

國立交通大學

土木工程學系
碩士論文

以 IMD 國家競爭力年報評估台灣基礎建設發展
Assessment of Taiwan Infrastructure development based on IMD
The World Competitiveness Yearbook

研究生：游竣鴻

指導教授：曾仁杰 博士

中華民國九十七年七月

以 IMD 國家競爭力年報評估台灣基礎建設發展
Assessment of Taiwan Infrastructure development based on IMD
The World Competitiveness Yearbook

研究生：游竣鴻

Student : Chin-Hong You

指導教授：曾仁杰

Advisor : Ren-Jye Dzung

國立交通大學
土木工程學系
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Civil Engineering

June 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

以 IMD 國家競爭力年報評估台灣基礎建設發展

研究生：游竣鴻

指導教授：曾仁杰 博士

國立交通大學土木工程學系（研究所）碩士班

摘要

基礎設施量的充足與否，以及質的良窳，攸關一個國家經濟發展的優劣；質優量足的基礎建設，不僅提供產業優質發展環境，提高社會總生產力，降低生產成本，帶動經濟持續成長，亦可促進區域均衡發展，縮小貧富差距，提升國民生活品質，並達成生態環境永續發展。本研究旨在建立國家基礎建設參考模式，並作為未來國家審議建設計畫之研議基礎，使國家基礎建設計畫之擬定更為客觀、公平。

本研究進一步將 IMD (International Institute for Management Development) 國家競爭力年報 (World Competitive Yearbook, WCY) 資料為基礎，建立資料庫分析系統，一方面用以與他國當年度基礎建設資料做比較，以利參考其它先進國家發展策略，以決定國家基礎建設投資分配；另一方面可比較歷年各指標變化趨勢，瞭解國家各基礎建設發展走勢。

研究流程分為以下兩個主軸進行並互相比較：

1. 建置國家競爭力提升排名系統：

參照政府歷年基礎建設支出並利用基因演算法，在進步名次最大下搜尋出投資指標與投資金額最佳配置，並做敏感度分析以瞭解總投資金額與進步名次間關係。

2. 建置國家競爭力借鏡它國系統：

依照國家各基本特徵條件分析與最劣勢指標相似分析，找出與台灣相近之借鏡國家，進一步藉由其指標差間距，做為台灣基礎建設進步之參考。

關鍵字：基礎建設、國家競爭力、基因演算法

Assessment of Taiwan Infrastructure development based on IMD The World Competitiveness Yearbook

Student : Chin-Hong You

Advisor : Ren-Jye Dzung

Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

The degree of the country's economic growth is based on the country's infrastructure. Sufficient infrastructure not only provides high-grade environment of enterprise development , but also improves balanced development of region.

This research establishes a decision-support system that helps determining the best budget allocation from the perspective of national competitiveness based on the World Competitive Yearbook data published by Institute for Management Development.

This research procedure is consisted of two steps:

1. Establish a decision-support system for infrastructure investment to improve competitiveness ranking

A genetic algorithm is used to find the near-optimal allocation and a greedy algorithm is used to evaluate total investment by sensitivity analysis , which can then be used as a reference for a government to plan its infrastructure development plan.

2. Establish a decision-support system for infrastructure investment strategy of other nations to learn

Based on basic characteristic and weakness criteria simulated analysis,we can find out appropriate nations to learn.

Keywords: Infrastructure, The World Competitiveness Yearbook, Genetic Algorithm

誌謝

人生的列車又即將通過一個中繼站(研究所站)，雖然只停了短短兩年，對我而言卻是滿滿的兩年，以下對著在這段期間幫助過我、陪我一起度過的大家說聲感謝。

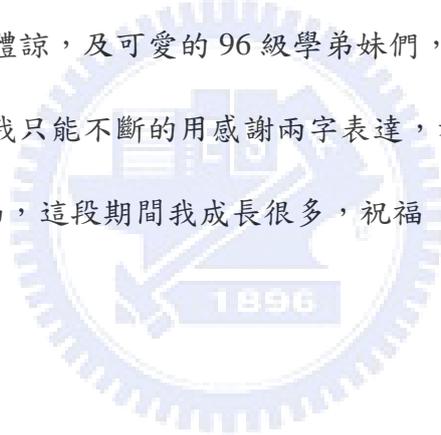
首先，先感謝指導老師 曾仁杰老師，老師平常為人幽默風趣、對於研究嚴謹的態度，在老師身教、言教下讓學生收益良多。感謝口試委員 潘南飛老師、楊亦東老師、謝東儒老師的提點，讓本論文內容能更臻完備

其次，感謝一直支持我繼續唸書的父親，這幾十年來您辛苦了；感謝先母在天之靈的庇佑。

最後，感謝世旭學長對於論文研究方向與範圍之幫助、育群學長 GA 程式碼的參考、94 級明修、小白、小倫、國賓等學長姐，與我共同生活二年的同窗好友 95 級的 16 位戰友，你們平常的照顧與體諒，及可愛的 96 級學弟妹們，加油了明年看你們了。

對於你們的感謝，我只能不斷的用感謝兩字表達，希望你們身體健康、心想事成。

PS 感謝某位浪味仙，這段期間我成長很多，祝福 順心如意。

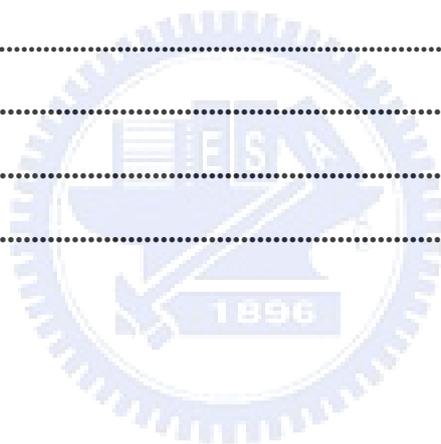


目錄

摘要	I
Abstract	II
誌謝	III
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	IX
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制	2
1.4 研究流程	3
1.5 研究架構	5
第二章 文獻回顧與背景介紹	6
2.1 基礎建設相關研究	6
2.2 基礎建設定義	7
2.3 國家總預算歲出	9
2.4 國家競爭力理論及相關研究	13
2.5 國家競爭力年報比較	15
2.6 IMD國家競爭力年報	17
2.6.1 IMD 國家競爭力評估指標	17
2.6.2 IMD 國家競爭力年報評估對象	18
2.6.3 IMD 國家競爭力之計算方式	18
2.6.4 IMD 國家競爭力之排名方式	21
2.6.5 IMD 全球競爭力評估模式之演進	23
2.7 IMD 國家競爭力之區別矩陣	23
2.7.1 最劣勢指標	25
2.8 小結	28
第三章 研究相關理論	29
3.1 演算法	29

3.1.1	演算法起源.....	29
3.1.2	演算法的特徵.....	29
3.1.3	演算法的複雜度.....	30
3.2	貪婪演算法.....	30
3.3	基因演算法.....	31
3.3.1	染色體.....	31
3.3.2	染色體編碼.....	31
3.3.3	初始母體.....	32
3.3.4	適存值函數.....	32
3.3.5	演算機制.....	32
3.3.6	基因演算法運作流程.....	35
3.4	資料庫管理系統.....	36
3.4.1	資料庫架構.....	36
3.4.2	資料庫類型.....	37
3.4.3	SQL.....	39
3.4.4	安全控管模式.....	40
3.5	小結.....	41
第四章	系統開發.....	42
4.1	國家競爭力提升排名與借鏡它國系統介紹.....	42
4.2	國家競爭力提升排名與借鏡它國系統建構流程.....	42
4.3	政府總預算支出.....	43
4.4	提升排名系統建構流程.....	44
4.4.1	投資項目單位成本.....	44
4.4.2	投資項目進步幅度.....	44
4.4.3	應用基因演算法求解.....	45
4.4.4	總投資金額敏感度分析.....	53
4.5	借鏡它國系統建構流程.....	53
4.5.1	國家分析比較.....	53
4.5.2	參考年度選取.....	54
4.5.3	指標分析比較.....	54
4.6	小結.....	54
第五章	系統應用與比較.....	55
5.1	提升排名系統.....	55
5.1.1	區別矩陣.....	55

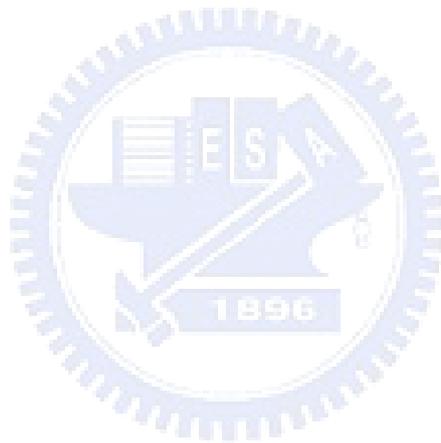
5.1.2	總預算支出	55
5.1.3	排名最佳化	56
5.1.4	指標漣漪效應	62
5.1.5	敏感度分析	63
5.2	借鏡它國系統	64
5.2.1	國家基本特性分析	64
5.2.2	指標相似分析	66
5.3	綜合比較	69
5.3.1	指標比較	69
5.3.2	國家比較	71
5.4	小結	72
第六章	結論與建議	74
6.1	結論	74
6.2	建議	74
	參考文獻	76
	附錄A 外審意見回覆表	80
	附錄B 系統程式碼	84



圖目錄

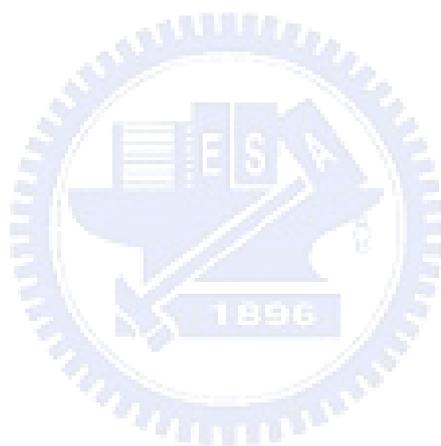
圖 1-1 研究流程圖.....	4
圖 2-1 基礎建設相關經濟指標架構.....	10
圖 2-1 歲出政事別預算圖.....	12
圖 2-2 鑽石模型演進.....	14
圖 2-3 IMD 國家競爭力評估指標架構.....	18
圖 2-4 IMD國家競爭力計算流程.....	19
圖 2-5 4.1.02 可耕地面積.....	22
圖 2-6 基礎建設各國排名.....	22
圖 2-7 指標區別矩陣.....	25
圖 3-1 貪婪法示意圖.....	30
圖 3-2 二位元編碼示意圖.....	31
圖 3-3 實數編碼示意圖.....	32
圖 3-4 單點交配示意圖.....	33
圖 3-5 雙點交配示意圖.....	33
圖 3-6 均一交配示意圖.....	33
圖 3-7 單點突變示意圖.....	34
圖 3-8 雙點突變示意圖.....	34
圖 3-9 均一突變示意圖.....	34
圖 3-10 基因演算法運作流程.....	35
圖 3-11 資料庫架構.....	36
圖 3-12 資料庫進化史.....	37
圖 3-13 網路式資料庫示意圖.....	38
圖 3-14 階層式資料庫示意圖.....	38
圖 3-15 關聯式資料庫示意圖.....	39
圖 3-16 物件式資料庫示意圖.....	39
圖 4-1 軟體系統開發生命週期.....	42
圖 4-2 系統流程圖.....	43
圖 4-3 4.1.21 項各國家STD分佈圖.....	45
圖 4-4 本研究基因演算法運算流程.....	52
圖 4-5 貪婪法運用於敏感度分析.....	53
圖 5-1 區別矩陣.....	55
圖 5-2 總預算支出.....	56
圖 5-3 代數搜尋與適存值圖.....	57
圖 5-4 各交配率與世代數圖.....	59
圖 5-5 各突變率與世代數圖.....	60
圖 5-6 GA參數組合.....	61

圖 5-7 總投資最佳化(不與它國做比較).....	62
圖 5-8 敏感度分析.....	64
圖 5-9 國家分析(1).....	65
圖 5-10 國家分析(2).....	66
圖 5-11 指標分析比較.....	67
圖 5-12 新加坡同台灣最劣勢指標項目.....	69
圖 5-13 最劣勢指標與它國歷年分佈比較.....	70
圖 5-14 4.1.21 項台灣與各國比較.....	71
圖 5-15 總投資最佳化(與它國做比較).....	72



表目錄

表 2-1 基礎建設比較定義.....	8
表 2-2 經濟指標說明.....	10
表 2.3 國家競爭力評比單位及指標比較.....	16
表 2.4 台灣(2004)10 項最劣勢指標(IMD與本研究比較).....	23
表 2-5 台灣十大劣勢指標.....	26
表 4-1 政府支出按政事別分配概況.....	43
表 4-2 俄羅斯輪盤法.....	49
表 4-3 各國依總標準差值排名.....	50
表 5-1 族群數大小與世代差異表.....	57
表 5-2 族群數大小比較表.....	58
表 5-3 同台灣劣勢指標次數統計.....	67



第一章 緒論

本章將說明本研究之動機、目的與範圍，從而定義本研究之內容與研究架構，最後說明研究進行之流程。

1.1 研究動機

基礎建設一直是政府施政的重點，從過去的十項建設、十四項建設、六年國建計畫以及十二項建設，到現在的挑戰 2008：國家發展重點計畫及新十大計畫，政府致力於公共工程及各項基礎建設的推動，促進了社會經濟的快速發展。由於以往基礎建設之成果，國民所得大幅提高，社會價值觀念提升，注重環境及生態保護，同時對文化及休憩的需求也增加，為此政府建設工作範圍及層面也不斷擴大，以符合民眾的需求。

隨著國家進步的程度，目前我國進行中的重要建設，其內容涵蓋農業、住宅、下水道、都市開發、公路、軌道運輸、航空、港埠、通信資訊、觀光、水利、工商設施、油氣、電力、教育、文化、體育、垃圾處理、汙染防治、國家公園、衛生醫療及社會福利等，其規模愈來愈大，相對地投入的人力、物力及財力也大幅度增加，如何從眾多國家基礎建設中，選擇適當投資之重點項目，是極困難之決策(Mandele et al.2006)。在政府資源有限情況下，如何妥適分配各次類別基礎建設之比重，發揮基礎建設計畫之預算效益，並達成經濟成長目標，成為一個重要議題，也與國家整體資源的充分利用與調配息息相關。

目前各審議機關對於公共工程計畫之審查，仍以合議方式為主，即邀請產、官、學界之專家，針對審議之工程進行討論及審查，因缺乏審查依據，審議委員之主觀想法則為影響公共工程計畫通過與否之關鍵，審議結果無法確保對國家發展之有效性，且亦造成會審機關(立法院)之疑慮，影響國家基礎建設之發展與推動。

根據 Short and Kopp(2005)回顧法國、德國、英國及荷蘭等國之國家發展計畫，發現決策缺乏透明化及決策評估方法不符合國家實際情況為普遍決策缺點，造成上述問題之主因，目前缺乏客觀決定國家基礎建設項目之評估方法，政府單位不知應如何有效應用國家相關統計資料客觀選擇國家重點投資項目，因此相關決策仍以決策者之主觀態度為基礎，造成政策結果可能不符合國家發展需要，此外因決策過程缺乏客觀之分析基礎，無法公開決策過程，造成非透明化之決策。

過去有關國家重點基礎建設投資項目之研究，通常採用效益或成本分析(如 William and Donald 1987, Clark 1989)、會議或問卷調查(如 Gómez-Limón and Atance 2004, Vántänen and Marttunen 2005)及政策回顧(如 Dixhoorn 1984, Grigg 1984, Onera and Saritas 2005)等 3 種分析方式，效益或成本分析通常僅針對特定之基礎建設項目進行分析，例如電信基礎建設、港口、下水道等，很少對於國家全部基礎建設進行分析，分析結果無法瞭解不同類型基礎建設之相對重要性，較不適用於分析國家重點基礎建設項

目；問卷調查之研究，因研究結果受問卷項目、調查樣本及問卷時間之影響較大，因此分析結果較易受到質疑；政策回顧方式，通常是全面分析國家基礎建設項目，因每個國家發展歷史及策略不同，決策者較難複製過去其他國家之發展策略，造成應用上之困難。

決定國家重點基礎建設項目具兩種可能觀點，第一種觀點即根據需求決定投資項目，此需求可能是民生或經濟發展之需求，例如公路過於擁塞，則興建高速公路或高速鐵路；另外需求也有可能政治上的需求考量，例如執政政黨為求選舉時能有政績，執政時可能較偏好短期能即見績效之建設。第二種觀點為國家為獲得更好的生活品質，參考其他先進國家基礎建設之發展經驗及環境，主動規劃未來基礎建設需求，後者為本研究之重點。

本研究以國家競爭力觀點，建立國家重點基礎建設之分析、投資系統並參考先進國家基礎建設發展供政府部門主辦單位擬訂基礎建設先期規劃之輔助參考。本研究進一步將 IMD (International Institute for Management Development) 國家競爭力年報 (World Competitive Yearbook, WCY) 資料為基礎，建立資料庫分析系統，一方面用以與他國當年度基礎建設資料做比較，以利參考其它先進國家發展策略，以決定國家基礎建設投資分配；另一方面可比較歷年各指標變化趨勢，瞭解國家各基礎建設發展走勢。

1.2 研究目的

本研究主要目的是從國家競爭力提升排名之角度，建立基礎建設發展項目之決策支援系統，除提供基礎建設項目之投資優先順序外，也供決策者檢視比較本國與其它先進國家基礎建設投資之異同。

承上，本研究之目的整理如下：

1. 建置國家競爭力提升排名系統：根據政府歷年基礎建設支出並利用基因演算法，在進步名次最大下搜尋出各劣勢指標投資金額最佳配置決定基礎建設發展重點與需投資金額，以供政府推動中、長期計畫之參考。
2. 建置國家競爭力借鏡它國系統：依照國家各基本特徵分析與最劣勢指標相似分析，找出與台灣相近之借鏡國家，做為台灣學習之模範，以供政府檢視現有基礎建設規劃。

1.3 研究範圍與限制

一、研究範圍

由於國際間發表國家競爭排名統計之機構、單位眾多如 IMD (International Institute for Management Development)、WEF(World Economic Forum)、UNCTAD(United Nations Conference on Trade and Development)、EIU(Economist Information Unit)等。受限於經費，本研究乃以具公信力、為一般媒廣為引用之瑞士洛桑管理學院(The Institute for

Management Development, IMD)每年發表之國家競爭力年報(World Competitive Yearbook, WCY)為主要分析資料，資料搜集年間為從 1993 年至 2006 年。

二、研究限制

1. 國家競爭力評估單位為因應國際環境變化，每年採用之競爭力評估指標具部分差異，因此無法滿足時間序列分析技術(縱斷面)之樣本數需求，較適用於多變量統計技術(橫斷面)。
2. 國家競爭力指標並非各國皆有資料，若某國家缺乏該項資料，該項指標空白不列於排名。
3. 國家競爭力評比結果代表該國前一年之競爭力表現，例如 2004 年之國家競爭力年報代表 2003 年國家競爭力。但因各國統計資料非每年皆有更新，若無當年資料，便以最接近年份作為指標資料。

1.4 研究流程

本研究進行流程如圖 1.1 所示，首先，確立研究動機與目的，再根據所蒐集之國內、外相關文獻，對基礎建設投資範圍定義與國家競爭力原則進行瞭解後，同時針對系統建構相關理論進行瞭解，進一步界定欲進行研究之範圍。

本研究內容在建立研究模式時，利用 MicroSoft Visual Basic 6.0 與 MicroSoft Office Access 軟體，建構提升排名、借鏡它國參考系統，將分為二個研究主軸進行，最後兩者互相比較與驗證。

1. 依據 IMD WCY 所提供之各指標數據，建構一套歷年之資料庫。
2. 將當年度 WCY 各指標數據依區別矩陣限制下，經由系統判讀將指標分為優勢、觀察、加強及劣勢等四類，並以最劣勢指標作為投資標的。
3. 參照政府歷年基礎建設支出並利用基因演算法，在進步名次最大下搜尋出各劣勢指標投資金額最佳配置，並利用貪婪演算法做金額敏感度分析，以瞭解投資金額與進步名次間關係。
4. 依照國家各基本特徵分析與最劣勢指標相似分析，找出與台灣相近之借鏡國家，進一步藉由其指標差間距，做為台灣進步之參考。
5. 開發一電腦應用程式，輔助使用者進行上述流程。

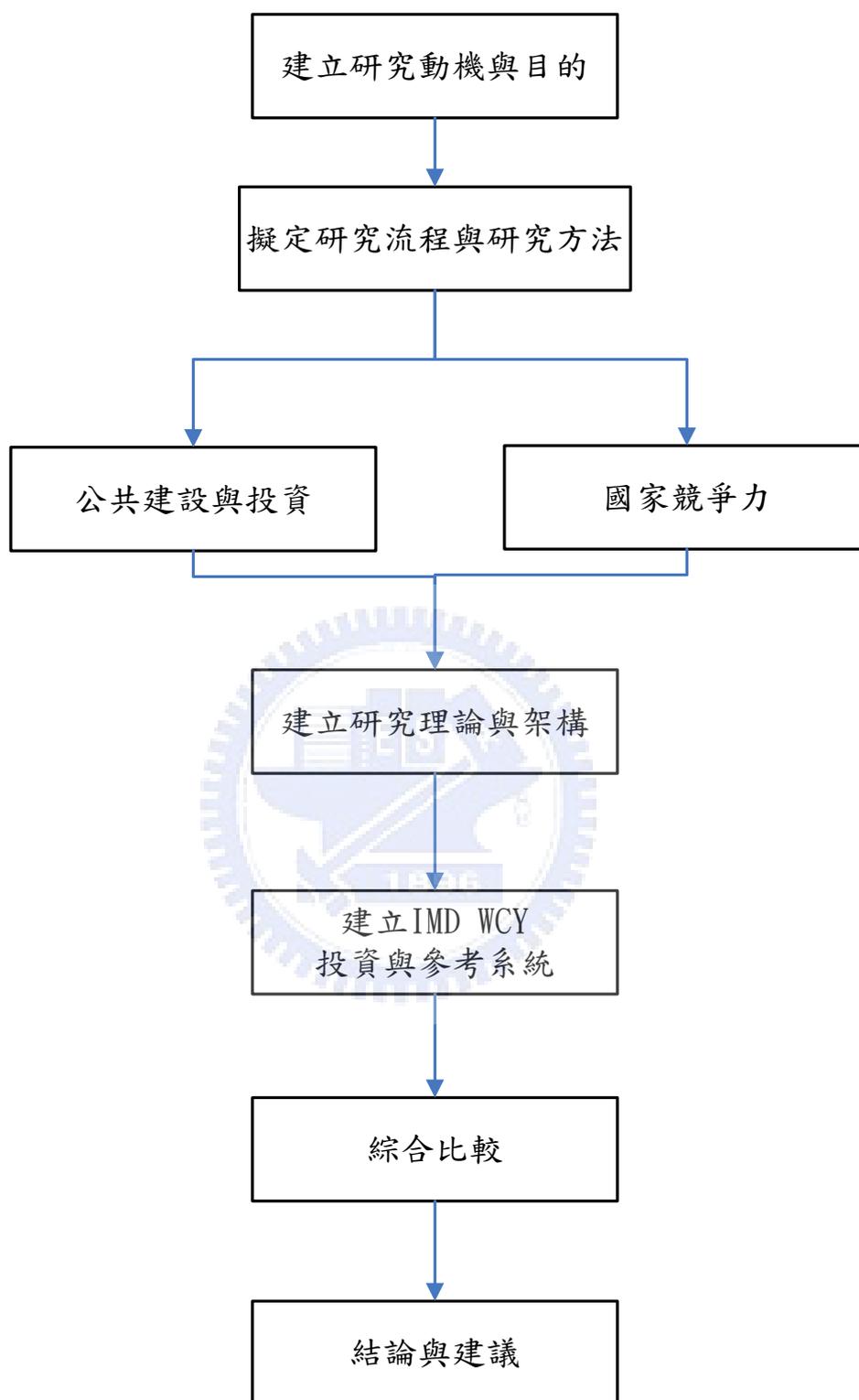


圖 1-1 研究流程圖

1.5 研究架構

本研究架構分為六章，概述如下：

第一章 緒論

本章敘述本研究之研究動機、研究目的、研究範圍與限制、研究流程、研究架構。

第二章 文獻回顧與背景介紹

本章根據本研究目的，針對研究需要之相關基本條件進行分析及定義，包括國家基礎建設範圍定義、國家總預算及國家競爭力年報選擇。

第三章 研究相關理論

本章根據本研究所需要用到理論，介紹本研究系統建構之相關理論概念及技術，包含有演算法、資料庫。

第四章 系統開發

本章根據上述之研究理論，再依本研究需求做進一步解釋、定義進行研究模式的建構。

第五章 系統應用說明與比較

本章以國家競爭力提升排名系統所得之結論與借鏡它國系統所得之結論做一綜合比較。

第六章 結論與建議

本章提出本研究之結論，並對後續研究之學者提出建議。

第二章 文獻回顧與背景介紹

本研究主題在於如何提升基礎建設，首先需瞭解何謂基礎建設，其定義又為何，再回顧國家基礎建設相關文獻，並蒐集國際間具公信力評估國際競爭力組織(如 IMD、WEF 等)，對於其評估方法瞭解後，選擇適合之國家競爭力評估模式，作為後續研究之參照。

2.1 基礎建設相關研究

目前許多相關理論及實證研究已證明，適當之基礎建設投資，有利國家經濟發展，如 World Bank (1994)之研究報告指出，國家基礎建設應足以提供經濟體系正常成長之需求，基礎設施之存量擴張應與經濟成長維持等比例之關係；Aschauer (1989)分析總生產函數中之公部門投資發現，公部門投資對私部門生產力具顯著影響(Garcia-Mila & McGuire 1992, Eberts 1990)；目前已有實證研究發現基礎建設投資不足，不佳之基礎建設投資規劃，將造成國家經濟成長之限制，如巴基斯坦(Faiz 1992, Robert 1997)。

過去對於國家基礎建設投資之研究，主要可分為基礎建設投資對私部門、與基礎建設投資適當額度等 2 類，唯近年來相關學者多採用 Cobb-Douglas 生產函數進行實證分析，分析公共資本與產出間之關係，茲說明過去相關研究如下：

1. 基礎建設對私部門之影響

Aschauer(1989)利用 Cobb-Douglas 生產函數及總要素生產力，以美國 1952 年至 1986 年的資料，以一般化的在固定規模報酬與規模報酬遞增假設下，研究基礎投資對生產力及經濟成長之影響，研究結果顯示基礎建設資本對私部門產出具正面影響，且以基礎建設資本影響最大，Aschauer 認為研究結果可解釋 1970 年代美國經濟遲滯之原因。Alicia (1992)發現每增加 1%的基礎資本投資，可增加民間產出 0.34%。Otto and Voss(1996)利用不同限制下條件下之 Cobb-Douglas 生產函數，研究澳洲 1959 年第三季至 1992 年第二季等年間，公共資本對民間產出的影響，結果顯示並無證據證明民間產出影響公共資本存量，發現私人資本與公共資本具高度互補性。

Rattso(1999)研究 1946 年至 1990 年挪威地方基礎投資與國內產出的情形，研究顯示在結構化投資需求模型中，只有無預期的 GDP 改變與失業人口變動為短期之重要因素，且儘管地方收入持續穩定地成長，地方的公共投資還是會受到總體經濟狀況影響。Argimon et al. (1997) 利用聯立方程組法以經濟合作發展組織 OECD(Organisation For Economic Co-Operation And Development)中十四個國家 1979 年至 1988 年的橫斷面資料，研究公共支出的排擠效應，結果顯示透過公共建設投資對私人投資的生產力有正面影響。而政府的消費則對私人投資有排擠效果(crowdout)，但藉減少公共投資降低政府赤字會衝擊私人資本累積及其成長。

王品心(1999)以 translog 超越生產函數法，研究「公共資本存量」對製造業生產之影響，結果顯示不論是否限制規模報酬固定，公共資本對製造業產出皆有顯著的影響，

並檢定出我國的製造業存在規模報酬遞增之特性。馮智捷(2000)以 Aschauer 的實證模型分析公共資本對民間勞動生產力的影響，研究結果顯示基礎建設支出能顯著提升勞動生產力。

2. 基礎建設投資適當額度

Barro and Martin(1995)，假設私人企業的生產函數包含勞動力、私人資本與公共資本等變數，透過 Cobb-Douglas 生產函數，認為最適的公共資本應使產出及公共資本比值為 1，即消費者消費成長率等於產出成長率，私人資本成長率亦等於公共資本成長率。蔡蕙如(2002)，利用純粹公共財模型下之 Cobb-Douglas 生產函數，研究歷年我國公共工程資本存量對民間產出影響，並分析我國最適公共工程資本存量佔民間產出之比例，研究結果顯示，我國政府最適公共工程資本存量佔民間產出之比例 31.5%~41.4%，我國政府公共工程資本存量佔民間產出之比例，自 2000 年已達 51%，已超過最適公共工程資本存量比率。

經由上述之文獻回顧結果可知，過去對於基礎建設投資之相關研究，多經濟學研究領域多著重「產出比例」觀點，其利用政府投資及產業產出比率，分析最適額度之基礎建設投資，因其僅分析投資總額佔 GDP 之比率，並未探討在此額度下，各項基礎建設項目應如何進行分配，讓政府單位無法據此編列基礎建設投資分配之相關預算，亦無法瞭解各項基礎建設項目投資對於國家發展之效果。

2.2 基礎建設定義

本研究蒐集國內外相關單位，對於基礎建設投資範圍之定義，作為本研究選擇符合國家競爭力分析觀點之基礎建設投資範圍。在促進民間參與基礎建設法第二條規定，基礎建設包含下列各項設施之興建與維護：

- 一、交通建設及共同管道。
- 二、環境污染防治設施。
- 三、污水下水道、自來水及水利設施。
- 四、衛生醫療設施。
- 五、社會及勞工福利設施。
- 六、文教設施。
- 七、觀光遊憩重大設施。
- 八、電業設施及公用氣體燃料設施。
- 九、運動設施。
- 十、公園綠地設施。

十一、重大工業、商業及科技設施。

十二、新市鎮開發。

十三、農業設施。

經建會對「公共建設」預算編制範圍定義為配合經濟發展、增強國力、改善民生及區域均衡等，由中央政府各級機關編列預算推動之各項實質硬體建設計畫，並供公共使用。包括：建築、土木、水利、環境、交通、機械、電氣、化工等地面上下營建工程，土地改良及附屬設施，可涵蓋於農業建設、都市建設、交通建設、水利建設、工商設施、能源開發、文教設施、環境保護及衛生福利設施等九大部門、二十四次類別範圍(莊奕琦、王雅楓，1999)。

國際組織對基礎建設之屬性進行分類，例如世界銀行定義(<http://www.worldbank.org/>)基礎建設包含公用事業(Public Utilities)、基礎設施(Public Works)及其他運輸部門(Other Transport Sectors)等三種；IMD (2004)將基礎建設分為基礎類、技術類、科學類、健康及環境類、教育類等基礎建設。整理各單位對基礎建設之範圍定義，如表 2-1 所示。

表 2-1 基礎建設比較定義

分析項目	定義	分析範圍
經建會	配合經濟發展、增強國力、改善民生及區域均衡等，由中央政府各級機關編列預算推動之各項實質硬體建設計畫，並供公共使用。包括：建築、土木、水利、環境、交通、機械、電氣、化工等地面上下營建工程，土地改良及附屬設施，可涵蓋於農業建設、都市建設、交通建設、水利建設、工商設施、能源開發、文教設施、環境保護及衛生福利設施等九大部門、二十四次類別範圍(莊奕琦、王雅楓 1999)。	傳統基礎建設定義
主計處	為期中央政府各類公共建設計畫，配合國家發展需要，並注重長期、整體之規劃，公共建設計畫，係各機關所推動之各項實質建設計畫，即計畫總經費中屬經常門者不得超過資本門之二分之一，並以附件所列部門別及次類別之項目為範圍(政府公共建設計畫先期作業實施要點 1999)。	含資本門
World Bank	公共建設包含公用事業(Public Utilities)：電力、	傳統公共建設

分析項目	定義	分析範圍
	電信、自來水、衛生下水道、垃圾處理；公共設施(Public Works)：含道路、水庫、灌溉渠道及雨水下水道；其他運輸部門(Other Transport Sectors)：含都市和都市間鐵路、都市運輸、港埠及引水道及機場等三種。	定義
IMD	IMD (2004)將基礎建設分為基礎類：如道路、空運、鐵路；科技類：如電腦數量、電話數量；科學類：研究費用支出、電子通訊滿意度；健康及環境類：醫院數量；教育類：教師人數等基礎。	國家整體基本條件
綜合分析	經建會、主計處及世界銀行對基礎建設範圍之定義較小，與傳統認為之基礎建設範圍相似，IMD所列之基礎建設範圍極廣，包含涵蓋一國整體之基礎條件，如傳統之基礎建設項目(如道路、鐵路)，以及一般基礎設施(如人員素質、教育水準)等。	

由表 2-1 可知，經建會、主計處及世界銀行對基礎建設範圍之定義較小，與傳統認為之基礎建設範圍相似；IMD 所列之基礎建設範圍極廣，包含涵蓋一國整體之基礎條件，如傳統之基礎建設項目(如道路、鐵路)，以及一般基礎設施(如人員素質、教育水準)等。綜合上述分析可知，目前各單位對基礎建設範圍認定不同，且不同之政府單位亦有相異之定義。本研究以國家競爭力觀點分析基礎建設投資策略，採用 IMD 之基礎建設項目為研究範圍。

2.3 國家總預算歲出

由王世旭(2007) 以主計處各級政府財政支出淨額統計(1960~2004)，配合 Aremos 統計資料庫、世界銀行各國統計資料庫(World Development Indicators)，作為分析我國基礎建設投資之資料來源。

由圖 2-1 可知，以基礎建設投資觀點，政府年度總支出可分為基礎建設投資及非基礎建設投資兩類；其中基礎建設支出部分，亦可分為經常門及資本門兩類。資本門對應之經濟指標「政府固定資本形成毛額」為分析指標，亦即為政府編列基礎建設預算之依循指標；經過廣泛蒐集相關統計資料庫發現，目前大多數國家並無完整之政府固定資本形成毛額統計資料，造成分析各國基礎建設投資趨勢之困難。

