

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

利用模糊評價方式建立國家基礎建設競爭力之
三維判別矩陣

Applying Fuzzy Evaluation method Establish the 3D
Discrimination Matrix of Nation Infrastructure Competitive

研 究 生：黃政凱

指導教授：曾仁杰 博士

中 華 民 國 一 零 二 年 一 月

利用模糊評價方式建立國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣

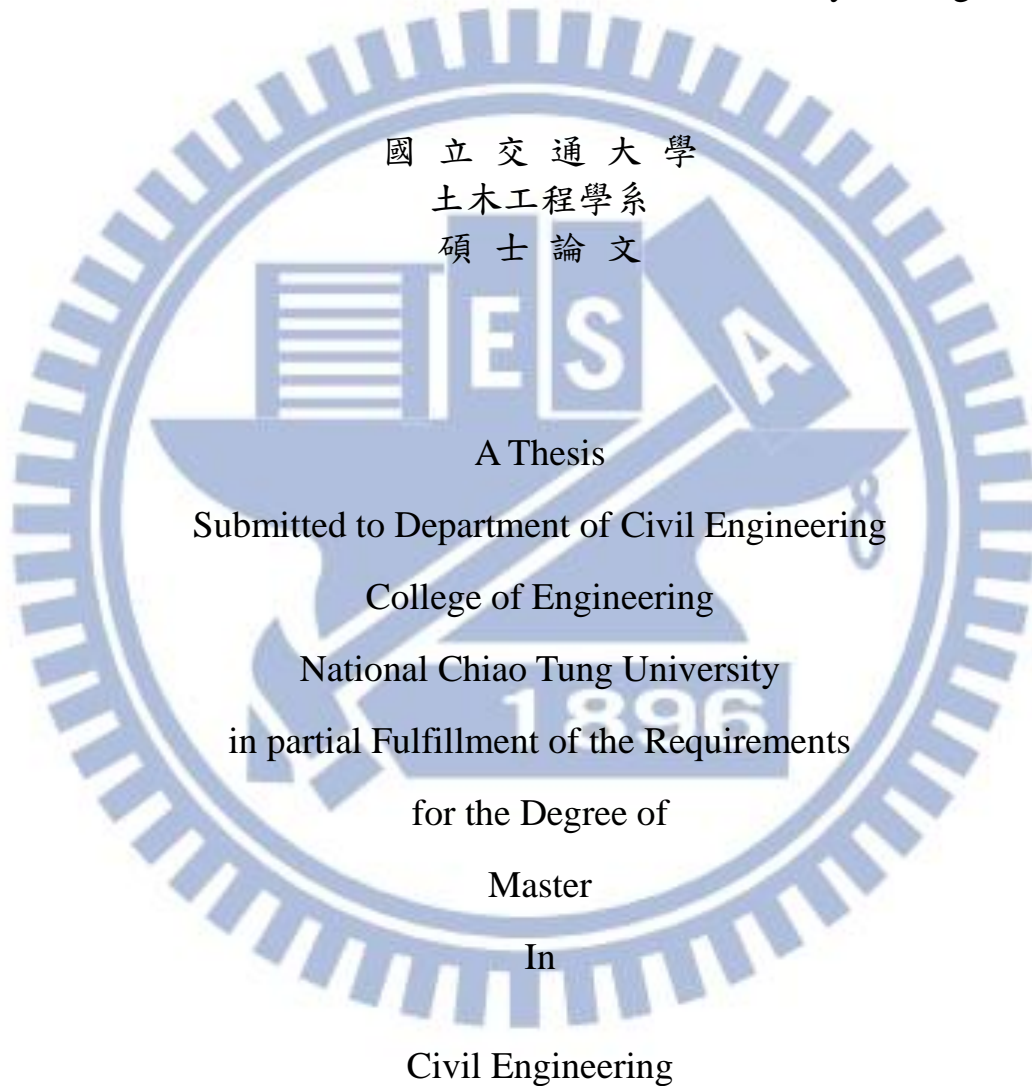
**Applying Fuzzy Evaluation method Establish the 3D
Discrimination Matrix of Nation Infrastructure Competitive**

研 究 生：黃政凱

Student：Cheng-Kai Huang

指導教授：曾仁杰

Advisor：Ren-Jye Dzung



January 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一零二年一月

利用模糊評價方式建立國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣

研 究 生：黃政凱

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

國家基礎建設競爭力，攸關一個國家經濟發展的優劣，然而國家基礎建設涵蓋範圍廣泛，如何由眾多國家基礎建設中，選擇加強重點項目，是極為困難之決策。本研究考量國家在單項指標之競爭力表現，以瑞士洛桑管理學院(IMD)出版之國家競爭力年報(WCY)為基礎，提出國家競爭力指標之創新選擇機制，利用群集化分析技術與模糊評價方法，並以三維競爭力判別矩陣方式呈現出本國基礎建設指標的競爭力優劣情況，研擬絕對優勢、相對優勢、一般觀察、重點觀察、一般改善、重點改善、相對劣勢及絕對劣勢等策略矩陣，建立公式化選擇國家重點基礎建設項目之決策模式，並探討本國與其他國家(新加坡、韓國和墨西哥)各項基礎建設優劣差異。

關鍵詞: 國家基礎建設競爭力、群集化分析、模糊評價、三維競爭力判別矩陣

Applying Fuzzy Evaluation method Establish the 3D Discrimination Matrix of Nation Infrastructure Competitive

Student : Cheng-Kai Huang

Advisor : Ren-Jye Dzeng

Department of Civil Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

The degree of the country's economic growth is based on the infrastructure of nation competitiveness. Creating a policy regarding infrastructure strengthen is complicated. This research proposes model base on the national performance of single indicator, then refers to the World Competitiveness Yearbook (WCY) published by the Institute for Management Development (IMD). Applying Cluster analysis and Fuzzy evaluation method establish the 3D discrimination matrix of nation infrastructure competitive to plan absolute strength 、 relative strength 、 generally observation 、 emphasis observation 、 generally improvement 、 emphasis improvement 、 absolute weakness and relative weakness et investment strategy. Try to comparison of Taiwan and other country's (Singapore 、 Korea and Mexico) infrastructure of nation competitiveness.

Keyword : Infrastructure of Nation Competitiveness, Cluster analysis, Fuzzy evaluation,

3D discrimination matrix

誌謝

回首以來，兩年多的碩士生涯轉眼即逝，在這段時間內經歷許多的成長，感謝交大所給予的豐富資源，更感謝碩士生涯一路提攜的師長和同學們，這些刻苦銘心的旅程都將成為我人生中重要的一段回憶。

首先要衷心感謝指導老師 曾仁杰教授，這兩年多來感謝老師不厭其煩的指正，讓學生能從錯誤中學習，慢慢的進步，尤其在研究的細膩度與邏輯分析上的啟發，使我受益良多，在此至上無限的敬意與感激。同時，藉由曾老師的介紹下，讓我有機會認識到另一個指導老師 王世旭教授，王教授為人風趣幽默，在研究生涯中數據的分析，我時常感到非常大的壓力，多虧了王教授悉心的指導和鼓勵，使我能夠堅定的前行，讓論文能夠順利完成，在此誠摯的感謝老師。另外承蒙口試委員王維志教授，在百忙中抽空審閱論文，在論文口試時給予諸多的建議使研究能更加完整，深感於心，在此為各位老師致上深深的謝意。

碩士求學生涯中，感謝營管組好友們筱涵、煥鈞、娜娜、奕中、啟申、文泰、佳宏、小古和奕哲，在求學生活與論文研究期間相互扶持與鼓勵；同期結構組的阿標、廣德、育澤還有凡皓，雖然常常凹我去幫忙做實驗，但在我研究忙得焦頭爛額時，仍願意無怨無悔的幫我分析研究數據，並時常鼓勵我，讓我想說有你們真好，這也是我能夠一路堅持下最大的動力

感謝潘冀聯合建築師事務所的蘇協理，讓我能在光子源同步加速器的工地中學習，平常除了埋首研究外，也能到工地中與實務接軌，真的覺得非常的幸運，這兩年來萬分感謝各位前輩們所給予的教導與協助，使我增加不少經驗，能夠認識前輩們是我的榮幸，非常謝謝你們。

研究生涯能順利走完，一路上都是感謝的人，最後！感謝一直以來在我背後支持著我的家人們，感謝你們無時無刻的關心與支持，讓我能夠專心在研究課業上，完成碩士學位，該是與你們一同分享這份榮耀的時候了，謝謝大家。

黃政凱 謹致
交通大學土木工程系營建管理組
中華民國二零二年一月

目錄

摘要	I
Abstract.....	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究範圍	4
1.4 研究流程	5
1.5 研究架構	6
第二章 文獻回顧與背景介紹	7
2.1 基礎建設定義	7
2.2 國家競爭力年報之選擇	9
2.3 IMD 國家競爭力年報	11
2.3.1 IMD 國家競爭力年報評估指標	11
2.3.2 IMD 國家競爭力年報評估對象	12
2.3.3 IMD 國家競爭力之計算模式	13
2.3.4 IMD 全球競爭力評估模式之演進	16
2.3.5 IMD 評估之國家(地區)及應用指標分析	20
2.4 競爭力優劣勢指標之選擇方法	25
2.4.1 IMD 指標之選擇方法	25
2.4.2 Dzeng and Wang (2007)之競爭力指標區別矩陣	26
2.4.3 Wang, S. H. et al. (2010)之領先落後模糊得分之競爭力判別矩陣	29
2.4.4 過去競爭力指標選擇方法之問題	33
2.5 模糊理論	33
2.5.1 模糊集合	33
2.5.2 模糊理論機的基本概念	34
2.5.3 隸屬函數	34
2.6 小結	34
第三章 研究流程及方法	35
3.1 研究流程	35
3.2 國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣建置步驟	38
3.3 小結	47
第四章 模式試算與驗證	48

4.1 試算國家挑選	48
4.2 模式試算流程	48
4.2.1 指標標準化	48
4.2.2 群集化分析和常態檢定	48
4.2.3 計算領先距離與落後距離	51
4.2.4 模糊統計	52
4.2.5 隸屬函數	53
4.2.6 計算台灣、新加坡、韓國及墨西哥的模糊程度和分數	56
4.3 各種模式之指標選擇結果之比較	69
4.3.1 三維判別矩陣與 IMD 模式之比較	69
4.3.2 三維判別矩陣與 Dzen and Wang (2007)模式之比較	73
4.3.3 三維判別矩陣與 Wang, S. H. et al. (2010)模式之比較	77
4.3.4 各種指標選擇模式之效果	82
4.4 研究國家比較	83
4.5 小結	85
第五章 結論與建議	86
5.1 結論	86
5.2 建議	86
參考文獻	88

表目錄

表 2-1 基礎建設比較定義	8
表 2-2 國家競爭力評比單位及指標比較	10
表 2-3 IMD 評估模型之演進趨勢	18
表 2-4 IMD 2004~2011 年採用之評估國家及地區之歷年統計	20
表 2-5 2004~2011 年 IMD 國家基礎建設競爭力評估指標之歷年統計	22
表 2-6 IMD 優勢、劣勢指標之選擇	25
表 2-7 2011 WCY 台灣基礎建設競爭力群集、象限及指標優劣勢分析結果	27
表 2-8 2011 WCY 台灣基礎建設指標模糊得分表	30
表 2-9 傳統集合與模糊集合差別比較	34
表 3-1 Matlab 提供之 Membership Functions	42
表 4-1 2011 WCY 群集分析	48
表 4-2 指標 4.1.02 Arable area	52
表 4-3 指標之 4.1.02 之領先與落後距離	52
表 4-4 相對次數統計	52
表 4-5 隸屬函數的參數	54
表 4-6 隸屬函數 RMSE	55
表 4-7 2011 WCY 台灣基礎建設指標模糊得分表	57
表 4-8 2011 WCY 新加坡基礎建設指標模糊得分表	60
表 4-9 2011 WCY 韓國基礎建設指標模糊得分表	63
表 4-10 2011 WCY 墨西哥基礎建設指標模糊得分表	66
表 4-11 兩種模式建議台灣之劣勢指標	69
表 4-12 兩種模式建議新加坡之劣勢指標	71
表 4-13 兩種模式建議韓國之劣勢指標	72
表 4-14 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標	73
表 4-15 兩種模式建議台灣之劣勢指標	74
表 4-16 兩種模式建議新加坡之劣勢指標	75
表 4-17 兩種模式建議韓國之劣勢指標	76
表 4-18 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標	77
表 4-19 兩種模式建議台灣之劣勢指標	78
表 4-20 兩種模式建議新加坡之劣勢指標	79
表 4-21 兩種模式建議韓國之劣勢指標	80
表 4-22 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標	82
表 4-23 研究相較比較表	83
表 4-24 台灣、新加坡、韓國和墨西哥比較表	84

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 IMD 國家競爭力評估指標架構	12
圖 2-2 IMD 國家競爭力評估指標架構	13
圖 2-3 IMD 評估經濟體系及指標趨勢	20
圖 2-4 競爭力指標優劣勢區別矩陣	28
圖 2-5 台灣基礎建設 4.1 競爭力指標區別矩陣	29
圖 2-6 領先與落後模糊分數圖形模型	32
圖 2-7 台灣基礎建設 4.1 模糊分數圖形模型	32
圖 3-1 研究流程	37
圖 3-2 WCY 資料分析	38
圖 3-2 群集特徵資料	39
圖 3-3 不同群數之領先距離及落後距離	40
圖 3-4 Membership Function 之組成	42
圖 3-5 領先與落後距離判讀	44
圖 3-6 三維判別矩陣	45
圖 4-1 各分組之調整後相對次數圖形	53
圖 4-2 2007 年以來台灣整體排名	56
圖 4-3 2007 年以來台灣基礎建設排名	56
圖 4-4 台灣領先落後模糊得分判別圖	59
圖 4-5 2007 年以來新加坡整體排名	59
圖 4-6 2007 年以來新加坡基礎建設排名	60
圖 4-7 新加坡領先落後模糊得分判別圖	62
圖 4-8 2007 年以來韓國整體設排名	63
圖 4-9 2007 年以來韓國基礎建設排名	63
圖 4-10 韓國領先落後模糊得分判別圖	65
圖 4-11 2007 年以來墨西哥整體設排名	66
圖 4-12 2007 年以來墨西哥基礎建設排名	66
圖 4-13 墨西哥領先落後模糊得分判別圖	68
圖 4-14 台灣指標 4.5.03	70
圖 4-15 新加坡指標 4.5.03	71
圖 4-16 韓國指標 4.5.03	72
圖 4-17 台灣指標 4.5.04	74
圖 4-18 新加坡指標 4.5.04	75
圖 4-19 韓國指標 4.5.03	76
圖 4-20 墨西哥指標 4.5.03	77
圖 4-21 台灣指標 4.3.14	78

圖 4-22 新加坡指標 4.3.17.....	80
圖 4-23 新加坡指標 4.2.08.....	81
圖 4-24 墨西哥指標 4.1.21.....	82



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

基礎建設一直以來都是各國政府施政的重點，以臺灣為例，從 1970 年代於臺灣所進行的一系列國家級基礎建設工程，如十大建設、十四項建設、六年國建計畫以及十二項建設，到目前愛臺十二建設，政府一直以來致力於公共工程及各項基礎建設的推動，也帶動社會經濟的發展。

隨著公共工程及各項基礎建設的推動，其規模愈來愈大，相對增加人力、物力和財力的投資，所以擬定國家基礎建設投資策略及計畫，須配合國家經濟、社會、文化及發展需求設計，然國家基礎建設涵蓋範圍廣泛，除一般傳統之道路、橋樑及港口等基礎建設項目外，亦包含科學、教育及健康等各種與國家發展相關之建設及設備，如何從眾多基礎建設中，選擇適當投資之重點項目，是極困難之決策(Mandele et al.2006)。在資源有限的情況下，適當選擇相對於其它國家較劣勢的基礎建設，以發揮基礎建設計畫的預算效益，並達成經濟成長目標等功效，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。

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，然造成上述問題之主因，係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，因此相關決策仍係以決策者主觀態度為基礎，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 Gòmez-Limòn and Atance 2004,

Väntänen and Marttunen 2005)及政策回顧(如 Dixhoorn 1984, Glrigg 1985, 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，通常係全面分析國家基礎建設項目，然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。

本研究為避免會議或問卷調查、政策回顧之研究缺點，參考 Dzung and Wang (2007) 及 Wang, S. H. et al. (2010)以國家競爭力分析觀點，比較我國與其他國家在基礎建設項目之差異，利用公式化且較為客觀方式選擇國家重點基礎建設項目。本研究認為參考國際調查報，選擇國家劣勢指標之關鍵，在於判斷我國在這項指標的表現與領先及落後國家之差異程度，因此一個國家需加強之指標，應符合與領先國家差異大，且與落後國家差異小之條件。惟過去研究提出之分析模式，因各項指標之分佈狀態不同(可能為常態分佈或非常態分佈)，缺乏 STD(標準差)的應用方式，且 STD 主要用於描述該國與多數國家(平均值)表現之差異，容易影響選擇劣勢指標之有效性。

瑞士洛桑管理學院(IMD, International Institute for Management Development)及世界經濟論壇 (WEF, World Economic Forum, WEF)，係為目前最具代表性之國家競爭力評估單位，除每年度出版國家競爭力報告(The World Competitiveness Yearbook)外，自 2007 年起 WEF 亦出版旅行與觀光業競爭力報告(The Travel & Tourism Competitiveness Report)，其中基礎建設皆為主要之評估面向，評估指標除傳統之基本建設(如道路、鐵路之單位面積)外，亦包含科技建設(如固定電話線路數)、科學建設(如 R&D 支出)、健康及環境建設(如污水處理廠數)及教育建設(如教育總支出)等因素，相關評估結果可做為政府施政(Frenkel et al. 2003)或企業貿易及投資之參考(高希均、石滋宜 1996)，惟如何由眾多評估指標中，挑選出落後其他經濟體系之基礎建設項目，則為有效應用相關單

位競爭力年報之關鍵，亦為擬定國家基礎建設發展策略之基礎。

雖 IMD 及 WEF 皆有針對如何運用年報資料之說明，然其選擇國家優勢及劣勢指標時，通常僅以排名及標準差作為篩選條件，忽略多數基礎建設競爭力指標非屬於常態分佈之現況，指標排名無法代表標準差之高低，因此被 IMD 選擇之劣勢指標，其標準差可能會高於其他未被選擇之指標，忽略排名較高而標準差更低之指標，造成計算經濟體系之競爭力得分時，無法提升最大程度之國家競爭力，此外，不論何種競爭力狀態之國家，IMD 皆僅建議 10 項劣勢指標，然實際上每個國家之基礎建設狀況不同，其劣勢指標數量應非為定值，且其他未被建議為優勢或劣勢之指標，IMD 僅提供指標之原始數值及排名，使用者很難瞭解非建議指標之優劣勢狀態。針對上述問題，Dzeng and Wang (2007)根據 IMD 競爭力之計算方式，提出依經濟體系競爭力表現進行分群(定義排名)，再配合群集排名及標準差，建立基礎建設競爭力指標區別矩陣之方式，改善 IMD 競爭力指標之選擇問題；Wang, S. H. et al. (2010)利用群集化的方式，將國家分為領先與落後等數個群集，再考量領先群集與落後群集之差異程度，建立模糊隸屬函數，並透過解模糊化程序，判斷一個國家在單項指標之領先與落後程度，用以選擇國家之劣勢指標。本研究認為 IMD 的標準差數值，代表該國與各國的領先及落後差異程度，忽略標準差的差異程度亦可能影響優劣勢指標之選擇。

為克服競爭力指標之選擇問題，本研究提出國家競爭力指標之創新選擇機制，考量國家在單項指標之競爭力表現(與領先國家、落後國家之差異程度)，利用模糊隸屬度函數，建立競爭力差異指數，判斷國家之優勢、劣勢基礎建設項目，並根據指標狀態建立三維判別矩陣，並將各項基礎建設競爭力指標，分為絕對優勢、相對優勢、一般觀察、重點觀察、一般改善、重點改善、相對劣勢及絕對劣勢等類型，提供更為有效選擇國家重點基礎建設項目之機制。

1.2 研究目的

本研究有別傳統以決策者主觀態度(master plan)決定國家重要建設項目之規劃方式，以國際間發表國家競爭力年報資料為基礎，提出國家競爭力指標之創新選擇機制，提供擬定國家重點發展計畫之參考，使國家基礎建設計畫之擬定更為客觀、公平及有效。

本研究主要之目的如下：

- 1.分析 IMD 國家競爭力年報之評估對象、觀念及指標。
- 2.建立國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣。
- 3.比較各種競爭力劣勢指標之選擇方法。

1.3 研究範圍

一、研究範圍

由於國際間發表國家競爭力排名統計機構、單位眾多如瑞士洛桑管理學院 IMD (International Institute for Management Development)、世界經濟論壇 WEF (World Economic Forum)、聯合國貿易和發展會議 UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development)、世界經濟展望 EIU (Economist Information Unit)等。本研究使用瑞士洛桑管理學院(The Institute for Management Development, IMD) 2011 年公布之國家競爭力年報(World Competitive Yearbook, WCY)為分析資料。

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，該項指標空白不列入排名。
3. 國家競爭力評比結果代表該國前一年之競爭表現，例如 2011 年之國家競爭力年報代表 2010 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，便以最近年分作為指標資料。

1.4 研究流程

本研究流程如圖 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，同時針對模糊評價分析理論進行瞭解，進一步界定欲進行研究之範圍。

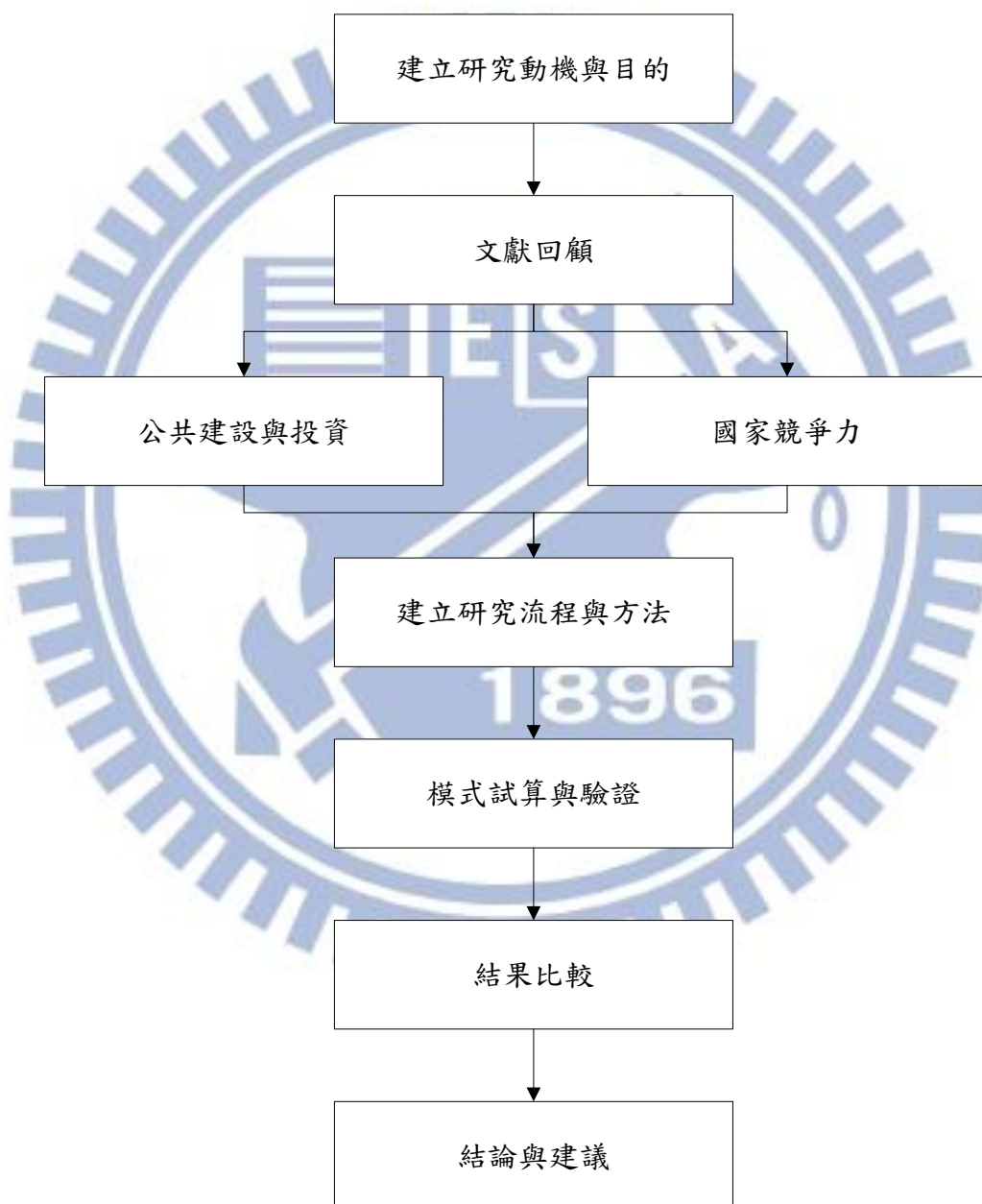


圖 1-1 研究流程圖

1.5 研究架構

本研究架構分為五章，概述如下：

第一章 緒論

本章敘述本研究之動機、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、國家競爭力年報選擇、國家競爭力之區別矩陣及其它研究者挑選指標之方法，模糊理論介紹等。

第三章 研究流程及方法

本章根據本研究所需要用到分析方法及理論，介紹本研究流程與方法，並提出以三維判斷矩陣的模型，作為挑選指標之分析依據。

第四章 模式試算與驗證

本章根據上述之研究流程與方法，以台灣、韓國、新加坡和墨西哥，配合其他研究者所使用的方法，做進一步驗證並分析各種選擇模式之效果。

第五章 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，首先須瞭解何為基礎建設，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，作為後續研究之參照。

2.1 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，基礎建設包含下列設施之興建與維護：

- 一、交通建設及共同管道。
- 二、環境汙染防制設施。
- 三、汙水下水道、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「公共設施」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，可涵蓋農業建設、都市建設、交通設施、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，系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、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、港埠引水道及機場等三種。	傳統公共建設定義
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)，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。

2.2 國家競爭力年報之選擇

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2-2所示。

表 2-2 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 Development, IMD)	瑞士世界經濟論壇 (World Economic, WEF)
競爭力之定義	一國經由經營其資產之加工過程、吸引力、積極性、全球化及親和性，並將此種關係整合為經濟與社會模式，來創造附加價值，以增加國家財富的能力(IMD, 1996)。	一國達到永續經濟成長及高國民平均所得目標的總體能力(WEF,1996)。
客觀性	選取的指標總數(300 多個)，評比指標中以量化指標為主(2/3)，問卷調查指標為輔(1/3)。(IMD,2008)	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(70%)，量化指標僅(佔30%)。(WEF,2008)
週延性	選取指標總數較多，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。	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：中華經濟研究院，2010 年。

由表2-2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，且中華經濟研究院(2010)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。

2.3 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23本IMD全球競爭力年報(1989~2011)，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。

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2011年IMD國家競爭力年報為基礎，說明國家競爭力評估模式。

2.3.1 IMD 國家競爭力年報評估指標

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2-1。

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(1)新的理論、(2)研究及資料變成可以取得及(3)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%)。

IMD使用之指標分為定量(quantifiable)及定性(qualitative)兩類，定量指標由國際、

國家及地區組織、企業制度及IMD合作網路(全球57個合作單位)提供，2004年IMD採用129個信度資料(Hard data)指標，以及82個指標為背景資料(background information)，背景資料指標並不納入國家競爭力計算範圍，定量指標權重約為2/3，剩餘112指標為定性指標(權重約為1/3)，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。

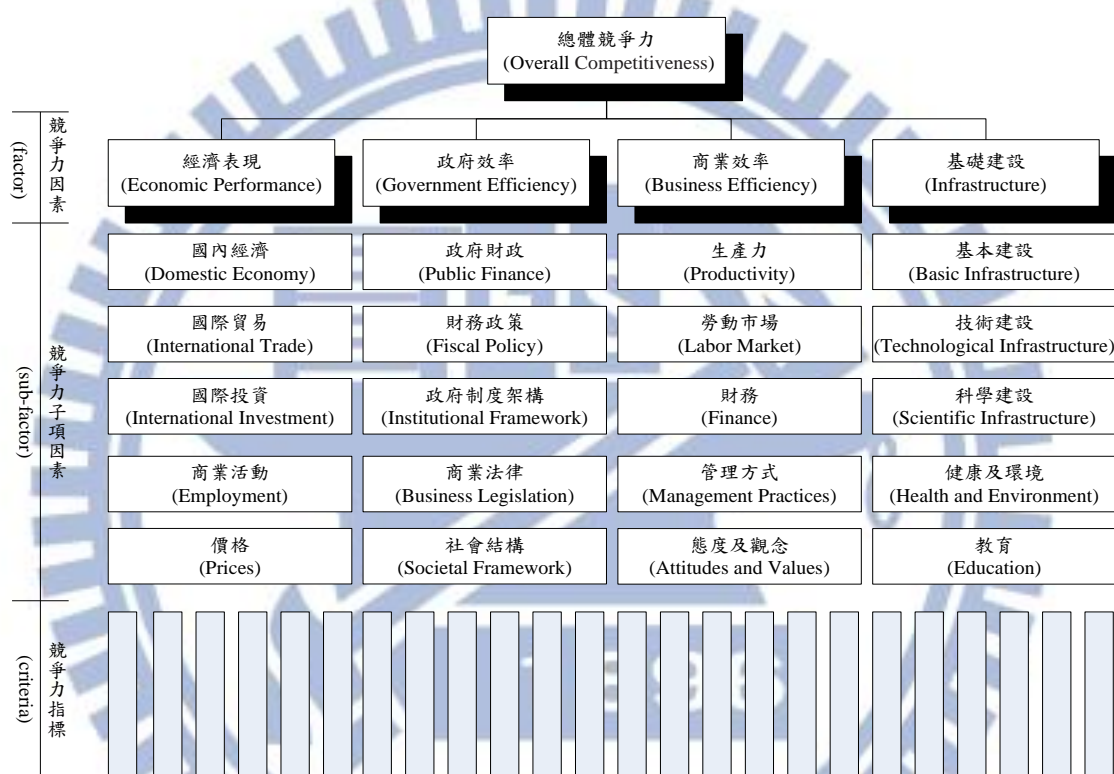


圖 2-1 IMD 國家競爭力評估指標架構

2.3.2 IMD 國家競爭力年報評估對象

瑞士洛桑管理學院從1989年起就開始出版《世界競爭力年報》(World Competitiveness Yearbook)，分析的國家或地區個數即逐年地增加，大致都包括 OECD 國家以及新興工業化國家，其評估模式係「藉由專業的經濟觀點，透過實際數值及法令規章，評估一國用來創造並維持一個可提升企業利潤及人民福利的環境之能力」。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。

