

國立交通大學

資訊管理研究所

碩士論文

國家競爭力之排序與分群



Ranking and Grouping of World Competitiveness

研究生：劉之怡

指導教授：黎漢林 教授

中華民國九十三年六月

國家競爭力之排序與分群

Ranking and Grouping of World Competitiveness

研究生：劉之怡

Student : Chih-Yi Liu

指導教授：黎漢林 博士

Advisor : Dr. Han-Lin Li

國立交通大學



A Thesis

Submitted to Institute of Information Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Information Management

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月


國家競爭力之排序與分群

學生：劉之怡

指導教授：黎漢林 博士

國立交通大學資訊管理研究所碩士班

摘要



本研究主要提出了一新的國家競爭力評估模式，本模式改善了瑞士洛桑管理學院〔IMD〕評估國家競爭力中各項競爭力指標之權重值皆為相等的缺點，並將國家競爭力的排序與分群狀況以一 3-D 球的形式來呈現。本研究亦提出了一疊代式的排序與分群輔助模式，此模式的目的是在於協助決策者給定國家之間排序與分群的偏好關係，決策者可依照本研究所產生的國家競爭力資訊來決定是否給予偏好，本研究可將決策者的偏好關係加入本研究模式中，以重新計算國家排名與分群結果，並以此疊代式的方式直到決策者滿意結果為止。

關鍵字：國家競爭力，排序，分群，偏好

Ranking and Grouping of World Competitiveness

Student: Chih-Yi Liu

Advisor: Han-Lin Li

**Institute of Information Management
National Chiao Tung University**



ABSTRACT

This paper purposes a new evaluation model of world competitiveness. The model has improved the flaw of IMD having the equal weightings. It also uses 3-D Ball as a tool to show the rankings and groupings of world competitiveness. This study also proposed an iterative ranking and grouping supporting method. Based on information given from the evaluation model, the purpose of supporting method is to help decision maker specify preferences, which will be used in the ranking and grouping processes. The evaluation model will take preferences as constraints and produce the new ranking and grouping results for countries.

Key word: World Competitiveness, Ranking, Grouping, Preference

誌謝

交大資管所是個大家庭，碩班生活讓自己在歡笑與挫折中不斷地成長，最重要的是，它給了我人生中滿滿的兩年回憶。

論文的完成，最感謝的是指導老師—黎漢林教授，在黎老師身上我學到了一個學者應有的風範與作學問的態度，對於老師給予自己的關愛更是滿懷感激與謝意。

在研究上遇到挫折時，麗菁學姊總是我第一個求救的窗口，真的很謝謝學姊給了我研究路途上的無數曙光。昶瑞、宇謙、俊慶等所有的學長姐們，感謝你們讓實驗室充滿了溫馨之意。謝謝 Tony 和 Kit 這兩年的陪伴，你們永遠是我最佳的好夥伴。還有彤昀與建治學弟妹，謝謝你們讓我在碩二的生活有了更多的歡笑。

感謝雅琪、斯賓、怡瑾、Rita、小竺、嘉楹、秀郁等學長姐在生活上的照顧。還有感謝所辦淑惠、欣欣及琪媛在大大小小事情上的幫忙。而所上的同學更是豐富了自己碩班的生活，尤其是秉中、潔恩、錦慧、思慧、春鋒、昆學、佩真、哲霖、岳軒、吉宇、如茵等，大家一起聊天玩樂是最愉快的事情了，謝謝你們。

我要感謝世瓴，有了你的陪伴，讓我在交大的兩千多個日子裡，從未覺得孤單，希望在往後的日子裡，我們仍能不斷地一起成長，幸福快樂每一天。還有謝謝彥希，妳是我最要好的死黨了。

「家」永遠是我的避風港，我要感謝我最親愛的爸爸、媽媽和妹妹，你們的支持是我前進的最大原動力，還有感謝外婆、二舅、二舅媽和三舅們的關心與鼓勵。

最後，僅以這篇論文獻給所有我感謝的人們，還有我愛的交大。

之怡

2004 年 7 月于新竹交大

目錄

第一章、緒論	1
1.1 研究動機與背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 論文架構	3
第二章、文獻探討	4
2.1 國家競爭力理論	6
2.2 國家競爭力指標	9
2.3 IMD國家競爭力評估方法	12
第三章、國家競爭力之排序與分群模式	20
3.1 前置排序模式	20
3.2 優先順位排序模式	31
3.3 3-D排序球模式	40
3.4 分群模式	51
第四章、疊代式排序與分群輔助模式	58
4.1 輔助模式的概念與架構	58
4.2 排序輔助模式	60
4.3 分群輔助模式	70
第五章 結論與未來展望	74
5.1 主要研究成果	74
5.2 未來課題	75

表目錄

《表 2.1》 2002 年 IMD 國家競爭力主因素得分表排名	14
《表 3.1》 實際資料表	21
《表 3.2》 亞太地區國家競爭力之實際資料表	21
《表 3.3》 A_i 與 A_j 間的絕對關係表示	22
《表 3.1》 競賽矩陣	22
《表 3.5》 2002 年亞太地區國家競爭力之競賽矩陣	23
《表 3.6》 2002 年亞太地區國家：未簡化之子孫表	25
《表 3.7》 2002 年亞太地區國家：簡化後之子孫表	27
《表 3.8》 亞太地區國家競爭力之絕對關係	29
《表 3.9》 資料表〔例 3.1〕	32
《表 3.10》 優先排序模式：輸入變數	33
《表 3.11》 優先排序模式：決策變數	33
《表 3.12》 優先順位排序模式：評估準則之權重值	37
《表 3.13》 優先順位排序模式：國家之排名、得分與排名圖	37
《表 3.14》 優先順位排序模式：國家間兩兩比較的結果值〔 T_{ij} 〕	38
《表 3.15》 3-D排序球：輸入變數	41
《表 3.16》 3-D排序球：決策變數	41
《表 3.17》 3-D排序球模式：基準點的評估準則值與得分	48
《表 3.18》 3-D排序球模式：亞太地區國家間的非相似性	48
《表 3.19》 3-D排序球模式：亞太地區國家的相對座標值	49
《表 3.20》 不同群數的變數設定表	52
《表 3.21》 分群模式：群組中心點座標	56
《表 3.22》 分群模式：亞太地區國家分群結果	57
《表 4.1》 排序輔助模式：Level 1 國家彼此間的絕對關係	62
《表 4.2》 排序輔助模式：Level 2 國家彼此間的絕對關係	62
《表 4.3》 排序輔助模式：Level 3 國家彼此間的絕對關係	62
《表 4.4》 排序輔助模式：決策者對Level 1 國家所給予的偏好關係	63
《表 4.5》 排序輔助模式：決策者對Level 2 國家所給予的偏好關係	64
《表 4.6》 排序輔助模式：決策者對Level 3 國家所給予的偏好關係	64
《表 4.7》 2002 年亞太地區國家競爭力之競賽矩陣〔加入偏好關係〕	65
《表 4.8》 優先順位排序模式：評估準則之權重值〔加入偏好關係〕	67

《表 4.9》優先順位排序模式：國家之排名、得分與排名圖〔加入偏好關係〕 67
《表 4.10》3-D排序球模式：亞太地區國家的相對座標值〔加入偏好關係〕 ...68
《表 4.11》亞太地區國家分群結果〔加入偏好關係〕72
《表 4.12》排序與分群球模式：評估準則之權重值〔加入偏好關係〕72



圖目錄

《圖 2.1》完整的鑽石體系	7
《圖 2.2》 WEF 國家競爭力指標	10
《圖 2.3》 IMD 競爭力指標	11
《圖 2.4》 IMD排名計算流程圖	13
《圖 3.1》 簡化關係之示意圖	20
《圖 3.2》 競賽矩陣產生流程	23
《圖 3.3》 2002 年亞太國家競爭力比較圖	28
《圖 3.4》 流程圖—前置排序模式.....	30
《圖 3.5》 優先排序模式之實作架構圖	36
《圖 3.6》 A、B、C三點 呈現於二維空間.....	40
《圖 3.7》 A、B、C三點 呈現於球空間.....	40
《圖 3.8》 3-D排序球模式之實作架構圖	47
《圖 3.9》 3-D排序球模式：亞太地區國家為例.....	50
《圖 3.10》 分群構想圖	51
《圖 3.11》 分群模式之實作架構圖.....	56
《圖 4.1》「疊代式排序與分群輔助模式」之整體架構	59
《圖 4.2》 2002 年亞太國家競爭力比較圖〔加入偏好關係〕	66
《圖 4.3》 3-D排序球模式：亞太地區國家為例〔加入偏好關係〕	69
《圖 4.4》 亞太地區國家排序與分群球：偏好給定的示意圖	70
《圖 4.5》 亞太國家競爭力之排序與分群球〔加入偏好關係〕	73

第一章、緒論

1.1 研究動機與背景

國家競爭力的評估一直以來都是世界各國所注目的，其中「世界競爭力年報」〔The World Competitiveness Yearbook〕與「全球競爭力報告」〔The Global Competitiveness Report〕為現今最具代表性的全球競爭力排名報告【1】。前者為瑞士洛桑國際管理學院〔International Institute for Management Development，IMD〕所出版；後者則是世界經濟論壇〔World Economic Forum，WEF〕所出版，兩機構分別位於瑞士洛桑與日內瓦。但是，以上二大評比機構的國家競爭力排名結果卻不盡相同，且部分評比結果與一般人的直覺也有所落差，這牽涉到對「國家競爭力」定義、衡量項目與衡量方法不同所造成的結果【2】。

而國家競爭力此課題在學術界也是學者們所重視的，然而截至今日仍缺乏共通的定義與評估方式。以 IMD 所出版的世界競爭力年報來說，其所作的排名在世界各國已有相當程度的接受性，但是此份報告的合理性與正確度仍有不少的爭議。因此，本研究針對 IMD 所出版的世界競爭力年報歸納出以下幾點缺失：


- (1). 各項競爭力指標的權重設定為相同。
- (2). 所有評估國家依照人口數的多寡分成兩群來分析。
- (3). 只有排名分析，並無提供國家間群聚性的相關資料
- (4). 指標數目眾多，不一定具有參考與實用價值。

1.2 研究目的

鑑於以上的缺失，本研究的主要目的是設計一新的國家競爭力評估模式，稱為「國家競爭力之排序與分群決策球模式」，其主要目的是改善 IMD 給予各個評估準則相同權重值的缺失，且讓決策者可以選擇分群數來將國家加以分群，最後並將國家之間的關係，以 3-D 球面的方式來呈現，使得決策者能夠更加清楚地看出國家間的排序與分群關係，以輔助其作決策。

另外，本研究亦發展了一支援模式，其主要的目的在於輔助決策者給定國家排序的偏好關係，並以圖像化的方式來提供決策者給予排序偏好關係時的輔助資訊。

統整以上的概念，我們將本研究所建立的模式歸納出以下幾點特色：

- 
- (1). 各個國家的評估準則之權重值由排序模式所產生，而非主觀設定為相等值。
 - (2). 利用國家間相似性的計算來提供彼此相互群聚的關係。
 - (3). 決策者可決定分群的組數，而非硬性地將國家分成兩群。
 - (4). 以 3-D 圖像化的方式，將國家間排序與分群的現象以一 3-D 球的模式呈現，而非只有數據式的資料。
 - (5). 決策者可以加入自我對於國家排序與分群的偏好關係，因此而提升了模式的彈性。

1.3 論文架構

本論文總共分成五大部分，我們將各章節的主題與內容簡述如下：

第一章：緒論

主要針對本研究的動機、背景與目的加以敘述，並概述本論文之架構。

第二章：文獻探討

主要整理國家競爭力理論、指標與評估方法的相關文獻，並對於其他評估方法加以介紹。

第三章：國家競爭力之排序與分群模式

本章主要目的在於發展一新的國家競爭力評估模式，模式的貢獻主要改善了 IMD 在世界競爭力年報中評估之缺點，並以一 3-D 圖像化的方式來呈現國家競爭力排序與分群的狀況。

第四章：疊代式排序與分群模式

本章設計了一疊代式的排序與分群輔助模式，藉由本研究第三章所產生的國家競爭力資訊，來輔助決策者給定自我的偏好關係。

第五章：結論與未來展望

歸納出本研究的主要成果，並給予未來研究課題的方向。

第二章、文獻探討

對於競爭力的定義可謂眾說紛紜，本研究歸納如下：

1. 「美國產業競爭力委員會」將競爭力定義為：「一個國家在自由與公平的市場下，可以生產符合國際市場之要求的產品或勞務，並能同時提升該國民實質所得的能力。」【3】。
2. 台灣施振榮先生認為競爭力與價值成正比，與成本成反比，以數學公式來表達就是：「競爭力=F（價值/成本）。」【4】
3. 美國管理知名學者波特〔M.E. Porter〕則認為在國家層面上，「競爭力」唯一的意義就是國家生產力。【5】

在全世界中，各個國家為了維持並增加其生活水準而相互競爭，然而多方面的想法導致了國家競爭力的衡量與定義的差異性。世界競爭力的資訊提供了一參照標準，讓國家來評估如何管理其未來的經濟。針對國家競爭力的內容與定義，本研究歸納出常見之定義：

1. 世界經濟論壇〔World Economic Forum，WEF〕所提出之定義為：「一個國家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〕」。這項定義所強調的是追求國家穩定而持續的經濟成長率，也就是說政府必須規劃一永續經營的政經方略，企業亦應該表現出優異的經營方針，如此相輔相成以達成以上，才能說有國家競爭力。【6】
2. 瑞士洛桑國際管理學院〔International Institute for Management Development，IMD〕對國家競爭力則有兩種定義：(1)學術定義方面，其認為「國家競爭力是經濟知識的領域，藉由分析各種事實與政策來塑

造出國家的能力，並以此來維持一個環境來支援企業創造更多的附加價值與增進全體國民財富的實力。」(2)商業定義方面，認為國家競爭力為「國家如何創造與維持一個環境來支援企業的競爭力」。(IMD，2003)前者定義較為廣泛，但是某些部分較難了解，後者定義雖較不完整，但卻比較能被接受的，以一國所推行的政策如何塑造出符合企業成長的環境為主要概念。【7】