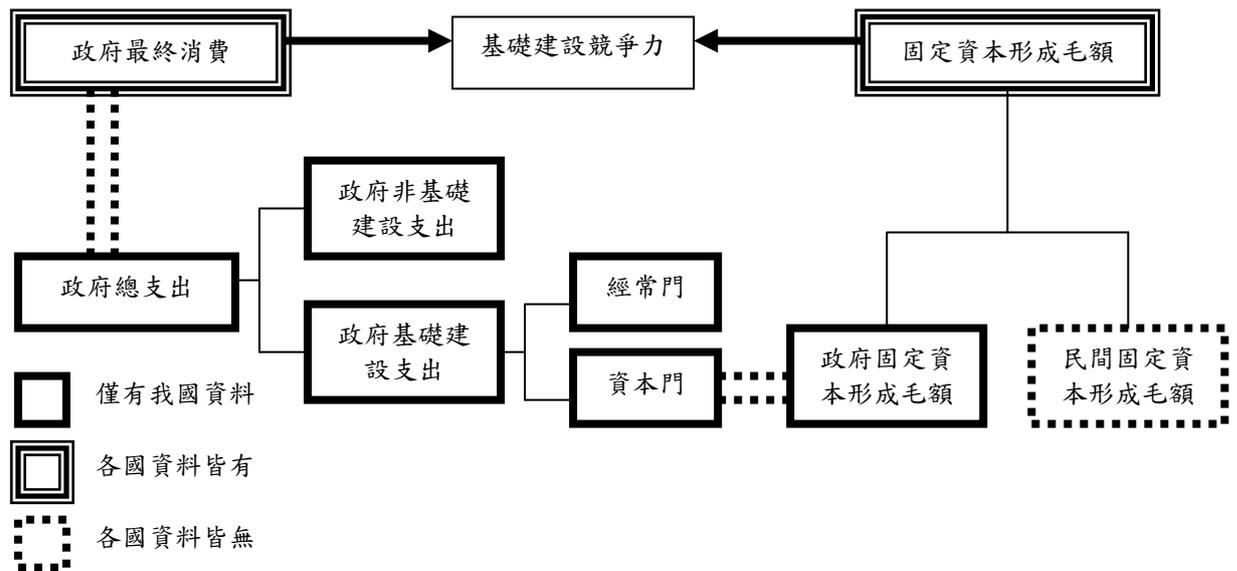


圖 2-1 基礎建設相關經濟指標架構

傳統經濟學者分析國家投資概況時，主要以該國之固定資本形成毛額衡量，依擁有者可區分為民間企業、公營事業、政府等三個主要部分。對政府固定資本形成毛額作為基礎建設投資依據，可能無法涵蓋 IMD 定義之基礎建設範圍(如表 2-2)，因此本研究採用 IMD (2003)之基礎建設為範圍，需具有可相對應之政府支出資料，搜尋國內政府相關財政資料後，發現以行政院主計處統計之歲出政事別預算總表較符合 IMD 定義之基礎建設範圍。

表 2-2 經濟指標說明

指標名稱	說明
固定資本形成毛額	為國內「產業」、「政府服務生產者」及「對家庭服務之民間非營利機構」等持有之商品，並新增成為其固定資產之一部分者，均為國內新生產及進口之商品，惟編算上述部門別時須包含二手貨品，俾陳示各部門資本形成之增減，因各部門二手貨品有增有減，互相抵銷，總計數仍僅為新生產及進口之商品。按資本財之型態可分為：營建工程，包括住宅、非住宅用房屋(如廠房、校舍)、其他營建工程(如道路、機場)；運輸工具；機器及設備；土地改良、耕地及果園之開發；種畜、役畜及乳牛等(主計處 2002)。
民間固定資本形成毛額	民間增購之固定資產。

指標名稱	說明
政府固定資本形成毛額	政府增購之固定資產。

依照預算法第三十一條規定訂定中央政府總預算編制，中央政府總預算機關單位之分級，區分為主管機關、單位預算及單位預算之分預算三級。總預算稱歲入、歲出者，係指本年度之一切收入及支出，但不包括債務之舉借、以前年度歲計賸餘之移用及債務之償還。

政府預算支出依類別可劃分成，依照政府層級可以劃分成中央與地方；依照政事別科目分類則為國防支出、教科文支出、社會福利支出以及經濟發展支出等項目，亦有針對機關用途別進行預算的分配支出。

政府支出依款項又可區分為資本支出與經常支出。經常支出是指政府當期消費性支出（購買勞務支出，債務利息支出）。資本支出包括公共投資與建設支出，耐久性消費購置及債務還本支出。

在預算的體系中，除了上述每一會計年度經常編列之中央政府總預算及附屬單位預算外，尚有一種為因應緊急重大情事，於總預算外提出之預算，稱為特別預算。依照預算法八十三條的規定，有下列情事之一時，行政院得提出特別預算：

1. 國防緊急設施或戰爭。
2. 國家經濟重大變故。
3. 重大災變。
4. 不定期或數年一次之重大政事。

以行政院主計處 2004 年歲出政事別預算總表，將政府總預算支出依政事別為圖 2-1 所示。再根據 IMD 對基礎建設廣泛定義，可把國家總預算支出中除一般政務、國防、退休撫卹支出外，皆可視為基礎建設總投資預算來源。

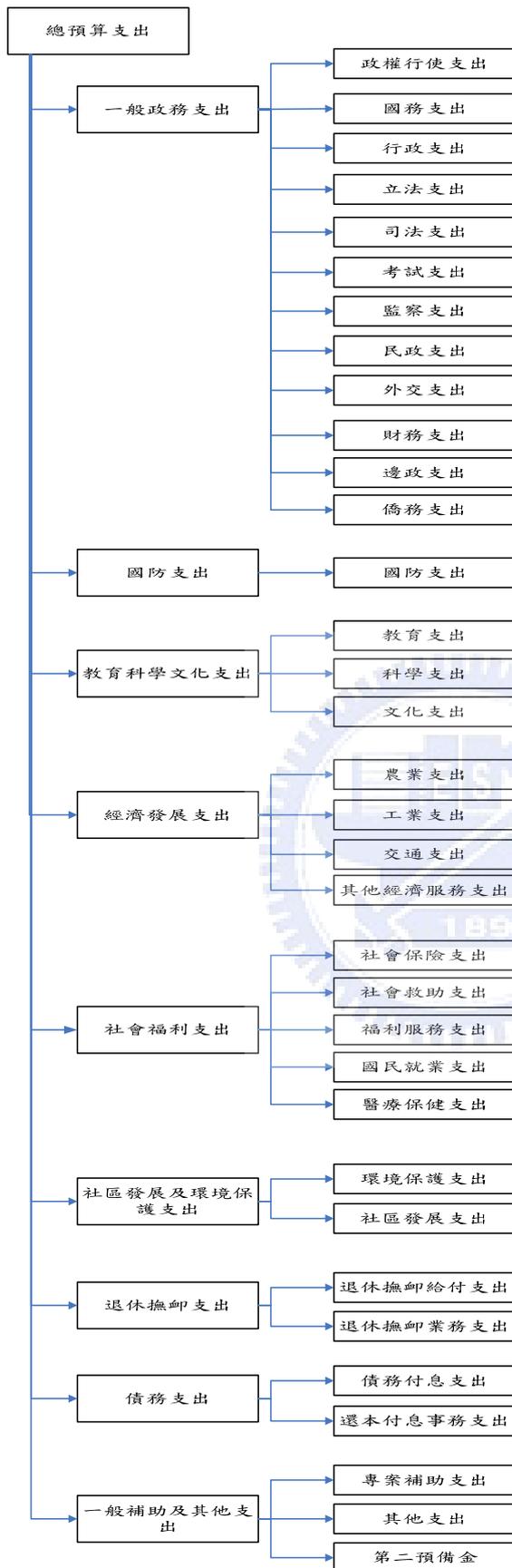


圖 2-1 歲出政事別預算圖

2.4 國家競爭力理論及相關研究

Porter(1990)認為國家競爭力分析之基本問題「為何有些國家成功，然有些國家失敗」，Porter 分析當時財富情況相似之 10 個貿易國家，Porter 認為此類國家成功係因產業或部分產業之成功所造成，透過鑽石模型可表示此類國家成功之原因。鑽石模型由四類因素組成：(1)生產因素：由國內幾種特殊產業提供。(2)需求條件：包含規模、成長率及國內科技業需求與產量。此因素產生之優勢，將受經濟尺度(如作業成本)及新技術影響。(3)相關與支援產業：可用於壓制競爭對手，其來源包括提供產業未來發展需要之新技術。(4)企業策略、企業結構及同業競爭：特定產業可因此種因素獲得競爭優勢。鑽石模型之執行流程(Keith & Lance 1997)：(1)首先決定國家之重要產業群集(Porter 僅將重要產業設定為工業)；(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。

Porter 之鑽石模式係依據分析丹麥、德國、義大利、日本、瑞典、瑞士、英國、美國(以上為先進國家)、南韓、新加坡(以上為新興工業國家)10 大工業國家，建立之國家競爭力分析模式；然後續相關實證研究證明，Porter 鑽石模型(Home-Diamond)並不適合小型及貧窮國家之競爭力分析。因此後續有學者根據 Porter 模型為基礎，建立一般雙鑽石模型(Generalizability of the Double-Diamond)及雙鑽石模型(Double-Diamond) (鑽石模型演進如圖 2-2)。

Porter 最先使用鑽石模型分析加拿大及紐西蘭之國家競爭力(Crocombe, Enright & Porter, 1991)，分析加拿大之國家競爭力，並無適當考慮跨國活動影響(Rugman,1991)；分析紐西蘭之國家競爭力，未解釋其進出口成功因素及資源基礎產業(Cartwright,1993)。Porter 當時未考慮跨國企業對競爭力影響之原因，係其認為國外直接投資(Foreign Direct Investment, FDI)，不應列為國家競爭優勢項目，回流國內之 FDI 對國家競爭優勢不一定有利。Dunning(1992)分析跨國企業活動力之實證研究發現，全球 75%之貿易量，皆由跨國企業提供，建議應於 Porter 鑽石模型中，加入跨國企業為第七個構面。Cartwright (1993)認為基本鑽石模型應增加 5 個 off-shore 變數，用於判斷由其他國家所獲得之效益，Rugman & D'Amboise,(1993)亦有相似研究建議。

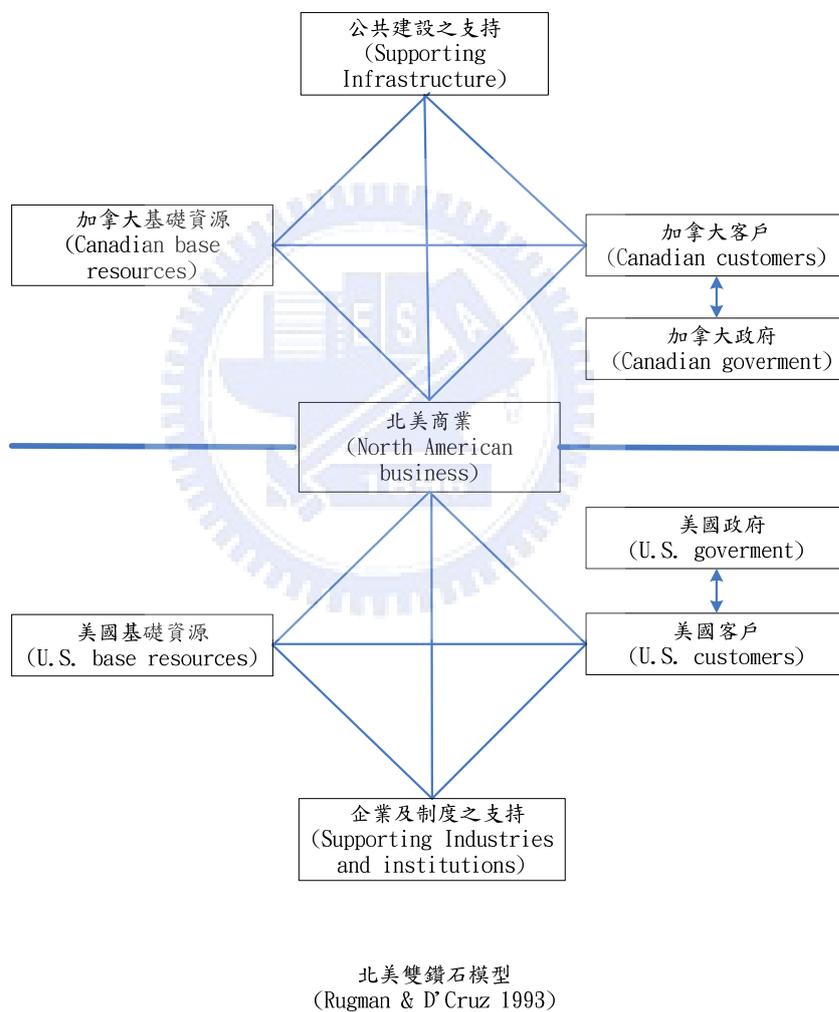
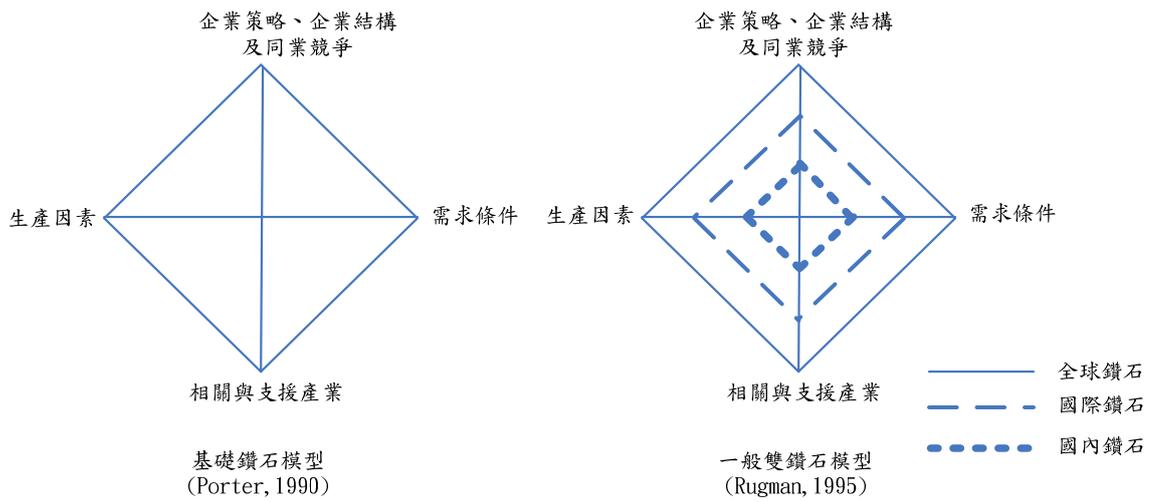


圖 2-2 鑽石模型演進

此外 Narula (1993) 批評 Porter 對技術之認定，認為關鍵技術存在特殊業主、特殊產業及特殊地區，需透過時間持續累積，方可提供國家競爭優勢；且技術對鑽石模型各構

面皆具影響。Daly (1993)批評 Porter 對勞動成本及匯率之看法，認為勞動成本低之國家，將刮分全球市場中勞動成本高國家之產業市場；Porter 忽略或降低勞動成本之競爭力差異，此外匯率市場變動亦可能造成全球市場改變，最後建議小型國家具高額進出口貿易額，可能產生較大型國家更大幅度之匯率波動，獲得競爭優勢。Rugman and Verbeke (1993)實證發現 Unilever and Philips 跨國公司可同時增加多國之競爭優勢，若僅依傳統鑽石模型分析，則無法有效分析其提供效果。

對於基本鑽石模型對小型國家之分析缺失，直至 Keith and Lance(1997)及 Moon et al. (1998)年針對歐洲及亞洲之小型國家競爭力研究獲得證實，其中 Moon et al. (1998)針對新加坡及韓國之國家競爭力分析發現，Porter(1990) 認為對於韓國未來 10 年發展抱持極樂觀之態度，對新加坡之未來發展則較不樂觀。其認為新加坡未來將屬於生產要素驅動階段(Factor-Driven)，依據 1998 年資料顯示，新加坡之經濟成就遠超過韓國，顯示基本鑽石模型在判斷小型國家競爭優勢之缺失。基本鑽石模型分析僅著重國內經濟內需市場情況，忽略國際化環境之全球市場，低估新加坡之經濟實力。Porter(1990)認為新加坡主要競爭優勢來源為國家位置、高素質之勞動力，這些因素對於國際競爭優勢較不具重要性。Moon & Rugman(1998)認為新加坡主要經濟來源為產業代工，吸引外資具體之原因包括較低廉之成本(Relatively Low-cost)、高素質人力(Well-Educated Workforce)、有效率之基礎建設(Efficient Infrastructure)，如道路、港口、機場及電信等因素，吸引外資投入，帶來國外資產及技術，新加坡則提供低廉勞力及自然資源，促成國內及國際性之資源整合，創造新加坡多項產業穩固之競爭優勢。

Rugman & D'Cruz (1993)針對基本鑽石模型進行修改，提出雙鑽石模型，整合為北美鑽石模型(包含加拿大及美國)(如圖 2.2)雙鑽石模型將鄰近國家納入鑽石分析中，以分辨國家由貿易伙伴所得之效益。Rugman & D'Cruz(1993)之鑽石模型分析架構，也許適合加拿大及紐西蘭，但此種分析模型對他小型國家競爭力分析並不適用。因此 Rugman & Verbeke(1995)針對小型國家定義一般雙鑽石模型。雙鑽石模型可清楚定義特定產業提供之國家競爭優勢，並分析各國在國際競爭環境下之優劣，鑽石模型及雙鑽石模型分析之理論差異如下：

(1)雙鑽石模型中加入國內及國外提供之貢獻分析架構，基本鑽石模型中未包含外國企業活動，其模式著重區分地理範圍及地理位置之競爭優勢(Porter & Armstrong, 1992)。

(2)Porter(1990)提出最有效之全球化策略，應係集中多種活動於 1 個國家，利用國家基礎資源提供全球服務。Porter 全球化策略僅著重輸出國家，未考慮真實全球化環境中，許多國家實際之運作情況(Moon, 1994)。因此雙鑽石模型較適用一般小型及貧窮國家使用，可藉以瞭解目前國家特性、地區優勢及國家間之合作關係。

2.5 國家競爭力年報比較

1989~1996 年之瑞士 IMD 全球競爭力報告，係由瑞士洛桑管理學院(IMD)及日內

瓦世界經濟論壇(WEF)，共同出版的年度全方位競爭力報告，因兩個組織對於國家競爭力評估觀念有所差異；在 1996 年之後各自出版「全球競爭力報告」。IMD (1996)認為國家競爭力為相對其他國家，本國可創造及累積財富之能力，其評量重點著重目前國家競爭力整體狀況；WEF (1996)則認為國家競爭力為本國可持續維持高經濟成長率之模式，評估重點著重國家或地區未來之經濟成長力。在此觀念下，IMD 及 WEF 採用國家競爭力評估指標之主要差異，在於國家經濟力(如 GDP、經濟成長率)是否納入評比，IMD 較強調國家資源及特質，WEF 則著重法規及制度面因素。國家競爭力評比單位及指標之綜合比較結果如表 2-3 所示。

表 2.3 國家競爭力評比單位及指標比較

比較條件	洛桑國際管理學院 (International Institute for Management evelopment, IMD)	瑞士世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF)
客觀性	IMD 指標較客觀。 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%)。	較不客觀。 指標以現代經濟成長理論及實證文獻為基礎。 主觀調查指標達 69.8%，量化指標僅佔 30.2%。
週延性	IMD 選取的指標總數(259 個)較多，國家競爭力的內涵較為完整。 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。	要項的權重設定較嚴謹。 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。	強調一國未來 5 至 10 年經濟成長潛力。 對未來經濟成長潛力的評估力較佳。
改進建議	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。 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，專題研究特刊第 2 號，1999 年。

由表 2-3 分析結果發現，IMD 因著重當年度各國 1 年內之經濟表現，且 2/3 之指

標採用客觀之經濟相關量化數據分析，評估結果較為客觀；WEF 則因著重國家未來發展之影響因素，所以評選指標項目中，僅有 1/3 採客觀量化指標，2/3 採主觀指標，因此評比結果公信力較低。我國及世界許多國家普遍皆採用 IMD 指標作為國家競爭力之參考，且經建會(1999)認為採用洛桑國際管理學院 IMD 之競爭力指標，較可代表國家競爭力；此外，IMD 指標著重分析該年度之國家整體狀況表現，較符合本研究為建立選擇國家重點基礎建設模式之需求；故以 IMD 之國家競爭力指標作為本研究之分析指標。以下本研究概述 IMD 國家競爭力之評估模式、國家及使用指標，作為本研究選擇指標之參考。

2.6 IMD 國家競爭力年報

IMD 自 1989 年起，每年度定期評估全球重要經濟體系之競爭力，並發表全球競爭力年報(The World Competitiveness Yearbook)，目前共計發表 19 本 IMD 全球競爭力年報(1989~2007)，IMD 分析全球競爭力之首要目標，希望瞭解全球關鍵經濟體過去一個年度之績效表現。IMD 認為國家競爭力不僅可由國家生產(如 GDP,Gross Domestic Product)指標判斷，且受到企業整體績效表現、國家基礎建設環境影響，以造就高競爭力國家。自 2003 年開始，IMD 評估對象涵蓋地區經濟體(例如中國浙江省)，其納入評估主因為 IMD 認為部分地區之經濟實力已超過部分小型國家。

瑞士國際洛桑管理學院(<http://www02.imd.ch/>)，提供國家競爭力年報之線上下載服務，每本競爭力年報需收費 CHF 900 瑞士法郎(約為台幣 26,550 元)。本研究礙於經費限制僅蒐集 14 本(1993~2006)資料。

2.6.1 IMD 國家競爭力評估指標

IMD 因國際環境變化，每年採用之競爭力因素及指標並不一致，唯競爭力得分及排名之計算方法相同。本研究以 2004 年 IMD 國家競爭力年報為基礎，說明國家競爭力評估模式。

經過 20 年的持續修訂，IMD 將國家競爭力分為四個主要競爭力因素(factor)：經濟績效、政府效率、商業效率及基礎建設。依此四個主要因素亦可下分為五個子項因素(sub-factor)。WCY 國家競爭力指標評估架構如圖 2-3。

IMD 國家競爭力評估指標超過 320 個，由於指標範圍廣泛，因此資料來源包括經濟文獻、國際組織、商業協會、地區統計資料、政府單位及學術機構。IMD 競爭力評估指標之選擇，係根據相關學術理論、各機構研究資料、全球經濟發展變化為基礎。

國家競爭力評估之 20 個子項因素(sub-factor)中，共計包含 323 項指標，各子項因素中的評估指標數目不同，每個子項因素包含各自獨立的指標，且每個子項因素在最後計算競爭力排名時，皆具有相同的權重(20 個 sub-factor，因此每個 sub-factor 的權重為 5%)。

2004 年 IMD 將 323 項指標分為 129 個統計資料(Hard data)指標，以及 82 個背景資料(background information)，背景資料指標只做為參考並不納入國家競爭力計算範圍，剩餘 112 指標為調查資料(Survey Data)指標，透過問卷方式獲得，問卷調查對象為 IMD 受評估經濟體系之跨國企業中、高階主管(2004 年共計回收 4,166 份問卷)，問卷調查採用 1-6 及 0-10 兩類尺度，問卷調查結果，可顯示該國企業目前實際之運作情況，反應更深層之產業環境知識，WCY 對統計資料指標與調查資料指標給於不同權重，統計資料(Hard data)指標權重約為 1，調查資料(Survey Data)指標約為 0.5。

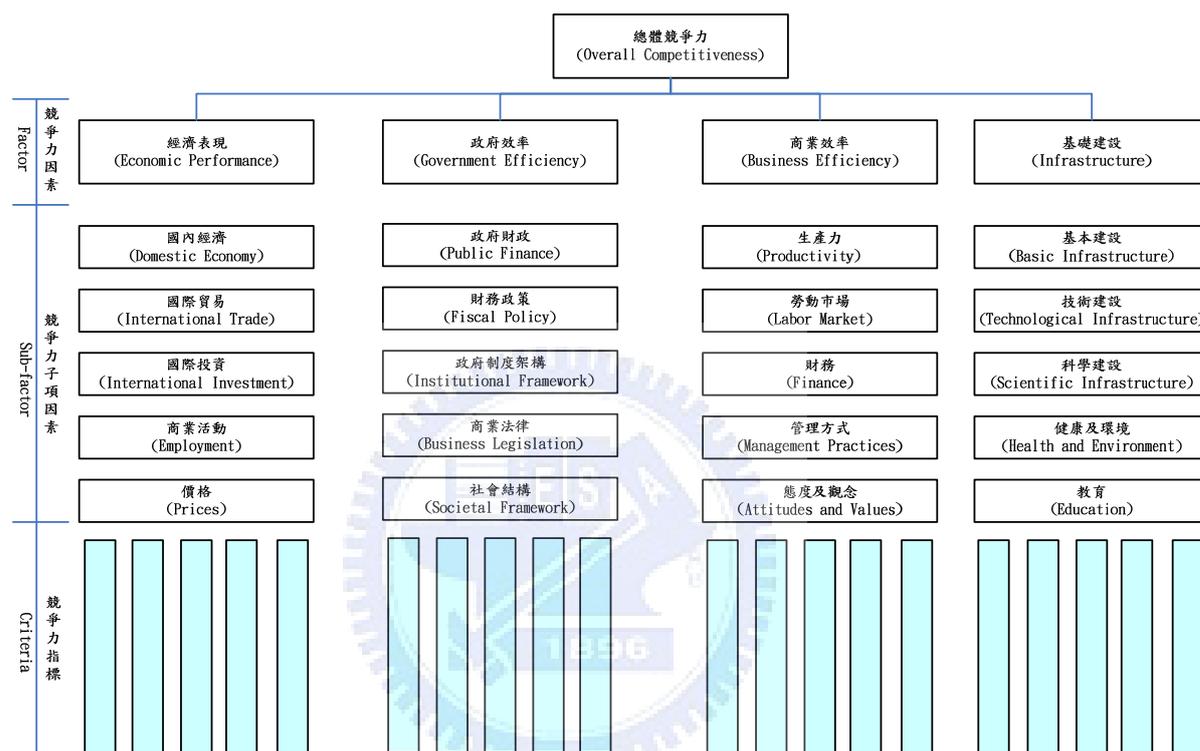


圖 2-3 IMD 國家競爭力評估指標架構

2.6.2 IMD 國家競爭力年報評估對象

IMD 國家競爭力評估之對象主要可分為兩類國家，第一類國家為經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)之會員國；第二類國家為新興工業化國家及新經濟市場。IMD 選擇對全球貿易影響力高且可提供國際性統計資料之國家或地區，但每年度 IMD 會因國際環境之變化，選擇不同之評估國家或地區。

2.6.3 IMD 國家競爭力之計算方式

IMD 國家競爭力計算包含(1)指標標準化、(2)合計複合指標、(3)合計子項因素、(4)合計因素、(5)計算總體國家競爭力等 5 個步驟。其計算流程及步驟如圖 2-4 所示。

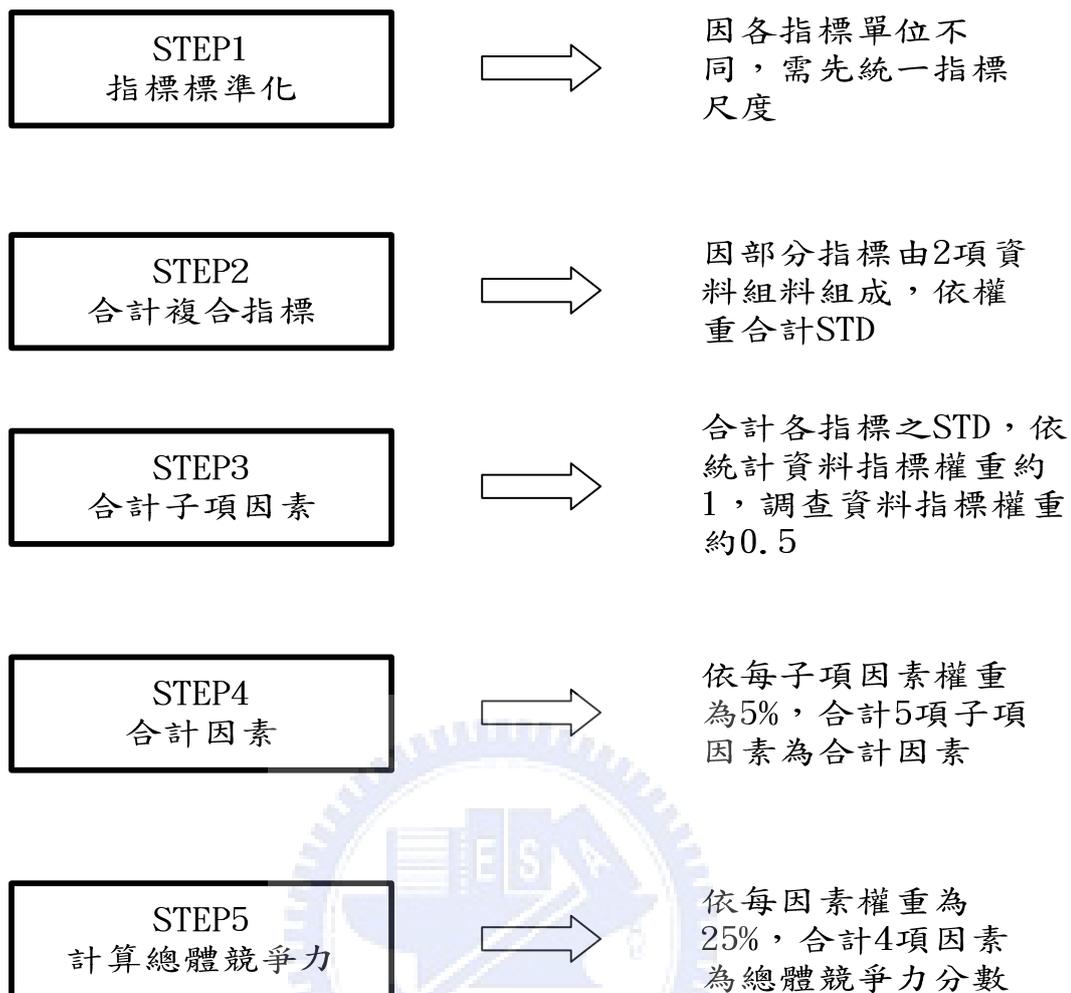


圖 2-4 IMD 國家競爭力計算流程

STEP1 指標標準化

因各項指標尺度不一致，故 IMD 使用 SDM (Standard Deviation Method) 模式數值轉換各項指標原始數值為標準差(STD, standardized values)。

計算各國各指標之 SDM：

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}} \dots\dots\dots(1)$$

- S：該項指標之標準差。
- X：該國該項指標之數值。
- \bar{X} ：該項指標之各國總平均。
- N：該年度 IMD 之調查國家數量。

計算各國各指標之 STD：

$$STD = \frac{X - \bar{X}}{S} \dots\dots\dots(2)$$

- S：該項指標之標準差。

X：該國該項指標之數值。

\bar{X} ：該項指標之各國總平均。

首先，IMD 針對每個指標，利用式(1)，計算全部評估國家或地區之標準差，再代入式(2)，計算標準值(STD)。標準值可解釋為該國特定指標距離全部國家平均值之標準差倍數，在一般情況下，指標之標準值越高代表越好(如空運品質、能源基礎建設)，有些指標正好相反(如行動電話成本、二氧化碳排放量)，越低標準值越具競爭力。WCY 依據標準值計算結果，依據指標定義進行排名。在競爭力數值之計算模式方面，IMD 採用標準差計算模式(Standard Deviation Method, SDM)，以解決競爭力調查指標單位不同之問題。

STEP2 合計複合指標

因 IMD 採用計算國家競爭力排名之指標中，部分指標係由 2 項資料組成，如教育評估指標(educational assessment)是由數學(Mathematics)及科學(Sciences)兩項資料組成，因此 IMD 對給予資料不同之權重。複合指標計算公式如式(3)：

$$C_{ij} = \sum w_1 s_{ij} + \sum w_2 s_{ij} \dots\dots\dots(3)$$

C_{ij} ：第 i 項指標第 j 個國家複合指標之標準值

w：代表該項數據資料之權重

s_{ij} ：第 i 項資料第 j 個國家之標準值

STEP3 合計子項因素

IMD 共包含 20 個子項因素(sub-factor)，每個子項因素內含不同數量之競爭力指標，且競爭力指標又可分為統計資料與調查資料 2 類，加總時之權重並不一致，子項因素計算公式如式(4)：

$$y_{kj} = (\sum_{i \in H} S_{ij} + \sum_{i \in H} C_{ij}) + 1/2 (\sum_{i \in S} S_{ij} + \sum_{i \in S} C_{ij}) \dots\dots(4)$$

y_{kj} ：第 K 個子項因素第 j 個國家之標準值

H：代表該項指標屬於統計資料

S：代表該項指標屬於問卷調查

S_{ij} ：代表單一指標

C_{ij} ：代表複合指標

統計資料指標(佔總指標數之 2/3)在計算總排名時的權重約為 1，調查資料指標(佔總指標數之 1/3)權重約為 0.5，當遺漏特定國家或地區之某項指標資料情況時，IMD 將在統計表上加註說明，並以 0 作為標準值。

STEP4 合計因素

IMD 每項因素具有 5 個子項因素，每個子項因素在加總計算競爭力排名時，皆具

有相同的權重(每個子項因素權重為 5%)，因素計算公式如式(5)：

$$Z_{Ej} = \sum_{k \in E} y_{kj} \dots\dots\dots(5)$$

Z_{Ej} ：第 E 個因素第 j 個國家之因素標準值

IMD 固定各個子項因素之權重，不考慮子項因素所包含之指標數量，係因為 IMD 相信此種方式可確保評估結果之一致性，此外統計資料有時會發生錯誤或遺漏情況，固定各子項因素之權重，防止因為資料不對稱(disproportionate)造成之問題，影響評估結果之信度。

STEP5 計算總體國家競爭力

第五個步驟為計算總體國家競爭力，總體國家競爭力包含 4 個競爭力因素，每個因素權重皆為 25%(即 5 個子項因素權重之總和)，加權合計各項因素之標準差，即可獲得總體國家競爭力。總體國家競爭力計算公式如式(6)：

$$f_j = \sum Z_{Ej} \dots\dots\dots(6)$$

f_j ：第 j 個國家之總體國家競爭力

Z_{Ej} ：第 E 個因素第 j 個國家之因素標準值

計算國家或地區之總體競爭力得分後，IMD 轉換所有國家之競爭力得分至 0~100 分之間。利用比例方式計算各國家之競爭力得分及排名。在排名結果之呈現上，WCY 提供不同觀點之排名比較方式，包括依據人口規模排名(人口超過 2000 萬或小於 2000 萬)、人均 GDP 排名(平均每人 GDP 超過或小於\$10,000)及依地理區域(中歐及東非、亞洲太平洋地區、美洲)等方式。