2.3.3 IMD 國家競爭力之計算模式

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2-2所示。

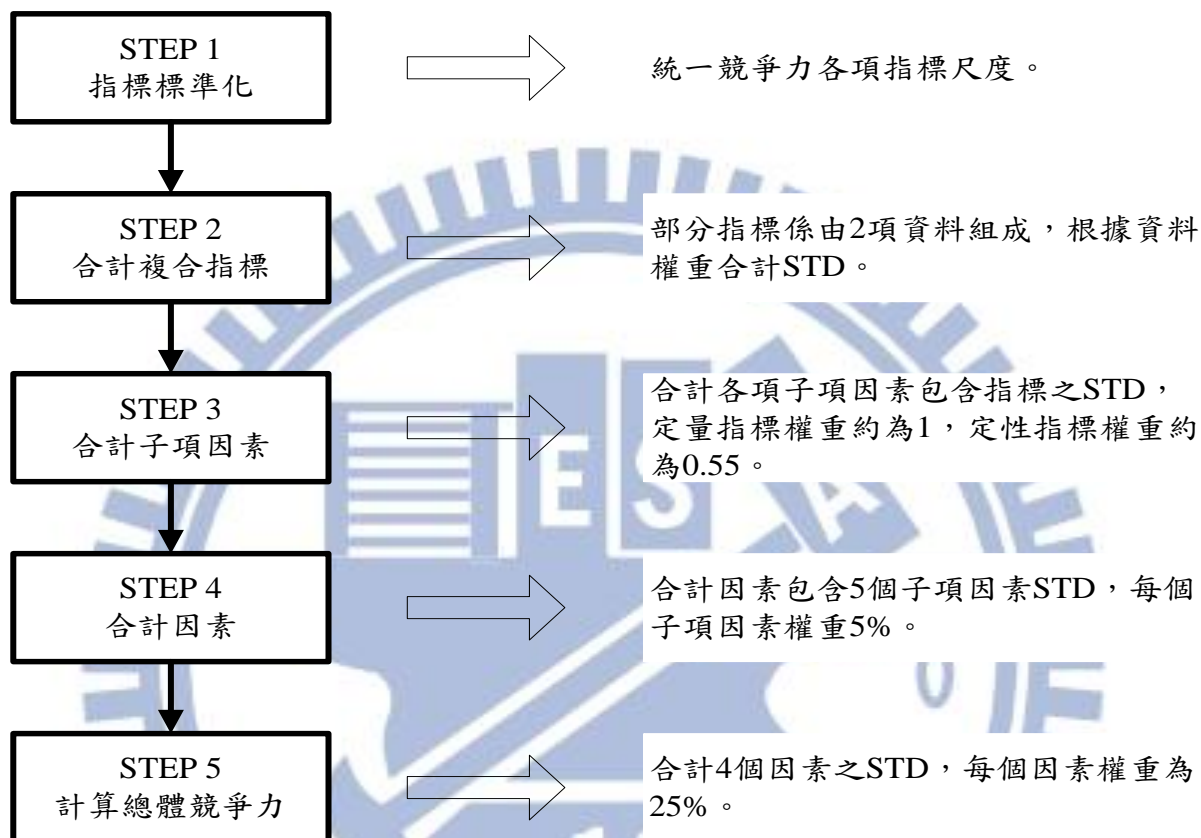


圖 2-2 IMD 國家競爭力評估指標架構

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)。

計算各國各指標之標準差：

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

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。

計算各國標準差：

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

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)：

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

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。

2011 年共有 331 個細項指標，研究統計指標(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 0.55。

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。

2.3.4 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)、國家競爭效率(2001~2004年)、國家競爭力立方體模型(2005~2008年)及國家競爭力立方體優勢等5階段，各階段之國家競爭力分析架構及模式如表2-3所示。

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，確立四個競爭力因素為主要影響因素，分別為經濟表現、政府效率、商業效率和基礎建設；國家競爭力立方體模型階段(2005~2008)國家依經濟規模(國家人口、地區)作為分類比較；國家競爭力優勢階段(2009~2011)競爭力表現於國家繁榮、商業利潤和人民生活水平，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，作為選擇評估指標之依據。



表 2-3 IMD 評估模型之演進趨勢

比較項目	1993~1996 年 國家競爭力組成階段	1997~2000 年 國家競爭優勢型態階段	2001~2004 年 國家競爭效率階段
基本模式			
基本觀念	認為國家競爭力由 8 個競爭力構面影響。	認為國家競爭力由特定產業提供，並由 8 個競爭力構面影響，且每個國家競爭之競爭優勢形式皆不相同。	認為國家競爭力由特定產業提供，並由 4 個競爭力構面影響。
指標構面	國內經濟實力、國際化、政府、金融、基礎建設、管理、科學及技術、科學及技術共 8 個指標構面。	國內經濟實力、國際化、政府、金融、基礎建設、管理、科學及技術、科學及技術共 8 個指標構面。	經濟績效、政府效率、商業效率、基礎建設共 4 個指標構面。
國家分類	1993 年依是否為 OECD 會員國進行競爭力排名。 1994~1996 年未分類。	未分類。	2001~2002 年未分類。 2003 年依經濟規模(國家人口)分類。 2004 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。
分析技術	趨勢分析。	趨勢分析、雷達圖分析。	2001~2002 趨勢分析、雷達圖分析。 2004 年趨勢分析、雷達圖分析、雙鑽石模型。

比較項目	2005~2008 年 國家競爭立方體模型階段	2009~2011 年 國家競爭力立方體優勢階段
基本模式		
基本觀念	認為國家競爭力由特定產業提供，並由 4 個競爭力構面影響。	認為國家競爭力由特定產業提供，並由 4 個競爭力構面影響。
指標構面	經濟績效、政府效率、商業效率、基礎建設共 4 個指標構面。	經濟績效、政府效率、商業效率、基礎建設共 4 個指標構面。
國家分類	2005~2006 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。 2007~2008 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。	2009 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。 2010 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。 2011 年依經濟規模(國家人口、地區)分類。
分析技術	2005 年經濟結構蜘蛛圖 2006 年雙元性雙鑽石模型	2009~2011 年雷達圖分析、雙鑽石模型。

2.3.5 IMD 評估之國家(地區)及應用指標分析

本研究整理 IMD 2004~2011 使用之基礎建設競爭力評估指標(如圖 2-3)，作為本研究選擇分析指標之基礎。

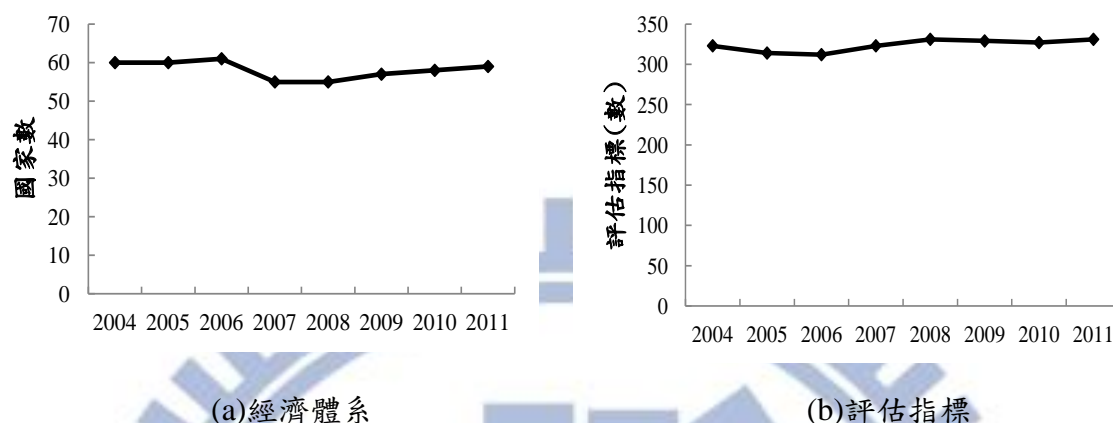


圖 2-3 IMD 評估經濟體系及指標趨勢

本研究將統計每年 IMD 每年度之評估國家及指標，作為本研究之參考依據。IMD 評估國家及地區之歷年統計期間為 2004~2011 年，王世旭(2007)以歸納 1993~2003 之統計資料結果，本研究便不在此納入，如表 2-4 所示。

表 2-4 IMD 2004~2011 年採用之評估國家及地區之歷年統計

國家及地區 (英文)	國家及地區 (中文)	04	05	06	07	08	09	10	11
人口超過 2 千萬									
Argentina	阿根廷	●	●	●	●	●	●	●	●
Australia	澳大利亞	●	●	●	●	●	●	●	●
Brazil	巴西	●	●	●	●	●	●	●	●
Canada	加拿大	●	●	●	●	●	●	●	●
China Mainland	中國大陸	●	●	●	●	●	●	●	●
Colombia	哥倫比亞	●	●	●	●	●	●	●	●
France	法國	●	●	●	●	●	●	●	●
Germany	德國	●	●	●	●	●	●	●	●
India	印度	●	●	●	●	●	●	●	●
Indonesia	印尼	●	●	●	●	●	●	●	●
Italy	義大利	●	●	●	●	●	●	●	●
Japan	日本	●	●	●	●	●	●	●	●
Korea	韓國	●	●	●	●	●	●	●	●
Maharashtra	印度 Maharashtra 省	●	●	●					
Malaysia	馬來西亞	●	●	●	●	●	●	●	●
Mexico	墨西哥	●	●	●	●	●	●	●	●
Philippines	菲律賓	●	●	●	●	●	●	●	●
Poland	波蘭	●	●	●	●	●	●	●	●
Peru	秘魯					●	●	●	●
Romania	羅馬尼亞	●	●	●	●	●	●	●	●
Russia	俄羅斯	●	●	●	●	●	●	●	●
Sao Paulo	聖多美共和國	●	●	●					
South Africa	南非	●	●	●	●	●	●	●	●

國家及地區 (英文)	國家及地區 (中文)	04	05	06	07	08	09	10	11
Spain	西班牙	●	●	●	●	●	●	●	●
Taiwan	台灣	●	●	●	●	●	●	●	●
Thailand	泰國	●	●	●	●	●	●	●	●
Turkey	土耳其	●	●	●	●	●	●	●	●
Ukraine	烏克蘭				●	●	●	●	●
United Kingdom	英國	●	●	●	●	●	●	●	●
USA	美國	●	●	●	●	●	●	●	●
Venezuela	委內瑞拉	●	●	●	●	●	●	●	●
Zhejiang	中國浙江省	●	●	●					
人口少於 2 千萬									
Austria	奧地利	●	●	●	●	●	●	●	●
Bavaria	德國_巴伐利亞州	●	●	●					
Belgium/Lux	比利時	●	●	●	●	●	●	●	●
Bulgaria	保加利亞			●	●	●	●	●	●
Catalonia	西班牙_加泰隆尼亞	●	●	●					
Chile	智利	●	●	●	●	●	●	●	●
Croatia	克羅埃西亞			●	●	●	●	●	●
Czech Republic	捷克	●	●	●	●	●	●	●	●
Denmark	丹麥	●	●	●	●	●	●	●	●
Estonia	愛沙尼亞	●	●	●	●	●	●	●	●
Finland	芬蘭	●	●	●	●	●	●	●	●
Greece	希臘	●	●	●	●	●	●	●	●
Hong Kong	香港	●	●	●	●	●	●	●	●
Hungary	匈牙利	●	●	●	●	●	●	●	●
Iceland	冰島	●	●	●	●			●	●
Ile-De-France	法國巴黎大區	●	●	●					
Ireland	愛爾蘭	●	●	●	●	●	●	●	●
Israel	以色列	●	●	●	●	●	●	●	●
Jordan	約旦	●	●	●	●	●	●	●	●
Kazakhstan	哈薩克						●	●	●
Lithuania	立陶宛				●	●	●	●	●
Lombardy	義大利_倫巴底	●	●	●					
Luxembourg	盧森堡	●	●	●	●	●	●	●	●
Netherlands	荷蘭	●	●	●	●	●	●	●	●
New Zealand	紐西蘭	●	●	●	●	●	●	●	●
Norway	挪威	●	●	●	●	●	●	●	●
Portugal	葡萄牙	●	●	●	●	●	●	●	●
Qatar	卡達						●	●	●
Rhone-Alps	法國_Rhone-Alps 地區	●	●						
Scotland	蘇格蘭	●	●	●					
Singapore	新加坡	●	●	●	●	●	●	●	●
Slovak Republic	斯洛伐克共和國	●	●	●	●	●	●	●	●
Slovenia	斯洛維尼亞共和國	●	●	●	●	●	●	●	●
Sweden	瑞典	●	●	●	●	●	●	●	●
Switzerland	瑞士	●	●	●	●	●	●	●	●
Uae	阿拉伯聯合大公國								●

註：●表示當年度有評估之國家

依圖 2-3(b)之 IMD 國家競爭力評估指標可知，自 2004~2011 共 8 年間，IMD 每年評估國家競爭力指標約為 300~350 項，其中基礎建設皆為國家競爭力之評估因素。本研

究整理 IMD 2004~2011 年使用之基礎建設競爭力評估指標(如表 2-5)，作為本研究選擇分析指標之基礎。

表 2-5 2004~2011 年 IMD 國家基礎建設競爭力評估指標之歷年統計

指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	04	05	06	07	08	09	10	11
Access to water	水					●	●	●	●
Access to commodities	商品					●	●	●	●
Air transportation	航空運輸	●	●	●	●	●	●	●	●
Alcohol and drug abuse	酒精及藥物濫用	●							
Arable area	可耕地面積	●	●	●	●	●	●	●	●
Basic research	基本研究	●	●	●	●	●	●		
Business expenditure on R&D	企業 R&D 之支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Business expenditure on R&D per capita	企業每人 R&D 之支出	●	●						●
Broadband subscribers	寬頻用戶	●	●	●	●	●	●	●	●
Broadband costs	寬頻成本		●	●	●	●			
Carbon dioxide emissions	二氧化碳排放量	●	●	●	●				
Climate change	氣候變化							●	●
Connectivity	(網路)連接							●	●
Computers in Use	電腦使用數	●	●	●	●	●	●	●	●
Computers per capita	電腦數量百分比	●	●	●	●	●	●	●	●
Communications technology	通信技術	●	●	●	●		●	●	●
CO ₂ emissions	二氧化碳排放量					●	●	●	●
CO ₂ emissions intensity	二氧化碳排放強度					●	●	●	●
Cyber security	網絡安全	●	●	●	●	●	●		●
Dependency ratio	受撫養人口比率	●	●	●	●	●	●	●	●
Development and application of technology	科技之發展與應用	●	●	●	●	●	●	●	●
Distribution infrastructure	物流運輸基礎建設	●	●	●	●	●	●	●	●
Ecological footprint	每人生態面積	●	●	●	●	●	●	●	●
Ecological balance reserve / deficit	生態平衡儲備 / 缺乏						●	●	●
Economic literacy	經濟知識水準	●	●	●	●	●			
Education in finance	財務知識水準	●	●	●	●	●			
Educational assessment	教育評估	●	●	●	●	●	●	●	●
Educational system	教育系統	●	●	●	●	●	●	●	●
English proficiency	英語水平					●	●	●	●
Electricity costs for industrial clients	工業電力成本	●	●	●	●	●	●	●	●
Energy imports vs. Merchandise Exports%	能源進口與商品出口之比率	●							
Energy infrastructure	能源基礎建設	●	●	●	●	●	●	●	●
Energy intensity	能源強度	●	●	●	●	●	●	●	●
Environmental laws	環保法律	●	●	●	●	●	●	●	●
Fixed telephone lines	固定電話線路	●	●	●	●	●	●	●	●
Fixed telephone tariffs	固定電話費率						●	●	●
Fixed broadband tariffs	固定頻寬費率						●	●	●
Funding for technological development	技術發展資金	●	●	●	●	●	●	●	●
Future energy supply	未來能源供應				●	●	●	●	●
Gasoline prices	汽油價格						●	●	●
GDP and energy consumption	GDP 與能源消費	●							
Green technologies	綠色技術							●	●
Health infrastructure	衛生基礎建設	●	●	●	●	●	●	●	●

指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	04	05	06	07	08	09	10	11
Healthy life expectancy	平均健康壽命	●	●	●	●	●	●	●	●
Health problems	健康問題		●	●	●	●	●	●	●
Health and environment	衛生和環境							●	
Higher education achievement	受高等教育率	●	●	●	●	●	●	●	●
High-tech exports	高科技產品輸出	●	●	●	●	●	●	●	●
Human development index	人員發展指標	●	●	●	●	●	●	●	●
Illiteracy	文盲率	●	●	●	●	●	●	●	●
Information technology skills	資訊技術能力	●	●	●	●	●	●	●	●
Infant mortality	嬰兒死亡率				●	●	●	●	●
Innovative capacity	創新能力							●	●
Interest in science and technology	科技興趣	●							
Intellectual property rights	知識產權	●		●	●	●	●	●	●
International fixed telephone cost	國際電話固定成本	●	●	●	●	●			
Internet costs	網路成本	●	●	●		●			
Internet Users	使用網路人數	●	●	●		●	●	●	●
Internet bandwidth speed	網路頻寬速度						●	●	●
Investment in telecommunications%	電信投資百分比	●	●	●	●	●	●	●	●
Knowledge transfer	知識傳承	●	●	●	●	●	●	●	●
Land area	土地面積	●	●	●	●	●	●	●	●
Language skills	語言技能		●	●	●	●	●	●	●
Legal environment affecting R&D	法律影響的環境支出	●							
Legal environment	法律環境		●	●					
Life expectancy at birth	平均壽命	●	●	●	●	●	●	●	●
Maintenance and development	基礎建設維持與發展	●	●	●	●	●	●	●	●
Management education	管理教育					●	●	●	●
Medical assistance	醫療援助	●	●	●	●	●	●	●	●
Mobile telephone costs	行動電話費用	●	●	●	●	●	●	●	●
Mobile telephone subscribers	行動電話用戶	●	●	●	●	●	●	●	●
Nobel prizes	諾貝爾獎數	●	●	●	●	●	●	●	●
Nobel prizes per capita	諾貝爾獎數百分比	●	●	●	●	●	●	●	●
Number of patents in force	有效專利數	●	●	●	●	●	●	●	●
Paper and cardboard recycling rate%	紙類資源回收率	●	●	●	●	●	●	●	●
Patent granted to residents	擁有專利數				●	●	●	●	
Patent productivity	專利數量	●	●	●	●	●	●	●	
Patent applications	專利申請						●	●	●
Patent applications per capita	專利申請百分比								●
Patents granted to residents	授予民眾的專利	●	●	●					●
Patents and copyright protection	專利和版權保護	●							
Pollution problems	污染防治	●	●	●	●	●	●	●	●
Population over 65 years%	65 歲以上人口	●	●	●	●	●	●	●	●
Population under 15 years%	15 歲以下人口	●	●	●	●	●	●	●	●
Population - market size	人口-市場規模	●	●	●	●	●	●	●	●
Public expenditure on health%	醫療健康之消費支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Pupil-teacher ratio (primary education)	小學生/教師(小學)	●	●	●	●	●	●	●	●
Pupil-teacher ratio (secondary education)	中學生/教師(中學)	●	●	●	●	●	●	●	●
Public and private sector ventures	公眾和私人部門企業				●	●	●	●	●
Qualified engineers	合格工程師人數	●	●	●	●	●	●	●	●
Quality of air transportation	空運品質	●	●	●	●	●	●	●	●
Quality of life	生活品質	●	●	●	●	●	●	●	●

指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	04	05	06	07	08	09	10	11
Railroads	鐵路	●	●	●	●	●	●	●	●
Renewable energies	再生能源				●	●	●	●	●
Researchers and scientists	研究人員和科學家							●	●
Roads	道路	●	●	●	●	●	●	●	●
Science degrees	科學與工程學歷	●	●	●	●	●	●	●	●
Science in schools	科技知識校內傳播	●	●	●	●	●	●	●	●
Scientific articles	科技論文	●	●	●	●	●	●	●	●
Scientific research legislation	科學研究立法							●	●
Secondary school enrollment	中等學校入學率	●	●	●	●	●	●	●	●
Securing patents abroad	國外專利數	●	●	●	●	●			
Scientific research	科學研究				●	●	●	●	●
Student mobility inbound	國內學生的流動性					●	●	●	●
Student mobility outbound	留學學生的流動性					●	●	●	●
Sustainable development	永續發展	●	●	●	●	●	●	●	●
Technology cooperation	技術合作	●	●	●	●	●	●	●	●
Technological regulation	技術章程		●	●	●	●	●	●	●
Total biocapacity	總生態承载力						●	●	●
Total expenditure on R&D	總 R&D 支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Total expenditure on R&D per capita	每人 R&D 支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Total final energy consumption	總能源消費	●	●	●	●	●	●	●	●
Total final energy consumption per capita	每人能源消費	●	●	●	●	●	●	●	●
Total health expenditure	總醫療衛生支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Total health expenditure per capita	總醫療衛生支出百分比				●	●	●	●	●
Total indigenous energy production per capita	每人能源生產	●	●	●	●	●	●		●
Total indigenous energy production%	總本國能源生產	●	●	●	●	●	●	●	●
Total public expenditure on education	總教育支出	●	●	●	●	●	●	●	●
Total public expenditure on education per capita	每人總教育支出				●	●	●	●	●
Total R&D personnel in business enterprise	企業 R&D 人員數	●	●	●	●	●	●	●	●
Total R&D personnel in business per capita	平均企業 R&D 人員數	●	●	●	●	●	●	●	●
Total R&D personnel nationwide	全國 R&D 人員數	●	●	●	●	●	●	●	●
Total R&D personnel nationwide per capita	平均全國 R&D 人員數	●	●	●	●	●	●	●	●
University education	大學教育	●	●	●	●	●	●	●	●
Urban population	都市人口	●	●	●	●	●	●	●	●
Urbanization	都市化	●	●	●	●	●	●	●	●
Waste water treatment plants%	污水處理廠數百分比	●	●	●	●	●	●	●	●
Water consumption intensity	用水量強度						●	●	●
Water transportation (%)	水運	●	●	●	●	●	●	●	●
Water resources	水的資源						●	●	●
Youth interest in science	青少年對科學的興趣		●	●	●	●			

註：●表示當年度有評估之指標

由表 2-5 可知，「空運」、「空運」、「鐵路」和「都市化」等 11 項指標為 IMD 歷年度皆採用之指標，其餘指標之使用次數皆不同。

2.4 競爭力優弱勢指標之選擇方法

本章節介紹 IMD 與過去研究者所提出的優弱勢指標之選擇方法。

2.4.1 IMD 指標之選擇方法

根據第 2.3.3 節 IMD 計算方式，每項指標皆具有排名及標準差兩項競爭力績效，故 IMD 選擇劣勢指標可能具有依指標排名選擇、依標準差選擇及綜合考量排名及標準差等 3 種方式，目前第 1 種方式及第 3 種方式為 IMD 採用。IMD 將競爭力排名由高至低排序，選擇一個經濟體系 6~10 項排名(每年挑選項數均不同)最低且標準差低於整體國家平均之指標為劣勢指標；6~10 項排名(每年挑選項數均不同)最高且標準差高於總體國家平均之指標為優勢指標，因此 IMD 主要係以指標排名為主，標準差為輔之方式選擇劣勢指標，部份指標因影響經濟排名較小，不列入挑選的範圍。本研究以 2011 年台灣基礎建設競爭力為例，說明 IMD 優弱勢指標之選擇方式(如表 2-6)所示。

表 2-6 IMD 優勢、劣勢指標之選擇

編號	STD	排名	W-S	編號	STD	排名	W-S	編號	STD	排名	W-S
4.1.01	-0.45	52		4.1.07	-0.26	27		4.3.19	0.82	14	
4.1.02	-0.73	53		4.4.07	0.41	27		4.3.06	0.07	13	
4.1.21	-0.68	54		4.4.27	0.34	27		4.2.16	1.13	12	
4.5.10	-1.57	54		4.5.16	0.12	27		4.2.17	0.96	12	
4.4.18	-0.80	52		4.2.09	0.34	26		4.4.04	1.22	12	
4.5.04	-0.58	49	W-1	4.2.12	0.32	26		4.3.10	0.53	11	
4.4.12	-0.56	47	W-2	4.2.18	0.43	24		4.3.22	0.95	11	
4.4.17	-0.55	47		4.1.18	0.51	23		4.4.19	0.98	11	
4.4.03	-0.59	44		4.4.24	0.33	23		4.5.11	1.04	11	
4.1.20	-0.40	40		4.4.26	0.34	23		4.1.25	1.03	10	
4.4.14	-3.16	40		4.1.11	0.04	22		4.2.14	1.00	10	
4.4.16	0.15	40		4.1.12	0.13	22		4.3.18	1.22	10	
4.1.09	-0.32	39		4.3.03	-0.09	22		4.5.05	0.99	10	
4.1.23	-0.06	39		4.3.21	0.57	22		4.2.19	1.09	9	
4.4.01	-0.32	39	W-3	4.4.06	0.66	22		4.3.08	0.14	9	
4.4.08	0.16	39		4.1.17	0.69	21		4.2.21	0.93	8	
4.1.08	-0.65	38		4.2.06	0.53	21		4.2.23	1.13	8	
4.1.22	0.20	38		4.3.13	-0.25	20		4.3.02	1.29	8	
4.4.15	0.21	37		4.1.19	0.52	19		4.4.13	0.85	8	
4.5.07	-0.57	37	W-4	4.2.07	0.64	19		4.3.05	1.30	7	
4.5.03	0.06	37	W-5	4.4.25	0.42	19		4.5.09	0.99	7	
4.2.05	0.12	36		4.5.13	0.55	19		4.2.15	1.17	6	S-10
4.2.13	-0.16	35	W-6	4.2.03	0.82	18		4.3.09	1.58	6	
4.5.15	0.29	35		4.3.12	-0.17	18		4.3.23	1.28	6	S-9
4.4.02	-0.55	34		4.1.15	0.84	17		4.4.23	1.56	6	S-8
4.4.09	-0.22	33		4.2.08	-0.15	17		4.3.14	0.55	5	
4.1.04	0.25	31		4.3.01	-0.17	17		4.3.16	0.97	5	
4.1.14	0.39	31		4.3.20	0.76	17		4.3.17	0.91	5	S-7

編號	STD	排名	W-S
4.2.04	0.01	30	
4.5.02	-0.49	30	
4.1.05	0.40	29	
4.2.01	-0.22	29	W-7
4.2.10	0.54	29	
4.4.05	0.40	28	
4.5.01	-0.02	28	W-8
4.1.03	-0.23	27	
4.1.06	0.51	27	

編號	STD	排名	W-S
4.5.08	0.05	17	
4.5.14	0.84	17	
4.1.16	0.76	16	
4.1.24	0.67	16	
4.2.20	0.87	16	
4.3.04	-0.16	16	
4.3.11	0.00	16	
4.4.11	0.74	16	
4.1.13	-0.02	14	

編號	STD	排名	W-S
4.2.11	1.37	5	S-6
4.3.07	1.38	5	S-5
4.1.10	1.46	5	S-4
4.2.22	2.27	4	S-3
4.5.12	1.64	3	S-2
4.5.06	1.74	3	S-1
4.2.02	1.82	1	
4.3.15	3.73	1	

2.4.2 Dzeng and Wang (2007)之競爭力指標區別矩陣

Dzeng and Wang (2007)提出以不改變 IMD 國家競爭力評估及計算模式之條件下，改良 IMD 採原始數值為基礎之排名方式，以經濟體系競爭力表現進行分群，競爭力表現相似之國家，會被歸納為同一群，再根據各群體之競爭力表現定義排名，並以排名及標準差建立基礎建設競爭力指標之區別矩陣，選擇能提升更大程度之國家基礎建設競爭力指標，並呈現所有基礎建設競爭力指標優劣式狀態。

該研究利用群集分析、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劣勢狀態(如圖 2-4)，並利用依競爭力指標在優劣勢矩陣中，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劣勢指標，其計算(如式 7)：

$$WS = \sqrt{(G_i - G_0)^2 + (S_i - S_0)^2} \dots\dots\dots(7)$$

G_i ：第 i 項指標之群集指數。

G_0 ：象限中群集指數之最小值。

S_i ：第 i 項指標之 STD 值。

S_0 ：象限中 STD 值之最小值。

依式(7)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，越短則表示越為劣勢，在第IV象限則剛好相反，WS 值距離象限起點越遠表示越具劣勢，越短則表示越為優勢，依據 WS 值可決定指標之重要性排序，並挑選經濟體系最劣勢之關鍵投資指標。其結果以 2011WCY 台灣為例如表(2-7)。

表 2-7 2011 WCY 台灣基礎建設競爭力群集、象限及指標優劣勢分析結果

編號	指標名稱	群數	標準 值	群集 指數	象 限	歐氏 距離
4.1.02	可耕地面積	4	-0.73	0.00	IV	3.27
4.1.03	水的資源	5	-0.23	0.00	IV	3.77
4.1.04	獲取水	3	0.25	0.66	I	4.30
4.1.05	獲取商品	4	0.40	0.50	I	4.43
4.1.06	都市化	4	0.51	0.75	I	4.57
4.1.07	人口-市場規模	4	-0.26	0.00	IV	3.74
4.1.10	受撫養人口比率	4	1.46	0.50	I	5.48
4.1.11	道路	3	0.04	0.33	II	4.05
4.1.12	鐵路	3	0.13	0.33	II	4.14
4.1.14	空運品質	3	0.39	0.66	I	4.44
4.1.15	物流運輸基礎建設	3	0.84	0.66	I	4.88
4.1.16	水運	4	0.76	0.50	I	4.79
4.1.17	基礎建設維持與發展	3	0.69	0.66	I	4.74
4.1.18	能源基礎建設	3	0.51	0.66	I	4.56
4.1.19	未來能源供應	4	0.52	0.50	I	4.55
4.1.21	總本國能源生產	4	-0.68	0.00	IV	3.32
4.1.24	工業電力成本	3	0.67	0.66	I	4.72
4.2.01	電信投資百分比	3	-0.22	0.00	IV	3.78
4.2.02	固定電話線路	4	1.82	0.75	I	5.87
4.2.03	固定電話費率	4	0.82	0.75	I	4.88
4.2.04	行動電話用戶	4	0.01	0.25	II	4.02
4.2.05	行動電話費用	3	0.12	0.66	I	4.17
4.2.06	通信技術	3	0.53	0.33	II	4.54
4.2.07	(網路)連接	3	0.64	0.66	I	4.69
4.2.08	電腦使用數	5	-0.15	0.00	IV	3.85
4.2.09	電腦數量百分比	3	0.34	0.33	II	4.35
4.2.10	使用網路人數	3	0.54	0.66	I	4.59
4.2.11	固定頻寬費率	5	1.37	0.80	I	5.43
4.2.12	寬頻用戶	3	0.32	0.33	II	4.33
4.2.13	網路頻寬速度	3	-0.16	0.00	IV	3.84
4.2.14	資訊技術能力	4	1.00	0.75	I	5.06
4.2.15	合格工程師人數	4	1.17	0.75	I	5.22
4.2.16	技術合作	3	1.14	0.66	I	5.18
4.2.17	公眾和私人部門企業	4	0.96	0.75	I	5.02
4.2.18	科技之發展與應用	4	0.43	0.50	I	4.46
4.2.19	技術發展資金	4	1.09	0.75	I	5.14
4.2.20	技術章程	4	0.87	0.75	I	4.93
4.2.21	高科技產品輸出錢	4	0.93	0.25	II	4.94
4.2.22	高科技產品輸出百分比	4	2.27	0.50	I	6.29
4.2.23	網路安全	4	1.13	0.75	I	5.18
4.3.01	總 R&D 之支出	4	-0.17	0.00	IV	3.83
4.3.02	每人 R&D 之支出	3	1.29	0.66	I	5.33
4.3.04	企業 R&D 之支出	3	-0.16	0.00	IV	3.84
4.3.05	企業每人 R&D 之支出	5	1.30	0.40	II	5.32
4.3.06	全國 R&D 之人員數	4	0.07	0.25	II	4.08