3. 美國哈佛教授波特在「國家競爭優勢」一書中，強調了國家競爭力的高低，會決定於國內企業經營環境的好壞。他將國家競爭力定義為：「國家為其產業創造良好的成長環境，進而使該國的企業具備了競爭優勢，產業也擁有了國際競爭力之能力。」【5】

而本研究將國家競爭力定義為：

「一個國家以其最優的排名順位與他國比較時所表現出的最優實力。」



2.1 國家競爭力理論

《波特鑽石理論》

波特認為，國家是企業最基本的競爭優勢，因為它能創造並持續企業的競爭條件。國家不但影響企業所作的策略，也是創造並延續生產與技術發展的核心。所以，其提出了一套鑽石理論來分析與衡量一國的競爭力，此模型指出國家優勢的關鍵要素為生產因素、需求條件、相關與支援產業以及企業策略、企業結構和同業競爭。我們將上述因素一一解釋：

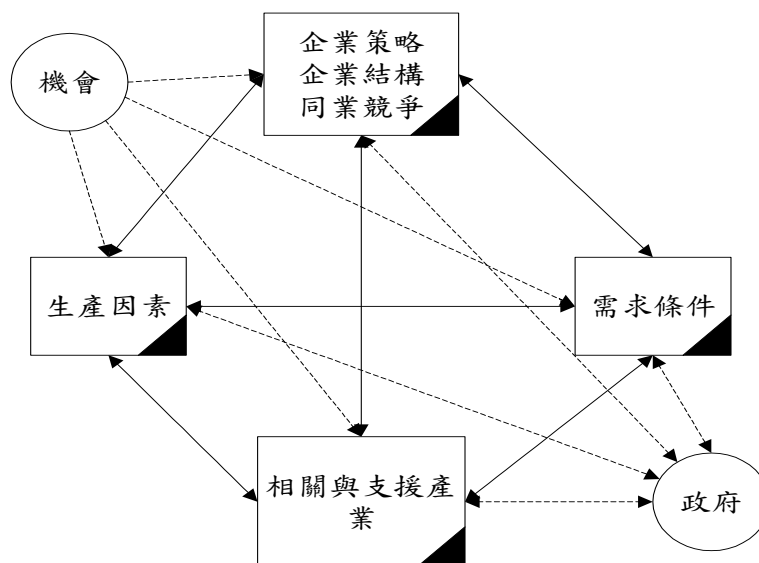
生產因素：一國在特定產業的競爭中有關生產方面的表現。

需求條件：本國市場對該項產業所提供之產品與服務的需求為何。

相關與支援產業的表現：指此產業的相關產業是否具有國際競爭力。

企業策略、企業結構和同業競爭：指企業在一國的基礎、組織和管理型態，以及國內市場競爭對手的表現。

另外，在國家環境與企業競爭力的關係上，還有「機會」和「政府」這兩個變數，「機會」通常非企業甚至政府所能控制，所以機會條件在許多產業競爭優勢上的影響性是不容忽視的。而「政府」是構成整個競爭力模式的最後一部分，也是提昇國際競爭力的熱門話題。因此，整個完整的鑽石體系，我們以《圖 2.1》來表示。【5】



《圖 2.1》完整的鑽石體系

資料來源：波特·國家競爭優勢

《世界競爭力年報〔The World Competitiveness Yearbook, WCY〕理論》

在 IMD 對國家競爭力的定義中，認為國家必須維持一個環境來支援企業創造競爭力，而其歸納出影響此一環境的四項基本要素，也就是塑造國家競爭力環境的四個構面。此項理論主要目的並不是要量化國家的競爭力，反而是想要突顯出各國競爭力的輪廓，並以此來描繪國家的經濟結構並預期其行為表現。

四個主要因素分別為：

- (1). 內引性〔Attractiveness〕與外張性〔Aggressiveness〕
- (2). 地區性〔Proximity〕及全球性〔Globality〕
- (3). 資產物〔Assets〕與過程〔Processes〕
- (4). 個人冒險性〔Individual Risk Taking〕及社會凝聚力〔Social Cohesiveness〕。

其中，內引性與外張性是指國家管理其國際商業關係的不同方式。內引性則是指國家的政經環境有利於國內外投資與生產，典型國家如愛爾蘭、新加坡。外

張性是指國家應用於國際經濟市場環境的因素，例如海外直接投資及出口貿易策略等，典型的國家如德國、日本與韓國。

地區性與全球性是代表產業對跨國發展的策略面向與定位。地區性的經濟體制包含了傳統的活動，如：同業公會、社會與個人的服務、支援顧客等等，其所提供的加值價值較靠近終端使用者，但通常屬於貿易保護主義者且昂貴的。全球性的經濟體制則是指公司在國際間的營運所組成的，其假設生產不需要接近終端使用者，而利益來自於比較市場優勢是否遍及全球來決定，通常屬於競爭性的且短期效應。平均來說，東歐國家三分之二的國內生產毛額由地區性的經濟體制所產生，另外三分之一則是靠全球性的經濟體制。小型國家通常較依靠全球性體制，大型國家，如美國，雖然有逐漸增加全球化經濟體制的趨勢，但大部分仍舊依賴其龐大的國內市場。

資產物指的是國家創造國民財富之資源，簡單來說就是國家所擁有的，如：土地、人民、自然資源等。而過程是指國家如何運用資源，來創造財富的規範機制。擁有豐富的資產物並不代表其國家較有競爭性，如：巴西、印度和俄羅斯。其他像新加坡、日本、瑞士等等，雖然資源貧乏，但是實質上依賴過程的轉變，而這些國家的競爭力卻比前者高出許多。

個人冒險性及社會凝聚力分屬於英美模式〔Anglo-Saxon Model〕和歐洲大陸模式〔Continental European〕，前者著重在風險考量、解制、民營化與個人的責任，以極簡抽象的方法來描述福利制度；後者則著重在社會輿論，以較平等的方式來考量責任以及有較廣泛的福利制度。目前，英美模式是較盛行的，歐洲大陸模式逐漸趨向解除管制與民營化。

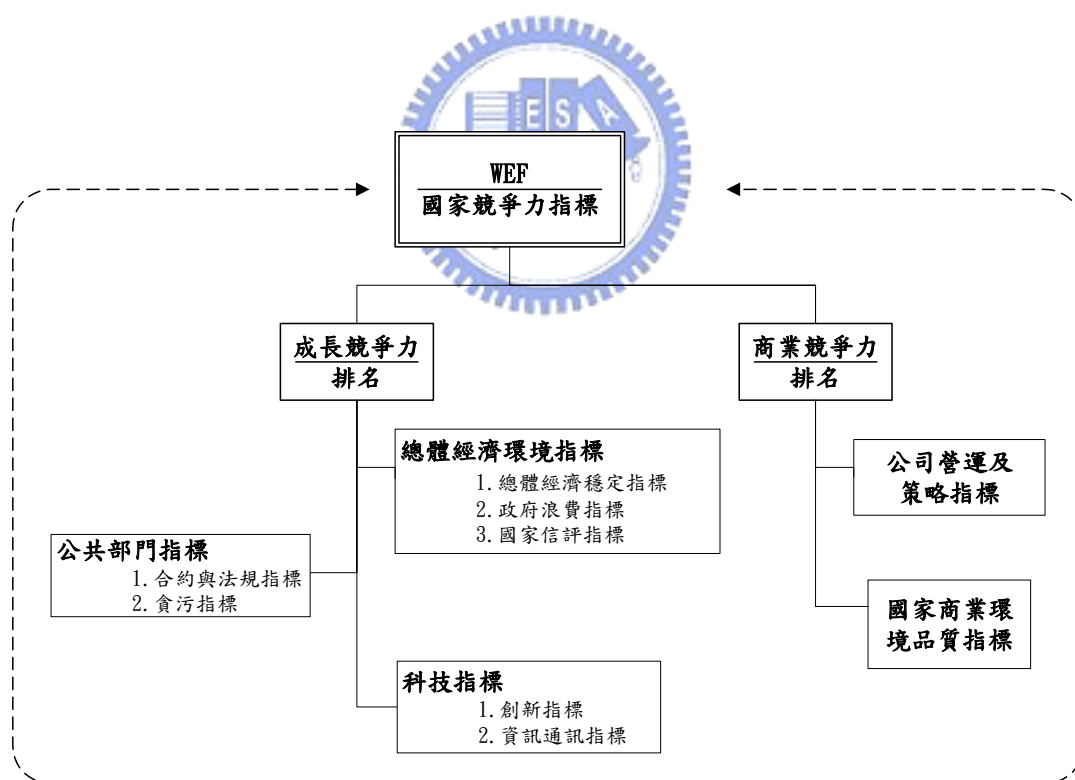
總結以上，國家必須將此四項要素給予政策定位，並將其應用於整體社會的經濟發展中，並整合與經營上述因素來創造附加價值，進而增加國家財富與競爭力。【7】

2.2 國家競爭力指標

「世界競爭力年報」〔The World Competitiveness Yearbook〕與「全球競爭力報告」〔The Global Competitiveness Report〕為現今最具代表性的全球競爭力排名報告。前者為瑞士洛桑國際管理學院〔International Institute for Management Development, IMD〕所出版；後者則是世界經濟論壇〔World Economic Forum, WEF〕所出版，兩機構分別位於瑞士洛桑與日內瓦。但是，以上二大評比機構的國家競爭力排名結果卻不盡相同，且部分評比結果與一般人的直覺也有所落差，牽涉到對「國家競爭力」定義、衡量項目與衡量方法不同所造成的結果。以下將針對兩大機構的競爭力指標做整理。



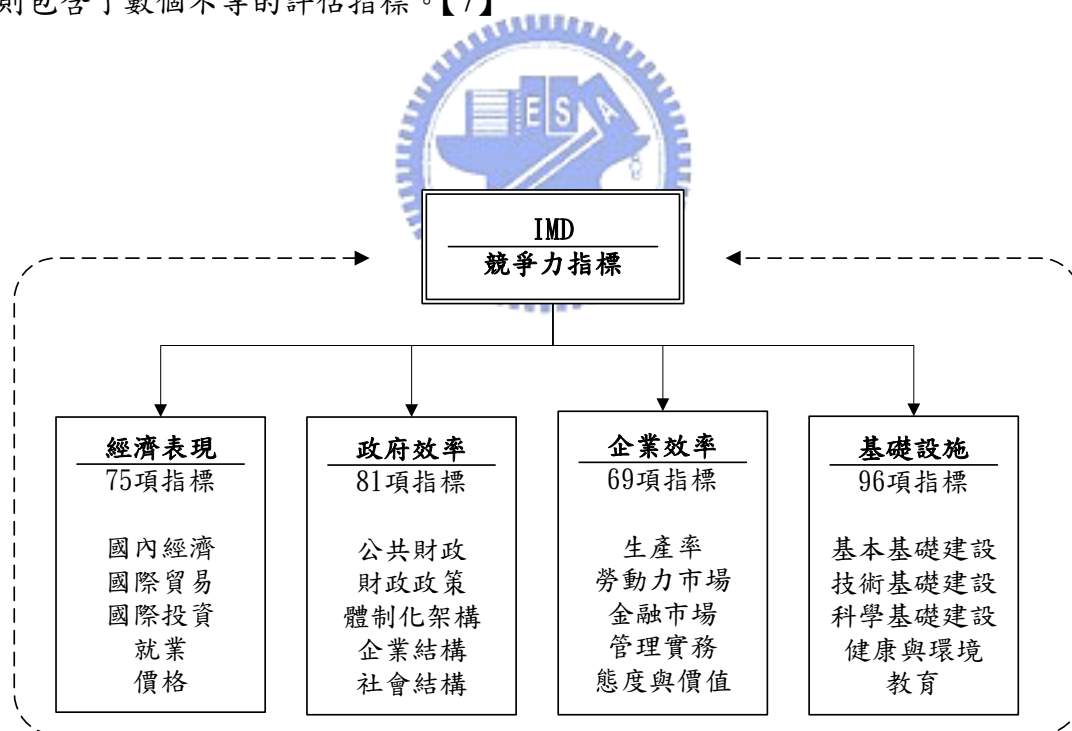
在 WEF 方面，根據 2002 年報的資料，WEF 將競爭力排名分為「成長競爭力排名」〔Growth Competitiveness Index〕和「商業競爭力排名」〔Business Competitiveness Index〕兩類，分別對於 102 個國家與 95 個國家做排序。前者—「成長競爭力」，是指一個國家在未來五年經濟成長的潛力，所引用的資料分屬於數據資料〔Hard Data〕與問卷資料〔Survey Data〕，數據資料是以當年度 7 到 8 月間能拿到的最新資料為基準，而問卷資料則以全球菁英為問卷對象，於當年度上半年完成調查，因此問卷資料充分展現當年度 7 至 8 月為止，全球菁英對於各國未來國家競爭力的看法。後者—「商業競爭力排名」，是用來解讀一個國家當前生產力和經濟之表現，WEF 是針對國際菁英來進行問卷調查來判斷當前國家競爭力，藉此來彰顯國際菁英對於各國當年度競爭力的看法。【1】



《圖 2.2》 WEF 國家競爭力指標

資料來源：<http://www.weforum.org>

在 IMD 方面，根據 IMD 2003 年年報中指出，其總評估指標超過 300 個，分別來自於數據資料〔Hard Data〕與問卷資料〔Survey Data〕。數據資料來源為國際性組織所提供之統計指標及各經濟體官方出版刊物之統計指標為主，問卷資料則是對各國企業主管進行評價本國企業競爭力的問卷調查結果。IMD 將所有指標歸納為四大方向，分別為經濟表現〔Economic Performance〕、政府效率〔Government Efficiency〕、企業效率〔Business Efficiency〕及基礎設施〔Infrastructure〕四大主因素，經濟表現指得是對國內總體經濟的評估；政府效率是指政府政策有利於競爭力的程度；企業效率則是企業經營表現在創新、營利、責任方式的程度；而基礎設施是表示基礎建設、技術、科學及人力資源在企業中被需求的程度。各個主因素下有 5 個子因素〔見《圖 2.3》〕，每個子因素則包含了數個不等的評估指標。【7】



