000	91.10	0.0000	1.9295	0.0807	1958.35	0.2698	0.5172	0.0036	0.0000
	效率目標	5404.09	125.66	1.5489	3964.00	86.82	70.20	1.2215	5.4993	3553.65	6.2002	0.5172	0.0036	19344.77
	改善空間	-921.91	-158.34	-0.4961	0.0000	-91.10	0.0000	-1.9295	-0.0807	-1958.35	-0.2698	0.5172	0.0000	1292.77
	增減(%)	-14.57%	-55.75%	-24.26%	0.00%	-51.20%	0.00%	-61.24%	-1.45%	-35.53%	-4.17%	999.90%	0.00%	7.16%

資料來源：本研究

3.4.5 全球主要國家平均科學效能值分析

依第二章文獻探討中黃旭男(1993)提出的 DEA 相對效能評估模式為理論基礎，以相同的科學指標，分析全球科學發展相對效能值，圖 14 為以 CCR 模式計算歷年全球平均效能值、G7 工業國平均效能值、亞洲四小龍平均效能值、亞洲部份開發中國家平均效能值。結果顯示從 1996 年起全球平均效能值趨勢向上，G7 工業國家的歷年平均效能值均高於全球平均值與東亞開發中國家的效能值，G7 工業國家的科技國力遙遙領先各開發中國家。全球歷經 16 年的長期科技發展，從 1993 年的全球平均科學效能值 0.1，到 2008 年效能值成長為 0.324，呈倍數增加，顯然全球科學發展，隨著科技的擴散，各國科學競爭力間的差距日漸縮小。

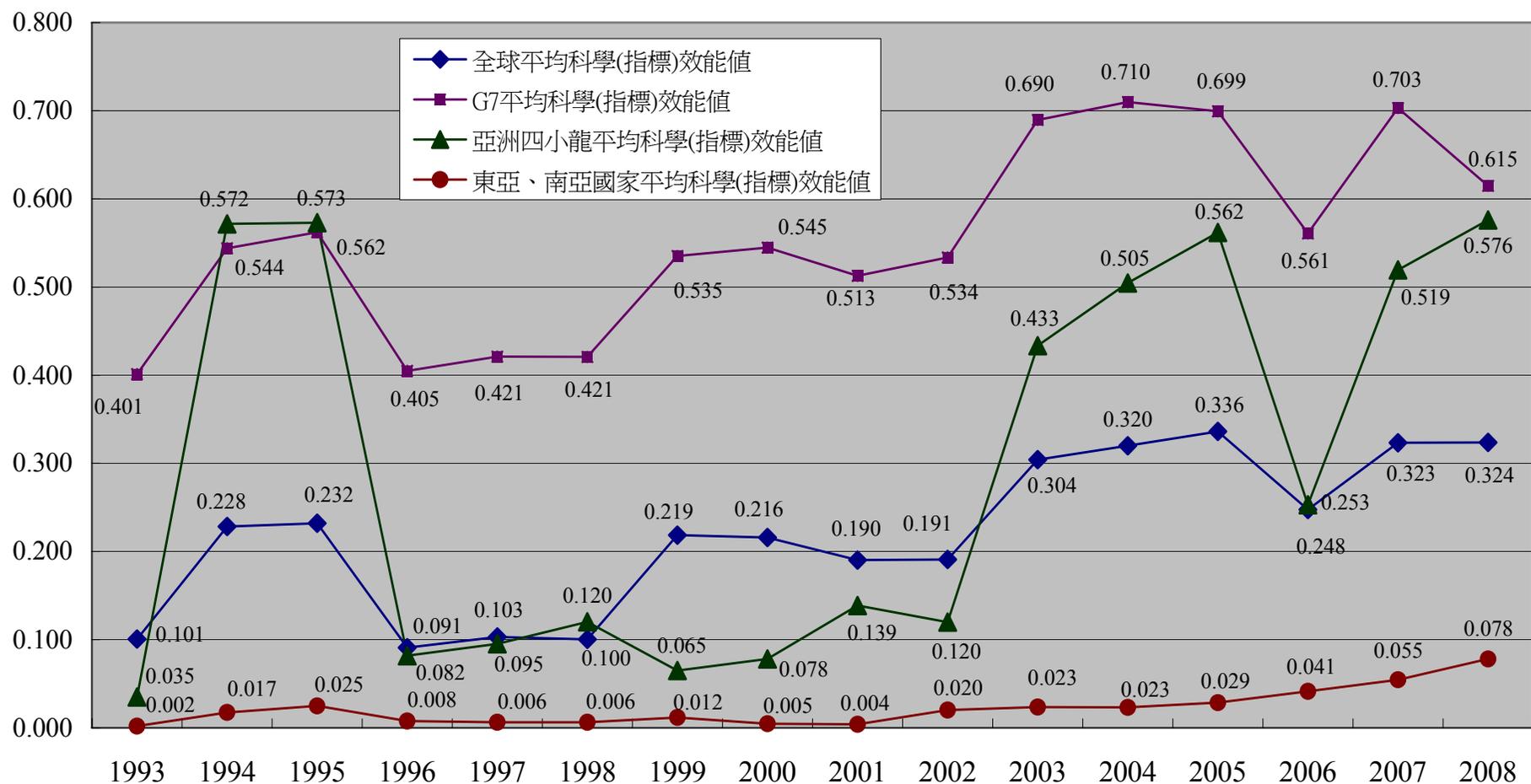


圖14 全球平均科學效能值(CCR模式) 資料來源：本研究

附註：東亞、南亞國家包含中國大陸、印度、印尼、馬來西亞、菲律賓、泰國

四小龍中香港缺乏1993~2001年資料，新加坡缺乏1994~1995年資料

中國大陸缺1993年資料，印尼缺1993~1995年資料，菲律賓缺1993~1996年資料

3.4.6 各國科學效能值群集分析

以 1993~2002 歷年科學效能值為變數，以華德最小變異法與歐氏距離平方進行各國家之群集分析，其樹形圖如圖 15，以距離 3 做為切點，本研究將全球主要國家區分為四種相對效能群：

- 第一群為：美國、日本。此群為除日本1993年平均效率值為0.11外、其餘年度之效能值均為1，此二國為長期強勢高科學效能國家。
- 第二群為：英國、瑞典、瑞士、挪威、丹麥。此群1993~1996年平均效能值為0.08~0.32，但自1999年起連續4年成為高效能國家，科學效能平均值在0.76~0.85。
- 第三群為：台灣、德國、韓國、荷蘭、法國。此群歷年平均效能值為0.15~0.48、其相對科學效能值遠僅約為第一群的一半。
- 第四群為：愛爾蘭、加拿大、澳洲、義大利、比利時、奧地利、芬蘭、西班牙、匈牙利、墨西哥、紐西蘭、希臘、印度、泰國、土耳其、智利、葡萄牙、馬來西亞。此群歷年平均效能值為0.01~0.11，遠低於前三群的科學效能。

以 1993~2008 年歷年科學效能值為變數，以華德最小變異法與歐氏距離平方將各國家進行群集分析，其樹形圖如下圖 16，以距離 3 做為切點，本研究將全球主要國家區分為四種效能群：

- 第一群為：美國、日本。此群除日本1993年平均效率值為0.11外、其餘年度之效能值均為1，此二國為長期強勢高科學效能國家。
- 第二群為：英國、瑞士、瑞典、挪威、丹麥。此群平均科學效能值為0.1~0.83之間。
- 第三群為：台灣、德國、韓國、荷蘭、法國、愛爾蘭、比利時、加拿大、澳洲。此群平均科學效能值為0.1~0.65之間。
- 第四群為：義大利、奧地利、芬蘭、西班牙、匈牙利、墨西哥、紐西蘭、希臘、印度、泰國、土耳其、智利、葡萄牙、馬來西亞。此群歷年平均科學效能值為0.01~0.15之間。

分別以 1993~2002 年與 1993~2008 年進行群集分析，二者差異為，愛爾蘭、比利時、加拿大、澳洲由第四群變動到第三群。

**** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *****
Dendrogram using Ward Method
Rescaled Distance Cluster Combine

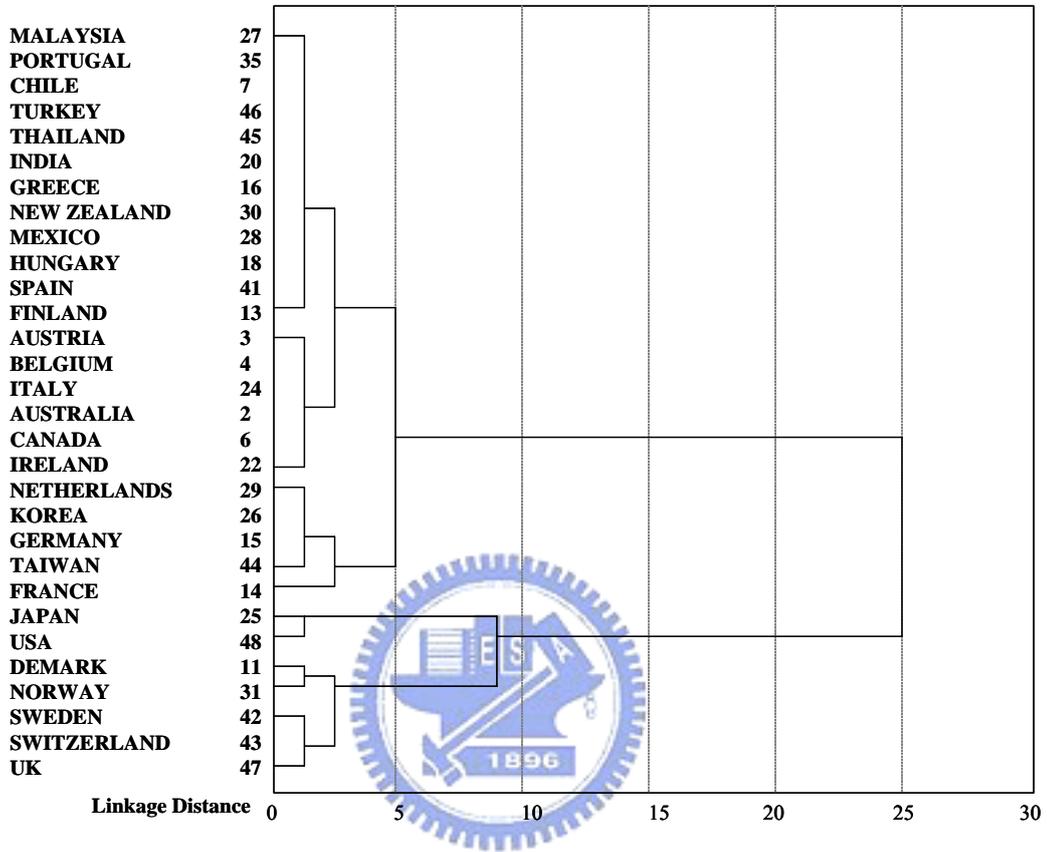


圖 15 1993~2002 年全球主要國家科學相對效能華德法群集分析樹形圖
 資料來源：本研究

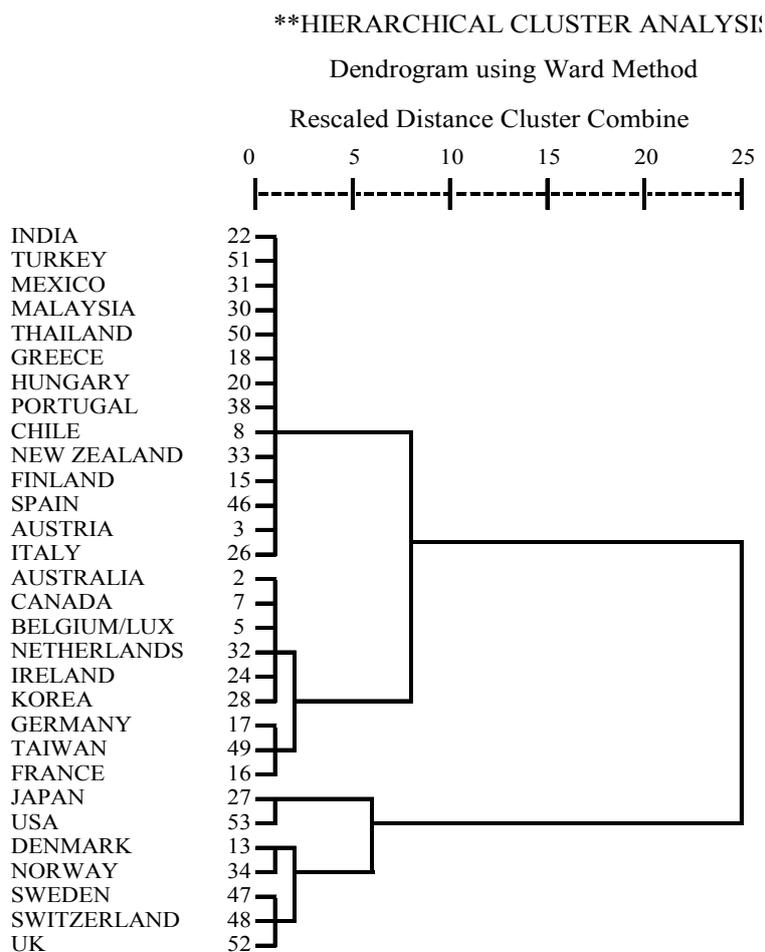


圖 16 1993~2008 年全球主要國家科學相對效能華德法群集分析樹形圖
資料來源：本研究

3.4.7 區域國家科學效能差距分析

從圖 17 中可以發現 G7 與全球科學效能差距，從 1993 年開始，每年差距增加，以 2004 年差距最大，其差距值為 0.39，2005 與 2006 年差距縮小，到 2007 年差距又變大，到 2008 年差距則縮小。1993 年 G7 與全球科學效能差距的效能差距值為 0.3，2008 年效能差距值為 0.291。

以人口數分析全球科學效能差距，研究顯示 2 千萬人口以上的國家其平均科學效能值從 1993 年起到 1998 年與 2002 年均領先 2 千萬人口以下的國家，但從 1999~2008 年(2002 年除外)2 千萬人口以上的國家平均科學效能值均落後 2 千萬人口以下的國家。2 千萬人口以上與以下的國家，在科學效能差距上從 1998 年開始縮小，以 16 年的觀察期來看，科學效能差距長期趨勢向下，1993 年 2 千萬人口以上與以下的國家科學效能差距值為 0.131，到 2008 年科學效能差距值 0.018。

以國民所得分析全球科學效能，如圖 18 所示，國民所得大於美金 10,000 的國家在其平均科學效能值從 1993 年起到 2008 年均大幅領先國民所得低於美金 10,000 的國家，此意謂著科技效能競爭的強度也帶來國家貧富的差距。