編號	指標名稱	群數	標準 值	群集 指數	象 限	歐氏 距離
4.3.07	平均全國 R&D 人員數	3	1.38	0.66	I	5.42
4.3.10	科學與工程學歷(%)	3	0.53	0.33	II	4.54
4.3.11	科技論文	4	0.00	0.25	IV	4.01
4.3.13	百萬人中諾貝爾獎數	5	-0.25	0.00	IV	3.75
4.3.14	專利申請	4	0.55	0.00	II	4.55
4.3.15	專利申請百分比	3	3.73	0.66	I	7.76
4.3.16	授予民眾的專利	3	0.97	0.33	II	4.98
4.3.17	有效專利數	3	0.91	0.33	II	4.92
4.3.18	科學研究	3	1.22	0.66	I	5.26
4.3.19	研究人員與科學家	5	0.82	0.60	I	4.86
4.3.20	科學研究立法	3	0.76	0.66	I	4.81
4.3.21	知識產權	3	0.57	0.66	I	4.62
4.3.22	知識傳承	3	0.95	0.66	I	4.99
4.3.23	創新能力	4	1.28	0.75	I	5.33
4.4.01	每人總醫療衛生支出	4	-0.32	0.25	IV	3.69
4.4.04	衛生基礎建設	4	1.22	0.75	I	5.27
4.4.05	平均壽命	3	0.40	0.66	I	4.45
4.4.08	醫療援助	4	0.16	0.75	I	4.23
4.4.10	人員發展指標	4				
4.4.11	健康問題	4	0.74	0.75	I	4.80
4.4.12	能源強度	5	-0.56	0.60	III	3.49
4.4.15	用水量強度	5	0.21	0.80	I	4.29
4.4.17	二氧化碳排放強度	3	-0.55	0.33	IV	3.47
4.4.19	綠色技術	5	0.98	0.60	I	5.02
4.4.22	生態平衡儲備/缺乏	3				
4.4.23	永續發展	3	1.56	0.66	I	5.60
4.4.24	汙染防治	4	0.33	0.50	I	4.36
4.4.25	環保法律	3	0.42	0.33	II	4.43
4.4.26	氣候變化	5	0.34	0.60	I	4.38
4.4.27	生活品質	3	0.34	0.66	I	4.39
4.5.01	每人總教育支出	5	-0.02	0.40	IV	4.00
4.5.03	小學生/教師(小學)	3	0.06	0.66	I	4.11
4.5.04	中學生/教師(中學)	3	-0.58	0.33	IV	3.44
4.5.05	中等學校入學率	3	0.99	0.66	I	5.03
4.5.06	受高等教育率	4	1.74	0.75	I	5.79
4.5.07	國內學生的流動性	3	-0.57	0.00	IV	3.43
4.5.09	教育評估-PISA	3	0.99	0.66	I	5.03
4.5.10	英語水平-TOEFL	3	-1.57	0.00	IV	2.43
4.5.11	教育系統	3	1.04	0.66	I	5.08
4.5.12	科技知識校內傳播	3	1.64	0.66	I	5.68
4.5.13	大學教育	4	0.55	0.50	I	4.58
4.5.14	管理教育	4	0.84	0.75	I	4.90
4.5.15	文盲率	3	0.29	0.66	I	4.34
4.5.16	語言技能	4	0.12	0.50	I	4.15

圖2-4中 $G_{classify}$ 代表群集指數之區別值， S_{min} 代表所有指標最小之標準差， S_{max} 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。

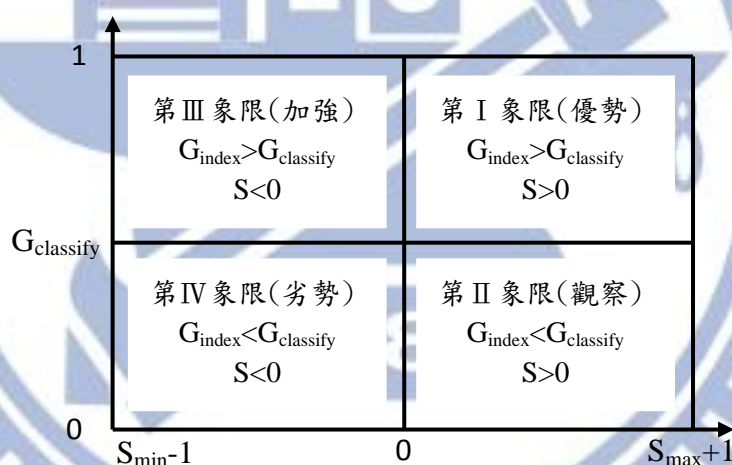


圖 2-4 競爭力指標優弱勢區別矩陣

透過指標區別矩陣，使用者可清楚瞭解各項指標之所處狀態，進而決定相關之策略，例如圖 2-5 中 4.1.02 可耕地面積指標為第Ⅳ象限指標中最接近象限最小座標之指標，代表其基本建設中最劣勢之指標，應儘速提升該項指標之競爭力；此外，4.1.12 鐵路指標雖為第Ⅱ象限，然其標準值趨近於 0，顯示未來該項指標極可能成為第Ⅳ象限指標，應隨時注意觀察。

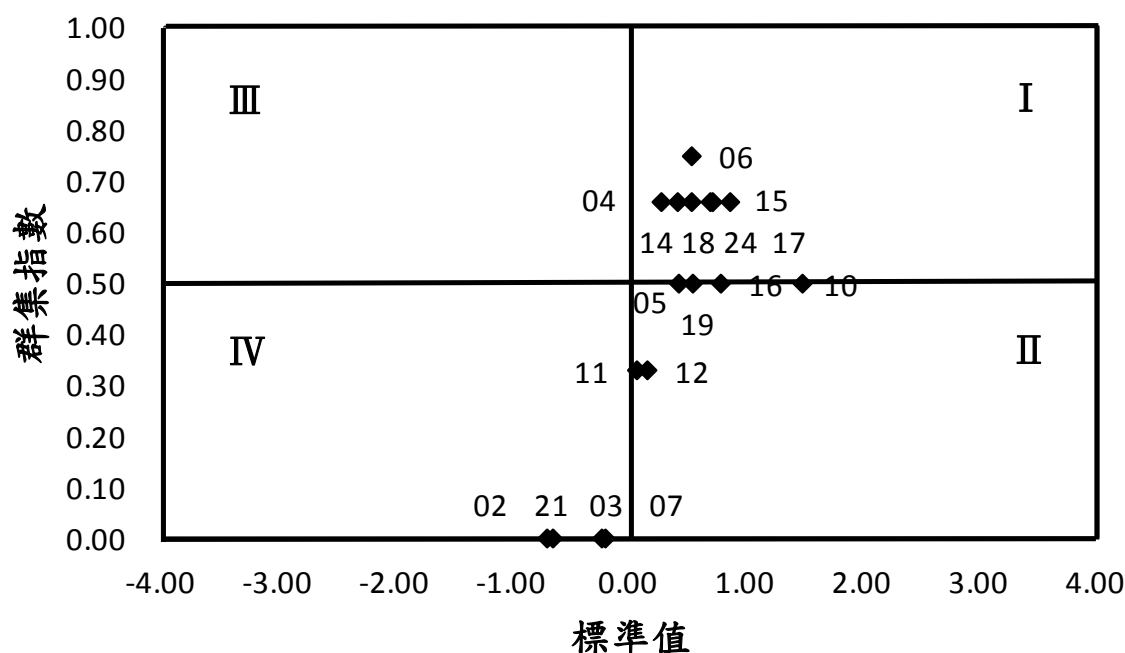


圖 2-5 台灣基礎建設 4.1 競爭力指標區別矩陣

2.4.3 Wang, S. H. et al. (2010)之領先落後模糊得分之競爭力判別矩陣

Wang, S. H. et al. (2010) 研究認為參考國際調查報告，選擇國家優劣勢指標之關鍵，在於判斷該國家在這項指標的表現與領先及落後國家之差異程度，因此一個國家需加強之指標，應符合與領先國家差異大，與落後國家差異小之條件。

該研究認為Dzeng and Wang(2007)根據IMD競爭力之計算方式。雖已改善僅以排名及標準差作為篩選之問題，惟研究模式著重分群結果之一致性，並非將樣本切割為差異最大之群集(組間平均值差異最大，且組內誤差變異量最小)，可能低估不同群集國家間之差異性，且同群集國家之排名完全相同，然群內國家之競爭力亦具差異性，因此亦可能影響優劣勢指標之選擇。

Wang, S. H. et al. (2010) 提出了領先和落後模糊分數圖型的模型，先透過群集化分析，將國家分為群間差異最大，且群內差異最小之數個群集，再考量群集內與群集間之差異程度，配合模糊理論分析技術，建立競爭力差異之隸屬度函數，做為單一國家領先與落後程度之判斷基礎，在利用重心法解模糊化，決定各項指標之領先及落後評價，建立領先和落後模糊分數圖型的模型，作為決策者擬定國家建設及發展計畫之參考，以2011 WCY 台灣為例分析結果(如表 2-8)所示。

表 2-8 2011 WCY 台灣基礎建設指標模糊得分表

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.1.02	53	-0.73	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.1.03	27	-0.23	0.10	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.1.04	31	0.25	6.69	1.56	100.00	100.00	1	70.71
4.1.05	29	0.40	10.00	1.59	100.00	96.00	1	67.94
4.1.06	27	0.51	10.00	0.74	100.00	100.00	1	70.71
4.1.07	27	-0.26	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.1.10	5	1.46	7.98	5.64	100.00	10.34	2	51.06
4.1.11	22	0.04	2.50	10.00	44.17	0.00	4	44.17
4.1.12	22	0.13	2.42	10.00	40.91	0.00	4	40.91
4.1.14	31	0.39	8.22	0.87	100.00	100.00	1	70.71
4.1.15	17	0.84	7.43	0.17	100.00	100.00	1	70.71
4.1.16	16	0.76	9.69	1.60	100.00	97.16	1	68.73
4.1.17	21	0.69	6.44	1.09	100.00	100.00	1	70.71
4.1.18	23	0.51	7.08	1.53	100.00	100.00	1	70.71
4.1.19	19	0.52	9.00	2.38	100.00	58.51	1	50.72
4.1.21	54	-0.68	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.1.24	16	0.67	10.00	0.59	100.00	100.00	1	70.71
4.2.01	29	-0.22	0.04	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.2.02	1	1.82	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.2.03	18	0.82	10.00	0.61	100.00	100.00	1	70.71
4.2.04	30	0.01	2.80	10.00	62.50	0.00	2	12.50
4.2.05	36	0.12	10.00	1.04	100.00	100.00	1	70.71
4.2.06	21	0.53	6.21	1.60	100.00	96.14	1	68.04
4.2.07	19	0.64	7.51	1.12	100.00	100.00	1	70.71
4.2.08	17	-0.15	0.71	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.2.09	26	0.34	5.01	2.36	100.00	53.44	1	50.12
4.2.10	29	0.54	6.16	1.10	100.00	100.00	1	70.71
4.2.11	5	1.37	10.00	1.08	100.00	100.00	1	70.71
4.2.12	26	0.32	4.80	3.14	100.00	5.25	2	50.27
4.2.13	35	-0.16	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.2.14	10	1.00	10.00	0.51	100.00	100.00	1	70.71
4.2.15	6	1.17	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.2.16	12	1.13	8.07	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.2.17	12	0.96	7.78	1.03	100.00	100.00	1	70.71
4.2.18	24	0.43	7.10	2.40	100.00	42.76	2	65.79
4.2.19	9	1.09	9.94	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.2.20	16	0.87	10.00	0.83	100.00	100.00	1	70.71
4.2.21	8	0.93	4.61	10.00	57.27	0.00	2	7.27
4.2.22	4	2.27	9.92	4.85	100.00	0.00	2	50.00
4.2.23	8	1.13	9.94	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.3.01	17	-0.17	0.47	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.3.02	8	1.29	7.13	0.86	100.00	100.00	1	70.71
4.3.04	16	-0.16	0.46	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.3.05	7	1.30	7.33	5.21	100.00	2.70	2	50.07
4.3.06	13	0.07	1.52	10.00	13.53	0.00	4	13.53
4.3.07	5	1.38	8.13	0.64	100.00	100.00	1	70.71
4.3.10	11	0.53	4.80	6.51	100.00	4.06	2	50.16
4.3.11	16	0.00	1.24	10.00	6.08	0.00	4	6.08
4.3.13	20	-0.25	0.90	10.00	0.00	0.00	4	0.00

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.3.14	5	0.55	2.92	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.3.15	1	3.73	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.3.16	5	0.97	4.30	10.00	37.70	0.00	4	37.70
4.3.17	5	0.91	4.74	10.00	100.00	0.00	2	50.00
4.3.18	10	1.22	7.15	0.53	100.00	100.00	1	70.71
4.3.19	14	0.82	8.20	5.11	100.00	17.74	2	53.05
4.3.20	17	0.76	6.07	0.80	100.00	100.00	1	70.71
4.3.21	22	0.57	5.88	1.42	100.00	100.00	1	70.71
4.3.22	11	0.95	7.89	0.22	100.00	100.00	1	70.71
4.3.23	6	1.28	9.11	0.88	100.00	100.00	1	70.71
4.4.01	39	-0.32	3.01	10.00	50.96	0.00	2	0.96
4.4.04	12	1.22	9.30	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.4.05	28	0.40	10.00	0.83	100.00	100.00	1	70.71
4.4.08	39	0.16	10.00	1.15	100.00	100.00	1	70.71
4.4.11	16	0.74	10.00	0.79	100.00	100.00	1	70.71
4.4.12	47	-0.56	10.00	4.12	100.00	36.74	2	62.05
4.4.15	37	0.21	10.00	0.69	100.00	100.00	1	70.71
4.4.17	47	-0.55	6.75	3.55	100.00	21.79	2	54.54
4.4.19	11	0.98	9.93	2.35	100.00	63.89	1	51.89
4.4.23	6	1.56	8.19	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.4.24	23	0.33	5.42	4.09	100.00	9.56	2	50.91
4.4.25	19	0.42	4.42	3.40	100.00	32.27	2	59.51
4.4.26	23	0.34	8.98	3.85	100.00	37.44	2	62.46
4.4.27	27	0.34	7.49	1.82	100.00	100.00	1	70.71
4.5.01	28	-0.02	8.23	7.76	100.00	0.27	2	50.00
4.5.03	37	0.06	10.00	0.58	100.00	100.00	1	70.71
4.5.04	49	-0.58	10.00	3.54	100.00	37.90	2	62.74
4.5.05	10	0.99	8.49	0.08	100.00	100.00	1	70.71
4.5.06	3	1.74	9.83	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00
4.5.09	7	0.99	8.24	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.5.10	54	-1.57	0.12	7.93	0.00	0.00	4	0.00
4.5.11	11	1.04	8.15	0.41	100.00	100.00	1	70.71
4.5.12	3	1.64	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.5.13	19	0.55	10.00	2.33	100.00	62.92	1	51.64
4.5.14	17	0.84	10.00	0.58	100.00	100.00	1	70.71
4.5.15	35	0.29	10.00	0.73	100.00	100.00	1	70.71
4.5.16	27	0.12	4.97	4.24	100.00	0.00	2	50.00

註：已刪除無台灣統計資料之指標

該研究定義之領先落後模糊得分判別矩陣，可分為 4 個象限，座落於第 I 象限之指標($LS>50$ 、 $BS>50$)，具有與領先國家差異小，惟與落後國家差異大之特性，此類指標為該國重要競爭力資產；第 II 象限之指標($LS>50$ 、 $BS<50$)，代表該項指標處與領先及落後國家皆具有顯著差異，故僅需觀察此項競爭力指標即可；第 III 象限之指標($LS<50$ 、 $BS>50$)，與領先國家及落後國家皆無顯著差異，應加強此類競爭力指標投資，避免此類

指標變為劣勢指標；第IV象限之指標($LS < 50$ 、 $BS < 50$)，與領先國家差異大，與落後國家差異小之特性，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，(如圖 2-6 所示)。

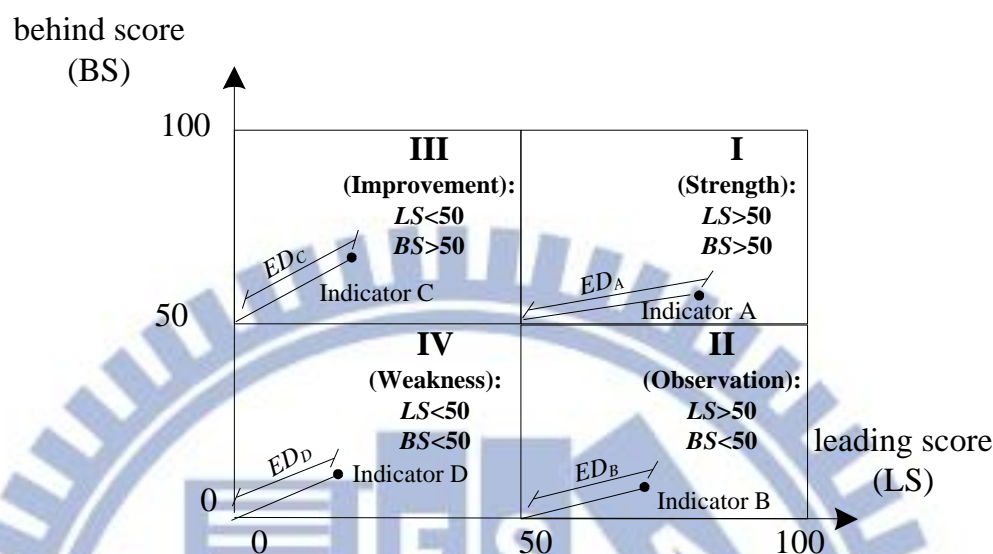


圖 2-6 領先與落後模糊分數圖形模型

透過領先與落後模糊分數圖型模型，使用者可清楚瞭解各項指標之所處狀態，進而決定相關之策略，例如圖 2-6 所示。

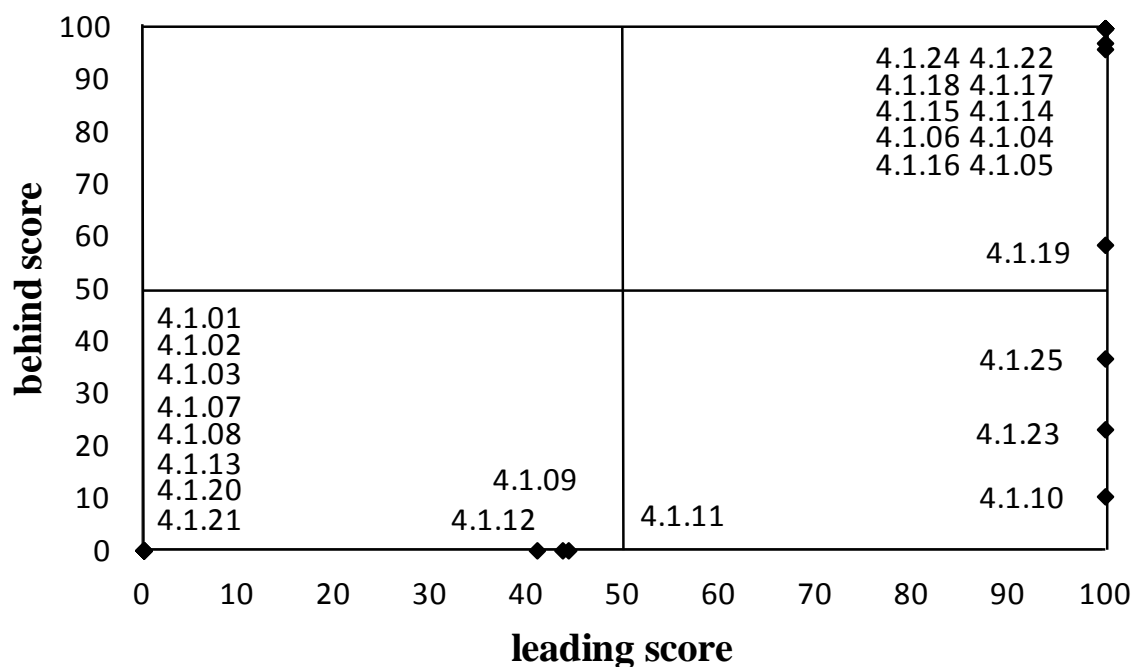


圖 2-7 台灣基礎建設 4.1 模糊分數圖形模型

2.4.4 過去競爭力指標選擇方法之問題

IMD 主要以原始數值和排名來衡量該項指標，做為優勢和劣勢之依據，如果以上述所說之依據挑選指標，可能造成所挑選的指標，擁有較高的排名，但相反的，該國指標可能較接近領先群集國家而誤認為劣勢指標，造成誤判情況發生；Dzeng and Wang (2007) 以群集化分析之方式，並以群集指數作為該指標評分之依據，建立競爭力指標優劣勢區別矩陣，並利用歐幾里得距離(Euclidean Distance, ED)(Tabachnick and fidell 2001)決定指標優先順序，但如果該資料屬於非常態分佈且過度離散，則無法進行處理；Wang, S. H. et al.(2010)利用模糊化建立分析之模式，不受資料分佈狀況之限制，但只以領先和落後分數座標軸作為挑選優劣勢指標，缺乏以 STD 標準值之判斷依據，可能造成挑選到非真正優勢或劣勢指標。

2.5 模糊理論

在現實生活中，經常就會碰到些「模糊」的事情，無法用二進位邏輯來表達（即成立或不成立），譬如，這個人「很高」，如何明確定義「高」與「不高」的界限，往往會引起很大的爭議。

L.A.Zadeh於1965年提出的一種將模糊概念（vague concept）量化的表達工具，即可用來表達類似上述所描述無法明確定義的模糊性概念，其主要用意是將主觀性及不確定性之事物經過隸屬度（degree of membership）的表達，可將不明確之事物透過明確之定義來清楚的表達，其對於處理「不精確」、「含糊」或資訊不充足的問題特別具有效力（reference）。

模糊理論是建構在模糊集合的基礎上，是為了解決真實世界中普遍存在的模糊現象而發展的一門學問，用一種數學模型來描述語意式的模糊資訊的方法，無論是消費性電子產品、語音辨識、影像處理、機器人、決策分析以及軟體工程上都有很好的運用結果。

2.5.1 模糊集合

一般傳統集合，對事件之發生，係以邏輯之「真」與「偽」來命題，也就是一個元素對一個集合的隸屬程度是屬「二元」，僅有0與1這兩種選擇而已。此一邏輯之判斷方式，對於事件本身具有含糊概念時，便無法處理的很好。模糊集合則是允許模糊集合中的元素，對此集合的隸屬程度可介於0到1之間，也就是將傳統二進位邏輯基礎擴展到連續多值。傳統集合與模糊集合最大的差異就在於，傳統集合的隸屬函數是唯一的，而模糊集合可以有無限多種的隸屬函數，因為這個特性，使得模糊系統可以調整其歸屬函數

以適應不同的變化環境，表2-9則是說明傳統集合與模糊集合的差別比較(reference)。

表 2-9 傳統集合與模糊集合差別比較

傳統集合(Crisp Sets)	模糊集合(Fuzzy Sets)
使用0或1的特徵函數	使用0到1的隸屬函數
強調非此即彼的關係	接受亦此亦彼的模糊關係
只能接受精確的資訊	可接受模糊的資訊
硬性的二分法類別(非0即1)	軟性的分類法(0至1之間)

(鄭雅馨，2000)

2.5.2 模糊理論機的基本概念

Dubois & Prade (1978) 曾對模糊數加以定義並提出若干基本性質，認為模糊數為一模糊數集，其隸屬函數(membership function)為 $\mu(X): R \rightarrow [0,1]$ ，並具有以下之性質：

1. $\mu(X)$ 為連續性
2. $\mu(X)$ 為一凸模糊集(convex fuzzy set)
3. 存在一實數 X_0 ，使得 $\mu(X_0)=1$ ；凡能滿足上述三條件的皆稱之為模糊數。

2.5.3 隸屬函數

模糊集合處理不確定的問題時，都會以隸屬函數表達模糊程度；但實際上進行應用模糊集合處理時，都是透過模糊數處理，進而簡化數學之運算與表達方式。

隸屬函數本身隱含著，整個研究對象的物理、化學或生物傳輸特性等個元素間的相關性；雖然函數不是由嚴格的公式推導所產生，但正如同一個受重視的微分方程式一般，正確的隸屬函數可為我們解決問題。

隸屬函數基本定義是在論域 U 上有一個模糊子集 A ， $A \subset F(U)$ ，給定一個 $u(x)$ ， $u(x)$ 具有有限集合 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ，使得 $0 \leq u(x) \leq 1$ ；則 $u(x)$ 稱為模糊子集 A 的隸屬函數。若 $u(x)$ 越接近 1，則隸屬於 A 的程度越高。

2.6 小結

基礎建設是推動經濟成長及社會發展的核心因素，挑選出真正需要改進之劣勢基礎建設項目成為首要目標，尤其在近幾年國家經濟的負成長狀況下，國家基礎建設經費勢必會有所減少，在有限的經費下，挑選出真正需要改善之劣勢指標，成為一個重要的問題，本研究利用 IMD 所提供之標準差配合 Wang, S. H. et al. (2010)所建立之研究基礎，可建立更客觀之國家基礎建設的競爭力狀態分析，達到真正改善國家競爭力排名的需求。

第三章 研究流程及方法

前一章節描述過去國家競爭力研究的模式，根據研究者觀點雖已改善 IMD 主要以排名選擇指標之問題，惟研究模式雖已探討出國家之競爭力差異，並顯現出該國與其他領先與落後國家之差異，卻忽略 IMD 標準差的考量，可能影響指標選擇之有效性。本研究藉此提出三維判別矩陣，藉由與先前研究者比較的方式，改善過去選擇模式的不足。

3.1 研究流程

國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(Otto and Voss 1996, Rattso 1999 等)、與基礎建設投資適當額度(蔡蕙如 2002)等 2 類，唯近年來相關學者多採用 Cobb-Duglas 生產函數進行實證分析，分析公共資本與產出間之關係。惟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「費率」觀點，其利用政府投資及產業產出比率，分析最適當額度之基礎建設投資，然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，分析細度不足，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。

針對此項問題，陸續有學者透過具公信力的研究報告，提出相關比較及分析方法。Roessner et al. (2002)，利用 IMD 國家競爭力年報配合敘述統計方式，分析高科技國家之競爭力特徵；Zanakis and Irma(2005)利用 IMD 國家競爭力年報中 43 個國家之統計資料，透過資料探勘及多變量統計，分析國家重要之發展指標；陳慧茶(2007)利用 IMD 及 WEF 2000~2006 年競爭力報告，透過敘述統計方式，分析台灣競爭力優劣勢指標；陳宛瑩(2008)根據 2007 年 IMD 國家競爭力年報資料，利用敘述統計比對台灣競爭力下降之原因；Dzeng and Wang(2007)為改善 IMD 指標選擇之問題，利用群集化分析及各項競爭力相關指標之標準差，建立基礎建設競爭力指標之區別矩陣，將指標分為優勢、觀察、加強及劣勢等 4 類，呈現一個經濟體系所有基礎建設競爭力指標之優劣勢狀態及趨勢，並綜合考量排名及標準差選擇最劣勢之指標；游竣鴻(2007)根據 Dzeng and Wang(2007)之研究模式，配合基因演算法技術，建置國家競爭力提升排名及借鏡他國之自動化分析系統，在提升國家競爭力排名最大化之條件下，搜尋最佳投資分配策略；Wang, S. H. et al. (2010)為改善排名無法表是一個國家的領先及落後程度之問題，以及考量國家在單項指標之競爭力表現(與領先國家、落後國家之差異程度)，利用群集化分析技術，並配合

模糊理論分析技術，建立競爭力差異之隸屬度函數，作為單一國家領先與落後程度之判斷基礎，再利用重心法解模糊化，決定各項指標之領先及落後評價。

本研究認為 Wang, S. H. et al. (2010) 利用模糊化建立分析之模式，雖改善 IMD 排名相同之指標選擇機制，且不受資料分佈狀況之影響，然而各項指標在領先評價與落後評價相同時，增加 STD 值的判別方式，應更能分析出單項指標之競爭力的表現。本研究在分析技術上，延續 Wang, S. H. et al. (2010) 之方法增添一個 STD 值，以增加其判別依據，並建立三維判別矩陣模型，作為未來國家擬定基礎建設發展策略之參考，本研究流程如圖 3-1 所示。



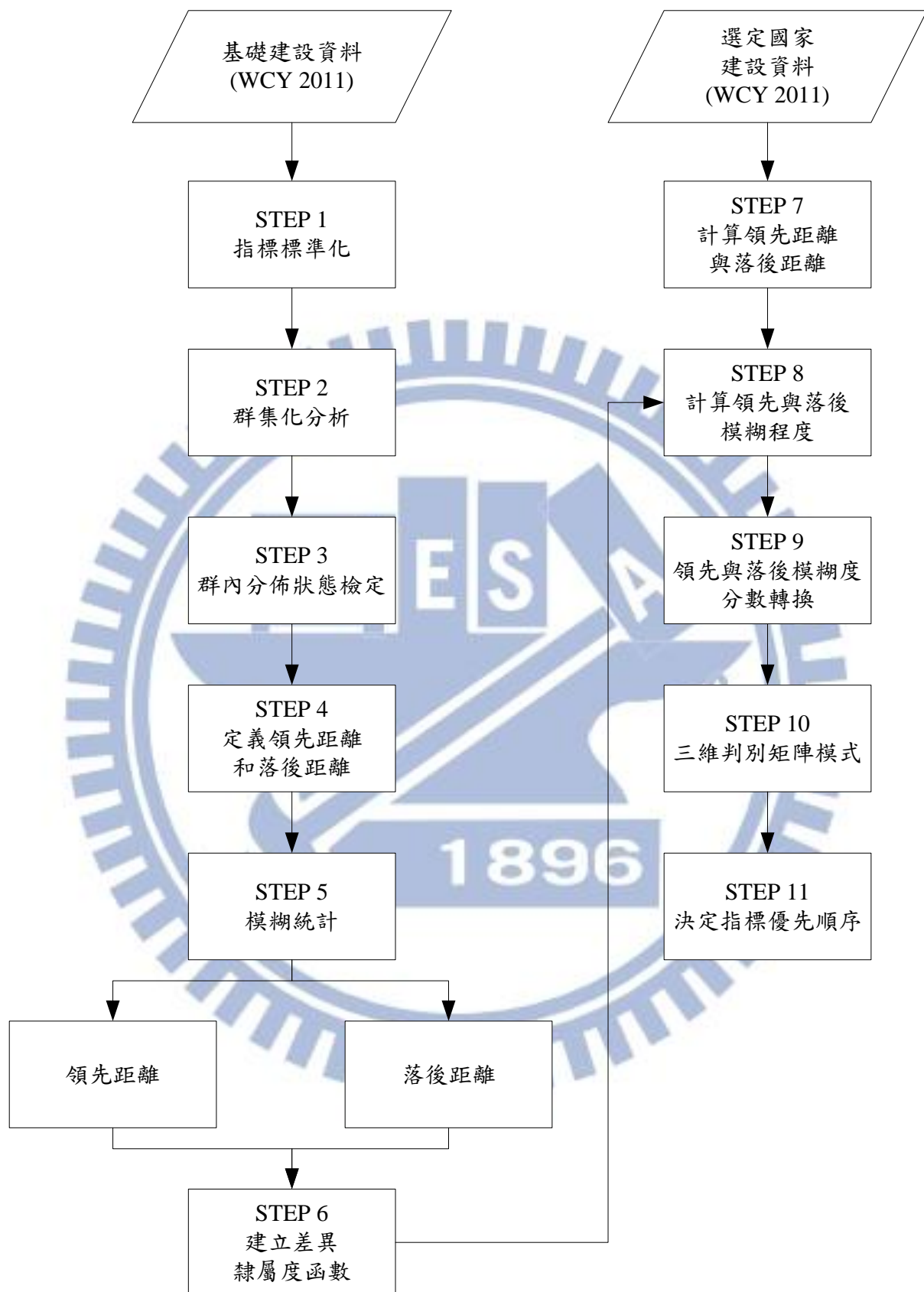


圖 3-1 研究流程

3.2 國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣建置步驟

STEP1 指標標準化

因 IMD 採用之競爭力指標之尺度不同，進行群集分析前先進行指標尺度標準化，本研究依據 IMD 採用之 SMD 模式，將所有競爭力指標轉換為標準差。

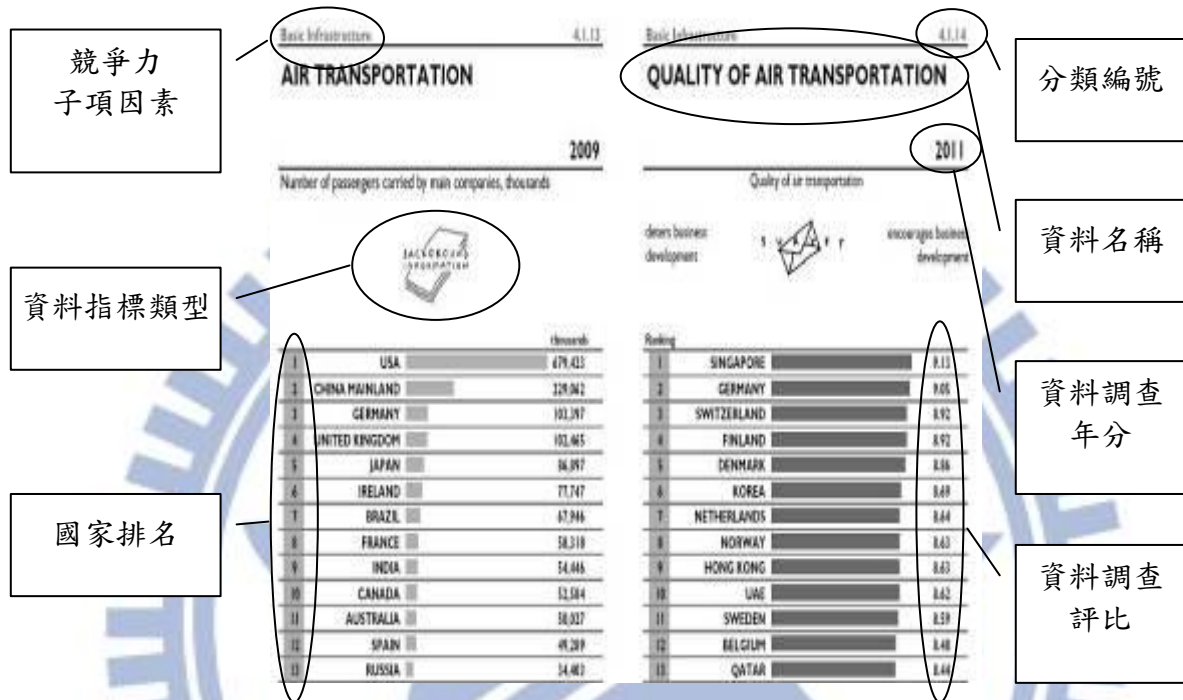


圖 3-2 WCY 資料分析

STEP2 群集化分析

目前常用之群集分析方法可分為階層式群集分析及 K-means 群集分析(K-means Clustering)2 類，階層式群集分析優點在於使用簡單，適用於當研究者不瞭解分析樣本之可能分群數時使用，缺點為分析方法及過程並不嚴謹，可能會造成樣本歸納至不適當之群集中，提昇組內變異量；K-means 群集分析優點在於樣本分類結果較佳，可有效降低階層式群集組內變異量較大之問題，缺點在於分析時研究者需先自行設定群數。因此在實際研究上，許多研究先以階層式群集評估可能之分群數，再利用 K-means 群集調整樣本所處之群集，降低組間變異量。本研究參考其他學者之作法，先以階層式群集分析預估分群群數，再利用 K-means 群集分析進行樣本所處群集之調整。