《圖 2.3》IMD 競爭力指標

資料來源：IMD(2003)

2.3 IMD 國家競爭力評估方法

根據 IMD 2003 年所出版的報告中，其競爭力的指標總共包括了 321 項，其中只有 243 項是被用來計算整體的排名，其餘的 78 項指標則只當成背景資料來作參考。在 243 項指標中，有 127 項屬於數據資料〔Hard Data〕，來源為國際性組織所提供之統計指標為主，剩下的 116 項指標則是問卷資料〔Survey Data〕，是對各國企業主管進行問卷調查所得的結果。

IMD 針對每一個細項指標下各個國家的原始評比值以標準差法〔Standard Deviation Method, STD〕來作標準化的動作。首先先求每項指標的標準差〔Standard Deviation Values〕，標準差值依下列公式計算而得：

$$\text{標準差值} = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

其中 x 表示該國在某細項指標下的原始評比值， \bar{x} 為該細項指標評比值的算術平均數， S 為統計上的標準差。

S 之計算公式如下：

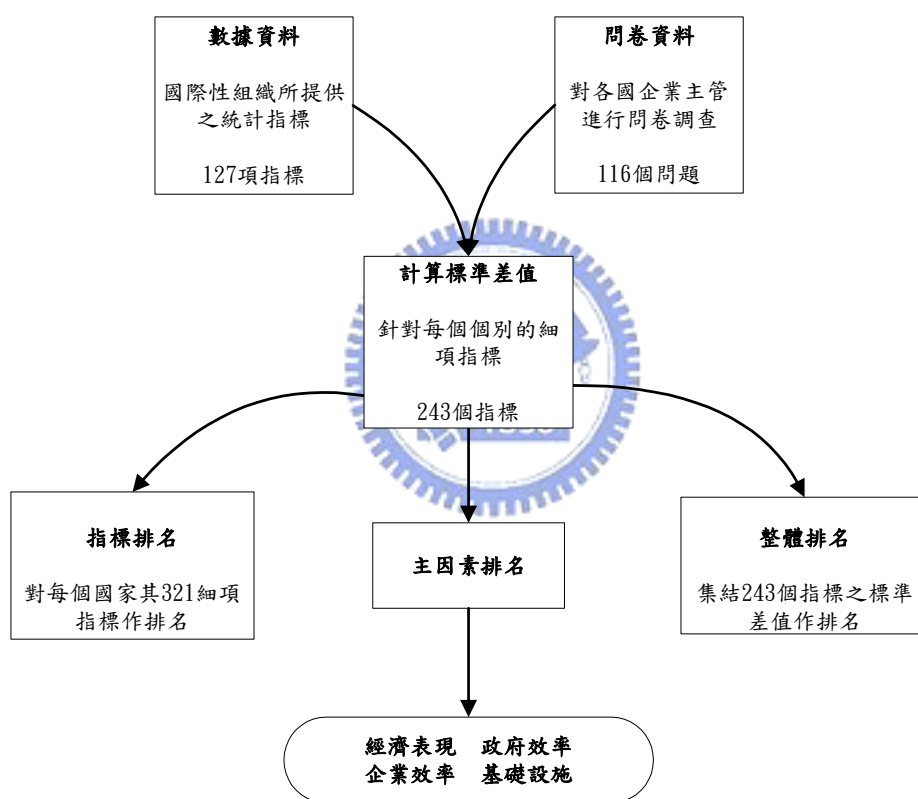
$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

N ：為接受評比的國家數

在求出每項指標的標準差值後，IMD 再將每一國家每一細項的標準差值加權，然後按照加權後標準差值的大小，就可得出國家的排比。【8】

根據 IMD 的研究報告中指出，其權數的決定是將所有數據資料與問卷資料的加權數皆設定為相等值來計算。

我們以《圖 2.4》來簡述 IMD 計算排名的流程。【7】



《圖 2.4》IMD 排名計算流程圖

資料來源：IMD(2003)

《表 2.1》列出 2002 年 IMD 年報中，所有評估國家的主因素得分表與排名。

《表 2.1》 2002 年 IMD 國家競爭力主因素得分表排名

代號	國家	排名	經濟表現	政府效能	企業效率	基礎設施
1	阿根廷	49	28.165	20.149	24.209	39.399
2	澳洲	14	56.899	79.008	70.424	76.182
3	奧地利	13	63.288	70.821	73.43	77.782
4	比利時	18	80.923	52.984	64.053	64.965
5	巴西	35	52.087	44.181	50.424	43.444
6	加拿大	8	64.884	75.51	79.177	80.585
7	智利	20	53.63	71.606	74.692	50.293
8	中國大陸	31	82.497	50.394	37.542	46.353
9	哥倫比亞	44	36.914	40.566	37.964	39.278
10	捷克	29	60.43	54.479	51.429	53.345
11	丹麥	6	69.489	79.751	79.161	78.031
12	愛沙尼亞	21	58.949	69.273	60.736	57.738
13	芬蘭	2	60.534	87.094	83.182	86.747
14	法國	22	77.453	47.371	56.075	64.519
15	德國	15	81.255	56.856	63.082	77.166
16	希臘	36	44.882	42.215	50.726	48.083
17	香港	9	79.92	82.03	72.91	65.934
18	匈牙利	28	58.577	59.819	55.158	49.914
19	冰島	12	40.684	75.486	81.082	81.077
20	印度	42	60.296	37.485	41.082	30.412
21	印尼	47	43.772	32.839	20.275	22.92
22	愛爾蘭	10	74.593	60.345	77.14	60.004
23	以色列	25	37.974	43.925	68.088	62.831
24	義大利	32	59.305	49.569	53.081	50.152
25	日本	30	56.103	57.927	44.662	66.144
26	韓國	27	57.657	79.797	55.662	52.308
27	盧森堡	3	95.691	65.989	78.2	73.231
28	馬來西亞	26	57.542	46.548	56.315	53.941
29	墨西哥	41	44.456	72.585	41.586	35.21
30	荷蘭	4	76.604	69.478	87.595	78.004

31	紐西蘭	19	57.311	66.284	62.873	67.287
32	挪威	17	55.559	45.594	65.116	73.141
33	菲律賓	40	52.817	26.018	37.283	35.438
34	波蘭	45	41.931	46.445	30.938	30.12
35	葡萄牙	33	56.878	81.309	43.981	51.434
36	俄羅斯	43	47.706	39.491	36.801	37.029
37	新加坡	5	63.458	90.619	74.26	80.43
38	斯洛伐克	37	47.268	45.861	43.912	46.424
39	斯洛維尼亞	38	52.117	38.352	48.105	44.301
40	南非	39	35.364	45.684	52.897	38.485
41	西班牙	23	64.973	62.863	59.614	53.964
42	瑞典	11	61.994	71.253	74.382	82.654
43	瑞士	7	70.157	80.941	72.479	81.025
44	台灣	24	43.831	60.897	65.402	64.072
45	泰國	34	53.35	55.385	42.394	42.301
46	土耳其	46	0	29.187	38.926	40.906
47	英國	16	80.689	60.588	66.271	62.843
48	美國	1	100	82.389	98.899	98.656
49	委內瑞拉	48	29.41	25.029	26.594	33.761

資料來源：IMD(2002)

2.4 資料包絡分析法

效率評估的根本在於推估出「生產函數」，經由實際產出值與生產函數所顯示的理論產出的比值，即可得到一效率值。在建構生產函數的過程中，因為所有的資料皆被包絡〔envelop〕於生產函數之下，學者因而將此分析方法稱為資料包絡分析法〔Data Envelopment Analysis〕，簡稱 DEA。

資料包絡分析法起源於 1978 年由 Charnes, Cooper 與 Rhodes 所提出的 CCR 模式，其與 1984 年 Banker, Charnes 與 Cooper 所提出的 BBC 模式被公認為 DEA 領域中最具影響力的。CCR 模式是以分數線性規畫〔Fractional Linear Programming〕來衡量組織的相對效率，其定義一得分函數 E 如下〔式子

〔2.1〕〕。【9】

◆ DEA-CCR 模式之得分函數〔相對效率值〕


$$E = \frac{\sum_{r=1}^s u_r * Y_r}{\sum_{i=1}^m v_i * X_i} \quad [2.1]$$

其中， X_i 為該決策單位〔Decision Making Unit, DMU〕第 i 項投入值、 Y_i 為該 DMU 第 i 項產出值， u_r 、 v_i 分別代表第 r 個產出項與第 i 個投入項的權重值， s 、 m 則分別為產出項與投入項的個數。

假設有 n 項 DMU，每個 DMU _{j} 〔 $j=1, \dots, n$ 〕有 m 項投入量與 s 項產出量，其第 i

項投入量為 X_{ij} [$i=1, \dots, m$] ，第 r 項產出量為 Y_{rj} [$r=1, \dots, s$] ，我們可以將CCR 模式由下列式子來表示。

◆ DEA-CCR 比率型模式

《目標式》

$$Max \quad E_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r * Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i * X_{ik}} \quad [2.2]$$

《限制式》



$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r * Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i * X_{ij}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n \quad [2.3]$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m$$

《變數定義》

E_k : 第 K 個 DMU 之相對效率值

X_{ij} : 第 j 個 DMU 之第 i 項投入值

Y_{rj} : 第 j 個 DMU 之第 r 項產出值

v_i : 第 i 個投入項的權重值

u_r : 第 r 個產出項的權重值

ε : 極為正數

上述的 CCR 模式為一比率的形式，由產出的加權組合來除以投入的加權組合，其中權重 u_r 、 v_i 是由模式來決定。此模式將產出與投入的比值限制在 1 以內，來滿足效率的定義。另外，當計算目標單位 k 時，未知的權重 u_r 、 v_i 會被選定為特定的數值，以滿足目標值 E_k 為最大。

由於上述模式的目標函數〔式子〔2.2〕〕為分數規劃的形式，除了非線性模式不容易運算之外，亦會造成無窮解的可能。所以在 1962 年，Charnes 和 Cooper 提出了固定分母之值的方法，將目標函式轉換成線性規劃〔Linear Programming〕的模式，也就是把分母設定為 1，形成投入導向〔input-based〕的原問題模式。

◆ DEA-CCR 原問題模式

《目標式》

$$\text{Max } h_k = \sum_{r=1}^s u_r * Y_{rk} \quad [2.4]$$

《限制式》

$$\sum_{i=1}^m v_i * X_{ik} = 1 \quad [2.5]$$

$$\sum_{r=1}^s u_r * Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i * X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n \quad [2.6]$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m$$

以上原問題模式，最主要的精神是將比率模式的目標函式轉換成線性模式，但是兩模式的所解出的目標函數值仍會相同，差別只在於所求得變數〔權重〕解有所不同而已。【9】

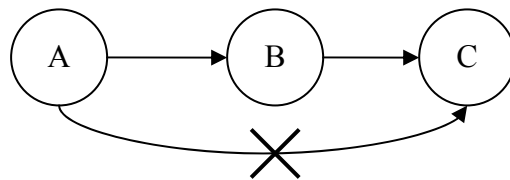


第三章、國家競爭力之排序與分群模式

3.1 前置排序模式

一、模式的概念

本章主要的目的是利用評估目標間所存在的絕對關係，來對評估目標作前置的排序。我們主要針對評估目標的實際資料作資訊的萃取，利用成對比較〔pair-wise〕的方式，找出評估目標間的絕對關係，以建立評估目標間的競賽矩陣〔Tournament Matrix, TM〕，並透過數學邏輯中遞移率〔Transitivity〕的定理來簡化競賽矩陣內的優劣關係，例如：《圖 3.1》中，ABC 三者，存在著 $A > B$ 、 $B > C$ 、 $A > C$ 的關係，但是我們從 $A > B$ 、 $B > C$ 中已可得到 $A > C$ 的關係，所以原本 $A > C$ 的關係即可被刪除。最後，我們將利用簡化後的競賽矩陣來建立所有評估目標間的比較圖，以圖像化的方式來提供決策者給予排序偏好關係時的輔助資訊。



《圖 3.1》簡化關係之示意圖

二、實際資料的資訊萃取

首先，給定一實際資料表，如《表 3.1》的格式。其中 A_1 、 A_2 ... A_n 為評估目標， C_1 、 C_2 ... C_m 為評估準則， c_{ik} 則表示為第 i 個評估目標的第 k 個評估準則之實際值。我們以 2002 年 IMD 中，亞太地區的國家競爭力資訊作為實例，所

以根據《表 2.1》，我們可以得到 2002 年亞太地區國家競爭力的實際資料《表 3.2》。

《表 3.2》實際資料表

	C_1	C_2	C_3	...	C_m
A_1					
A_2					
A_3			c_{ik}		
...					
A_n					

《表 3.3》亞太地區國家競爭力之實際資料表

No	國家	經濟表現	政府效能	企業效率	基礎設施
1	澳洲	56.899	79.008	70.424	76.182
2	加拿大	64.884	75.51	79.177	80.585
3	智利	53.63	71.606	74.692	50.293
4	中國大陸	82.497	50.394	37.542	46.353
5	香港	79.92	82.03	72.91	65.934
6	印尼	43.772	32.839	20.275	22.92
7	日本	56.103	57.927	44.662	66.144
8	韓國	57.657	79.797	55.662	52.308
9	馬來西亞	57.542	46.548	56.315	53.941
10	墨西哥	44.456	72.585	41.586	35.21
11	紐西蘭	57.311	66.284	62.873	67.287
12	菲律賓	52.817	26.018	37.283	35.438
13	俄羅斯	47.706	39.491	36.801	37.029
14	新加坡	63.458	90.619	74.26	80.43
15	台灣	43.831	60.897	65.402	64.072
16	泰國	53.35	55.385	42.394	42.301
17	美國	100	82.389	98.899	98.656

根據實際資料表的資訊，我們以成對比較的方式，來評斷評估目標間的大小關係，假設 A_i 所有的評估準則皆大於 A_j 時，則表示評估目標 A_i 絕對優於 A_j 。整體的判斷流程我們以《圖 3.2》來表示，判斷規則的演算法如下：