2.6.4 IMD 國家競爭力之排名方式

如圖 2-3 中，每個競爭力指標(criteria)由各國家所提供原始數值，依數值高低作一排名。如圖 2-5 4.1.02 可耕地面積為例，依各國所提供之耕地面積原始數值作一排名，得到在這一指標之各國名次。

IMD 國家競爭力計算包含(1)指標標準化、(2)合計複合指標、(3)合計子項因素、(4)合計因素、(5)計算總體國家競爭力等 5 個步驟(如圖 2-4)。

經由(1)指標標準化、(2)合計複合指標、(3)合計子項因素，便能計算出競爭力因素(Factor) STD 總和，再把 STD 值高低視為各國得分(Score)，再依得分分數投影於 0~100 之間，作為各因素排名依據(如圖 2-6)。

經由(4)合計因素，便能計算出各國總體競爭力(Overall Competitiveness)得分(Scoree)，再依得分分數投影於 0~100 之間，作為國家排名依據。

Ranking		square meters
1	AUSTRALIA	26,096
2	CANADA	14,790
3	ARGENTINA	9,336
4	NEW ZEALAND	8,758
5	RUSSIA	8,730
6	ESTONIA	8,211
7	USA	6,224
8	HUNGARY	4,714
9	SPAIN	4,457
10	ROMANIA	4,427
11	DENMARK	4,291
12	FINLAND	4,237
13	BRAZIL	3,856
14	GREECE	3,844
15	TURKEY	3,841
16	POLAND	3,704
17	CATALONIA	3,540
18	SOUTH AFRICA	3,526
19	FRANCE	3,309
20	CZECH REPUBLIC	3,241
21	MALAYSIA	3,159
22	SWEDEN	3,030
23	RHONE-ALPS	3,002
24	THAILAND	2,908
25	SLOVAK REPUBLIC	2,907
26	IRELAND	2,725
27	MEXICO	2,683
28	PORTUGAL	2,626
29	MAHARASHTRA	2,313
30	NORWAY	1,951
31	SCOTLAND	1,925
32	ITALY	1,894
33	AUSTRIA	1,808
34	INDIA	1,670
35	INDONESIA	1,613
36	CHILE	1,492
37	GERMANY	1,461
38	VENEZUELA	1,384
39	PHILIPPINES	1,381
40	CHINA MAINLAND	1,217
41	SLOVENIA	1,010
42	COLOMBIA	960
43	UNITED KINGDOM	954
44	BELGIUM	842
45	LOMBARDY	793
46	JORDAN	772
47	ISRAEL	658
48	SWITZERLAND	603
49	NETHERLANDS	584
50	ILE-DE-FRANCE	511
51	KOREA	399
52	TAIWAN	379
53	JAPAN	377
54	ZHEJIANG	354
55	ICELAND	241
56	HONG KONG	8
57	SINGAPORE	2
-	BAVARIA	-
-	LUXENBOURG	-
-	SAO PAULO	-

圖 2-5 4.1.02 可耕地面積

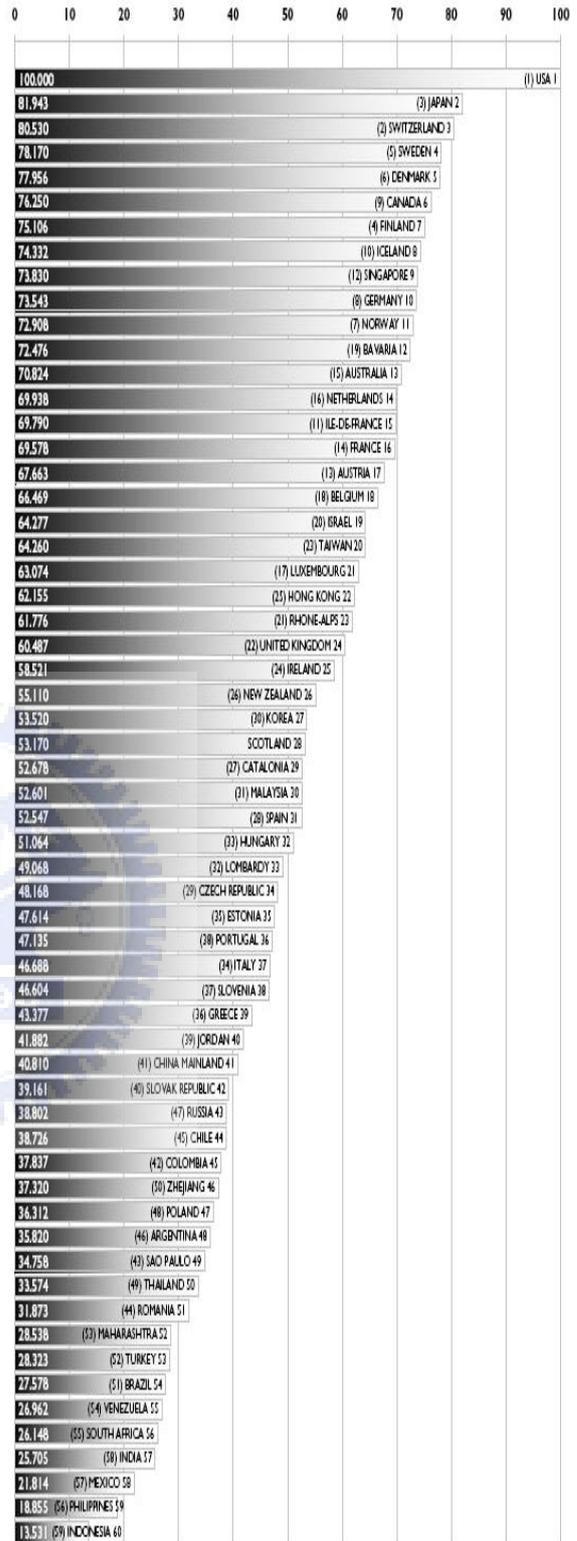


圖 2-6 基礎建設各國排名

2.6.5 IMD 全球競爭力評估模式之演進

本研究以 IMD 對國家競爭力之觀點，將 IMD 之評估模式發展分為國家競爭力組成(1993~1996 年)、國家競爭優勢型態(1997~2000 年)及國家競爭效率(2001~2004 年)等 3 階段。

在國家競爭力組成階段(1993~1996 年)，IMD 認為國家競爭力係由 8 個競爭力構面控制，因此分析著重各國競爭力因素之績效，僅利用趨勢分析判斷各國各項指標 5 年內之波動趨勢；在國家競爭優勢型態階段(1997~2000 年)，IMD 利用 8 個競爭力構面，探討各國創造國家競爭優勢之型態，例如：德國、日本及韓國利用強勢之輸出與高額國外投資，以類似侵略方式達成國家繁榮；愛爾蘭、泰國及英國創造投資環境，吸引外資投入，達成國家競爭優勢；在國家競爭效率階段(2001~2004 年)剔除管理、科學技術、人員、國際化及金融性等因素，保留國內經濟實力、政府及基礎建設等構面指標，並增加商業效率評估因素，顯示 2000 年後 IMD 指標著重分析該國是否具效率之經濟及社會環境，此時國家競爭優勢是由最具效率之國家獲得。因此，以 IMD 對國家競爭力之定義，在目前之全球競爭環境中，生產及貿易等商業活動之效率，對國家競爭優勢具顯著影響，此階段之基礎建設包含基礎類、科技類、商業類、健康類及教育類等基礎建設，皆為評估國家發展環境是否符合企業需求。瞭解 IMD 之國家競爭力評估模式之發展趨勢後，本研究探討 IMD 評估國家(地區)及指標使用之趨勢，作為選擇學習國家及評估指標之依據。

2.7 IMD 國家競爭力之區別矩陣

IMD 各指標排名依標準差高低，挑選一個國家 10 項排名最低的指標為劣勢指標；10 項排名最高的指標為優勢指標(表 2-4)，此種方式容易忽略排名略高但競爭力得分更低之指標，造成 IMD 建議之劣勢指標可能無法提升最大程度之國家競爭力，且目前國家競爭力年報僅公佈指標之數值及排名，並未清楚呈現所有評估指標之優弱勢狀態，使用者很難由統計資料中，瞭解那些指標可能未來成為優勢指標或劣勢指標，進而決定適當策略。

表 2.4 台灣(2004)10 項最劣勢指標(IMD 與本研究比較)

編號	指標名稱	IMD 排名	IMD	ED 值	本研究
4.1.21	GDP 與能源消費	59	W-1	3.5	W-1
4.1.02	可耕地面積	52	W-2	0.7	W-3
4.2.03	國際電話固定成本	46	W-3	0.55	W-8
4.4.01	醫療衛生支出佔 GDP 百分比	45	W-4	0.69	W-4
4.1.18	總本國能源生產	45	W-5	0.6	W-5
4.4.11	污水處理廠數百分比	44	W-6	2.3	W-2

編號	指標名稱	IMD 排名	IMD	ED 值	本研究
4.2.01	電信投資佔 GDP 百分比	43	W-7	0.59	W-6
4.5.03	中等教育教師比率	38	W-8	0.35	
4.4.17	生活品質	37	W-9	0.41	
4.5.01	教育總支出	33	W-10	0.52	W-9
4.1.09	鐵路	29		0.52	W-10
4.3.16	諾貝爾得獎數/百萬人口	24		0.57	W-7

王世旭(2007)利用群集分析、關聯性分析、變異數同質性檢定等技術，改良傳統群集分析技術之不足，定義一個國家之全部競爭力指標狀態，配合各國該項競爭力指標得分，建立競爭力指標區別矩陣，包含群集指數及標準值 2 個軸向，標準值代表 X 軸，群集指數為 Y 軸，完整呈現國家競爭力指標優弱勢狀態(如圖 2-7)，並利用依競爭力指標在優弱勢矩陣中，該項指標與象限起點之歐幾里得距離(Euclidean Distance, ED) (Tabachnick and Fidell 2001)決定優先，綜合考量群集指數及標準差選擇弱勢指標，其計算(如式 2-1)：

$$WS = \sqrt{(G_i - G_0)^2 + (S_i - S_0)^2} \dots\dots\dots \text{式 2-1}$$

Gi：第 i 項指標之群集指數

G0：象限中群集指數之最小值

Si：第 i 項指標之 STD 值

S0：象限中 STD 值之最小值

依式 2-1 計算方式可知，在第 I 象限時 WS 值距離象限起點越遠表示越具優勢，越短則表示越為弱勢，在第 IV 象限則剛好相反，WS 值距離象限起點越遠表示越具弱勢，越短則表示越為優勢，依據 WS 值可決定指標之重要性排序，並挑選經濟體系最弱勢之關鍵投資指標(如表 2.3)。

圖 2-7 中 Gclassify 代表群集指數之區別值，Smin 代表所有指標最小之標準差，Smax 代表所有指標最大之標準差。根據競爭力指標優弱勢群集矩陣，可分為 4 個象限：

座落於第 I 象限之指標代表該項指標處領先群集，且標準值超過總平均，此類指標為該國重要競爭力資產。

座落於第 II 象限之指標代表該項指標處落後群集，標準值高於總平均，代表此指標具有領先國家極少，落後國家極多之特性，雖該國處於落後群集，但競爭力接近領先群集國家，故僅需觀察此項競爭力指標即可。

座落於第 III 象限之指標代表該項指標處領先群集，標準值低於總平均，此種指標具有領先國家極多，落後國家極少之特性，該國雖處於領先群集，但競爭力接近落後群

集國家，因此應加強此類競爭力指標投資，避免此類指標變為劣勢指標。

座落於第IV象限之指標代表該項指標處落後群集，且標準值低於總平均，此類指標為該國主要之競爭力劣勢，該國應採用必要之相關措施，儘速提升此類指標之競爭力。

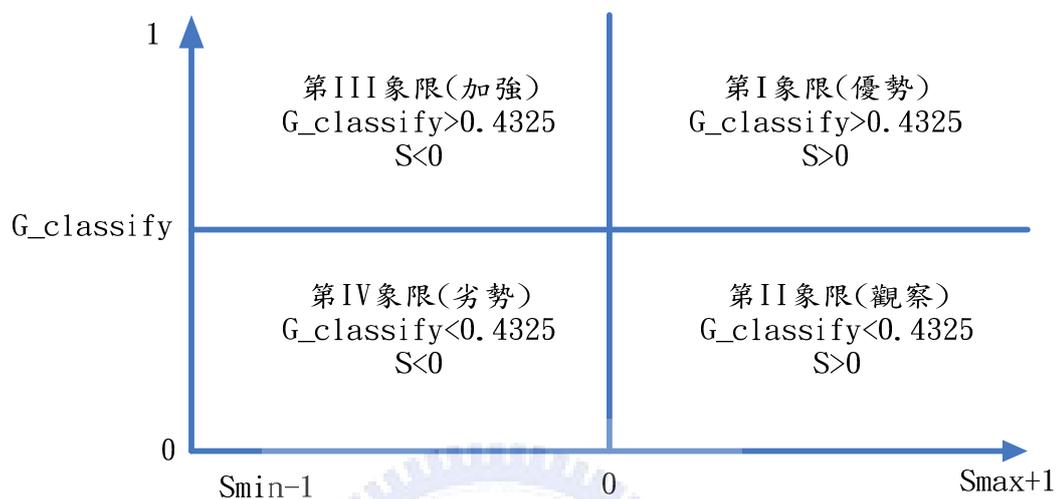


圖 2-7 指標區別矩陣

2.7.1 最劣勢指標

由區別矩陣圖分析得知台灣各強、劣勢指標，再由劣勢指標中，挑選十個表現最差指標(Taiwan Top-10 Weakness Indices)做為台灣當先需投資改進目標(表 2-5)。

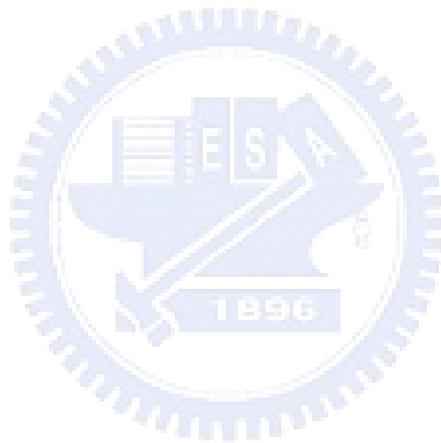
表 2-5 台灣十大劣勢指標

指標代號	4.1.21	4.4.01
英文名稱	GDP AND ENERGY CONSUMPTION	TOTAL HEALTH EXPENDITURE
中文名稱	GDP 與能源消費	醫療衛生支出佔 GDP 百分比
解釋	Real GDP growth minus energy consumption growth	Percentage of GDP
單位	%	%
指標代號	4.3.16	4.1.09
英文名稱	NOBEL RIZES PER CAPITA	RAILROADS
中文名稱	百萬人中之諾貝爾得獎數	鐵路
解釋	Awarded in physics, chemistry, physiology or medicine and economics since 1950 per million people	Density of the network
單位	per million	km per square km
指標代號	4.4.11	4.1.18
英文名稱	WASTE WATER TREATMENT PLANTS	TOTAL INDIGENOUS ENERGY RODUCTION
中文名稱	污水處理廠數百分比	總本國能源生產
解釋	Percentage of population served	Percentage of total requirements in tons of oil equivalent
單位	%	%
指標代號	4.2.03	4.1.02

	INTERNATIONAL FIXED TELEPHONE COSTS	ARABLE AREA
英文名稱		
中文名稱	國際電話固定成本	可耕地面積
解釋	US\$ per 3 minutes in peak hours to USA (for USA to Europe)	Square meters per capita
單位	US\$	square km
指標代號	4.2.01	4.5.01
	INVESTMENT IN TELECOMMUNICATIONS	TOTAL PUBLIC EXPENDITURE ON EDUCATION
英文名稱		
中文名稱	電信投資佔 GDP 百分比	教育總支出
解釋	Percentage of GDP	Percentage of GDP
單位	%	%

2.8 小結

過去有關基礎建設投資之相關研究，皆著重投資總額之分析，例如基礎建設支出應佔 GDP 多少比率，或國家基礎建設投資對特定產業造成多少之產出，甚少涉及國家基礎建設投資分配之問題，本研究利用國家競爭力評估指標及結果，建立一分析系統供國家發展策略之各項基礎建設分配及投資規劃基礎建設整合，有別以往類似研究採用問卷或座談方式，可建立更客觀之國家基礎建設投資分配模型，此為在基礎建設研究領域之創新。



第三章 研究相關理論

3.1 演算法

在求解數學規劃問題中為獲得最佳的答案，傳統數學規劃針對不同問題設計有許多不同的解法，例如，求解線性規劃問題(Linear Programming)的單形法(Simplex Method)、求解整數規劃問題(Integer Programming)的分支界限法(Branch and bound method)、求解混合整數規劃問題(Mixed Integer programming)的 Bender composition 等。但由於當問題以為數學規劃的方式描述時，若該問題屬於 NP-hard 或 NP-complete 時，一般的求解方式可能面臨無法有效的處理。傳統作業的啟發式解大多利用貪婪解法(Greedy Approach)在短時間內先獲得一個近似解，再利用鄰域交換法(Neighborhood Exchange)或局部搜尋法(Local Search)進行該近似解之改善。但由於此類方法的演算邏輯為確定性，且並無跳出局部最佳解的機制，故在搜尋的過程中很容易收斂於局部最佳解(Local Optimum)而結束搜尋過程，如此一來不僅無法找到最佳解，甚至可能與最佳解的差距甚大。

近數十年來逐漸有學者利用人工智慧(Artificial Intelligence)設計更具彈性之啟發式解法，使搜尋過程避免收斂於局部最佳解，此種以人工智慧為基礎設計的啟發式解法又稱為巨集演算法(Metaheuristic Algorithm)。底下將就本研究所利用到之演算法做一詳述。

3.1.1 演算法起源

演算法的中文名稱出自周髀算經；而英文名稱 Algorithm 來自於9世紀波斯數學家比阿勒·霍瓦里松(al-Khwarizmi)，因為比阿勒·霍瓦里松在數學上提出了演算法這個概念。演算法原為algorism，意思是阿拉伯數字的演算法則，在18世紀演變algorithm。第一個編寫程序是Ada Byron於1842年為巴貝奇分析機編寫求解解伯努利方程，因此Ada Byron被大多數人認為是世界上第一位程式設計師。在19世紀和20世紀早期的數學家、邏輯學家在定義演算法上出現了困難，20世紀的英國數學家艾倫·麥席森·圖靈(Alan Mathison Turing)提出了著名的圖靈論題，並提出一種假想的電腦的抽象模型，這個模型被稱為圖靈機。圖靈機的出現解決了演算法定義的難題，圖靈的思想對演算法的發展起了重要的作用。

3.1.2 演算法的特徵

演算法以程式描述後在電腦上執行，繁複龐雜料輸入至程式後，經過程式對資料的運算整理，最後產生解答。演算法是一有系統、步驟程序的解決問題，具有下列特性：

1. 輸入資料：一個演算法必須有零個或多個輸入量。
2. 輸出資料：一個演算法應有一個或多個輸出量，輸出量是演算法計算的結果。
3. 確定性：演算法的描述必須無歧義，以保證演算法的執行結果是確定的。

4. 有限性：演算法必須在有限步驟內實現，不同於數學概念的有限，天文數字般的有限對於實際問題並無意義。
5. 有效性：又稱可行性。能夠實現，演算法中描述的操作都是可以通過已經實現的基本運算執行有限次來實現。

3.1.3 演算法的複雜度

演算法複雜度包括時間複雜度與空間複雜度，如下：

1. 演算法的時間複雜度是指演算法需要消耗的時間資源。一般來說，電腦演算法是問題規模 n 的函數 $f(n)$ ，演算法的時間複雜度也因此記做

$$T(n) = O(f(n))$$

因此，問題的規模 n 越大，演算法執行的時間的增長率與 $f(n)$ 的增長率正相關，稱作漸進時間複雜度 (Asymptotic Time Complexity)。

2. 演算法的空間複雜度是指演算法需要消耗的空間資源。其計算和表示方法與時間複雜度類似，一般都用複雜度的漸近性來表示。同時間複雜度相比，空間複雜度的分析要簡單得多。

在選擇演算法運算時，要考慮 1.)輸出資料的正確性 2.)運算效率。

3.2 貪婪演算法

一個問題的解答可看成一連串選擇的組合，不同的選擇組合即形成不同之解答，其演算步驟為選擇、可行性檢查、解答檢查，由空集合開始，循序加入新解來得到最後答案。在選擇局部最好的策略，每一次都是目前最好的選擇，進而得到符合某種目標之最佳解，但不一定為全域最佳解(如圖 3-1)。

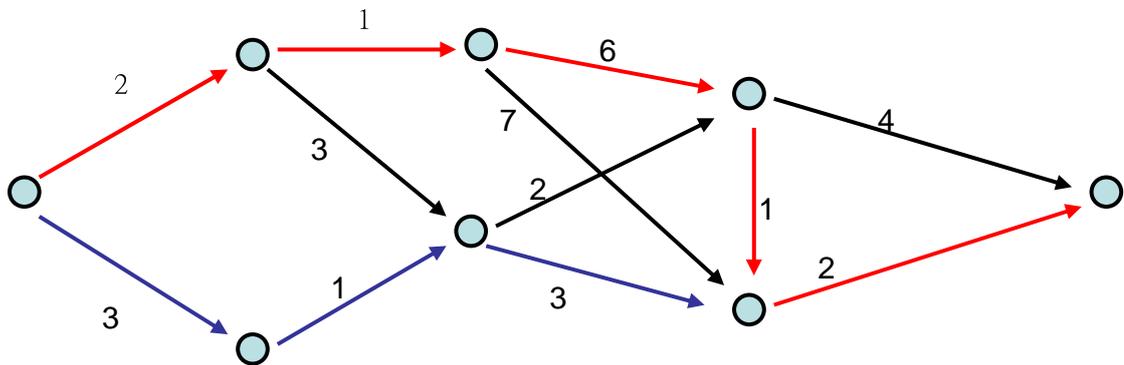


圖 3-1 貪婪法示意圖

紅色線走法是依貪婪法得知線路，但實際最佳線路為藍色線走法。

3.3 基因演算法

基因演算法(Genetic Algorithms, GA)是 Holland 於 1975 年所發表，Holland 由自然界生物基因中 DNA 編碼與繁殖的原理中得到靈感，提出了基因演算的方法，用以模擬自然環境與人造環境中的一些現象。基因演算法基本理論是受達爾文的「進化論」所啟發，達爾文的「進化論」中，在多變的生存環境下，適應性強的物種往往比適應性差的物種更容易生存下來，而逐漸形成適者生存、不適者淘汰的選擇過程，各種生物為了存活，會因而調整其基因以適應生存環境。因此，生物經歷演化過程的結果往往是適應能力強的物種較能生存下來，依循相同的原理，基因演算法在求解目標的最佳化問題時，亦應用此「最適者生存」的原理來尋求最佳的解。

基因演算法在求解的過程中，必須針對問題所設定目標環境轉換成對應的適存函數，以染色體來表示可能存在的解答組合形式，藉由亂數產生初始母體，再經過選擇、複製、交配與突變等演化機制，經過世代演化之過程，最終收斂至最佳解。因此，求解的過程主要可分為五個構成要素，分述如下。

3.3.1 染色體

基因演算法中，問題的解通常以一序列的數值來模擬，這一個數值序列，我們通常稱之為「染色體(Chromosome)」，一個染色體代表一個解答。染色體的序列數，則以字串長度稱之，其代表問題求解的因子個數。

3.3.2 染色體編碼

基因演算法的解答空間必須為可行解的基因字串。因此，基因演算流程的第一步，即是針對解答空間進行編碼，透過編碼的程序，將問題的決策變數轉換成基因字串，而在計算適存值時，再將基因字串解碼為實際的決策變數。主因是基因演算法利用基因字串作選擇、複製、交配與突變等演化機制，而非決策變數。

常見之編碼形式有二位元編碼(Binary coding)與實數編碼(Real number coding) (Michalewicz 1996)。

1. 二位元編碼：利用二進位值“0”或“1”表示染色體之基因，常應用在數值型的問題。如圖 3-2 所示



圖 3-2 二位元編碼示意圖

2. 實數編碼：利用數字或符號表示染色體之基因，常應用在排列型的問題。如圖 3-3 所示。

4	3	1	1	2	3	1	4	2	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

圖 3-3 實數編碼示意圖

3.3.3 初始母體

初始母體(Initial population)為由眾多染色體組成之集合，初始母體的產生方式，一般多為亂數隨機產生。初始母體的好壞，將影響演算世代的收斂速率，因為若初始解越好，將越容易找到最佳解。再就母體的大小，若其數量越大，則每經一個演化世代之耗費時間越長，但也越有可能找到真正的最佳解；反之，若母體數量過小，每經一個演化世代之耗費時間雖較短，也越有可能過早收斂，造成局部最佳解(Local optimum)的情形。

3.3.4 適存值函數

適存值函數(Fitness function)，它在基因演算法裡扮演環境變數的角色，也是基因演算法最重要的一環，基因演算法的成效很大的因素是取決於對適存值函數的設計。每一個染色體經由適存值函數的計算後會產生一個適存值，它是一個代表染色體適應環境能力的指標。依照適者生存、不適者淘汰的選擇過程，一個適存值高的染色體比起一個適存值低的染色體存活機率會來得較大，母體會存在愈來愈多適應性良好的染色體。而在基因演算法的過程中，並不處理限制條件，因此若遇到不符合限制條件的染色體，通常給予一懲罰函數(Penalty function)，在運算過程中，自然地慢慢將不適合的染色體淘汰掉。

3.3.5 演算機制

基因演算法之演算機制，包含有：(1)選擇、(2)交配、(3)突變。而演化機制將因求解問題的目標條件不同，而有不同的運算模式。以下針對此三種演算機制，分述如下：

1. 選擇(Selection)：選擇機制是依據母體中各染色體的適存值所決定，當染色體有較佳的適存值，則其將有較高的存活機率被複製並保留至下一代；而若染色體之適存值較差時，其被淘汰的機率也越高。常見的選擇機制有輪盤式選擇(Roulette selection)與菁英式選擇(Elitist selection)兩種。
2. 交配(Crossover)：經過選擇過程後，隨即將進行交配過程。交配是藉由兩組染色體相互交換部份基因，用以增加母體內染色體的多樣性，進而使適存值更好的染色體出現。交配的型式主要有以下三種(Gen and Cheng 1997)
 - (1) 單點交配(One-Point Crossover)：由母體中隨機選取二組染色體為母代(Parent)，再隨機選取交配點(Crossover Point)，互相交換此二組染色體中位於交配點之後的基因，交換完則產生兩個子代(Offspring)，如圖 3-4 所示。

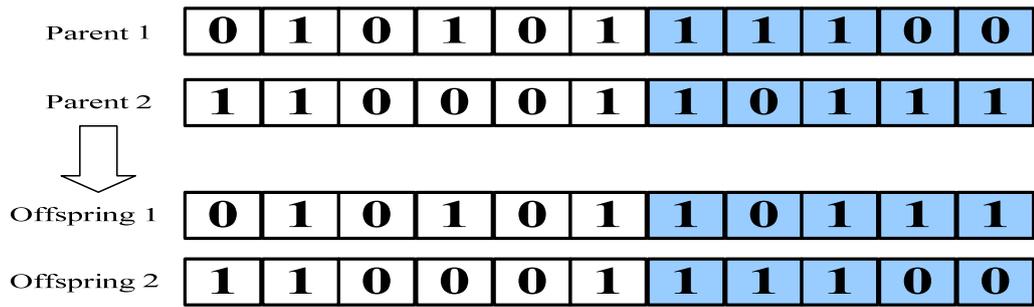


圖 3-4 單點交配示意圖

- (2) 雙點交配(Two-Point Crossover)：由母體中隨機選取二組染色體為母代，再隨機選取二個交配點，互相交換此二組染色體中位於二個交配點之間的基因，交換完則產生兩個子代，如圖 3-5 所示。

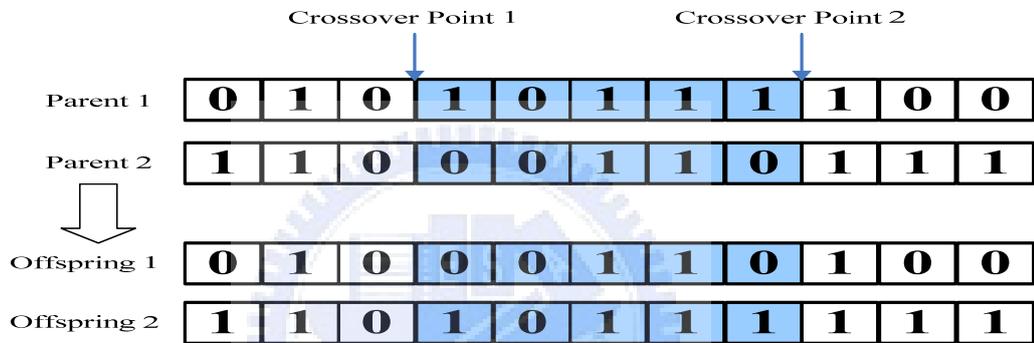


圖 3-5 雙點交配示意圖

- (3) 均一交配(Uniform Crossover)：由母體中隨機選取二組染色體為母代，藉由字罩(Mask)隨機產生之交配點，此兩組染色體將根據對應之交配點進行基因之交換，交換完則產生兩個子代，如圖 3-6 所示。

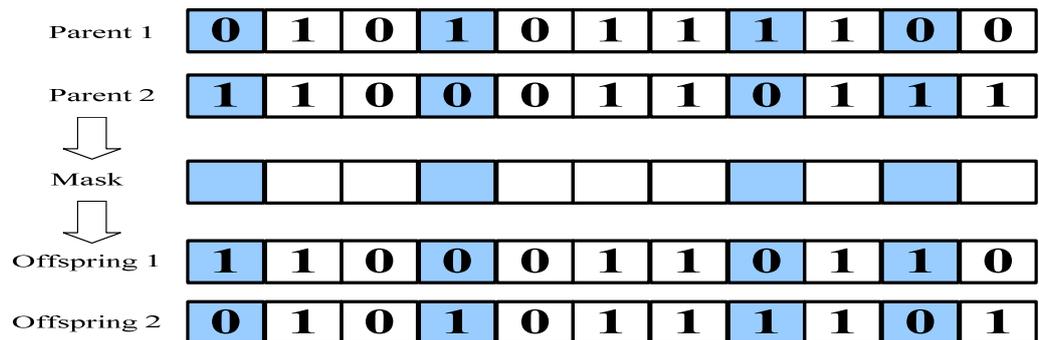


圖 3-6 均一交配示意圖

3. 突變(Mutation)：自然界中，生物為適應環境變化而發生突變，突變有可能破壞優良性之遺傳，但亦有可能造成物種之進化。基因演算法中，利用這種隨機的變動性質，可能會激發染色體的基因潛在特性，引入更多的變化性到母體，進而降

低求解過程落入局部最佳解的可能性。突變機制進行的方式為由母體中隨機選取染色體，透過突變機率，隨機選取突變點，進行改變基因數值。突變的型式主要有以下三種(Gen and Cheng 1997)：

- (1) 單點突變(One-Point Mutation)：由母體中隨機選取一組染色體為母代，再隨機選取突變點，然後對此突變點之基因進行隨機改變而產生子代，如圖 3-7 所示。

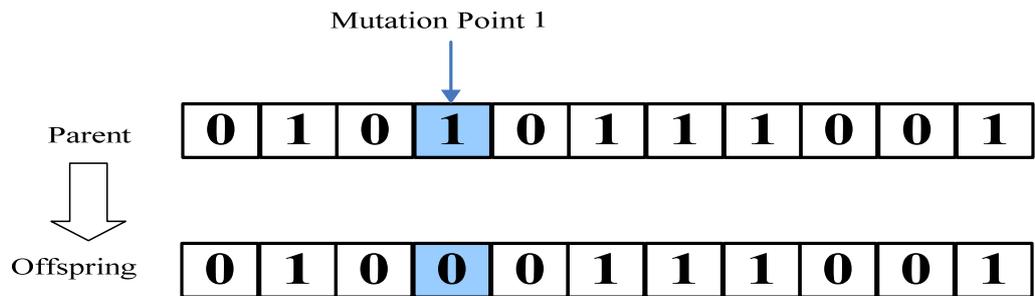


圖 3-7 單點突變示意圖

- (2) 雙點突變(Two-Point Mutation)：由母體中隨機選取一組染色體為母代，再隨機選取兩個突變點，然後對此兩個突變位置間的所有基因進行隨機改變而產生子代，如圖 3-8 所示。

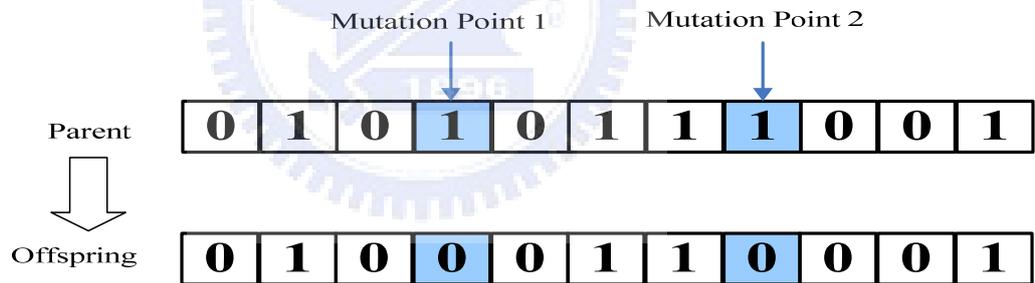


圖 3-8 雙點突變示意圖

- (3) 均一突變(Uniform Mutation)：由母體中隨機選取一組染色體為母代，再由字罩中隨機選取突變點，然後對應於字罩之相對位置的基因進行隨機改變而產生子代，如圖 3-9 所示。

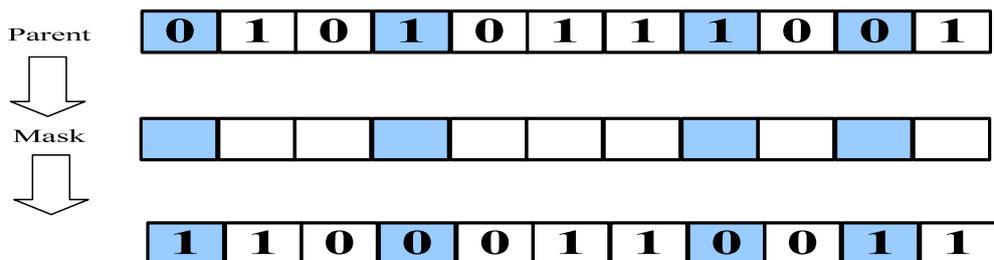


圖 3-9 均一突變示意圖

3.3.6 基因演算法運作流程

運用基因演算法來求解最佳化的問題時，其運作步驟如下，而流程如圖 3-10 所示：

- 1 首先將要搜尋的可能解，編碼成為染色體。
- 2 依據求解之目標，設定適存值函數。
- 3 依據求解之限制條件，設定懲罰函數(Penalty function)；並設定收斂條件。
- 4 隨機產生初始母體。
- 5 根據適存值函數，計算各染色體之適存值。
- 6 根據演算機制進行選擇與複製過程。
- 7 根據演算機制進行交配與突變，完成一個世代(Generation)的基因演算法則運作。
- 8 判斷是否達結束條件，如已達到收斂條件或代數要求，則終止運算並解碼得到最佳解，如未達到收斂條件則重覆演算步驟，直到求得最佳解為止。