除了群集採用之分析技術外，決定觀察值之分群群數，亦為群集分析使用上之關鍵問題，因此學者曾提出 RMSSTD、 R^2 和 SPRSQ 等判斷適當群數之評量指標。RMSSTD

代表各群集之標準差總和，RMSSTD 越低代表群體內差異越小相似性高； R^2 代表 1 減去群集後與未群集前變異量之比值，當分群群數等於樣本數時 R^2 為 1，當分群群數僅為 1 時 R^2 為 0， R^2 高則代表各群集內之變異小相似性高，通常用於推論群集間之相異性；SPRSQ 代表群集結合前後之變異增加量與未群集前變異量之比值，亦等於群數變動時之 R^2 增減量，SPRSQ 越小代表合併群集不會造成變異量之增加，應進行合併。本研究採用 RMSSTD、 R^2 、SPR 等 3 項指標，決定群集群數 Pallant(2005)。

STEP3 群內分佈狀態檢定

群內分佈狀態檢定之目的，係為選擇領先群集及落後群集之參考國家。根據 Pallant(2005)建議，當資料型態為偏態分佈時，中位數更能代表多數資料之狀況，因此本研究依 95%顯著水準，對基礎建設各項指標進行常態性檢定，若樣本數大於 51，採用 Kolmogorov- Smirnov 檢定；若樣本數小於 50，則採用 Shapiro- Wilk 檢定，判斷各項基礎建設指標是否為常態分佈。

STEP4 定義領先及落後距離

根據群集結果，各群皆具有最高國家($C_{n(max)}$)、中間國家($C_{n(med)}$)及最低國家($C_{n(min)}$)等 3 項特徵資料如圖 3-2，最高國家($C_{n(max)}$)代表群集內數值最高之國家；中間國家($C_{n(med)}$)有兩種可能，若群內資料屬常態分佈，則中間國家代表群集之平均值、若群內資料非屬常態分佈，則中間國家代表群集之中位數；最低國家($C_{n(min)}$)代表群集內數值最低之國家。

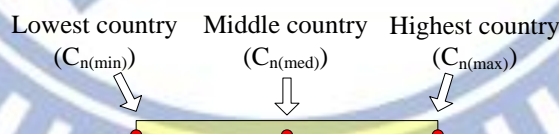


圖 3-2 群集特徵資料

分群結果可能為偶數群(Even Cluster)或奇數群(Odd Cluster)2 種，本研究分別定義不同群數之領先距離及落後距離如圖 3-3。其中群數越大表示較為落後，群數越低則代表越為領先。

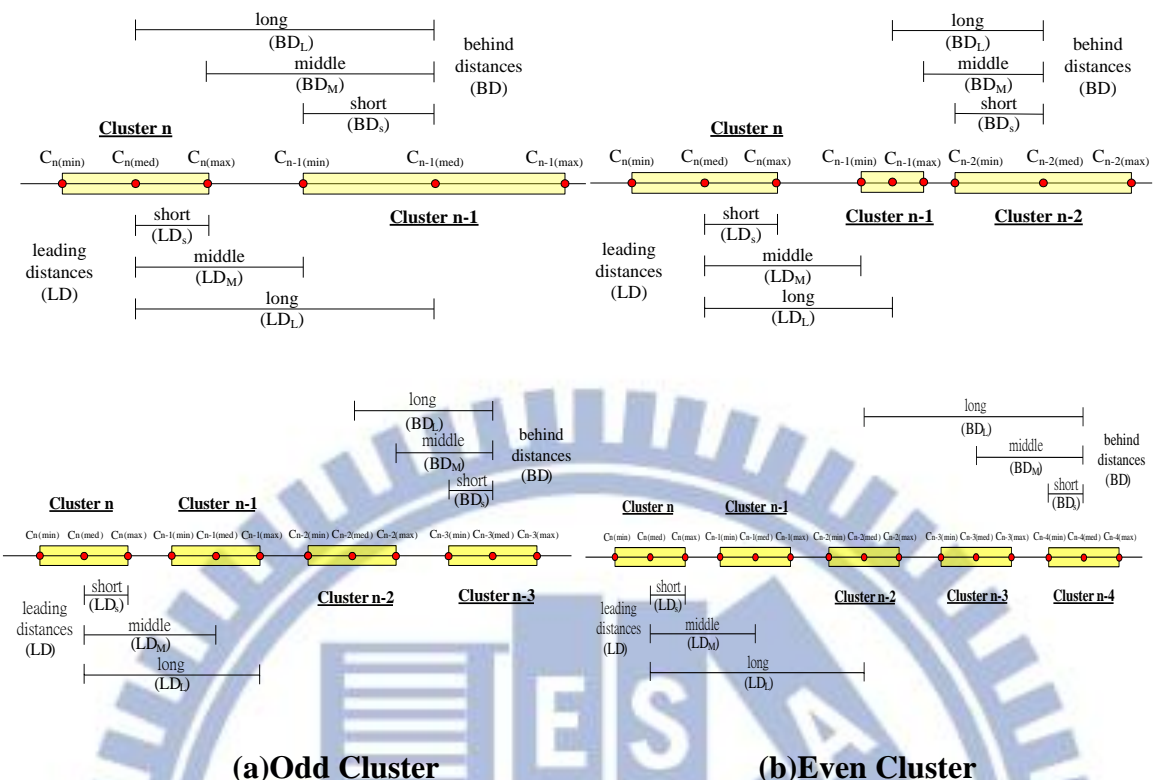


圖 3-3 不同群數之領先距離及落後距離

(1) 落後距離(behind distances): 代表與領先國家之差異程度, 距離越小越佳, 可分為長、中、短 3 種距離:

- 長距離(BD_L): $(C_{n-1(med)}) - (C_{n(med)})$, 係為後群集與前群集中間國家之差異狀態, 代表在一般條件下, 某國達到前群集中間國家水準應提升之距離, 因此若某國落後距離高於 BD_L , 則代表該國與領先國家差異極大, 因此落後程度高。
- 中距離(BD_M): $(C_{n-1(med)}) - (C_{n-1(max)})$, 係為後群集之最高國家與前群集中間國家之差異狀態, 代表在最佳條件下, 某國達到前群集中間國家水準應提升之距離, 因此若某國落後距離少於 BD_L 然高於 BD_M , 則代表該國屬於後群集中競爭力較佳之國家, 因此落後程度中等。
- 短距離(BD_S): $(C_{n-1(max)}) - (C_{n-1(med)})$, 係為前群集之最低國家與中間國家之差異程度, 代表某國由前群集之最低國家, 變為群集內中間國家之距離, 因此若某國落後距離少於 BD_S , 則該國仍屬於前群集, 因此落後程度低。

(2) 領先距離(leading distances): 代表與落後國家之差異程度, 距離越大越佳, 亦分為長(long)、中(middle)、短(short)3 種距離:

- 長距離(LD_L)： $(C_{n-1(\text{med})})-(C_{n(\text{med})})$ ，係為前群集與後群集中間國家之差異，代表某國由前群中間國家變為與後群集中間國家之距離，因此若某國領先距離高於 LD_L ，則顯示該國遠離後群集，屬於前群集國家，領先程度高。
- 中距離(LD_M)： $(C_{n-1(\text{min})})-(C_{n(\text{med})})$ ，係為前群集中間國家與後群集之最高國家之差異狀態，代表在最差條件下，某國由前群國家變為後群中間國家之距離，因此若某國落後距離少於 LD_L 然高於 LD_M ，則顯示該國仍屬於前群集，因此領先程度中等。
- 短距離(LD_S)： $(C_{n(\text{max})})-(C_{n(\text{med})})$ ，係為後群集中最高國家與中間國家之差異程度，代表某國由群集內之最高國家，變為群集內之中間國家距離，因此若某國領先距離少於 LD_S ，則該國極可能屬於後群集，因此領先程度低。

STEP5 模糊統計

根據 step4 之定義，本研究分別計算 WCY 基礎建設 113 項指標之長、中及短距離，再根據式(8)，統計長、中及短距離之各組相對次數。本研究設定之模糊統計分組，係假設領先及落後距離之統計結果符合常態分佈，因此 3 STD 之涵蓋機率可幾乎包含全部之統計結果(涵蓋機率為 99.7%)，因此採用 3 STD 為分組界限值，並切割為 10 組，每組相距 0.3 STD。

$$\mu(\mu_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{A^*}{n} \dots\dots\dots(8)$$

$\mu(\mu_0)$:各組之相對次數

A^* : 各組之出現次數

n : 最高出現次數

STEP6 建立差異模糊隸屬函數

本研究採用 Inductive reasoning 建立模糊隸屬函數，適用於可詳細定義輸入及輸出資料關聯性之情況 Sivanandam et al. (2007)。模糊隸屬函數由 Core, Support and Boundary 三部分組成如圖 3-4，且隸屬度之函數值介於 0~1。

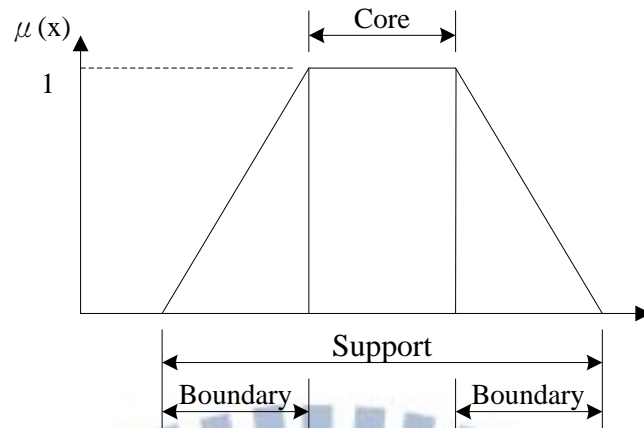


圖 3-4 Membership Function 之組成

決定模糊隸屬函數之後，本研究根據 Matlab R2011a 之 Tool box 提供之 Membership Functions(如表 3-1)，選擇與模糊統計之相對次數圖最相似，且 RMSE(Root Mean Square Error)最小之。RMSE 之定義如式(9)，Chen et al.(2009)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(RF_{real})_i - (RF_{estimated})_i]^2}{n}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

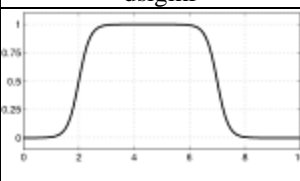
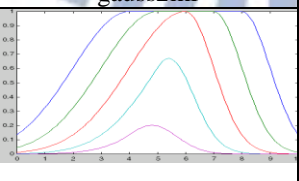
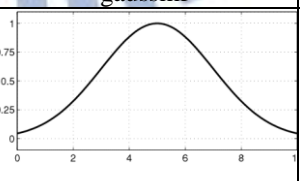
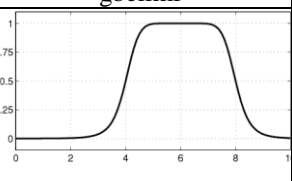
$(RF_{real})_i$ ：第 i 組之模糊統計值

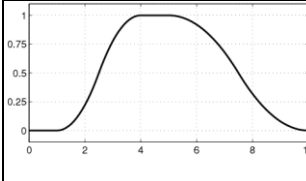
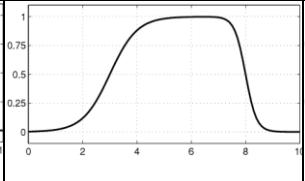
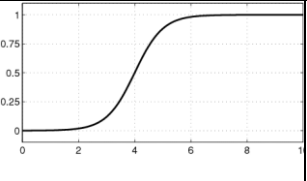
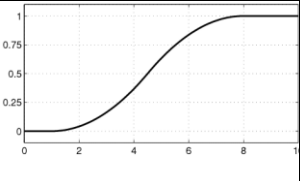
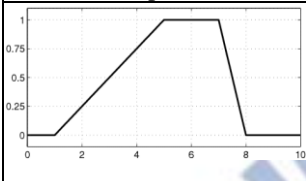
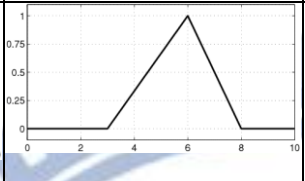
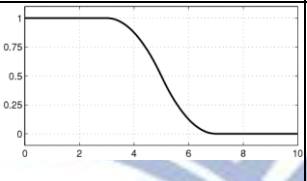
$(RF_{estimated})_i$ ：第 i 組之 membership Functions 估計值

n：組數

RMSE 代表 Membership Functions 與模糊統計結果之差異量，RMSE 越小則代表 Membership Functions 與模糊統計結果越相近。

表 3-1 Matlab 提供之 Membership Functions

dsigmf	gauss2mf	gaussmf	gbellmf
			
Built-in membership function composed of difference between two sigmoidal membership functions.	Gaussian combination membership function.	Gaussian curve built-in membership function.	Generalized bell-shaped built-in membership function.
pimf	psigmf	sigmf	smf

			
II-shaped built-in membership function	Built-in membership function composed of product of two sigmoidally shaped membership functions	Sigmoidally shaped built-in membership function	S-shaped built-in membership function
			
Trapezoidal-shaped built-in membership function	Triangular-shaped built-in membership function	Z-shaped built-in membership function	

STEP7 計算領先及落後距離

本研究定義之領先及落後距離，代表對象國家與領先群集及落後群集之中間國家之差異值，中間國家可能有兩種數值，若群集檢定結果屬常態分佈，採用平均值作為中間國家；若群內資料非屬常態分佈，則以中位數代表中間國家。本研究領先及落後距離之計算公式如式(10)及式(11)。

$$\text{Behind Class} = \frac{OC_{STD} - FC_{average or median}}{0.3} \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Leading Class} = \frac{OC_{STD} - LC_{average or median}}{0.3} \dots\dots\dots(11)$$

OC_{STD}:目標國家之 STD；

FC_{average or median}:第 1 群集平均值或標準差

LC_{average or median}:最後群集平均值或標準差

假設某項指標最適群數分為 4 群如圖 3-5，案例國家距離 Cluster 1 之平均值(或中位數)中間國家之距離則稱為落後距離，案例國家距離 Cluster 4 中間國家之距離則稱為領先距離。

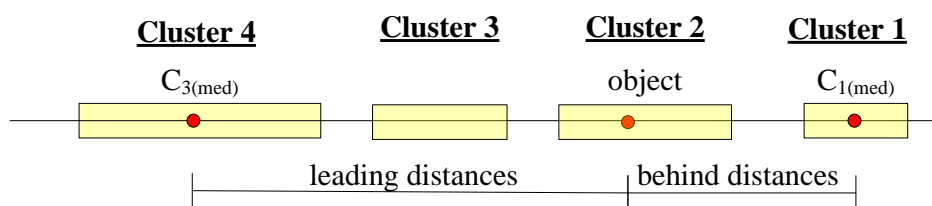


圖 3-5 領先與落後距離判讀

STEP8 計算領先與落後模糊度

根據 step6 及 step7 之結果，本研究設定輸入及輸出資料為(x, y)，其中 x 為落後距離(或領先)距離和 y 為落後(或領先)之模糊程度(輸出)，且 x 及 y 之隸屬函數圖形相同。

根據上述定義，本研究建立模糊判斷規則如下：

Rule1: IF x is short, THEN y is short

Rule2: IF x is middle, THEN y is middle

Rule3: IF x is long, THEN y is long

本研究參考 Wang(1994)之解模糊化程序，決定領先及落後程度：

$$\mu_{o^i}^i = \mu_{I^i}^i(x) \dots\dots\dots(12)$$

式(12)中， o^i 表示輸出區域之規則 i，和 I^i 表示輸入區域規則 i。

解模糊化之方式，本研究選擇最常採用之重心法解模糊化 Wang(1994)。

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M \mu_{o^i}^i \bar{y}^i}{\sum_{i=1}^M \mu_{o^i}^i} \dots\dots\dots(13)$$

式(13)中，y 代表領先(或)落後之模糊度， \bar{y}^i 表示區域中心值， o^i (一個模糊區域的中心點，在所有的點中它是最小的，代表一個區域中隸屬函數的隸屬度等於 1 的絕對值定義)和 M 在模糊隸屬函數的數量基礎上，根據上述程序，即可計算一個國家在各項指標之領先及落後模糊度。

STEP9 領先與落後模糊度分數轉換

領先模糊度越高，代表對象國家與落後國家差異大，即較具優勢；落後模糊度越高，則代表對象國家與領先國家之差異大，即較為劣勢，因此為統一指標之尺度意義，本研究參考 IMD(2011)計算國家競爭力得分之作法，以式(14)及式(15)將模糊度轉為分數

$$Behind\ Score = (1 - \frac{OBFD - TBFD_{lowest}}{TBFD_{highest} - TBFD_{lowest}}) \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

OBFD：落後對象國家的模糊程度

TBFD_{lowest}：最低落後模糊程度

TBFD_{highest}：最高落後模糊程度

$$Leading\ Score = (\frac{OAFD - TAFD_{lowest}}{TAFD_{highest} - TAFD_{lowest}}) \times 100 \dots\dots\dots(15)$$

OAFD：領先對象國家的模糊程度

TAFD_{lowest}：最低領先模糊程度

TAFD_{highest}：最高領先模糊程度

STEP10 三維判別矩陣模式

三維判別矩陣模式之 Y 軸表示領先模糊得分，Z 軸表示落後模糊得分，X 軸表示 STD 值，本研究以 YZ 軸 50 分做為策略判斷之界限值，該圖分為八個象限(如圖 3-6)所示。

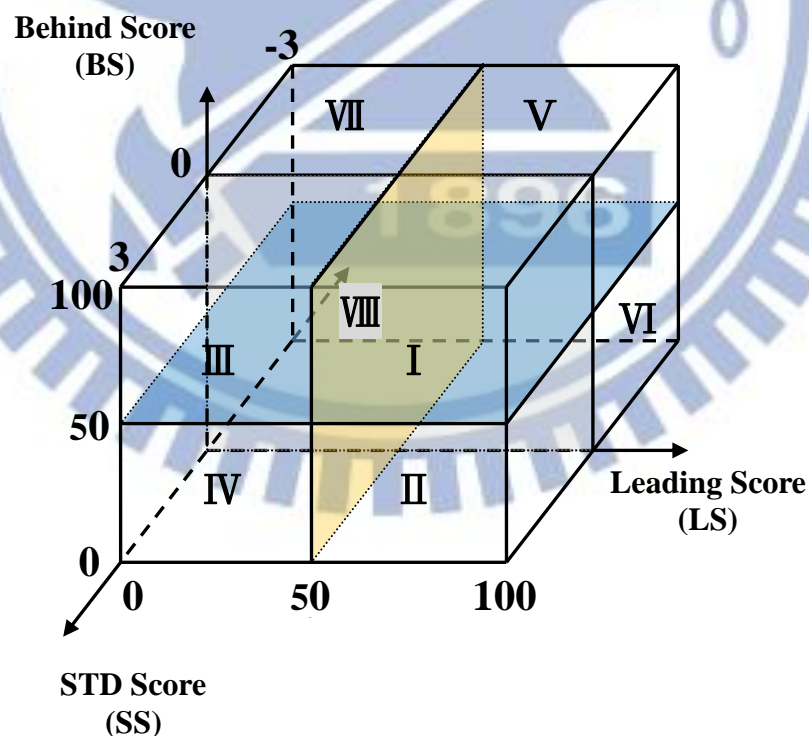


圖 3-6 三維判別矩陣

根據本研究定義之三維判別矩陣，可分為 8 個象限，座落於第 I 象限之指標 (LS>50、BS>50、SS>0)，具有與領先國家差異小，惟與落後國家差異大之特性，此類指標為該國重要競爭力資產與其他國家有著絕對優勢領先；第 II 象限之指標 (LS>50、BS<50、SS>0)，代表該項指標處與領先及落後國家皆具有顯著差異，與其他國家相較有著相對優勢；第 III 象限之指標 (LS<50、BS>50、SS>0)，與領先國家及落後國家雖無顯著差異，其標準差為正值，代表仍有一定的優勢，故僅需觀察此項競爭力指標即可；第 IV 象限之指標 (LS<50、BS<50、SS>0)，與領先國家差異大，與落後國家差異小之特性，須重點觀察此項競爭力指標，並加強此類競爭力指標投資，避免此類指標成為劣勢指標；第 V 象限之指標 (LS>50、BS>50、SS<0)，雖具有與領先國家差異小，與落後國家差異大之特性，但標準差為負值，故需要提出一般改善的計畫，加強此項競爭力指標；第 VI 象限之指標 (LS>50、BS<50、SS<0)，表示該項指標處於與領先及落後國家皆具有顯著差異，唯獨標準差值相對於其他國家屬於落後部分，應加強此項競爭力指標投資，提出重點改善的方案，避免成為劣勢指標；第 VII 象限之指標 (LS<50、BS>50、SS<0)，此類競爭力指標，與領先及落後國家皆無顯著性，且其標準差值也相對於落後，與其他國家相較屬於相對劣勢，應盡速加強該類指標；第 VIII 象限之指標 (LS<50、BS<50、SS<0)，與領先國家差異大，與落後國家差異小之特性，此類指標為該國主要之競爭力劣勢，該國應採取必要之相關措施，儘速提升此類指標之競爭力。

STEP11 決定指標優先順序

本研究依競爭力指標在優劣勢矩陣中，該項指標與象限起點之歐氏距離(Euclidean distance)決定優先順序，綜合考量群集指數及標準差選擇劣勢指標，其計算如式(16)：

$$ED_{iq} = \sqrt{(LES_i - \text{MIN}(LES_q))^2 + (LAS_i - \text{MIN}(LAS_q))^2 + (STD_i - \text{MIN}(STD_q))^2} \dots\dots\dots(16)$$

LES_i：第 i 項指標之群集指數

MIN(LES_q)：象限中群集指數之最小值

LAS_i：第 i 項指標之群集指數

MIN(LAS_q)：象限中群集指數值之最小值

STD_i：第 i 項指標之 STD 值

MIN(STD_q)：象限中 STD 之最小值

依式(16)計算方式可知，ED 值距離象限起點越遠表示越具優勢，越短則表示越為劣勢，依據 ED 值可決定指標之重要性排序，並挑選經濟體系最劣勢之關鍵投資指標。

3.3 小結

本章節介紹本研究主要之方法與理論，期許能改善文獻回顧中部分學者研究有所忽略的缺失。在第四章節模式試算中，進一步說明如何利用上述方法與相關理論，進行本研究模式的建構。



第四章 模式試算與驗證

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、IMD WCY 分析和排名選擇劣勢指標，結合第三章研究流程和方法，試算出國家競爭力指標差異性與排名程度，以下為本研究之流程的介紹與說明。

4.1 試算國家挑選

本研究選擇以台灣、新加坡、韓國和墨西哥為本研究之試算對象。其中新加坡為基礎建設高排名(10th/59)國家，韓國為中排名(20th/59)國家和墨西哥為低排名(49th/59)國家。

4.2 模式試算流程

4.2.1 指標標準化

因為在 IMD 中使用了不同種類的尺度單位，各指標進行群集化分析前需進行指標尺度標準化，本研究根據 IMD 使用 SDM 模式數值轉換將各項指標原始數值為標準差，以利各項指標之分析研究。

4.2.2 群集化分析和常態檢定

本研究對 114 項基礎建設競爭力指標進行群集化分析，群集結果代表群內誤差最小，且群集間平均差異最大化，再利用 Kolmogorov-Smirnov 及 Shapiro-Wilk 檢定技術，對群集結果進行常態性檢定。群集分析結果如表 4-1。

表 4-1 2011 WCY 群集分析

指標	指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	分群 組數	常態性檢定					領先距離			落後距離		
				1	2	3	4	5	長	中	短	長	中	短
4.1.01	Land area	土地面積	3	×	●	○			2.72	2.29	0.93	2.43	2.17	0.00
4.1.02	Arable area	可耕地面積	4	○	×	×	○		1.97	0.84	0.51	1.57	1.42	0.00
4.1.03	Water resources	水的資源	5	×	●	●	○	○	0.70	0.30	0.12	6.80	6.41	0.00
4.1.04	Access to water	水	3	●	●	○			1.29	0.81	0.63	1.18	0.67	0.49
4.1.05	Access to commodities	商品	4	×	○	●	●		2.68	1.94	0.00	1.14	0.55	0.26
4.1.06	Urbanization	都市化	4	○	●	●	×		1.80	1.51	0.00	1.67	1.41	0.62
4.1.07	Population – market size	人口-市場規模	4	×	×	○	●		1.22	0.76	0.36	0.65	0.65	0.00
4.1.08	Population under 15 years (%)	15 歲以下人口	3	●	●	●			1.17	0.74	0.57	1.22	0.68	0.51
4.1.09	Population over 65 years (%)	65 歲以上人口	3	●	●	○			1.25	0.76	0.63	0.87	0.41	0.35
4.1.10	Dependency ratio	受撫養人口比例	4	○	×	●	●		1.40	0.86	0.32	2.57	2.02	0.33
4.1.11	Roads	道路	3	○	●	○			1.23	0.68	0.55	2.80	1.45	0.15
4.1.12	Railroads	鐵路	3	×	○	○			1.13	0.73	0.55	3.26	2.01	0.08
4.1.13	Air transportation	航空運輸	3	○	×	×			2.36	2.36	1.00	4.85	4.85	0.00
4.1.14	Quality of air transportation	空運品質	3	●	●	●			1.27	0.76	0.57	1.46	0.76	0.63

指標	指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	分群 組數	常態性檢定					領先距離			落後距離		
				1	2	3	4	5	長	中	短	長	中	短
4.1.15	Distribution infrastructure	物流運輸基礎建設	3	●	●	●			1.35	0.85	0.57	0.93	0.51	0.41
4.1.16	Water transportation	水運	4	●	●	×	●		1.63	1.11	0.21	1.46	0.83	0.30
4.1.17	Maintenance and development	基礎建設維持與發展	3	●	●	●			1.07	0.60	0.47	1.20	0.75	0.41
4.1.18	Energy infrastructure	能源基礎建設	3	●	●	●			1.34	0.80	0.59	1.24	0.80	0.52
4.1.19	Future energy supply	未來能源供應	4	●	●	●	●		1.79	1.37	0.16	1.54	1.15	0.49
4.1.20	Total indigenous energy production	總本國能源生產	3	×	×	○			3.31	3.31	1.19	1.61	1.61	0.39
4.1.21	Total indigenous energy production (%)	總本國能源生產百分比	4	○	×	×	○		2.03	1.41	0.68	1.77	1.77	0.00
4.1.22	Total final energy consumption	總能源消費	5	●	●	×	○	×	4.28	0.64	0.00	1.35	0.51	0.21
4.1.23	Total final energy consumption per capita	總能源消費百分比	3	●	○	●			3.03	1.47	0.42	0.86	0.57	0.50
4.1.24	Electricity costs for industrial clients	工業電力成本	3	○	●	×			2.99	1.83	0.00	1.40	0.74	0.57
4.1.25	Gasoline prices	汽油價格	5	●	●	●	×	●	2.04	1.08	0.34	2.07	1.15	0.35
4.2.01	Investment in telecommunications (%)	電信投資百分比	3	×	○	×			3.75	3.75	1.47	2.48	2.48	0.00
4.2.02	Fixed telephone line	固定電話線路	4	●	●	●	●		1.36	0.87	0.37	1.42	0.98	0.34
4.2.03	Fixed telephone tariffs	固定電話費率	4	○	●	●	×		2.02	1.61	0.18	1.66	1.16	0.55
4.2.04	Mobile telephone subscribers	行動電話用戶	4	○	×	○	●		1.29	0.82	0.25	3.10	2.76	0.00
4.2.05	Mobile telephone costs	行動電話費用	3	●	×	●			4.26	3.24	0.00	1.41	0.83	0.70
4.2.06	Communications technology	通信技術	3	●	●	●			1.46	0.84	0.62	0.89	0.48	0.41
4.2.07	Connectivity	(網路)連接	3	●	○	●			1.60	1.00	0.71	0.98	0.60	0.50
4.2.08	Computers in use	電腦使用數	5	○	×	×	×	●	1.77	0.84	0.36	4.80	3.54	0.00
4.2.09	Computer per capita	電腦數量百分比	3	●	●	○			0.76	0.48	0.45	1.45	0.71	0.41
4.2.10	Internet users	使用網路人數	3	○	○	●			1.29	0.75	0.27	0.89	0.55	0.34
4.2.11	Fixed broadband tariffs	固定頻寬費率	5	●	●	●	●	●	2.04	0.86	0.28	1.82	0.88	0.32
4.2.12	Broadband subscribers	寬頻用戶	3	●	●	○			1.37	0.67	0.47	1.01	0.63	0.49
4.2.13	Internet bandwidth speed	網路寬頻速度	3	×	×	○			0.76	0.76	0.12	6.91	6.91	0.00
4.2.14	Information technology skills	資訊技術能力	4	×	●	●	●		2.37	1.86	0.00	1.64	1.10	0.51
4.2.15	Qualified engineers	合格工程師人數	4	●	●	●	●		2.21	1.81	0.29	1.24	0.90	0.39
4.2.16	Technological cooperation	技術合作	3	●	●	●			1.05	0.57	0.48	1.36	0.77	0.66
4.2.17	Public and private sector ventures	公眾和私人部門企業	4	●	●	●	●		1.27	0.92	0.36	1.29	0.86	0.32
4.2.18	Development and application of technology	科技之發展與應用	4	●	●	●	●		1.47	1.09	0.44	1.23	0.84	0.37
4.2.19	Funding for technological development	技術發展資金	4	●	●	●	●		1.32	0.95	0.33	1.48	1.13	0.53
4.2.20	Technological regulation	技術章程	4	●	●	●	●		1.76	1.31	0.20	1.34	0.92	0.35
4.2.21	High-tech exports (\$)	高科技產品輸出(\$)	4	○	●	×	×		1.82	1.37	0.64	3.75	3.75	0.00
4.2.22	High-tech exports (%)	高科技產品輸出(%)	4	●	●	●	×		1.88	1.21	0.50	1.46	1.37	0.00
4.2.23	Cyber security	網路安全	4	●	●	○	●		1.54	1.14	0.40	1.21	0.86	0.38
4.3.01	Total expenditure on R&D (\$)	總 R&D 支出金額	4	○	●	×	×		1.57	1.31	0.65	3.96	3.96	0.00
4.3.02	Total expenditure on R&D (%)	總 R&D 支出百分比	3	●	●	●			1.10	0.58	0.55	1.30	0.77	0.54
4.3.03	Total expenditure on R&D per capita (\$)	總 R&D 支出金額百分比	3	○	●	●			1.55	0.98	0.70	1.18	0.60	0.43
4.3.04	Business expenditure on R&D (\$)	企業 R&D 之支出金額	3	○	×	×			3.00	3.00	1.44	3.63	3.63	0.00