《演算法》

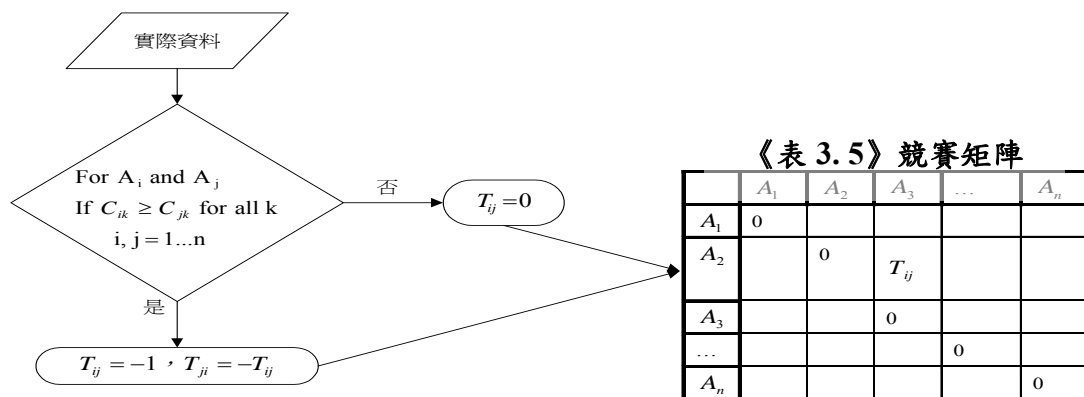
For A_i and $A_j, i, j = 1 \dots n$

If $C_{ik} \geq C_{jk}$ for all k, then $T_{i,j} = -1, T_{j,i} = 1$ else $T_{i,j} = 0$

我們以二元變數 $T_{i,j}$ 來表示 A_i 與 A_j 間的絕對關係，關係的定義與標記整理成《表 3.3》。因此，以此規則下，我們會得到評估目標間的競賽矩陣《表 3.4》。

《表 3.4》 A_i 與 A_j 間的絕對關係表示

	表示	定義	標記
$T_{i,j} = -1$	A_i 絕對優於 A_j	A_i 為 A_j 的父母	
$T_{i,j} = 1$	A_i 絕對劣於 A_j	A_i 為 A_j 的子孫	
$T_{i,j} = 0$	A_i 與 A_j 無絕對優劣關係	無	



《圖 3.2》競賽矩陣產生流程

所以，根據以上所定義的規則，我們將《表 3.2》中亞太地區國家競爭力的資料，萃取出國家間已存在的絕對關係，見《表 3.5》。舉例來說， $T_{4,6} = -1$ ，表示中國大陸的競爭力已絕對大於印尼； $T_{5,7} = 0$ ，表示香港與日本之間無絕對競爭力優劣的存在； $T_{15,14} = 1$ ，則表示台灣的競爭力已絕對劣於新加坡。

《表 3.6》2002 年亞太地區國家競爭力之競賽矩陣

No	國家	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	澳洲	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1
2	加拿大	0	0	-1	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1
3	智利	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	1
4	中國大陸	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	1
5	香港	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	1
6	印尼	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
7	日本	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	-1	-1	1	0	-1	1
8	韓國	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	-1	0	-1	-1	1	0	-1	1
9	馬來西亞	0	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	1	0	0	1
10	墨西哥	1	1	0	0	1	-1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	紐西蘭	0	1	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	1	0	-1	1
12	菲律賓	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1
13	俄羅斯	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1
14	新加坡	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0
15	台灣	1	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
16	泰國	1	1	1	0	1	-1	1	1	0	0	1	-1	-1	1	0	0	1
17	美國	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	0

競賽矩陣為一反對稱的矩陣，從這個矩陣中我們可以看出所有評估目標彼此間的絕對關係。但是為了將關係更加精簡化，我們利用數學邏輯中遞移率

〔Transitivity〕的概念將此矩陣加以簡化，以刪除多餘的優劣關係。

以下，我們將一步步說明簡化過程的具體步驟與演算法。

《步驟一》

依據上述的競賽矩陣來建立每個評量目標 A_i 的子孫表〔child_list〕。

演算法

```
For i=1 to Total_Alternative-1
{
  For j = i+1 to Total_Alternative
  {
    If  $T_{i,j}=-1$ 
    {
      child.add(j); // 將 node j 加入 node i 的 child_list 中
    }
  }
elseif  $T_{i,j}=1$ 
{
  j.child.add(i); // 將 node i 加入 node j 的 child_list 中
}
else  $T_{i,j}=0$ 
}
}
```

所以，依照上述的演算法，我們可以得到各個亞太地區國家原始的子孫表《表 3.6》。各個國家所擁有的子孫，是表示其絕對優於的所有國家。例如：台灣的子孫為印尼，表示台灣在國家競爭力方面絕對優於印尼。

《表 3.7》2002 年亞太地區國家：未簡化之子孫表

No	國家	子孫
1	澳洲	印尼、日本、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
2	加拿大	智利、印尼、日本、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
3	智利	印尼、菲律賓、俄羅斯、泰國
4	中國大陸	印尼、菲律賓、俄羅斯
5	香港	印尼、韓國、馬來西亞、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
6	印尼	
7	日本	印尼、菲律賓、俄羅斯、泰國
8	韓國	印尼、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、泰國
9	馬來西亞	印尼、菲律賓、俄羅斯
10	墨西哥	印尼
11	紐西蘭	印尼、日本、菲律賓、俄羅斯、泰國
12	菲律賓	
13	俄羅斯	印尼
14	新加坡	澳洲、印尼、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
15	台灣	印尼
16	泰國	印尼、菲律賓、俄羅斯
17	美國	澳洲、加拿大、智利、中國大陸、香港、印尼、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國

《步驟二》

為了使資訊量更精簡，我們利用遞迴的演算法來刪除每個評量目標 A_i 多餘的子孫〔也就是可由遞移率所得到的優劣關係〕。

演算法

```
For each node i
  For each i's child, j
    For each j's child, k
      { Remove_child (i,k); }
Remove_child (A,B)
{
  For each A's child, B'
  {
    If B=B'
      Remove B' from A's child_list ;
  }
  For each B's child, C
  { Remove_child (A,C); }
}
```

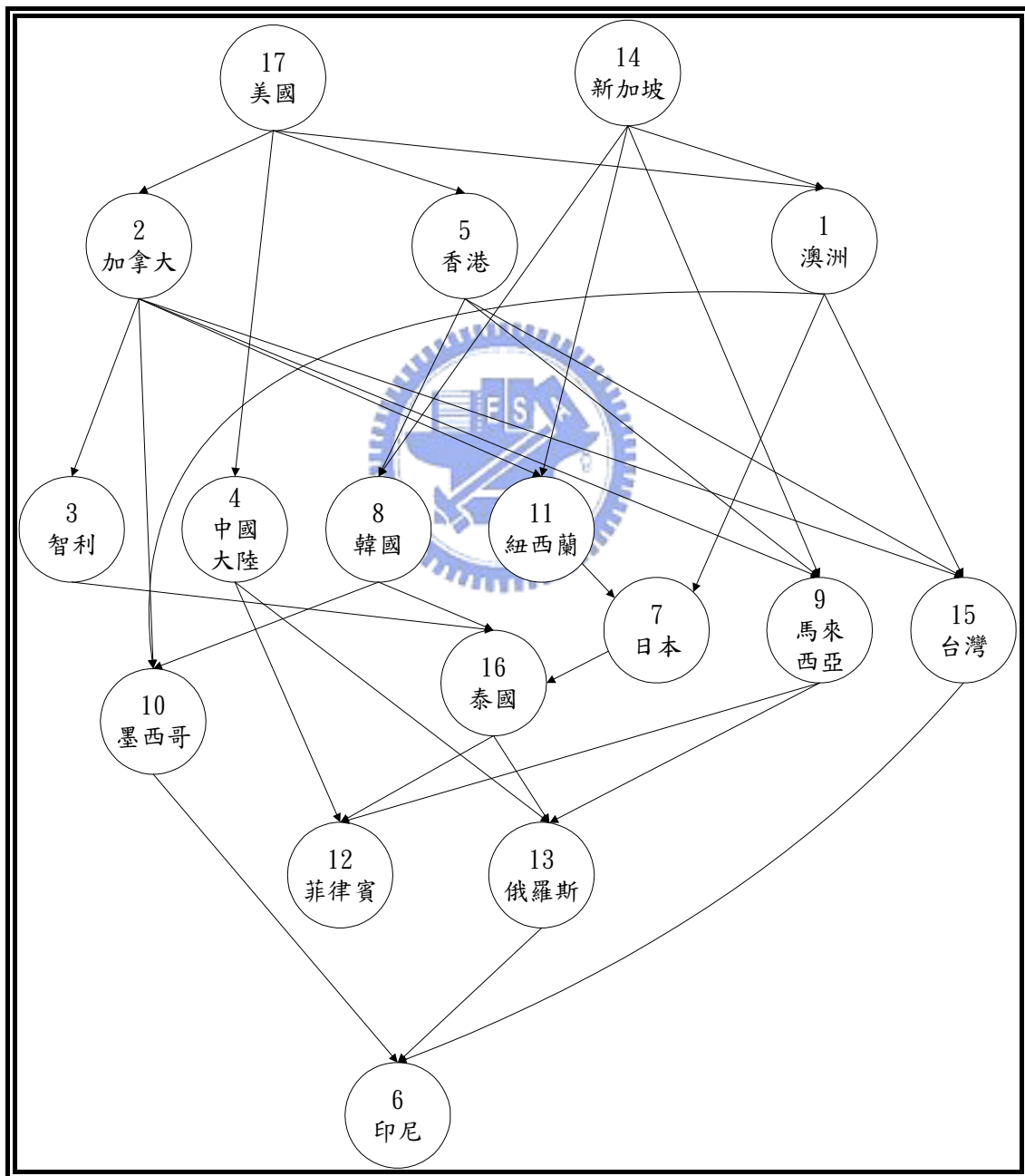
舉例來說，例如：新加坡>台灣，台灣>印尼，我們可以由遞移率來推得：新加坡>印尼，所以原先新加坡優於印尼的關係就可以被刪除。因此，依照下述的演算法，我們可以將亞太國家原始的子孫表《表 3.6》簡化成《表 3.7》。

《表 3.8》2002 年亞太地區國家：簡化後之子孫表

No	國家	子孫
1	澳洲	印尼、日本、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
2	加拿大	智利、印尼、日本、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
3	智利	印尼、菲律賓、俄羅斯、泰國
4	中國大陸	印尼、菲律賓、俄羅斯
5	香港	印尼、韓國、馬來西亞、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
6	印尼	
7	日本	印尼、菲律賓、俄羅斯、泰國
8	韓國	印尼、墨西哥、菲律賓、俄羅斯、泰國
9	馬來西亞	印尼、菲律賓、俄羅斯
10	墨西哥	印尼
11	紐西蘭	印尼、日本、菲律賓、俄羅斯、泰國
12	菲律賓	
13	俄羅斯	印尼
14	新加坡	澳洲、印尼、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國
15	台灣	印尼
16	泰國	印尼、菲律賓、俄羅斯
17	美國	澳洲、加拿大、智利、中國大陸、香港、印尼、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、菲律賓、俄羅斯、台灣、泰國

《步驟三》

利用以上簡化後的子孫表，我們將所有亞太地區國家的比較結果匯整成「比較圖」〔圖 3.3〕，以此來顯示所有國家間絕對大小的關係，其中位於標線上方的國家為下方國家的父母，也就是絕對優於其的國家，而標線下方國家則是上方國家的子孫，也就是絕對劣於其的國家。



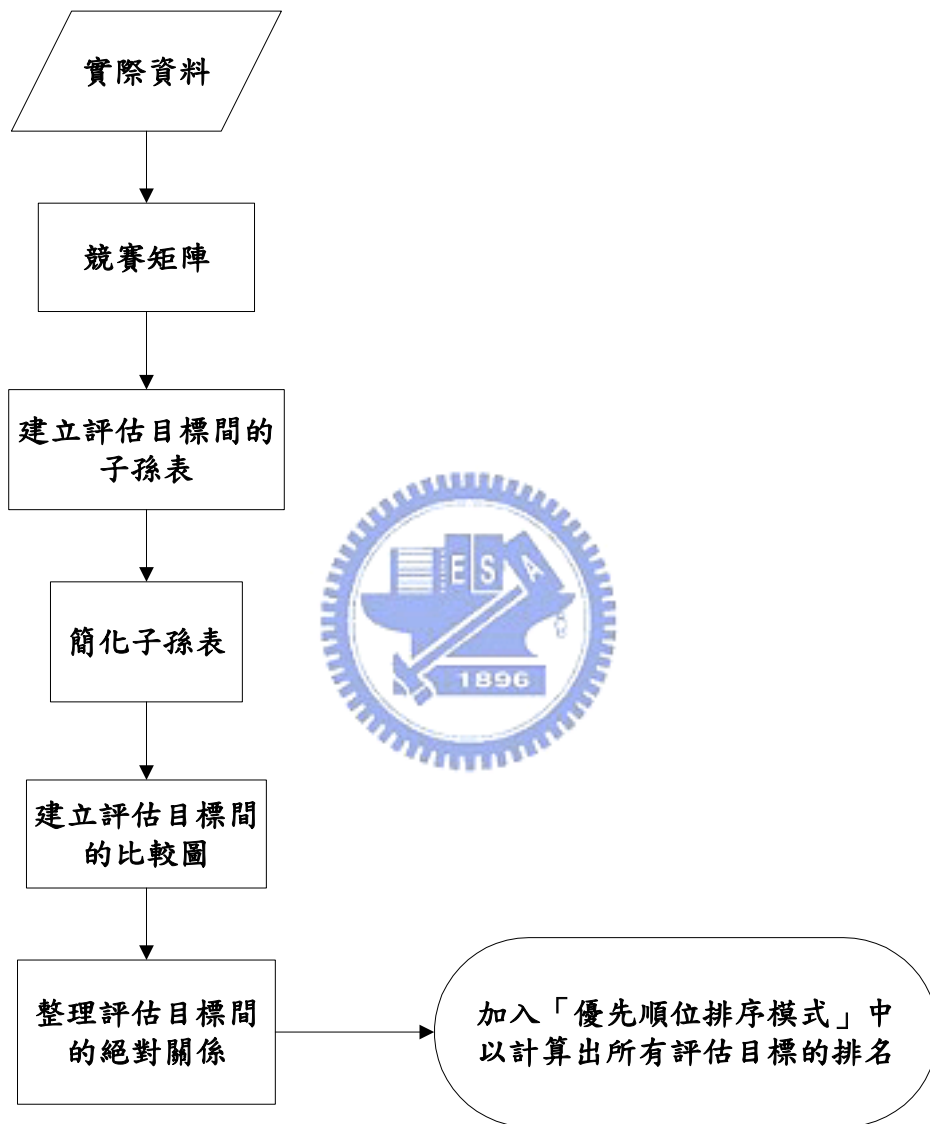
《圖 3.3》2002 年亞太國家競爭力比較圖

由以上 17 個國家的比較圖中，每條標線〔→〕即表示國家所存在的絕對關係，所以《圖 3.3》呈現出亞太地區國家間所有已存在的絕對關係。因此，我們將以上的絕對關係以二元變數 $T_{i,j}$ 來表示，並整理成《表 3.8》，並將這些資料加入 3.2 節優先順位排序模式中，以減少優先順位排序模式的計算量。