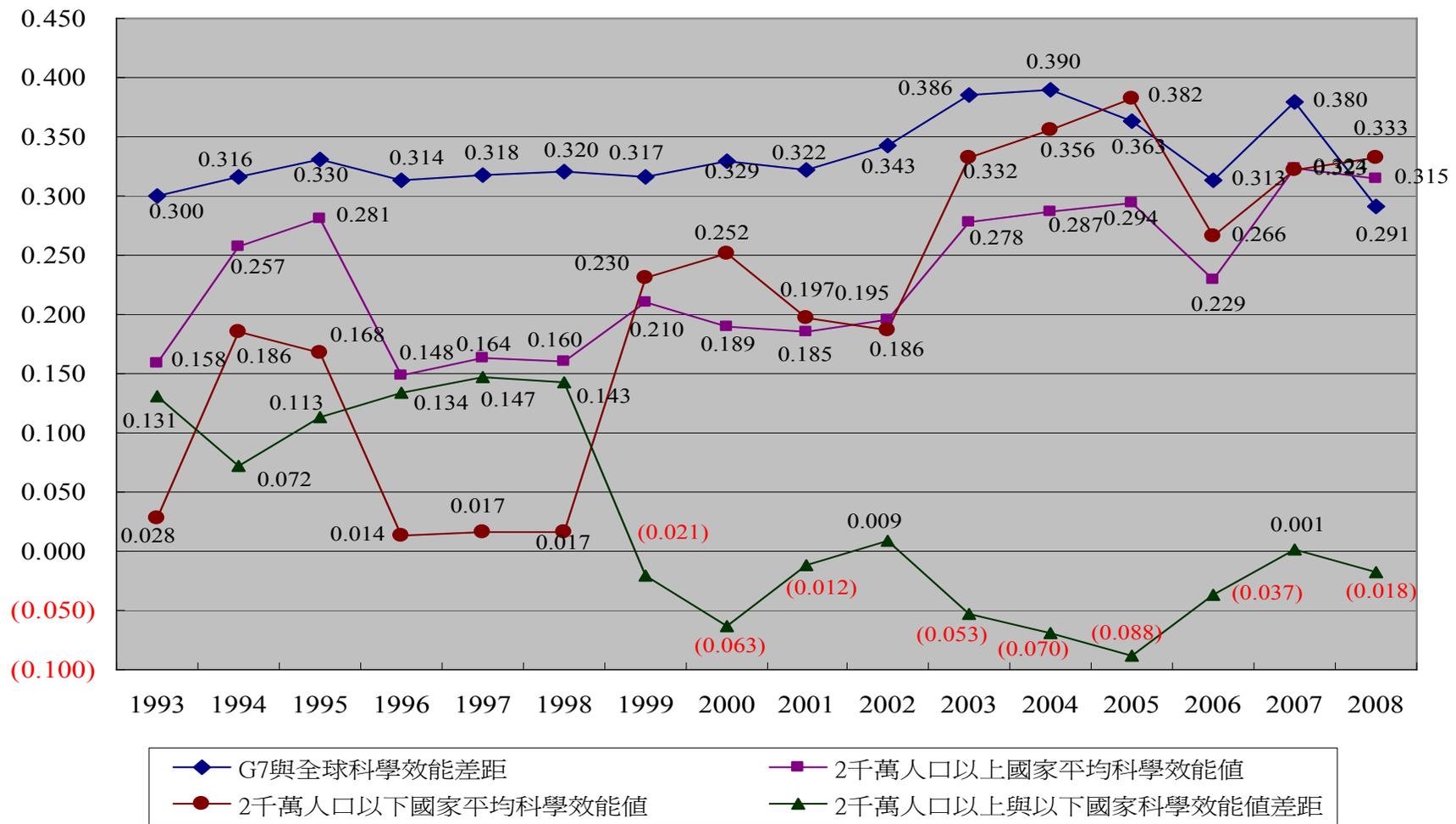


圖 17 以人口數分析全球科學效能差距分析
資料來源：本研究

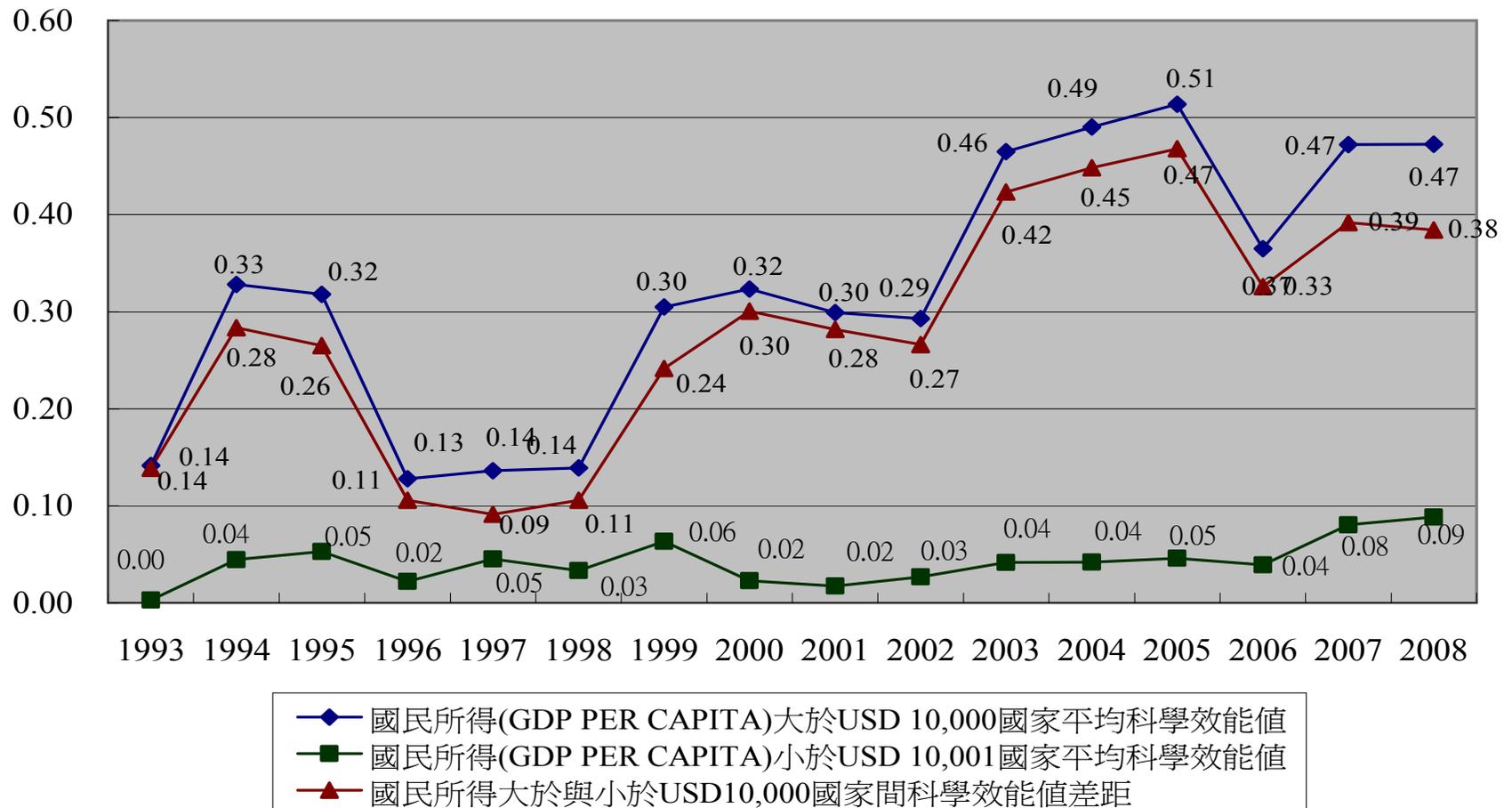


圖 18 以國民所得分析全球科學效能
資料來源：本研究

3.4.8 全球相對科學效率與效能之探討

圖 19、圖 20、圖 21、圖 22、圖 23 分別為 1993、1997、2001、2005、2008 年世界各國科學效能與效率的散佈與迴歸圖，比較每間隔五年的散佈圖，可發現各圖中散佈點隨著時間的演進，有愈多的觀察國家點向右上移動，換言之，全球科學發展效率與效能均有獲得提升與進步，全球科學競爭力的差距也有逐漸縮小的趨勢。再依皮爾森(Pearson)相關係數可知，歷年各國科技效率與效能的相關性分析如下表 14，相關係數相關程度之高低，在正負 0.3 之間稱為低度相關；在正負 0.3-0.6 之間稱為中度相關；而在正負 0.6 至 0.9 之間則稱為高度相關；若是 R 值為正負 1，即表示完全相關。

基本上從 1993 到 2000 年，以及 2005 到 2008 年各年度效能與效率相關程度為中高度(相關係數介於 0.4~0.56 之間)，2002 年到 2004 年各效能與效率相關程度為低度相關(相關係數介於 0.1~0.27 之間)，2001 年效能與效率相關程度為高度相關(相關係數 0.638)。全球效能與效率發展長期而言，二者具有相關性，科學效能發展越好的國家，相對的在科學指標運作上亦是越有效率，或者可說科學效率愈加佳的國家，在科學效能上通常也會愈好。

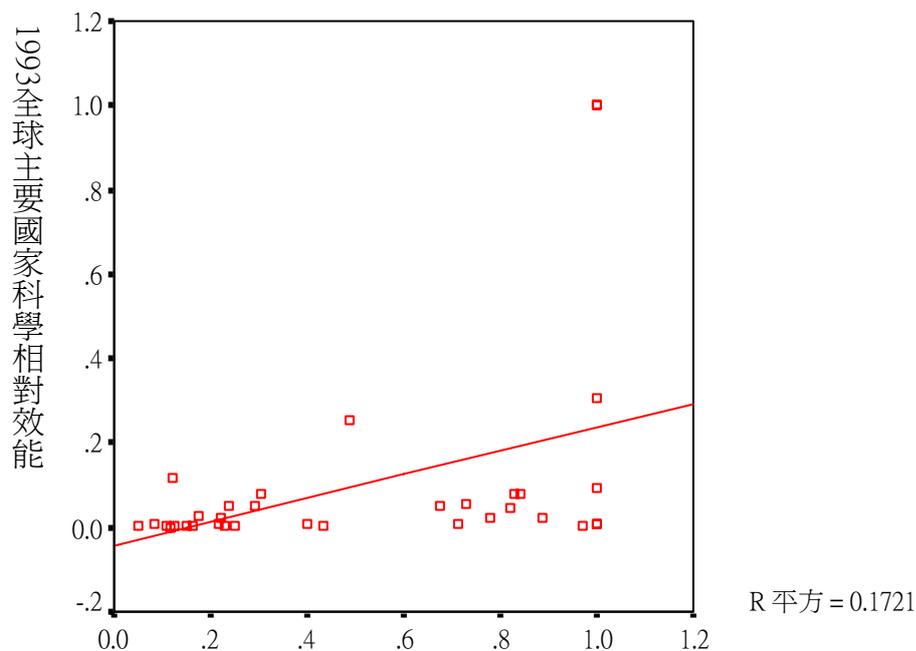
圖 24 為 1993 到 2008 年全球平均科學相對效率與效能散佈與迴歸圖，由圖中顯示 R 平方值為 0.713，趨勢線的 R 平方值等於或接近 1，趨勢線越可靠。利用迴歸分析，以現有的實際數據為基礎，可以預測未來 2009 以後的全球平均效率與效能值。

但從表 15 2006~2008 年各國科學效率與效能排名交叉比較亦可看出，部份國家科學上有效率，不代表一定具有效能，但有效能的國家，在科學效率上的排名也較突出，就從科學效能的排名比較，大致上和國際科技競爭力的排名類似。因此只要投入產出指標明確，採用 DEA 模式來分析各國的科技競爭力情形，是一個相當不錯的評估模式。附錄八為 1993~2002 年全球主要國家相對科學效能排名(CCR 模式)、附錄九為 IMD1992~2002 年全球主要國家科技排名表，可以將二者排名作交叉分析與比較。以台灣為例，2001 年與 2002 年台灣科學基礎建設 IMD 排名分別為第 14 名與第 13 名，而以 DEA 模式計算出的科學效能排名分別為第 17 名與第 16 名，二者名次接近，可以互為參考。

表 14 科學效率與效能之相關性分析與 R 平方值

年度	相關係數	相關性	P 值	α 值	R 平方值
1993	0.415	中度相關	0.015	0.05	0.1721
1994	0.441	中度相關	0.006	0.01	0.1941
1995	0.474	中度相關	0.003	0.01	0.2249
1996	0.429	中度相關	0.006	0.01	0.1846
1997	0.432	中度相關	0.005	0.01	0.1871
1998	0.487	中度相關	0.001	0.01	0.2373
1999	0.544	中度相關	0.0002	0.01	0.2961
2000	0.567	中度相關	0.00009	0.01	0.322
2001	0.638	高度相關	0.000003	0.01	0.4061
2002	0.275	低度相關	0.061	0.01	0.0758
2003	0.138	低度相關	0.338	0.01	0.0191
2004	0.267	低度相關	0.061	0.01	0.0712
2005	0.317	中度相關	0.025	0.05	0.1002
2006	0.397	中度相關	0.005	0.01	0.1574
2007	0.433	中度相關	0.002	0.01	0.1872
2008	0.307	中度相關	0.034	0.05	0.0941

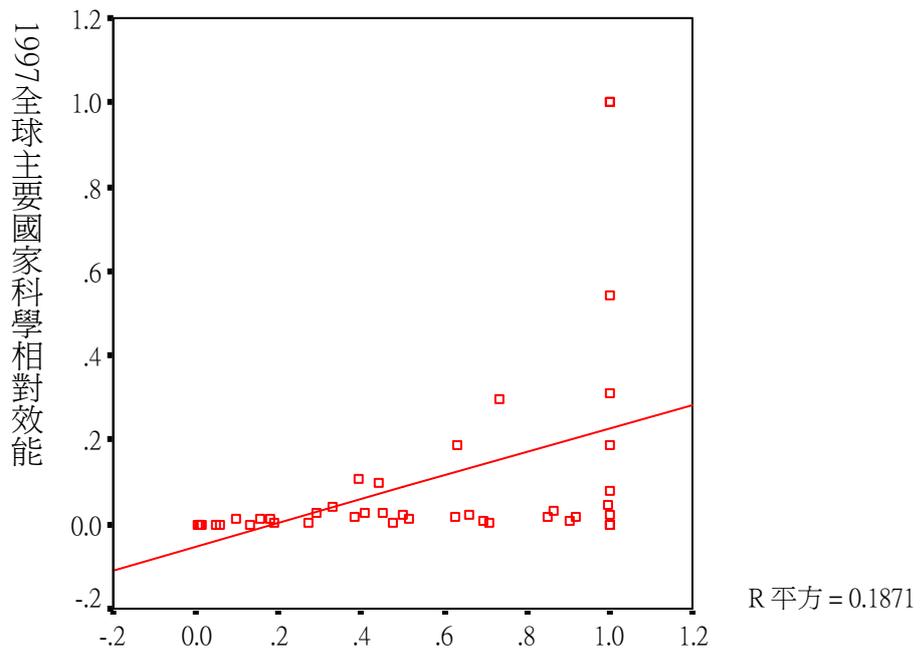
資料來源：本研究



1993全球主要國家科學相對效率

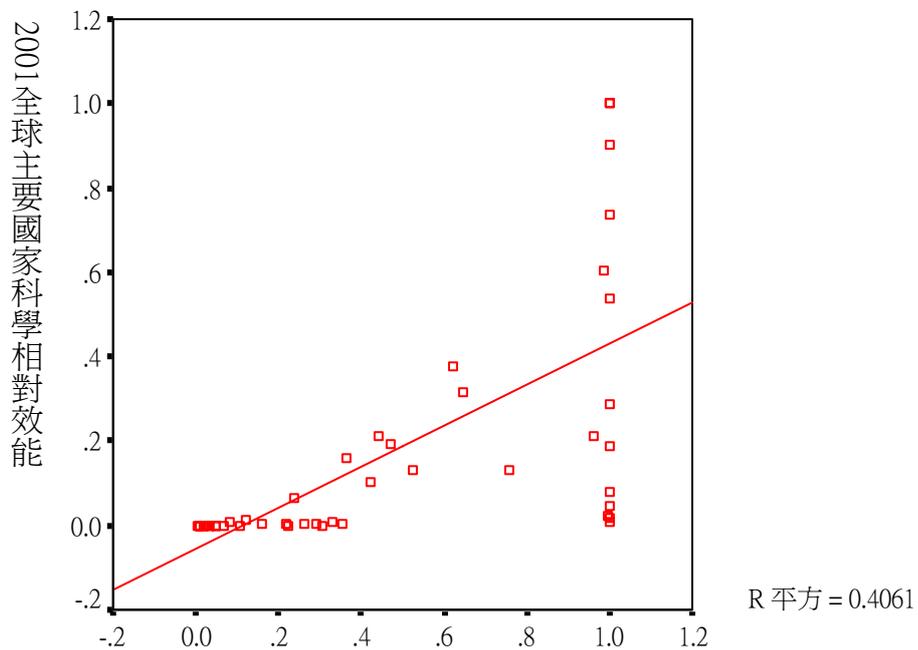
圖 19 1993 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖