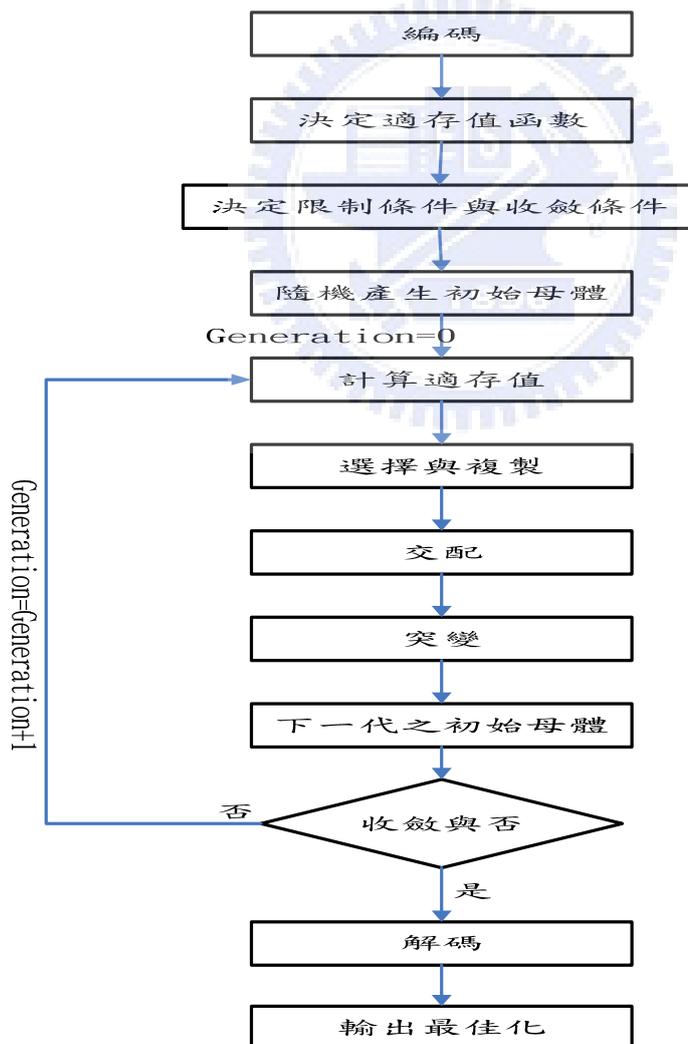


圖 3-10 基因演算法運作流程

3.4 資料庫管理系統

資料庫系統是一個經過電腦化的記錄保存資訊系統，它包括四個組成要素：資料本身(Data)、電腦硬體(Hardware)、電腦軟體(Software)、以及資料庫使用者(User)。而由於資料庫系統(Database System)是一個軟體系統，用來處理實體資料庫和使用者之間的各種依存工作，所以資料庫管理系統(Database Management System)是集結一組可以讓使用者建立和維護資料庫的軟體程式。

3.4.1 資料庫架構

根據美國國家標準局／標準規劃和規定委員會(ANSI/SPARC)定義資料模式三個不同的層級(顏春煌 2007)(如圖 3-11)：

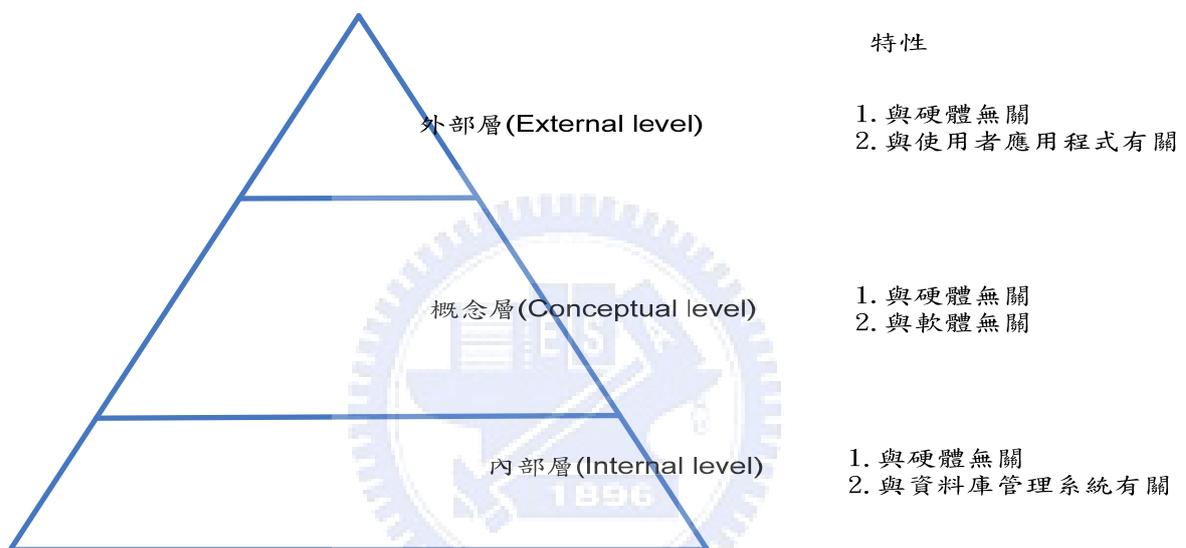


圖 3-11 資料庫架構

1. 外部層(External level)
 - I. 使用者直接面對的是外部層
 - II. 關聯式資料庫系統的外部層是「視界」(Views)
 - III. 基底關聯表 (Base Tables) 則對應到「概念層」
 - IV. 透過結構化查詢語言 (SQL) 存取資料庫
 - V. 應用程式：使用第四代語言 4GL 或將 SQL 嵌在 C、COBOL 等高階語言中來存取資料
 - VI. 終端使用者：直接使用 SQL 或表單型式 Form
2. 概念層 (The Conceptual Level)

- I. 概念層對應到資料庫所有的內容，但是跟資料的實際儲存方式沒有關係。
 - II. 概念層的目的在於真實且完整地表達資料庫中各個資料，以及存在各資料間的關係。
 - III. 各個外部景觀(external view)都可以在概念景觀中找到對應(mapping)關聯。概念景觀主要是透過概念綱要(conceptual schema)所定義出來，而概念綱要同樣也是透過資料定義語言(DDL)所定義出來。
3. 內部層 (Internal level)
- I. 內部景觀(internal view)是整個資料庫的低階表示法。
 - II. 內部景觀由內部綱要(internal schema)所定義，內部綱要不僅定義不同型態的儲存記錄，同時也指明有哪些索引、儲存欄位的表示方法、指標等等。

3.4.2 資料庫類型

1945 年磁帶(magnetic tape)是最早支援資料搜尋的硬體設備但其存取僅能以循序方式進行，1960 年代是資料庫系統開始萌芽的年代，隨著磁碟的出現，檔案也從循序索引 (Indexed-sequential) 的循序存取轉變成「集合導向記錄模型」 (Set-oriented Record Model) 的直接存取，進而發展資料庫進化史(如圖 3-12)。

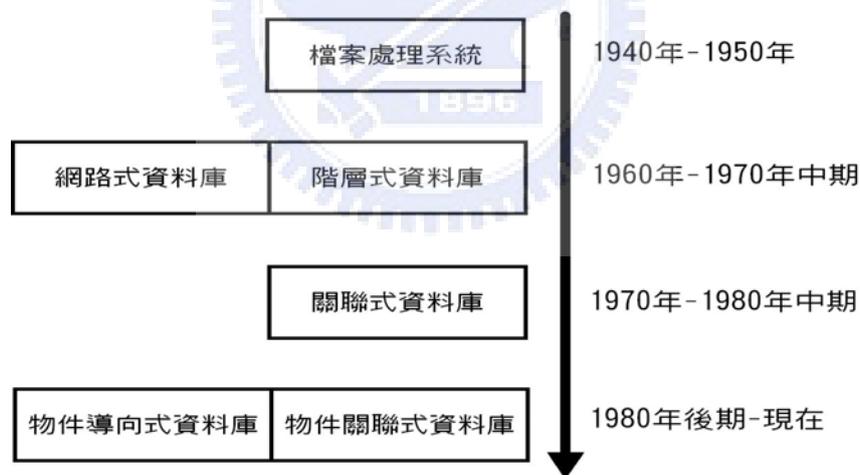


圖 3-12 資料庫進化史

資料庫管理系統根據 1.)資料模式：如何定義資料單元，如何組織資料單元；2.)資料正確性：如何檢查資料庫維持靜態和動態之正確性；3.)資料存取更新：如何使用和維護資料庫分為以下四種類型：

1. 網狀式資料庫管理系統(Network DBMS, NDBMS)

資料紀錄是一種多種資料紀錄對應，包括一對一(1:1)、一對多(1:M)、多對一(M:1)、及多對多(M:M)。在此資料模式中，每一組連結(SET)有一個主事資料錄(Owner Record)和多個從屬資料紀錄(Member Record)，彼此以指標(Pointer)連結，同時不論主事資料或

從屬資料紀錄均可再與其他組中任何資料紀錄連結，產生多種資料對應和表達方式(如圖 3-13)。Bachman(1961)替 GE (General Electric) 設計第一套資料庫管理系統 IDS (Integrated Data Store)，1964 年才廣泛的使用，這是一套使用網路式資料庫模型的資料庫。

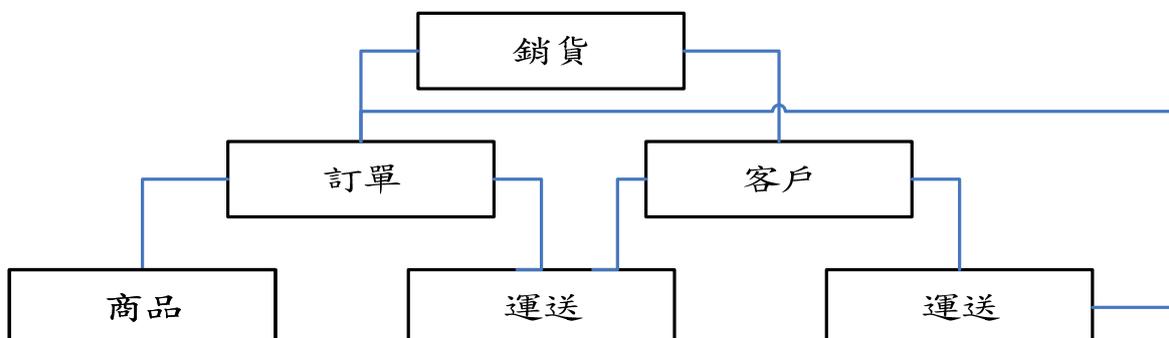


圖 3-13 網路式資料庫示意圖

2. 階層式資料庫管理系統(Hierarchical DBMS, HDBMS)

資料記錄依倒樹狀來組織架構，在最高層是根(Root)，下一層是第一層的父資料紀錄(Parent Record)，其下為子紀錄(Child Record)，之後子紀錄又成為父紀錄，繼續連結下一層子紀錄。在此一模式中，一對一(1:1)及一對多(1:M)的紀錄可以自然表達和定義出來，例如在銷貨系統中，訂單檔紀錄與運送單紀錄和商品檔紀錄是一對多(如圖 3-14)。IBM 公司(1965)開發 IMS (Information Management System) 是使用階層式資料庫模型的資料庫。

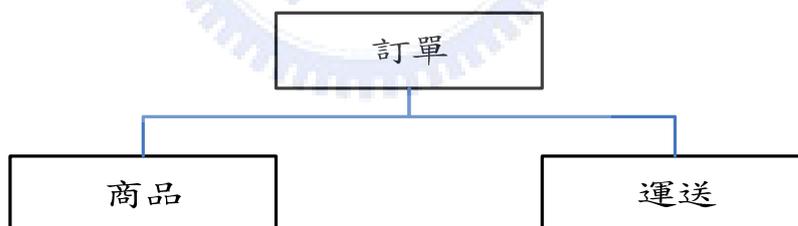


圖 3-14 階層式資料庫示意圖

3. 關聯式資料庫管理系統(Relational DBMS, RDBMS)

資料紀錄均以二維的資料表(Table)結構，由使用者定義設計資料欄位、主要鍵、次要鍵、外鍵。在此一模式中，1.)資料值是單一(Atomic)而非複合(Composite)，所以資料是單一維度扁平狀態，2.)主要鍵不可為空值(Null)，3.)外鍵的值必須有對應的主要鍵的值存在於另一個表格檔案中(如圖 3-15)。IBM 研究科學家 Codd(1970)發表「關聯式資料庫模型」(Relational Database Model)，Chen(1976)定義資料庫設計的「實體關聯模型」(Entity-Relationship Model)，這是目前資料庫系統分析和設計的基礎。



圖 3-15 關聯式資料庫示意圖

4. 物件式資料庫管理系統(Object-Oriented DBMS, OODBMS)

由於近幾年物件導向技術(Object-Oriented Technology)崛起，其特色為將真實世界個體物件化(Object)、封裝化(Encapsulation)、介面化(Interface)、元件化(Component)，將其特色導入資料庫架構，使用物件 (Object) 觀念代替記錄儲存資料，以繼承減少資料重複，因為程式語言也支援物件導向，使資料庫與程式語言可以使用一致的資料模型(如圖 3-16)。

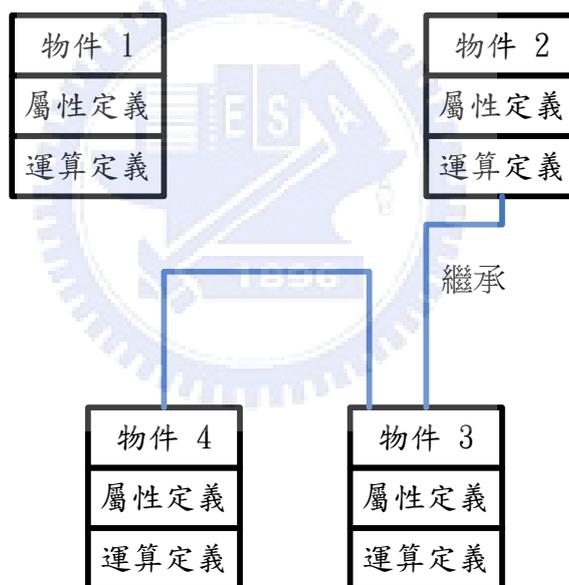


圖 3-16 物件式資料庫示意圖

物件導向式資料庫的發展已經超過 20 年，被預測會取代關聯式資料庫成為市場主流，然而由於物件式資料庫所需要的技術門檻較高，對於一般商業管理決策並不適宜，所以目前仍然以關聯式資料庫為主流。

3.4.3 SQL

結構化查詢語言(Structure Query Language, SQL)最早由 IBM 在 1960 年代的關聯式資料庫系統所使用的查詢語言，後來國際標準機構 ANSI 和 ISO 在 1989 年所共同制定為第一版資料庫查詢語言稱為 SQL 1989 或是 SQL-1；其在 1992 年改版，成為第二版國

際標準，稱為 SQL 1992 或 SQL-II。另外，在 1999 年，SQL 進行較大的改版，成為物件導向延伸的查詢語言，稱為 SQL 1999。

目前國際大廠產品，例如 Oracle、IBM、Microsoft 等，都會提供 SQL 語言介面和語言翻譯器。每一家國際大廠的產品以基於 ANSI SQL 1999 做程式開發外，亦各自開發自家 SQL 語法和功能，因應市場需求和競爭。

SQL 依語法差異可分為三種類型：1.)定義資料語法(Data Definition Language, DDL)，包括建立、創造、刪除、拿掉、修改及增減資料結構；2.)使用資料語法(Data Manipulation Language, DML)，包含查詢、選取、新增、更新、刪除資料項目；3.)控制資料語法(Data Control Language, DCL)，涵蓋授權、修取權限使用資料項目與資料結構等功能

3.4.4 安全控管模式

SQL 控制資料的語法和資料庫存取控制(Access Control)，以及安全機制(Security)息息相關。資料庫安全控管(Security Control Model)的模式中，有三個重要的組成要素，分別是主體(Subject)、物件(Object)、以及存取權力(Access Right)。主體是主要的執行要求者，常見的主體有使用者、帳戶、程式等；物件通常是指被要求者，常見的物件有資料領域、表格、紀錄、欄位等；而存取權力則是代表主體在物件上的權限型態。

資料庫系統安全控管模式可分為兩種：

1. 自由裁量存取控制(Discretionary Access Control policy, DAC)

又稱為任意型存取控制或開放式存取控制，是以使用者的身份和指定的規則來存取資訊，對於資訊或物件(Object)均屬於個人使用者所擁有，系統管理者不採強制性的約制，允許個人決定以自由裁量方式管理來對資訊或物件進行授予使用的權限，讓使用者依自主性來訂定對資源或物件的實行要求，以協同與其他被授權者之間合作環境。此種方式並不會牽涉到其他共同擁有者之資訊而且權限易於轉移，適用於發展較具彈性且自主性運用權限的環境，使得授權管理更符合企業的需求。如商業界或學術界等。其缺點是一旦主體取得某一物件擁有者的執行許可後，便無法對後續的行為作約束。

2. 強制型存取控制政策(Mandatory Access Control policy, MAC)

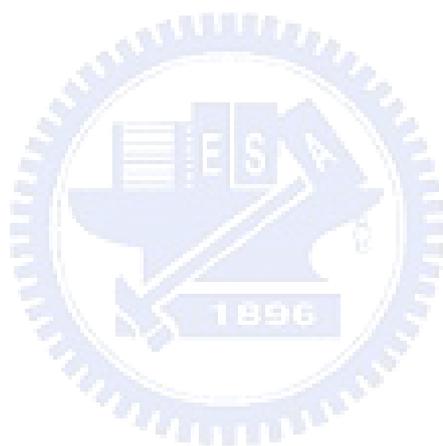
主體要求執行資訊或物件時，是以主體與物件的分類為基礎。特定主體來存取該物件，其存取時所依賴的是要滿足該主體與受體之間訂定的特殊規則，亦即以使用者與該資訊或物件之間的安全等級作為依據的基礎。每一個主體和物件由系統管理者指定於一個屬於該主體與物件的安全層級，依據重要性不同而予以分類，如普通、密、機密及極機密等級區分，再根據分類的結果給予不同的維護措施，不能因個人因素而隨意的改變。這樣以機密等級的控管方式適合發展於安全需求嚴格的環境，如國防或軍事單位。

3.5 小結

本章介紹本研究主要應用之兩項求解工具與其相關理論，包含有演算法與資料庫理論。

演算法簡而言之，為求解問題最佳解的方法。當決策變數(投資項目與投資金額)之求解空間甚大時，即產生大量之解集合，利用演算法之特性與優勢，在廣大的求解空間中快速搜尋出最佳解。

此外，當取得近年來各國各指標原始資料後，利用資料庫與介面系統處理，讓使用者能快速、簡單取得所需資訊。在第四章，進一步說明如何利用上述求解方法與相關理論，進行本研究模式的建構。



第四章 系統開發

本章依據第二章文獻回顧與背景介紹所探討基礎建設定義與特性、國家預算支出、IMD WCY 分析，結合第三章系統相關理論，建立國家競爭力提升排名與借鏡它國系統，以下為對本研究之系統架構、建構流程的介紹與說明。

4.1 國家競爭力提升排名與借鏡它國系統介紹

吳琮璿(1998)以傳統的軟體系統開發生命週期(System Development Lift Cycle, SDLC)而言，將之分為五個階段：可行性分析、系統分析、系統架構分析、系統開發、系統實施，如圖 4-1 所示五個階段詳細敘述如下：

1. 可行性分析：其任務為確定此工作是否適合透過電腦協助作業，需分析經濟、技術、作業之可行性。
2. 系統分析：其任務為訂立出此資訊系統的系統要求。需求的訂立需透過詳細瞭解現行作業方式、細節、規定與相關報表等，分析歸納後決定出系統應有的功能。
3. 系統架構設計：此部分主要是根據系統需求來建立整個資訊系統架構，可利用結構化分析及設計技術來描述系統中每一單元輸入、輸出、控制、支援等。
4. 系統開發：此階段主要是依照前一階段完成之系統架構，進行系統程式撰寫工作。
5. 系統實施：在系統實施前，還需經過系統測試與修改，通過配合人員訓練、檔案轉換、設備添購後，才能進入正式的作業階段，運作之後還要定期評估系統穩定性、配合使用者改變修正系統等工作。

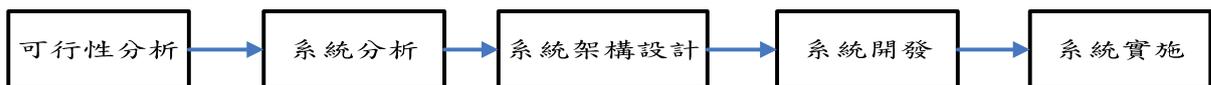


圖 4-1 軟體系統開發生命週期

本系統利用 Microsoft 的 Visual Basic 6.0 為主要程式語言，來建置使用者介面與內部運算程式，並利用 Microsoft 的 Access 作為資料庫，讓使用者從介面中依使用者需求去存取資料庫數據，將使用者欲知資料數據做一系統化呈現。

4.2 國家競爭力提升排名與借鏡它國系統建構流程

本研究建構流程依 IMD WCY 基礎建設各指標(Criteria)經由區別矩陣作分析，挑選出最劣勢指標，分兩大主軸進行研究，最後再互相判斷與決策(如圖 4-2)。在下面各節分別對系統建構流程做詳細說明。

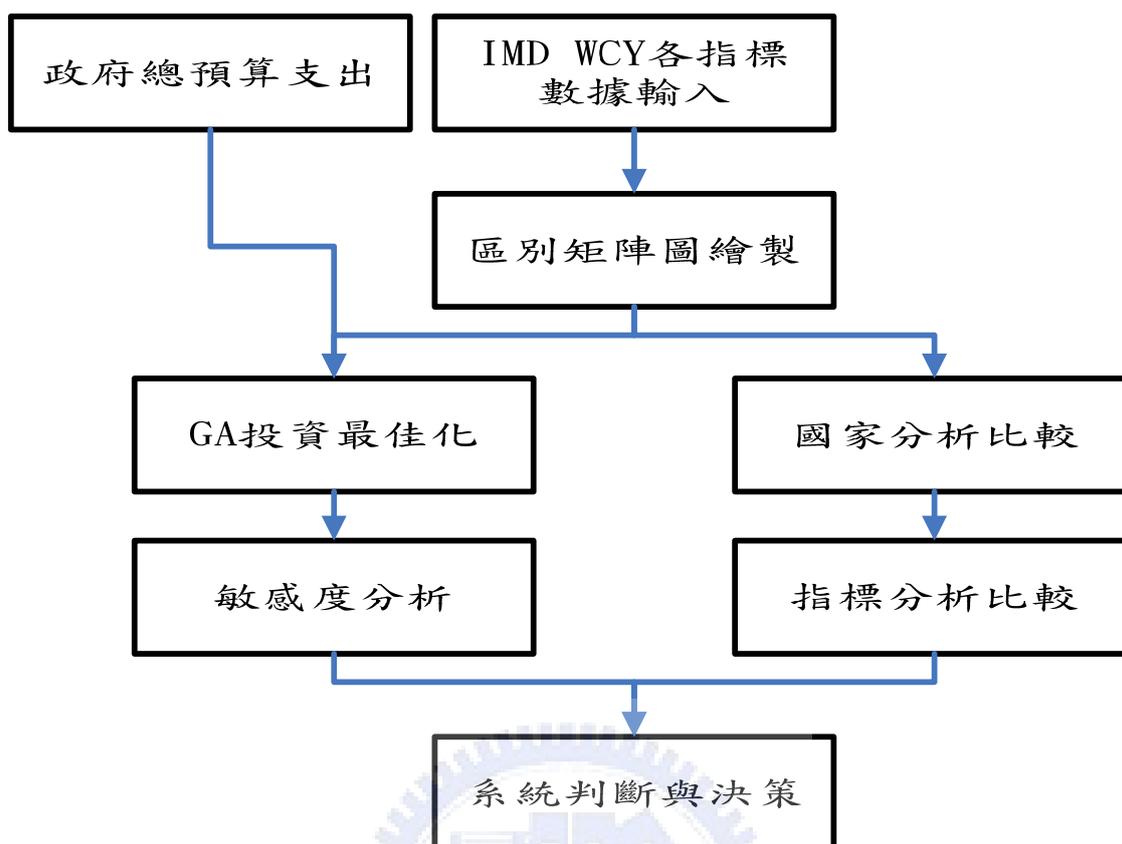


圖 4-2 系統流程圖

4.3 政府總預算支出

為了能有效提升國家競爭力排名，首先挑選最劣勢指標投資，再做投資最適化分配，當然，如果投資標的恰當，投資金額越大，成效也越大，但在實際上，中央政府支出考慮量入為出，在這當中政府能各政事投資金額比例多寡，便顯得重要。

根據 IMD 對基礎建設廣泛定義，可把國家總預算支出中除一般政務、國防、退休撫卹支出外，皆可視為基礎建設總投資預算來源，經由整理台灣中央政府支出按政事別分配概況，如表 4-1 所示：

表 4-1 政府支出按政事別分配概況

	1961~1970 平均	1971~1980 平均	1981~1990 平均	1991~2000 平均	2001~2004 平均	2004
政府支出 (億元)	259	1,543	6,745	18,361	23,030	23,690
結構比 (%)						
一般政務支出	14	11.3	10.5	13	14.7	14.7
國防支出	41.3	28.4	21.9	14.8	10.5	10.6
教育科學文化支出	15.1	16.5	19.4	20.5	20.5	21.5
經濟發展支出	17.2	30.5	30.4	20.9	17.9	16.9
社會福利支出	8.1	11.3	9.1	16.6	20.3	20

退休撫卹支出	—	—	6.7	7.6	7.7	7.9
債務支出	2.2	0.6	1.1	6	7.2	6.4
其他支出	2.1	1.4	0.9	0.6	1.2	2

資料來源：主計處 國情統計通報

各政事別支出金額之配置與消長，可呈現政府施政之重點及趨勢。1960 年代基於建軍備戰需要，國防支出占總歲出比重居冠，達 41.3%。70 年代及 80 年代，政府為增進國內基礎設施，帶動民間產業發展，積極推動各項建設計畫，經濟發展支出所占歲出比重躍為首位，分別達 30.5% 及 30.4%，國防支出則退居第二位，比重降為 28.4% 及 21.9%。另外教科文化支出雖維持第三位，惟所占比重呈相對上升趨勢。

1990 年代，政府支出結構明顯改變，因實施全民健保，以及推行各項福利措施，並針對 921 地震等天災損害進行重建，致社會福利支出大幅擴增，所占比重由 1980 年代平均之 9.1% 升為 16.6%。另為回應社會各界對教育改革、高科技人材培訓、科學技術研發及文化傳承等之需求，教科文化支出占歲出比重亦由 19.4% 升至 20.5%。經濟發展支出比重雖仍居首位，惟其降 9.5 個百分點至 20.9%。至於國防支出隨精實方案之推動，所占比重降為 14.8%。債務支出則因舉債增加，所占比重顯著上升為 6.0%。

近年各級政府歲出配置延續 1980 年代趨勢，社會福利與教科文化支出比重持續上升，經濟發展支出則相對下降。隨經濟發展成熟度升高，政府因應人民對社會安全之需求而增加相關支出為各國常態，惟社福支出易增難降，93 年度占歲出 20.0%，較 80 年代增加 10.9 個百分點。

4.4 提升排名系統建構流程

4.4.1 投資項目單位成本

本研究參考 王世旭(2007)利用 WCY 指標之定義，大略計算劣勢指標之單位提升成本，例如指標 4.2.01，其定義為電信投資佔 GDP 百分比，根據 AREMOS 經濟統計資料庫，2004 年台灣 GDP 為 105743 (億元 NT\$)，因此每上升 1% 需要 105743 (億元 NT\$) * 1% = 1057.43 (億元 NT\$)，一個 STD 等於 0.48%，因此上升一個 STD 需要之成本為 1057.43 * 0.48 = 508 億元 NT\$/STD。

4.4.2 投資項目進步幅度

在計算指標排名時，將各國家原始數值轉換為 STD (標準差值)，再依照 STD 高低排名，以圖 4-3 4.1.21 GDP 與能源消費為例，以台灣為例，台灣排名為 60，數值為 -3.334，其進步空間為 -3.333 ~ -2.405，但為了同時考慮其他投資項目進步幅度，故本研究假設以總體國家平均值 (0) 來作為進步幅度上限。

台灣進步標準差為：

台灣原始標準差：-3.334、總體國家平均值：0

進步標準差： $|-3.334-0|=3.334$

若以加拿大為例，其排名為7，數值為1.311，其進步空間為1.312~2.405，若同樣以總體國家平均值(0)作為進步幅度上限，便顯得不合理，故取第一名數值來作為進步幅度上限。

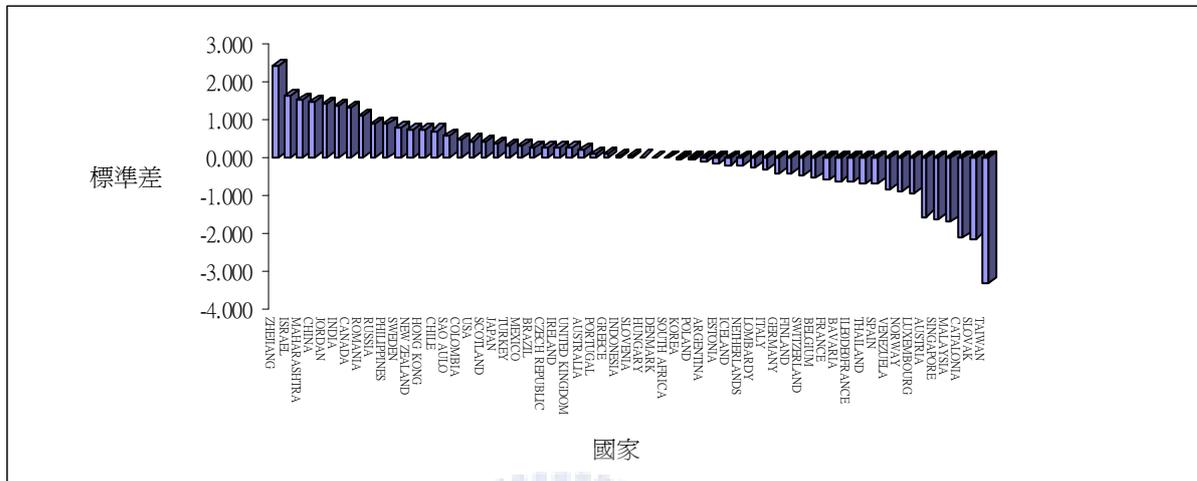


圖 4-3 4.1.21 項各國家 STD 分佈圖

因此，本研究將進步幅度上限分為 1.)第一名國家數值、2.)排名前 1/2 國家平均值、3.)總體國家平均值，其所對應有三種類型：1.)國家數值超過排名前 1/2 國家平均值，以第一名國家數值作為進步幅度上限、2.) 國家數值超過總體國家平均值，以排名前 1/2 國家平均值作為進步幅度上限、3.) 國家數值小於總體國家平均值，以總體國家平均值作為進步幅度上限。

4.4.3 應用基因演算法求解

在文獻回顧中提到 IMD 國家排名計算方式，各原始指標經由標準差計算、權重相乘、分數轉換等，依據得分高低做國家排名。依此反推，在考慮國家排名時，要瞭解本國得分高低與它國相對差異，進而需瞭解各指標間分佈差異，哪些指標屬於強勢，哪些指標屬於弱勢(換言之，相對它國為落後需迎頭趕上)，並考慮各指標之單位成本(進步一個 STD 需投資金額)與基礎建設政府總預算，應用基因演算法搜尋在政府總預算限制下，探討可能進步名次最大之最佳解組合。

染色體結構設計

本研究在不考慮其他國家指標數值變動下，假設進步標準差與單位成本間關係為線性關係，不管進步多少標準差其單位成本皆不會改變。根據使用者自填的基礎建設政府總預算與各投資項目單位成本，在未知數部分為進步名次與各投資項目進步標準差，在此當中由於受政府總預算限制，進步名次有一最大值限制下，應用基因演算法找出進步標準差可能組合，進而求出最佳解。本研究依據其基礎模型，建立基礎建設數學分配模

型如下：(式 4.1)：

$$\text{Maximize } \sum_{i=1}^{10} \text{impSTD}_i$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{10} \text{Dis cost}_i \leq \text{Total Investment}$$

$$\text{Dis cost}_i = UC_i * \text{impSTD}_i \dots\dots\dots (式 4.1)$$

i：基礎建設投資項目

Dis cost_i：各項目分配投資金額

Total Investment：基礎建設政府總預算

UC_i：各投資項目單位成本

impSTD_i：各投資項目分配標準差

各指標分配總金額應為極大解，而非無限多解，各指標分配總金額經由基因演算法得知最佳解配置，使用者自設政府總預算為固定，兩者關係為各指標分配總金額需小於或等於政府總預算。

編碼方式

決定初始解(各指標分配投資金額)時，第一假設是將各指標分配投資金額需小於政府總預算，為了考量使用者輸入單位成本大小影響初始解好壞，在此再作一假設：

本研究假設一個指標一次進步至少要 0.001 STD，所以將各指標單位成本除以 1000 之後，其值仍大於基礎建設政府總預算的話，則該指標不給於投資(式 4.2)。

$$\text{If } UC_i / 1000 > \text{Total Investment} \text{ then } UC_i = 0 \dots\dots\dots (式 4.2)$$

在設計本研究之染色體時，將採用的編碼形式為實數編碼(Real number coding)，以整體國家平均值作為各指標進步之最大上限，進而得到各指標最大投資金額，並利用亂數函數乘各指標最大投資金額，隨機產生各指標分配投資金額表示染色體之基因，解答之計算如公式(4.3)。