《表 3.9》亞太地區國家競爭力之絕對關係

變數表示	說明
$T_{1,17}=T_{2,17}=T_{4,17}=T_{5,17}=1$	美國絕對優於澳洲、加拿大、中國大陸、香港
$T_{1,14}=T_{8,14}=T_{9,14}=T_{11,14}=1$	新加坡絕對優於澳洲、韓國、馬來西亞、紐西蘭
$T_{3,2}=T_{9,2}=T_{10,2}=T_{11,2}=T_{15,2}=1$	加拿大絕對優於智利、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、台灣
$T_{8,5}=T_{9,5}=T_{15,5}=1$	香港絕對優於韓國、馬來西亞、台灣
$T_{7,1}=T_{10,1}=T_{15,1}=1$	澳洲絕對優於日本、墨西哥、台灣
$T_{16,3}=1$	智利絕對優於泰國
$T_{12,4}=T_{13,4}=1$	中國大陸絕對優於菲律賓、俄羅斯
$T_{10,8}=T_{16,8}=1$	韓國絕對優於墨西哥、泰國
$T_{7,11}=1$	紐西蘭絕對優於日本
$T_{16,7}=1$	日本絕對優於泰國
$T_{12,9}=T_{13,9}=1$	馬來西亞絕對優於菲律賓、俄羅斯
$T_{6,15}=1$	台灣絕對優於印尼
$T_{12,16}=T_{13,16}=1$	泰國絕對優於菲律賓、俄羅斯
$T_{6,10}=1$	墨西哥絕對優於印尼
$T_{6,13}=1$	俄羅斯絕對優於印尼

綜合以上，我們將本節所提出的前置排序模式的整體架構，以下列流程圖《圖 3.4》表示之。



《圖 3.4》 流程圖—前置排序模式

3.2 優先順位排序模式

一、優先順位排序模式的概念

長久以來，學者一直努力地發展各種模式，希望能夠合理地對於評估目標作分析。義大利經濟學家伯瑞圖〔Pareto〕在二十世紀初時提出了非凌駕解的概念〔non-dominance solution〕，也稱之為伯瑞圖最佳境界〔Pareto optimality〕。其理論指出，若資源的配置運用已達某一境界，該境界的資源不論如何重新配置，都無法使某些經濟個體獲致更高的利益，同時卻不損及其他經濟個體的利益。舉例來說蘋果和香蕉是不能相比的，但是假設某甲有 1 個蘋果和兩根香蕉，某乙有 3 個蘋果與 4 根香蕉，很明顯的乙的蘋果數與香蕉數皆大於甲，雖然兩者水果無法直接相比較，但是我們可以肯定乙絕對優於甲。所以，伯瑞圖最佳境界的觀念是對受評者最有利的評比方法，所以專家學者們一直努力從此觀念出發，來發展各種評比方式【9】。

著名的資料包絡分析法〔DEA〕即是採用伯瑞圖最佳境界的觀念，DEA 為一多項投入與多項產出的績效評估方法，其所評估出來的效率值是在客觀環境下對受評單位最有利的結果。仔細來說，DEA 是以「使自我單位的分數能達到最高的情況下」為主要概念，利用數學規劃的模式來計算各個評估目標最有利的分數。所以針對不同的決策單位元〔Decision Making Unit, DMU〕，我們會得到其最佳的得分，並同時產生出多組的最佳權重。這樣的方法，雖能看出所有 DMU 各自最佳的得分情況，但是以此對 DMU 排序時，往往會因為太多 DMU 得分值為 1，而難以鑑別這些 DMU 的高低排序。另外，DEA 的方法是一種非固定的權重分配，權重不一致的情況下，在排序時較難分析評估指標的意義，也無法進一步對 DMU 作相似度之類的探討。

而本節的研究方法主要是要發展一個新的排序模式，來針對既有的評估目標作排序。本研究主要採用 IMD 所歸納的四項主因素來當作評估準則，而此四項因

素皆為產出變數而無投入變數，所以DEA並不適合作為分析的方法。所以，我們將承襲資料包絡分析法的概念，將「自我分數最高」的想法轉換成「自我排名最高」，並以線性規劃的模式，以加權平均法來計算各個評估目標的得分值。因為我們發現各個評估目標在最大化得分函式的情況下，並不能得到較好的排名。我們以一個簡單的例子 3.1 來說明，假設有三個評估目標 A_1 、 A_2 、 A_3 ，評估準則皆為產出變數，分別為 C_1 、 C_2 、 C_3 〔資料如《表 3.9》〕，

《表 3.10》資料表〔例 3.1〕

	C_1	C_2	C_3
A_1	10	9	8
A_2	12	10	6
A_3	11	7	9

若以「自我分數最高」的想法來評估之，對 A_1 來說，為了使得分函數最高，其會給予 C_1 最高的權重 1，而 C_2 、 C_3 則給予 0，若以這組最佳權重(1,0,0)來計算得分，各個評估目標 A_1 、 A_2 、 A_3 會分別得到 10、12、11 的分數，所得到的排名為 $A_2 > A_3 > A_1$ 。若改由「自我排名最高」的想法來評估，對 A_1 來說，為了使排名最高，所給予 C_1 、 C_2 、 C_3 的權重會是 0、0.4、0.6，我們以此組權重(0,0.4,0.6)來計算各個評估目標的得分，會得到 $A_1=8.4$ 、 $A_2=7.6$ 、 $A_3=8.2$ ，而依此排名為 $A_1 > A_3 > A_2$ 。因此，綜合上述兩種方式的結果來看，「最佳化排名」的方法在評估目標的排名方面有較明確的結果，而「自我分數最高」的想法雖能保障各個評選估目標能夠最大化其得分函數，但是卻不能保證其排名結果最優，而造成以此結果來排名時，評估目標無法以自我最好的名次來與其他評估目標作比較，而失去排名

的意義了。

二、優先順位排序模式之符號說明

《表 3.11》優先排序模式：輸入變數

變數	說明
C_{ik}	第 i 個評估目標的第 k 個評估準則之實際值
C_k^M	第 k 個評估準則的最大值
C_k^m	第 k 個評估準則的最小值
λ_i	為決策者看重評估目標 A_i 排名值的程度
M	極大的正數

《表 3.12》優先排序模式：決策變數

變數	說明
R_i	評估目標 i 的排名值
T_{ij}	表示比較評估目標 A_i 與 A_j 得分的結果，為 0-1 變數
S_i	各個評估目標 i 的得分值
W_k	各評估準則 k 所佔的權重

在本節所建立的排序模式中，我們設定一變數 R_i 作為評估目標的排名值，所有 R_i 值為 1 加上評估目標 A_i 與其他評估目標比較的總和，以式子〔3.1〕所表示

之。其中， T_{ij} 為 0-1 變數，用來表示評估目標 A_i 與 A_j 兩者得分比較的結果，若 $T_{ij}=1$ ，表示評估目標 $A_j > A_i$ ，即 A_j 優於 A_i ，若 $T_{ij}=0$ ，則表示 A_i 與 A_j 兩者無法比較或 $A_j < A_i$ 。

$$R_i = 1 + \sum_{i \neq j} T_{ij}, \quad \forall i, j \neq i, \quad i, j = 1, \dots, m \quad [3.1]$$

在得分函數方面，我們採用線性規劃的模式，以加權平均法來計算各個評估目標的得分值，以 S_i 來表示之，定義如式子〔3.2〕。其中， C_{ik} 是表示為第 i 個評估目標之第 k 個評估準則的實際值， C_k^M 為各個評估準則的最大值， C_k^m 為各個評估準則的最小值，定義如式子〔3.3〕及〔3.4〕。 W_k 為各評估準則所佔的權重，權重大小將由本排序模式計算後而決定，所有權重值必須大於一小正數〔式子〔3.5〕〕，式子〔3.6〕則是將所有評估準則的權重值的加總設定為 1。因此， S_i 越大表示評估目標 A_i 的排名越高，而 S_i 的限制則是必須介於 0 到 1 之間。

$$S_i = \sum_{k=1}^n W_k * \frac{C_{ik} - C_k^m}{C_k^M - C_k^m}, \quad i = 1, \dots, m \quad k = 1, \dots, n \quad [3.2]$$

$$C_k^M = \max(C_{ik}) \quad [3.3]$$

$$C_k^m = \min(C_{ik}) \quad [3.4]$$

$$W_k \geq \varepsilon \geq 0, \quad \forall k \quad [3.5]$$

$$\sum_k W_k = 1 \quad [3.6]$$

三、優先排序模式之定義

◆ 排序之數學模式

《目標式》

$$\text{Min } \sum_i R_i \quad [3.7]$$

《限制式》

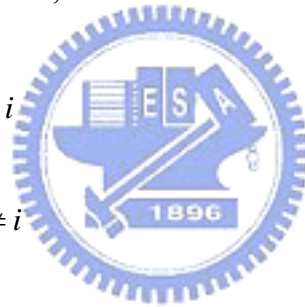
$$S_i + M \times T_{ij} \geq S_j, \quad \forall i, j \neq i, \quad i=1, \dots, m \quad [3.8]$$

$$\sum_k W_k = 1, \quad W_k \geq \varepsilon \geq 0, \quad \forall k$$

$$T_{ij} + T_{ji} \leq 1, \quad \forall i, j \neq i \quad [3.9]$$

$$T_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j \neq i \quad [3.10]$$

$$T_{ij} = 1, \quad \text{if } A_j > A_i \quad [3.11]$$



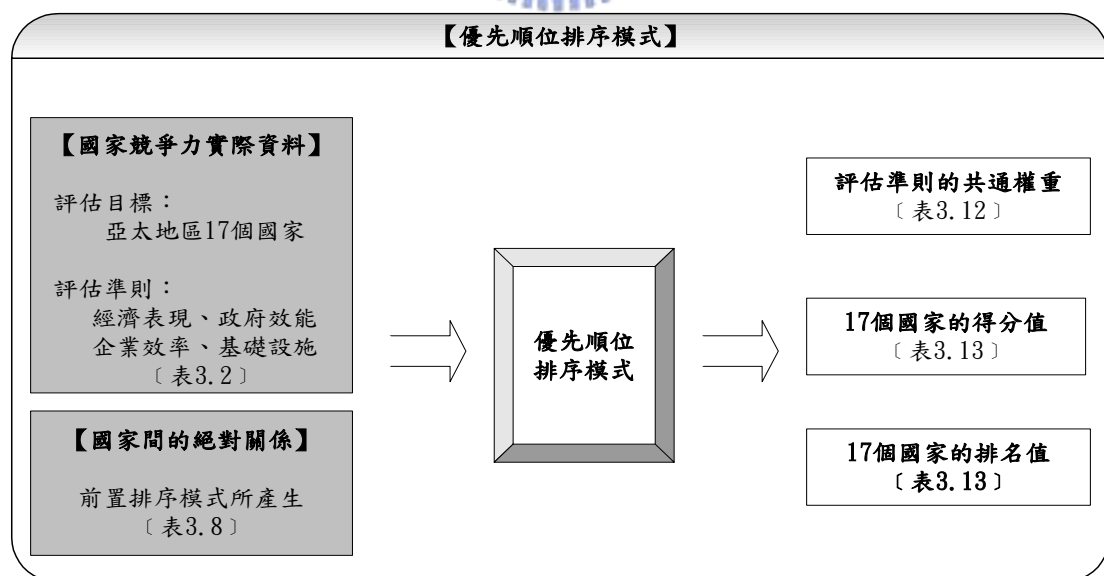
為了使得排序的目的更為明確，在上述的排序模式中，我們將目標式〔式子〔3.7〕〕訂定為最佳化所有評估目標的排名值，故稱本模式為「優先排序模式」。其中 R_i 值越低表示排名越前面，反之則排名越後面。

在限制式方面，式子〔3.10〕是規範 T_{ij} 為 0-1 變數，而式子〔3.8〕則是用來評判 A_i 與 A_j 兩者得分的大小。假使 $A_j > A_i$ ，則表示 $S_j > S_i$ ，所以，為了滿足式子〔3.8〕的限制， S_i 必須加上一極大的正數才能大於 S_j ，而 T_{ij} 值就必須等於 1 才能

符合此限制；反之，若 $A_j < A_i$ ，則 S_i 必定大於 S_j ，而 T_{ij} 值則等於0就可滿足式子〔3.8〕。式子〔3.9〕則是限制 A_i 與 A_j 兩者之間只能存在一絕對關係，因為 T_{ij} 的值為模式所產生，若不加以限制，可能會有矛盾的情形發生。最後，式子〔3.11〕是表示加入3.1節中，所找出評估目標間存在的絕對關係，以減少優先排序模式中二元變數的計算量。

四、實例探討

本小節沿用3.1節中的例子來實作3.2節的優先排序模式。我們仍以亞太地區的17個國家為評估目標，以IMD所歸納的四項主因素來當作評估準則。整體的實驗架構以《圖3.5》來表示。關於輸入資料方面，我們可以根據《表3.2》得到亞太地區國家競爭力之實際資料表，另外，由前置排序所得國家間的絕對關係則由《表3.8》中所列出的關係來加入本節模式中。