資料來源：本研究



1997全球主要國家科學相對效率

圖 20 1997 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖
資料來源：本研究



2001全球主要國家科學相對效率

圖 21 2001 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖
資料來源：本研究

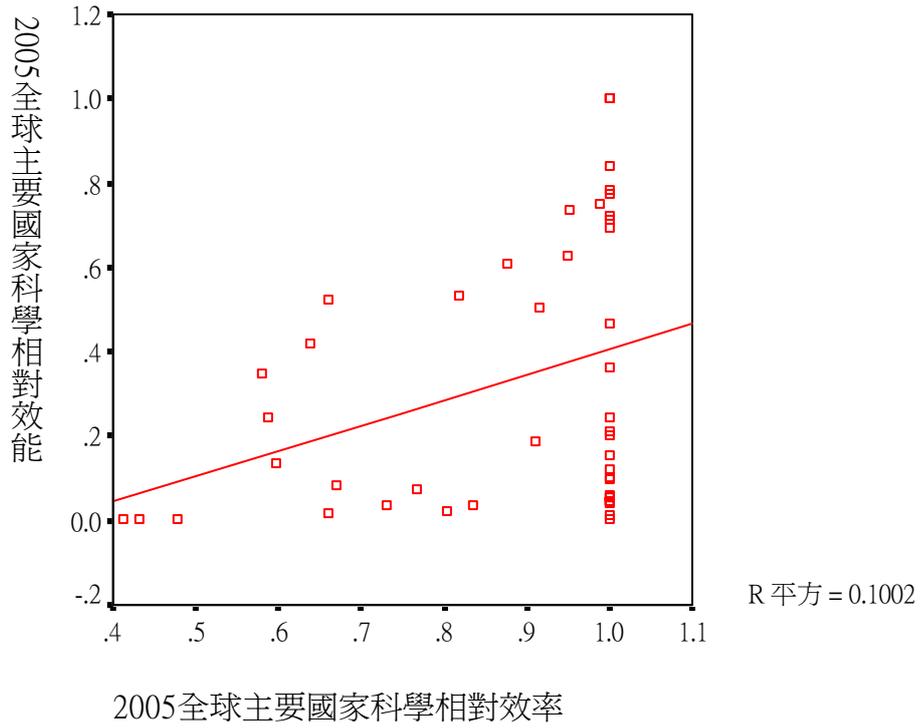


圖 22 2005 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖
資料來源：本研究

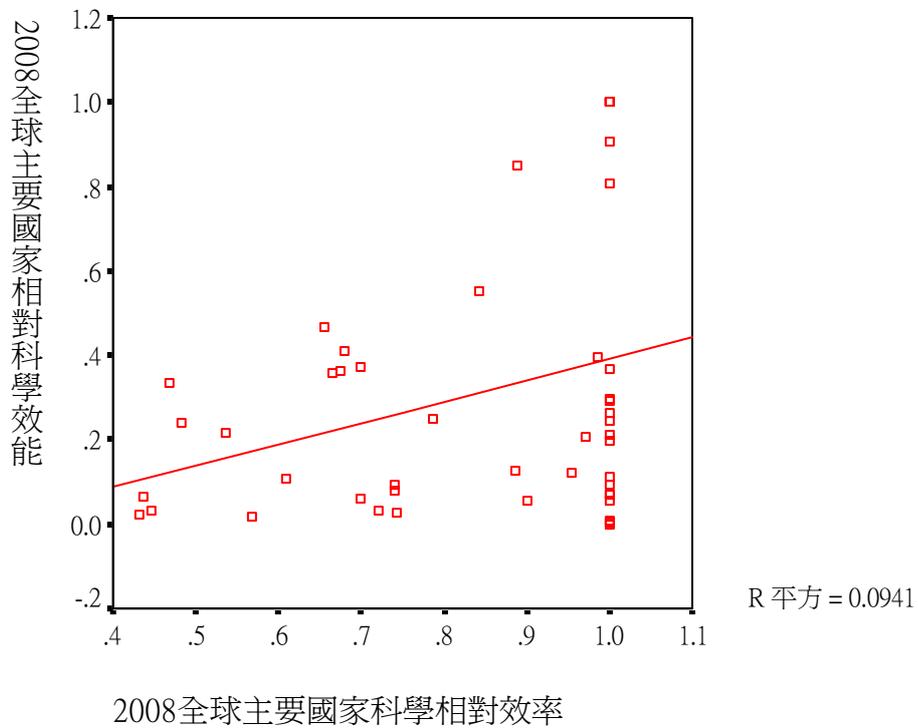
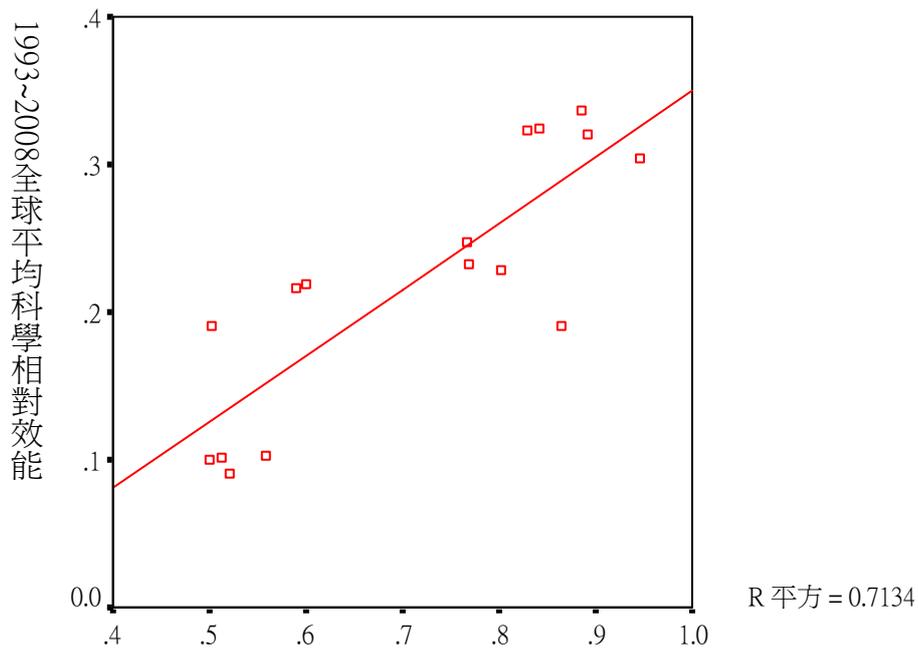


圖 23 2008 年全球主要國家科學相對效率與效能散佈與迴歸圖
資料來源：本研究



1993~2008全球平均科學相對效率

圖 24 1993~2008 年全球平均科學相對效率與效能散佈與迴歸圖

資料來源：本研究



表15 2006~2008年全球主要國家科學效率與效能排名

觀察國家	2006科學 效率排名	2006科學 效能排名	2007科學 效率排名	2007科學 效能排名	2008科學 效率排名	2008科學 效能排名
ARGENTINA	1	33	1	33	1	34
AUSTRALIA	1	16	1	19	1	15
AUSTRIA	40	25	44	28	46	18
BAVARIA	43	23	--	--	--	--
BELGIUM	38	17	39	18	40	17
BRAZIL	26	34	34	36	33	35
CANADA	35	18	45	21	31	22
CHILE	1	46	1	26	1	28
CHINA	1	22	1	24	1	21
COLOMBIA	1	41	1	47	1	48
CROATIA	48	47	43	43	27	41
CZECH REPUBLIC	34	27	41	31	42	32
DENMARK	29	8	30	11	41	11
ESTONIA	32	42	32	42	35	42
FINLAND	39	21	38	20	44	25
FRANCE	31	14	29	12	38	12
GERMANY	30	9	1	1	30	10
GREECE	27	29	1	32	26	30
HONG KONG	46	32	47	37	48	38
HUNGARY	33	37	35	35	36	39
ICELAND	49	40	50	45	49	45
INDIA	1	30	1	38	1	36
INDONESIA	--	--	1	50	1	49
IRELAND	28	--	33	14	39	16
ISRAEL	37	15	37	15	37	14
ITALY	1	13	1	16	1	20
JAPAN	1	1	1	1	1	1
KOREA	1	12	1	9	1	1
LUXEMBOURG	1	1	1	1	1	1
MALAYSIA	50	49	49	48	34	33
MEXICO	36	38	42	41	47	43
NETHERLANDS	22	11	25	13	24	13
NEW ZEALAND	1	45	1	17	1	19
NORWAY	1	7	1	10	1	7
PHILIPPINES	44	50	40	49	1	47
POLAND	1	35	1	27	1	23
PORTUGAL	24	28	31	34	29	29
ROMANIA	1	44	1	30	1	31
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--
RUSSIA	1	19	1	22	1	26
SINGAPORE	47	20	48	23	45	24
SLOVAK EPUBLIC	25	43	1	40	1	37
SLOVENIA	45	31	27	29	--	--
SOUTH AFRICA	41	39	46	46	43	46
SPAIN	23	26	26	25	25	27
SWEDEN	1	1	1	1	28	8
SWITZERLAND	1	5	1	1	1	1
TAIWAN	1	10	1	1	1	1
THAILAND	42	48	36	44	32	44
TURKEY	1	36	28	39	1	40
UK	1	6	1	8	1	9
USA	1	1	1	1	1	1

資料來源：本研究

第四章 科技競爭力預測之實證研究

灰色預測之滾動建模，GM(1, 1)模式(Deng, 1989; Lin and Lin, 2001; Hsieh, et al., 2002; Lin and Yang, 2003)，能夠不斷地預測各國與各區域科技競爭力之變化。由於 IMD 科技指標所提供之資料，屬於小樣本的資料，無法提供足夠之資訊來清楚地瞭解各國科技競爭力之變化與趨勢。因此，在少量樣本且有限資料無法建構預測及控制模式；而灰色預測模式，可以在資料量不是很充足之狀態下建構預測模式。Deng (1989)指出只要四個資料點即可建構 GM(1, 1)之預測模式。在一般之預測模式，當有很多個變數需被考慮時，必須考慮大樣本，且服從某一個分配，才能分析及比較變數之間關係。然而，灰色預測僅需少量之樣本，且資料不需服從某一分配，即可做預測。因此，灰色預測非常適合運用在預測小樣本之預測模式。

4.1 GM(1,1)滾動模型預測科學效能

本節以第三章之所計算之 CCR 模式，將科學效能分為：(1) 全球平均科學(指標)效能值、(2) G7 平均科學(指標)效能值、(3) 亞洲四小龍平均科學(指標)效能值、(4) 東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值。此四項 CCR 模式所計算出來之效能值如表 16 所示。然後運用灰色預測之 GM(1, 1) 滾動模式來預測未來各區域科學效能之發展，計算過程如下：

步驟一：建立原始數列

將表 16 的資料劃分為三個部分，第一部分資料從 1993 年至 1998 年；第二部分資料從 1999 年至 2004 年；與第三部分資料從 2000 年的資料至 2005 年的資料進行建模，並預測自 2006 年之 2008 年之科技效能之變化。以第一部分資料從 1993 年至 1998 年之資料計算為例，原始全球 CCR 平均科學(指標)效能值，可建立原始數列 $X(0)$ 如下：

$$X^{(0)} = (0.101, 0.228, 0.232, 0.091, 10103, 0.100)$$

步驟二：建立累加生成

計算一次累加生成，可得到 $X(1)$ 之累加生成數列如下：

$$X(1) = (0.101, 0.329, 0.561, 0.652, 0.775, 0.856)$$

步驟三：均值生成

令 $\alpha=0.5$ 做均值生成，數據矩陣 B 及數據列 YN，可得到 \hat{a} 如下：

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.27 \\ 0.301 \end{bmatrix}$$

步驟四：計算累加生成預測

可得到此預測模式如下式：

$$\hat{X}^{(1)}(t+1) = \left(X^{(0)}(1) + 1.114 \right) e^{(0.005)t} - 1.114$$

步驟五：計算累減生成

由上式計算此模式之科學效能(CCR)預測值，令 $t=1, 2, \dots, 7$ 可得 CCR 值從序列 1994 年至 1998 年之科學效能預測，分別為 0.101、0.240、0.183、0.140、0.107 及 0.081，其序列可表示為：

$$\hat{X}^{(0)} = (0.101, 0.240, 0.183, 0.140, 0.107, 0.081)$$

步驟六：計算誤差

由表 17 列出 GM(1, 1) 計算後之預測值及科學效能(CCR)實際值，可分別計算出殘差及平均殘差。其餘 G7 平均科學(指標)效能值、亞洲四小龍平均科學(指標)效能值與東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值之滾動預測詳於表 18 至表 20 所示。同時要特別說明的是 IMD 在 2000 年以前的報告書中將科學指標稱為科技指標，用以衡量一國的科技發展競爭力，到 2001 年以後才將上述指標新分類為科學基礎指標，而為求資料的長期性(16 年觀察期)，因此本研究乃將 1993 年到 2000 年的科技指標亦稱為科學指標，如此方能進行 1993 年到 2008 年的各國競爭力比較研究。應此本研究在進行科學指標效能分析時，在 1993 到 2000 年度亦代表各國科技指標的相對效能分析。

表 16 各區域平均科學(指標)效能值(CCR 模式)

年	全球平均科學效能值	G7 平均科學效能值	亞洲四小龍平均科學效能值	東亞、南亞國家平均科學效能值
1993	0.101	0.401	0.035	0.002
1994	0.228	0.544	0.572	0.017
1995	0.232	0.562	0.573	0.025
1996	0.091	0.405	0.082	0.008
1997	0.103	0.421	0.095	0.006
1998	0.100	0.421	0.120	0.006
1999	0.219	0.535	0.065	0.012
2000	0.216	0.545	0.078	0.005
2001	0.190	0.513	0.139	0.004
2002	0.191	0.534	0.120	0.020
2003	0.304	0.690	0.433	0.023
2004	0.320	0.710	0.505	0.023
2005	0.336	0.699	0.562	0.029
2006	0.248	0.561	0.253	0.041
2007	0.323	0.703	0.519	0.055
2008	0.324	0.615	0.576	0.078

資料來源：本研究

表 17 全球平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

年	CCR 模式 計算之效 能值	Part 1 1993~1998				Part 2 1998-2002				Part 3 2000-2008			
		預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)
1993	0.101	0.101	-	0.205	0.795	0.219	0	0.122	0.878	0.216	0	0.089	0.911
1994	0.228	0.240	0										
1995	0.232	0.183	0.050										
1996	0.091	0.140	0.211										
1997	0.103	0.107	0.537										
1998	0.100	0.081	0.036										
1999	0.219					0.219	0						
2000	0.216					0.179	0.169			0.216	0		
2001	0.190					0.207	0.086			0.194	0.019		
2002	0.191					0.238	0.246			0.226	0.180		
2003	0.304					0.274	0.098			0.300	0.027		
2004	0.320					0.316	0.013			0.310	0.075		
2005	0.336									0.310	0.252		
2006	0.248									0.310	0.045		
2007	0.323									0.310	0.089		
2008	0.324									0.310	0.089		
2009										0.310			

資料來源：本研究

表 18 G7 平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

年	CCR 模式 計算之效 能值	Part 1 1993~1998				Part 2 1998-2002				Part 3 2000-2008			
		預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)
1993	0.401	0.401	-	0.070	0.930								
1994	0.544	0.553	0										
1995	0.562	0.508	0.016										
1996	0.405	0.467	0.096										
1997	0.421	0.429	0.153										
1998	0.421	0.394	0.019										
1999	0.535			0.065	0.935	0.535	0						
2000	0.545					0.497	0.088						
2001	0.513					0.543	0.059						
2002	0.534					0.593	0.111						
2003	0.690					0.647	0.062						
2004	0.710					0.706	0.005						
2005	0.699												
2006	0.561												
2007	0.703												
2008	0.615												
2009													

資料來源：本研究

表 19 亞洲四小龍平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

年	CCR 模式 計算之效 能值	Part 1 1993~1998				Part 2 1998-2002				Part 3 2000-2008			
		預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)
1993	0.035	0.035	-	0.588	0.412	0.065	0	0.219	0.781	0.078	0	0.266	0.734
1994	0.572	0.623	0										
1995	0.573	0.375	0.089										
1996	0.082	0.226	0.345										
1997	0.095	0.136	1.758										
1998	0.120	0.082	0.430										
1999	0.065					0.065	0			0.078	0		
2000	0.078					0.080	0.021			0.174	0.254		
2001	0.139					0.128	0.078			0.240	1.001		
2002	0.120					0.205	0.709			0.430	0.087		
2003	0.433					0.329	0.241			0.460	0.161		
2004	0.505					0.527	0.045			0.470	0.909		
2005	0.562									0.480	0.049		
2006	0.253									0.490	0.122		
2007	0.519									0.510	0.266		
2008	0.576									0.520			
2009													