Randomize

$$\text{MaxIC}_i = UC_i * \text{AvgSTD}_i$$

$$\text{Dis cost}_i = \text{MaxIC}_i * \text{Rnd} \dots\dots\dots (式 4.3)$$

i：各投資指標

MaxIC_i：各指標最大投資金額

UC_i : 各指標單位成本

$AvgSTD_i$: 各指標目標進步標準差

$Dis\ cost_i$: 各指標分配投資金額

Rnd : 亂數

演算機制

基因演算法之演算機制，包含有：(1)選擇、(2)交配、(3)突變。以下為本模式演算機制之採用方式：

1. 選擇(Selection)：採用輪盤式選擇(Roulette selection)。
2. 交配(Crossover)：採用單點交配(One-Point Crossover)。
3. 突變(Mutation)：採用單一突變(One-Point Mutation)。

適存值之計算

最佳化目標乃在政府總預算限制下進步名次最大，限制條件在於每條染色體總和要控制於政府總預算之內，並設立一懲罰函數(Penalty function)，當超出政府總預算時予以調整適存值，而最佳化目標即最大適存值如公式(4.3)。



$$\begin{aligned}
& \text{If } Tic \geq \sum_{i=1}^{10} Dis\ cost_i \text{ then} \\
& \quad \text{if } Dis\ cost_i > MaxIC_i \text{ then} \\
& \quad \quad impdev_i = AvgSTD_i \\
& \quad \text{elseif } Dis\ cost_i > 0 \text{ and } dis\ cost_i < MaxIC_i \text{ then} \\
& \quad \quad impdev_i = Dis\ cost_i / UC_i \\
& \quad \text{else} \\
& \quad \quad impdev_i = 0 \\
& \quad \text{end if} \\
& \quad Rankfitness = \sum_{i=1}^{10} impdev_i \\
& \text{Else} \\
& \quad \text{if } Dis\ cost_i > MaxIC_i \text{ then} \\
& \quad \quad impdev_i = AvgSTD_i \\
& \quad \text{elseif } Dis\ cost_i > 0 \text{ and } dis\ cost_i < MaxIC_i \text{ then} \\
& \quad \quad impdev_i = Dis\ cost_i / UC_i \\
& \quad \text{else} \\
& \quad \quad impdev_i = 0 \\
& \quad \text{end if} \\
& \quad Penalty = (\sum_{i=1}^{10} Dis\ cost_i - Tic) / Tic \\
& \quad Rankfitness = \sum_{i=1}^{10} impdev_i - Penalty \\
& \text{End if}
\end{aligned}
\tag{式 4.3}$$

Tic : 基礎建設政府總預算

Dis cost_i : 各指標分配投資金額

impdev_i : 各指標進步標準差

Rankfitness : 染色體適存值

Penalty : 懲罰值

在此，各指標分配投資金額會根據其金額大小分為三種類型：1.)大於目標投資金額、2.)介於0與目標投資金額、3.)等於0，其所對應之標準差會有三種類型：1.)目標進步標準差、2.)依投資金額除單位成本所得標準差、3.)0，再將十個指標之標準差作一加總。若劣勢指標政府總預算超過基礎建設政府總預算，設一懲罰函數，使染色體適存值與予調整大小，以追求目標最佳化目標。

系統應用流程

根據 3.3.6 節，本研究之基因運算流程稍作修改，如圖 4-4 所示，演算說明如以下

步驟：

1. 使用者輸入基礎建設政府總預算、指標單位成本、演化世代、族群數、交配率、突變率。
2. 經由假設條件設計染色體結構，並利用實數編碼方式進行編碼。
3. 依據求解目標，設定適存值函數；依據求解之限制條件，設定懲罰函數。
4. 利用亂數隨機產生初始母體。
5. 依適存值函數與懲罰函數，計算每條染色體之適存值，用意在於保留良好基因，汰弱不良基因。
6. 計算出每條染色體之適存值後，藉由俄羅斯輪盤法(Roulette Wheel Selection)篩選染色體進行複製，適存值越高，代表被選中複製機率越高，在此俄羅斯輪盤為每條染色體之適存值累加，將其累加視為面積為 1 之輪盤，並依比例算出每條染色體在此輪盤所佔之面積，其面積大小代表染色體。當輪盤轉動時，利用射飛鏢(亂數決定)的方式來決定何者會被選擇來進行複製，表 4-2 為俄羅斯輪盤法的一個舉例，假設有四條染色體，其適存值各為 100、80、75、60，其適存值總和為 315，則各染色體之被選擇機率為 0.32、0.25、0.24、0.19。其複製機率之函數為：

$$F = \sum_{i=1}^n f_i$$

$$E(i) = \frac{f_i}{F}$$

F：每條染色體之適存值的總和

f_i ：第 i 條染色體之適應度

$E(i)$ ：第 i 條染色體之複製機率

表 4-2 俄羅斯輪盤法

染色體編號	適存值	被選擇機率	羅盤面積比例
1	100	0.32	
2	80	0.25	
3	75	0.24	
4	60	0.19	
適存值總和=315			

7. 依複製機率透過俄羅斯輪盤法複製染色體後，藉由隨機產生一個 0~1 的數值，與交配率比較，若其數值低於交配率，則進行交配，若是高於交配率，則重新進行複製染色體。
8. 交配過後，藉由隨機產生一個 0~1 的數值，與突變率比較，若其數值低於突變率，則決定進行突變，若高於突變率，則不進行突變。
9. 計算新產生的兩條染色體之適存值，保留適存值較高的染色體。
10. 良好基因保留經由多代演化，依代數停止演化。
11. 解碼得到最佳解，即政府總預算限制下最大進步標準差總和。
12. 由 2.6.4 節得知，計算出競爭力因素(Factor) STD 總和，再把 STD 值高低視為各國得分(Score)，作為基礎建設因素排名依據(表 4-3)。

表 4-3 各國依總標準差值排名

	4.1 項	4.2 項	4.3 項	4.4 項	4.5 項	總和	排名
ARGENTINA	(1.4457)	(8.9318)	(13.5457)	(1.8908)	(7.4084)	(33.2223)	51
AUSTRALIA	9.3435	4.6296	1.8692	4.3883	11.3623	31.5928	13
AUSTRIA	3.6282	0.5026	2.6484	8.5570	8.2086	23.5448	17
BAVARIA	7.3933	6.0255	10.1485	8.8633	2.2201	34.6507	11
BELGIUM	6.1550	2.0041	3.3246	0.5991	11.0157	23.0985	18
BRAZIL	(5.1046)	(9.8520)	(10.2998)	(2.6577)	(11.8824)	(39.7965)	54
CANADA	6.5126	10.5169	5.1358	4.1936	13.6695	40.0284	8
CATALONIA	(1.5173)	(2.4529)	(5.5117)	3.0125	1.9146	(4.5547)	32
CHILE	(0.2700)	(5.1624)	(8.8709)	3.1373	(1.8864)	(13.0523)	36
CHINA MAINLAND	4.0219	(3.4618)	1.4614	(5.3755)	(12.7557)	(16.1097)	40
COLOMBIA	(1.6831)	(8.9815)	(7.5992)	(1.7337)	(4.5048)	(24.5023)	44
CZECH REPUBLIC	2.4861	(2.1023)	(6.6181)	(1.6397)	(2.0484)	(9.9223)	33
DENMARK	5.6506	10.0688	7.5686	5.8034	12.3569	41.4484	5
ESTONIA	(0.6812)	0.6475	(6.2246)	(6.9567)	1.6477	(11.5674)	35
FINLAND	2.3122	8.7393	9.7710	3.7839	15.4593	40.0656	7
FRANCE	3.3693	4.9809	10.0451	4.9638	5.7796	29.1387	15
GERMANY	7.0502	7.0587	16.8937	7.5657	(0.7426)	37.8256	9
GREECE	(6.3346)	(5.6759)	(7.9982)	0.6112	(0.7104)	(20.1079)	42
HONG KONG	8.7883	11.3044	(7.1857)	(3.5066)	(0.0262)	9.3742	24
HUNGARY	0.9755	(0.1825)	(4.7729)	(4.7941)	4.3409	(4.4331)	30
ICELAND	0.3544	10.4643	5.7187	6.9967	13.5503	37.0845	10
ILEODEFRANCE	4.9122	4.0725	12.8583	4.4285	3.3257	29.5971	14

	4.1 項	4.2 項	4.3 項	4.4 項	4.5 項	總和	排名
INDIA	(4.6859)	(7.0924)	(6.9282)	(6.1003)	(9.4198)	(34.2267)	52
INDONESIA	(6.5584)	(17.4573)	(7.7382)	(4.3740)	(17.5937)	(53.7216)	60
IRELAND	(2.1278)	1.2165	(0.6325)	(0.2907)	10.2146	8.3801	25
ISRAEL	(2.3095)	3.7956	5.0328	2.1575	10.0314	18.7078	19
ITALY	(6.0798)	(2.2467)	(4.1493)	0.8302	(4.3872)	(16.0329)	39
JAPAN	2.9259	8.8917	34.2688	6.6339	0.9782	53.6984	2
JORDAN	(9.0332)	(6.0052)	(0.6026)	(0.9385)	(1.4100)	(17.9894)	41
KOREA	(1.3382)	8.9966	3.2742	0.6893	(6.0077)	5.6141	26
LOMBARDY	(5.6841)	(0.6796)	(3.7406)	1.4153	(2.6640)	(11.3531)	34
LUXEMBOURG	2.5617	3.3250	8.5671	3.2813	(0.6581)	17.0769	21
MAHARASHTRA	(4.9100)	(7.0429)	(5.1614)	(7.2933)	(8.0461)	(32.4536)	50
MALAYSIA	(1.4460)	4.5430	(6.5033)	0.4585	4.1673	1.2195	28
MEXICO	(4.9369)	(13.5833)	(13.3088)	(7.7756)	(13.5251)	(53.1297)	59
NETHERLANDS	5.7097	8.1645	3.7450	7.0552	3.9517	28.6261	16
NEW ZEALAND	2.1729	0.3763	(4.0397)	0.5698	2.9250	2.0044	27
NORWAY	6.7928	7.4744	1.5548	5.9981	10.1158	31.9359	12
PHILIPPINES	(9.3090)	(5.5332)	(13.3123)	(10.1686)	(11.0278)	(49.3510)	58
POLAND	(2.9317)	(11.9890)	(9.2779)	(6.7984)	(0.5487)	(31.5455)	49
PORTUGAL	(2.9338)	(0.5757)	(9.8820)	0.9844	(3.0668)	(15.4739)	37
RHONEALPS	(0.9087)	5.1920	3.3130	3.9135	1.9317	13.4416	22
ROMANIA	(2.8233)	(11.3807)	(10.8371)	(7.1259)	(7.1474)	(39.3144)	53
RUSSIA	(9.0341)	(9.8625)	6.8577	(14.1865)	1.4564	(24.7691)	45
SAO PAULO	(3.6981)	(8.2215)	(6.8516)	(1.8804)	(9.3085)	(29.9602)	48
SCOTLAND	(0.9905)	1.8763	(3.7997)	0.8739	0.3616	(1.6785)	29
SINGAPORE	9.2261	14.7629	4.7656	1.7417	9.8653	40.3616	6
SLOVAK REPUBLIC	(5.1364)	(4.5795)	(8.1771)	(4.4637)	(1.8043)	(24.1610)	43
SLOVENIA	(0.9984)	(2.7827)	(6.7732)	(0.9740)	(4.2741)	(15.8023)	38
SOUTH AFRICA	(3.6885)	(8.9667)	(7.0751)	(9.0853)	(12.7329)	(41.5485)	56
SPAIN	0.8086	(2.0137)	(5.2420)	2.3574	(0.4317)	(4.5213)	31
SWEDEN	2.4853	8.7908	15.5483	6.4876	11.0246	44.3365	4
SWITZERLAND	3.9552	6.6840	14.4101	11.2809	11.4392	47.7695	3
TAIWAN	(1.4180)	9.8660	9.5464	(5.5431)	5.2029	17.6542	20
THAILAND	(2.5499)	(5.8708)	(10.2679)	(1.5229)	(7.5441)	(27.7557)	47
TURKEY	(5.8417)	(11.4865)	(11.6524)	(3.5663)	(8.9673)	(41.5142)	55
UNITED KINGDOM	2.7809	5.3428	6.6662	1.8953	(3.7523)	12.9330	23
USA	11.4132	21.9672	38.3995	2.8303	9.4049	84.0151	1

	4.1 項	4.2 項	4.3 項	4.4 項	4.5 項	總和	排名
VENEZUELA	(4.3981)	(13.1196)	(9.5429)	(4.9677)	(10.1329)	(42.1612)	57
ZHEJIANG	(0.9792)	(4.9881)	(5.2188)	(2.7486)	(11.5057)	(25.4403)	46

13. 經由 GA 最佳化分配得知進步總標準差，藉由其原先排名高低與差距，便能求出計算後能上升名次。以台灣為例：

台灣原始數值為：17.6542 STD

假設 GA 最佳化後提升：6.987 STD

台灣整體提升至 24.6412 STD

對照上述之排名將大於 AUSTRIA(23.5448 STD)，台灣將進步至第 17 名。

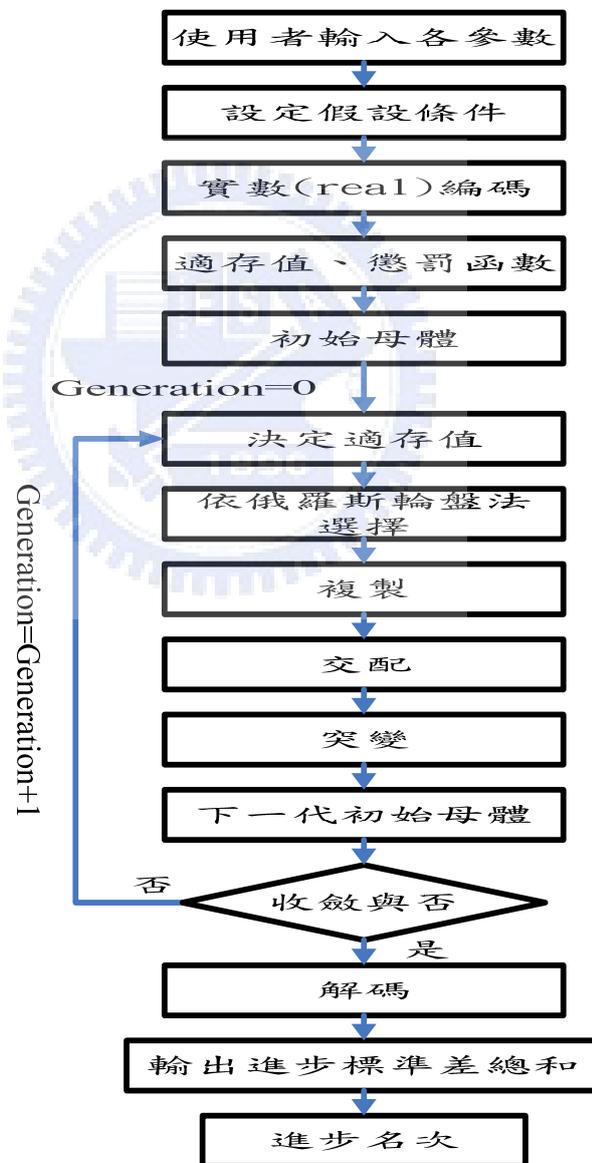


圖 4-4 本研究基因演算法運算流程

4.4.4 總投資金額敏感度分析

選擇演算法時，在輸出資料的正確性與運算效率間，如同魚與熊掌無法同時兼得。在解最佳解時，雖然基因演算法有優秀啟發解能力，但其缺點在於運算空間龐大，需優異硬體配備，硬體配備差異將造成運算時間長短。

在本研究中，為了能瞭解總投資金額與進步名次間關係，假設總投資金額為 5,000 至 4,0000 億元間，間隔 2,000 億元之各投資金額所對應進步名次，其解需做 $[(40000-5000)]/2000+1=18$ 次。若採用基因演算法，將耗費很長時間在做運算。

本研究採用貪婪演算法作為敏感度分析演算法則，其特色在於貪婪演算法所花的時間較少，每一次所選的結果都是局部的最佳解，這麼做的目的是希望經過所有的步驟所得到的解答會是全域的最佳解，即使不是全域最佳解，但最後所得結果也不會太差。因此將投資金額分為數份，每次投資於能進步名次最大項目，經由多次投資分配後，得到在總投資金額限制下可能最佳進步名次(如圖 4-5)。

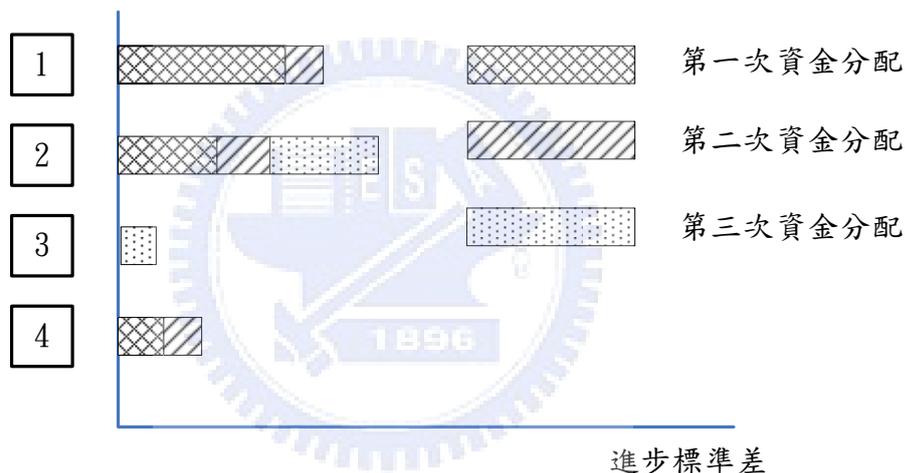


圖 4-5 貪婪法運用於敏感度分析

4.5 借鏡它國系統建構流程

4.5.1 國家分析比較

由於地理位置、民族特性、文化價值等，創造出不同的宗教、語言、社會結構等，本研究依據以下不同特徵條件，找出可能借鏡國家。

1. 人口(Population)
2. 國土面積(Land area)
3. 國內生產毛額(GDP)
4. 人均生產毛額(GDP per capita)
5. 消費者物價指數(Consumer Price Index)

6. 失業率(Unemployment rate)
7. 勞動力(Labor force)
8. 國際收支-經常帳差額(Current Account Balance)
9. 基礎建設排名(Infrastructure's Rank)

4.5.2 參考年度選取

從 WEF 全球競爭力報告(1996)指出，競爭力是衡量一國在五到十年間的成長潛力，亦即欲衡量一國在未來五到十年間以每人國內生產來計算的每年變動率，進行快速成長的能力。因為五年的時間可長到消除景氣循環之影響，短到確認每一國家之結構性條件屬於變動狀態中，故欲檢定其評估結果是否準確，應以未來五到十年的經濟成長與現在之評估結果做一比較；且 WCY 所取之資料中，各國非每年皆有統計資料，若無當年度資料，會取前幾年當作本年度資料數據，故在建置資料庫時，斟酌上述兩點以 1994、1999、2004 年資料作為 IMD WCY 近幾年國家發展參照。

4.5.3 指標分析比較

經由上述國家分析所得之參考國家，因各國自然條件、社會結構等，造成強、劣勢指標分佈不同，造成篩選出國家可能無法做為借鏡。故再以台灣最劣勢指標(Taiwan Top-10 Weakness Indices)作為一標準，若有其他借鏡國家其劣勢指標與台灣大同小異，其發展背景條件與台灣相符可能性大增，一方面可以藉其改善台灣劣勢指標，另一方面更參考其優勢指標可作為台灣仿效。

4.6 小結

1. 經濟學者分析國家投資概況時，主要以該國之固定資本形成毛額衡量，依擁者可區分為民間企業、政府、公營事業等三個主要投資來源。在本研究僅考慮政府投資部分。
2. 本研究建議使用者參考政府單年度總預算歲出金額大小去作基礎建設政府總預算概估，而不是漫無目的亂設政府總預算，如此一來，也比較符合國家經濟現況。
3. 實務上對於基礎建設投資屬於全面性投資，不可能侷限於某幾樣項目。本研究假設僅考量各投資項目進步標準差與單位成本下，在進步名次最大前提下需投資哪些項目與金額；技術上本研究最佳化過程中，假設其他國家都沒變動，只以我國各指標數值變動，作為進步名次之依據，且投資金額與名次間為線性關係，不管進步多少標準差其單位成本皆不會改變，但現實中非為限性關係，因此本研究只能說符合某些限制條件之最佳解。

第五章 系統應用與比較

本章旨在說明應用本研究建構國家競爭力提升排名與借鏡它國系統並進行案例測試，進而驗證分析測試結果，藉以了解本系統之合理性與適用性。本章內容依序為投資最佳化、敏感度分析及借鏡它國系統兩者互相比較。

5.1 提升排名系統

5.1.1 區別矩陣

將 IMD 基礎建設各項指標經由區別矩陣分析，依 STD、CI 值差異讀入本系統(如圖 5-1)，各指標將分佈在四大象限上，在第四象限中取最劣勢十項指標作為投資項目。

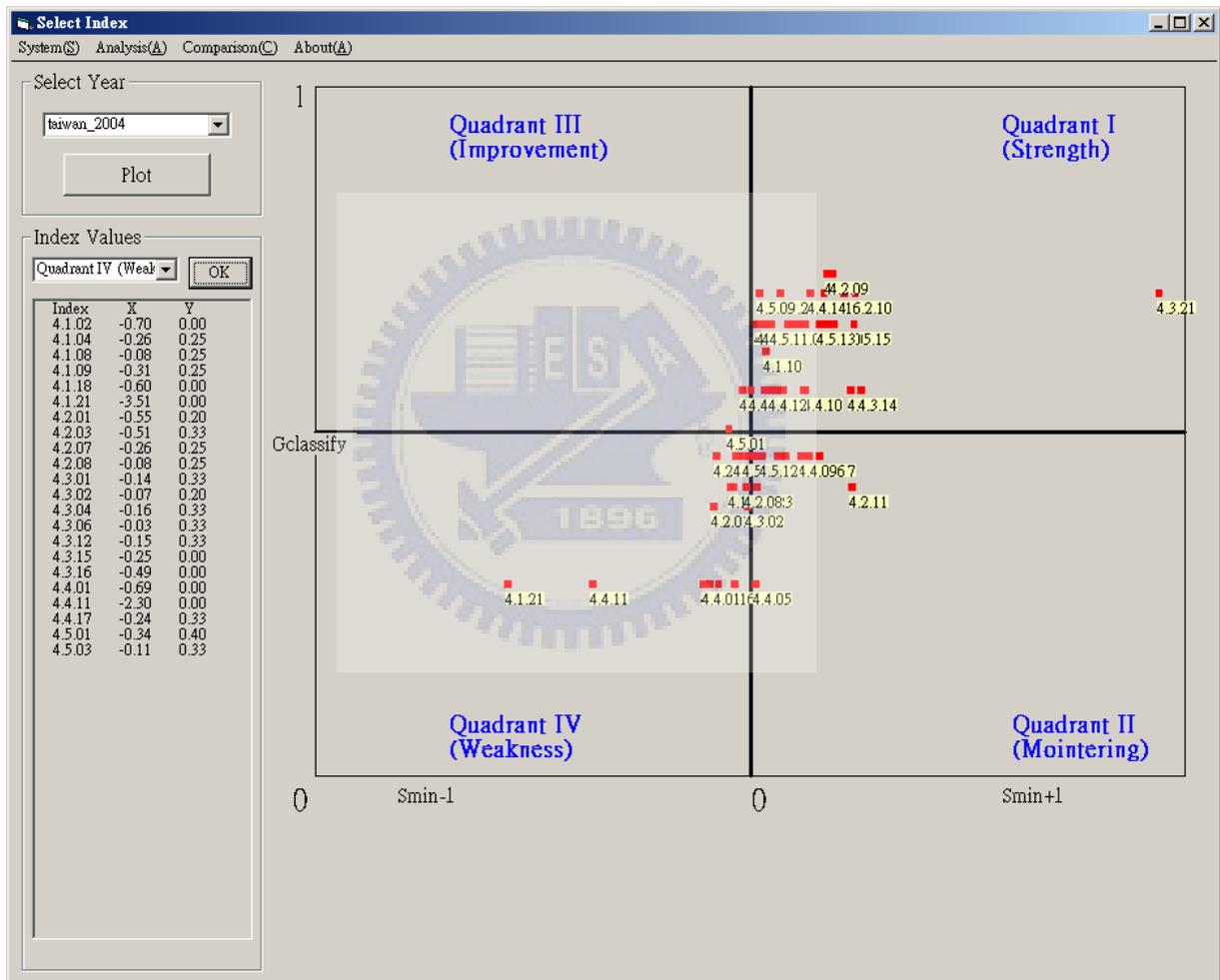


圖 5-1 區別矩陣

5.1.2 總預算支出

根據政府總預算及特別預算支出，依 2004 年整年度總歲出為 2369 \$十億元(NT)，若依當年度政事別比例，若取教科文、經濟發展、社會福利、債務支出項目作為基礎建設支出，可大略計算出當年度基礎建設政府總預算為 1535 \$十億元(NT)(如圖 5-2)。

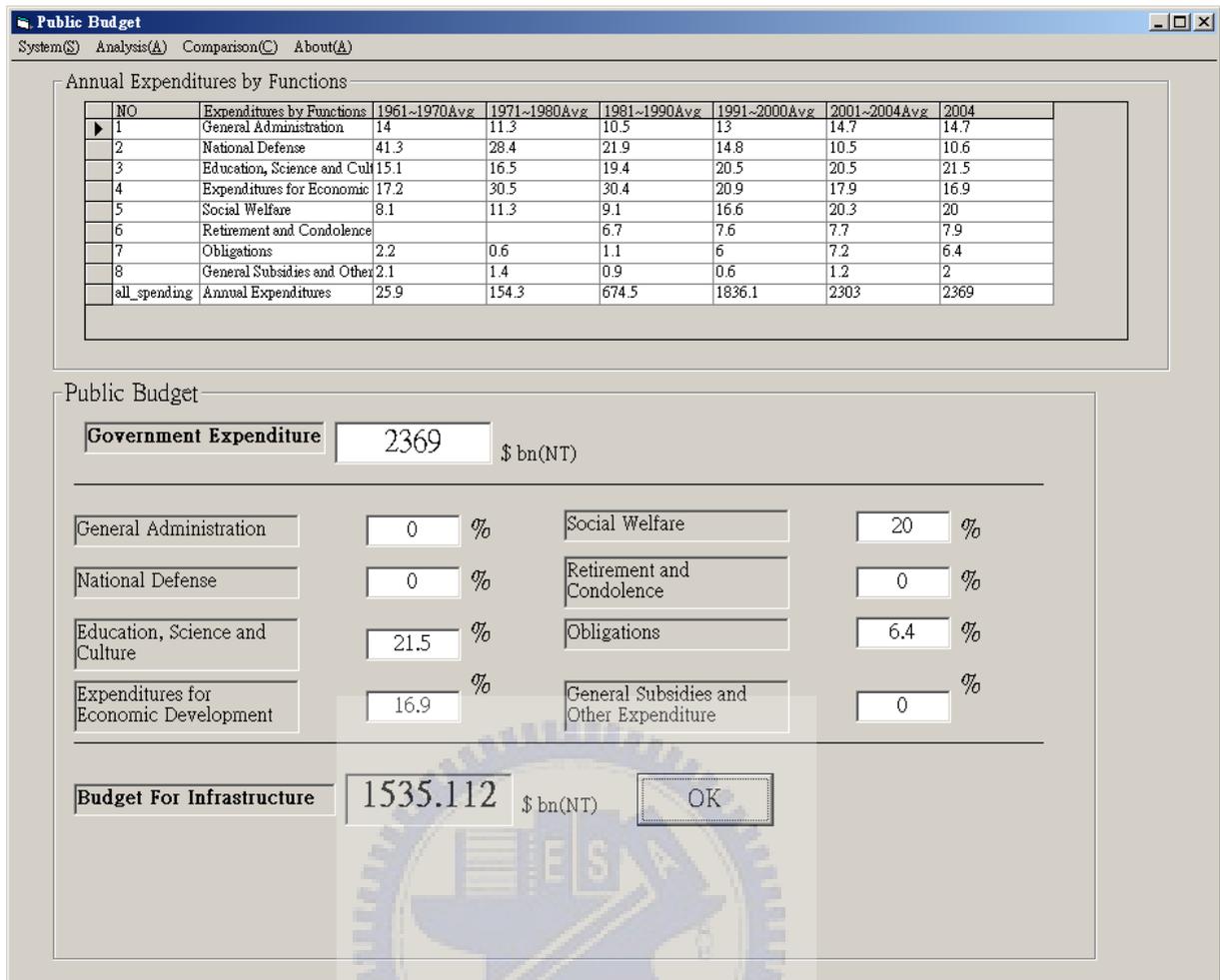


圖 5-2 總預算支出

5.1.3 排名最佳化

基因演算法參數設定

為確定基因演算法對於最佳解的搜尋效果，首先必須瞭解族群大小 P 、交配率 P_c 與突變率 P_m 等三項參數之設定對於搜尋過程的影響，因此，以 $P=200$ 、 400 、 600 ， $P_c=0.5$ 、 0.7 、 0.9 ，以及 $P_m=0.02$ 、 0.03 、 0.04 共 9 種組合，比較搜尋表現的優劣，接著再利用歸納取得之最佳參數組合進行尋優動作，期望尋得在政府總預算下進步名次最大之組合，並探討其相關資料之合理性。

本研究設定的停止搜尋條件為一旦達到固定搜尋世代數即輸出當代尋得之最佳解組合，因此挑選最有效的參數組合方案之前，必須先確定合理的搜尋世代數，以瞭解該最佳解是否以達收斂。

(1) 世代數的選定

本研究先固定以 $P=400$ 、 $P_c=0.7$ 、 $P_m=0.03$ 進行世代數測試，如圖 5-3 所示，世代最佳解與平均適存值皆隨著世代之演進，有著逐步上升傾向。當 $G(\text{代數})=600$ 時，各代

最佳解變化已非常微小，可看出世代最佳解已大致收斂完成，故以 $G(\text{代數})=600$ 作為後續參數組合的搜尋演算。

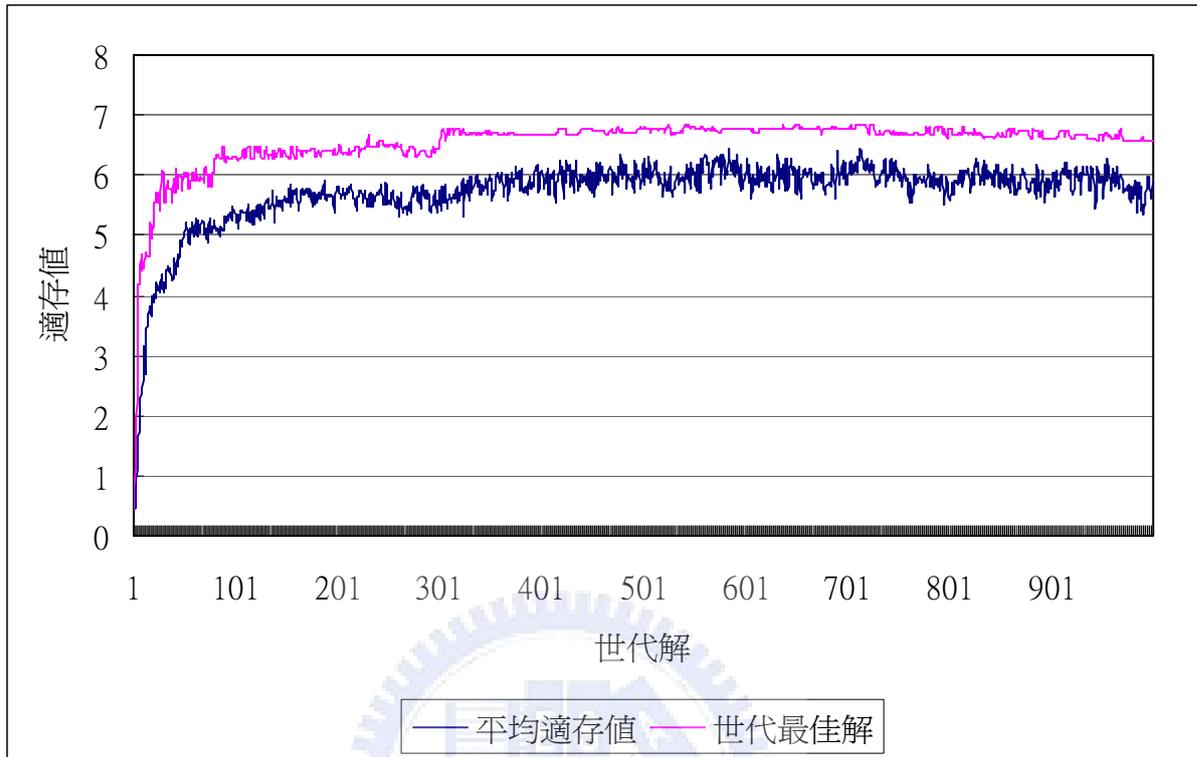


圖 5-3 代數搜尋與適存值圖

(2) 族群大小 P 的設定

族群大小 P 代表自搜尋空間 (search space) 中隨機取得之可能解總數量。 P 越大代表演化初期即逼近最佳解的機率相形之下越高(如表 5-1)，為凸顯 P 對於搜尋能力的影響程度，初步選擇各族群大小中 $P_c=0.7$ 跟 $P_m=0.03$ 的參數組合來進行結果比較並由 600 代演化得知：三者同樣經過了 600 代的演化後，世代最佳解與平均適存值的大小排序為 $P=600 > P=400 > P=200$ ，由表 5-2 看出族群數從 $P=200$ 到 $P=400$ ，其最佳解間差異很明顯，若以兩者做比較，族群數應取 400 較為適宜。比較 $P=400$ 與 $P=600$ 兩者，其世代最佳解在隨著世代之演化，其差異非常微小，但 $P=600$ 所花之時間足足比 $P=400$ 高出 3 倍之多，徒然浪費時間，故取 $P=400$ 作為本研究後續挑選其他參數依據。

表 5-1 族群數大小與世代差異表

世代數	Population size N					
	200		400		600	
	平均適存值	世代最佳解	平均適存值	世代最佳解	平均適存值	世代最佳解
1	0.160761	0.304146	0.257598	0.39971	0.843246	0.587234

世代數	Population size N					
	200		400		600	
	平均適存值	世代最佳解	平均適存值	世代最佳解	平均適存值	世代最佳解
50	5.106221	6.059228	5.416987	6.240523	4.476513	6.42561
100	5.694713	6.032651	5.577254	6.336789	5.035006	6.351329
200	5.381567	6.565141	5.809999	6.572979	5.096399	6.571541
400	5.126682	5.825323	6.02201	6.572979	5.257956	6.643884
600	5.364335	5.890755	5.823045	6.676496	5.911107	6.705907