指標	指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	分群 組數	常態性檢定					領先距離			落後距離		
				1	2	3	4	5	長	中	短	長	中	短
4.3.05	Business expenditure on R&D (%)	企業每人 R&D 之支出	5	○	●	●	×	●	2.16	1.00	0.46	1.60	0.87	0.00
4.3.06	Total R&D personnel nationwide	全國 R&D 人員數	4	×	○	×	●		1.38	0.80	0.32	4.01	3.96	0.00
4.3.07	Total R&D personnel nationwide per capita	平均全國 R&D 人員數	3	●	●	●			1.49	0.90	0.67	1.14	0.64	0.52
4.3.08	Total R&D personnel in business enterprise	企業 R&D 人員數	5	×	○	×	×	●	1.50	0.55	0.29	4.96	4.04	0.00
4.3.09	Total R&D personnel in business per capita	平均企業 R&D 人員數	3	●	○	●			1.45	0.89	0.74	1.28	0.65	0.53
4.3.10	Science degrees	科學與工程學歷	3	●	●	●			1.07	0.56	0.46	2.33	1.45	0.74
4.3.11	Scientific articles	科技論文	4	×	○	●	●		0.99	0.59	0.28	5.63	5.43	0.00
4.3.12	Nobel prizes	諾貝爾獎數	4	×	○	×	○		0.87	0.32	0.20	5.88	5.88	0.00
4.3.13	Nobel prizes per capita	諾貝爾獎數百分比	5	×	○	×	●	●	2.45	0.92	0.42	2.12	0.90	0.00
4.3.14	Patent applications	專利申請	4	×	×	×	○		1.86	1.86	0.88	1.64	1.44	0.00
4.3.15	Patent applications per capita	專利申請百分比	3	●	○	●			1.59	1.02	0.81	2.32	1.80	0.55
4.3.16	Patents granted to residents	授予民眾的專利	3	×	●	○			2.20	1.29	0.86	3.80	2.89	0.00
4.3.17	Number of patents in force	有效專利數	3	×	○	○			1.28	0.87	0.77	4.63	2.94	0.00
4.3.18	Scientific research	科學研究	3	●	○	●			1.18	0.65	0.48	1.13	0.62	0.48
4.3.19	Researchers and scientists	研究人員與科學家	5	×	●	●	●	●	1.92	0.88	0.26	2.07	1.24	0.09
4.3.20	Scientific research legislation	科學研究立法	3	●	○	●			0.86	0.42	0.29	1.20	0.69	0.54
4.3.21	Intellectual property rights	知識產權	3	●	○	●			0.95	0.43	0.33	1.24	0.72	0.56
4.3.22	Knowledge transfer	知識傳承	3	●	●	●			0.99	0.54	0.43	1.44	0.87	0.56
4.3.23	Innovative capacity	創新能力	4	●	●	●	●		1.27	0.93	0.38	1.49	0.93	0.34
4.4.01	Total health expenditure (%)	總醫療衛生支出	4	●	×	○	●		1.51	1.11	0.45	2.93	2.62	0.00
4.4.02	Total health expenditure per capita	總醫療衛生支出百分比	4	●	●	●	●		1.22	0.88	0.32	1.68	1.25	0.39
4.4.03	Public expenditure on health (%)	醫療健康之消費支出	5	●	●	●	●	●	1.79	0.91	0.20	1.57	0.73	0.30
4.4.04	Health infrastructure	衛生基礎建設	4	●	●	●	●		1.40	0.92	0.35	0.99	0.73	0.29
4.4.05	Life expectancy at birth	平均壽命	3	○	○	×			3.57	1.97	0.00	1.25	0.89	0.71
4.4.06	Healthy life expectancy	平均健康壽命	3	×	●	○			3.28	1.57	0.00	1.24	0.74	0.54
4.4.07	Infant mortality	嬰兒死亡率	3	×	○	○			3.41	2.00	0.07	1.26	0.89	0.74
4.4.08	Medical assistance	醫療援助	4	●	●	×	○		2.60	2.06	0.00	1.87	1.08	0.52
4.4.09	Urban population (%)	都市人口百分比	4	×	○	●	●		2.25	1.78	0.13	1.58	1.19	0.46
4.4.10	Human development index	人員發展指標	4	●	○	●	○		1.28	0.94	0.00	1.39	0.90	0.32
4.4.11	Health problems	健康問題	4	●	●	●	×		2.86	2.43	0.00	1.35	0.85	0.35
4.4.12	Energy intensity	能源強度	5	×	●	●	●	×	2.66	1.04	0.00	2.07	0.76	0.35
4.4.13	Paper and cardboard recycling rate	紙類資源回收率	4	●	●	●	●		1.85	1.39	0.45	1.62	1.14	0.38
4.4.14	Waste water treatment plants	污水處理廠數	3	●	●	×			2.40	1.29	0.23	1.25	0.66	0.53
4.4.15	Water consumption intensity	用水量強度	5	●	●	○	×	×	3.07	0.74	0.00	1.96	1.05	0.44
4.4.16	CO ₂ emissions	二氧化碳排放量	4	×	×	○	●		0.82	0.82	0.00	1.37	1.05	0.43
4.4.17	CO ₂ emissions intensity	二氧化碳排放強度	3	●	●	●			1.85	1.24	0.74	1.24	0.70	0.59
4.4.18	Renewable energies (%)	再生能源百分比	3	×	●	●			1.54	0.82	0.73	3.60	2.52	0.00
4.4.19	Green technologies	綠色技術	5	●	●	●	●	●	1.68	0.91	0.11	2.01	0.95	0.31
4.4.20	Total biocapacity	總生態承载力	4	●	●	●	●		1.20	0.75	0.37	1.84	1.36	0.44
4.4.21	Ecological footprint	每人生態面積	3	●	○	●			1.37	0.54	0.12	1.33	0.80	0.61
4.4.22	Ecological balance (reserve/deficit)	生態平衡 儲備/缺乏	3	○	●	○			0.80	0.43	0.31	1.94	1.04	0.62
4.4.23	Sustainable development	永續發展	3	○	●	●			0.79	0.32	0.27	1.36	0.72	0.66

指標	指標名稱 (英文)	指標名稱 (中文)	分群 組數	常態性檢定					領先距離			落後距離		
				1	2	3	4	5	長	中	短	長	中	短
4.4.24	Pollution problems	汙染防治	4	●	●	●	●	●	1.38	0.96	0.45	1.34	0.95	0.38
4.4.25	Environmental laws	環保法律	3	○	●	●			0.97	0.41	0.32	1.37	0.79	0.56
4.4.26	Climate change	氣候變化	5	●	●	●	○	●	2.08	1.25	0.16	1.77	0.86	0.33
4.4.27	Quality of life	生活品質	3	●	●	●			1.27	0.77	0.26	1.52	0.77	0.64
4.5.01	Total public expenditure on education (%)	總教育支出百分比	5	●	●	○	●	×	2.31	1.45	0.00	2.49	1.55	0.21
4.5.02	Total public expenditure on education per capita	每人總教育支出	5	●	●	×	×	●	1.80	0.82	0.37	2.18	0.88	0.00
4.5.03	Pupil-teacher ratio (primary education)	小學生/教師(小學)	3	○	×	●			3.19	1.99	0.00	1.51	0.80	0.55
4.5.04	Pupil-teacher ratio (secondary education)	中學生/教師(中學)	3	○	●	×			3.36	1.85	0.00	1.32	0.93	0.65
4.5.05	Secondary school enrollment (%)	中等學校入學率百分比	3	●	●	●			1.53	0.87	0.48	1.04	0.55	0.47
4.5.06	Higher education achievement (%)	受高等教育百分比	4	●	●	○	●		1.18	0.71	0.26	1.69	1.20	0.08
4.5.07	student mobility inbound	國內學生的流動性	3	×	●	○			2.00	1.19	0.94	2.72	1.60	0.00
4.5.08	Student mobility outbound	留學學生的流動性	3	○	×	●			1.64	0.86	0.81	4.26	2.47	0.00
4.5.09	Educational assessment – PISA	教育評估-素養	3	●	○	○			1.76	0.90	0.60	0.68	0.36	0.25
4.5.10	English proficiency – TOEFL	英語水平-托福	3	●	●	○			1.41	0.72	0.58	1.00	0.48	0.34
4.5.11	Educational system	教育系統	3	●	●	●			1.22	0.72	0.56	1.35	0.70	0.56
4.5.12	Science in schools	科技知識校內傳播	3	●	●	●			1.68	0.91	0.47	1.46	0.80	0.63
4.5.13	University education	大學教育	4	×	●	○	●		2.04	1.60	0.00	1.72	1.41	0.48
4.5.14	Management education	管理教育	4	×	○	●	●		1.86	1.65	0.23	1.46	1.17	0.50
4.5.15	Illiteracy (%)	文盲率	3	●	○	×			5.38	4.73	0.00	1.23	0.69	0.36
4.5.16	Language skills	語言技能	4	●	●	●	○		1.30	0.93	0.39	1.27	0.93	0.46

Note：●—常態；○—非常態；×—無法測試

本研究根據群集結果，決定各群之最高國家($C_{n(max)}$)及最低國家($C_{n(min)}$)之 STD。對於常態分佈或因樣本數過少無法檢定之群集，本研究以平均值最為群集之中間國家，對於非常態群集，則以中位數作為中間國家。

4.2.3 計算領先距離與落後距離

根據各群集之最高國家($C_{n(max)}$)、中間國家($C_{n(med)}$)及最低國家($C_{n(min)}$)之 STD，本研究分別計算各項指標之領先與落後距離，本研究以指標 4.1.02 為例，說明長、中及短距離之計算方式。指標 4.1.02 之分群數為 4 群，各群之最高國家($C_{n(max)}$)、中間國家($C_{n(med)}$)及最低國家($C_{n(min)}$)如表 4-2，根據本研究長、中及短距離之定義，可計算該項指標之領先及落後距離如表 4-3。

表 4-2 指標 4.1.02 Arable area

群組	國家數量	中間值	標準偏差	最高國家 ($C_{n(max)}$)	中間國家 ($C_{n(med)}$)	最低國家 ($C_{n(min)}$)
1	1	4.55	0.00	4.5501	4.5501	4.5501
2	2	3.13	0.21	3.2759	3.1277	2.9795
3	15	0.51	0.44	1.4654	0.3351	0.0734
4	41	-0.45	0.26	0.0134	-0.5014	-0.8210

表 4-3 指標之 4.1.02 之領先與落後距離

距離	領先	落後
Long	1.4654-(-0.5014)=1.9668	4.5501-2.9795=1.5706
Middle	0.3351-(-0.5014)=0.8365	4.5501-3.1277=1.4224
Short	0.0134-(-0.5014)=0.5148	4.5501-4.5501=0.0000

4.2.4 模糊統計

本研究以 3σ 為分組界限(fuzzy threshold)，並切割為 10 組(classes)，每組 STD 相距 0.3，再以式(8)計算領先與落後分組之相對次數統計，再根據長距離及短距離之定義調整相對次數(如表 4-4)，並繪製調整後相對次數(如圖 4-1)。例如領先距離之長距離最高次數出現在第 5 組(1.20~1.50)，顯示超過 5 的組數皆可視為長距離，因此本研究調整 5~10 組織相對次數為 1.00；同樣的，領先距離之短距離最高次數出現在第 2 組(0.30~0.60)，顯示低於 2 的組數皆可視為短距離，因此本研究調整第 1 組之相對次數為 1.00。

表 4-4 相對次數統計

距離	組	範圍	領先距離			落後距離		
			頻率	原來 相對頻率	調整後 相對頻率	頻率	原來 相對頻率	調整後 相對頻率
長	1	0.00~0.30	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	2	0.30~0.60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.03
	3	0.60~0.90	8	0.27	0.27	6	0.15	0.15
	4	0.90~1.20	13	0.43	0.43	12	0.29	0.29
	5	1.20~1.50	30	1.00	1.00	41	1.00	1.00
	6	1.50~1.80	19	0.63	1.00	18	0.44	1.00
	7	1.80~2.10	16	0.53	1.00	9	0.22	1.00
	8	2.10~2.40	8	0.27	1.00	4	0.10	1.00
	9	2.40~2.70	4	0.23	1.00	5	0.12	1.00
	10	2.70~3.00	16	0.53	1.00	19	0.46	1.00
中	1	0.00~0.30	0	0.00	0.00	0	0.03	0.00
	2	0.30~0.60	16	0.42	0.42	12	0.27	0.27
	3	0.60~0.90	38	1.00	1.00	45	1.00	1.00
	4	0.90~1.20	23	0.61	0.61	21	0.47	0.47
	5	1.20~1.50	12	0.32	0.32	10	0.22	0.22
	6	1.50~1.80	7	0.18	0.18	4	0.09	0.09

	7	1.80~2.10	10	0.26	0.00	3	0.07	0.07
	8	2.10~2.40	2	0.05	0.00	1	0.02	0.02
	9	2.40~2.70	1	0.03	0.00	4	0.09	0.00
	10	2.70~3.00	5	0.13	0.00	14	0.31	0.00
短	1	0.00~0.30	45	0.98	1.00	38	0.60	1.00
	2	0.30~0.60	46	1.00	1.00	63	1.00	1.00
	3	0.60~0.90	17	0.37	0.37	13	0.21	0.21
	4	0.90~1.20	4	0.09	0.09	0	0.00	0.00
	5	1.20~1.50	2	0.04	0.04	0	0.00	0.00
	6	1.50~1.80	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	7	1.80~2.10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	8	2.10~2.40	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	9	2.40~2.70	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	10	2.70~3.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

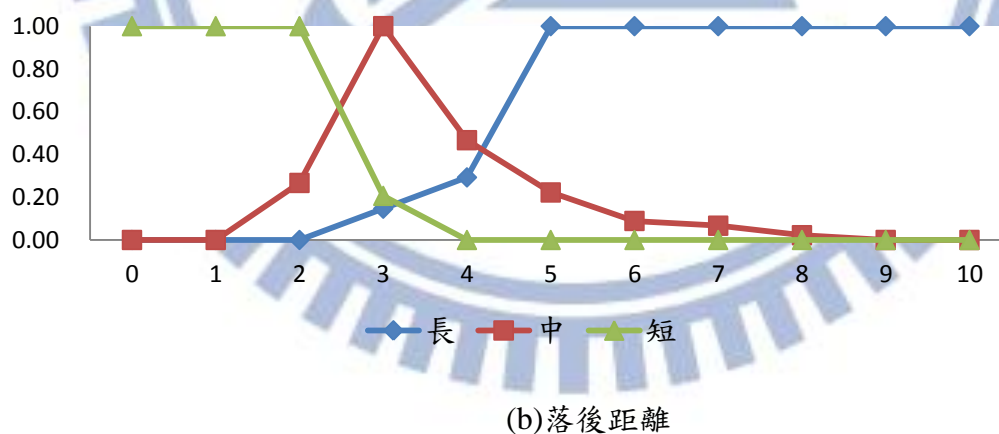
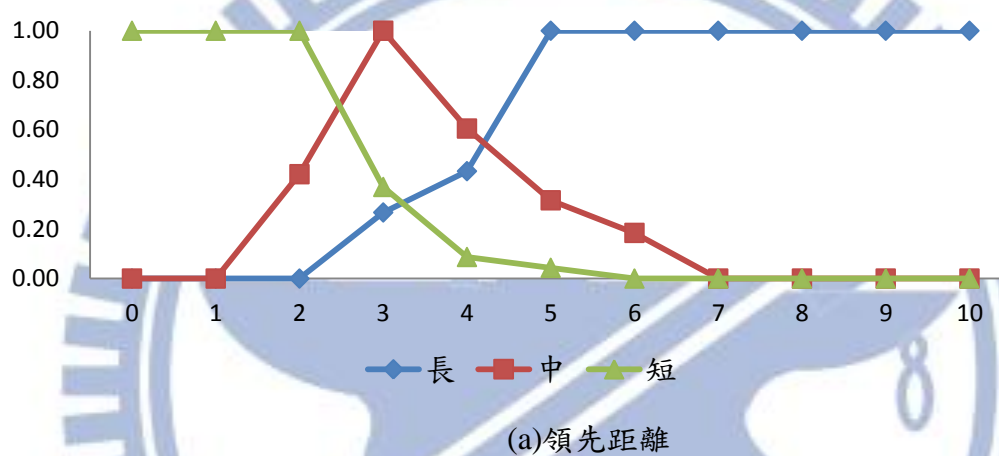


圖 4-1 各分組之調整後相對次數圖形

4.2.5 隸屬函數

本研究比較圖 4-1 及表 3-1 隸屬函數之圖形，選擇兩者圖形相似之隸屬函數為試算對象，例如表 3-1 之 sigmf 及 smf 2 個函數與圖 4-1 之長距離圖形最為相似，因此本研究以 sigmf 及 smf 為試算函數。

根據 Matlab(2011)之函數公式(如表 4-5)及模糊統計之重要依據，本研究分別建立 sigmf 及 smf 之函數圖形，並利用式(9)計算 RMSE 值(如表 4-6)，選擇 RMSE 最小之函數為隸屬函數。例如根據統計結果，領先距離的長距離重要依據包含(2,0)、(3.5,0.35)和(5,1)等 3 個點，本研究分別建立 sigmf 及 smf 之函數圖形，並計算兩個函數之 RMSE，結果顯示 sigmf RMSE=0.075，smf RMSE=0.061，因此本研究選擇 smf 為領先距離的長距離之隸屬函數。

表 4-5 隸屬函數的參數

距離	隸屬函數	參數		函數
		領先距離	落後距離	
長	sigmf	$x, [a=2, c=3.5]$	$x, [a=1, c=3.5]$	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$
	smf	$x, [a=2, b=5]$	$x, [a=1, b=5]$	$f(x, a, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases}$
中	pimf	$x, [a=0, b=3, c=3, d=10]$	$x, [a=1, b=3, c=3, d=10]$	$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 - 2\left(\frac{x-c}{d-c}\right)^2, & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2\left(\frac{x-d}{d-c}\right)^2, & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$
	psimf	$x, [a1=2, c1=3, a2=3, c2=5]$	$x, [a1=2, c1=3, a2=3, c2=5]$	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$
	trimf	$x, [a=0, b=3, c=10]$	$x, [a=1, b=3, c=10]$	$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$
短	sigmf	$x, [a=2, c=3]$	$x, [a=1, c=3]$	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$

$$f(x, a, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases}$$

表 4-6 隸屬函數 RMSE

距離	隸屬函數	領先 (RMSE)	落後 (RMSE)
長	sigmf	0.075	0.070*
	smf	0.061*	0.070
	pimf	0.108	0.280
中	psigmf	0.074*	0.058*
	trimf	0.081	0.083
短	sigmf	0.073*	0.013*
	zmf	0.208	0.072

Note：*表示被選擇之隸屬函數

根據表 4-6 之計算結果，本研究選擇 smf 為領先之長距離隸屬函數、psigmf 為領先之中距離隸屬函數、sigmf 為領先之短距離隸屬函數；sigmf 為落後之長距離隸屬函數、psigmf 為落後之中距離隸屬函數、sigmf 為落後之短距離隸屬函數。

4.2.6 計算台灣、新加坡、韓國及墨西哥的模糊程度和分數

本研究根據式(10)及式(11)，計算台灣、新加坡、墨西哥及韓國在各項基礎建設指標之領先及落後等級，並代入前步驟建立之隸屬函數，再以重心法解模糊化，計算各項指標之模糊程度，最後以式(12)及式(13)，將模糊程度轉換為模糊分數。分析結果如表 4-7~表 4-10 所示。

1. 台灣的模糊程度和分數

根據瑞士國際管理學院(IMD)的 2011 年世界競爭力年報，在 59 個受評比的國家中，台灣在 2011 年 IMD 全球競爭力評比位居 6 名(如圖 4-2)，在亞洲地區僅次於日本與新加坡，領先其他國家；其中基礎建設自 2009 年起逐年進步，在政府各部門齊心努力下，2011 年再進步一名升至第 16(如圖 4-3)，與歷年最佳持平，顯示政府各部門在持續推動公共建設的努力已展現成效。

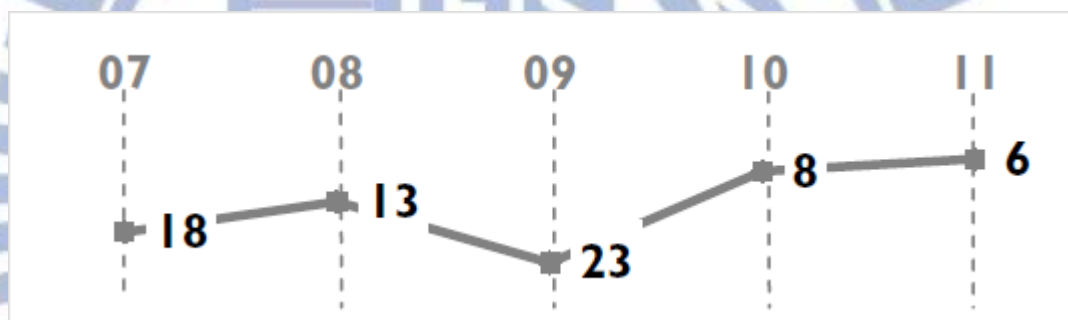


圖 4-2 2007 年以來台灣整體排名

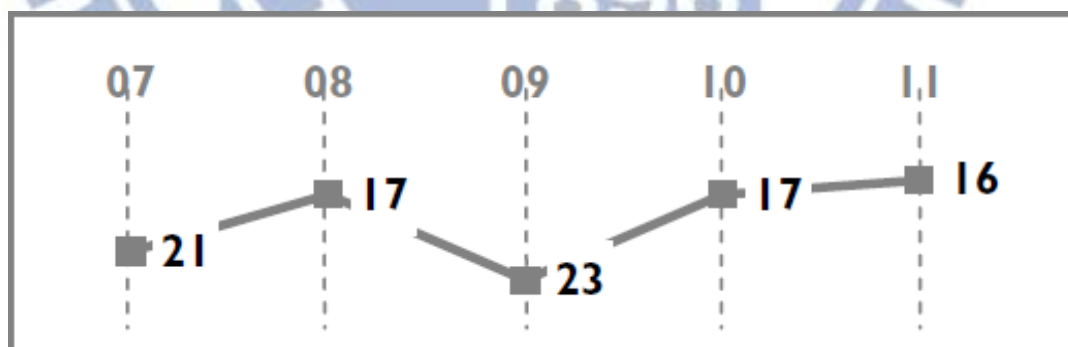


圖 4-3 2007 年以來台灣基礎建設排名

近幾年為提升基礎建設的執行效率，工程會已持續透過公共建設督導會報機制，加速推動公共建設，2011 年更強化管控機制，如全力推動年度支用預算達 20 億元之指標性計畫，協助解決各機關所屬計畫執行面臨之困難問題、按季召開愛台 12 建設執行情形檢討會議、強化公共工程停工解約機制等方法，希望藉此提升基礎建設排名。

表 4-7 2011 WCY 台灣基礎建設指標模糊得分表

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.1.02	53	-0.73	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.73
4.1.03	27	-0.23	0.10	10.00	0.00	0.00	8	0.23
4.1.04	31	0.25	6.69	1.56	100.00	100.00	1	70.71
4.1.05	29	0.40	10.00	1.59	100.00	96.00	1	67.94
4.1.06	27	0.51	10.00	0.74	100.00	100.00	1	70.71
4.1.07	27	-0.26	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.26
4.1.10	5	1.46	7.98	5.64	100.00	10.34	2	51.08
4.1.11	22	0.04	2.50	10.00	44.17	0.00	4	44.17
4.1.12	22	0.13	2.42	10.00	40.91	0.00	4	40.91
4.1.14	31	0.39	8.22	0.87	100.00	100.00	1	70.71
4.1.15	17	0.84	7.43	0.17	100.00	100.00	1	70.72
4.1.16	16	0.76	9.69	1.60	100.00	97.16	1	68.74
4.1.17	21	0.69	6.44	1.09	100.00	100.00	1	70.71
4.1.18	23	0.51	7.08	1.53	100.00	100.00	1	70.71
4.1.19	19	0.52	9.00	2.38	100.00	58.51	1	50.72
4.1.21	54	-0.68	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.68
4.1.24	16	0.67	10.00	0.59	100.00	100.00	1	70.71
4.2.01	29	-0.22	0.04	10.00	0.00	0.00	8	0.22
4.2.02	1	1.82	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.2.03	18	0.82	10.00	0.61	100.00	100.00	1	70.72
4.2.04	30	0.01	2.80	10.00	62.50	0.00	2	12.50
4.2.05	36	0.12	10.00	1.04	100.00	100.00	1	70.71
4.2.06	21	0.53	6.21	1.60	100.00	96.14	1	68.04
4.2.07	19	0.64	7.51	1.12	100.00	100.00	1	70.71
4.2.08	17	-0.15	0.71	10.00	0.00	0.00	8	0.15
4.2.09	26	0.34	5.01	2.36	100.00	53.44	2	50.12
4.2.10	29	0.54	6.16	1.10	100.00	100.00	1	70.71
4.2.11	5	1.37	10.00	1.08	100.00	100.00	1	70.72
4.2.12	26	0.32	4.80	3.14	100.00	5.25	2	50.28
4.2.13	35	-0.16	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.16
4.2.14	10	1.00	10.00	0.51	100.00	100.00	1	70.72
4.2.15	6	1.17	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.16	12	1.13	8.07	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.17	12	0.96	7.78	1.03	100.00	100.00	1	70.72
4.2.18	24	0.43	7.10	2.40	100.00	42.76	2	65.79
4.2.19	9	1.09	9.94	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.20	16	0.87	10.00	0.83	100.00	100.00	1	70.72
4.2.21	8	0.93	4.61	10.00	57.27	0.00	2	7.33
4.2.22	4	2.27	9.92	4.85	100.00	0.00	2	50.05
4.2.23	8	1.13	9.94	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.3.01	17	-0.17	0.47	10.00	0.00	0.00	8	0.17
4.3.02	8	1.29	7.13	0.86	100.00	100.00	1	70.72
4.3.04	16	-0.16	0.46	10.00	0.00	0.00	8	0.16
4.3.05	7	1.30	7.33	5.21	100.00	2.70	2	50.09
4.3.06	13	0.07	1.52	10.00	13.53	0.00	4	13.53
4.3.07	5	1.38	8.13	0.64	100.00	100.00	1	70.72
4.3.10	11	0.53	4.80	6.51	100.00	4.06	2	50.17
4.3.11	16	0.00	1.24	10.00	6.08	0.00	4	6.08
4.3.13	20	-0.25	0.90	10.00	0.00	0.00	8	0.25
4.3.14	5	0.55	2.92	10.00	0.00	0.00	4	0.55
4.3.15	1	3.73	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.81
4.3.16	5	0.97	4.30	10.00	37.70	0.00	4	37.71
4.3.17	5	0.91	4.74	10.00	100.00	0.00	2	50.01
4.3.18	10	1.22	7.15	0.53	100.00	100.00	1	70.72
4.3.19	14	0.82	8.20	5.11	100.00	17.74	2	53.06
4.3.20	17	0.76	6.07	0.80	100.00	100.00	1	70.71
4.3.21	22	0.57	5.88	1.42	100.00	100.00	1	70.71
4.3.22	11	0.95	7.89	0.22	100.00	100.00	1	70.72

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.3.23	6	1.28	9.11	0.88	100.00	100.00	1	70.72
4.4.01	39	-0.32	3.01	10.00	50.96	0.00	6	1.01
4.4.04	12	1.22	9.30	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.4.05	28	0.40	10.00	0.83	100.00	100.00	1	70.71
4.4.08	39	0.16	10.00	1.15	100.00	100.00	1	70.71
4.4.11	16	0.74	10.00	0.79	100.00	100.00	1	70.71
4.4.12	47	-0.56	10.00	4.12	100.00	36.74	6	62.05
4.4.15	37	0.21	10.00	0.69	100.00	100.00	1	70.71
4.4.17	47	-0.55	6.75	3.55	100.00	21.79	6	54.54
4.4.19	11	0.98	9.93	2.35	100.00	63.89	1	51.90
4.4.23	6	1.56	8.19	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.4.24	23	0.33	5.42	4.09	100.00	9.56	1	50.91
4.4.25	19	0.42	4.42	3.40	100.00	32.27	2	59.51
4.4.26	23	0.34	8.98	3.85	100.00	37.44	2	62.46
4.4.27	27	0.34	7.49	1.82	100.00	100.00	1	70.71
4.5.01	28	-0.02	8.23	7.76	100.00	0.27	6	50.00
4.5.03	37	0.06	10.00	0.58	100.00	100.00	1	70.71
4.5.04	49	-0.58	10.00	3.54	100.00	37.90	6	62.74
4.5.05	10	0.99	8.49	0.08	100.00	100.00	1	70.72
4.5.06	3	1.74	9.83	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.57
4.5.09	7	0.99	8.24	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.10	54	-1.57	0.12	7.93	0.00	0.00	8	1.57
4.5.11	11	1.04	8.15	0.41	100.00	100.00	1	70.72
4.5.12	3	1.64	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.5.13	19	0.55	10.00	2.33	100.00	62.92	2	51.65
4.5.14	17	0.84	10.00	0.58	100.00	100.00	1	70.72
4.5.15	35	0.29	10.00	0.73	100.00	100.00	1	70.71
4.5.16	27	0.12	4.97	4.24	100.00	0.00	2	50.00

註：已刪除無台灣統計資料之指標

本研究以 50 分為界限值，建立領先落後模糊得分圖形，並計算各項指標之 ED 值及各項指標所處象限。台灣具統計資料之 87 項基礎建設競爭力指標中，絕對優勢指標(第 I 象限)共計 49 項；相對優勢指標(第 II 象限)共計 15 項；一般觀察指標(第 III 象限)共計 0 項；重點觀察指標(第 IV 象限)共計 6 項；一般改善指標(第 V 象限)共計 0 項；重點改善指標(第 VI 象限)共計 5 項；相對劣勢指標(第 VII 象限)共計 0 項；絕對劣勢指標(第 VIII 象限)共計 12 項。決策者可使用模糊分數圖形，對子項因素包含指標之優劣勢狀態進行分析，本研究以基本建設因素之包含 2011 台灣所有指標為例，說明指標區別矩陣之應用及分析方式，如圖 4-2 所示。