資料來源：本研究

表 20 東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

年	CCR 模式 計算之效能值	Part 1 1993~1998				Part 2 1998-2002				Part 3 2000-2008			
		預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)	預測值	殘差 (%)	平均殘差 (%)	模式精度 (%)
1993	0.002	0.002	-	0.288	0.712	0.012	0	0.59	0.41	0.005	0	0.037	0.963
1994	0.017	0.021	0										
1995	0.025	0.016	0.220										
1996	0.008	0.012	0.376										
1997	0.006	0.008	0.505										
1998	0.006	0.006	0.334										
1999	0.012					0.012	0			0.005	0		
2000	0.005					0.008	0.693			0.012	0.051		
2001	0.004					0.011	1.647			0.015	0.038		
2002	0.020					0.015	0.271			0.020	0.086		
2003	0.023					0.020	0.126			0.020	0.025		
2004	0.023					0.028	0.215			0.030	0.035		
2005	0.029									0.040	0.004		
2006	0.041									0.050	0.037		
2007	0.055									0.080	0.037		
2008	0.078									0.100			
2009													

資料來源：本研究

步驟七：科學效能值預測分析

(1)全球平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

由表 17 所計算之全球平均科學(指標)效能值與滾動預測模式可分為三部分，分述如下：

第一部分：資料點自 1993 年至 1998 年之 CCR 效能值之建模預測：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 20.5%；模式精準度為 79.5%。

第二部分：資料點自 1998 年至 2002 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 12.2%；模式精準度為 87.8%。

第三部分：以資料點自 2000 年至 2008 年建模並預測 2009 年之 CCR 效能值之預測：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 8.9%；模式精準度為 91.1%。在第三部分經由滾動建模後，再依據模式進行 CCR 科學效能預測，模式精準度較第一部分與第二部分精準。再從模式進行 2009 年之 CCR 科學效能預測值為 0.31。

(2)G7 平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

由表 18 所計算之 G7 平均科學(指標)效能值與滾動預測模式可分為三部分，分述如下：

第一部分：資料點自 1993 年至 1998 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 7%；模式精準度為 93%。

第二部分：資料點自 1998 年至 2002 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 6.5%；模式精準度為 93.5%。

第三部分：以資料點自 2000 年至 2008 年建模並預測 2009 年之 CCR 效能值之預測：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 6.5%；模式精準度為 93.5%。在第三部分經由滾動建模後，再依據模式進行 CCR 科學效能預測，模式精準度較第一部分與第二部分精準。再從模式進行 2009 年之 CCR 科學效能預測值為 0.6。

(3)亞洲四小龍平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

由表 19 所計算之亞洲四小龍平均科學(指標)效能值與滾動預測模式可分為三部分，分述如下：

第一部分：資料點自 1993 年至 1998 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 58.8%；模式精準度為 41.2%。

第二部分：資料點自 1998 年至 2002 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 21.9%；模式精準度為 78.1%。

第三部分：以資料點自 2000 年至 2008 年建模並預測 2009 年 CCR 效能值之預測：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 26.6%；模式精準度為 73.4%。在第三部分經由滾動建模後，再依據模式進行 CCR 科學效能預測，模式精準度較第一部分精準，但比第二部分不精準。再從模式進行 2009 年之 CCR 預測值為 0.52。

(4)東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值之 GM(1,1)滾動模型預測

由表 20 所計算之東亞、南亞國家平均科學(指標)效能值與滾動預測模式可分為三部分，分述如下：

第一部分：資料點自 1993 年至 1998 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 28.8%；模式精準度為 71.2%。

第二部分：資料點自 1998 年至 2002 年之 CCR 效能值之建模：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 59%；模式精準度為 41%。

第三部分：以資料點自 2000 年至 2005 年建模並預測 2006 年自 2008 年之 CCR 效能值之預測：
在 CCR 模式所計算之效能值與模式所預測之數據，在平均殘差部分為 3.7%；模式精準度為 96.3%。在第三部分經由滾動建模後，再依據模式進行 CCR 科學效能預測，模式精準度較第一部分與第二部分精準。再從模式進行 2009 年之 CCR 科學效能預測值為 0.1。

綜合上述全球、G7、亞洲四小龍、東亞(南亞)等四個區域 CCR 之科學效能預測分析結果顯示，各效能值除四小龍預測精準度較低外，其他四個區域均呈現預測高精準度之狀況。G7 為高度發展之國家，對於計算科學效能之指標值之指標，國家都有穩定性的投入與產出，因而呈現高精準度之預測。反觀在區域平均效能值之預測呈現預測較不精準之狀況，推斷可能會隨者國家經濟發展狀況，而投入不同之預算，而且當國家遇到全球性金融、經濟與網路泡沫化時，投入與產出之科學效能亦會呈現不穩定之狀況。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究綜合各項研究過程與成果有以下的發現與結論：

- (1) 在評選 IMD 科技指標時產生的問題會影響評估的結果有下列幾點：
 - (a) 因為部份 IMD 科技指標投入產出之間的相關性低，甚至呈現負相關，使得可以運用在本研究模型的科技指標項數減少，影響整體的評估成效。且當為負相關時指標不能納入 DEA 模式，此時刪除的指標也會造成投入或產出過少的問題。
 - (b) 原始資料由於每一年度的觀察國家的不同、評比的科技指標不同，造成每一年度的效率與效能評估的指標會有差異性，影響跨期資料的判讀與比較的正確性。
 - (c) 由於 IMD 科技指標設計與選擇上，並沒有將各指標依投入產出做分類，且在技術指標設計上均以產出指標為主，增加研究的困難性。
 - (d) 部份指標由於少部份缺乏觀察國家的數據，為求受評估國家的完整性，只好犧牲該項指標，不納入研究模型中，譬如衡量專利生產力的單位企業研發人力對本國人註冊專利數指標(Patents granted to residents / R&D personnel in business ('000s))，後續研究者可以嘗試尋找替代性的資料與指標。
 - (e) 建議 IMD 機構應針對科技評估指標進行歸類、指標間相關性檢定，改良評估指標，以符合績效評估的完整性。
- (2) 科技指標的選擇，是影響衡量國家科技能力與相對發展效率的最重要因素，而 DEA 模式所分析出之相對效率，會因投入與產出項之不同而有所變動。從研究中可發現 IMD 科技評估指標上不具有全面性，其客觀性有待修正，投入與產出指標的選擇需重新釐清。
- (3) 探討造成各國無效率因素時，會因選擇不同的 BCC 模式而可能有相異的結果。例如 1994 年造成澳洲無效率的原因，如以投入導向 BCC 模式所獲得的結果是歸因於規模因素，然而如使用產出導向的 BCC 模式獲得的結果卻是技術因素，這是在進行 DEA 評估時所需注意的模式選擇問題。
- (4) 本研究由於 IMD 科技指標本身的侷限性，以及考量投入產出間的相關性，使得模式上在產出相關指標只選用諾貝爾得獎數與專利數。其中在諾貝爾得獎數指標方面，許多觀察國家的產出資料為 0，因而可能扭曲評估之結果。另外歷年 IMD 全球競爭力報告書，因 IMD 除問卷調查部份資料較接近當年度該國家的情況外，許多科技指標數據並非為當年度實際資料，因此包括 IMD 科技競爭力排名以及本研究依 IMD 資料分析之各國相對科技效率，在某種程度均無法完全代表該國家當年度的實際科技競爭力與效率情形。

- (5) 本研究建立了一個客觀性評比的架構與方法，來探討科技競爭力，並對「科技發展相對效率與效能」進行長期的量化實證分析。研究者從整體性的觀點，以國際知名的 IMD 全球競爭力報告書為研究基礎，建立評估科技競爭效率與效能之指標與研究數據，應用資料包絡分析法理論，從科技發展投入與產出面來觀察 1993 年到 2008 年，16 年來全球 50 多國科技競爭相對效率與效能之比較、轉變與發展趨勢，為全球科技發展歷程進行實證紀錄，並進行比較研究，並建立灰預測模型，以做為各國政府科技資源運用與政策制定之參考。研究顯示就從 1993 年到 2008 年 16 年來，G7 工業國的平均效能與效率值均遠高於全球平均值，且全球歷經 16 年的長期科技發展，隨著科技的擴散，各國科技效率與效能間的差距有日漸縮小的現象，而全球科技的發展也朝高效率與高能發展。
- (6) 由台灣的個案研究發現，可以從 DEA 理論獲知一國科技效率與效能的國際地位，以及與先進國的差距。台灣長達 13 年為科技效率國，從其在非效率年度期間之偏差值分析可明白，台灣由邊緣非效率國家進步為強勢效率國家所需增減之投入與產出項目量，政府可依效率目標值，配合實際現況，選擇性或全面性達成目標值。因此，完整與有共識之 DEA 模式，將可成為國家科技部門編列預算與目標管控之理論基礎。台灣在科技效率與效能上具有高績效值，顯然科技行政相關部門在政策規劃、資源分配，與績效管控之作法值得國人肯定與讚揚，更可為後進國家學習之典範。另外，各國在參考與引進它國的科技發展經驗時，需注意參考國家在科技執行上的效率與效能因素，因為國家的資源相對有限，政府應同時追求高效率與高效能的科技發展。
- (7) 過去應用 DEA 模式進行相對效率之有關研究，基於資料取得之困難及缺乏完整，因而將許多難以量化之資源轉換過程指標視為系統黑盒子直接忽略，所以投入項指標多選擇容易量化之人力、金額、土地空間等。然而 IMD 國際競爭力報告書中，具有許多科技資源轉換指標，這些轉換指標多為問卷調查評分，具有一定的參考價值。因此選擇以 IMD 資料做為投入產出指標，不僅可以將科技效率與科技排名比較外，尚可藉由 DEA 模式探討科技資源轉換指標對於科技產出效率與效能之影響性。
- (8) 本研究先以 DEA 評估各國的科技效率與效能後，再用灰色模型 GM(1, N) 建立一個預測性動態模型，可預測與評估各國未來之科技發展的趨勢。

5.2 未來研究方向之建議

- (1) 基於資料的複雜性，本研究僅應用 CCR 與 BCC 模式分析各國的科技發展相對效率，對於效率值為 1 的 DMU 國家群，沒有加以鑑別其效率排名，未來可應用 A&P 模式，鑑別效率值均為 1 的 DMU 國家群中，那些國家更有效率，進行排名，可做為後進國家學習與模仿的對參考集合。
- (2) 本研究雖然建立一個完整的科技競爭力分析架構，然而投入產出指標之選擇對國家排名影響甚鉅，未來研究可以加入不同的科技產出項，譬如國民所得 (GDP、GDP per capita) 等指標，觀察跨國間的比較異同。

- (3) 運用 DEA 模式所分析出之相對效率會因投入與產出指標的不同而有所改變，本研究基於國際公信力、數據連續性與完整性等理由而選用 IMD 科技指標進行研究，但全球主要研究競爭力機構尚有 WFE、OECD、美國喬治亞理工學院等，其對於科技競爭力指標之選擇與 IMD 或有差異性與獨特性，因此可針對不同競爭力報告進行 DEA 分析，並做差異比較，深入研究各種競爭力評比報告間，影響科技評比結果之因素，尋找世界公認為達成強勢效率與效能 DMU 國家，其相對重要且執行之科技策略。由於本文使用數量工具的限制，最多觀察國家僅能到 50 個國家，後進研究者可以增加評估的國家數，同時亦可以結合不同機構國際競爭力報告，進行更大規模與完整的科技效率與效能的實證分析。
- (4) 包括 IMD、WEF 等機構所發表的科技競爭力排名研究報告，其報告結果可讓各國政府瞭解其與它國科技競爭力與效能的優劣與強弱排名，然而本研究以為亦可應用 DEA 效率與效能模式，分析全球各國科技發展的相對競爭力與效能排名，進而分析效能進步、落後與變動情形，具體提出達成強勢科技效能國家的策略與改善空間，並與 IMD 等國際機構之科技排名，進行交叉分析，瞭解差異性，驗證 DEA 理論。
- (5) 可再應用其它預測方法進行效率與效能的預測，以瞭解國家科技發展的未來趨勢。本研究在科技效能預測上，是直接以歷年度全球平均效能值做為灰預測基礎，未來研究者可以先將科技指標數據進行灰預測後，再預測全球科技效能值，以提高預測的精準度，再將預測值以 DEA 模式，進行科技國家發展的目標規劃依據，制定高效率與效能之科技發展政策。

參考文獻

中文部分

- [1] 方進義，「零和限制下探討證券商經營效率之研究」，交通大學，博士論文，民國 97 年。
- [2] 江金山、吳佩玲、蔣祥第、張廷政、詹福賜、張軒庭、溫坤禮，灰色理論入門，高立圖書有限公司，民國 87 年。
- [3] 江勁毅、曾國雄，「新的 DEA 效率衡量方式：以模糊多目標規劃建立之效率達成度」，管理學報，第 17 卷第 2 期，369-388 頁，民國 89 年。
- [4] 吳淑瓊，「焦點團體研究法」，研考雙月刊，第十六卷第一期，頁 44-50，民國 81 年。
- [5] 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，灰色分析入門，高立圖書有限公司，第一版，民國 85 年。
- [6] 呂恆志，「台灣科技發展之國家競爭力研究」，銘傳大學，碩士論文，民國 88 年。
- [7] 李健瑞，「以資料包絡分析法比較 20 個國家科技競爭效率之評估」，國立中央大學，碩士論文，民國 92 年。
- [8] 林巨凡，「國家科技競爭力之分析：資料包絡分析法與麥氏指數之應用」，真理大學，碩士論文，民國 93 年。
- [9] 林永能，「國防部所屬單位預算執行績效評估」，國防大學國防財務資源研究所，碩士論文，民國 98 年。
- [10] 林立弘，「台灣地區國際觀光旅館績效評估模式之建構—二階段資料包絡分析法與關聯性網路資料包絡分析法之應用」，中華大學，博士論文，民國 96 年。
- [11] 林進財、陳啟斌、張哲維，「灰色關聯決策分析法應用在產業投資優勢評估-以近期甘肅省對外招商和經濟技術合作為例」，蘭州大學學報(社會科學版)，第二十六卷第四期，頁 18-25，民國 87 年。
- [12] 金新安，「應用 DEA 模式探討台灣與南韓科技能力」，中國科技大學，碩士論文，民國 96 年。
- [13] 洪欽銘、李龍鑣，「台灣地區高職教師人數需求之灰色預測模式」，研究教育資訊，第四卷第三期，104-119 頁，民國 85 年。
- [14] 胡幼慧，焦點團體法，台北：巨流出版社，民國 85 年。
- [15] 胡光華，「銀行風險胃納之衡量與績效評估」，東吳大學，博士論文，民國 96 年。
- [16] 胡信正、孫遜，「資料包絡分析法應用於陸軍聯合保修場績效評估之研究」，2000 年科技管理學術研討會論文集，499-505 頁，台灣，民國 89 年。
- [17] 徐文章，由全球競爭力報告(The global Competitiveness Report, WEF)探討提

升我國科技競爭力之策略，96 年度自行研究計畫成果報告，行政院國家科學委員會，民國 96 年。

- [18] 徐基生、李宗耀、史欽泰、洪志洋、虞孝成、曾國雄，「運用 DEA 法評估工業技術研究各研發組織之經營績效」，管理評論，第二十二卷第二期，25-53 頁，民國 92 年。
- [19] 袁建中、劉俊儀、邱泰平、邱紹成，「政府輔導傳統產業轉型與提升產業競爭力策略規劃之研究：以台灣經濟部提升產業競爭力服務團為例」，第六屆兩岸中華文化與經營管理學術研討會，武漢大學，中國大陸，民國 91 年。
- [20] 袁建中、劉俊儀，「衡量國家技術能力之研究--以兩岸技術能力比較為例」，科技管理學刊，第二卷第一期，57-73 頁，民國 86 年。
- [21] 袁建中、劉俊儀、劉紹翰，「台灣 III V 族半導體產業發展生產設備之策略與政策」，元培科學技術學院學報四十週年校慶特輯，頁 161-181，民國 93 年 12 月。
- [22] 張偉哲、溫坤禮與張廷政，灰關聯模型方法與應用，高立圖書股份有限公司，民國 89 年。
- [23] 梅興邦、孫遜，「資料包絡分析法應用於台北市聯營公車經營績效之評估」，2000 年科技管理學術研討會論文集，台灣，507-517 頁，民國 89 年。
- [24] 許巧鶯、溫裕弘，「應用灰色預測與灰色聚類於航空公司航線運量預測與型態設計」，模糊系統學刊，第四卷第二期，51-62 頁，民國 87 年。
- [25] 許哲強、賴正文、陳家榮，「臺灣地區區域需電預測—改良型灰色殘差修正模型之應用」，能源季刊，第三十卷第三期，43-57 頁，民國 89 年。
- [26] 陳弘旭，「營造業就業人口之灰色預測」，高苑學報，第六卷第二期，民國 86 年，327-331 頁。
- [27] 陳啟斌、林進財、張哲維、何正斌，「灰色關聯分析應用於解田口方法多重品質特性問題」，技術學刊，第十五卷第一期，25-33 頁，民國 89 年。
- [28] 陳麗如，「保險產業經營績效與生產力分析」，政治大學，博士論文，民國 97 年。
- [29] 曾國雄、左峻德，國科會計畫書，民國 91 年。
- [30] 黃金成，「科學園區資源投入產出效率和產業引進策略之研究-以 DEA 和 AHP 方法分析」，國立成功大學國際企業研究所，碩士論文，民國 89 年。
- [31] 黃泰林、王小娥、陳垂彥，「灰色理論在兩岸海運貨櫃運量預測之應用」，長榮學報，第二卷第一期，103-123 頁，民國 87 年。
- [32] 黃錦文、黃旭男，「中華職棒聯盟各球員間相對績效之評估—資料包絡分析法之應用」，銘傳大學，碩士論文，民國 86 年。
- [33] 楊志慶，「臺灣養豬示範戶生產效率及環境績效衡量之研究」，國立中興大學，博士論文，民國 94 年。
- [34] 經濟部技術處，我國整體產業科技競爭力指標之建立，民國 86 年。