表 5-2 族群數大小比較表

世代數	400/200 差異		600/400 差異	
	平均適存值	世代最佳解	平均適存值	世代最佳解
1	60.24%	31.42%	227.35%	46.91%
50	6.09%	2.99%	-17.36%	2.97%
100	-2.06%	5.04%	-9.72%	0.23%
200	7.96%	0.12%	-12.28%	-0.02%
400	17.46%	12.83%	-12.69%	1.08%
600	8.55%	13.34%	1.51%	0.44%

(3) 交配率 P_c 之選定

確定族群大小 $P=400$ 之後，交配率取 $P_c=0.5$ 、 0.7 、 0.9 搭配 $P_m=0.03$ ， $G=600$ 的搜尋結果繪製成圖 5-4。

$P_c=0.5$ 與 $P_c=0.7$ 之搜尋值相比較， $P_c=0.5$ 在 50-70 代與 140-160 代間能與 $P_c=0.7$ 差不多，但在 400 代之後， $P_c=0.5$ 搜尋的最佳值幾乎沒有更新， $P_c=0.7$ 便拉開與 $P_c=0.5$ 之差距。雖然 $G=1$ 時，三種交配率中 $P_c=0.9$ 的搜尋初始值最差，但由於交配率高， $P_c=0.9$ 呈現出豐沛的演化動力，在 40 代便與 $P_c=0.5$ 、 0.7 搜尋值差不多，從 190 代之後便開始超越 $P_c=0.7$ ，但於 400 代之後卻開始停止搜尋，以致最後搜尋最佳值小於 $P_c=0.7$ 。

歸納上述演化歷程發現，一般而言交配率越高，越有機會改變族群染色體的適應值表現，最後出現比較低交配率更佳的搜尋值。交配率高，象徵從交配池隨機挑選的親代染色體得以進行均等交配的機率大。演化初期，二條加入世代族群的子代染色體為全新染色體（意指此類基模的染色體未曾在以前的世代族群中出現過）的機會相對較大，族群染色體之多樣性因而提升。由於 GAs 是一套啟發式演算法，組成此世代的染色體皆由上一世代族群染色體彼此交互作用所產生的，雖然初始搜尋值不佳，但在演化最為劇烈的世代數內，很有可能因大量全新染色體的加入，與其他既有染色體交配，產生適應值更佳之子代染色體，而尋得更佳的值，此機制能持續作用一段時間，此即所謂更強的

演化動力。從圖 5-4 清楚得知：在 1~40 代 $P_c=0.9$ 雖然初始解最差，但藉由其高交配率，使得產生最佳解機率提高，而出現一個明顯的陡升，表示此世代族群出現了適應值更佳的染色體，而且與以前族群染色體相較，該染色體極為優異。此有如英雄般的染色體使得 $P_c=0.9$ 從之前搜尋值最差的翻身成為幾乎最佳的參數組合。

在 $P_c=0.9$ 演化到中後期，演算逐代趨向收斂，族群中具備相同（或類似）基模的染色體數量越來越多，染色體多樣性顯然不足，隨機挑中二條相同之親代染色體的機率大大提昇，原本兩條母代基因進行「近親相交」導致無法產生優良的染色體。因此本研究挑選 $P_c=0.7$ 進行後續突變率 P_m 的擇定。

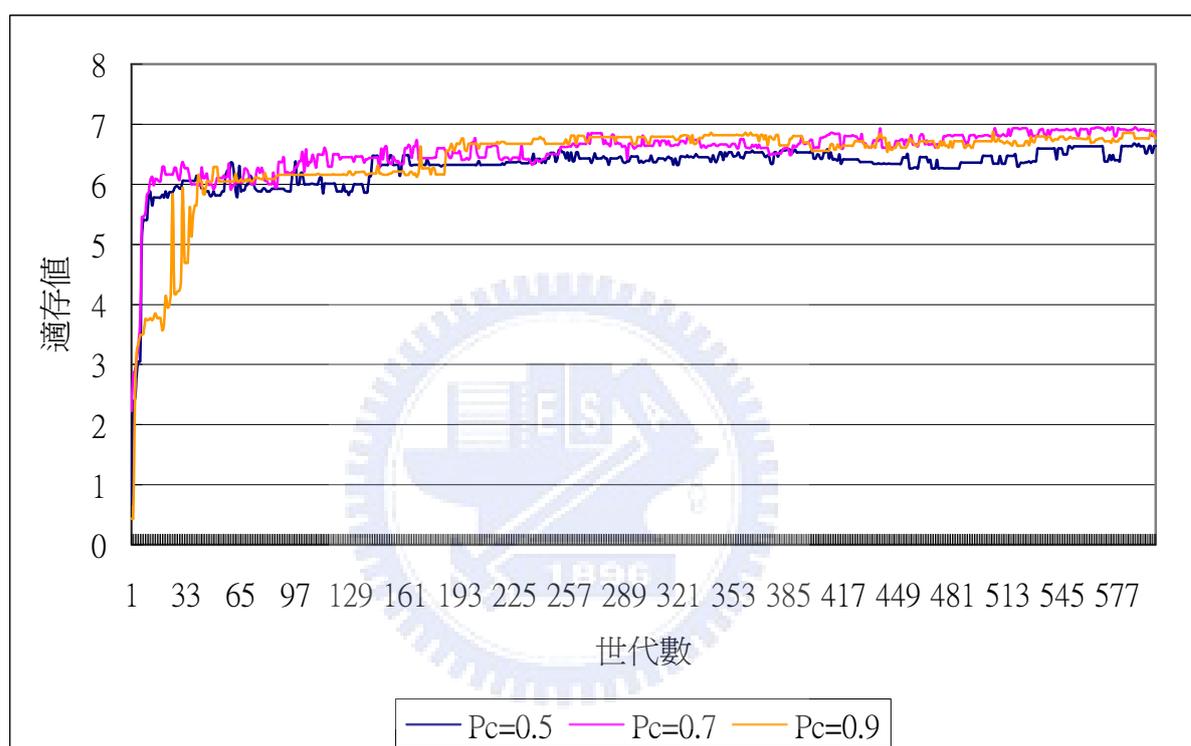


圖 5-4 各交配率與世代數圖

(4) 突變率 P_m 之選定

將三種突變率 $P_m=0.02$ 、 0.03 、 0.05 分別搭配 $P=400$ ， $P_c=0.9$ ， $G=600$ 的搜尋結果繪製成圖 5-4。在圖 5-5 中，從 1~600 代中 $P_m=0.03$ 的搜尋效率優於 $P_m=0.01$ 。由此得知， P_m 越小，因為容易陷入區域最佳值，搜尋值被菁英策略保留的世代數將相對更長，浪費於保留該搜尋值之世代數的長短已赤裸裸地揭示該參數組合的搜尋效率實為低劣。

$P_m=0.02$ 與 $P_m=0.03$ 兩者在 1~280 代解間其搜尋解能力幾乎不相上下，但由於後面子代解皆有達到某種程度之最佳解，若突變率過高反而會適得其反，產生一些破壞本來優值解，如此一來會惡性循環造成後代解低落。因此本研究以 $P_m=0.03$ 作為本研究最

佳突變率設定值。

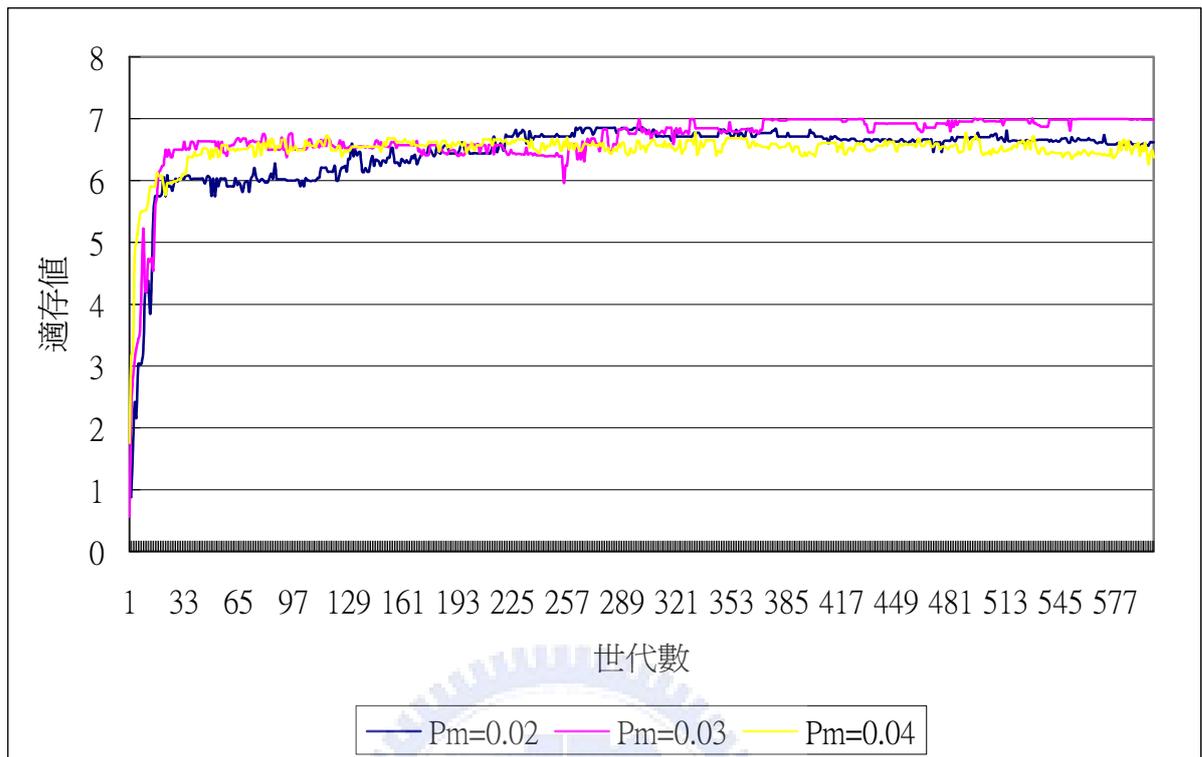


圖 5-5 各突變率與世代數圖

(5) 最佳參數組合之選定

歸納上述各步驟之結論，參數組合 $P=400$ ， $P_c=0.7$ ， $P_m=0.03$ 、 $G=1200$ 組合作五次實驗，以確認 $G=600$ 確實較其他代數具備更優秀的搜尋效率與搜尋結果。圖 5-6 顯示，執行該參數組合五次，第 600 代搜尋平均值為 6.745，第 1200 代搜尋平均值為 6.835，兩者僅差 0.09，差距已非常細微，足以證明以 $P=400$ ， $P_c=0.7$ ， $P_m=0.03$ 、 $G=600$ 已具備極為優異的搜尋效率與效果。

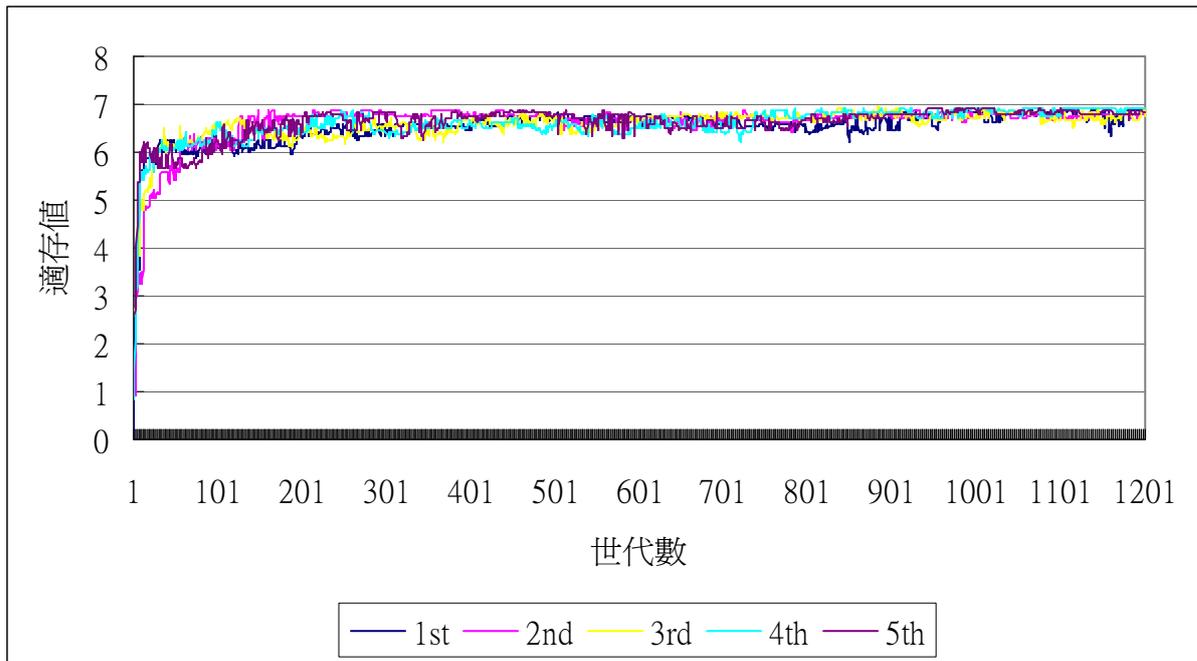


圖 5-6 GA 參數組合

提升排名系統實作

若以上述政事別比例所計算投資總金額 1535\$十億元(NT)，再以區別矩陣所找出十項最弱勢指標做投資標的，經由基因演算法以花費金額在政府總預算之下作進步名次最佳化(如圖 5-7)。

在本案例以演化世代 600、族群數 400、交配率 0.7、突變率 0.03 條件下，做最佳化運算。



圖 5-7 總投資最佳化(不與它國做比較)

在以提升排名最大前提下，依基因演算法做最佳化計算，染色體編碼方式以全部國家平均值作為標準差進步最大值，分析出以：

1. 4.1.21 GDP 與能源消費
2. 4.4.11 污水處理廠數百分比
3. 4.4.01 醫療衛生支出佔 GDP 百分比
4. 4.2.01 電信投資佔 GDP 百分比
5. 4.5.01 教育總支出

五項指標為我國目前投資基礎建設項目能進步最大名次。

5.1.4 指標漣漪效應

1. 改善 4.1.21 GDP 與能源消費指標：IMD 評估細項中有九項與能源生產或消費有關，同時可望提升「二氧化碳排放量」、「永續發展」、「污染防制」等細項評比，顯示能源產業發展對我國競爭力排名的提升有很大助益。

2. 改善 4.4.11 污水處理廠數百分比：近幾年政府大力推動相關工程包含污水下水道、排水治理系統等，當中新十大建設之污水下水道總經費約 1300 億，後續規劃尚有 5000 億元，而「易淹水地區水治理綱要計畫」初步規劃八年施作、總經費 800 億元，預計實施後可提升「污水處理」、「永續發展」、「污染防治」等項目排名。

3. 改善 4.4.01 醫療衛生支出佔 GDP 百分比：發展相關醫療設施與老人安養建設影響 IMD 細項有「醫療健康之消費支出」、「平均壽命」、「醫療衛生支出佔 GDP」等，將可望提升我國國家競爭力排名。

4. 改善 4.1.18 電信投資佔 GDP 百分比：政府近幾年積極推動「M 台灣計畫」及一系列之寬頻建設、無線上網等規劃，不僅提升 IMD 子評比項目「科技建設」強調的通訊資訊發展，且提升子評比項目「科學建設」所著重之研發人才、專利等技術，除保有國家之競爭優勢，且能提升我國相關細項之排名。

5. 改善 4.5.01 教育總支出：由政府推動「頂尖大學及研究中心」計畫，將培育高級科技或特色領域之優秀人才，加強大學跨校研究中心及國際合作交流，但教育為百年之大計，其成效雖無法於短期看出，但立於國家民族長遠發展之觀點下，仍需持續與予鼓勵與推進。

5.1.5 敏感度分析

在做投資最佳化後，若想知道在總金額變動情況下，進步名次會有何變化，利用貪婪演算法為理論運算，若總投資金額分佈從 500\$十億元(NT)到 3000\$十億元(NT)，間隔 200\$十億元(NT) (如圖 5-8)，發現在原本 1500\$十億元(NT)附近只能進步 2 名，若把總投資金額上升到 1700\$十億元(NT)便能進步 4 名。

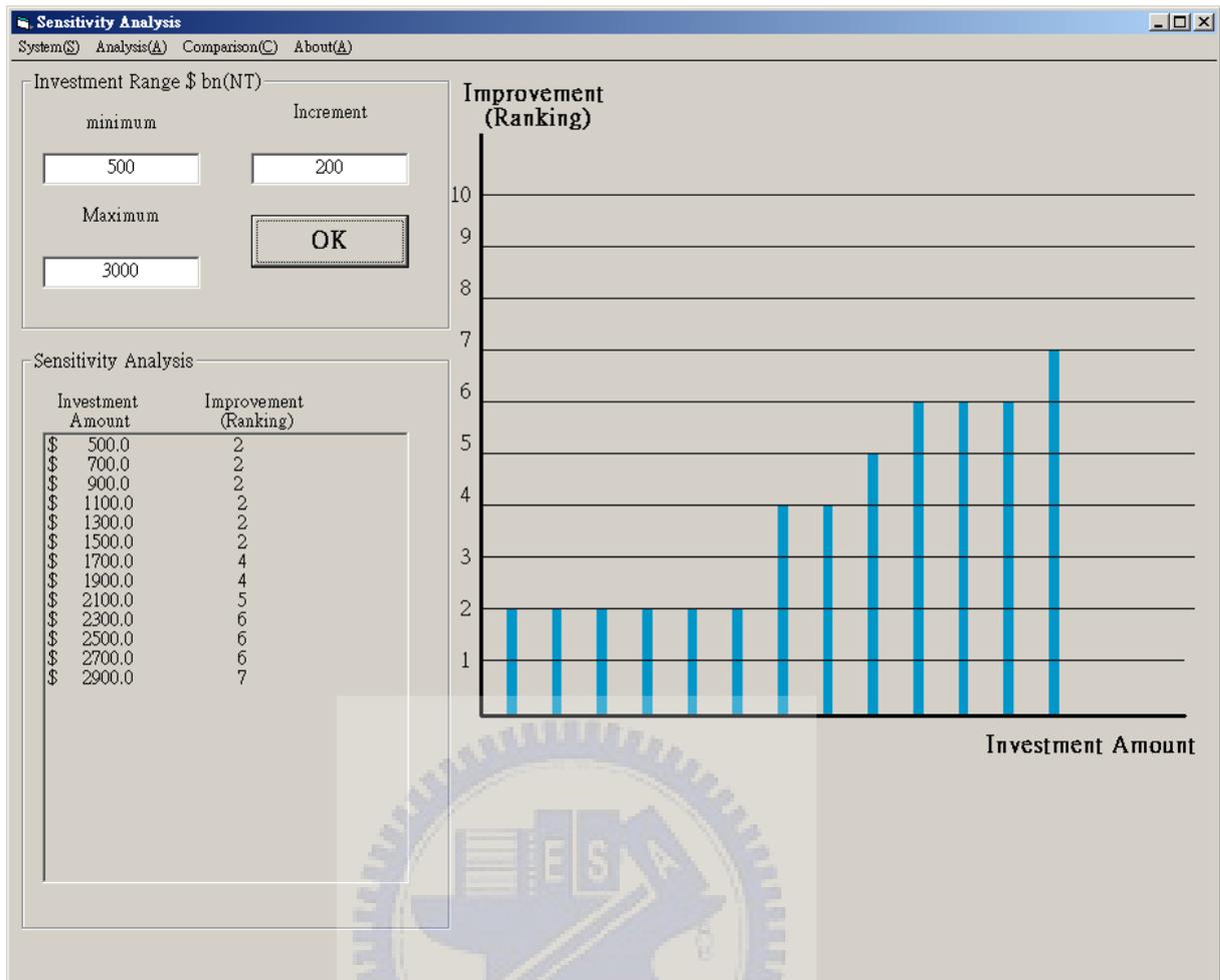


圖 5-8 敏感度分析

5.2 借鏡它國系統

5.2.1 國家基本特性分析

以圖 5-8 左半部分為 2004 年各國家特徵與特徵值，右半部分畫面為借鏡它國分析系統。

情境一：

假設條件：

1. 人均 GDP 要大於等於 20000 美元
2. GDP 成長率要大於等於 3%
3. 基礎建設排名要高於台灣(20)

符合國家有 1.) 冰島 2.) 美國。因冰島人口僅有 30 萬、美國人口幾近 3 億，所以兩國都不適合做為台灣參考(圖 5-9)。

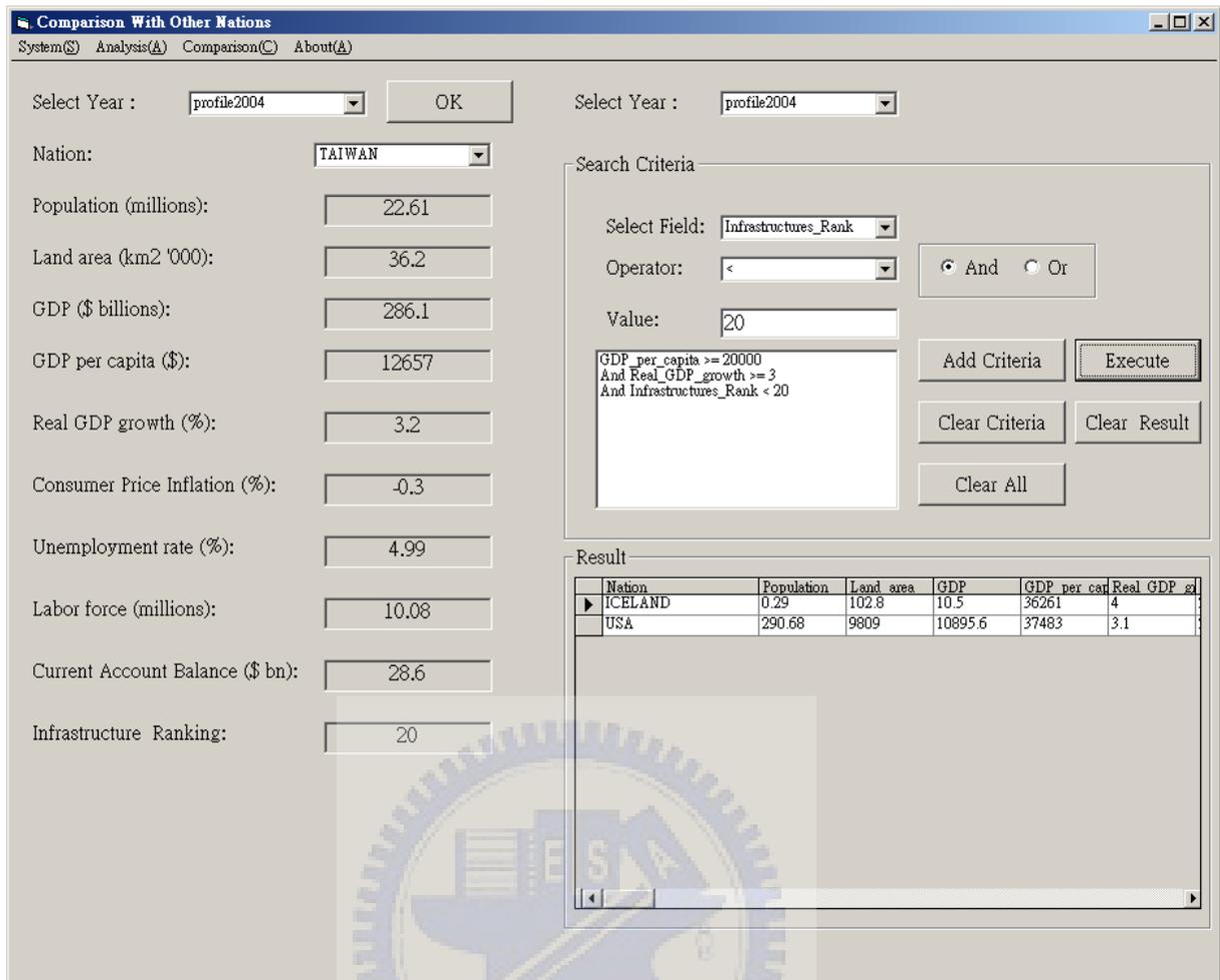


圖 5-9 國家分析(1)

情境二：

假設條件：

1. 人均 GDP 要大於等於 20000 美元
2. 消費者物價指數小於等於 2%
3. 失業率小於 5%
4. 基礎建設排名要高於台灣(20)

符合國家有 1.)奧地利 2.)冰島 3.) 新加坡 4.) 瑞士。因冰島人口僅有 30 萬，所以不適合台灣參考(如圖 5-10)。

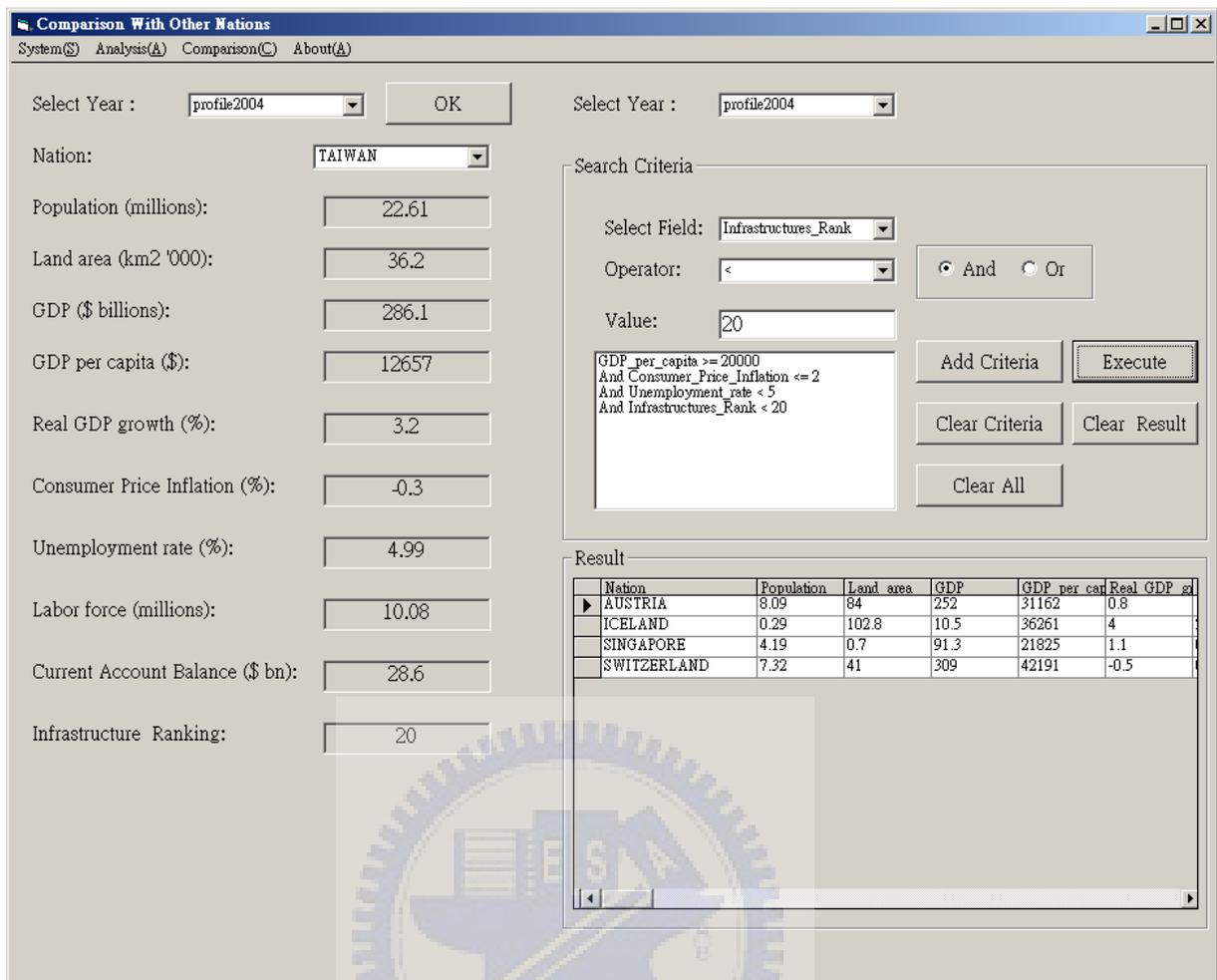


圖 5-10 國家分析(2)

5.2.2 指標相似分析

經由上述國家分析系統，由於特徵條件與特徵值取法各異，造成借鏡國家未必能作為參考依據，故以台灣最弱勢指標(Taiwan Top-10 Weakness Indices)作為一標準，若有其他借鏡國家其弱勢指標與台灣大同小異但其基礎建設排名排名高於台灣，其發展條件背景與台灣相符，一方面可以藉其改善台灣弱勢指標，另一方面更參考其優勢指標可作為台灣仿效(圖 5-11)。

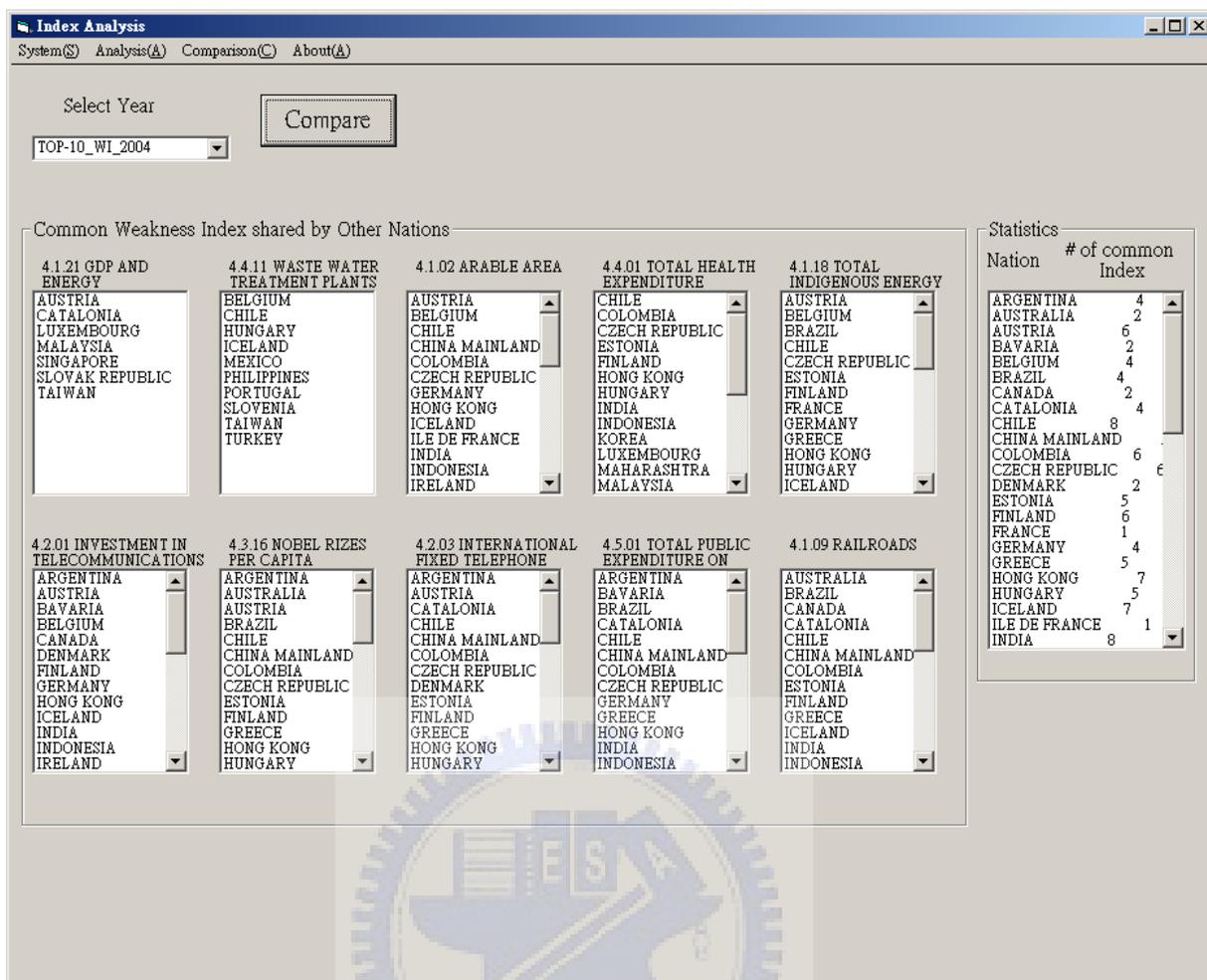


圖 5-11 指標分析比較

經由上述分析後，將各國同台灣最劣勢 10 項指標次數作一統計(如表 5-3)，當中分佈次數最接近台灣且值得台灣借鏡國家有 1.)香港 2.)冰島 3.)新加坡(同為七項)。

表 5-3 同台灣劣勢指標次數統計

國家	同劣勢指標項目	國家	同劣勢指標項目	國家	同劣勢指標項目
TAIWAN	10	PORTUGAL	6	LOMBARDY	4
PHILIPPINES	9	RUSSIA	6	POLAND	4
CHILE	8	SLOVAK REPUBLIC	6	ROMANIA	4
INDIA	8	VENEZUELA	6	SCOTLAND	4
KOREA	8	CHINA MAINLAND	5	SWEDEN	4
MEXICO	8	ESTONIA	5	UNITED KINGDOM	4
THAILAND	8	GREECE	5	NETHERLANDS	3
TURKEY	8	HUNGARY	5	NEW ZEALAND	3
HONG KONG	7	ISRAEL	5	NORWAY	3
ICELAND	7	JORDAN	5	SOUTH AFRICA	3

INDONESIA	7	LUXEMBOURG	5	SWITZERLAND	3
SINGAPORE	7	SLOVENIA	5	USA	3
AUSTRIA	6	SPAIN	5	AUSTRALIA	2
COLOMBIA	6	ZHEJIANG	5	BAVARIA	2
CZECH REPUBLIC	6	ARGENTINA	4	CANADA	2
FINLAND	6	BELGIUM	4	DENMARK	2
ITALY	6	BRAZIL	4	FRANCE	1
JAPAN	6	CATALONIA	4	ILE DE FRANCE	1
MAHARASHTRA	6	GERMANY	4	RHONE ALPS	1
MALAYSIA	6	IRELAND	4	SAO PAULO	1

經由上述國家分析與指標分析後，以新加坡作為比較，根據台灣最劣勢指標與其做比較，新加坡在其中有七項與台灣同處於劣勢指標(如圖 5-12)：

1. 4.1.21 GDP 與能源消費
2. 4.1.02 可耕地面積
3. 4.4.01 醫療衛生支出佔 GDP
4. 4.1.18 總本國能源生產
5. 4.3.16 百萬人口之諾貝爾得獎數
6. 4.2.03 國際電話固定成本
7. 4.5.01 教育總支出