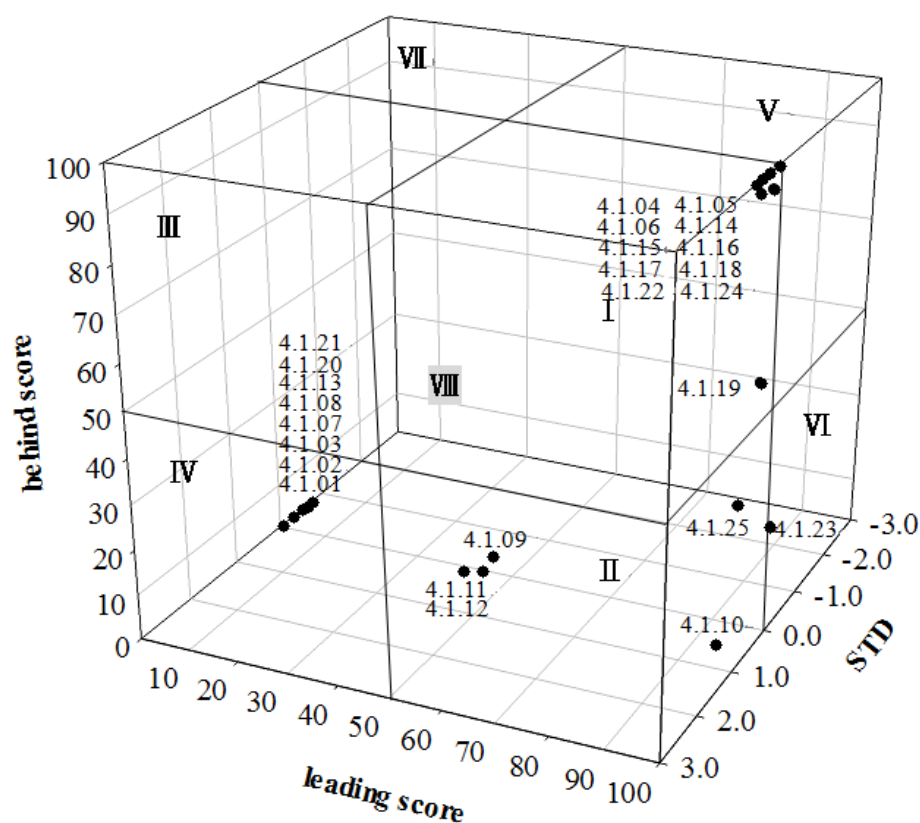


圖 4-4 台灣領先落後模糊得分判別圖

2.新加坡的模糊程度和分數

根據瑞士國際管理學院(IMD)的 2011 年世界競爭力年報，在 59 個受評比的国家中，新加坡在 2011 年 IMD 全球競爭力評比位居 3 名(如圖 4-4)，較前年 2010 年下降 2 名，在亞洲國家排名第 2，僅次於香港；其中基礎建設第 10 名(如圖 4-5)，在亞洲國家仍是排名最高，也較前年 2010 年上升 1 名。

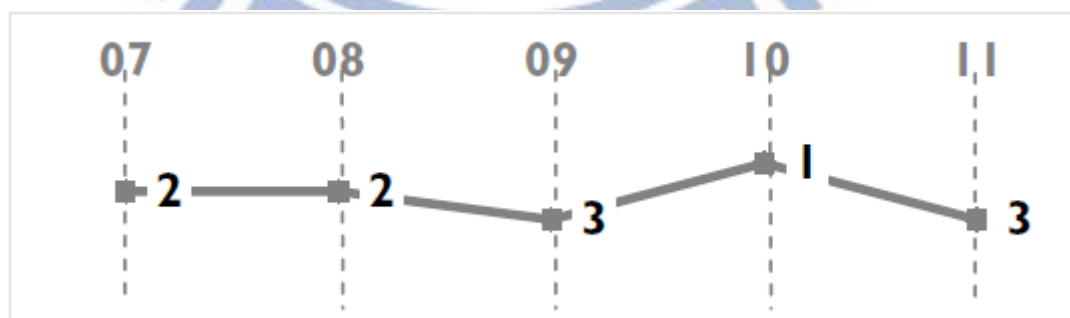


圖 4-5 2007 年以來新加坡整體排名

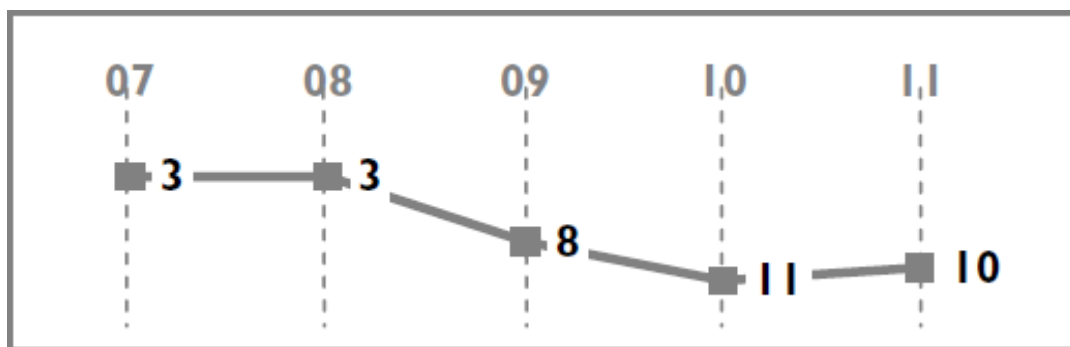


圖 4-6 2007 年以來新加坡基礎建設排名

近幾年新加坡基礎建設雖有逐年下滑的趨勢，但其技術建設在亞洲各國仍是最成熟進步，尤其以 2007 與 2008 兩年的排名更可以顯現出來，其主要歸功於有完善的資訊基礎建設。因此，新加坡的數位化政策推動與發展經驗，應值得作為我國政府未來推動與執行的參考。

表 4-8 2011 WCY 新加坡基礎建設指標模糊得分表

指標	新加坡		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.1.02	59	-0.82	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.82
4.1.03	54	-0.30	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.30
4.1.04	22	0.56	7.71	0.54	100.00	100.00	1	70.71
4.1.05	32	0.32	10.00	1.84	100.00	77.18	1	56.91
4.1.06	6	1.14	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.07	49	-0.33	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.33
4.1.10	6	1.46	7.96	5.64	100.00	10.34	2	51.08
4.1.11	3	3.06	10.00	0.52	100.00	100.00	1	70.78
4.1.12	2	3.71	10.00	0.26	100.00	100.00	1	70.81
4.1.14	1	1.23	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.15	5	1.16	8.52	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.16	3	1.29	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.17	1	1.75	9.98	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.1.18	4	1.36	9.93	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.19	5	1.41	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.21	59	-0.78	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.78
4.1.24	47	-0.97	8.59	6.05	100.00	0.00	6	50.01
4.2.01	47	-0.43	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.43
4.2.02	23	0.41	6.32	3.33	100.00	29.65	2	58.13
4.2.03	16	0.91	10.00	0.31	100.00	100.00	1	70.72
4.2.04	9	0.94	5.89	9.41	100.00	0.00	2	50.01
4.2.05	9	0.82	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.06	15	0.81	7.16	0.65	100.00	100.00	1	70.72
4.2.07	15	0.78	7.94	0.68	100.00	100.00	1	70.71
4.2.08	44	-0.39	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.39
4.2.09	15	1.01	7.27	0.10	100.00	100.00	1	70.72
4.2.10	6	1.01	7.73	0.00	100.00	10.00	2	51.00
4.2.11	13	0.88	10.00	2.70	100.00	57.84	1	50.62
4.2.12	19	0.51	5.42	2.51	100.00	31.49	2	59.09
4.2.13	4	-0.06	0.31	10.00	0.00	0.00	8	0.06
4.2.14	13	0.76	10.00	1.29	100.00	100.00	1	70.71
4.2.15	21	0.58	10.00	1.61	100.00	96.71	1	68.43
4.2.16	18	0.86	7.15	0.89	100.00	100.00	1	70.72
4.2.17	4	1.43	9.34	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.2.18	3	1.41	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72

指標	新加坡		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.2.19	4	1.45	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.2.20	4	1.32	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.21	6	1.25	5.69	10.00	90.38	0.00	2	40.40
4.2.22	2	2.48	10.00	4.18	100.00	16.37	2	52.67
4.2.23	3	1.31	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.3.01	27	-0.29	0.07	10.00	0.00	0.00	8	0.29
4.3.02	14	0.66	5.05	2.94	100.00	35.66	2	61.42
4.3.04	26	-0.28	0.06	10.00	0.00	0.00	8	0.28
4.3.05	13	0.52	4.74	7.80	64.77	0.00	2	14.78
4.3.06	31	-0.38	0.03	10.00	0.00	0.00	8	0.38
4.3.07	9	0.93	6.63	2.13	100.00	49.34	2	70.25
4.3.10	3	2.48	10.00	0.01	100.00	100.00	1	70.75
4.3.11	30	-0.31	0.23	10.00	0.00	0.00	8	0.31
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52
4.3.14	18	-0.26	0.23	10.00	0.00	0.00	8	0.26
4.3.15	4	1.63	7.04	6.01	100.00	6.78	2	50.48
4.3.16	24	-0.31	0.02	10.00	0.00	0.00	8	0.31
4.3.17	10	0.45	3.19	10.00	29.51	0.00	4	29.51
4.3.18	8	1.28	7.35	0.33	100.00	100.00	1	70.72
4.3.19	4	1.55	10.00	2.68	100.00	59.70	1	50.96
4.3.20	3	1.56	8.75	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.3.21	9	1.13	7.75	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.3.22	8	1.24	8.86	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.3.23	2	0.53	6.62	3.37	100.00	32.93	2	59.87
4.4.01	56	-1.49	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.49
4.4.04	9	1.09	8.87	0.13	100.00	100.00	1	70.72
4.4.05	7	0.83	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.4.08	44	-0.02	10.00	1.73	100.00	100.00	5	70.71
4.4.10	26	0.57	8.91	0.71	100.00	100.00	1	70.71
4.4.11	20	0.63	10.00	1.16	100.00	100.00	1	70.71
4.4.12	12	0.70	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.4.17	20	0.61	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.4.19	18	0.66	8.84	3.44	100.00	45.56	2	67.65
4.4.22	52	-1.14	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.14
4.4.23	16	0.71	5.34	1.85	100.00	100.00	1	70.71
4.4.24	11	0.94	7.45	2.07	100.00	56.57	2	50.44
4.4.25	3	1.82	9.10	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.4.26	9	0.97	10.00	1.76	100.00	91.78	1	65.17
4.4.27	16	0.74	8.84	0.47	100.00	100.00	1	70.71
4.5.01	53	-1.22	4.23	10.00	62.01	0.00	6	12.07
4.5.03	49	-0.64	10.00	2.92	100.00	50.91	5	50.01
4.5.04	51	-0.84	10.00	4.39	100.00	0.00	6	50.01
4.5.05	11	0.97	8.42	0.15	100.00	100.00	1	70.72
4.5.06	1	2.69	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.76
4.5.09	3	1.38	9.55	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.10	3	1.42	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.11	3	1.71	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.5.12	1	2.35	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.75
4.5.13	2	1.71	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.5.14	4	1.35	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.15	43	-0.31	10.00	2.74	100.00	34.36	6	60.67
4.5.16	6	1.45	9.39	0.00	100.00	100.00	1	70.73

註：已刪除無新加坡統計資料之指標

本研究以 50 分為界限值，建立領先落後模糊得分圖形，並計算各項指標之 ED 值及各項指標所處象限。新加坡具統計資料之 87 項基礎建設競爭力指標中，絕對優勢指標(第 I 象限)共計 50 項；相對優勢指標(第 II 象限)共計 14 項；一般觀察指標(第 III 象

限)共計 0 項；重點觀察指標(第IV象限)共計 1 項；一般改善指標(第V象限)共計 2 項；重點改善指標(第VI象限)共計 4 項；相對劣勢指標(第VII象限)共計 0 項；絕對劣勢指標(第VIII象限)共計 16 項。決策者可使用模糊分數圖形，對子項因素包含指標之優劣勢狀態進行分析，本研究以基本建設因素之包含 2011 新加坡所有指標為例，說明指標區別矩陣之應用及分析方式，如圖 4-3 所示。

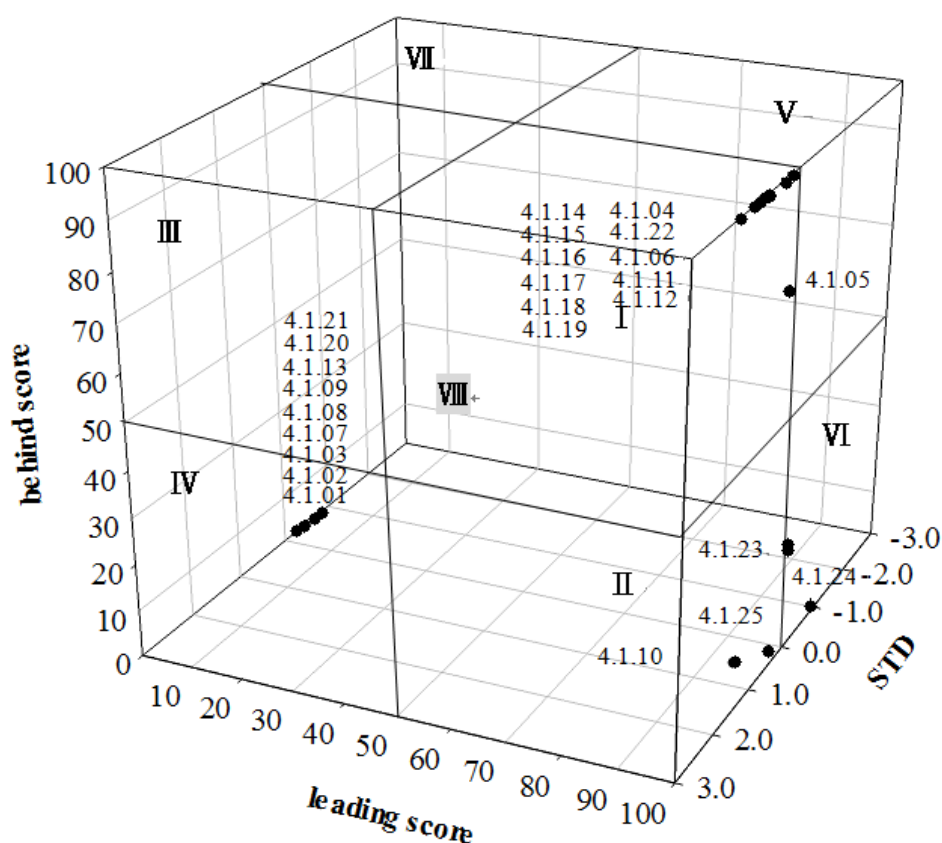


圖 4-7 新加坡領先落後模糊得分判別圖

3.韓國的模糊程度和分數

根據瑞士國際管理學院(IMD)的 2011 年世界競爭力年報，在 59 個受評比的国家中，韓國在 2011 年 IMD 全球競爭力評比位居 22 名(如圖 4-8)，較前年 2010 年上升 1 名，在亞洲地區排名第 8；其中基礎建設第 20 名(如圖 4-9)，較前年 2010 年屬於持平。

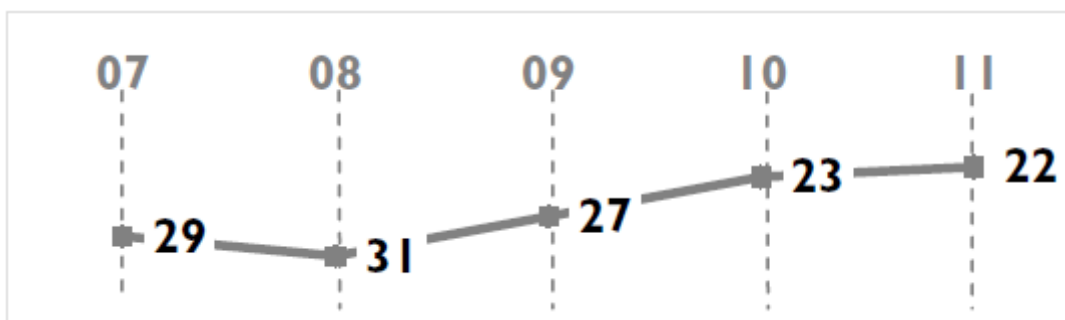


圖 4-8 2007 年以來韓國整體設排名

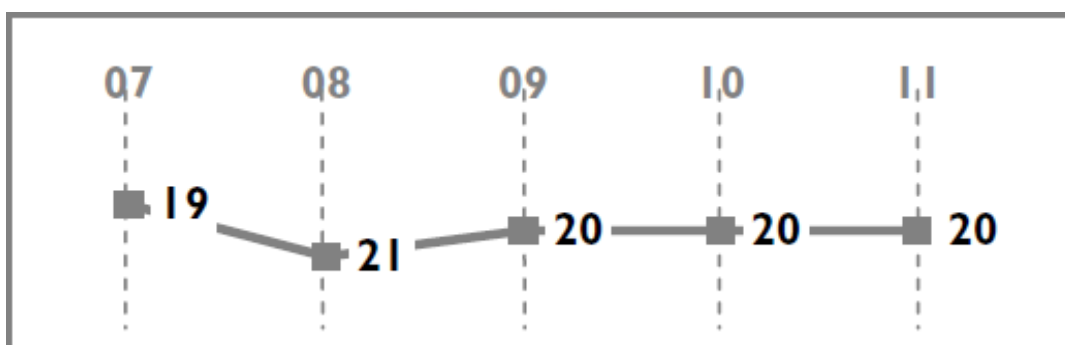


圖 4-9 2007 年以來韓國基礎建設排名

韓國基礎建設排名雖然落後於本國，但其科學建設卻擁有較高的排名，在亞洲國家中只落後於日本，提高了基礎建設的排名，顯示其科學建設的發展經驗，應值得作為我國政府未來推動與執行的參考。

表 4-9 2011 WCY 韓國基礎建設指標模糊得分表

指標	韓國		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.1.02	55	-0.73	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.73
4.1.03	44	-0.28	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.28
4.1.04	21	0.60	7.83	0.41	100.00	100.00	1	70.71
4.1.05	31	0.34	10.00	1.79	100.00	82.82	1	59.81
4.1.06	20	0.70	10.00	0.10	100.00	100.00	1	70.71
4.1.07	17	-0.15	0.34	10.00	0.00	0.00	8	0.15
4.1.10	7	1.30	7.42	6.19	100.00	4.76	2	50.24
4.1.11	23	-0.04	2.25	10.00	34.58	0.00	6	34.58
4.1.12	25	-0.11	1.61	10.00	0.00	0.00	8	0.11
4.1.14	6	0.93	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.1.15	28	0.31	5.69	1.91	100.00	62.46	1	51.53
4.1.16	24	0.53	8.92	2.36	100.00	53.64	1	50.14
4.1.17	17	0.77	6.71	0.83	100.00	100.00	1	70.71
4.1.18	24	0.44	6.87	1.73	100.00	99.52	1	70.37
4.1.19	31	-0.08	7.00	4.39	100.00	18.23	6	53.22
4.1.21	49	-0.62	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.62
4.1.24	6	1.14	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.01	20	-0.07	0.54	10.00	0.00	0.00	8	0.07
4.2.02	9	1.23	9.04	0.60	100.00	100.00	1	70.72
4.2.03	14	1.00	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.04	41	-0.51	1.07	10.00	2.41	0.00	8	2.46
4.2.05	32	0.18	10.00	0.83	100.00	100.00	1	70.71
4.2.06	9	1.04	7.93	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.07	6	1.13	9.13	0.00	100.00	100.00	1	70.72

指標	韓國		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.2.08	11	0.42	2.62	10.00	39.43	0.00	4	39.43
4.2.09	19	0.93	6.98	0.39	100.00	100.00	1	70.72
4.2.10	15	0.89	7.35	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.2.11	27	0.12	7.66	5.24	100.00	11.80	2	51.37
4.2.12	3	1.51	8.74	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.2.13	45	-0.17	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.17
4.2.14	39	-0.21	9.73	4.55	100.00	21.33	6	54.36
4.2.15	41	-0.44	7.11	5.00	99.45	0.00	6	49.45
4.2.16	31	-0.24	3.49	4.56	99.25	0.00	6	49.25
4.2.17	17	0.65	6.75	2.06	100.00	54.87	1	50.24
4.2.18	35	-0.08	5.40	4.11	100.00	0.00	6	50.00
4.2.19	26	0.05	6.45	3.44	100.00	35.29	2	61.20
4.2.20	31	0.03	7.35	3.63	100.00	19.80	2	53.78
4.2.21	4	1.36	6.06	10.00	100.00	0.00	2	50.02
4.2.22	5	1.18	6.26	8.51	100.00	0.00	2	50.01
4.2.23	30	0.07	6.42	3.31	100.00	14.61	2	52.09
4.3.01	7	0.18	1.63	10.00	0.00	0.00	4	0.18
4.3.02	5	1.68	8.42	0.00	100.00	100.00	1	70.73
4.3.04	7	0.21	1.68	10.00	0.00	0.00	4	0.21
4.3.05	5	1.85	9.17	3.37	100.00	38.25	2	62.98
4.3.06	9	0.34	2.42	10.00	52.43	0.00	2	2.45
4.3.07	17	0.54	5.34	3.42	100.00	9.23	2	50.85
4.3.10	8	0.71	5.42	5.89	100.00	11.11	2	51.22
4.3.11	10	0.19	1.89	10.00	51.37	0.00	2	1.38
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52
4.3.14	4	1.53	6.20	10.00	100.00	0.00	2	50.02
4.3.15	2	3.68	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.81
4.3.16	3	2.21	8.43	10.00	100.00	0.00	2	50.05
4.3.17	6	0.81	4.39	10.00	100.00	0.00	2	50.01
4.3.18	19	0.57	5.01	2.68	100.00	32.17	2	59.46
4.3.19	18	0.57	7.38	5.94	100.00	5.50	2	50.30
4.3.20	27	0.16	4.09	2.79	100.00	36.44	2	61.87
4.3.21	31	-0.01	3.94	3.37	100.00	21.25	6	54.33
4.3.22	25	0.45	6.24	1.87	100.00	100.00	1	70.71
4.3.23	9	1.07	8.40	1.58	100.00	97.74	1	69.14
4.4.01	38	-0.28	3.14	10.00	53.75	0.00	6	3.76
4.4.04	19	0.69	7.52	1.47	100.00	98.43	1	69.61
4.4.05	15	0.65	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.71
4.4.08	41	0.14	10.00	1.21	100.00	100.00	1	70.71
4.4.10	11	0.90	9.97	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.4.11	36	0.02	10.00	3.20	100.00	26.97	2	56.81
4.4.12	33	0.27	10.00	1.37	100.00	99.59	1	70.42
4.4.15	26	0.39	10.00	0.09	100.00	100.00	8	70.71
4.4.17	44	-0.22	7.87	2.44	100.00	70.00	5	53.85
4.4.19	12	0.94	9.80	2.48	100.00	62.78	1	51.62
4.4.22	50	-0.92	0.00	9.76	0.00	0.00	8	0.92
4.4.23	1	1.98	9.58	0.00	100.00	100.00	1	70.74
4.4.24	48	-0.93	1.23	8.29	0.00	0.00	8	0.93
4.4.25	30	-0.15	2.55	5.28	80.31	0.00	6	30.31
4.4.26	22	0.36	9.04	3.78	100.00	38.47	2	63.09
4.4.27	31	-0.05	6.20	3.11	100.00	64.77	5	52.14
4.5.01	33	-0.31	7.29	8.70	99.59	0.00	6	49.59
4.5.03	51	-1.05	10.00	4.26	100.00	22.02	6	54.64
4.5.04	53	-0.89	10.00	4.58	100.00	0.00	6	50.01
4.5.05	6	1.28	9.47	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.06	2	1.89	10.00	0.00	100.00	100.00	1	70.74
4.5.07	33	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52
4.5.09	5	1.19	8.91	0.00	100.00	100.00	1	70.72
4.5.10	46	-0.89	2.39	5.66	22.22	0.00	8	22.24
4.5.11	20	0.47	6.23	2.32	100.00	62.34	1	51.50
4.5.12	20	0.31	7.14	3.35	100.00	53.13	1	50.10

指標	韓國		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.5.13	39	-0.47	6.98	5.73	100.00	0.00	6	50.00
4.5.14	35	-0.31	6.97	4.41	100.00	11.82	6	51.38
4.5.15	33	0.38	10.00	0.43	100.00	100.00	1	70.71
4.5.16	31	-0.11	4.20	5.01	97.41	0.00	6	47.41

註：已刪除無韓國統計資料之指標

本研究以 50 分為界限值，建立領先落後模糊得分圖形，並計算各項指標之 ED 值及各項指標所處象限。韓國具統計資料之 89 項基礎建設競爭力指標中，絕對優勢指標(第 I 象限)共計 35 項；相對優勢指標(第 II 象限)共計 20 項；一般觀察指標(第 III 象限)共計 0 項；重點觀察指標(第 IV 象限)共計 3 項；一般改善指標(第 V 象限)共計 2 項；重點改善指標(第 VI 象限)共計 15 項；相對劣勢指標(第 VII 象限)共計 0 項；絕對劣勢指標(第 VIII 象限)共計 14 項。決策者可使用模糊分數圖形，對子項因素包含指標之優劣勢狀態進行分析，本研究以基本建設因素之包含 2011 韓國所有指標為例，說明指標區別矩陣之應用及分析方式，如圖 4-4 所示。

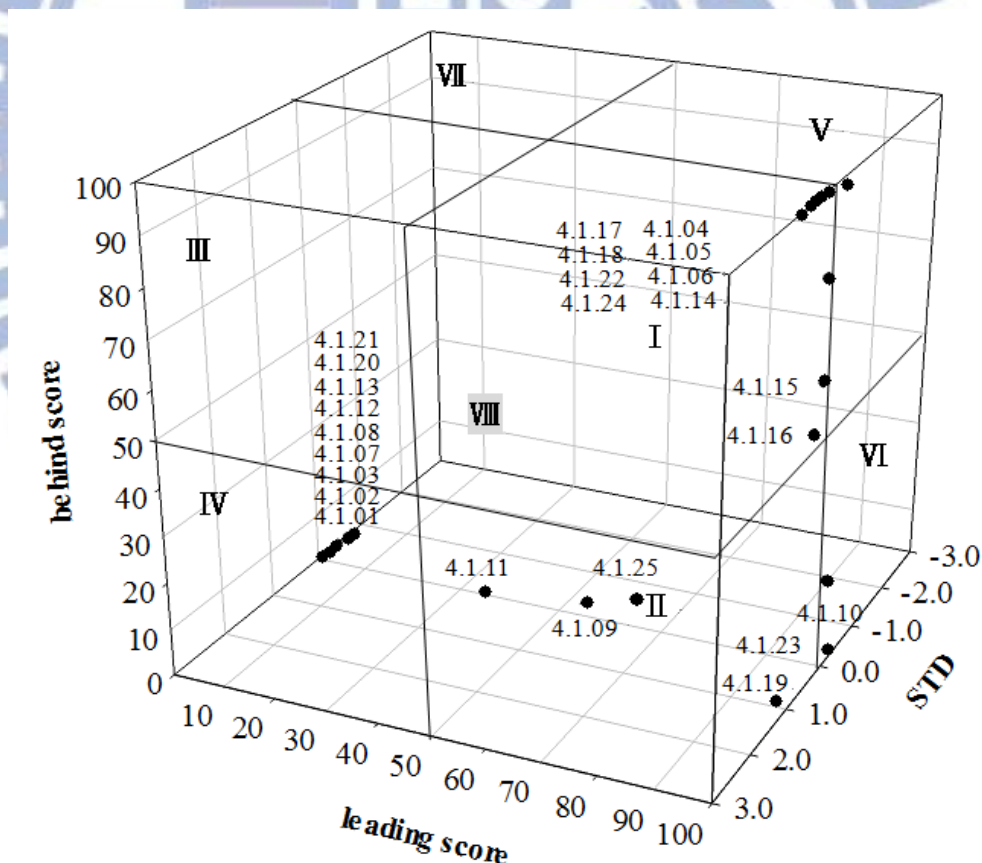


圖 4-10 韓國領先落後模糊得分判別圖

4.墨西哥的模糊程度和分數

根據瑞士國際管理學院(IMD)的 2011 年世界競爭力年報，在 59 個受評比的国家中，墨西哥在 2011 年 IMD 全球競爭力評比位居 38 名(如圖 4-11)，較前年 2010 年上升 9 名，在美洲地區排名第 4；其中基礎建設第 49 名(如圖 4-12)，較前年 2010 年上升 1 名。

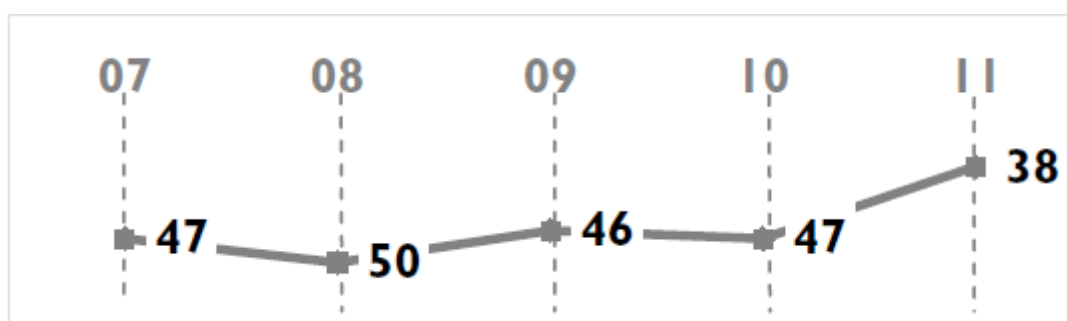


圖 4-11 2007 年以來墨西哥整體設排名

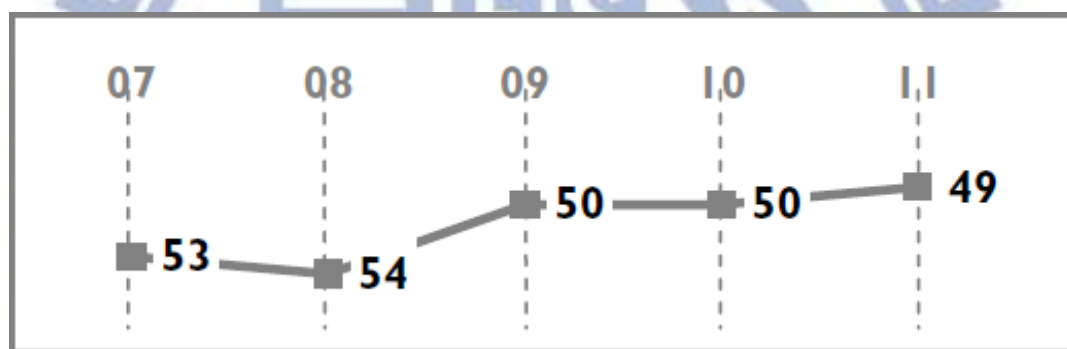


圖 4-12 2007 年以來墨西哥基礎建設排名

表 4-10 2011 WCY 墨西哥基礎建設指標模糊得分表

指標	墨西哥		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.1.02	27	-0.15	1.18	10.00	0.00	0.00	8	0.15
4.1.03	29	-0.25	0.06	10.00	0.00	0.00	8	0.25
4.1.04	52	-1.47	0.95	7.30	0.00	0.00	8	1.47
4.1.05	51	-1.38	6.29	7.52	94.73	0.00	6	44.75
4.1.06	52	-1.31	5.32	6.81	86.37	0.00	6	36.39
4.1.07	8	0.12	1.21	10.00	0.00	0.00	4	0.12
4.1.10	47	-0.66	0.89	10.00	0.00	0.00	8	0.66
4.1.11	40	-0.77	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.77
4.1.12	38	-0.55	0.15	10.00	0.00	0.00	8	0.55
4.1.14	45	-0.74	4.46	4.63	100.00	10.19	6	51.03
4.1.15	46	-0.95	1.47	6.13	0.00	0.00	8	0.95
4.1.16	50	-1.09	3.53	7.76	61.87	0.00	6	11.92
4.1.17	42	-0.65	1.99	5.54	40.77	0.00	8	40.78
4.1.18	49	-0.81	2.67	5.93	29.15	0.00	8	29.16
4.1.19	49	-0.89	4.28	7.10	68.56	0.00	6	18.58
4.1.21	12	0.25	2.00	10.00	0.00	0.00	4	0.25
4.1.24	25	0.06	10.00	2.62	100.00	63.80	1	51.87
4.2.01	49	-0.45	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.45
4.2.02	50	-1.04	1.48	8.16	8.87	0.00	8	8.93