- [35] 劉俊儀，「衡量國家技術能力之研究：以兩岸技術能力比較為例」，交通大學，碩士論文，民國 84 年。
- [36] 劉俊儀、袁建中、曾國雄，「1993 年到 2002 年台灣與全球主要國家相對科技競爭效率之比較研究」，2003 國家科技政策與國際競爭力研討會，清華大學科技管理研究所，台灣，民國 92 年。
- [37] 鄧聚龍，灰色系統理論與應用，高立圖書股份有限公司，民國 89 年。
- [38] 鄧聚龍、郭洪，灰預測原理與應用，全華科技圖書股份有限公司，民國 86 年。
- [39] 戴文禮，「供應鏈績效評估與最適標竿之選擇」，成功大學，博士論文，民國 97 年。
- [40] 謝坤民，「應用灰色預測於人壽保險投保率之探討」，高雄科學技術學院學報，第二十七卷，345-356 頁，民國 86 年。
- [41] 羅佳珍，「以 DEA 及標竿分析法探討在鑽石架構下亞洲國家之整體競爭力」，國立成功大學，碩士論文，民國 92 年。
- [42] 羅思嘉、梁伶君，「大學圖書館績效評估模式之研究」，國立成功大學圖書館館刊，第一期，民國 87 年。
- [43] 邱紹成，以資料包絡分析法評估國內育成中心營運效率之研究，交通大學，碩士論文，民國 91 年。
- [44] 林昭伶，會計師事務所人力資本與經營績效分析，雲林科技大學，博士論文，民國 97 年。
- [45] 江俊霖，以資料包絡法探討企業整合之生產效率研究，交通大學，博士論文，民國 97 年。
- [46] 莊汪清，擇股模式之建構：DEA 方法之應用，銘傳大學，博士論文，民國 97 年。
- [47] 黃旭男，「資料包絡分析法使用程序之研究及其在非營利組織效率評估上之應用」，國立交通大學管理科學研究所，博士論文，民國 82 年 4 月
- [48] 左峻德、尤敏君，「國家科技競爭力指標之研究」，科技發展政策報導，329-348 頁，民國 87 年 10 月。
- [49] 康才華、袁建中、謝嘉鴻、劉俊儀、李光斌，「網際網路平台用於科技前瞻之探討」，科技發展政策報導，2008 年 11 月第 6 期，頁 75-86，民國 97 年。
- [50] 經建會，「國家競爭力之意義與內涵」，專題研究特刊第 2 號，行政院經濟建設委員會綜合計畫處，3-8 頁，民國 88 年。

英文部分

- [1] Alejandro, H. L., Douglas, R., George, C. M., Connie, M. B. and Richard, I. P., "Performance of Customized Control Charts to Detect Process Disturbances," Quality and Reliability Engineering International, Vol. 17, No. 3, pp. 205-218,

2001.

- [2] Andersen, P. and Petersen, N.C., "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis," Management Science, Vol. 39, No. 10, pp. 1261-1264, 1993.
- [3] Antony, J., "Multi-Response Optimization in Industrial Experiments Using Taguchi's Quality Loss Function and Principle Component Analysis," Quality and Reliability Engineering International, Vol. 16, No. 1, pp. 3-8, 2000.
- [4] Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W., "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis" Management Science, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092, 1984.
- [5] Benjamin J.C. Yuan , "Technological Capability, Policies, and Strategies in Asia", Science, Technology, and innovation policy, pp. 337-349, 2001
- [6] Benjamin J. C. Yuan, Chun-Yi Liu, Che-Wei Chang, "Developing Grey Relational Analysis Model to Evaluate On-line Games", Jouranal of Grey System, Vol. 1, pp. 97-104, 2009.
- [7] Benjamin J. C. Yuan, Tsai Hua Kang, Chien Ching Chang and Chun-Yi Liu, "Technology Foresight in Taiwan: Developing Internet Foresight System", International Journal of Technology Management (IJTM), special issue Vol. II ("The foresight in new era"), 2009.
- [8] Berg, S. A., F. R. Forsund, and E. S. Jansen, "Technical Efficiency of Norwegian Banks: The Non-Parametric Approach to Efficiency Measurement", Journal of Productivity Analysis, No. 2, pp. 127-142, 1991.
- [9] Boussofiene, A., Dyson, R.G. and Thanassoulis, E., "Applied Data Envelopment Analysis," European Journal of Operational Research, Vol. 52, No. 1, pp.1-15, 1991.
- [10] Cartwright, W. R., "Multiple Linked Diamonds and the International Competitiveness of Export-Dependent Industries: The New Zealand Experience", Management International Review, Vol. 33 (2), pp. 55-70, 1993.
- [11] Charnes, A., Clark, T., Cooper, W.W. and Golany, B. (1985), "A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Forces," Annals of Operation Research, Vol. 2, pp. 95-112, 1985.
- [12] Charnes, A., Cooper, D.Divine,T.W. Ruefli and D. Thomas, "Comparison of DEA and Existing Ratio and Regression Systems for Effecting Efficiency Evaluations of Regulated Electric Cooperative in Texas", Reasearch in Governmental and Nonprofit Accounting, Vol. 5, pp.187-210, 1989
- [13] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, Vol. 2, No. 4, pp. 429-444, 1978.
- [14] Chen, C. B. and Klein C. M., "An Efficient Approach to Solving Fuzzy MADM Problems," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 88, No. 1, pp. 51-67, 1997.
- [15] Chen, G., Cheng, S. W. and Xie, H., "Monitoring Process Mean and Variability with One EWMA Chart," Journal of Quality Technology, Vol. 33, No. 2, pp. 223-233, 2001.

- [16] Chen, T.Y. and T.L. Yeh, "A Study of Efficiency Evaluation in Taiwan's Banks", International Journal of Service Industry Management, Vol. 9, No. 5, pp. 402-415, 1998.
- [17] Chen, T.Y. and T.L. Yeh, "A Study of Efficiency Evaluation in Taiwan's Banks", International Journal of Service Industry Management, Vol. 9, No. 5, pp. 402-415, 1998.
- [18] Crocombe, F. T., Enright, M. J. and Porter, M. E., "Upgrading New Zealand's competitive advantage", Auckland: Oxford University Press, 1991.
- [19] Daly, D. J., "Porter's diamond and exchange rates", Management International Review Special Issue, pp. 119-134, 1993.
- [20] Del Castillo, E. and Hurwitz, A. "Run to Run Process Control: a Review and Some Extension," Journal of Quality Technology, Vol. 29, No. 2, pp. 184-196, 1997.
- [21] Deng, H. C. Yeh, H. and Robert, J. W., "Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights", Computer and Operations Research, Vol. 27, No. 10, pp. 963-973, 2000.
- [22] Deng, J., "Control Problems of Grey Systems," System & Control Letters, Vol. 1, No. 5, pp. 288-294, 1982.
- [23] Deng, J., "Introduction to Grey System Theory," The Journal of Grey System, Vol. 1, No. 1, 1989, pp. 1-24.
- [24] Deng, J., Grey System, Beijing: China Ocean Press, 1988.
- [25] Doyle, J. and Green, R., "Efficiency and Cross-efficiency in DEA : Derivations, Meanings and Uses," Journal of the Operational Research Society, Vol. 45, No. 5, 567-578. Doyle, J. and Green, R. (1994), "Efficiency and Cross-efficiency in DEA : Derivations, Meanings and Uses," Journal of the Operational Research Society, Vol. 45, No. 5, pp. 567-578, 1994.
- [26] Dunning, J. H., "The competitive advantage of countries and the activities of transnational corporations", Transnational Corporations, No.1, pp. 135-168, February 1992.
- [27] Färe R., S. Grosskopf, and J. Logan, "The Relative Performance of Publicly-owned and Privately-owned Electric Utilities", Journal of Public Economics, Vol. 26, pp. 89-106, 1985.
- [28] Farrell, M.J., "The Measurement of Productive Efficiency," Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General, Vol. 120, Part 3, pp. 253-281, 1957.
- [29] Forstner, H. ; Isaksson, A. "Capital, Technology of Efficiency?:A Comparative Assessment of Sources of Growth in Industrialized and Developing Countries", Discussion Paper (Statistics and Information Networks Branch of UNIDO),(3), pp. 1-34, January 2002
- [30] Ganley J.A., Cubbin J.S., Public Sector Efficiency Measurement: Application of Data Envelopment Analysis, North-Holland, 1992
- [31] Grosskopf, S., and V. Valdmanis, "Measuring Hospital Performance : A Nonparametric Approach", Journal of Health Economics, Vol. 6, pp. 89-107, 1987.

- [32] Hao, Y., and Cheng, L., “The Application of Grey Situation Decision to the Selection of Afforestation Species in Loess Plateau,” The Journal of Grey System, Vol. 9, No. 1, pp. 75-81, 1997.
- [33] Hsieh, C. H., Chou, J. H. and Wu, Y. J. “Optimal Predicted Fuzzy PI Gain Scheduling Controller of Constant Turning Force Systems with Fixed Metal Removal Rate”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 19, No. 10, pp. 714-721, 2002.
- [34] Hung, S. W. and Yang, C., “The Fab-less IC Industry in Taiwan: Current Status and Challenges”, Technology in Society, Vol. 25, No. 3, pp. 385-402, 2003.
- [35] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1993.
- [36] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1994.
- [37] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1995.
- [38] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1996
- [39] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1997.
- [40] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1998.
- [41] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 1999.
- [42] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2000.
- [43] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2001.
- [44] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2002.
- [45] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2003.
- [46] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2004.
- [47] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2005.
- [48] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2006.
- [49] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2007.
- [50] IMD, The World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland, 2008.
- [51] Ishii, K. and Sugeno, M., “A Model of Human Evaluation Process Using Fuzzy

- Integral,” International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 22, No.1, pp. 19-38, 1985.
- [52] Kaiser, H. F., “The Application of Electronic Computers to Analysis,” Educational and Psychological Measurement, Vol. 20, No.1, 1960, pp.141-151.
- [53] Keith, D. B., and Lance, E. B., “Explaining National Competitive Advantage for a Small European Country: a Test of Three Competing Models”, International Business Review, Vol. 6, No.1, pp. 53-70, 1997.
- [54] Krueger, R. A., “The Future of Focus Group,” Qualitative Health Research, Vol. 5, No. 4, 1995, pp. 524-530.
- [55] Lee, K. M. and Lee, K. H., “Identification of λ -Fuzzy Measure by Genetic Algorithm,” Fuzzy Sets and Systems, Vol. 75, No. 3, 1995, pp. 301-309.
- [56] Lin, C. T. and Hsu, P. F., “Selection of Advertising Agencies Using Grey Relational Analysis and Analytic Hierarchy Process,” Journal of International Marketing and Marketing Research, Vol. 26, No. 3, pp. 115-128, 2001.
- [57] Lin, C. T. and Yang, S. Y., “Forecast of the Output Value of Taiwan’s Opto-electronics Industry Using the Grey Forecasting Model,” Technological Forecasting & Social Change, Vol. 70, No. 2, pp. 177–186, 2003.
- [58] Lin, C. T. and Yang, S. Y., “Selection of House Mortgage Loans Using Grey Relational Analysis,” The Journal of Grey System, Vol. 11, No. 4, pp. 359-368, 1999.
- [59] Ma, Y., Su, Z., and Ma, G., “Grey Decision Making on Vegetable Production,” The Journal of Grey System, Vol. 8, No. 2, pp. 189-196, 1996.
- [60] Moon, H. C., Rugman, A. M. and Verbeke, A. , “A generalized double diamond approach to the global competitiveness of Korea and Singapore”, International Business Review, Vol. 7, pp. 135-150, 1998.
- [61] Narula, R., “A dynamic competitive development model. Management”, International Review Special Issue, pp. 85-107, 1993.
- [62] Porter, M. E. and Armstrong, J., “Canada at the crossroads: Dialogue”, Business Quarterly, Spring, pp. 6-10, 1992.
- [63] Porter, M. E., Canada at the Crossroads: The Reality of New Competitive Environment, A Government of Canada Publication, 1991.
- [64] Porter, M. E., The Competitive Advantage of Nations, New York: The Free Press, 1990
- [65] Rabinowitz, G. and Yahalom, O., “Imperfect Inspection of a Multi-Attribute Deteriorating Production System - A Continuous Time Model,” Quality and Reliability Engineering International, Vol. 17, No. 6, pp. 407-418, 2001.
- [66] Register, C. A., “Technical Efficiency within the US Postal Service and Postal Reorganization Act of 1970”, Applied Economics, 1988, Vol. 20, pp. 1185-1197.
- [67] Reynolds, M. R. and Stoumbos, Z. G., “Monitoring the Process Mean and Variance Using Individual Observations and Variable Sampling Intervals,” Journal of Quality Technology, Vol. 33, No. 2, 2001, pp. 181-205.
- [68] Rousseau, S. and R. Rousseau, “Data Envelopment analysis as a Tool for Constructing Scientometric Indicators”, Scientometrics, Vol. 42, No. 1, pp. 45-46,

1997

- [69] Rousseau, S. and R. Rousseau, "The Scientific Wealth of European Nations: Taking Effectiveness Add Into Account", Scientometrics, Vol.42, No.1, pp .75-87, 1997
- [70] Rugman, A. M. & Verbeke, A., "Transnational networks and global competition: An organizing framework", Research in Global Strategic Management, Vol. 5, pp. 3-23, 1995.
- [71] Rugman, A. M., & D'Cruz, J. R., "The double diamond model of international competitiveness: The canadian experience", Management International Review, Vol. 33, No.2, pp. 17-39, 1993.
- [72] Rugman, A. M., and Verbeke, A., "Corporate strategies and environmental regulations: an organizing framework", Strategic Management Journal, Vol. 19, pp. 363-375, 1993.
- [73] Sanjaya Lall, "Competitiveness Indices and developing countries: A Economic Evaluation of the Global Competitiveness Report", World development, Vol. 29, No. 9, pp.1501-1525, 2001
- [74] Shannon, C. E. and Weaver, W. The Mathematical Theory of Communication, The University of Illinois Press, 1947.
- [75] Shiau, G. H., "A Study of Sintering Properties of Iron Ceasing the Taguchi's Parameter Design, " Journal of the Chinese Statistical Association, Vol. 28, No. 2, pp. 253-275, 1990.
- [76] Smith , P., and D. Mayston, "Measuring Efficiency in the Public Sector ", OMEGA, Vol.15, No 3, pp. 181-189, 1987.
- [77] Sun, M. Y., "Grey Relational Analyzing the Influence Factor of Economic Benefit in Hospital," The Journal of Grey System, Vol. 11, No. 1, pp. 53-59, 1999,.
- [78] Tu, Y. C., Lin, C. T. and Fang, M. W., "Application of Grey Relational Analysis to Evaluate Shopping Mall Projects in Taiwan," The Journal of Grey Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 327-338, 2001.
- [79] Wang, H., Chen, R., and Ding, X., "Grey Situation Decision with Comprehensive Sample Matrix," The Journal of Grey System, Vol. 11, No. 2, pp.147-152, 2001.
- [80] World Economic Forum and the Institute for Management Development, WEF and IMD The World Competitiveness Report, Lausanne, Switzerland, 1993.
- [81] World Economic Forum and the Institute for Management Development, WEF and IMD The World Competitiveness Report, Lausanne, Switzerland, 1994.
- [82] World Economic Forum and the Institute for Management Development, WEF and IMD The World Competitiveness Report, Lausanne, Switzerland, 1995.
- [83] World Economic Forum and the Institute for Management Development, WEF and IMD The World Competitiveness Report, Lausanne, Switzerland, 1996.
- [84] Wu, H. J. and Chen, C. B., "An Alternative Form for Grey Correlative Grader," The Journal of Grey System, Vol. 9, No. 1, pp. 7-12, 1999.
- [85] Zhang, Y., Tian, Z. and Wang, X., "Grey Situation Decision Making on Citing of

Chain Shops,” The Journal of Grey System, Vol. 15, No. 1, pp. 63-66, 2003.