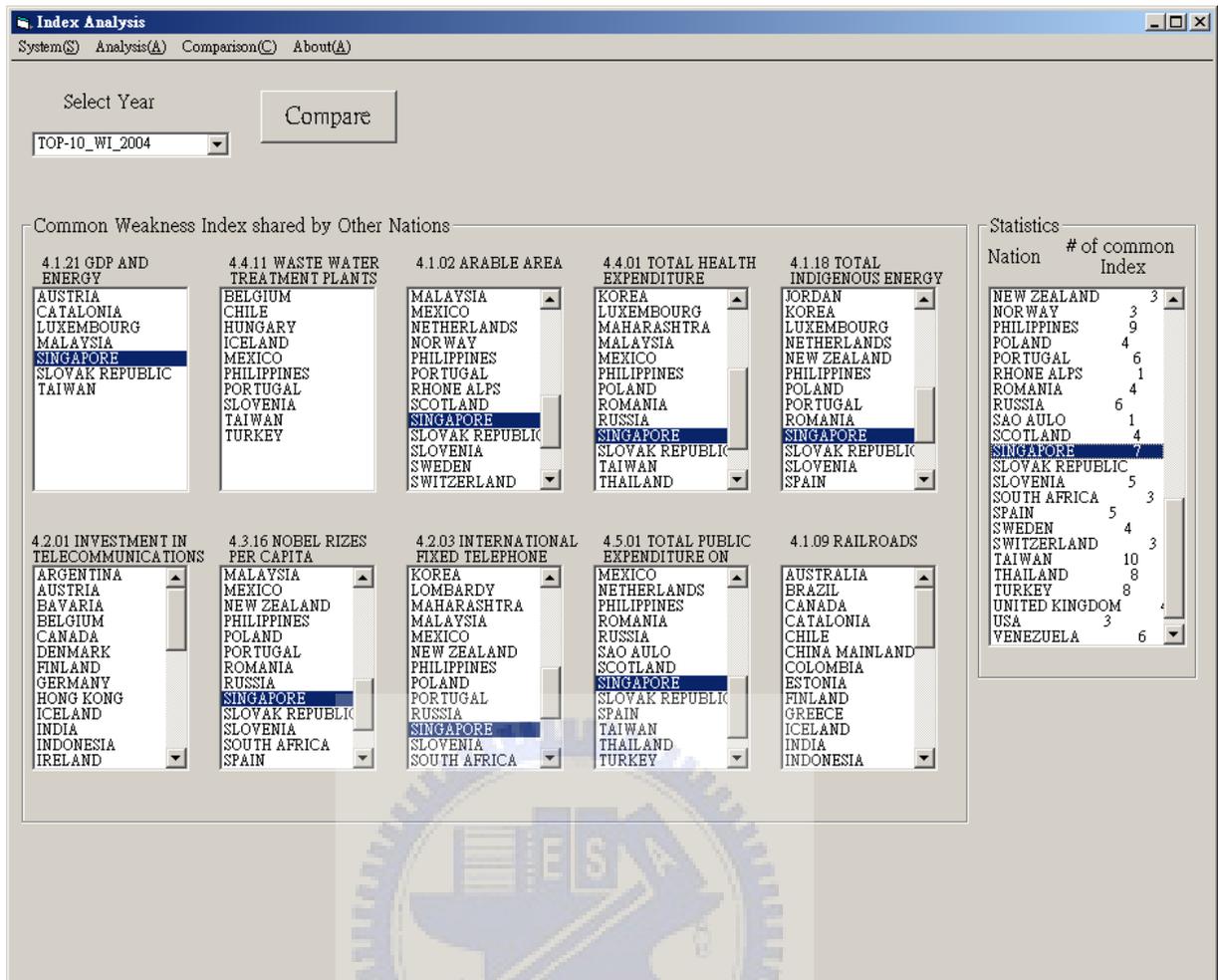


圖 5-12 新加坡同台灣最劣勢指標項目

5.3 綜合比較

5.3.1 指標比較

以歷年最劣勢指標中，比較台灣與新加坡在各指標差異，取 4.1.21GDP 與能源消費作例子，其中新加坡以紅線、台灣以綠線表示(圖 5-13)，由圖可知台灣從 1994 年一路下滑到-10.849%，台灣近幾年經濟成長和緩，但能源消費卻與日遽增，造成指標數據低落；與新加坡比較更從 1994 年 3% 差異，到了 2004 已擴大到 5.8% 差異。

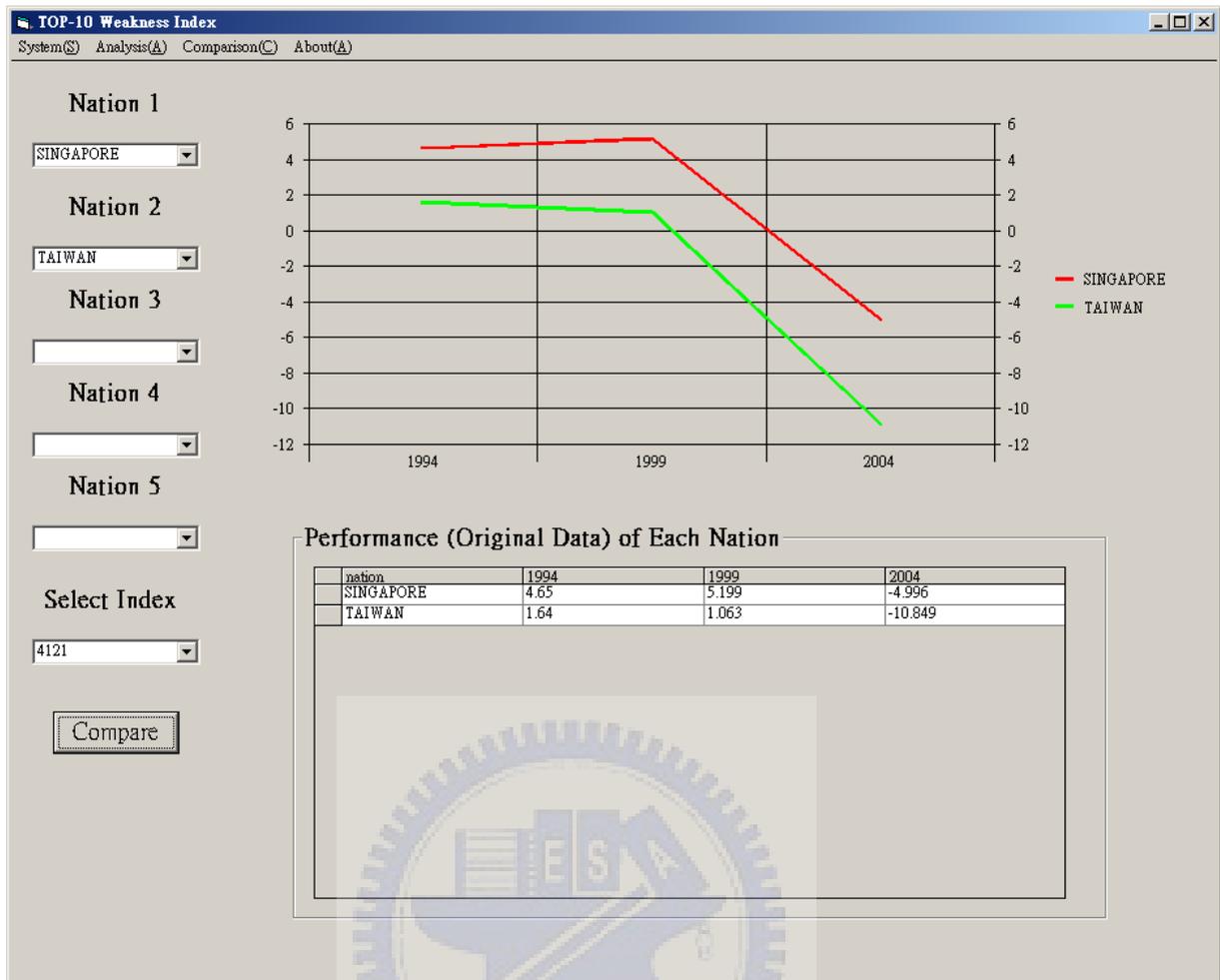


圖 5-13 最劣勢指標與它國歷年分佈比較

經由排名提升系統運算，在政府總預算 15351 億元之下，4.121 GDP 與能源消費將進步 2.697 個 STD，換算回原始數值 $2.697 \times 3.49 + 0.68 = 10.093\%$ ，使得數值進步到 $-10.849 + 10.093 = -0.756\%$ 遠遠勝過新加坡 2004 年數值 (-4.996%) (如圖 5-14)，並與基礎建設前十名國家平均 (0.623%) 差距從 11.472% 拉近至 1.379% 。

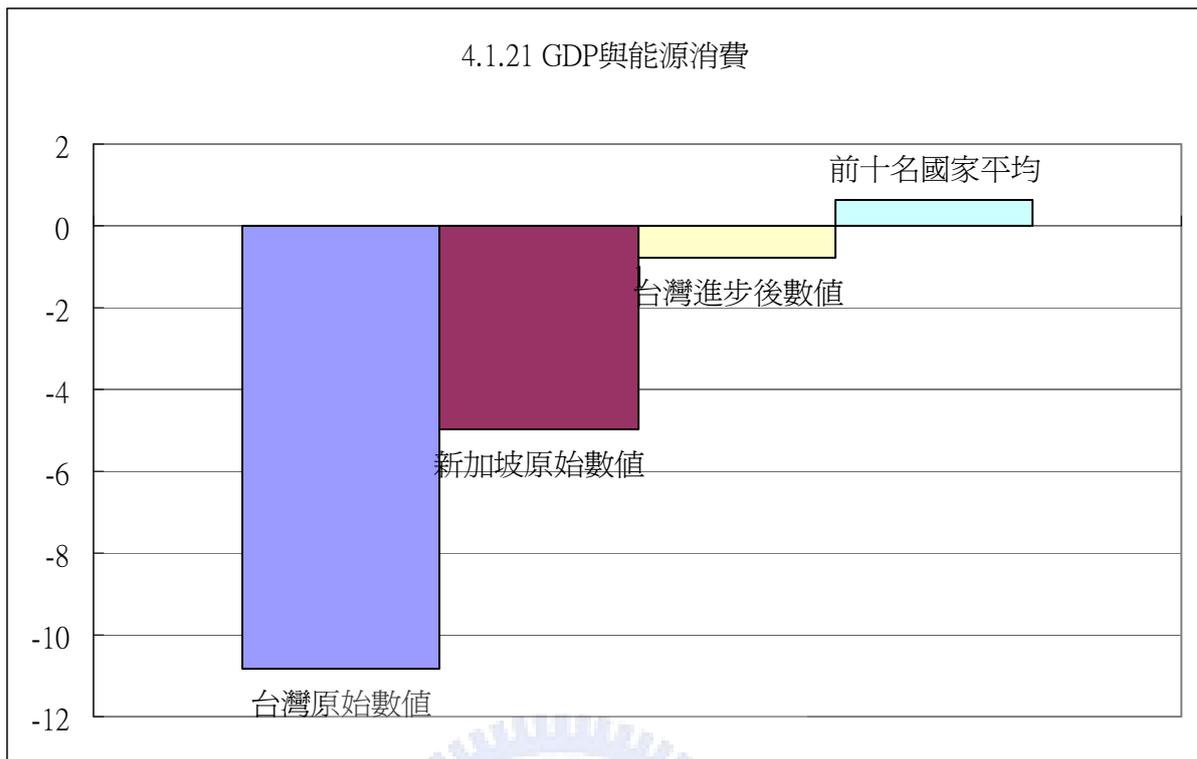


圖 5-14 4.1.21 項台灣與各國比較

5.3.2 國家比較

在以提升排名最大前提下，依基因演算法做最佳化計算，染色體編碼方式以全部國家平均值作為標準差進步最大值，分析出以：

1. 4.1.21 GDP 與能源消費
2. 4.4.11 污水處理廠數百分比
3. 4.4.01 醫療衛生支出佔 GDP 百分比
4. 4.1.18 電信投資佔 GDP 百分比
5. 4.5.01 教育總支出

五項指標為我國目前投資基礎建設項目分配。

若以借鏡國家(新加坡)指標發展策略決定台灣基礎建設投資分配，同樣以提升排名最大作為前提下，依基因演算法做最佳化計算，改變染色體編碼方式為與借鏡國家(新加坡)之差異作為標準差進步最大值，分析出以(如圖 5-15)：

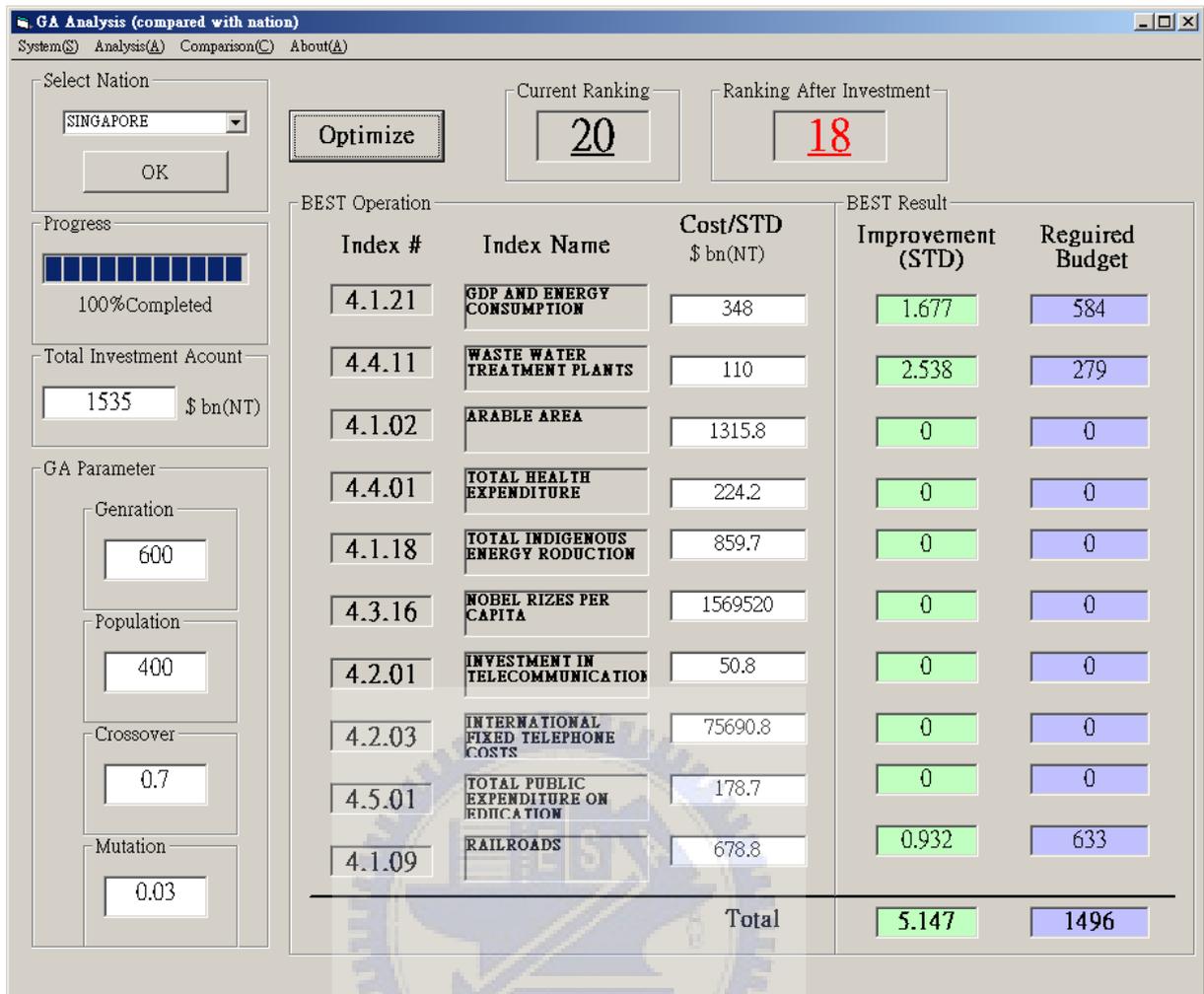


圖 5-15 總投資最佳化(與它國做比較)

1. 4.1.21 GDP 與能源消費
2. 4.4.11 污水處理廠數百分比
3. 4.1.09 鐵路

三項指標為我國在參考它國(新加坡)發展策略下，決定基礎建設投資項目分配。

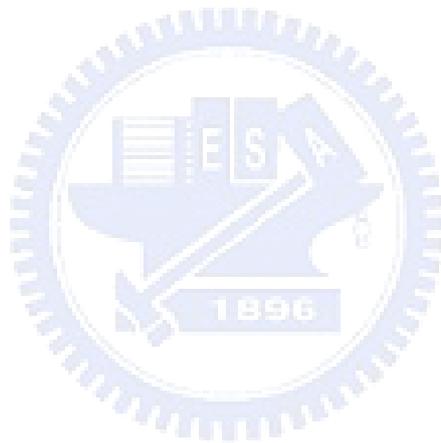
5.4 小結

在排名系統中，只能由標準差差異與單位成本去推估排名最佳化，進而得到各指標進步標準差與投資金額，卻無法瞭解其原始數值變化與跟它國差異，經由提升排名、借鏡它國系統互相比較，能讓使用者更瞭解各指標意涵與進步空間。本研究模式於應用上仍必須就以下幾點作一考量與說明：

1. 藉由基因演算法最佳化時，因本案例初始解範圍為極大解，若經多代演化後其解有太多無用之解，世代平均解無法隨世代演進而收斂，導致以世代平均解與最佳解之差距作為收斂條件的話，會無法找出最佳解，故以代數限制使其找

出解，不以每代進步幅度來作為停止條件。

2. 在借鏡他國系統，先藉由各特徵條件與特徵值篩選出可作為本國基礎建設參考國家，事實上並無一個國家跟其他國家在基本條件、產業結構等是相符合，若取太多特徵條件來做篩選，可能造成結果是會找不到可參考之國家。因此，在本研究只好先提幾個特徵條件找出適合參考國家，再以個人手動來判斷其中國家是否值得作為台灣之參考。



第六章 結論與建議

6.1 結論

從國家建設觀點，推動擴張性財政政策取決於成本效益，而非財政狀況。政府固不能因財政寬鬆而浪費公帑，也不能因財政困難而延宕建設。另由 IMD 評比指標，歷年來台灣基礎建設的排名大都低於整體競爭力排名，基礎建設似乎成為競爭力難以大幅向前的因素之一。為了提升台灣國際競爭力，擴大公共投資、強化基礎建設乃為重要手段。

在自由市場經濟體系，民間投資固為投資主力，但當民間投資意願低落時，具公共財性質的基礎建設擴張即成為促進內需、提振民間活力，支持經濟成長的重要動力。公共投資涵蓋範圍廣泛，攸關國家整體發展，特別是在全球化時代，基礎建設、法規制度等非貿易財已成為決定國家競爭力的主要因素。

本研究藉由 IMD WCY 客觀分析全球主要經濟體現況與未來發展目標，進一步替台灣決定在單一年度下(政府歲出不足之虞)，如何優先選擇重要指標作為投資標的，並經由參考國家來確認其指標改善是有其效果與迫切性，兩者再互相驗證與決策。

6.2 建議

研究整體基礎建設發展策略是個很龐大的問題，本研究藉由國家競爭力的觀點決定我國未來發展基礎建設重點與借鏡它國發展角度來檢視我國基礎建設現況，而本研究只試圖勾勒出其雛形，仍有許多未解之處，期望提出下列後續研究方向，使得在此方面研究有更好成果。

一、提升排名系統

1. 各指標之單位成本僅為根據 IMD WCY 之解釋定義所大略求解，缺乏更嚴謹數據或模式驗證，所以未來工作能以此為方向，使整體系統更臻完備。
2. 指標的改善難易度，不僅於投入金額有關，更與所需花費時間有密切關係，如教育是屬於百年大計，其成效之大小在短時間是很不明顯的。
3. 比較分析各指標之漣漪效應，在投資一指標後，對其他指標所造成影響將其數值化導入系統運算。
4. 加入公營事業、民間企業投入部分，分析更精確之政府總預算對基礎建設影響。

二、借鏡它國系統

1. 目前由於 IMD WCY 發行之份數有限，無法滿足做時間序列部分，後續研究可考慮加入。
2. 目前參考國家特徵主要由 IMD WCY 所提供，後續研究可加入更多特徵如：產

業結構、自然資源、區域地理等，以更精確得知欲參考國家。

3. 本研究在台灣劣勢指標相似分析僅屬於表格呈現方式，無法讓使用者更簡單、清楚明白各劣勢指標所對應之國家，因此需在視窗視覺處理方面多加著墨，此方面可作為未來研究者參考方向。



參考文獻

- Alicia, H. M. Policy Watch : Infrastructure Investment and Economic Growth, *Journal of Economic Perspectives*, 6(4), p.189~198. (1992)
- Argimon, I., Gonzales-Paramo, J. M. and Roldan, J. M. Evidence of public spending crowding-out from a panel of OECD countries, *Applied Economics*, 29,p.1001~1010.(1997).
- Aschauer, D. A. Is Public Expenditure Productive *Journal of Monetary Economics*, 23, pp.177-200. (1989).
- Bill P. Buckles, Frederick E. Petry, *Genetic algorithms*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, (1992)
- 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)
- Clark, R. M. Developing a data base on infrastructure needs, *Journal of the American Water Works Association*, v 81, n 7, Jul, p 81-87. (1989)
- Crocombe, F. T., Enright, M. J. and Porter, M. E. *Upgrading New Zealand's competitive advantage*. Auckland: Oxford University Press. (1991)
- Daly, D. J. (1993). Porter's diamond and exchange rates. *Management International Review Special Issue*, pp.119-134.
- DeJong K., "Adaptive systems design: A genetic approach," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-10, pp.566-574, (1980)
- DeJong, Kenneth., *An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems*, Ph.D. Dissertation, University of Michigan, University Microfilms No. 76-9381., (1975)
- Dixhoorn, J. Ports and Waterways Infrastructure in the Netherlands, *Bulletin of the Permanent International Association of Navigation Congresses*.(1984)
- Dunning, J. H. The competitive advantage of countries and the activities of transnational corporations. *Transnational Corporations*, February, No. 1, 135-168. (1992)
- Eberts, R. Public infrastructure and regional economic development. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Cleveland, Quarter 1, 15-27. (1990)
- Faiz, A. "Financing Infrastructure Investment." In *Financing Pakistan's (1992).Development in the 1990s*, edited by N Nasim. Karachi: Oxford University Press.
- Frutos, R. F. D., Mercedes, G. D. and Teodosio, P. A.. Public capital stock and economic growth: an analysis of the Spanish economy, *Applied Economics*, 30, p.985~994.(1998)
- Garcia, M. T. and McGuire, T. The contribution of publicly provided inputs to states' economies. *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 22, no. 2, June. (1992)
- Goldberg David E., *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*, Addison-Wesley, (1989)
- Gòmez-Limòn, J.A. and Atance, I. Identification of public objectives related to agricultural sector support, *Journal of Policy Modeling*, 26, 1045-1071. (2004)
- Holtz-Eakin, D. and Schwartz, A.E. Infrastructure in a structural model of economic growth, *Regional Science & Urban Economics*, 25,pp.131-151. (1995).
- IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne,

Switzerland. (1997)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (1998)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (1999)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (2000)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (2001)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (2002)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (2003)

IMD The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland. (2004)

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* Vo.6 No.1, pp53-70. (1997).

Mandele, M., Walker, W. and Bexelius, S. Policy Development for Infrastructure Networks: Concepts and Ideas, *Journal of Infrastructure Systems*, June, p69-76. (2006)

Mankiw, N. G. *macroeconomics*, Worth Publisher, 4th fifth edition, p.16. (2000).

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* 7, 135-150 (1998).

Moon, H. C. A revised framework of global strategy: Extending the coordination-configuration framework. *The International E.'cecutive*, 36(5), 557-574. (1994).

Narula, R. (1993) A dynamic competitive development model. *Management International Review Special Issue*, 85-107.

Onera M. A. and Saritas O. A systems approach to policy analysis and development planning: Construction sector in the Turkish 5-year development plans, *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 886-911. (2005)

Oral M. and Chabchoub H. On the methodology of the World Competitiveness Report, *European Journal of Operational Research* 90, 514-535. (1996)

Otto G. D. and Voss G. M. Public capital and Private Production in Australia, *Sothern Economic Journal* , 62 , p.723~738. (1996).

Porter, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*, New York: The Free Press.

Porter, M. E. and Armstrong, J. (1992). *Canada at the crossroads: Dialogue*. *Business Quarterly*, Spring, 6-10. (1990).

Porter, M. E. *Canada at the Crossroads: The Reality of New Competitive Environment*, A Government of Canada Publication. (1991)

Rattso, J. "Agreegate local public sector investment and shocks : Norway 1946-1990" ,

Applied Economics, 31, p.577-584. (1999)

Robert, E. L. Infrastructure and Private Sector Investment in Pakistan, Journal of Asian Economics, Vol. 8, No. 3, pp. 393-420. (1997).

Short J. and Kopp A. Transport infrastructure: Investment and planning. Policy and research aspects, Transport Policy, vol 12, 360-367. (2005)

Su, C. K., Lin, C. Y. and Wang, M. T. Taiwanese construction sector in a growing maturity economy, Construction Management and Economics, 21,719-728. (2003)

Tabachnick, B. G. and Fidell L.S Using multivariate statistics (4th edition), Boston: Allyn and Bacon, pp.80.(2001)

WEF and IMD The World Competitiveness Report, World Economic Forum and the Institute for Management Development, 13th ed., Lausanne, Switzerland. (1993)

WEF and IMD The World Competitiveness Report, World Economic Forum and the Institute for Management Development, 13th ed., Lausanne, Switzerland. (1994)

WEF and IMD The World Competitiveness Report, World Economic Forum and the Institute for Management Development, 13th ed., Lausanne, Switzerland. (1995)

WEF and IMD The World Competitiveness Report, World Economic Forum and the Institute for Management Development, 13th ed., Lausanne, Switzerland. (1996)

Yoon, B. S. "State Power and Public R&D in Korea: A Case Study of the Korea Institute of Science and Technology," Ph.D. Dissertation, University of Hawaii, pp.97-98.(1992)

王品心，公共資本對製造業生產之影響-台灣地區之實證，成功大學都市計畫研究所碩士論文，民國88年。

王世旭，依競爭力觀點選擇國家重點基礎建設項目之研究，交通大學博士論文，民國96年。

王國榮，Visual Basic 6.0資料庫程式設計，旗標出版社，台北，民國88年。

林信成，精通Visual Basic 6程式設計，第三波資訊股份有限公司，台北，民國89年。

洪端闈，從IMD國家競爭力排名探討公共工程投資與產業趨勢，營建知訊，民國95年。

徐子光，經濟情勢暨評論季刊，第5卷第1期，民國88年6月。

桂思強，資料庫系統開發聖經-以Access 2003實作，學貫行銷出版社，台北，民國93年。

莊奕琦、王雅楓，我國未來基礎建設投資推估之研究，行政院經濟建設委員會委託計畫，1999。

張芳全，國家發展指標研究，台北，民國84年。

馮智捷，台灣公共投資對私部門經濟影響之研究，台北大學經濟學研究所碩士論文，民國88年。

曾惠斌，歐、美、日各國於國家不同發展階段所對應之基礎建設發展策略，行政院公共工程委員會專案研究計畫，2001。

經建會，中華民國八十五年經濟年報:提昇國家競爭力，台北，民國86年。

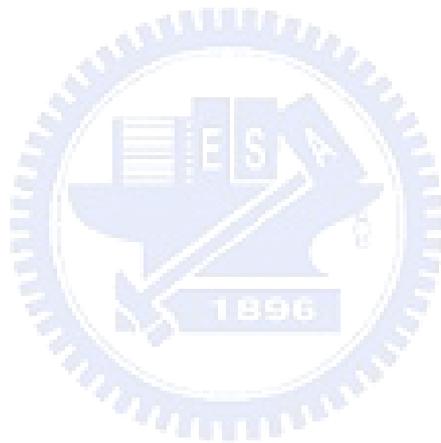
經建會，國家競爭力之意義與內涵，專題研究特刊第2號，行政院經濟建設委員會綜合計畫處，民國88年2月，第3-8頁。

譚家蘭，資料庫管理系統-理論與實務=Database Management Systems Theory and Practice，台北，民國94年。

鄭明淵，歐美日韓各國營建產業制度與政策研究，行政院公共工程委員會委託研究案，台灣科技大學，2002。

蔡蕙如，政府公共工程資本存量佔民間產出比例之研究-台灣之實證，台灣大學碩士論文，民國91年。

顏春煌，資料庫系統原理與應用，金禾出版社，台北，民國96年。



附錄 A 外審意見回覆表

謝東儒老師			
項次	問題	回應	頁數
1	IMD WCY 資料來源已發行 19 本 (1989~2007)，為何只蒐集 1993~2006 年資料？	本研究礙於經費限制僅蒐集 14 本(1993~2006)資料。瑞士國際洛桑管理學院 (http://www02.imd.ch/)，提供國家競爭力年報之線上下載服務，每本競爭力年報需收費 CHF 900 瑞士法郎(約為台幣 26,550 元)。	P17
2	在本研究台灣劣勢指標指標相似分析屬於表格呈現方式，是否能以圖表方式呈現？	本研究研究重點在借鏡國家參考分析部分，在視窗視覺處理方面無多加著墨，但此方面可為未來研究參考方向。	P75
潘南飛老師			
項次	問題	回應	頁數
1	行政院目前「擴大內需」政策，對於國家競爭力提升是否有幫助？	政策只要能達到國民需求、符合國家利益、及促進國家永續發展對於國家競爭力皆有正面提升，但由於「擴大內需」政策其爭議之處太多，且擴大內需議題所包含範圍太為廣泛，遠超過本研究以基礎建設投資之研究範圍。	P13
2	本研究在基因演算法中其目標函數為何？	本研究其目標函數為在一投資金額下能進步名次最大。以 IMD WCY 排名而言，基礎建設名次前後根據於分數(score)高低，分數高低取決於 STD 總和，藉由基因演算法找出投資哪些項目進步 STD 總和能最大。	P46

3	由 GA 目標函數之解為何可說是最佳解？	<p>1. IMD 國家競爭力總排名底下分為四個項目評分，基礎建設僅是其中一項，本研究僅對基礎建設作其排名最佳化。</p> <p>2. 實務上對於基礎建設投資屬於全面性投資，不可能侷限於某幾樣項目。本研究假設僅考量各投資項目進步標準差與單位成本下，在進步名次最大前提下需投資哪些項目與金額；技術上本研究最佳化過程中，假設其他國家都沒變動，只以我國各指標數值變動，作為進步名次之依據，且投資金額與名次間為線性關係，但現實中非為限性關係，因此本研究只能說符合某些限制條件之最佳解。</p>	P54
4	在本系統程式中如何由亂數隨機產生初始解？	由於本研究一條染色體具有 10 個基因，單純使用 Rnd 函數時可能會同時產生一樣的亂數，為避免此一狀況發生，故本研究在程式中以 Randomize 函數隨機產生不同亂數數值。	P46
楊亦東老師			
項次	問題	回應	頁數
1	如何讓 GA 流程表達方式更佳？	本研究新增圖 4.4 基因演算法流程圖表示整體運算過程，並詳述每一步驟作法。	P48~P52
2	在基因演算法中各指標分配總金額為何有無限多解？	原先無限多解已改為極大解。 各指標分配總金額應為極大解，而非無限多解，各指標分配總金額經由基因演算法得知最佳解配置，使用者自設基礎建設總預算為固定，兩者關係為各指標分配總金額需小於或等於基礎建設總預算	P46
3	在 IMD WCY 中標準差與名次兩者	IMD WCY 中名次高低依據於標準差大小，因各競爭力指標(criteria)單位各異，所以需	P21~P22

	關係為何？	先將指標標準化，再依各指標權重不同合計各項指標，計算出總體標準差大小，再把總體標準差值投影於 0~100 之間，視為各國得分(Score)，依得分高低排名。	
4	如何決定投入基礎建設總預算金額多寡？	使用者可依金額來源與擁有者來決定基礎建設投資金額，金額來源有固定資本形成毛額與政府最終消費，依擁有者可分為政府、公營事業、民間企業。	P9~P12
5	投資項目中各指標單位成本如何估算？	本研究依王世旭(2007)所提供之各指標單位成本作為本研究之用。已在 P44 舉一例子說明單位成本如何估算。	P44
6	每一章節結尾需有一小結。	增加第 2、4 章小結。	P28、P54
7	既然有提到基因演算法，需把基因演算法寫入研究目的。	已更正內容： 建置國家競爭力提升排名系統：根據政府歷年基礎建設支出並利用基因演算法，在進步名次最大下搜尋出各劣勢指標投資金額最佳配置決定基礎建設發展重點與需投資金額，以供政府推動中、長期計畫之參考。	P2
8	圖表與標題未放於同一頁。	已更正排版方式。	
9	文獻排序原則為何？	已更正，依字母排序。	P76~P79
10	補充最佳化收斂歷史圖表。	原本將此結果放於附錄，後來已新增小節說明。由最佳參數組合作多次實驗，證明此參數組合確實能找到最佳解，多次試驗最佳解值差異不大證明此解已收斂。	P61
曾仁杰老師			
項次	問題	回應	頁數

1	為何取整體國家標準差平均值來作為指標進步標準差上限？	本研究十項投資項目每項標準差值皆小於整體國家標準差平均值，故取整體國家標準差平均值來作為指標進步標準差上限。本研究假設進步標準差上限，依國家名次不同有三種進步上限：1.)第一名國家數值、2.)排名前 1/2 國家平均值、3.)總體國家平均值，若以 4.1.21GDP 與能源消費項目為例，以加拿大為例，其排名為 7，便以第一名國家數值作為其進步標準差上限；以台灣為例，其排名為 60，便以總體國家平均值作為其進步標準差上限。	P44~P45
2	說明如何決定 GA 參數設定。	本研究由 9 組參數來決定最適 GA 參數組合，並作多代數演化來證明其為最佳解參數設定。	P56~P61