指標	墨西哥		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.2.03	26	0.08	9.50	3.07	100.00	52.63	1	50.07
4.2.04	55	-1.30	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.30
4.2.05	29	0.21	10.00	0.72	100.00	100.00	1	70.71
4.2.06	55	-1.83	0.00	9.46	0.00	0.00	8	1.83
4.2.07	57	-2.03	0.00	10.00	0.00	0.00	8	2.03
4.2.08	13	0.08	1.49	10.00	6.94	0.00	4	6.94
4.2.09	44	-0.95	0.73	6.65	0.00	0.00	8	0.95
4.2.10	53	-1.40	0.00	7.56	0.00	0.00	8	1.40
4.2.11	12	0.92	10.00	2.56	100.00	60.43	2	51.08
4.2.12	43	-0.80	1.05	6.88	0.00	0.00	8	0.80
4.2.13	59	-0.17	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.17
4.2.14	52	-1.26	6.24	8.03	94.44	0.00	6	44.46
4.2.15	39	-0.37	7.33	4.78	99.86	0.00	6	49.86
4.2.16	56	-1.59	0.00	9.05	0.00	0.00	8	1.59
4.2.17	52	-1.38	0.00	8.85	0.00	0.00	8	1.38
4.2.18	48	-0.91	2.65	6.86	47.03	0.00	8	47.04
4.2.19	49	-0.93	3.20	6.69	68.96	0.00	6	18.98
4.2.20	44	-0.67	5.01	5.97	81.00	0.00	6	31.01
4.2.21	13	0.17	2.07	10.00	0.00	0.00	4	0.17
4.2.22	19	0.40	3.67	10.00	47.32	0.00	4	47.32
4.2.23	48	-0.93	3.08	6.65	53.83	0.00	6	3.94
4.3.01	30	-0.29	0.05	10.00	0.00	0.00	8	0.29
4.3.02	51	-1.10	0.00	8.83	0.00	0.00	8	1.10
4.3.04	28	-0.29	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.29
4.3.05	45	-0.91	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.91
4.3.06	20	-0.29	0.34	10.00	0.00	0.00	8	0.29
4.3.07	46	-1.29	0.00	9.53	0.00	0.00	8	1.29
4.3.10	27	-0.01	3.01	8.31	77.05	0.00	6	27.05
4.3.11	28	-0.29	0.28	10.00	0.00	0.00	8	0.29
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52
4.3.14	14	-0.19	0.44	10.00	0.00	0.00	8	0.19
4.3.15	32	-0.44	0.13	10.00	0.00	0.00	8	0.44
4.3.16	36	-0.32	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.32
4.3.17	33	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52
4.3.18	53	-1.11	0.00	8.30	0.00	0.00	8	1.11
4.3.19	49	-0.96	2.27	10.00	34.86	0.00	8	34.87
4.3.20	44	-0.77	0.97	5.90	0.00	0.00	8	0.77
4.3.21	43	-0.61	1.96	5.35	57.93	0.00	6	7.95
4.3.22	47	-0.78	2.12	5.99	59.22	0.00	6	9.25
4.3.23	48	-0.88	1.91	8.08	35.17	0.00	8	35.18
4.4.01	41	-0.54	2.25	10.00	37.47	0.00	8	37.47
4.4.04	38	-0.58	3.30	5.69	67.87	0.00	6	17.88
4.4.05	33	-0.06	10.00	2.38	100.00	100.00	5	70.71
4.4.08	46	-0.11	10.00	2.04	100.00	75.19	5	55.99
4.4.10	41	-0.49	5.34	4.27	100.00	9.11	6	50.83
4.4.11	49	-1.05	8.13	6.77	99.86	0.00	6	49.87
4.4.12	34	0.26	10.00	1.41	100.00	99.45	1	70.32
4.4.15	45	-0.01	10.00	1.43	100.00	100.00	5	70.71
4.4.17	33	0.23	9.36	0.95	100.00	100.00	1	70.71
4.4.19	41	-0.62	4.60	7.68	78.49	0.00	6	28.50
4.4.22	29	-0.10	2.11	7.01	80.08	0.00	6	30.08
4.4.23	51	-0.91	0.00	7.26	0.00	0.00	8	0.91
4.4.24	57	-1.56	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.56
4.4.25	54	-1.29	0.00	9.10	0.00	0.00	8	1.29
4.4.26	37	-0.22	7.12	5.71	100.00	2.35	6	50.06
4.4.27	49	-0.84	3.57	5.74	82.63	0.00	6	32.64
4.5.01	44	-0.73	5.88	10.00	89.96	0.00	6	39.97
4.5.03	54	-1.63	9.44	6.21	100.00	0.00	6	50.03
4.5.04	52	-0.86	10.00	4.46	100.00	0.00	6	50.01
4.5.05	49	-1.39	0.54	8.03	0.00	0.00	8	1.39
4.5.06	43	-1.02	0.61	9.22	0.00	0.00	8	1.02

指標	墨西哥		距離		分數		象限	歐氏距離
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後		
4.5.09	45	-1.20	0.94	7.19	0.00	0.00	8	1.20
4.5.10	39	-0.34	4.20	3.85	84.64	0.00	6	34.64
4.5.11	54	-1.44	0.00	8.67	0.00	0.00	8	1.44
4.5.12	54	-1.60	0.78	9.71	0.00	0.00	8	1.60
4.5.13	51	-0.96	5.33	7.37	80.66	0.00	6	30.68
4.5.14	54	-1.29	3.69	7.70	56.75	0.00	6	6.87
4.5.15	49	-0.60	10.00	3.71	100.00	9.25	6	50.85
4.5.16	47	-0.98	1.30	7.91	0.00	0.00	8	0.98

本研究以 50 分為界限值，建立領先落後模糊得分圖形，並計算各項指標之 ED 值及各項指標所處象限。墨西哥具統計資料之 88 項基礎建設競爭力指標中，絕對優勢指標(第 I 象限)共計 5 項；相對優勢指標(第 II 象限)共計 1 項；一般觀察指標(第 III 象限)共計 0 項；重點觀察指標(第 IV 象限)共計 5 項；一般改善指標(第 V 象限)共計 3 項；重點改善指標(第 VI 象限)共計 27 項；相對劣勢指標(第 VII 象限)共計 0 項；絕對劣勢指標(第 VIII 象限)共計 47 項。決策者可使用模糊分數圖形，對子項因素包含指標之優劣勢狀態進行分析，本研究以基本建設因素之包含 2011 墨西哥所有指標為例，說明指標區別矩陣之應用及分析方式，如圖 4-5 所示。

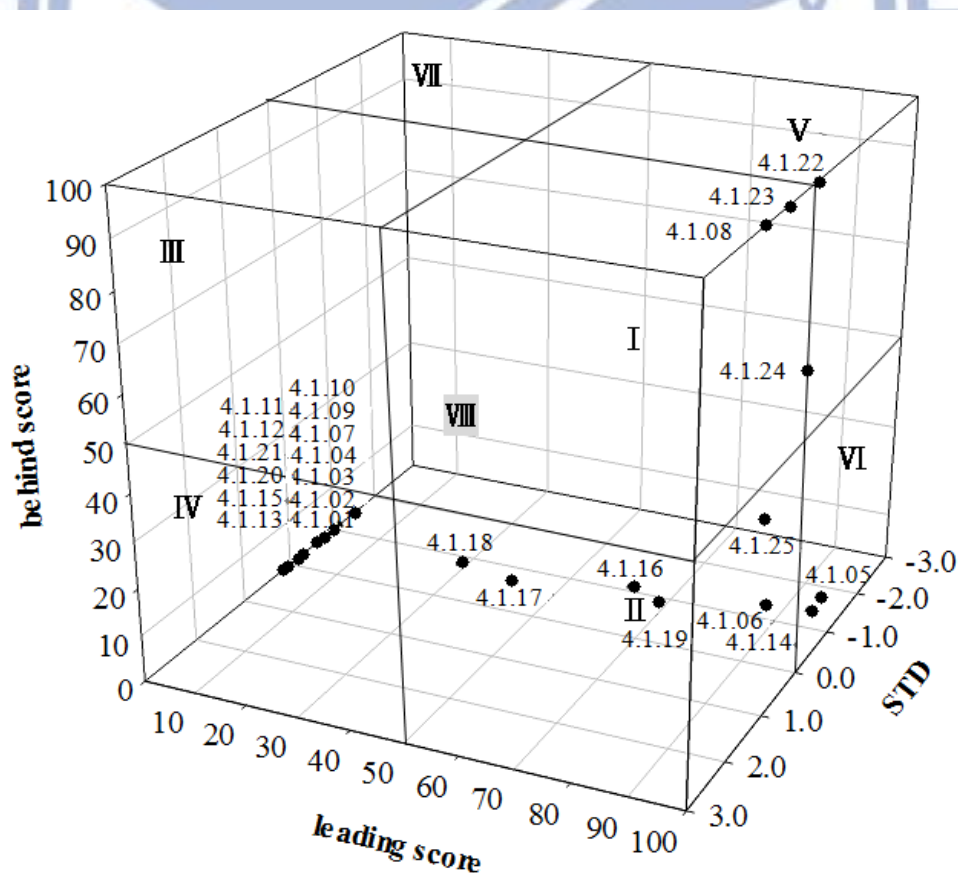


圖 4-13 墨西哥領先落後模糊得分判別圖

4.3 各種模式之指標選擇結果之比較

4.3.1 三維判別矩陣與 IMD 模式之比較

1.台灣

本研究建議之劣勢指標與 IMD 部分不同，本研究模式建議之劣勢指標為 4.5.10 English proficiency – TOEFL(英語水平-托福)、4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)、4.1.07 Population – market size(人口-市場規模)和 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)，雖然本研究建議部分指標之排名，較 IMD 建議之劣勢指標高，惟其皆具有與領先國家差異大，與落後國家差異小之特徵，例如指標 4.3.13，雖然此項指標之排名較高(20th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 4.31 (behind degree 10)，與最後群集之中間國家 STD 差異僅 0.27 (leading degree 0.90)，顯示台灣在該項指標表現極接近落後國家，因此應加強此類型指標之投資；IMD 建議之劣勢指標為 4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education)(中學生/教師(中學))、4.4.12 Energy intensity(能源強度)、4.4.01 Total health expenditure(每人總醫療衛生支出)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)和 4.5.03 Pupil-teacher ratio (primary education)(小學生/教師(小學))，除指標 4.5.07 屬第Ⅷ象限外，其他指標皆屬於第Ⅰ和第Ⅵ象限指標，例如指標 4.5.03(如圖 4-14)，雖然指標之排名較低(37th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅 0.17(behind degree 0.58)，與最後群集之中間國家 STD 差異達 4.52(leading degree 10)，顯示台灣在該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，因此此項指標應為絕對優勢指標。如表 4-11。

表 4-11 兩種模式建議台灣之劣勢指標

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離	IMD	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.5.10	54	-1.57	0.12	7.93	0.00	0.00	8	1.57		W-1
4.1.21	54	-0.68	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.68		W-2
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.57		W-3
4.1.07	27	-0.26	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.26		W-4
4.3.13	20	-0.25	0.90	10.00	0.00	0.00	8	0.25		W-5
4.5.04	49	-0.58	10.00	3.54	100.00	37.90	6	62.74	W-1	
4.4.12	47	-0.56	10.00	4.12	100.00	36.74	6	62.05	W-2	
4.4.01	39	-0.32	3.01	10.00	50.96	0.00	6	1.01	W-3	
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.57	W-4	
4.5.03	37	0.06	10.00	0.58	100.00	100.00	1	70.71	W-5	

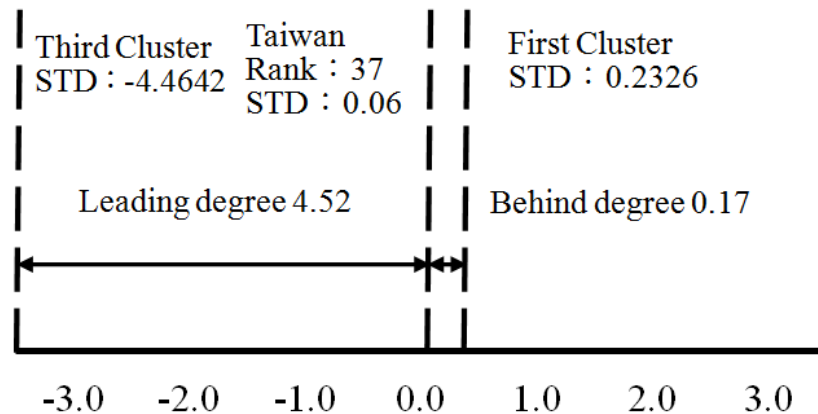


圖 4-14 台灣指標 4.5.03

2.新加坡

本研究建議之劣勢指標與 IMD 部分不同，本研究模式建議之劣勢指標為 4.4.01 Total health expenditure (%) (每人總醫療衛生支出)、4.4.22 Ecological balance (reserve / deficit) (生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita (百萬人中諾貝爾獎數) 和 4.2.01 Investment in telecommunications (%) (電信投資 GDP 百分比)，本研究建議之指標皆具有與領先國家差異大，與落後國家差異小之特徵，例如指標 4.3.13，雖然此項指標之排名較高(27th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 4.58 (behind degree 10)，與最後群集之中間國家 STD 差異 0 (leading degree 0)，顯示新加坡在該項指標表現極接近落後國家，因此應加強此類型指標之投資；IMD 建議之劣勢指標為 4.4.01 Total health expenditure (%) (每人總醫療衛生支出)、4.5.01 Total public expenditure on education (%) (每人總教育支出)、4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education) (中學生/教師(中學))、4.5.03 Pupil-teacher ratio (primary education) (小學生/教師(小學)) 和 4.1.24 Electricity costs for industrial clients (工業電力成本)，除了指標 4.4.01 屬於第 VIII 象限外，其餘指標皆不在第 VIII 象限範圍，例如指標 4.5.03 (如圖 4-15)，雖然指標之排名較低(49th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅 0.8761 (behind degree 2.92)，與最後群集之中間國家 STD 差異達 3.8207 (leading degree 10)，顯示新加坡在該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，因此此項指標應為一般改善指標。如表 4-12。

表 4-12 兩種模式建議新加坡之劣勢指標

指標	新加坡		距離		分數		象限	歐氏距離	IMD	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.4.01	56	-1.49	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.49		W-1
4.4.22	52	-1.14	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.14		W-2
4.1.21	59	-0.78	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.78		W-3
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52		W-4
4.2.01	47	-0.43	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.43		W-5
4.4.01	56	-1.49	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.49	W-1	
4.5.01	53	-1.22	4.23	10.00	62.01	0.00	6	12.07	W-2	
4.5.04	51	-0.84	10.00	4.39	100.00	0.00	6	50.01	W-3	
4.5.03	49	-0.64	10.00	2.92	100.00	50.91	5	50.01	W-4	
4.1.24	47	-0.97	8.59	6.05	100.00	0.00	6	50.01	W-5	

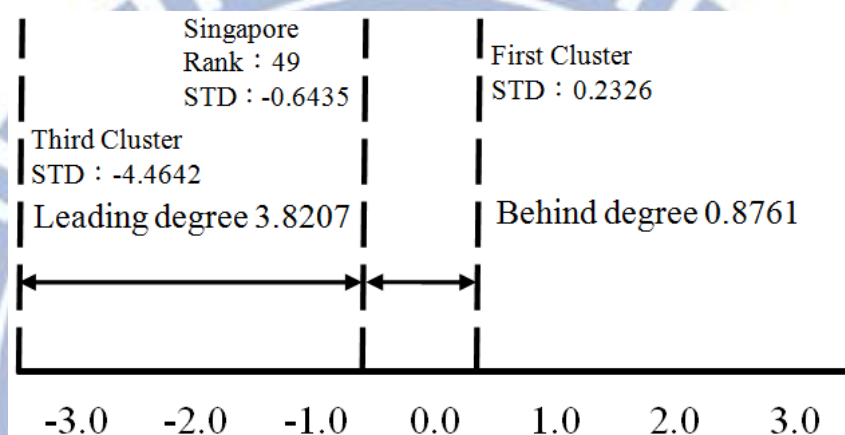


圖 4-15 新加坡指標 4.5.03

3.韓國

本研究建議之劣勢指標與 IMD 部分不同，本研究模式建議之劣勢指標為 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.4.22 Ecological balance (reserve / deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita 和 4.2.04 Mobile telephone subscribers，本研究建議之指標皆具有與領先國家差異大，與落後國家差異小之特徵，例如指標 4.3.13，雖然此項指標之排名較高 (27th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 4.58 (behind degree 10)，與最後群集之中間國家 STD 差異 0 (leading degree 0)，顯示韓國在該項指標表現極接近落後國家，因此應加強此類型指標之投資；IMD 建議之劣勢指標為 4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education)(中學生/教師(中學))、4.5.03 Pupil-teacher ratio (primary education)(小學生/教師(小學))、4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.2.13 Internet bandwidth speed(網路寬頻速度)和 4.2.04 Mobile telephones subscribers(行動電話用戶)，除了指標 4.4.24、4.2.13 和

4.2.04 屬於第Ⅷ象限外，其餘指標屬於第Ⅵ象限範圍，例如指標 4.5.03(如圖 4-16)，雖然指標之排名較低(51th)，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅 1.2791 (behind degree 4.26)，與最後群集之中間國家 STD 差異達 3.4177 (leading degree 10)，顯示韓國在該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，因此此項指標應為一般改善指標。如表 4-13。

表 4-13 兩種模式建議韓國之劣勢指標

指標	韓國		距離		分數		象限	歐氏距離	IMD	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.4.24	48	-0.93	1.23	8.29	0.00	0.00	8	0.93		W-1
4.4.22	50	-0.92	0.00	9.76	0.00	0.00	8	0.92		W-2
4.1.21	49	-0.62	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.62		W-3
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52		W-4
4.2.04	41	-0.51	1.07	10.00	2.41	0.00	8	2.46		W-5
4.5.04	53	-0.89	10.00	4.58	100.00	0.00	6	50.01	W-1	
4.5.03	51	-1.05	10.00	4.26	100.00	22.02	6	54.64	W-2	
4.4.24	48	-0.93	1.23	8.29	0.00	0.00	8	0.93	W-3	
4.2.13	45	-0.17	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.17	W-4	
4.2.04	41	-0.51	1.07	10.00	2.41	0.00	8	2.46	W-5	

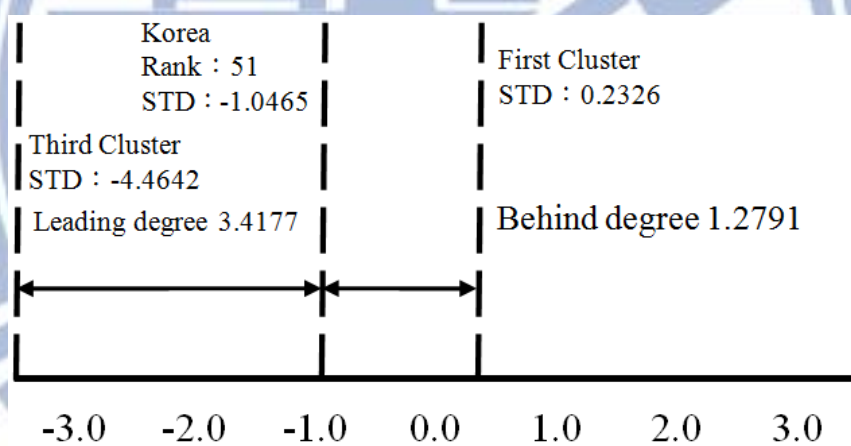


圖 4-16 韓國指標 4.5.03

4.墨西哥

本研究建議之劣勢指標與 IMD 部分不同，本研究模式建議之劣勢指標為 4.2.07 Connectivity(網路連接)、4.2.06 Communications technology(通信技術)、4.5.12 Science in schools(科技知識校內傳播)、4.2.16 Technological cooperation(技術合作)和 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)；IMD 建議之劣勢指標為 4.2.13 Internet bandwidth speed(網路寬頻速度)、4.2.07 Connectivity(網路連接)、4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.2.16

Technological cooperation(技術合作)和 4.2.04 Mobile telephones subscribers(行動電話用戶)。本研究與 IMD 所建議指標皆為第 8 象限之絕對劣勢指標，但本研究可藉由國家完整的優劣勢狀態，選擇真正較為劣勢之指標，來達成盡速提升國家競爭力的目的。如表 4-14。

表 4-14 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標

指標	墨西哥		距離		分數		象限	歐氏距離	IMD	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.2.07	57	-2.03	0.00	10.00	0.00	0.00	8	2.03		W-1
4.2.06	55	-1.83	0.00	9.46	0.00	0.00	8	1.83		W-2
4.5.12	54	-1.60	0.78	9.71	0.00	0.00	8	1.49		W-3
4.2.16	56	-1.59	0.00	9.05	0.00	0.00	8	1.59		W-4
4.4.24	57	-1.56	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.56		W-5
4.2.13	59	-0.17	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.17	W-1	
4.2.07	57	-2.03	0.00	10.00	0.00	0.00	8	2.03	W-2	
4.4.24	57	-1.56	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.56	W-3	
4.2.16	56	-1.59	0.00	9.05	0.00	0.00	8	1.59	W-4	
4.2.04	55	-1.30	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.30	W-5	

4.3.2 三維判別矩陣與 Dzeng and Wang (2007)模式之比較

1.台灣

本研究建議之劣勢指標與 Dzeng and Wang (2007)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.5.10 English proficiency – TOEFL(英語水平-托福)、4.1.21 Total indigenous energy production (%)(總本國能源生產)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)、4.1.07 Population – market size(人口-市場規模)和 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)；Dzeng and Wang (2007)模式所建議之劣勢指標為 4.5.10 English proficiency – TOEFL(英語水平-托福)、4.1.21 Total indigenous energy production (%)(總本國能源生產)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)、4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education)(中學生/教師(中學))和 4.4.17 Number of patents in force(二氧化碳排放強度)。該模式主要利用群集指數與標準值，再透過競爭力指標區別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，例如該模式所挑選出的指標 4.5.04(如圖 4-17)雖然排名低(49th)，且歐氏距離值較小，屬於劣勢部分指標，但本研究中，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅達 1.06 (behind degree 3.54)，而與最後群集之中間國家 STD 差異達到 3.61 (leading degree 10.00)，顯示台灣該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，如表 4-15。

表 4-15 兩種模式建議台灣之劣勢指標

編號	標準值	Dzeng and Wang(2007)排名	象限	歐氏距離	編號	標準值	本研究排名	象限	歐氏距離
4.5.10	-1.57	W-1	IV	2.43	4.5.10	-1.57	W-1	VIII	1.57
4.1.21	-0.68	W-2	IV	3.32	4.1.21	-0.68	W-2	VIII	0.68
4.5.07	-0.57	W-3	IV	3.43	4.5.07	-0.57	W-3	VIII	0.57
4.5.04	-0.58	W-4	IV	3.44	4.1.07	-0.26	W-4	VIII	0.26
4.4.17	-0.55	W-5	IV	3.47	4.3.13	-0.25	W-5	VIII	0.25

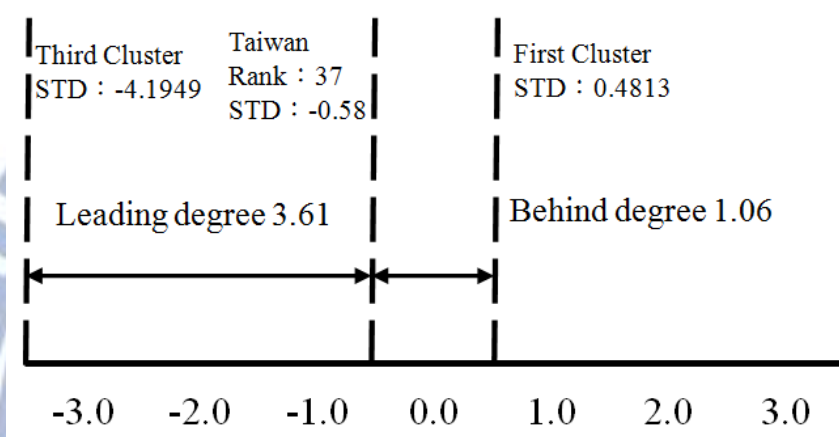


圖 4-17 台灣指標 4.5.04

2.新加坡

本研究建議之劣勢指標與 Dzeng and Wang (2007)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.4.01 Total health expenditure(每人總醫療衛生支出)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%)(總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)和 4.2.01 Investment in telecommunications(電信投資 GDP 百分比)；Dzeng and Wang (2007)模式所建議之劣勢指標為 4.4.01 Total health expenditure(每人總醫療衛生支出)、4.5.01 Total public expenditure on education (%)(每人總教育支出)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.24 Electricity costs for industrial clients(工業電力成本)和 4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education)(中學生/教師(中學))該模式主要利用群集指數與標準值，再透過競爭力指標區別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，例如該模式所挑選出的指標

4.5.04(如圖 4-18)雖然排名低(51th)，且歐氏距離值較小，屬於劣勢部分指標，但本研究中，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅達 1.3166 (behind degree 4.39)，而與最後群集之中間國家 STD 差異達到 3.3596 (leading degree 10.00)，顯示新加坡該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，如表 4-16。

表 4-16 兩種模式建議新加坡之劣勢指標

編號	標準值	Dzeng and Wang(2007)排名	象限	歐氏距離	編號	標準值	本研究排名	象限	歐氏距離
4.4.01	-1.49	W-1	IV	2.51	4.4.01	-1.49	W-1	VIII	1.49
4.5.01	-1.22	W-2	IV	2.79	4.4.22	-1.14	W-2	VIII	1.14
4.4.22	-1.14	W-3	IV	2.86	4.1.21	-0.78	W-3	VIII	0.78
4.1.24	-0.97	W-4	IV	3.05	4.3.13	-0.52	W-4	VIII	0.52
4.5.04	-0.84	W-5	IV	3.18	4.2.01	-0.43	W-5	VIII	0.43

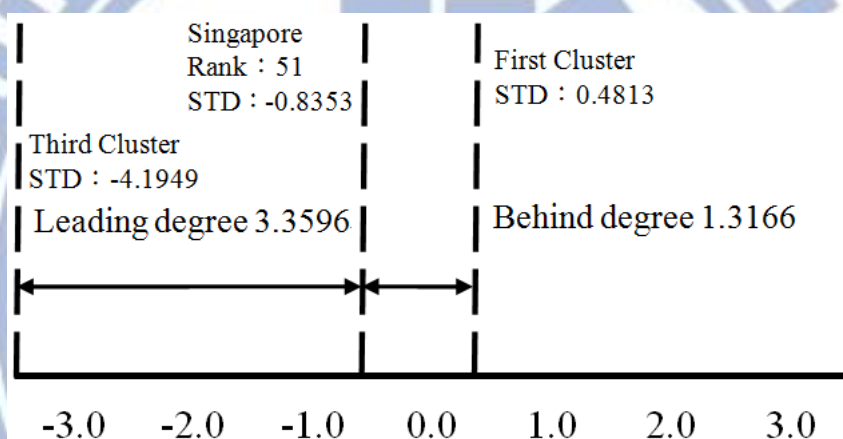


圖 4-18 新加坡指標 4.5.04

3.韓國

本研究建議之劣勢指標與 Dzeng and Wang (2007)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%)(總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)和 4.2.04 Mobile telephone subscribers(行動電話用戶)；Dzeng and Wang (2007)模式所建議之劣勢指標為 4.5.03 Pupil-teacher ratio (primary education)(小學生/教師(小學))、4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.5.04 Pupil-teacher ratio (secondary education)(中學生/教師(中學))和 4.5.10 English

proficiency – TOEFL(英語水平-托福)。該模式主要利用群集指數與標準值，再透過競爭力指標區別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，例如該模式所挑選出的指標 4.5.03(如圖 4-19)雖然排名低(51th)，且歐氏距離值較小，屬於劣勢部分指標，但本研究中，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅達 1.2791 (behind degree 4.26)，而與最後群集之中間國家 STD 差異達到 3.4177 (leading degree 10.00)，顯示韓國該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，如表 4-17。

表 4-17 兩種模式建議韓國之劣勢指標

編號	標準值	Dzeng and Wang(2007)排名	象限	歐氏距離	編號	標準值	本研究排名	象限	歐氏距離
4.5.03	-1.05	W-1	IV	2.97	4.4.24	-0.93	W-1	VIII	0.93
4.4.24	-0.93	W-2	IV	3.07	4.4.22	-0.92	W-2	VIII	0.92
4.4.22	-0.92	W-3	IV	3.08	4.1.21	-0.62	W-3	VIII	0.62
4.5.04	-0.89	W-4	IV	3.13	4.3.13	-0.52	W-4	VIII	0.52
4.5.10	-0.89	W-5	IV	3.13	4.2.04	-0.51	W-5	VIII	2.46

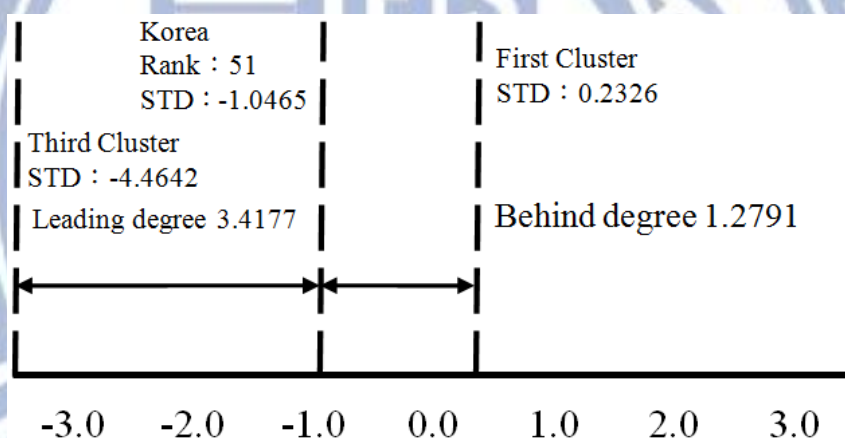


圖 4-19 韓國指標 4.5.03

4.墨西哥

本研究建議之劣勢指標與 Dzeng and Wang (2007)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.2.07 Connectivity(網路連接)、4.2.06 Communications technology(通信技術)、4.5.12 Science in schools(科技知識校內傳播)、4.2.16 Technological cooperation(技術合作)和 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)；Dzeng and Wang (2007)模式所建議之劣勢指標為 4.2.07 Connectivity(網路連接)、4.2.06 Communications technology(通信技術)、4.5.03 Pupil-teacher ratio (primary education)(小學生/教師(學生))，