附錄一 1993~2008年全球主要國家科學指標總技術效率值(CCR模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRALIA	0.6766	0.6433	0.5443	0.3195	0.4527	0.3962	0.4391	0.4565	0.5255	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRIA	0.8193	1.0000	1.0000	0.5462	0.5021	0.4836	0.5152	0.5066	0.4202	0.5923	0.6289	0.6359	0.5979	0.5127	0.5468	0.4686
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.5575	0.5797	0.6392	0.4685	--	--
BELGIUM/LUX	0.7309	1.0000	1.0000	0.3652	0.3817	0.3552	0.4110	0.4152	0.3625	0.6036	1.0000	0.8731	0.9529	0.5778	0.6372	0.6648
BRAZIL	0.2178	--	--	0.0985	0.5146	0.1752	1.0000	0.2341	0.3526	0.9194	0.9510	0.6182	0.7304	0.7873	0.7932	0.7403
CANADA	0.2375	0.7120	0.5034	0.3958	0.3310	0.3051	0.3633	0.4707	0.4706	0.9064	1.0000	0.9905	0.8189	0.6273	0.5390	0.7867
CHILE	0.1641	0.1731	0.0960	0.0382	0.1300	0.0376	0.4498	0.1849	0.1042	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CHINA	--	0.4385	0.5366	0.4241	0.2907	0.2482	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	0.6503	0.6604	1.0000	1.0000	1.0000
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3527	0.5724	0.8997
CZECH REPUBLIC	--	0.7801	1.0000	0.8200	0.8503	0.8969	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7075	0.6689	0.6382	0.6322	0.6085
DENMARK	0.7800	0.8349	0.7959	0.6993	0.6619	0.7769	1.0000	1.0000	0.9867	1.0000	0.9725	0.9337	0.8768	0.7428	0.8435	0.6561
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0353	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6873	0.8097	0.7206
FINLAND	0.0850	1.0000	0.6727	0.1645	0.1525	0.1275	0.1416	0.1591	0.0837	0.4270	0.5950	0.5785	0.5789	0.5280	0.6882	0.5368
FRANCE	1.0000	1.0000	0.9799	0.5372	0.6329	0.6486	0.5045	0.4602	0.4403	0.8709	1.0000	1.0000	0.9486	0.7120	0.8437	0.6801
GERMANY	0.4884	0.9434	0.9384	0.7522	0.7339	0.7390	0.6423	0.5836	0.6216	0.9001	1.0000	1.0000	1.0000	0.7413	1.0000	0.8414
GREECE	1.0000	1.0000	1.0000	0.1525	0.1890	0.0975	0.2357	0.1183	0.0043	1.0000	1.0000	0.9192	1.0000	0.7870	1.0000	0.9530
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4032	0.4013	0.4374
HUNGARY	0.4011	1.0000	1.0000	0.7888	0.6922	0.6848	0.5391	0.4354	0.2642	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6617	0.7399	0.6996
ICELAND	--	--	0.6718	0.0180	0.0143	0.0102	0.0108	0.0168	0.0094	0.1242	0.9114	0.6943	0.7666	0.1521	0.1843	0.4306
INDIA	0.0512	0.1140	0.1106	0.1225	0.1793	0.1504	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
INDONESIA	--	--	--	0.0074	0.0089	0.0087	0.0707	0.0685	0.0167	0.2150	0.7501	0.7362	1.0000	--	1.0000	1.0000
IRELAND	1.0000	0.9208	1.0000	0.9206	0.9054	0.6620	1.0000	1.0000	0.9594	0.9444	1.0000	1.0000	1.0000	0.7554	0.7944	0.6753
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.6873	0.5017	0.5868	0.6199	0.6987	0.6983
ITALY	0.3023	1.0000	1.0000	0.4845	0.3951	0.3330	0.4662	0.4473	0.2364	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
JAPAN	0.1222	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KOREA	0.2202	0.7732	0.4922	0.4603	0.4428	0.4352	0.3382	0.6552	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9143	1.0000	1.0000	1.0000
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000
MALAYSIA	0.9718	1.0000	0.5495	0.0420	0.0460	0.0393	0.1305	0.0362	0.0493	0.2638	1.0000	0.5786	0.4782	0.1487	0.3051	0.7394
MEXICO	0.2499	0.9420	0.8387	0.6006	0.4743	0.2004	0.6617	1.0000	0.1586	1.0000	0.9698	0.9778	0.8350	0.6250	0.6138	0.4468
NETHERLANDS	0.2912	0.9179	0.7811	0.4504	0.4064	0.3693	0.4208	1.0000	0.6447	0.9117	1.0000	1.0000	1.0000	0.9707	0.9802	0.9852
NEW ZEALAND	0.7139	0.9989	0.8153	0.2451	0.2698	0.2000	0.2534	0.3650	0.2895	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NORWAY	0.8864	1.0000	0.9546	0.9354	0.9196	0.7690	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PAKISTAN	0.1269	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	1.0000	0.7133	1.0000	0.4804	0.0462	1.0000	0.9877	0.7597	0.4126	0.4551	0.6371	1.0000
POLAND	--	0.8642	0.8927	1.0000	0.8666	0.7104	0.9797	0.8599	0.3316	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PORTUGAL	0.1509	0.4656	0.2436	0.0404	0.0570	0.0289	0.0378	0.0387	0.0662	0.7456	1.0000	1.0000	1.0000	0.8060	0.8119	0.8855
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.9164	0.7129	0.6597	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
RUSSIA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
SINGAPORE	0.4317	--	--	0.0044	0.0044	0.0064	0.0094	0.0438	0.0067	0.2460	0.8591	0.7125	0.9879	0.3864	0.3758	0.4817
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	0.2234	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7885	1.0000	1.0000
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	0.1592	0.3136	0.2192	0.5248	1.0000	1.0000	0.9110	0.4405	0.9087	--
SOUTH AFRICA	--	0.7527	0.8530	0.8053	0.6271	0.7371	1.0000	1.0000	0.9935	1.0000	1.0000	1.0000	0.8028	0.5023	0.4979	0.5677
SPAIN	0.1745	0.9503	0.8961	0.0682	0.0959	0.0766	0.0937	0.1280	0.1195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9266	0.9620	0.9723
SWEDEN	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8923	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8894
SWITZERLAND	0.8424	1.0000	1.0000	0.8794	0.9951	0.9801	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TAIWAN	0.8307	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7583	0.9605	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
THAILAND	0.1151	0.1039	0.1627	0.6123	0.7096	0.2105	0.1374	0.1984	0.3053	0.4585	0.5181	0.3868	0.4313	0.5023	0.7101	0.7435
TURKEY	0.1103	0.1268	0.1424	0.0549	1.0000	1.0000	0.1631	0.0471	0.0218	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9014	1.0000
UK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
USA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VENEZUELA	0.2278	0.2303	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄二 1993~2008年全球主要強勢科學效率國家被參考次數(CCR模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA		4	2	7	10	7	5	0*	2	5	0*	11	7	3	3	3
AUSTRALIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	4	6	3	0*
AUSTRIA	0	3	0*	0	0	0	0	0	0	0						
BELGIUM/LUX	0	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0*					
BRAZIL	0	0		0	0	0	1	0	0	0						
CANADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*					
CHILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	2	3	2	9	7
CHINA		0	0	0	0	0	1	1	0*	1	0*	0*	0*	1	2	1
COLOMBIA										3	0*			0*	4	0
CZECH REPUBLIC		0	4	0	0	0	1	1	3	2	0*					
DENMARK	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0	0						
ESTONIA									0	0	1	0*	1			
FINLAND	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0						
FRANCE	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*				
GERMANY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5		3	
GREECE	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0		1		0*	
HONGKONG										0	1	3	0*			
HUNGARY	0	4	0*	0	0	0	0	0	0	0	1	0*	0*			
ICELAND			0							0*						
INDIA	0	0	0	0	0	0	5	2	0*	0*	6	5	5	12	18	12
INDONESIA				0	0	0	0	0*	0	0			0*		0*	0*
IRELAND	0	0	2	0	0	0	0*	0	0	0	4	9	7			
ISRAEL										0						
ITALY	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	3	0*	3	3	6	8
JAPAN	0	5	4	5	4	4	11	13	9	3	0*	0*	1	15	0*	1
KOREA	0	0	0	0	0	0	0	0	29	32	1	0*		2	0*	2
LUXEMBOURG														21	20	16
MALAYSIA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0*					
MEXICO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0						
NETHERLANDS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	4			
NEW ZEALAND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0*	4	0*	0*
NORWAY	0	1	0	0	0	0	5	4	7	9	1	1	2	1	5	6
PAKISTAN	0															
PHILIPPINES					2	0	0*	0	0	0						0
POLAND		0	0	5	0	0	0	0	0	0	8	0*	9	16	13	14
PORTUGAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	1			
ROMANIA											0*	4	4	9	9	0
RUSSIA		3	7	19	19	21	0*	1	19	23	5	11	6	3	6	2
SINGAPORE	0			0	0	0	0	0	0	0						
SLOVAK REPUBLIC									0	0	0*	0*	0*			1
SLOVENIA							0	0	0	0	0*	0*			4	
SOUTH AFRICA		0	0	0	0	0	5	0*	0	0	0*	0*				
SPAIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	3	5			
SWEDEN	6	0*	4	6	6	0	1	0*	6	3	0*	0*	1	1	0	
SWITZERLAND	0	3	0*	0	0	0	4	2	0*	0*	7	9	12	8	9	8
TAIWAN	0	10	14	27	28	29	17	21	0	0	2	4	7	1	12	19
THAILAND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				2		
TURKEY	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0	0	2	1	2	10		9
UK	9	10	6	10	11	14	8	7	10	9	1	6	4	2	4	13
USA	3	1	0*	5	5	9	2	1	3	1	2	4	5		5	5
VENEZUELA	0	0														