《圖 3.5》優先排序模式之實作架構圖

將上述的資料帶入模式後，經過 LINGO8.0 的計算，我們會得到決策變數

W_k 、 S_i 、 R_i 、 T_{ij} 的計算結果，其中四個評估準則的權重值〔 W_k 〕由《表 3.12》來呈現，而亞太地區 17 個國家的得分數〔 S_i 〕及排名值〔 R_i 〕與排名圖我們以《表 3.13》來表示。

《表 3.13》優先順位排序模式：評估準則之權重值

	經濟表現	政府效能	企業效率	基礎設施
權重值	0.388	0.227	0.24862	0.1367

《表 3.14》優先順位排序模式：國家之排名、得分與排名圖

No	國家	新排名	IMD 排名	得分數	排名圖
1	澳洲	5	5	0.5314	
2	加拿大	4	3	0.6098	
3	智利	6	7	0.4496	
4	中國大陸	6	12	0.4496	
5	香港	2	4	0.6901	
6	印尼	17	17	0.0240	
7	日本	10	11	0.3522	
8	韓國	6	10	0.4496	
9	馬來西亞	12	9	0.3370	
10	墨西哥	14	15	0.2578	
11	紐西蘭	6	6	0.4496	
12	菲律賓	16	14	0.1388	
13	俄羅斯	15	16	0.1522	
14	新加坡	3	2	0.6372	
15	台灣	11	8	0.3399	
16	泰國	13	13	0.2741	
17	美國	1	1	0.9711	

另外，我們將國家兩兩比較的結果值〔 T_{ij} 〕以《表 3.14》列出。其中，灰色部分為 3.1 節前置排序模式所得到國家間的絕對關係，其他結果則是由本模式所計算產生的。

《表 3.15》優先順位排序模式：國家間兩兩比較的結果值〔 T_{ij} 〕

No	國家	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	澳洲	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2	加拿大	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
3	智利	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	中國大陸	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
5	香港	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	印尼	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	日本	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
8	韓國	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
9	馬來西亞	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1
10	墨西哥	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
11	紐西蘭	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
12	菲律賓	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
13	俄羅斯	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
14	新加坡	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	台灣	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
16	泰國	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1
17	美國	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

根據《表 3.10》的排名結果，我們將本模式所產生的排名與 IMD2002 年的排名作比較，利用統計 T 檢定來驗證兩者排名結果是否有所不同。

《檢定結果》

假設我們以 $\alpha = 0.05$ 的顯著水準，來驗證兩者排名是否不同，虛無假設 H_0 與對立假設 H_1 可表示如下：

$$\begin{cases} H_0: \mu_d = 0 \\ H_1: \mu_d \neq 0 \end{cases}$$

兩者排名的相差值以 d 來表示，可得到下列數列。

$$d = 0 -1 1 6 2 0 1 4 -3 1 0 -2 1 -1 -3 0 0$$

則 T 檢定可表示如下：

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

其中， S 為相差排名值的標準差， \bar{d} 為排名的平均相差值， n 為國家數目。

我們可以得到：

$$t = 0.643268 < t_{0.025, 17} = 2.011$$



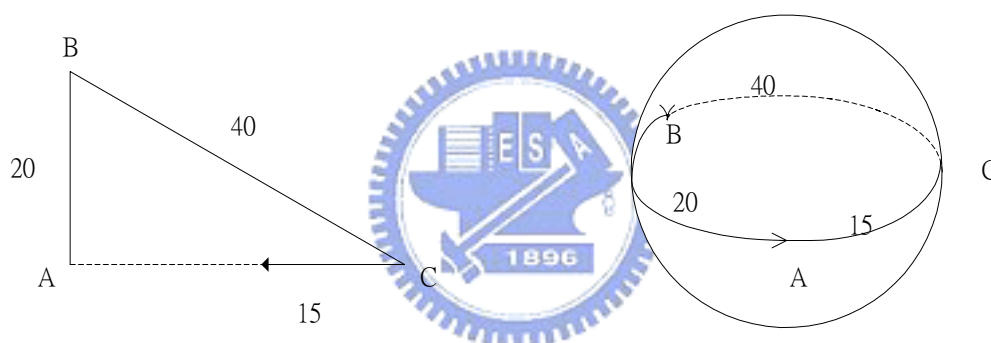
所以，我們沒有足夠證據拒絕 H_0 ，也就是說兩者排名結果並無明顯的不同。

總結來說，優先順位排序模式是利用各個評估目標最優的排名來相比較以產生出所有的排名。本模式的優點在於不需要給定權重，而僅利用評估資料來計算出一組共通的權重值，並以此得到國家的得分數與排名。因此，本模式可有效地改善 IMD 在評估國家競爭力時給於相同權重的缺失，藉此以提供更客觀的國家競爭力資訊來輔助決策者作決策。

3.3 3-D 排序球模式

一、3-D 排序球模式之構想

一般來說，我們很難將兩兩間的絕對關係以 2-D 平面的方式來表示。例如：A 點到 B 點的距離為 20，B 點到 C 點的距離為 40，C 點到 A 點的距離為 15，在二維空間中，無法以線段表達出以上的絕對關係，如《圖 3.6》。因為在平面上任一三角形兩邊長之和，必須大於第三邊，而以上情況並不能完全符合。但是，上述 A、B、C 的關係卻能輕易的表達在球面上，如《圖 3.7》。【10】



《圖 3.6》A、B、C 三點 呈現於二維空間

《圖 3.7》A、B、C 三點 呈現於球空間

依照上述的概念，本節建構了一 3-D 排序球模式。模式的目的是利用 3.2 節優先順位排序模式所計算出的權重、得分，並結合既有的實際資料值來對所有的評估目標作分析。利用本研究所建立的 3-D 排序球，我們可以計算出各個評估目標在球面上的座標值，並將結果以一 3-D 球面的方式來呈現。從 3-D 排序球中，決策者可以清楚地看出所有評估目標的排名與群聚的現象，並藉此來提供資訊以輔助其作決策。

在以往的球模式中，都是以球面上兩點間的弧長來代表評估目標間的關係【11】【12】，但本研究所建立的決策球模式，主要是以兩點間的幾何距離來代表

評估目標間的非相似性。事實上，球面上兩點之間的實際弧長越大，代表著其之間的幾何距離也越大，所以改用兩點間的幾何距離來代替實際弧長，不僅能減低整體的計算量，對於評估目標間所存在的原有關係，也不會有所改變【13】。因此，在本研究中，我們利用了相似度計算的結果，找出點與點間的相對位置關係，例如以任兩個評估目標 A_i 、 A_j 來說， A_i 到 A_j 的幾何距離越小，表示 A_i 與 A_j 的相似度越大。

二、3-D 排序球之符號說明

《表 3.16》3-D 排序球：輸入變數

變數	說明
A_*	3-D 排序球的基準點
d_{ij}	評估目標 A_i 與 A_j 間的非相似性
r	球半徑
S_i	各個評估目標 i 的得分值
W_k	各評估準則 k 所佔的權重
C_{ik}	第 i 個評估目標的第 k 個評估準則之實際值
C_k^M	第 k 個評估準則的最大值
C_k^m	第 k 個評估準則的最小值

《表 3.17》3-D 排序球：決策變數

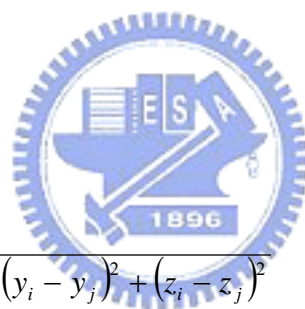
變數	說明
X_i	評估目標 A_i 的 X 軸座標值
Y_i	評估目標 A_i 的 Y 軸座標值
Z_i	評估目標 A_i 的 Z 軸座標值

在本節所建立的 3-D 排序球模式中，我們將球的北極點設定成一基準點〔 A_* 〕，並將 A_* 點加入評估目標中一起分析。 A_* 點的評估準則之值以各評估準則的最大值來表示，即 $C_{*k} = \max(C_k)$ ，每個評估目標在排序模式中所計算出的得分函式〔 S_i 〕越高，其在球面上的位置會存在著與北極點越接近的特性。如此一來，決策者就可以依照決策球的北極點為基準往下俯視，依據各個評選目標所在的同心圓距離，清楚地看出評選目標間的排序關係。所以，在決策球模式中，我們將 A_* 在球面上的座標設定為 $(0, r, 0)$ ， r 為球半徑，以滿足上述的特性。

假設有兩個評估目標 A_i 與 A_j ，其在球面上的座標為 (X_i, Y_i, Z_i) 、 (X_j, Y_j, Z_j) 。因為點必須在落於球面上，所以所有評估目標的座標與半徑間必須符合式子〔3.12〕的關係。而兩點間球面上的幾何距離可表示成式子〔3.13〕。

$$x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 = r^2 \quad [3.12]$$

$$\overline{A_i A_j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad [3.13]$$



d_{ij} 代表評估目標間的非相似性， d_{ij} 越大表示 A_i 與 A_j 間的相似度越小。 d_{ij} 的定義如下：

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n W_k * \frac{|C_{ik} - C_{jk}|}{C_k^M - C_k^m} \quad [3.14]$$

其中， W_k 為各評估準則所佔的權重，權重值的大小由3.2節優先順位排序模

式來決定，其符合了所有權重的加總必須符合 $\sum_k W_k = 1$ 的特性。 C_{ik} 表示為第 i 個評估目標之第 k 個評估準則的實際值， C_k^M 為各個評估準則的最大值； C_k^m 為各個評估準則的最小值，這些值都可以從實際資料表中來得到。

我們令 A_* 的評估準則值以各評估準則的最大值來表示，即 $C_{*k} = C_k^M$ ，則 d_{i*} 可以表達為式子〔3.15〕， d_{i*} 代表著評估目標與基準點間的非相似性，若評估目標在球面上越靠近北極點，即表示其與基準點的相似度越大。

$$d_{i*} = \sum_{k=1}^n W_k * \frac{C_k^M - C_{ik}}{C_k^M - C_k^m} \quad [3.15]$$

S_i 是代表各個評估目標的得分函數，定義與 3.2 節模式中式子〔3.2〕相同，其與各個評估目標的 y_i 值有著正向關係的特性，即 S_i 越大，評估目標的 y_i 值也越大。所以，評估目標 A_i 越接近基準點〔 A_* 〕，表示其 S_i 越大，排名亦越高。

$$S_i = \sum_{k=1}^n W_i * \frac{C_{ik} - C_k^m}{C_k^M - C_k^m} \quad [3.16]$$

S_* 表示基準點的得分值，因為 $C_{*k} = C_k^M$ ，所以 S_* 可以表達成式子〔3.17〕，故 S_* 值為 1。

$$S_* = \sum_{k=1}^n W_i * \frac{C_k^M - C_k^m}{C_k^M - C_k^m} = \sum_k W_k = 1 \quad [3.17]$$

三、3-D 排序球模式之定義

以下我們列出了此決策球模式所涵蓋的數學特性。

《特性一》

對任兩個評估目標 A_i 與 A_j ，若其所有的評估準則 C_k 皆符合 $C_{ik} \geq C_{jk}$ 的關係，則

$$d_{ij} = |S_i - S_j|。 \quad [3.18]$$

同理推得，

$$d_{i^*} = |S_i - S_*| = 1 - S_i \quad [3.19]$$



《特性二》

本研究欲將所有的評估目標放置在以半徑= r、球心座標為(0,0,0)的球面上。若半徑=1，各個評估目標 A_i 的座標為 (X_i, Y_i, Z_i) ，基準點 A_* 的座標為 $(0,1,0)$ ，因為在半徑=1 下，基準點到赤道上任一點的幾何距離為 $\sqrt{2}$ ，則 (X_i, Y_i, Z_i) 、 (X_j, Y_j, Z_j) 與 d_{ij} 的關係可呈現為：

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2 = 2 * d_{ij}^2 \quad [3.20]$$

同理推得

$$x_i^2 + (y_i - 1)^2 + z_i^2 = 2 * d_{i^*}^2 \quad [3.21]$$

《特性三》

$$\text{若半徑 } r=1, \text{ 則 } y_i = 1 - d_{i*}^2 = 1 - (1 - S_i)^2 \quad [3.22]$$

《證明》

$$\therefore x_i^2 + (y_i - 1)^2 + z_i^2 = 2 * d_{i*}^2 \quad [\text{式子 3.20}]$$

$$\text{又 } x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 = r^2 = 1$$

$$\therefore y_i = 1 - d_{i*}^2$$

$$\text{又 } d_{i*} = 1 - S_i \quad [\text{式子 3.19}],$$

$$\therefore y_i = 1 - (1 - S_i)^2$$



總括以上，本研究所建議之 3-D 排序球模式如下：

◆ 3-D 排序球模式

《目標式》

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n | (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2 - 2 * d_{ij}^2 | \quad [3.23]$$

《限制式》

$$x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 = r^2 = 1, \forall i \quad [3.24]$$

$$(x_*, y_*, z_*) = (0, r, 0) = (0, 1, 0) \quad [3.25]$$

$$-1 \leq x_i \leq 1, \quad 0 \leq y_i \leq 1, \quad -1 \leq z_i \leq 1 \quad [3.26]$$

$$y_i = 1 - (1 - S_i)^2, \forall i, j \quad [3.27]$$

在本研究所建立的 3-D 排序球模式中，目標式的目的是利用球面上任兩點的幾何距離 $\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$ 來趨近於兩兩評估目標之間的非相似性 d_{ij} 。所以，根據《特性二》，我們可以將目標式寫成上述式子〔3.23〕，其中， d_{ij} 的值可依據式子〔3.18〕計算之，而每個評估目標的座標值則是依據此模式所計算產生。



本模式的設計是以北極點作為基準點，並以此作為比較評估目標排序的標竿值，所以球面上各個點到基準點的幾何距離越小表示其與基準點的相似性越大，其所代表的評估目標排名也越高。我們將基準點加入評估目標的實際資料表中，以 A_* 來表示。並將 A_* 的座標定為 $(0, r, 0)$ ，如式〔3.25〕。