附錄 B 系統程式碼

GA 投資最佳化

```
Dim i, j, d, k, l, h, p, temp, no0p As Integer
Dim a, b, c, m, n, ratio, temp, rankfitnessmax, rank As Double
Dim ictf As Double
Dim maxic1, maxic2, maxic3, maxic4, maxic5 As Double
Dim maxic6, maxic7, maxic8, maxic9, maxic10 As Double
Dim tic, gen, population, crossover, mutation As Double
Dim mloc, nloc, maxloc As Integer
Dim uc01, uc02, uc03, uc04, uc05, uc06, uc07, uc08, uc09, uc10 As Double
Dim discost(), discost2() As Double
Dim impdev(), impdev2() As Double
Dim icf() As Double
Dim icrws() As Double
Dim fitness() As Double
Dim rankfitness() As Double
Dim rankfitness2() As Double
Dim iccopytest(1 To 2, 1 To 10) As Double
Dim iccrossovertest() As Double
Dim alldiscost() As Double
Dim tempdiscost() As Double
Dim proportion As Double
Dim penalty, penalty2 As Double
'-----
'-----
'清除運算後結果
impdev01 = " ": impdev02 = " ": impdev03 = " ": impdev04 = " ": impdev05 = " "
impdev06 = " ": impdev07 = " ": impdev08 = " ": impdev09 = " ": impdev10 = " "
impcost01 = " ": impcost02 = " ": impcost03 = " ": impcost04 = " ": impcost05 = " "
impcost06 = " ": impcost07 = " ": impcost08 = " ": impcost09 = " ": impcost10 = " "
```

```

imprank.Caption = "": total_impdev.Caption = "": total_impcost.Caption = ""
'-----
'先設動態陣列
population = Round(fpopulation, 2)
p = population '使用者自設染色體組數
ReDim discost(1 To p, 1 To 10), discost2(1 To p, 1 To 10) As Double
ReDim impdev(1 To p, 1 To 10), impdev2(1 To p, 1 To 10) As Double
ReDim icf(1 To p) As Double
ReDim icrws(0 To p) As Double
ReDim fitness(1 To p) As Double
ReDim rankfitness(1 To p) As Double
ReDim rankfitness2(1 To p) As Double
ReDim iccrossovertest(1 To p, 1 To 10) As Double
ReDim alldiscost(1 To p, 1 To 10) As Double
ReDim tempdiscost(1 To p, 1 To 10) As Double
'-----
'各指標投資金額需小於單位成本*改善最大標準差
uc01 = Round(fuc01, 2) '5
uc02 = Round(fuc02, 2) '2
uc03 = Round(fuc03, 2) '8
uc04 = Round(fuc04, 2) '4
uc05 = Round(fuc05, 2) '7
uc06 = Round(fuc06, 2) '10
uc07 = Round(fuc07, 2) '1
uc08 = Round(fuc08, 2) '9
uc09 = Round(fuc09, 2) '3
uc10 = Round(fuc10, 2) '6
tic = Round(ftic, 4)

For i = 1 To p

```

Randomize

If uc01 / 100 > tic Then uc01 = 0

If uc02 / 100 > tic Then uc02 = 0

If uc03 / 100 > tic Then uc03 = 0

If uc04 / 100 > tic Then uc04 = 0

If uc05 / 100 > tic Then uc05 = 0

If uc06 / 100 > tic Then uc06 = 0

If uc07 / 100 > tic Then uc07 = 0

If uc08 / 100 > tic Then uc08 = 0

If uc09 / 100 > tic Then uc09 = 0

If uc10 / 100 > tic Then uc10 = 0

maxic1 = Val(uc01) * 3.33

maxic2 = Val(uc02) * 2.66

maxic3 = Val(uc03) * 0.72

maxic4 = Val(uc04) * 0.69

maxic5 = Val(uc05) * 0.65

maxic6 = Val(uc06) * 0.54

maxic7 = Val(uc07) * 0.56

maxic8 = Val(uc08) * 0.52

maxic9 = Val(uc09) * 0.27

maxic10 = Val(uc10) * 0.31

tempdiscost(i, 1) = maxic1 * Rnd

tempdiscost(i, 2) = maxic2 * Rnd

tempdiscost(i, 3) = maxic3 * Rnd

tempdiscost(i, 4) = maxic4 * Rnd

tempdiscost(i, 5) = maxic5 * Rnd

tempdiscost(i, 6) = maxic6 * Rnd

tempdiscost(i, 7) = maxic7 * Rnd

tempdiscost(i, 8) = maxic8 * Rnd

tempdiscost(i, 9) = maxic9 * Rnd

tempdiscost(i, 10) = maxic10 * Rnd

For j = 1 To 10

alldiscost(i, j) = tempdiscost(i, j)

Next j

'Else

'i = i - 1

'End If

Next i

'-----

'門檻值規則運用

'-----gen=0

gen = 0

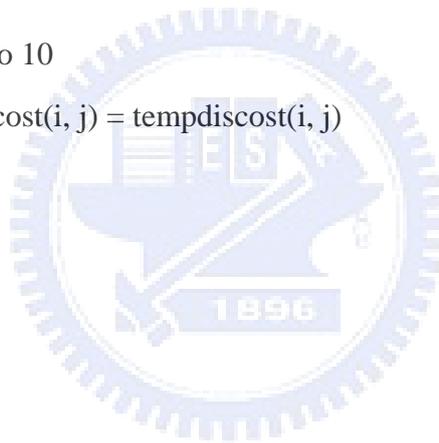
'-----

Do

For i = 1 To p

For j = 1 To 10

discost(i, j) = alldiscost(i, j)



```

    Next j
Next i
'-----
'rankfitness,impdev=0, penalty = 0
For i = 1 To p
    rankfitness(i) = 0
    For j = 1 To 10
        impdev(i, j) = 0
    Next j
Next i
penalty = 0
'-----
'discost 有三種，discost>uc*dev、uc=<discost<=uc*dev、discost<uc
'impdev 有三種，impdev=maxdev、impdev=discost/uc、impdev=0

For i = 1 To p

If discost(i, 1) + discost(i, 2) + discost(i, 3) + discost(i, 4) + discost(i, 5) + _
discost(i, 6) + discost(i, 7) + discost(i, 8) + discost(i, 9) + discost(i, 10) <= tic Then

    If discost(i, 1) > maxic1 Then
        impdev(i, 1) = 3.33 'maximpdev1
    ElseIf discost(i, 1) > 0 And discost(i, 1) <= maxic1 Then '>=0,<=maxic
        impdev(i, 1) = discost(i, 1) / uc01
    Else
        impdev(i, 1) = 0
    End If

    If discost(i, 2) > maxic2 Then
        impdev(i, 2) = 2.66 'maximpdev2
    ElseIf discost(i, 2) > 0 And discost(i, 2) <= maxic2 Then

```

```

    impdev(i, 2) = discost(i, 2) / uc02
Else
    impdev(i, 2) = 0
End If
If discost(i, 3) > maxic3 Then
    impdev(i, 3) = 0.72 'maximpdev3
ElseIf discost(i, 3) > 0 And discost(i, 3) <= maxic3 Then
    impdev(i, 3) = discost(i, 3) / uc03
Else
    impdev(i, 3) = 0
End If
If discost(i, 4) > maxic4 Then
    impdev(i, 4) = 0.69 'maximpdev4
ElseIf discost(i, 4) > 0 And discost(i, 4) <= maxic4 Then
    impdev(i, 4) = discost(i, 4) / uc04
Else
    impdev(i, 4) = 0
End If
If discost(i, 5) > maxic5 Then
    impdev(i, 5) = 0.65 'maximpdev5
ElseIf discost(i, 5) > 0 And discost(i, 5) <= maxic5 Then
    impdev(i, 5) = discost(i, 5) / uc05
Else
    impdev(i, 5) = 0
End If
If discost(i, 6) > maxic6 Then
    impdev(i, 6) = 0.54 'maximpdev6
ElseIf discost(i, 6) > 0 And discost(i, 6) <= maxic6 Then
    impdev(i, 6) = discost(i, 6) / uc06
Else

```

```

    impdev(i, 6) = 0
End If
If discost(i, 7) > maxic7 Then
    impdev(i, 7) = 0.56 'maximpdev7
ElseIf discost(i, 7) > 0 And discost(i, 7) <= maxic7 Then
    impdev(i, 7) = discost(i, 7) / uc07
Else
    impdev(i, 7) = 0
End If
If discost(i, 8) > maxic8 Then
    impdev(i, 8) = 0.52 'maximpdev8
ElseIf discost(i, 8) > 0 And discost(i, 8) <= maxic8 Then
    impdev(i, 8) = discost(i, 8) / uc08
Else
    impdev(i, 8) = 0
End If
If discost(i, 9) > maxic9 Then
    impdev(i, 9) = 0.27 'maximpdev9
ElseIf discost(i, 9) > 0 And discost(i, 9) <= maxic9 Then
    impdev(i, 9) = discost(i, 9) / uc09
Else
    impdev(i, 9) = 0
End If
If discost(i, 10) > maxic10 Then
    impdev(i, 10) = 0.31 'maximpdev10
ElseIf discost(i, 10) > 0 And discost(i, 10) <= maxic10 Then
    impdev(i, 10) = discost(i, 10) / uc10
Else
    impdev(i, 10) = 0
End If

```

rankfitness(i) = impdev(i, 1) + impdev(i, 2) + impdev(i, 3) + impdev(i, 4) +
 impdev(i, 5) + _
 impdev(i, 6) + impdev(i, 7) + impdev(i, 8) + impdev(i, 9) +
 impdev(i, 10)

Else

If discost(i, 1) > maxic1 Then

impdev(i, 1) = 3.33 'maximpdev1

ElseIf discost(i, 1) > 0 And discost(i, 1) <= maxic1 Then '>=0,<=maxic

impdev(i, 1) = discost(i, 1) / uc01

Else

impdev(i, 1) = 0

End If

If discost(i, 2) > maxic2 Then

impdev(i, 2) = 2.66 'maximpdev2

ElseIf discost(i, 2) > 0 And discost(i, 2) <= maxic2 Then

impdev(i, 2) = discost(i, 2) / uc02

Else

impdev(i, 2) = 0

End If

If discost(i, 3) > maxic3 Then

impdev(i, 3) = 0.72 'maximpdev3

ElseIf discost(i, 3) > 0 And discost(i, 3) <= maxic3 Then

impdev(i, 3) = discost(i, 3) / uc03

Else

impdev(i, 3) = 0

End If

If discost(i, 4) > maxic4 Then

impdev(i, 4) = 0.69 'maximpdev4

ElseIf discost(i, 4) > 0 And discost(i, 4) <= maxic4 Then

impdev(i, 4) = discost(i, 4) / uc04

```

Else
    impdev(i, 4) = 0
End If
If discost(i, 5) > maxic5 Then
    impdev(i, 5) = 0.65 'maximpdev5
ElseIf discost(i, 5) > 0 And discost(i, 5) <= maxic5 Then
    impdev(i, 5) = discost(i, 5) / uc05
Else
    impdev(i, 5) = 0
End If
If discost(i, 6) > maxic6 Then
    impdev(i, 6) = 0.54 'maximpdev6
ElseIf discost(i, 6) > 0 And discost(i, 6) <= maxic6 Then
    impdev(i, 6) = discost(i, 6) / uc06
Else
    impdev(i, 6) = 0
End If
If discost(i, 7) > maxic7 Then
    impdev(i, 7) = 0.56 'maximpdev7
ElseIf discost(i, 7) > 0 And discost(i, 7) <= maxic7 Then
    impdev(i, 7) = discost(i, 7) / uc07
Else
    impdev(i, 7) = 0
End If
If discost(i, 8) > maxic8 Then
    impdev(i, 8) = 0.52 'maximpdev8
ElseIf discost(i, 8) > 0 And discost(i, 8) <= maxic8 Then
    impdev(i, 8) = discost(i, 8) / uc08
Else
    impdev(i, 8) = 0

```

```

End If

If discost(i, 9) > maxic9 Then
    impdev(i, 9) = 0.27 'maximpdev9
ElseIf discost(i, 9) > 0 And discost(i, 9) <= maxic9 Then
    impdev(i, 9) = discost(i, 9) / uc09
Else
    impdev(i, 9) = 0
End If

If discost(i, 10) > maxic10 Then
    impdev(i, 10) = 0.31 'maximpdev10
ElseIf discost(i, 10) > 0 And discost(i, 10) <= maxic10 Then
    impdev(i, 10) = discost(i, 10) / uc10
Else
    impdev(i, 10) = 0
End If

penalty = (discost(i, 1) + discost(i, 2) + discost(i, 3) + discost(i, 4) + discost(i, 5)
+ discost(i, 6) + discost(i, 7) + discost(i, 8) + discost(i, 9) + discost(i,
10) - tic) / tic

rankfitness(i) = impdev(i, 1) + impdev(i, 2) + impdev(i, 3) + impdev(i, 4) +
    impdev(i, 5) + impdev(i, 6) + impdev(i, 7) + impdev(i, 8) +
    impdev(i, 9) + impdev(i, 10) - penalty

End If

Next i

'-----
'適應度計算
'-----

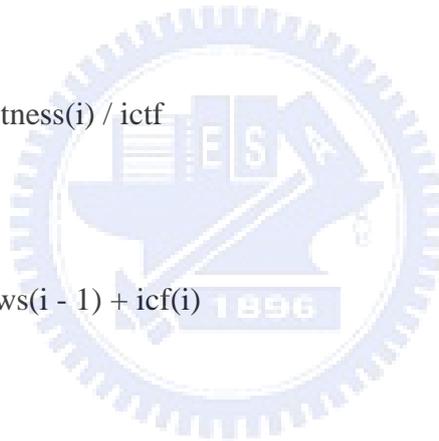
'icf,icrws,ictf=0

```

```

For i = 1 To p
    icf(i) = 0
Next i
For i = 0 To p
    icrws(i) = 0
Next i
    ictf = 0
'-----
For i = 1 To p
    ictf = ictf + rankfitness(i)
Next i
For i = 1 To p
    icf(i) = rankfitness(i) / ictf
Next i
For i = 1 To p
    icrws(i) = icrws(i - 1) + icf(i)
Next i
'-----
'複製與交配，單點交配，交配率=0.7
'-----
'iccopytest,iccrossovertest=0
For i = 1 To 2
    For j = 1 To 10
        iccopytest(i, j) = 0
    Next j
Next i
For i = 1 To p
    For j = 1 To 10

```



iccrossovertest(i, j) = 0

Next j

Next i

'-----

'複製兩條染色體並作交配

For h = 1 To p '指標要改作 h，不然會與 icrws(i)相衝

Randomize

m = Rnd

n = Rnd

For i = 1 To p

If m <= icrws(i) Then

mloc = i

For j = 1 To 10

iccopytest(1, j) = discost(mloc, j)

Next j

Exit For

End If

Next i

For i = 1 To p

If n <= icrws(i) Then

nloc = i

For j = 1 To 10

iccopytest(2, j) = discost(nloc, j)

Next j

Exit For

End If

Next i

```

c = Rnd
crossover = Round(fcrossover, 2)
If c <= crossover Then '交配率=0.7
    d = Int(Rnd * 10) + 1 '單點交配，選擇交配點
    For k = 1 To d
        icrossovertest(i, k) = icopytest(1, k)
    Next k

    For k = d + 1 To 10
        icrossovertest(i, k) = icopytest(2, k)
    Next k
Else
    h = h - 1
End If
Next h
'-----
'突變，突變率=0.02
'各指標投資金額需小於等於限定投資金額
For i = 1 To p
    a = Rnd
    b = Int(Rnd * 10) + 1
    mutation = Round(fmutation, 2)
    If a <= mutation Then '突變率=0.02
        Select Case b
            Case Is = 1
                icrossovertest(i, 1) = maxic1 * Rnd
            Case Is = 2
                icrossovertest(i, 2) = maxic2 * Rnd
            Case Is = 3
                icrossovertest(i, 3) = maxic3 * Rnd
        End Select
    End If
Next i

```

```

Case Is = 4
    iccrossovertest(i, 4) = maxic4 * Rnd
Case Is = 5
    iccrossovertest(i, 5) = maxic5 * Rnd
Case Is = 6
    iccrossovertest(i, 6) = maxic6 * Rnd
Case Is = 7
    iccrossovertest(i, 7) = maxic7 * Rnd
Case Is = 8
    iccrossovertest(i, 8) = maxic8 * Rnd
Case Is = 9
    iccrossovertest(i, 9) = maxic9 * Rnd
Case Is = 10
    iccrossovertest(i, 10) = maxic10 * Rnd
End Select
End If
Next i
'-----
'將 discost2 區帶入 iccrossovertest 計算的值
'-----
'discost=0
For i = 1 To p
    For j = 1 To 10
        discost2(i, j) = 0
    Next j
Next i
'-----
For i = 1 To p
    For j = 1 To 10
        discost2(i, j) = iccrossovertest(i, j)

```

```

        Next j
    Next i
'-----
'-----
'產生新群體，把新的 impdev 帶回到適應度計算
'多一限制式，使得 discost 總和需小於或等於總投資金額
'-----
'impdev2,alldiscost=0
For i = 1 To p
    For j = 1 To 10
        impdev2(i, j) = 0
        alldiscost(i, j) = 0
    Next j
Next i
Next i
'-----
'-----
'門檻值+適應度再次計算
'-----
'rankfitness2=0
For i = 1 To p
    rankfitness2(i) = 0
Next i
    ictf2 = 0
    icmf2 = 0
    temp = 0
'-----

For i = 1 To p
    If discost2(i, 1) + discost2(i, 2) + discost2(i, 3) + discost2(i, 4) + discost2(i, 5) _
        + discost2(i, 6) + discost2(i, 7) + discost2(i, 8) + discost2(i, 9) + discost2(i, 10) <=

```

tic Then

If discost2(i, 1) > maxic1 Then

impdev2(i, 1) = 3.33 'maximpdev1

ElseIf discost2(i, 1) > 0 And discost2(i, 1) <= maxic1 Then '>=0,<=maxic

impdev2(i, 1) = discost2(i, 1) / uc01

Else

impdev2(i, 1) = 0

End If

If discost2(i, 2) > maxic2 Then

impdev2(i, 2) = 2.66 'maximpdev2

ElseIf discost2(i, 2) > 0 And discost2(i, 2) <= maxic2 Then

impdev2(i, 2) = discost2(i, 2) / uc02

Else

impdev2(i, 2) = 0

End If

If discost2(i, 3) > maxic3 Then

impdev2(i, 3) = 0.72 'maximpdev3

ElseIf discost2(i, 3) > 0 And discost2(i, 3) <= maxic3 Then

impdev2(i, 3) = discost2(i, 3) / uc03

Else

impdev2(i, 3) = 0

End If

If discost2(i, 4) > maxic4 Then

impdev2(i, 4) = 0.69 'maximpdev4

ElseIf discost2(i, 4) > 0 And discost2(i, 4) <= maxic4 Then

impdev2(i, 4) = discost2(i, 4) / uc04

Else

impdev2(i, 4) = 0

End If

```

If discost2(i, 5) > maxic5 Then
    impdev2(i, 5) = 0.65 'maximpdev5
ElseIf discost2(i, 5) > 0 And discost2(i, 5) <= maxic5 Then
    impdev2(i, 5) = discost2(i, 5) / uc05
Else
    impdev2(i, 5) = 0
End If

If discost2(i, 6) > maxic6 Then
    impdev2(i, 6) = 0.54 'maximpdev6
ElseIf discost2(i, 6) > 0 And discost2(i, 6) <= maxic6 Then
    impdev2(i, 6) = discost2(i, 6) / uc06
Else
    impdev2(i, 6) = 0
End If

If discost2(i, 7) > maxic7 Then
    impdev2(i, 7) = 0.56 'maximpdev7
ElseIf discost2(i, 7) > 0 And discost2(i, 7) <= maxic7 Then
    impdev2(i, 7) = discost2(i, 7) / uc07
Else
    impdev2(i, 7) = 0
End If

If discost2(i, 8) > maxic8 Then
    impdev2(i, 8) = 0.52 'maximpdev8
ElseIf discost2(i, 8) > 0 And discost2(i, 8) <= maxic8 Then
    impdev2(i, 8) = discost2(i, 8) / uc08
Else
    impdev2(i, 8) = 0
End If

If discost2(i, 9) > maxic9 Then
    impdev2(i, 9) = 0.27 'maximpdev9

```

```
ElseIf discost2(i, 9) > 0 And discost2(i, 9) <= maxic9 Then
```

```
    impdev2(i, 9) = discost2(i, 9) / uc09
```

```
Else
```

```
    impdev2(i, 9) = 0
```

```
End If
```

```
If discost2(i, 10) > maxic10 Then
```

```
    impdev2(i, 10) = 0.31 'maximpdev10
```

```
ElseIf discost2(i, 10) > 0 And discost2(i, 10) <= maxic10 Then
```

```
    impdev2(i, 10) = discost2(i, 10) / uc10
```

```
Else
```

```
    impdev2(i, 10) = 0
```

```
End If
```

```
rankfitness2(i) = impdev2(i, 1) + impdev2(i, 2) + impdev2(i, 3) + impdev2(i, 4) +  
                impdev2(i, 5) + impdev2(i, 6) + impdev2(i, 7) + impdev2(i, 8) +  
                impdev2(i, 9) + impdev2(i, 10)
```

```
ictf2 = ictf2 + rankfitness2(i)
```

```
'-----  
'將原先之母體轉換暫存區之染色體
```

```
'把 discost2 轉到 discost 身上
```

```
For j = 1 To 10
```

```
    alldiscost(i, j) = discost2(i, j)
```

```
Next j
```

```
End If
```

```
Next i
```

```
'-----  
'去除 400 條染色體中 0 之存在
```

```
For i = 1 To p
```

```
    If rankfitness2(i) = 0 Then
```

```

        tempp = tempp + 1
    End If
Next i
noOp = p - tempp
icmf2 = ictf2 / noOp '算總染色體平均解
'-----
'目標值最大與演化收斂
'-----
rankfitnessmax = 0
'-----
For i = 1 To p
    If rankfitness2(i) > rankfitnessmax Then
        rankfitnessmax = rankfitness2(i)
        maxloc = i
    End If
Next i

gen = gen + 1 '以代數收斂
generation = Round(fgeneration, 2)
'-----
'作處理進度表
proportion = 100 / generation
If gen * proportion < ProgressBar1.Max Then
    ProgressBar1.Value = gen * proportion
    DoEvents
    speed.Caption = Format(gen * proportion, "#") & "%Completed"
Else
    ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Max
    speed.Caption = "100% Completed "

```



End If

'-----

'總名次排定&輸出

rank = rankfitnessmax

Select Case rank

Case 0 To 2.2555

imprank = 20

Case 2.2556 To 3.5016

imprank = 19

Case 3.5017 To 6.8573

imprank = 18

Case 6.8574 To 7.1332

imprank = 17

Case 7.1333 To 7.7384

imprank = 16

Case 7.7385 To 7.9979

imprank = 15

Case 7.998 To 8.675

imprank = 14

Case 8.6751 To 10.2843

imprank = 13

Case 10.2844 To 10.5932

imprank = 12

Case 10.5934 To 13.0608

imprank = 11

Case 13.0609 To 16.0894

imprank = 10

Case 16.0895 To 17.3092

imprank = 9

Case 17.3093 To 18.3739



```
        imprank = 8
Case 18.374 To 20.0373
        imprank = 7
Case 20.0374 To 23.8731
        imprank = 6
Case 23.8732 To 24.6015
        imprank = 5
Case 24.6016 To 27.0617
        imprank = 4
Case 27.0618 To 43.6554
        imprank = 3
Case 43.6555 To 68.7886
        imprank = 2
Case Else
        imprank = 1
End Select
```

'介面輸出

```
impdev01 = Round(impdev2(maxloc, 1), 3)
impdev02 = Round(impdev2(maxloc, 2), 3)
impdev03 = Round(impdev2(maxloc, 3), 3)
impdev04 = Round(impdev2(maxloc, 4), 3)
impdev05 = Round(impdev2(maxloc, 5), 3)
impdev06 = Round(impdev2(maxloc, 6), 3)
impdev07 = Round(impdev2(maxloc, 7), 3)
impdev08 = Round(impdev2(maxloc, 8), 3)
impdev09 = Round(impdev2(maxloc, 9), 3)
impdev10 = Round(impdev2(maxloc, 10), 3)
impcost01 = Round(impdev2(maxloc, 1) * Val(uc01), 0)
impcost02 = Round(impdev2(maxloc, 2) * Val(uc02), 0)
```

$\text{impcost03} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 3) * \text{Val}(\text{uc03}), 0)$
 $\text{impcost04} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 4) * \text{Val}(\text{uc04}), 0)$
 $\text{impcost05} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 5) * \text{Val}(\text{uc05}), 0)$
 $\text{impcost06} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 6) * \text{Val}(\text{uc06}), 0)$
 $\text{impcost07} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 7) * \text{Val}(\text{uc07}), 0)$
 $\text{impcost08} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 8) * \text{Val}(\text{uc08}), 0)$
 $\text{impcost09} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 9) * \text{Val}(\text{uc09}), 0)$
 $\text{impcost10} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 10) * \text{Val}(\text{uc10}), 0)$

$\text{total_impdev} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 1), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 2), 3) +$
 $\text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 3), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 4), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc},$
 $5), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 6), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 7), 3) +$
 $\text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 8), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 9), 3) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc},$
 $10), 3)$

$\text{total_impcost} = \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 1) * \text{Val}(\text{uc01}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc},$
 $2) * \text{Val}(\text{uc02}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 3) * \text{Val}(\text{uc03}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 4)$
 $* \text{Val}(\text{uc04}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 5) * \text{Val}(\text{uc05}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 6) *$
 $\text{Val}(\text{uc06}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 7) * \text{Val}(\text{uc07}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 8) *$
 $\text{Val}(\text{uc08}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 9) * \text{Val}(\text{uc09}), 0) + \text{Round}(\text{impdev2}(\text{maxloc}, 10) *$
 $\text{Val}(\text{uc10}), 0)$

'-----迴圈結束-----'

Loop Until gen = generation '繁衍代數讓使用者自設

借鏡他國系統

```
'Option Explicit
Dim cn As ADODB.Connection
Dim cn2 As ADODB.Connection
Dim Rs As ADODB.Recordset
Dim Rs1 As ADODB.Recordset
Dim Rs2 As ADODB.Recordset
Dim cate, cstring As String
Dim i As Integer

Private Sub alltable_Click()

Set cn = Nothing
Set cn = New ADODB.Connection
cn.ConnectionString = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source= wcy.mdb"
cn.Open

Set Rs = New ADODB.Recordset
Rs.CursorLocation = adUseClient
If alltable.Text = "profile1994" Then
    Rs.Open "profile1994", cn, adOpenKeyset, adLockOptimistic
    Set DataGrid1.DataSource = Rs
ElseIf alltable.Text = "profile1999" Then
    Rs.Open "profile1999", cn, adOpenKeyset, adLockOptimistic
    Set DataGrid1.DataSource = Rs
Else
    Rs.Open "profile2004", cn, adOpenKeyset, adLockOptimistic
    Set DataGrid1.DataSource = Rs
End If
```

```
DataGrid1.Columns(0).Width = 1800 '設 datagrid 寬度
DataGrid1.Columns(1).Width = 1000
DataGrid1.Columns(2).Width = 1000
DataGrid1.Columns(3).Width = 1000
DataGrid1.Columns(4).Width = 1000
DataGrid1.Columns(5).Width = 1000
DataGrid1.Columns(6).Width = 1000
DataGrid1.Columns(7).Width = 1000
DataGrid1.Columns(8).Width = 1000
DataGrid1.Columns(9).Width = 1000
DataGrid1.Columns(10).Width = 1000
```

```
fd.Clear
```

```
For i = 0 To Rs.Fields.Count - 1
```

```
    fd.AddItem Rs.Fields(i).Name
```

```
    fd.ListIndex = 0
```

```
Next
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Set cn2 = Nothing
```

```
Set cn2 = New ADODB.Connection
```

```
cn2.ConnectionString = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source= wcy.mdb"
```

```
cn2.Open
```

```
Set Rs2 = New ADODB.Recordset
```

```
Rs2.CursorLocation = adUseClient
```

```
SQL = "select * from [" & alltable1 & "] Where nation in( '" & allcus & "' )"
```

```
Rs2.Open SQL, cn2
```

```

population = Rs2.Fields(1).Value & ""
Land_area = Rs2.Fields(2).Value & ""
GDP = Rs2.Fields(3).Value & ""
GDP_per_capita = Rs2.Fields(4).Value & ""
Real_GDP_growth = Rs2.Fields(5).Value & ""
Consumer_Price_Index = Rs2.Fields(6).Value & ""
Unemployment_rate = Rs2.Fields(7).Value & ""
Labor_force = Rs2.Fields(8).Value & ""
Current_Account_Balance = Rs2.Fields(9).Value & ""
Infrastructures_Rank = Rs2.Fields(10).Value & ""
End Sub

```

```
Private Sub fd_Click()
```

```

    op.Clear
    op.AddItem "="
    op.AddItem ">"
    op.AddItem "<"
    op.AddItem ">="
    op.AddItem "<="
    op.AddItem "<>"

```

```
End Sub
```

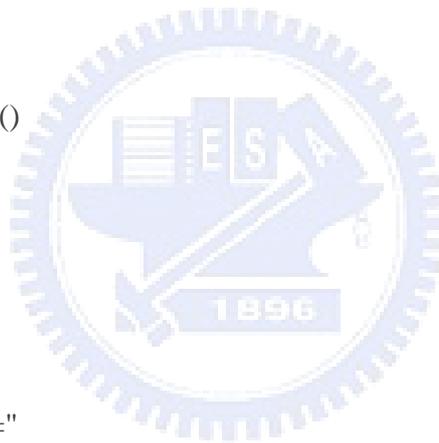
```
Private Sub Form_Load()
```

```

alltable.AddItem "profile1994"
alltable.AddItem "profile1999"
alltable.AddItem "profile2004"

alltable1.AddItem "profile1994"

```



alltable1.AddItem "profile1999"

alltable1.AddItem "profile2004"

allcus.AddItem "ARGENTINA"

allcus.AddItem "AUSTRALIA"

allcus.AddItem "AUSTRIA"

allcus.AddItem "BAVARIA"

allcus.AddItem "BELGIUM"

allcus.AddItem "BRAZIL"

allcus.AddItem "CANADA"

allcus.AddItem "CATALONIA"

allcus.AddItem "CHILE"

allcus.AddItem "CHINA MAINLAND"

allcus.AddItem "COLOMBIA"

allcus.AddItem "CZECH REPUBLIC"

allcus.AddItem "DENMARK"

allcus.AddItem "ESTONIA"

allcus.AddItem "FINLAND"

allcus.AddItem "FRANCE"

allcus.AddItem "GERMANY"

allcus.AddItem "GREECE"

allcus.AddItem "HONG KONG"

allcus.AddItem "HUNGARY"

allcus.AddItem "ICELAND"

allcus.AddItem "ILE0DE0FRANCE"

allcus.AddItem "INDIA"

allcus.AddItem "INDONESIA"

allcus.AddItem "IRELAND"

allcus.AddItem "ISRAEL"

allcus.AddItem "ITALY"



allcus.AddItem "JAPAN"
allcus.AddItem "JORDAN"
allcus.AddItem "KOREA"
allcus.AddItem "LOMBARDY"
allcus.AddItem "LUXEMBOURG"
allcus.AddItem "MAHARASHTRA"
allcus.AddItem "MALAYSIA"
allcus.AddItem "MEXICO"
allcus.AddItem "NETHERLANDS"
allcus.AddItem "NEW ZEALAND"
allcus.AddItem "NORWAY"
allcus.AddItem "PHILIPPINES"
allcus.AddItem "POLAND"
allcus.AddItem "PORTUGAL"
allcus.AddItem "RHONE0ALPS"
allcus.AddItem "ROMANIA"
allcus.AddItem "RUSSIA"
allcus.AddItem "SAO PAULO"
allcus.AddItem "SCOTLAND"
allcus.AddItem "SINGAPORE"
allcus.AddItem "SLOVAK REPUBLIC"
allcus.AddItem "SLOVENIA"
allcus.AddItem "SOUTH AFRICA"
allcus.AddItem "SPAIN"
allcus.AddItem "SWEDEN"
allcus.AddItem "SWITZERLAND"
allcus.AddItem "TAIWAN"
allcus.AddItem "THAILAND"
allcus.AddItem "TURKEY"
allcus.AddItem "UNITED KINGDOM"

```
allcus.AddItem "USA"  
allcus.AddItem "VENEZUELA"  
allcus.AddItem "ZHEJIANG"  
Opand.Value = True  
End Sub
```

```
Private Sub op_Click()  
  ivalue = " "  
  ivalue.SetFocus  
End Sub
```

```
Private Sub 執行篩選_Click()  
  cstring = " "  
  For i = 0 To cri.ListCount - 1  
    cstring = cstring & cri.List(i)  
  Next  
  Set Rs1 = New ADODB.Recordset  
  Rs1.CursorLocation = adUseClient  
  SQL = "select * from [" & alltable & "] Where " & cstring  
  Rs1.Open SQL, cn  
  Set DataGrid1.DataSource = Rs1
```

```
DataGrid1.Columns(0).Width = 1800  
DataGrid1.Columns(1).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(2).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(3).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(4).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(5).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(6).Width = 1000  
DataGrid1.Columns(7).Width = 1000
```

```
DataGrid1.Columns(8).Width = 1000
DataGrid1.Columns(9).Width = 1000
DataGrid1.Columns(10).Width = 1000
End Sub
```

```
Private Sub 清除準則_Click()
If cri.Text = "" Then
    MsgBox "尚未選取或沒有準則，無法清除"
    Exit Sub
End If
```

```
cri.RemoveItem cri.ListIndex
End Sub
```

```
Private Sub 清除篩選_Click()
'Rs1.Close
Set Rs = New ADODB.Recordset
Rs.CursorLocation = adUseClient
Rs.Open "profile2004", cn, adOpenKeyset, adLockOptimistic
Set DataGrid1.DataSource = Rs
End Sub
```

```
Private Sub 結束_Click()
End
End Sub
```

```
Private Sub 新增準則_Click()
If alltable.Text = "" Then
    MsgBox "未指定篩選年份，無法取得欄位"
```

```

Exit Sub
End If
If fd.Text = "" Then
    MsgBox "未選擇篩選欄位，無法新增"
    Exit Sub
End If
If op.Text = "" Then
    MsgBox "未選擇運算子，無法新增"
    Exit Sub
End If
If ivalue.Text = "" Then
    MsgBox "未輸入希望值，無法新增"
    Exit Sub
End If
If Opand.Value = True Then
    cate = "And"
Else
    cate = "Or"
End If
If cri.ListCount = 0 Then
    cri.AddItem fd.Text & " " & op.Text & " " & ivalue.Text
Else
    cri.AddItem cate & " " & fd.Text & " " & op.Text & " " & ivalue.Text
End If
End Sub

Private Sub 準則全部清除_Click()
    cri.Clear
End Sub

```