附錄三 1993~2008年全球主要國家科學指標純技術效率值(BCC-I模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRALIA	0.7068	0.8597	0.7470	0.6570	0.8028	0.8833	0.7315	0.7681	0.6596	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRIA	1.0000	1.0000	1.0000	0.8011	0.9150	0.9378	0.8834	0.8356	0.7032	0.6415	0.6955	0.6772	0.7131	0.5692	0.5850	0.6256
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.7603	0.6607	0.7283	0.5131	--	--
BELGIUM/LUX	0.8256	1.0000	1.0000	0.6473	0.8814	0.7991	0.8268	0.8561	0.7608	0.6746	1.0000	0.9439	0.9968	0.6820	0.6808	0.7037
BRAZIL	1.0000	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9693	0.9332	0.9745	0.8759	0.9296	0.9977	1.0000	0.9681
CANADA	0.6219	0.9088	0.7429	0.6420	0.7336	0.7083	0.6943	0.7772	0.6659	0.9694	1.0000	1.0000	0.8700	0.6699	0.5907	0.7956
CHILE	0.9469	1.0000	0.9356	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CHINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7664	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	0.8695	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.9520	1.0000
CZECH REPUBLIC	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8587	0.8852	0.7267	0.6666	0.8022
DENMARK	0.8746	0.9062	0.8685	0.8278	0.8940	0.8736	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9743	0.9362	0.9423	0.8543	0.8457	0.7039
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9901	0.9940
FINLAND	0.5442	1.0000	0.8174	0.6023	0.7041	0.6000	0.5738	0.6125	0.5509	0.5081	0.6239	0.6214	0.6747	0.5656	0.7263	0.6291
FRANCE	1.0000	1.0000	1.0000	0.6977	0.8133	0.8632	0.8152	0.7838	0.8271	0.8723	1.0000	1.0000	0.9529	0.7640	0.8575	0.7451
GERMANY	0.5882	0.9542	0.9568	0.7889	0.9695	0.8743	0.9364	0.8539	0.7792	0.9068	1.0000	1.0000	1.0000	0.8124	1.0000	0.8419
GREECE	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9532	1.0000	0.8803	1.0000	1.0000	0.9339	1.0000	0.9868	1.0000	1.0000
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5876	0.5910	0.6640
HUNGARY	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9789	0.8089	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8036	0.7453	0.7950
ICELAND	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9287	0.8100	1.0000	0.8506	0.9353	0.6212	0.5511	1.0000
INDIA	1.0000	0.9839	1.0000	1.0000	1.0000	0.9697	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
INDONESIA	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	--	1.0000	1.0000
IRELAND	1.0000	--	--	1.0000	1.0000	0.9137	1.0000	1.0000	0.9759	0.9549	1.0000	1.0000	1.0000	0.7679	0.7975	0.6950
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.6901	0.6200	0.6082	0.7547	0.7255	0.7560
ITALY	0.6936	1.0000	1.0000	0.8847	1.0000	1.0000	0.9275	1.0000	0.9372	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
JAPAN	0.3987	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KOREA	0.5827	1.0000	0.8797	0.9294	0.9723	1.0000	1.0000	0.9842	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9311	1.0000	1.0000	1.0000
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000
MALAYSIA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9680	0.6741	1.0000	0.6259	0.6947	0.5986	0.5542	0.7638
MEXICO	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NETHERLANDS	0.5872	1.0000	0.8818	0.5994	0.7718	0.6764	0.7031	1.0000	0.7353	0.9123	1.0000	1.0000	1.0000	0.9858	1.0000	1.0000
NEW ZEALAND	1.0000	1.0000	1.0000	0.8774	0.8939	0.9678	0.9469	1.0000	0.8099	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NORWAY	1.0000	1.0000	1.0000	0.9607	0.9563	0.9132	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PAKISTAN	1.0000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
POLAND	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PORTUGAL	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9329	1.0000	0.9672	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9477	0.9014	0.9265
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.8460	0.7410	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
RUSSIA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
SINGAPORE	1.0000	--	--	0.7303	0.9299	0.8519	0.8061	0.6976	0.5971	0.4962	0.8882	0.7478	1.0000	0.4963	0.4882	0.5498
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	--	1.0000	1.0000
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	0.9864	1.0000	1.0000	1.0000	0.9318	0.9233	--
SOUTH AFRICA	--	1.0000	0.9712	0.9971	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8419	0.6680	0.6503	0.8236
SPAIN	0.9076	1.0000	0.9696	0.7802	0.8425	0.9091	0.7943	0.8437	0.8078	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9707	0.9805
SWEDEN	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9154
SWITZERLAND	0.8606	1.0000	1.0000	0.9335	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TAIWAN	0.8635	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8641	0.9608	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
THAILAND	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9633	0.8275	0.7102	0.9603	0.8566	1.0000	0.9101
TURKEY	1.0000	0.9987	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9710	0.9958	0.9835	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
UK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
USA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VENEZUELA	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄四 1993~2008年全球主要國家科學指標純技術效率值(BCC-O模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRALIA	0.6807	0.6617	0.5457	0.3270	0.4890	0.4773	0.4474	0.4615	0.5304	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRIA	1.0000	1.0000	1.0000	0.5839	0.5952	0.7522	0.6201	0.5554	0.4257	0.6008	0.6393	0.6400	0.6154	0.5272	0.5469	0.5208
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.6019	0.5803	0.6474	0.4903	--	--
BELGIUM/LUX	0.7577	1.0000	1.0000	0.3737	0.4232	0.3977	0.4567	0.4359	0.3692	0.6118	1.0000	0.9071	0.9951	0.5790	0.6391	0.6770
BRAZIL	1.0000	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7983	0.9287	0.9648	0.7519	0.8692	0.9948	1.0000	0.8950
CANADA	0.2389	0.7595	0.5087	0.3999	0.3353	0.3053	0.3641	0.4709	0.4709	0.9791	1.0000	1.0000	0.9173	0.6375	0.5454	0.8729
CHILE	0.3003	1.0000	0.1516	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CHINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2682	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	0.6661	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.6152	1.0000
CZECH REPUBLIC	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7250	0.6947	0.6453	0.6718	0.6216
DENMARK	0.8072	0.8887	0.8197	0.7189	0.7640	0.8159	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9801	0.9459	0.9073	0.7869	0.8651	0.6805
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9855	0.9899
FINLAND	0.0950	1.0000	0.6780	0.1692	0.1545	0.1314	0.1439	0.1651	0.0846	0.4543	0.6196	0.6148	0.5994	0.5574	0.6883	0.5411
FRANCE	1.0000	1.0000	1.0000	0.5411	0.6525	0.7350	0.5283	0.4674	0.4655	0.8778	1.0000	1.0000	0.9500	0.7124	0.8616	0.6892
GERMANY	0.5070	0.9503	0.9394	0.7542	0.8583	0.7964	0.7455	0.5912	0.6427	0.9164	1.0000	1.0000	1.0000	0.7490	1.0000	0.8787
GREECE	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.3229	1.0000	0.0059	1.0000	1.0000	0.9274	1.0000	0.9779	1.0000	1.0000
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4142	0.4018	0.4380
HUNGARY	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6416	0.2912	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6836	0.7400	0.7036
ICELAND	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0203	0.1248	1.0000	0.8070	0.9159	0.1588	0.1847	1.0000
INDIA	1.0000	0.2652	1.0000	1.0000	1.0000	0.4133	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
INDONESIA	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
IRELAND	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7447	1.0000	1.0000	0.9752	0.9535	1.0000	1.0000	1.0000	0.7602	0.7953	0.6817
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.7664	0.5034	0.6340	0.6342	0.7185	0.7004
ITALY	0.3444	1.0000	1.0000	0.6776	1.0000	1.0000	0.5947	1.0000	0.3901	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
JAPAN	0.1237	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KOREA	0.2246	1.0000	0.6039	0.7314	0.7517	1.0000	1.0000	0.9583	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9146	1.0000	1.0000	1.0000
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000
MALAYSIA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0763	0.2741	1.0000	0.6010	0.5281	0.1540	0.3091	0.7533
MEXICO	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NETHERLANDS	0.2912	1.0000	0.7814	0.4507	0.4070	0.3716	0.4230	1.0000	0.6464	0.9261	1.0000	1.0000	1.0000	0.9869	1.0000	1.0000
NEW ZEALAND	1.0000	1.0000	1.0000	0.2915	0.3327	0.4220	0.4569	1.0000	0.3553	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NORWAY	1.0000	1.0000	1.0000	0.9592	0.9539	0.8103	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PAKISTAN	1.0000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
POLAND	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PORTUGAL	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0576	1.0000	0.2417	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8508	0.8672	0.8874
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.7291	0.6817	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
RUSSIA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
SINGAPORE	1.0000	--	--	0.0053	0.0104	0.0086	0.0132	0.0535	0.0070	0.2532	0.8734	0.7553	1.0000	0.4238	0.4526	0.5576
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	0.7772	1.0000	1.0000	0.6445	0.9167	--
SOUTH AFRICA	--	1.0000	0.9376	0.9908	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8212	0.5029	0.4979	0.5708
SPAIN	0.3193	1.0000	0.9373	0.0922	0.1181	0.1576	0.0949	0.1411	0.1587	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9621	0.9757
SWEDEN	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8899
SWITZERLAND	0.8428	1.0000	1.0000	0.9044	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TAIWAN	0.8459	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7638	0.9607	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
THAILAND	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6708	0.5250	0.4009	0.5845	0.5604	1.0000	0.7544
TURKEY	1.0000	0.9323	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2924	0.0841	0.0545	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
UK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
USA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VENEZUELA	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄五 1993~2008年全球主要國家科學指標規模效率值(CCR/BCC-I)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRALIA	0.9573	0.7483	0.7286	0.4864	0.5639	0.4486	0.6002	0.5943	0.7967	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
AUSTRIA	0.8193	1.0000	1.0000	0.6818	0.5487	0.5157	0.5832	0.6062	0.5975	0.9232	0.9042	0.9389	0.8384	0.9008	0.9346	0.7491
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.7333	0.8774	0.8776	0.9132	--	--
BELGIUM/LUX	0.8853	1.0000	1.0000	0.5642	0.4331	0.4446	0.4971	0.4850	0.4764	0.8947	1.0000	0.9250	0.9559	0.8472	0.9360	0.9448
BRAZIL	0.2178	--	--	0.0985	0.5146	0.1752	1.0000	0.2341	0.3638	0.9852	0.9759	0.7057	0.7857	0.7891	0.7932	0.7647
CANADA	0.3820	0.7835	0.6777	0.6166	0.4512	0.4307	0.5233	0.6056	0.7068	0.9350	1.0000	0.9905	0.9413	0.9364	0.9125	0.9888
CHILE	0.1733	0.1731	0.1026	0.0382	0.1300	0.0376	0.4498	0.1849	0.1042	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CHINA	--	0.4385	0.5366	0.4241	0.2907	0.3238	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	0.7480	0.6604	1.0000	1.0000	1.0000
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3527	0.6013	0.8997
CZECH REPUBLIC	--	0.7801	1.0000	0.8200	0.8503	0.8969	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8240	0.7556	0.8782	0.9485	0.7585
DENMARK	0.8918	0.9214	0.9164	0.8448	0.7404	0.8893	1.0000	1.0000	0.9867	1.0000	0.9981	0.9974	0.9305	0.8695	0.9974	0.9320
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0353	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6873	0.8178	0.7249
FINLAND	0.1562	1.0000	0.8229	0.2731	0.2165	0.2125	0.2467	0.2598	0.1519	0.8405	0.9536	0.9308	0.8579	0.9335	0.9475	0.8533
FRANCE	1.0000	1.0000	0.9799	0.7701	0.7782	0.7514	0.6189	0.5871	0.5324	0.9984	1.0000	1.0000	0.9955	0.9319	0.9838	0.9127
GERMANY	0.8302	0.9886	0.9807	0.9535	0.7570	0.8453	0.6859	0.6834	0.7977	0.9925	1.0000	1.0000	1.0000	0.9124	1.0000	0.9993
GREECE	1.0000	1.0000	1.0000	0.1525	0.1890	0.0975	0.2473	0.1183	0.0048	1.0000	1.0000	0.9843	1.0000	0.7975	1.0000	0.9530
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6862	0.6790	0.6587
HUNGARY	0.4011	1.0000	1.0000	0.7888	0.6922	0.6848	0.5391	0.4448	0.3266	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8234	0.9928	0.8800
ICELAND	--	--	0.6718	0.0180	0.0143	0.0102	0.0108	0.0168	0.0101	0.1533	0.9114	0.8163	0.8197	0.2448	0.3345	0.4306
INDIA	0.0512	0.1158	0.1106	0.1225	0.1793	0.1551	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
INDONESIA	--	--	--	0.0074	0.0089	0.0087	0.0707	0.0685	0.0167	0.2150	0.7501	0.7362	1.0000	--	1.0000	1.0000
IRELAND	1.0000	--	--	0.9206	0.9054	0.7245	1.0000	1.0000	0.9831	0.9890	1.0000	1.0000	1.0000	0.9837	0.9961	0.9718
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	0.9959	0.8092	0.9648	0.8213	0.9630	0.9237
ITALY	0.4358	1.0000	1.0000	0.5477	0.3951	0.3330	0.5026	0.4473	0.2522	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
JAPAN	0.3066	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KOREA	0.3778	0.7732	0.5595	0.4953	0.4554	0.4352	0.3382	0.6657	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9820	1.0000	1.0000	1.0000
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000
MALAYSIA	0.9718	1.0000	0.5495	0.0420	0.0460	0.0393	0.1305	0.0362	0.0509	0.3913	1.0000	0.9244	0.6885	0.2485	0.5505	0.9681
MEXICO	0.2499	0.9420	0.8387	0.6006	0.4743	0.2004	0.6617	1.0000	0.1586	1.0000	0.9698	0.9778	0.8350	0.6250	0.6138	0.4468
NETHERLANDS	0.4958	0.9179	0.8859	0.7513	0.5265	0.5460	0.5985	1.0000	0.8768	0.9993	1.0000	1.0000	1.0000	0.9847	0.9802	0.9852
NEW ZEALAND	0.7139	0.9989	0.8153	0.2793	0.3018	0.2066	0.2676	0.3650	0.3575	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
NORWAY	0.8864	1.0000	0.9546	0.9737	0.9616	0.8421	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PAKISTAN	0.1269	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	1.0000	0.7133	1.0000	0.4804	0.0462	1.0000	0.9877	0.7597	0.4126	0.4551	0.6371	1.0000
POLAND	--	0.8642	0.8927	1.0000	0.8666	0.7104	0.9797	0.8599	0.3316	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PORTUGAL	0.1509	0.4656	0.2436	0.0404	0.0570	0.0289	0.0405	0.0387	0.0684	0.7456	1.0000	1.0000	1.0000	0.8505	0.9007	0.9557
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.9164	0.8428	0.8902	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
RUSSIA	--	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
SINGAPORE	0.4317	--	--	0.0061	0.0048	0.0076	0.0117	0.0628	0.0112	0.4958	0.9673	0.9527	0.9879	0.7785	0.7698	0.8761
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	0.2234	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	--	1.0000	1.0000
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	0.1592	0.3136	0.2192	0.5321	1.0000	1.0000	0.9110	0.4727	0.9841	--
SOUTH AFRICA	--	0.7527	0.8783	0.8076	0.6271	0.7371	1.0000	1.0000	0.9935	1.0000	1.0000	1.0000	0.9536	0.7519	0.7655	0.6893
SPAIN	0.1923	0.9503	0.9242	0.0875	0.1138	0.0842	0.1180	0.1517	0.1479	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9266	0.9910	0.9917
SWEDEN	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8923	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9716
SWITZERLAND	0.9789	1.0000	1.0000	0.9420	0.9951	0.9801	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TAIWAN	0.9621	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8775	0.9997	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
THAILAND	0.1151	0.1039	0.1627	0.6123	0.7096	0.2105	0.1374	0.1984	0.3053	0.4759	0.6261	0.5446	0.4491	0.5863	0.7101	0.8170
TURKEY	0.1103	0.1269	0.1424	0.0549	1.0000	1.0000	1.0000	0.1680	0.0473	0.0222	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9014	1.0000
UK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
USA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VENEZUELA	0.2278	0.2303	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄六 1993~2008年全球主要國家科學指標效能值(CCR模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--	0.0125	0.0363	0.0116	0.0211	0.0210	0.7004	0.1099	0.0469	0.0481	0.0502	0.0465	0.0461	0.0459	0.1085	0.0953
AUSTRALIA	0.0498	0.1452	0.1378	0.0193	0.0250	0.0248	0.1470	0.1444	0.1317	0.1558	0.4379	0.4479	0.4675	0.2922	0.2988	0.3695
AUSTRIA	0.0465	0.2808	0.2349	0.0192	0.0239	0.0259	0.1179	0.1370	0.1035	0.1082	0.1336	0.1339	0.1341	0.1087	0.1777	0.3333
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3970	0.4084	0.4193	0.1195	--	--
BELGIUM/LUX	0.0543	0.2675	0.3010	0.0133	0.0180	0.0165	0.1779	0.1877	0.1608	0.1695	0.6880	0.6978	0.7387	0.2815	0.2992	0.3596
BRAZIL	0.0068	--	--	0.0053	0.0109	0.0115	0.0588	0.0035	0.0032	0.0282	0.0315	0.0319	0.0359	0.0411	0.0716	0.0799
CANADA	0.0522	0.1895	0.1507	0.0349	0.0397	0.0408	0.1841	0.2128	0.1949	0.2363	0.5873	0.5642	0.5337	0.2511	0.2521	0.2470
CHILE	0.0014	0.0067	0.0054	0.0001	0.0004	0.0003	0.0056	0.0002	0.0002	0.0065	0.0384	0.0397	0.0405	0.0139	0.1861	0.1993
CHINA	--	0.0407	0.0667	0.0316	0.0250	0.0253	0.0639	0.0176	0.0168	0.0610	0.0714	0.0714	0.1044	0.1382	0.2152	0.2644
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0203	0.0202	0.0179	0.0179	0.0178	0.0179	0.0019
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0078	0.0284	0.0567
CZECH REPUBLIC	--	0.1892	0.1432	0.0080	0.0176	0.0134	0.0882	0.1413	0.0788	0.0831	0.0816	0.0847	0.0857	0.0859	0.1283	0.1075
DENMARK	0.0228	0.1149	0.1309	0.0174	0.0228	0.0264	0.6687	0.6920	0.6040	0.6045	0.6010	0.6016	0.6087	0.6078	0.6127	0.4661
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0000	0.0019	0.0239	0.0353	0.0556	0.0169	0.0307	0.0325
FINLAND	0.0076	0.2976	0.2824	0.0126	0.0107	0.0107	0.0064	0.0064	0.0077	0.0274	0.3311	0.3436	0.3486	0.1453	0.2588	0.2153
FRANCE	1.0000	0.4087	0.4640	0.1661	0.1900	0.2067	0.2536	0.2410	0.2121	0.2301	0.6279	0.6504	0.6258	0.3023	0.4998	0.4082
GERMANY	0.2528	0.5425	0.5564	0.3065	0.2984	0.2876	0.4175	0.4092	0.3782	0.3803	0.7072	0.7862	0.7723	0.4214	1.0000	0.5525
GREECE	0.0104	0.0653	0.0797	0.0014	0.0026	0.0026	0.0015	0.0011	0.0000	0.0154	0.0482	0.0494	0.2028	0.0649	0.1234	0.1206
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0145	0.2346	0.2093	0.2095	0.0522	0.0612	0.0630
HUNGARY	0.0065	0.1511	0.1156	0.0082	0.0098	0.0103	0.0031	0.0033	0.0021	0.0139	0.0972	0.0907	0.0969	0.0269	0.0726	0.0590
ICELAND	--	--	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0673	0.0736	0.0729	0.0188	0.0232	0.0238
INDIA	0.0044	0.0151	0.0158	0.0052	0.0105	0.0092	0.0058	0.0090	0.0065	0.0525	0.0564	0.0564	0.0551	0.0605	0.0605	0.0711
INDONESIA	--	--	--	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0015	0.0009	0.0009	0.0014	--	0.0008	0.0010
IRELAND	0.0076	0.0204	0.0504	0.0061	0.0104	0.0096	0.2407	0.2372	0.2121	0.2107	0.5100	0.8208	0.7214	0.3011	0.3556	0.3618
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0372	0.1775	0.1832	0.2459	0.3586	0.3531	0.3746
ITALY	0.0788	0.2794	0.3309	0.0699	0.1084	0.0892	0.0899	0.1434	0.0640	0.1156	0.1155	0.1272	0.1228	0.1169	0.3399	0.2897
JAPAN	0.1183	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KOREA	0.0246	0.1434	0.1460	0.0688	0.0975	0.1072	0.0527	0.0724	0.2856	0.3233	0.4646	0.5093	0.5043	0.3660	0.7872	1.0000
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0000	1.0000	1.0000
MALAYSIA	0.0014	0.0116	0.0130	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0004	0.0023	0.0068	0.0062	0.0041	0.0027	0.0159	0.0953
MEXICO	0.0038	0.0324	0.0629	0.0042	0.0051	0.0054	0.0009	0.0011	0.0011	0.0142	0.0251	0.0274	0.0353	0.0222	0.0370	0.0321
NETHERLANDS	0.0527	0.2132	0.2411	0.0233	0.0248	0.0253	0.2327	0.3462	0.3161	0.3305	0.6461	0.6734	0.6938	0.3976	0.4701	0.3945
NEW ZEALAND	0.0102	0.0747	0.0706	0.0022	0.0022	0.0025	0.0016	0.0020	0.0030	0.0155	0.0145	0.0145	0.0145	0.0144	0.3150	0.2968
NORWAY	0.0233	0.1238	0.1184	0.0174	0.0192	0.0215	0.5988	0.7787	0.5387	0.5359	0.5318	0.5366	0.7131	0.7131	0.7107	0.9066
PAKISTAN	0.0015	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	0.0007	0.0007	0.0001	0.0002	0.0000	0.0014	0.0013	0.0013	0.0013	0.0009	0.0085	0.0088
POLAND	--	0.1456	0.1159	0.0286	0.0318	0.0264	0.0107	0.0119	0.0093	0.0313	0.0459	0.0475	0.0474	0.0354	0.1856	0.2426
PORTUGAL	0.0013	0.0129	0.0172	0.0004	0.0008	0.0008	0.0001	0.0003	0.0005	0.0086	0.1866	0.1942	0.2444	0.0714	0.1054	0.1272
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.5207	0.5412	0.5229	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0587	0.0526	0.0482	0.0155	0.1534	0.1100
RUSSIA	--	0.0810	0.1349	0.1976	0.5411	0.3681	0.0714	0.1490	0.1859	0.1530	0.1612	0.1567	0.1536	0.1885	0.2299	0.2116
SINGAPORE	0.0031	--	--	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0007	0.0002	0.0077	0.4526	0.6037	0.7500	0.1739	0.2292	0.2415
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0010	0.0075	0.0396	0.0586	0.0604	0.0161	0.0379	0.0705
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	0.0009	0.0027	0.0017	0.0038	0.1411	0.1566	0.1901	0.0577	0.1646	--
SOUTH AFRICA	--	0.0692	0.0568	0.0146	0.0177	0.0198	0.0267	0.0347	0.0231	0.0238	0.0226	0.0211	0.0208	0.0204	0.0204	0.0188
SPAIN	0.0277	0.1453	0.1608	0.0062	0.0106	0.0114	0.0047	0.0071	0.0134	0.0776	0.3357	0.2548	0.3637	0.1030	0.2136	0.2088
SWEDEN	0.0924	0.3883	0.3602	0.0581	0.0776	0.0740	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8500
SWITZERLAND	0.0768	0.5824	0.5261	0.0436	0.0449	0.0445	1.0000	0.9963	0.9024	0.8978	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TAIWAN	0.0772	1.0000	1.0000	0.1770	0.1880	0.2535	0.1421	0.1615	0.1306	0.1348	0.5822	0.6963	0.7839	0.4191	1.0000	1.0000
THAILAND	0.0004	0.0020	0.0046	0.0010	0.0014	0.0018	0.0001	0.0002	0.0003	0.0030	0.0039	0.0039	0.0046	0.0051	0.0266	0.0272
TURKEY	0.0020	0.0069	0.0082	0.0007	0.0010	0.0012	0.0004	0.0003	0.0003	0.0135	0.0367	0.0340	0.0455	0.0337	0.0485	0.0576
UK	0.3070	0.3882	0.4330	0.2558	0.3100	0.3205	0.8023	0.8068	0.7385	0.7731	0.7890	0.8401	0.8402	0.8345	0.8283	0.8053
USA	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VENEZUELA	0.0017	0.0057	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄七 1993~2008全球主要國家科學指標無效率產生之因素(BCC-I模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ARGENTINA	--															
AUSTRALIA	技術因素	規模因素	技術因素	技術因素												
AUSTRIA	規模因素			規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素						
BAVARIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素	技術因素	技術因素	技術因素	--	--
BELGIUM/LUX	技術因素			規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素		規模因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素
BRAZIL	規模因素	--	--	規模因素	技術因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素						
CANADA	規模因素	技術因素	技術因素		規模因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素							
CHILE	規模因素															
CHINA	--	規模因素														
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		規模因素	規模因素			
CROATIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				規模因素	規模因素	規模因素
CZECH REPUBLIC	--	規模因素				規模因素						規模因素	規模因素	技術因素	技術因素	規模因素
DENMARK	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	規模因素	技術因素			規模因素	規模因素	技術因素	技術因素	規模因素	技術因素	技術因素	技術因素
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素	規模因素	規模因素			規模因素	規模因素	規模因素
FINLAND	規模因素		技術因素	規模因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素						
FRANCE			規模因素	技術因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素			技術因素	技術因素	技術因素	技術因素
GERMANY	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素	技術因素				技術因素		技術因素
GREECE				規模因素		技術因素		規模因素		規模因素						
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素				技術因素	技術因素	規模因素
HUNGARY	規模因素			規模因素				技術因素	技術因素	技術因素						
ICELAND	--	--	規模因素		規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素						
INDIA	規模因素															
INDONESIA	--	--	--	規模因素			--	--								
IRELAND				規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素	規模因素				技術因素	技術因素	技術因素
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	技術因素
ITALY	規模因素			規模因素												
JAPAN	規模因素															
KOREA	規模因素					技術因素										
LUXEMBOURG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MALAYSIA	規模因素		規模因素		技術因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素							
MEXICO	規模因素															
NETHERLANDS	規模因素	規模因素	技術因素	技術因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	技術因素	技術因素				規模因素	規模因素	規模因素
NEW ZEALAND	規模因素															
NORWAY	規模因素		規模因素	技術因素	技術因素	規模因素										
PAKISTAN	規模因素	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	--	規模因素		規模因素								
POLAND	--	規模因素	規模因素		規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素						
PORTUGAL	規模因素				規模因素	規模因素	技術因素									
RHONE-ALPS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素	規模因素	技術因素	--	--	--
ROMANIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
RUSSIA	--															
SINGAPORE	規模因素	--	--	規模因素	技術因素	技術因素	規模因素	技術因素	技術因素	技術因素						
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	規模因素	規模因素						
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素			規模因素	規模因素	技術因素	--
SOUTH AFRICA	--	規模因素		技術因素	技術因素	技術因素	技術因素	規模因素								
SPAIN	規模因素				規模因素	技術因素	技術因素									
SWEDEN																
SWITZERLAND	技術因素			技術因素	規模因素	規模因素										技術因素
TAIWAN	技術因素								技術因素	技術因素						
THAILAND	規模因素															
TURKEY	規模因素	規模因素	規模因素	規模因素												
UK																
USA																
VENEZUELA	規模因素	規模因素	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附錄八 1993~2002年全球主要國家相對科學效能排名(CCR模式)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ARGENTINA	--	32	30	23	19	20	6	20	21	19
AUSTRALIA	13	19	18	16	14	18	15	16	16	18
AUSTRIA	14	10	13	17	17	15	17	19	18	20
BELGIUM/LUX	10	12	10	21	21	22	14	13	15	15
BRAZIL	23	--	--	28	24	24	22	28	28	29
CANADA	12	14	15	12	12	12	13	12	13	14
CHILE	32	35	36	37	37	38	28	39	39	43
CHINA	--	27	26	13	15	16	21	23	23	22
COLOMBIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	23
CZECH REPUBLIC	--	15	17	25	23	23	19	18	19	21
DENMARK	18	22	20	18	18	14	7	7	6	6
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	44	46
FINLAND	21	9	11	22	25	26	26	27	26	28
FRANCE	1	6	6	7	6	7	10	10	11	12
GERMANY	4	5	4	3	5	5	9	8	8	8
GREECE	19	26	24	32	31	31	32	33	42	45
HONGKONG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	42
HUNGARY	24	16	23	24	29	27	30	29	30	31
ICELAND	--	--	34	40	41	41	42	42	43	47
INDIA	25	30	32	29	27	29	27	25	27	26
INDONESIA	--	--	--	38	39	40	41	41	40	39
IRELAND	22	29	29	27	28	28	11	11	12	13
ISRAEL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	30
ITALY	7	11	9	8	8	9	18	17	20	17
JAPAN	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KOREA	16	20	16	9	9	8	23	21	10	9
MALAYSIA	31	33	33	36	38	37	36	40	35	40
MEXICO	26	28	27	30	30	30	33	32	32	34
NETHERLANDS	11	13	12	15	16	17	12	9	9	10
NEW ZEALAND	20	24	25	31	32	32	31	31	29	32
NORWAY	17	21	21	18	20	19	8	6	7	7
PAKISTAN	30	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	--	--	--	--	36	36	39	37	41	44
POLAND	--	17	22	14	13	13	25	24	25	27
PORTUGAL	33	31	31	35	35	35	38	36	34	35
RUSSIA	--	23	19	5	3	3	20	15	14	11
SINGAPORE	27	--	--	38	40	39	37	34	38	41
SLOVAK REPUBLIC	--	--	--	--	--	--	--	--	33	36
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	34	30	31	33
SOUTH AFRICA	--	25	28	20	22	21	24	22	22	24
SPAIN	15	18	14	26	26	25	29	26	24	25
SWEDEN	6	7	8	10	10	10	1	1	1	1
SWITZERLAND	9	4	5	11	11	11	1	4	4	4
TAIWAN	8	1	1	6	7	6	16	14	17	16
THAILAND	34	37	37	33	33	33	40	38	36	37
TURKEY	28	34	35	34	34	34	35	35	37	38
UK	3	8	7	4	4	4	5	5	5	5
USA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VENEZUELA	29	36	--	--	--	--	--	--	--	--