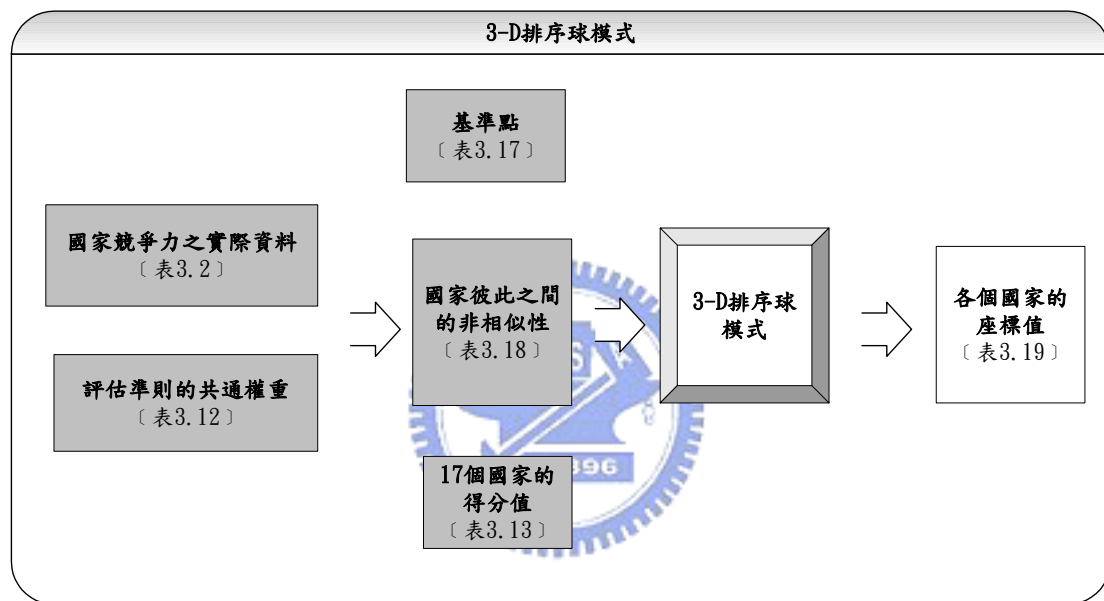
本模式希望所有評估目標之間的關係以球體的形式呈現，所以式子〔3.24〕為限制所有的點必須落於球面上，式子〔3.26〕則是設定每個評估目標座標值的範圍。各點的 X_i 、 Z_i 值是介於 $-r$ 到 r 之間，而各點的 y_i 值則必須限制在 0 到 r 之間，這樣的限制主要是為了讓所有點只座落於北半球，如此一來決策者即可以北極點為基準清楚地看出所有評估目標的排名與群聚的狀況。

最後，我們必須明確規定 y_i 值與 S_i 之間的關係。因為在決策球模式中， S_i 越大，評估目標的 y_i 值也越大。我們根據《特性三》，將式子〔3.20〕這個關係加

入模式中，來限制 y_i 值與 S_i 之間的關係，其中得分函數 S_i 的值可利用式子〔3.16〕的定義來計算出。

四、實例探討

延續 3.2 節所闡述的實例，我們仍以 2002 年 IMD 亞太地區的 17 個國家資料來實作 3-D 排序球模式，並且將結果繪製在一 3-D 球面上。整體的實作架構，我們以《圖 3.8》來表示。



《圖 3.8》3-D 排序球模式之實作架構圖

輸入資料方面， d_{ij} 、 S_i 與基準值 A_* 為本模式的輸入資料。首先根據《表 3.2》，可以得到 2002 年 IMD 亞太地區 17 個國家主因素的得分表，我們將基準點 A_* 加入此得分表中，基準點的評估準則值以各評估準則的最大值來表示，因此，亞太地區 17 個國家加上 1 個基準點，為本模式所評估的目標。另外，由式子〔3.17〕的定義，我們可以得到 A_* 的得分值為 1。綜合以上，我們將基準點的資訊以《表 3.17》來表示。

《表 3.18》3-D 排序球模式：基準點的評估準則值與得分

國家代號	國家	得分	經濟表現	政府效率	企業效率	基礎設施
18	基準點	1	82.497	90.619	74.26	80.43

另外在 3.2 節中，我們已得到一組共通權重值《表 3.12》與國家的得分值《表 3.13》。所以，依據式子〔3.14〕的定義，我們可以利用《表 3.2》中的實際資料來計算出兩兩國家間的非相似性，以《表 3.18》來顯示計算結果。

《表 3.19》3-D 排序球模式：亞太地區國家間的非相似性

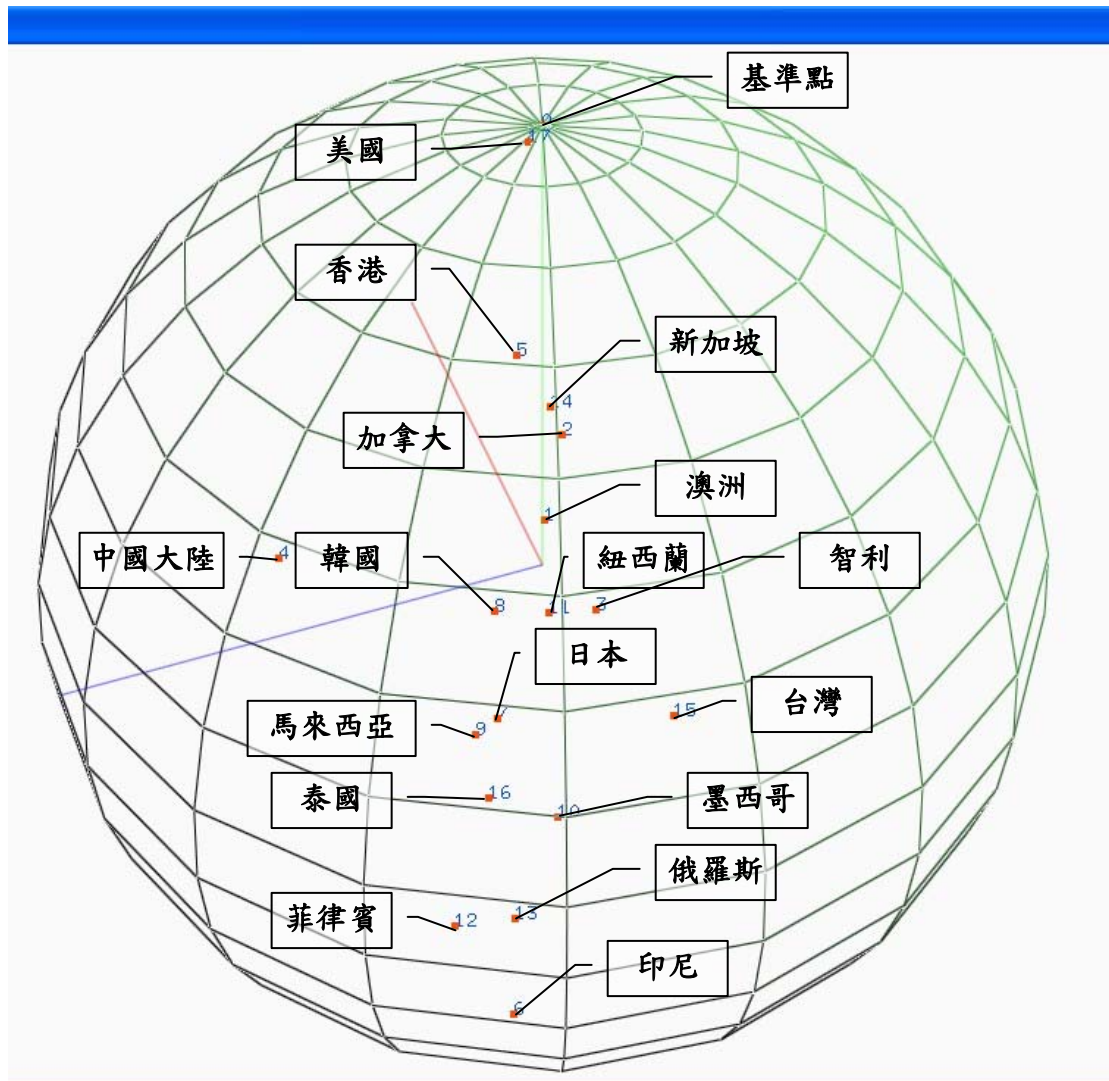
No	國家	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	澳洲	0.00	0.10	0.11	0.43	0.20	0.51	0.18	0.10	0.20	0.27	0.09	0.39	0.38	0.11	0.19	0.26	0.44
2	加拿大	0.10	0.00	0.16	0.40	0.17	0.59	0.26	0.19	0.27	0.35	0.16	0.47	0.46	0.08	0.27	0.34	0.36
3	智利	0.11	0.16	0.00	0.40	0.25	0.43	0.19	0.12	0.18	0.20	0.11	0.31	0.30	0.19	0.16	0.18	0.52
4	中國大陸	0.43	0.40	0.40	0.00	0.28	0.43	0.27	0.34	0.26	0.37	0.35	0.31	0.30	0.45	0.42	0.24	0.52
5	香港	0.20	0.17	0.25	0.28	0.00	0.67	0.34	0.24	0.35	0.43	0.25	0.55	0.54	0.17	0.35	0.42	0.28
6	印尼	0.51	0.59	0.43	0.43	0.67	0.00	0.33	0.43	0.31	0.23	0.43	0.16	0.13	0.61	0.32	0.25	0.95
7	日本	0.18	0.26	0.19	0.27	0.34	0.33	0.00	0.15	0.11	0.20	0.10	0.21	0.20	0.28	0.16	0.08	0.62
8	韓國	0.10	0.19	0.12	0.34	0.24	0.43	0.15	0.00	0.12	0.19	0.10	0.31	0.30	0.19	0.21	0.18	0.52
9	馬來西亞	0.20	0.27	0.18	0.26	0.35	0.31	0.11	0.12	0.00	0.26	0.12	0.20	0.18	0.30	0.19	0.12	0.63
10	墨西哥	0.27	0.35	0.20	0.37	0.43	0.23	0.20	0.19	0.26	0.00	0.24	0.24	0.16	0.38	0.17	0.14	0.71
11	紐西蘭	0.09	0.16	0.11	0.35	0.25	0.43	0.10	0.10	0.12	0.24	0.00	0.31	0.30	0.19	0.13	0.18	0.52
12	菲律賓	0.39	0.47	0.31	0.31	0.55	0.16	0.21	0.31	0.20	0.24	0.31	0.00	0.09	0.50	0.33	0.14	0.83
13	俄羅斯	0.38	0.46	0.30	0.30	0.54	0.13	0.20	0.30	0.18	0.16	0.30	0.09	0.00	0.48	0.24	0.12	0.82
14	新加坡	0.11	0.08	0.19	0.45	0.17	0.61	0.28	0.19	0.30	0.38	0.19	0.50	0.48	0.00	0.30	0.36	0.39
15	台灣	0.19	0.27	0.16	0.42	0.35	0.32	0.16	0.21	0.19	0.17	0.13	0.33	0.24	0.30	0.00	0.20	0.63
16	泰國	0.26	0.34	0.18	0.24	0.42	0.25	0.08	0.18	0.12	0.14	0.18	0.14	0.12	0.36	0.20	0.00	0.70
17	美國	0.44	0.36	0.52	0.52	0.28	0.95	0.62	0.52	0.63	0.71	0.52	0.83	0.82	0.39	0.63	0.70	0.00

綜合以上的輸入資料，我們將其帶入 3-D 排序球模式中，經過 LINGO8.0 的計算，可以得到決策變數 X_i 、 Y_i 、 Z_i 的結果值，以《表 3.19》來呈現。

《表 3.20》3-D 排序球模式：亞太地區國家的相對座標值

No	國家	x 軸	y 軸	z 軸
1	澳洲	-0.59379	0.775377	-0.21496
2	加拿大	-0.51374	0.842722	-0.16091
3	智利	-0.69888	0.692038	-0.18068
4	中國大陸	-0.45871	0.692038	-0.55738
5	香港	-0.39823	0.898962	-0.18242
6	印尼	-0.92109	0.052336	-0.38582
7	日本	-0.74275	0.578886	-0.33647
8	韓國	-0.65275	0.692038	-0.30822
9	馬來西亞	-0.74269	0.558585	-0.36932
10	墨西哥	-0.84378	0.454189	-0.28592
11	紐西蘭	-0.68103	0.692038	-0.23934
12	菲律賓	-0.854	0.263265	-0.44875
13	俄羅斯	-0.88494	0.286194	-0.36738
14	新加坡	-0.47739	0.863355	-0.16346
15	台灣	-0.81506	0.569253	-0.10786
16	泰國	-0.79631	0.478101	-0.37056
17	美國	-0.03571	0.998684	-0.03681
18	基準點	0	1	0

最後，我們將以上計算出來的結果繪製於球面上，如《圖 3.9》。



《圖 3.9》3-D 排序球模式：亞太地區國家為例

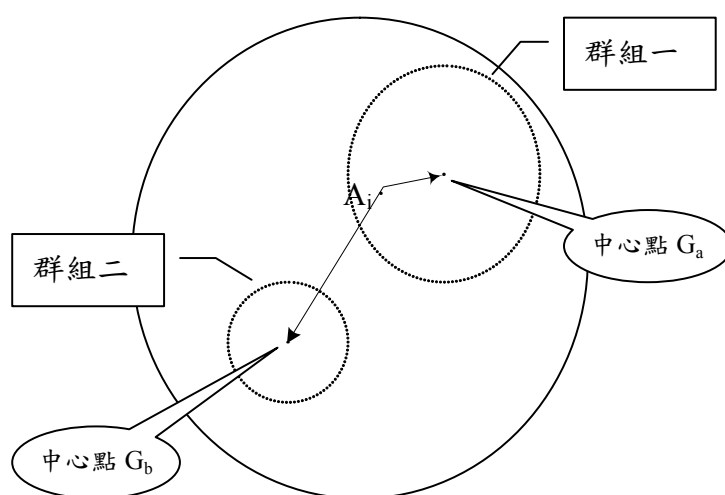
圖中，球的北極點為基準點，而 17 個亞太地區的國家皆分布於北半球。從 3-D 球中，我們可以清楚的看出國家的排名，若球面上的點越靠近北極點，則表示此國家的排名越高。另外，國家與國家間的幾何距離越近，亦表示著彼此間有較高的相似性與群聚關係。