4.5.12 Science in schools(科技知識校內傳播)和 4.2.16 Technological cooperation(技術合作) 該模式主要利用群集指數與標準值，再透過競爭力指標區別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，例如該模式所挑選出的指標 4.5.03(如圖 4-20)雖然排名低(51th)，且歐距離值較小，屬於劣勢部分指標，但本研究中，惟其與第 1 群集之中間國家 STD 差異僅達 1.8641 (behind degree 6.21)，而與最後群集之中間國家 STD 差異達到 2.8327 (leading degree 10.00)，顯示墨西哥該項指標表現接近領先國家，且與劣勢國家差異顯著，如表 4-18。

表 4-18 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標

編號	標準值	Dzeng and Wang(2007) 排名	象限	歐氏距離	編號	標準值	本研究排名	象限	歐氏距離
4.2.07	-2.03	W-1	IV	1.97	4.2.07	-2.03	W-1	VIII	2.03
4.2.06	-1.83	W-2	IV	2.17	4.2.06	-1.83	W-2	VIII	1.83
4.5.03	-1.63	W-3	IV	2.39	4.5.12	-1.60	W-3	VIII	1.49
4.5.12	-1.60	W-4	IV	2.40	4.2.16	-1.59	W-4	VIII	1.59
4.2.16	-1.59	W-5	IV	2.41	4.4.24	-1.56	W-5	VIII	1.56

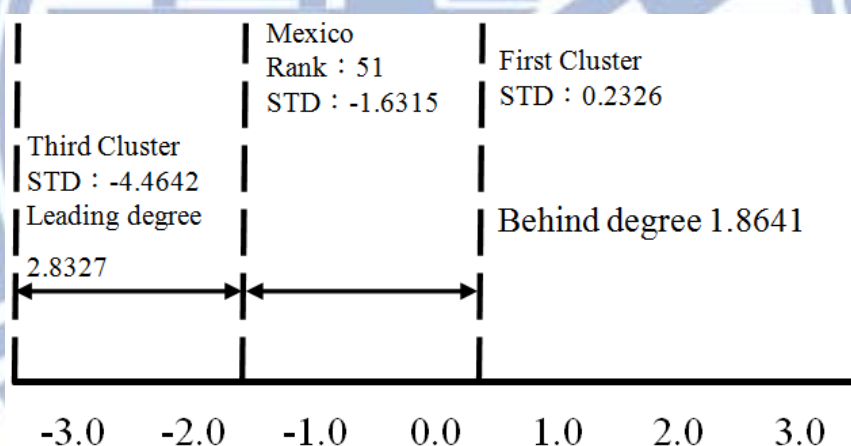


圖 4-20 墨西哥指標 4.5.03

4.3.3 三維判別矩陣與 Wang, S. H. et al. (2010)模式之比較

1.台灣

本研究建議之劣勢指標與 Wang, S. H. et al. (2010)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.5.10 English proficiency – TOEFL(英語水平-托福)、4.1.21 Total indigenous energy production (%)(總本國能源生產)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)、4.1.07 Population – market size(人口-市場規模)和 4.3.13 Nobel prizes per

capita(百萬人中諾貝爾數)；Wang, S. H. et al. (2010)所建議之劣勢指標為 4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)、4.2.13 Internet bandwidth speed(網路寬頻速度)、4.2.01 Investment in telecommunications (%)(電信投資 GDP 百分比)、4.1.03 Water resources(水的資源)和 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)。該模式主要利用領先與落後模糊分數，再透過領先與落後模糊得分判別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，如表 4-19。但該模式缺乏標準值判斷依據可能誤選為同樣第IV象限之指標，例如指標 4.3.14 Patent applications(如圖 4-21)，因與第1群集之中間國家STD 差異達 4.37 (behind degree 10.00)，而與最後群集之中間國家STD 差異僅達 0.88 (leading degree 2.92)，雖在該模式中屬於第IV象限，但卻擁有較高的排名(5th)以及較好的標準值，以本研究模式該項指標應該歸屬於重點觀察指標，而非劣勢指標。

表 4-19 兩種模式建議台灣之劣勢指標

指標	台灣		距離		分數		象限	歐氏距離	Wang(2010)	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.5.10	54	-1.57	0.12	7.93	0.00	0.00	8	1.57		W-1
4.1.21	54	-0.68	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.68		W-2
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.57		W-3
4.1.07	27	-0.26	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.26		W-4
4.3.13	20	-0.25	0.90	10.00	0.00	0.00	8	0.25		W-5
4.5.07	37	-0.57	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-1	
4.2.13	35	-0.16	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-2	
4.2.01	29	-0.22	0.04	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-3	
4.1.03	27	-0.23	0.10	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-4	
4.3.13	20	-0.25	0.90	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-5	

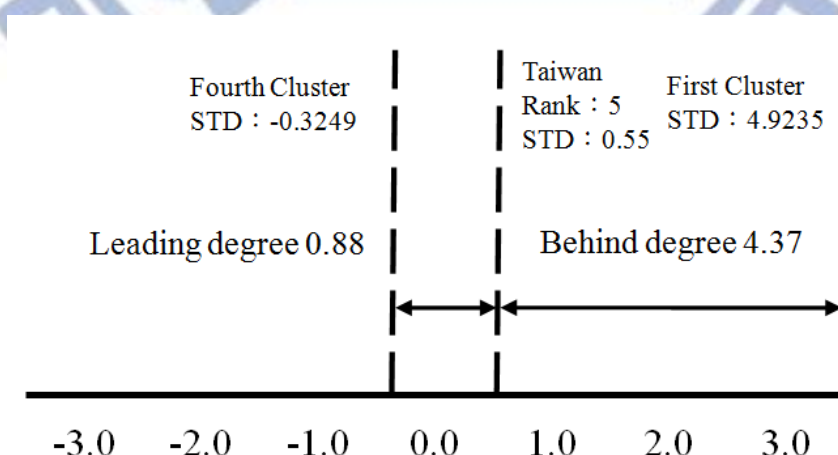


圖 4-21 台灣指標 4.3.14

2.新加坡

本研究建議之劣勢指標與 Wang, S. H. et al. (2010)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.4.01 Total health expenditure(每人總醫療衛生支出)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)和 4.2.01 Investment in telecommunications (%) (電信投資 GDP 百分比)；Wang, S. H. et al. (2010)所建議之劣勢指標為 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)、4.3.04 Business expenditure on R&D (\$) (企業 R&D 之支出金額)、4.3.16 Patents granted to residents(授予民眾的專利)、4.3.14 Patent applications(專利申請)和 4.2.13 Internet bandwidth speed(網路頻寬速度)。該模式主要利用領先與落後模糊分數，再透過領先與落後模糊得分判別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，如表 4-20。但該模式缺乏標準值判斷依據可能誤選為同樣第IV象限之指標，例如指標 4.3.17 Number of patents in force(如圖 4-22)，因與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 4.9575 (behind degree 10.00)，而與最後群集之中間國家 STD 差異僅達 0.9568 (leading degree 3.19)，雖在該模式中屬於第IV象限，但卻擁有較高的排名(10th)以及較好的標準值，以本研究模式該項指標應該歸屬於重點觀察指標，而非劣勢指標。

表 4-20 兩種模式建議新加坡之劣勢指標

指標	新加坡		距離		分數		象限	歐氏距離	Wang(2010)	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.4.01	56	-1.49	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.49		W-1
4.4.22	52	-1.14	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.14		W-2
4.1.21	59	-0.78	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.78		W-3
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52		W-4
4.2.01	47	-0.43	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.43		W-5
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-1	
4.3.04	26	-0.28	0.06	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-2	
4.3.16	24	-0.31	0.02	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-3	
4.3.14	18	-0.26	0.23	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-4	
4.2.13	4	-0.06	0.31	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-5	

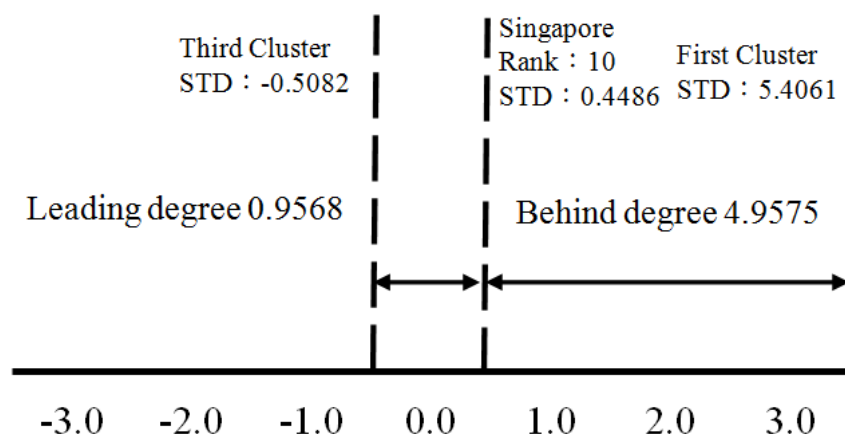


圖 4-22 新加坡指標 4.3.17

3.韓國

本研究建議之劣勢指標與 Wang, S. H. et al. (2010)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)、4.4.22 Ecological balance (reserve/deficit)(生態平衡(儲備/缺乏))、4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)和 4.2.04 Mobile telephone subscribers(行動電話用戶)；Wang, S. H. et al. (2010)所建議之劣勢指標為 4.1.21 Total indigenous energy production (%) (總本國能源生產)、4.2.13 Internet bandwidth speed(網路頻寬速度)、4.1.03 Water resources(水的資源)、4.5.07 Student mobility inbound(國內學生的流動性)和 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)。該模式主要利用領先與落後模糊分數，再透過領先與落後模糊得分判別矩陣，挑選出屬於第 IV 象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，如表 4-21。但該模式缺乏標準值判斷依據可能誤選為同樣第 IV 象限之指標，例如指標 4.2.08 Computers in use(如圖 4-23)，因與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 5.7771 (behind degree 10.00)，而與最後群集之中間國家 STD 差異僅達 0.7863 (leading degree 2.62)，雖在該模式中屬於第 IV 象限，但卻擁有較高的排名(11th)以及較好的標準值，以本研究模式該項指標應該歸屬於重點觀察指標，而非劣勢指標。

表 4-21 兩種模式建議韓國之劣勢指標

指標	韓國		距離		分數		象限	歐氏距離	Wang(2010)	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.4.24	48	-0.93	1.23	8.29	0.00	0.00	8	0.93		W-1
4.4.22	50	-0.92	0.00	9.76	0.00	0.00	8	0.92		W-2
4.1.21	49	-0.62	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.62		W-3
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	8	0.52		W-4
4.2.04	41	-0.51	1.07	10.00	2.41	0.00	8	2.46		W-5

4.1.21	49	-0.62	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-1
4.2.13	45	-0.17	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-2
4.1.03	44	-0.28	0.00	10.00	00.00	0.00	4	0.00	W-3
4.5.07	33	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-4
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-5

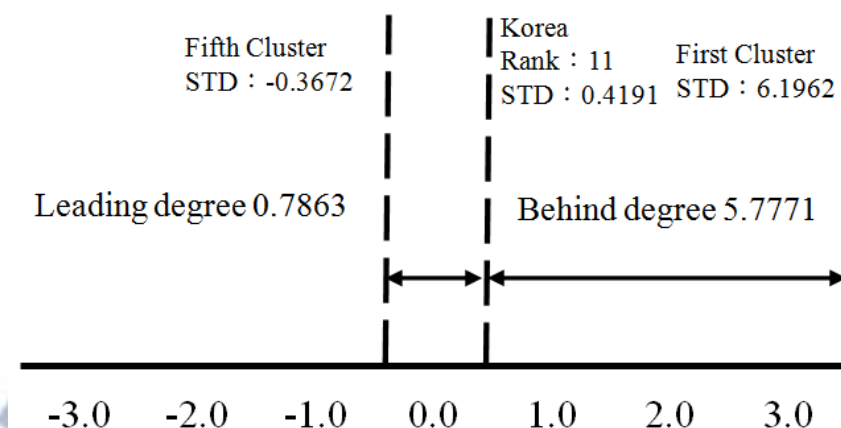


圖 4-23 新加坡指標 4.2.08

4.墨西哥

本研究建議之劣勢指標與 Wang, S. H. et al. (2010)所建議之部分不同，本研究模式所建議之劣勢指標為 4.2.07 Connectivity(網路連接)、4.2.06 Communications technology(通信技術)、4.5.12 Science in schools(科技知識校內傳播)、4.2.16 Technological cooperation(技術合作)和 4.4.24 Pollution problems(汙染防治)；Wang, S. H. et al. (2010)所建議之劣勢指標為 4.3.17 Number of patents in force(有效專利數)、4.3.01 Total expenditure on R&D (\$)(總 R&D 之支出金額)、4.1.03 Water resources(水的資源)、4.3.04 Business expenditure on R&D (\$)(企業 R&D 之支出金額)和 4.3.13 Nobel prizes per capita(百萬人中諾貝爾獎數)。該模式主要利用領先與落後模糊分數，再透過領先與落後模糊得分判別矩陣，挑選出屬於第IV象限之指標，並借由歐氏距離判斷之依據，選出屬於較劣勢之指標，如表 4-22。但該模式缺乏標準值判斷依據可能誤選為同樣第IV象限之指標，例如指標 4.1.21 Total indigenous energy production (%) (如圖 4-24)，因與第 1 群集之中間國家 STD 差異達 4.8698 (behind degree 10.00)，而與最後群集之中間國家 STD 差異僅達 0.5991 (leading degree 2.00)，雖在該模式中屬於第IV象限，但卻擁有較高的排名(12th)以及較好的標準值，以本研究模式該項指標應該歸屬於重點觀察指標，而非劣勢指標。

表 4-22 兩種模式建議墨西哥之劣勢指標

指標	墨西哥		距離		分數		象限	歐氏距離	Wang(2010)	建議選擇
	排名	標準值	領先	落後	領先	落後				
4.2.07	57	-2.03	0.00	10.00	0.00	0.00	8	2.03		W-1
4.2.06	55	-1.83	0.00	9.46	0.00	0.00	8	1.83		W-2
4.5.12	54	-1.60	0.78	9.71	0.00	0.00	8	1.49		W-3
4.2.16	56	-1.59	0.00	9.05	0.00	0.00	8	1.59		W-4
4.4.24	57	-1.56	0.00	10.00	0.00	0.00	8	1.56		W-5
4.3.17	33	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-1	
4.3.01	30	-0.29	0.05	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-2	
4.1.03	29	-0.25	0.06	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-3	
4.3.04	28	-0.29	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-4	
4.3.13	27	-0.52	0.00	10.00	0.00	0.00	4	0.00	W-5	

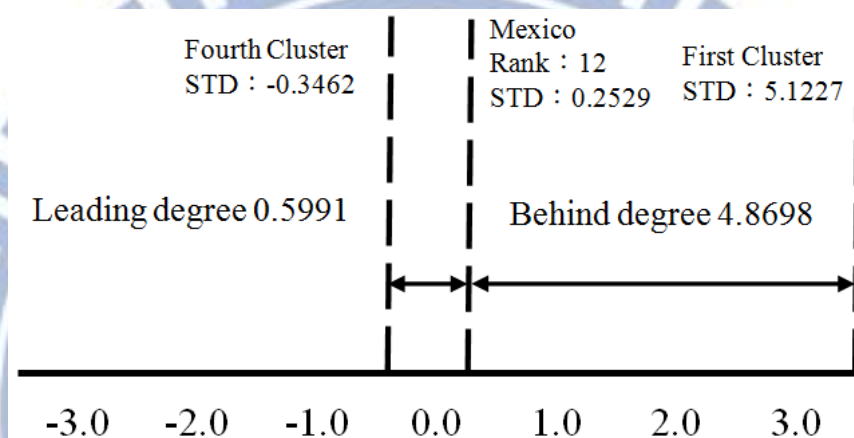


圖 4-24 墨西哥指標 4.1.21

4.3.4 各種指標選擇模式之效果

本研究比較其他相關的研究模式，IMD 主要以原始數值和排名來衡量該項指標，做為優勢和劣勢之依據，如果以上述所說之依據挑選指標，可能造成所挑選的指標，擁有較高的排名，但相反的，該國指標可能較接近領先群集國家而誤認為劣勢指標，造成誤判情況發生；Dzeng and Wang(2007)以群集化分析之方式，並以群集指數作為該指標評分之依據，建立競爭力指標優劣勢區別矩陣，並利用歐幾里得距離(Euclidean Distance, ED)(Tabachnick and fidell 2001)決定指標優先順序，但如果該資料屬於非常態分佈且過度離散，則無法進行處理；Wang, S. H. et al. (2010)利用模糊化建立分析之模式，不受資料分佈狀況之限制，但只以領先和落後分數座標軸作為挑選優劣勢指標可能造成挑選到非真正優勢或劣勢指標。研究比較如表 4-23。

表 4-23 研究相較比較表

項目		IMD	Dzeng and Wang (2007)	Wang, S. H. et al. (2010)	本研究
選擇依據		在基礎建設中細分五個子項因素基本建設、技術建設、科學建設、健康及環境和教育分為信度資料和背景資料，並依照其權重計分方式，列出該指標各國排名。	依據各國該項競爭力得分，以群集化分析方式，建立競爭力指標區別矩陣，並利用矩陣向量距離挑選優弱勢指標。	依據各國該項競爭力指標得分，以群集化分析方法，輔以模糊理論分析方法建立競爭力差異隸屬函數，再以重心法解模糊化，決定各項指標之領先及落後評價，並利用矩陣向量距離挑選優弱勢指標。	研續 Wang, S. H. et al. (2010) 之方法添增一個 STD，增加其判別依據，以三維矩陣的表達方式，透過歐氏距離的計算，分析國家基礎建設整體指標之優劣。
指標分類		排名為主、標準值為輔挑選	優勢、觀察、加強和劣勢	優勢、觀察、加強和劣勢	絕對優勢、相對優勢、一般觀察、重點觀察、一般改善、重點改善、相對劣勢和絕對劣勢
指標 挑選 分析 方法	排名	●			
	標準差	●	●		●
	群集分析		●	●	●
	模糊理論			●	●
	歐氏距離		●	●	●
	矩陣模型		●	●	●
指標 挑選 優缺 比較	改善資料分佈狀況影響			●	●
	與他國差異完整性				●
	指標優弱勢建議	少(5~10 個)	多	完整呈現	完整呈現

註：●表示有使用與目標達成。(本研究整理)

4.4 研究國家比較

本研究運用群集分析、模糊理論，建立三維判別矩陣判斷單一國家競爭力狀態之分析模式，可完整的分析出競爭力之狀態。Wang, S. H. et al. (2010) 提出領先落後模糊得分矩陣，雖可將單一國家競爭力完整呈現，惟研究模式可能將擁有較高的標準值，列為劣勢指標，因此亦可能影響優弱勢指標之選擇。本研究以標準值參考之依據，再細分為 8 個象限，提供更詳細的競爭力狀態分佈，以下比較台灣、新加坡、韓國和墨西哥之基礎競爭力狀態分佈，如表 4-24。

表 4-24 台灣、新加坡、韓國和墨西哥比較表

項目\國家		模式 Dzeng and Wang (2007)模式	Wang, S. H. et al (2010) 模式	本研究模式
優勢	台灣	第一象限指標 55 個，佔所有指標 63%	第一象限指標 50 個，佔所有指標 57%	第一和第二象限指標 64 個，佔所有指標 74%
	新加坡	第一象限指標 58 個，佔所有指標 67%	第一象限指標 53 個，佔所有指標 61%	第一和第二象限指標 64 個，佔所有指標 74%
	韓國	第一象限指標 39 個，佔所有指標 44%	第一象限指標 38 個，佔所有指標 43%	第一和第二象限指標 55 個，佔所有指標 62%
	墨西哥	第一象限指標 5 個，佔所有指標 6%	第一象限指標 9 個，佔所有指標 10%	第一和第二象限指標 6 個，佔所有指標 7%
觀察	台灣	第二象限指標 14 個，佔所有指標 16%	第二象限指標 19 個，佔所有指標 22%	第三和第四象限指標 6 個，佔所有指標 7%
	新加坡	第二象限指標 7 個，佔所有指標 8%	第二象限指標 16 個，佔所有指標 18%	第三和第四象限指標 1 個，佔所有指標 1%
	韓國	第二象限指標 20 個，佔所有指標 22%	第二象限指標 34 個，佔所有指標 38%	第三和第四象限指標 3 個，佔所有指標 3%
	墨西哥	第二象限指標 6 個，佔所有指標 7%	第二象限指標 27 個，佔所有指標 30%	第三和第四象限指標 5 個，佔所有指標 6%
加強	台灣	第三象限指標 1 個，佔所有指標 1%	第三象限指標 0 個，佔所有指標 0%	第五和第六象限指標 5 個，佔所有指標 6%
	新加坡	第三象限指標 0 個，佔所有指標 0%	第三象限指標 0 個，佔所有指標 0%	第五和第六象限指標 6 個，佔所有指標 7%
	韓國	第三象限指標 5 個，佔所有指標 6%	第三象限指標 0 個，佔所有指標 0%	第五和第六象限指標 17 個，佔所有指標 19%
	墨西哥	第三象限指標 4 個，佔所有指標 5%	第三象限指標 0 個，佔所有指標 0%	第五和第六象限指標 30 個，佔所有指標 34%
劣勢	台灣	第四象限指標 17 個，佔所有指標 20%	第四象限指標 18 個，佔所有指標 21%	第七和第八象限指標 12 個，佔所有指標 14%
	新加坡	第四象限指標 22 個，佔所有指標 25%	第四象限指標 18 個，佔所有指標 21%	第七和第八象限指標 16 個，佔所有指標 18%
	韓國	第四象限指標 25 個，佔所有指標 28%	第四象限指標 17 個，佔所有指標 19%	第七和第八象限指標 14 個，佔所有指標 16%
	墨西哥	第四象限指標 73 個，佔所有指標 83%	第四象限指標 53 個，佔所有指標 60%	第七和第八象限指標 48 個，佔所有指標 54%
國家 評比	台灣 (16th)	台灣在 2011 年基礎建設評比屬於第 16 名，本研究試算出結果顯示仍有 23% 指標與其他評比各國相較屬於劣勢部分，顯示其仍有改善加強部分。		
	新加坡 (10th)	新加坡擁有其他國家相比較多的優勢指標，而其劣勢指標 28 個扣除不列入評比之背景指標只剩下 16 個，顯示其擁有相較其他國家較完善的基礎建設。		
	韓國 (20th)	韓國基礎建設指標部分有 55% 趨近於 1、2 象限，顯示其基礎建設相較其他國家擁有較多優勢。		
	墨西哥 (49th)	墨西哥基礎建設指標部分有接近 55% 是屬於第 8 象限劣勢指標，顯示該國應採取必要措施，盡速改善該部分指標，提升國家競爭力。		

(本研究整理)

4.5 小結

本研究建立領先距離、落後距離和標準值，作為判斷單一國家競爭力狀態之分析模式，可以有效的瞭解國家整體評比指標的完整優劣勢競爭力狀態，提供規劃國家發展策略更多的有效資訊。



第五章 結論與建議

5.1 結論

1.分析 IMD 國家競爭力年報之評估對象、觀念及指標。

本研究藉由 IMD 之基礎建設項目為研究範圍，客觀分析國家單項競爭力之狀態，並以新加坡為基礎建設高排名，韓國為基礎建設中排名和墨西哥基礎建設低排名國家做為比較分析相互驗證結果。

2.建立國家基礎建設競爭力之三維判別矩陣。

本研究利用 Wang, S. H.(2010)之研究流程，增加以標準值距離判別依據，建立三維判別矩陣，且透過模糊分數和標準值，能有效的將基礎建設競爭力指標，區分為絕對優勢、相對優勢、一般觀察、重點觀察、一般改善、重點改善、相對劣勢和絕對劣勢 8 種類型，本研究可提供同一競爭力因素中各項指標完整之優劣勢狀態，且有別於 Wang, S. H. et al. (2010) 在於選擇相同象限指標數目之條件下，透過本研究選擇模型產生之建議指標，其對於國家基礎建設競爭力具更加提昇效果，提供國家發展策略更多的有效資訊。

3.比較各種競爭力劣勢指標選擇方法之效益。

在方法應用方面，許多國際統計報告資料皆為非常態分佈，造成統計方法應用之限制，IMD 僅提供指標之原始數值及排名，使用者很難瞭解非建議指標之優劣勢狀態，容易挑選到與排名不符之指標；Dzeng and Wang (2007)研究並非所有指標資料皆可透過轉換方式成為常態分佈，尤其嚴重離散的資料無法應用分析；Wang, S. H. (2010)建立之分析模式，雖不受資料分佈狀況之限制，但缺乏標準值的判別依據，對於部分指標離散過大時，容易造成挑選優劣勢指標時，挑選到與領先(落後)國家有較低(高)的模糊領先分數，標準值卻屬於偏高(低)的國家，而造成選到並非真正優劣勢的指標。

5.2 建議

目前本研究僅以基礎建設作為分析之依據，未來相關研究可依其研究主題，自行選擇不同之指標作為分析基礎，建立不同之發展策略，往後亦可參照國家發展策略建設項目，是否符合本研究所提出之重點改善項目。

本研究建立之分析模式，不受資料分佈狀況之限制，且增加標準值的判別模式，因此分析模式較具實用性，惟本研究之分析程序較為繁複，且 IMD 每年度採用之基礎建設評估指標眾多，指標分析及篩選過程極為費時，因此未來研究者可考慮根據本研究模

式，建立自動化之關鍵指標選擇系統，縮短分析過程之時間，提供國家競爭力年報之使用者，更有效率的決定國家基礎建設重點發展項目。

以下提出有關本研究之後續建議研究方向：

1. 後續研究亦可從產業結構、文化與企業特性、自然資源、區域地理等，探討各先進國家整體投資策略。
2. 蒐集各先進國家之投資策略歷年資料，以分析更精確之基礎建設投資建議。
3. 可以參考其他主題之競爭力年報，應用本研究模式分析。



參考文獻

中文

1. 王世旭，(2007)，「依國家競爭力觀點選擇國家重點基礎建設項目之研究」，博士論文，國立交通大學土木工程研究所，新竹。
2. 游竣鴻，(2008)，「以 IMD 國家競爭力年報評估台灣基礎建設發展」，碩士論文，國立交通大學土木工程研究所，新竹。
3. 陳宛瑩，(2008)，「台灣之國家競爭力的定位與相關分析-以 IMD 資料為基礎」，碩士論文，國立宜蘭大學應用經濟與管理研究所，宜蘭。
4. 陳慧棻，(2007)，「台灣政府競爭力之國際評比研究：IMD 與 WEF 報告」，碩士論文，國立政治大學公共行政研究所，臺北。
5. 蔡蕙如，(2002)，「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」，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，臺北。
6. 經建會，(1999)，「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，第 3-8 頁。
7. 裴奕琦、王雅楓，(1999)，「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。
8. 經濟研究院，(2010)，「國際競爭力評比指標與運用策略之研究」。
9. 承立平，(2011)，「提升國家競爭力-國際競爭力評比架構之運用」，研考雙月刊，第 35 卷第 2 期。
10. 謝中琮，(2010)，如何提升我國競爭力-由 IMD 及 WEF 國際競爭力指標探討，經建會，經濟研究第 11 期。
11. 王文俊，(2008)，「認識 Fuzzy(第三版)」，全華科技圖書。
12. 楊英魁、孫宗瀛，(1996)，「模糊控制理論與技術」，全華圖書公司。
13. 王進德，(2007)，「類神經網路與模糊控制理論」，全華圖書公司。

英文

1. Al-mutawkkil Adnan , Almas Heshmati, Junseok Hwang (2009). “Development of telecommunication and broadcasting infrastructure indices at the global level ” P.176-199.
2. Clark, R. M. (1989). “Developing a data base on infrastructure needs, Journal of the American Water Works Association” v 81,n 7, Jul, P.81-87.
3. Dixhoom, J. (1984). “Ports and Waterways Infrastructure in the Netherlands, Bulletin of the Permanent International Association of Navigation Congresses” 58(47), 3-8.
4. Dzeng, R. J., Wang, S. H. (2007). “An analysis of Infrastructure Development based on National Competitiveness Perspectives” , Construction Management and Economics, accepted in Sep. 2007. P.47-61.
5. Glrigg, N. S. (1985) “Research Needs for Infrastructure Management, Journal of Urban Planning and Development” 111(1), 49-64.
6. Gomez-Limon J. A. and Atance, I. (2004) “Identification of public objectives related to agricultural sector support, Journal of Policy Modeling” 26, 1045-1071.
7. Han-Lin Li and Yu-Chien Ko (2009) “Inducing dynamic rules of Nations’ competitiveness from 2001-2005 MCI-WCY” , International Journal of Information Technology & Decision Making Vol. 8, No. 3 P.549-580.
8. IMD (2004) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
9. IMD (2005) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
10. IMD (2006) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
11. IMD (2007) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
12. IMD (2008) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
13. IMD (2009) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
14. IMD (2010) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.

15. IMD (2011) The World Competitiveness Report, Institute for Management Development, Lausanne, Switzerland.
16. Jim Wu, Y. C. and Lin, C. W. (2008) "National port competitiveness: implications for India" , P.1482-1507.
17. Mandele, M., Walker, W. and Bexelius, S. (2006) "Policy Development for Infrastructure Networks: Concepts and Ideas, Journal of Infrastructure Systems, June" P.69-76.
18. Oner, M. A. and Saritas, O. (2005) "A systems approach to policy analysis and development planning: Construction sector in the Turkish 5-year development plans" , Technological Forecasting & Social Change, 72, P.886-911.
19. Otto, G. D. and Voss, G. M. (1996) "Public capital and Private Production in Australia" , Southern Economic Journal, 62, P.723-738.
20. Quezada, L. E. et. al (2009) "Method for identifying strategic objectives in strategy maps" Int. J. Production Economics 122, P.492-500.
21. Rattso, J. (1999) "Aggregate local public sector investment and shocks: Norway 1946-1990" , Applied Economics, 31, P.577-584.
22. Robin Ganser (2008) "Monitoring brownfield housing development: strengths and weaknesses of indicator based monitoring in the English planning system" Vol. 51, No. 2, P.201-220.
23. Roessner, D., Porter A. L., Newman, N. and Jin, X. Y. (2002) "A comparison of recent assessments of the high-tech competitiveness of nations" , International Journal of Technology Management, v 23, n 6, P.536-557.
24. Short, J. and Kopp, A. (2005) "Transport infrastructure: Investment and planning. Policy and research aspects, Transport Policy" vol 12, 360-367.
25. Stelios, H. Z. and Irma, B. F. (2005) "Competitiveness of nations: A knowledge discovery examination" P.185-211.
26. Vantanen, A. and Marttunen, M. (2005) "Public involvement in multi-objective water level regulation development projects-evaluating the applicability of public involvement methods, Environmental Impact Assessment Review" , 25, 281-304.
27. Wang, L. (1994) "Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and Stability

- Analysis. ” Prentice-Hall. P.65-69.
28. Wang, S. H. et. al (2010) “A Study of Fuzzy Evaluations Applied in Infrastructure Development Strategy” P.761-789.
29. William, T. and Donald, U. (1987) “Infrastructure Needs Analysis Limits Reactive Management, American City & County” , v 102, n 5, May, P.38-39.
30. Yong, H. K. and Hyun, H. K. (2008) “Development and Validation of Evaluation Indicators for a Consortium of Institutional Repositories: A case Study of dCollection” , P.1282-1294.
31. Yuan, J. F., Zeng, A. Y., Skibniewski, M. J. and Li, Qiming (2009) “Selection of performance objectives and key performance indicators in public-private partnership projects to achieve value for money” P.253-270.
32. Zanakis, S. H. and Irma, B. F. (2005) “Competitiveness of nations: A knowledge discovery examination” , European Journal of Operational Research, 166, 1, P.185-211.



網頁

1. 瑞士洛桑管理學院

<http://www.imd.org/>

2. 世界經濟論壇

<http://www.weforum.org/>

3. 聯合國貿易和發展會議

<http://unctad.org/en/Pages/Home.aspx>

4. 世界經濟展望

<http://www.eiu.com/Default.aspx>