資料來源：本研究

附錄九 1992~2002年IMD全球主要國家科技排名表

年度	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2001	2002	2002
國家										技術基礎建設	科學基礎建設	技術基礎建設	科學基礎建設
ARGENTINA	--	--	46	45	42	37	40	39	46	40	47	45	48
AUSTRALIA	17	16	16	18	21	24	21	16	18	5	20	15	21
AUSTRIA	18	17	15	13	11	19	22	21	21	18	15	14	20
BELGIUM/LUX	14	14	11	11	9	15	16	18	19	22	19	24	19
BRAZIL	46	46	45	37	45	36	36	40	35	36	41	34	41
CANADA	16	18	17	17	10	9	12	13	16	6	12	5	11
CHILE	--	26	30	26	27	33	34	35	32	34	38	27	39
CHINA	--	--	23	27	28	20	13	25	28	47	26	42	24
COLOMBIA	--	--	27	32	32	39	41	34	41	42	46	38	47
CZECH	--	--	35	44	43	44	37	41	38	26	33	28	28
DENMARK	8	8	7	14	18	23	14	9	10	7	8	8	12
ESTONIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	24	32	20	30
FINLAND	12	11	9	9	8	6	6	6	6	3	6	2	6
FRANCE	6	6	6	5	5	4	4	7	7	23	7	22	7
GERMANY	3	3	3	3	3	3	3	4	4	15	4	12	4
GREECE	43	43	42	42	39	34	33	31	39	29	31	30	36
HONGKONG	10	10	19	19	20	18	25	22	27	21	24	13	33
HUNGARY	34	36	36	39	36	28	27	27	24	28	27	29	27
ICELAND	--	--	--	25	23	31	26	19	13	4	13	6	16
INDIA	36	35	34	34	33	30	29	30	29	39	37	46	31
INDONESIA	35	33	33	33	40	41	42	47	42	49	35	49	38
IRELAND	20	19	21	21	14	7	8	11	17	12	18	21	25
ISRAEL	--	--	--	15	15	13	10	15	11	11	11	10	17
ITALY	30	30	29	23	24	35	31	29	30	30	29	32	23
JAPAN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	2	25	2
KOREA	25	24	24	24	25	22	28	28	22	25	21	19	10
LUXEMBOURG	--	--	--	--	19	17	18	20	20	20	17	16	18
MALAYSIA	23	22	26	30	29	25	24	32	31	37	34	26	29
MEXICO	42	42	37	46	46	46	45	45	44	46	48	44	49
NETHERLANDS	11	12	8	8	7	12	11	8	8	10	9	7	14
NEW ZEALAND	24	23	22	22	22	16	23	24	25	17	25	23	26
NORWAY	21	21	18	20	13	11	20	17	15	8	23	11	22
PAKISTAN	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PHILIPPINES	32	31	32	35	26	29	32	33	34	38	45	40	45
POLAND	--	--	39	38	37	42	44	43	33	43	42	48	40
PORTUGAL	44	44	44	41	35	43	38	38	36	33	40	33	44
RUSSIA	--	--	40	36	31	26	19	23	23	45	22	47	15
SINGAPORE	7	7	12	7	12	8	9	12	9	9	10	3	9
SLOVAK	--	--	--	--	--	--	--	--	--	31	43	36	35
SLOVENIA	--	--	--	--	--	--	--	36	40	27	39	37	34
SOUTH AFRICA	28	29	28	31	34	40	39	44	45	35	44	31	43
SPAIN	37	37	31	28	30	27	30	26	26	32	28	35	32
SWEDEN	5	5	5	6	6	21	15	5	5	2	5	4	5
SWITZERLAND	4	4	4	4	4	5	5	3	3	13	3	9	3
TAIWAN	19	20	20	12	17	10	7	10	12	16	14	18	13
THAILAND	39	40	43	29	44	32	43	46	47	48	49	43	46
TURKEY	41	41	38	43	41	38	35	37	37	41	36	39	42
UK	13	13	10	10	16	14	17	14	14	14	16	17	8

資料來源：本研究整理

簡 歷

姓名：劉俊儀

學歷：

1. 國立交通大學科技管理研究所博士候選人
2. 國立交通大學科技管理研究所碩士
3. 國立交通大學機械工程學系
4. 台北市立建國中學

經歷：

1. 桃園縣議會第十六屆縣議員
2. 元培科技大學資管理系講師
3. 中國科技大學企業管理系兼任講師
4. 中美經濟合作策進會高科技與生物科技委員會委員
5. 台灣生醫電子工程協會政策學門召集人
6. 國會助理
7. 科技公司負責人

期刊論文

1. Benjamin J. C. Yuan, Chun-Yi Liu, Che-Wei Chang, “Developing Grey Relational Analysis Model to Evaluate On-line Games”, Jouranl of Grey System(SCI), Vol 1, pp. 97-104, 2009
2. Benjamin J. C. Yuan, Chun-Yi Liu, Ying Che Hsu(2009), “Entrepreneurship and Innovation Process of Health Industry in Taiwan”, European Business Review, Accepted and Forthcoming.
3. Benjamin J. C. Yuan, Tsai Hua Kang, Chien Ching Chang and Chun-Yi Liu, “Technology Foresight in Taiwan: Developing Internet Foresight System”, International Journal of Technology Management (IJTM) (SSCI), special issue Vol. II (“The foresight in new era”), 2009.
4. 康才華、袁建中、謝嘉鴻、劉俊儀、李光斌，「網際網路平台用於科技前瞻之探討」，2008年11月第6期，科技發展政策報導，頁75-86，民國97年。
5. 袁建中、劉俊儀、劉紹翰，「台灣III V族半導體產業發展生產設備之策略與政策」，元培科學技術學院學報四十週年校慶特輯，頁161-181，民國93年12月。
6. 袁建中、劉俊儀，「衡量國家技術能力之研究--以兩岸技術能力比較為例」，第二卷第一期，科技管理學刊，頁57-73，民國86年。

會議論文

1. 劉俊儀、陳惠筠、李紀正，「主題遊樂園消費行為分析」，2006年管理創新與新願景研討會，真理大學管理科學研究所，台灣，民國85年。

2. 國立交通大學科技管理研究所博士劉俊儀、袁建中、曾國雄，「1993 年到 2002 年台灣與全球主要國家相對科技競爭效率之比較研究」，2003 國家科技政策與國際競爭力研討會，清華大學科技管理研究所，台灣，民國 92 年。
3. 袁建中、劉俊儀、邱泰平、邱紹成，「政府輔導傳統產業轉型與提升產業競爭力策略規劃 之研究：以台灣經濟部提升產業競爭力服務團為例」，第六屆兩岸中華文化與經營管理學術研討會，武漢大學，中國大陸，民國 91 年。
4. 袁建中、劉俊儀、邱泰平，「光儲存媒體產業赴大陸投資策略分析--以滬錫光電為例」，2002 年第五屆國際企業管理個案研討會，成功大學，台灣，民國 91 年。
5. 劉俊儀，「從建立亞太科技島觀點-論我國大學工程與商管教育改革之方向」，李連教育基金會，台灣，民國 87 年。
6. 袁建中、劉俊儀，「衡量國家技術能力之研究--以兩岸技術能力比較為例」，1997 中華民國科技管理研討會論文集，交通大學科技管理研究所，台灣，民國 86 年。

翻譯著作

1. 劉俊儀譯，PFG-2 級整體後勤支援行動計畫(ILSPOA)，海軍總司令部譯印，民國八十七年三月。