3.4 分群模式

一、分群模式的概念

在 3-D 排序球模式中，我們可以得到所有評估目標的座標值，並可依此將所有評估目標繪製於球面上。根據《圖 3.9》，決策者可以大致看出國家間群聚的關係，但是卻無確切的方法來分群。所以本節的目的是提出分群的數學模式，分別說明了兩群、三群與四群的數學定義，決策者可以依照自我的喜好來決定決策球上所有的評估目標所應分群的群數，再依照所敘述的數學定義將所有的評估目標作分群。

我們假設每個群組會有一中心點，很明顯的，各個評估目標到所屬群組中心點的幾何距離必定小於與其他群組中心點的幾何距離，舉例來說，如《圖 3.10》我們將球面上的所有評估目標分成兩群， G_a 、 G_b 分別為兩群組的中心點。由圖得知，評估目標 A_i 屬於第一個群組，所以很明顯地我們看出 A_i 距離 G_a 較近，而距離 G_b 較遠。因此，我們以此為想法，並利用 0-1 變數的技巧來將所有的評估目標作分群。



《圖 3.10》分群構想圖

二、分群模式的符號與定義

《表 3.20》列出群數兩群到八群之間變數的使用與意義。

《表 3.21》不同群數的變數設定表

群數	二元變數	代表意義
2	u_i	$u_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第一群 $u_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第二群
3-4	u_i, v_i	$u_i=1, v_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第一群 $u_i=0, v_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第二群 $u_i=1, v_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第三群 $u_i=0, v_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第四群
5-8	u_i, v_i, w_i	$u_i=1, v_i=1, w_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第一群 $u_i=0, v_i=1, w_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第二群 $u_i=1, v_i=0, w_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第三群 $u_i=1, v_i=1, w_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第四群 $u_i=0, v_i=0, w_i=1 \rightarrow A_i$ 屬於第五群 $u_i=0, v_i=1, w_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第六群 $u_i=1, v_i=0, w_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第七群 $u_i=0, v_i=0, w_i=0 \rightarrow A_i$ 屬於第八群

從上表中，我們可以看出不同 0-1 變數的值其所代表的分群意義。以下我們將針對分群的數學模式來作定義，所有目標式的涵義皆為「最小化各個評估目標到其所屬群組中心點的幾何距離」，接著我們再利用 0-1 變數的技巧，來決定各個評估目標所應分屬的群組。

以下我們將針對兩群、三群與四群三種方式的模式作介紹，其他更多群的方式，可依此類推。

◆ 分群模式一兩群

假設 (X_a, Y_a, Z_a) 為第一群的中心點 G_a ， (X_b, Y_b, Z_b) 為第二群的中心點 G_b ，此為未知的變數。 (X_i, Y_i, Z_i) 為評估目標 A_i 在球面上的座標，已由3.3節決策球模式中計算出， R 為球半徑， u_i 為控制不同分群的0-1變數。

《目標式》

$$\begin{aligned} \text{MIN} \quad & \sum_{i=1}^n u_i * [(X_i - X_a)^2 + (Y_i - Y_a)^2 + (Z_i - Z_a)^2] \\ & + \sum_{i=1}^n (1 - u_i) * [(X_i - X_b)^2 + (Y_i - Y_b)^2 + (Z_i - Z_b)^2] \end{aligned} \quad [3.28]$$

《限制式》

$$X_k^2 + Y_k^2 + Z_k^2 = R^2, \quad k = a, b \quad [3.29]$$

$$-1 \leq x_k \leq 1, \quad 0 \leq y_k \leq 1, \quad -1 \leq z_k \leq 1 \quad [3.30]$$

$$u_i \in \{0, 1\} \quad [3.31]$$

◆ 分群模式一三群

假設 (X_a, Y_a, Z_a) 、 (X_b, Y_b, Z_b) 、 (X_c, Y_c, Z_c) 為第一、二、三群的中心點，分別為 G_a 、 G_b 、 G_c ，其座標值將由模式來產生。 (X_i, Y_i, Z_i) 為評估目標 A_i 在球面上的座標，已由3.3節決策球模式中計算出， R 為球半徑， u_i 、 v_i 為控制不同分群

的 0-1 變數。

《目標式》

$$\begin{aligned}
 \text{MIN} \quad & \sum_{i=1}^n (u_i * v_i) * [(X_i - X_a)^2 + (Y_i - Y_a)^2 + (Z_i - Z_a)^2] \\
 & + \sum_{i=1}^n [(1 - u_i) * v_i] * [(X_i - X_b)^2 + (Y_i - Y_b)^2 + (Z_i - Z_b)^2] \\
 & + \sum_{i=1}^n [u_i * (1 - v_i)] * [(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2 + (Z_i - Z_c)^2]
 \end{aligned} \quad [3.32]$$

《限制式》

$$X_k^2 + Y_k^2 + Z_k^2 = R^2, \quad k = a, b, c \quad [3.33]$$

$$-1 \leq x_k \leq 1, \quad 0 \leq y_k \leq 1, \quad -1 \leq z_k \leq 1 \quad [3.34]$$

$$u_i, v_i \in \{0, 1\}$$



◆ 分群模式—四群

假設 (X_a, Y_a, Z_a) 、 (X_b, Y_b, Z_b) 、 (X_c, Y_c, Z_c) 與 (X_d, Y_d, Z_d) 為第一、二、三、四群的中心點，分別為 G_a 、 G_b 、 G_c 與 G_d ，其座標值將由模式來產生。 (X_i, Y_i, Z_i) 為評估目標 A_i 在球面上的座標，已由 3.3 節決策球模式中所計算出， R 為球半徑， u_i 、 v_i 為控制不同分群的 0-1 變數。

《目標式》

$$\begin{aligned}
 MIN \quad & \sum_{i=1}^n (u_i * v_i) * [(X_i - X_a)^2 + (Y_i - Y_a)^2 + (Z_i - Z_a)^2] \\
 & + \sum_{i=1}^n [(1 - u_i) * v_i] * [(X_i - X_b)^2 + (Y_i - Y_b)^2 + (Z_i - Z_b)^2] \\
 & + \sum_{i=1}^n [u_i * (1 - v_i)] * [(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2 + (Z_i - Z_c)^2] \\
 & + \sum_{i=1}^n [(1 - u_i) * (1 - v_i)] * [(X_i - X_d)^2 + (Y_i - Y_d)^2 + (Z_i - Z_d)^2]
 \end{aligned} \tag{3.35}$$

《限制式》

$$X_k^2 + Y_k^2 + Z_k^2 = R^2, \quad k = a, b, c, d \tag{3.36}$$

$$-1 \leq x_k \leq 1, \quad 0 \leq y_k \leq 1, \quad -1 \leq z_k \leq 1 \tag{3.37}$$

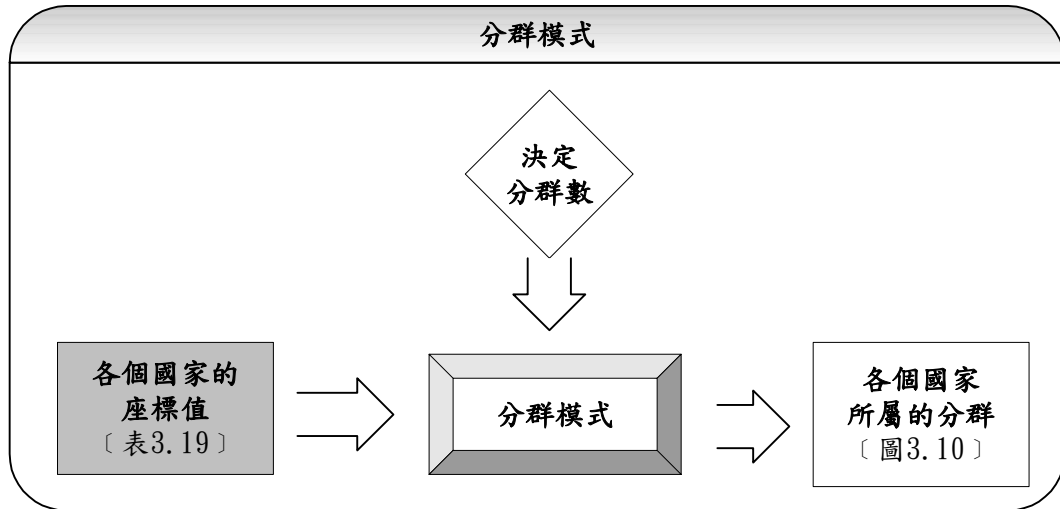
$$u_i, v_i \in \{0, 1\}$$



以上三種模式中，式子〔3.29〕、〔3.33〕與〔3.36〕皆是用來設定群組中心點必須位於球面上的限制，式子〔3.30〕、〔3.34〕與〔3.37〕則是用來限制中心位於北半球。

三、實例探討

我們繼續之前亞太地區 17 個國家的例子。整體實作架構如下：



《圖 3.11》分群模式之實作架構圖



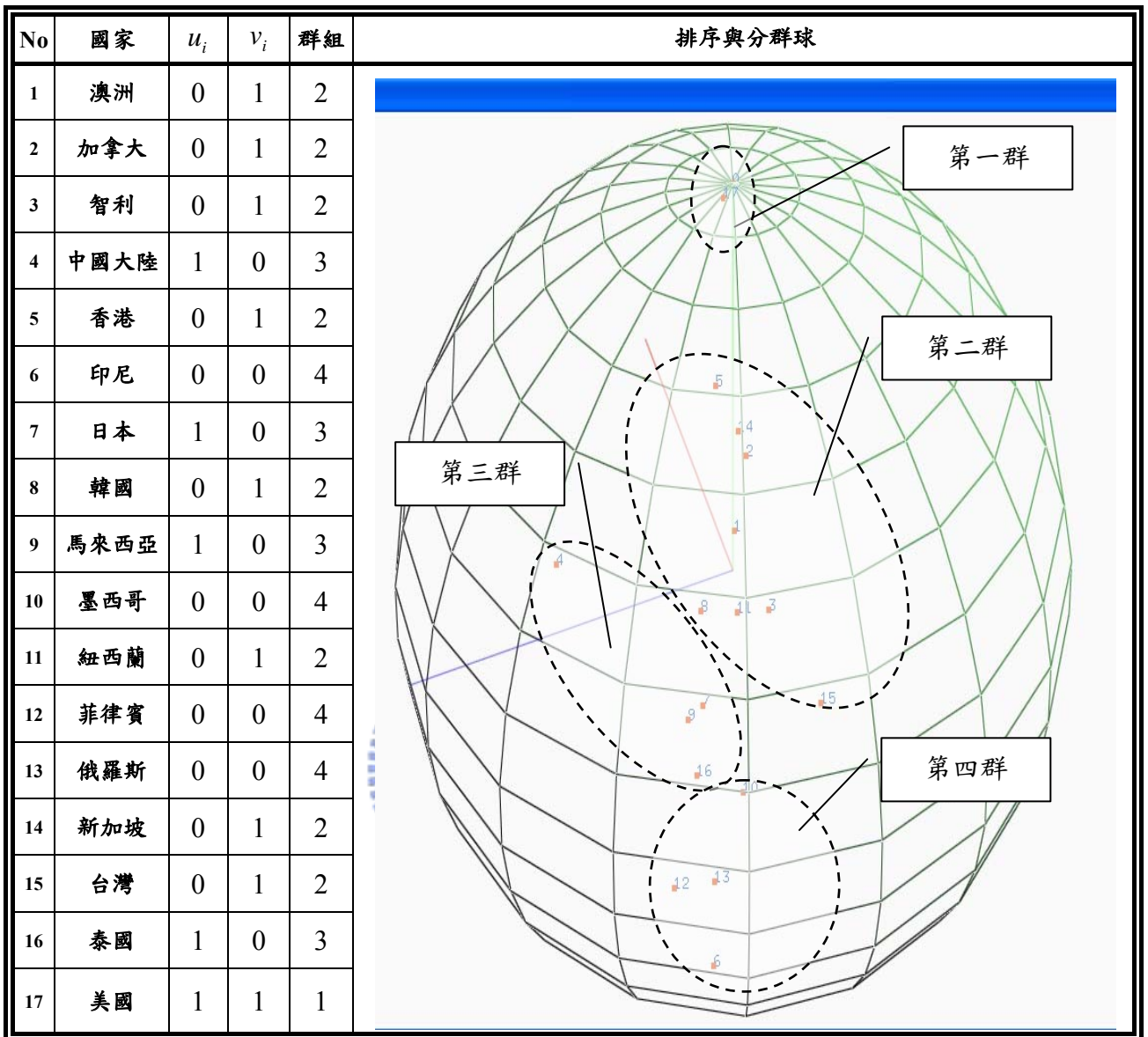
在本節的分群模式中，輸入變數為各個國家在球面上的相對座標值，所以，我們可以在《表 3.19》中得到由 3-D 排序球模式所計算出來的相對座標。

假設本研究欲將 17 個國家分成三群，依照三群的模式定義，我們需要兩個二元變數 u_i 與 v_i 來控制分群。所以根據 LINGO8.0 的計算，我們可以得到三群中心點座標〔表 3.21〕所有評估目標所屬的 u_i 與 v_i 值〔表 3.22〕，並根據此結果將所有國家分成三群。

《表 3.22》分群模式：群組中心點座標

群組中心點	X 軸	Y 軸	Z 軸
G_a	-0.01786	0.999671	-0.01841
G_b	-0.61315	0.764817	-0.19773
G_c	-0.69598	0.586054	-0.41491
G_d	-0.88695	0.267312	-0.37664

《表 3.23》分群模式：亞太地區國家分群結果



《第一群》美國

《第二群》香港、新加坡、加拿大、澳洲、智利、韓國、紐西蘭、台灣

《第三群》中國大陸、日本、馬來西亞、泰國

《第四群》墨西哥、俄羅斯、菲律賓、印尼

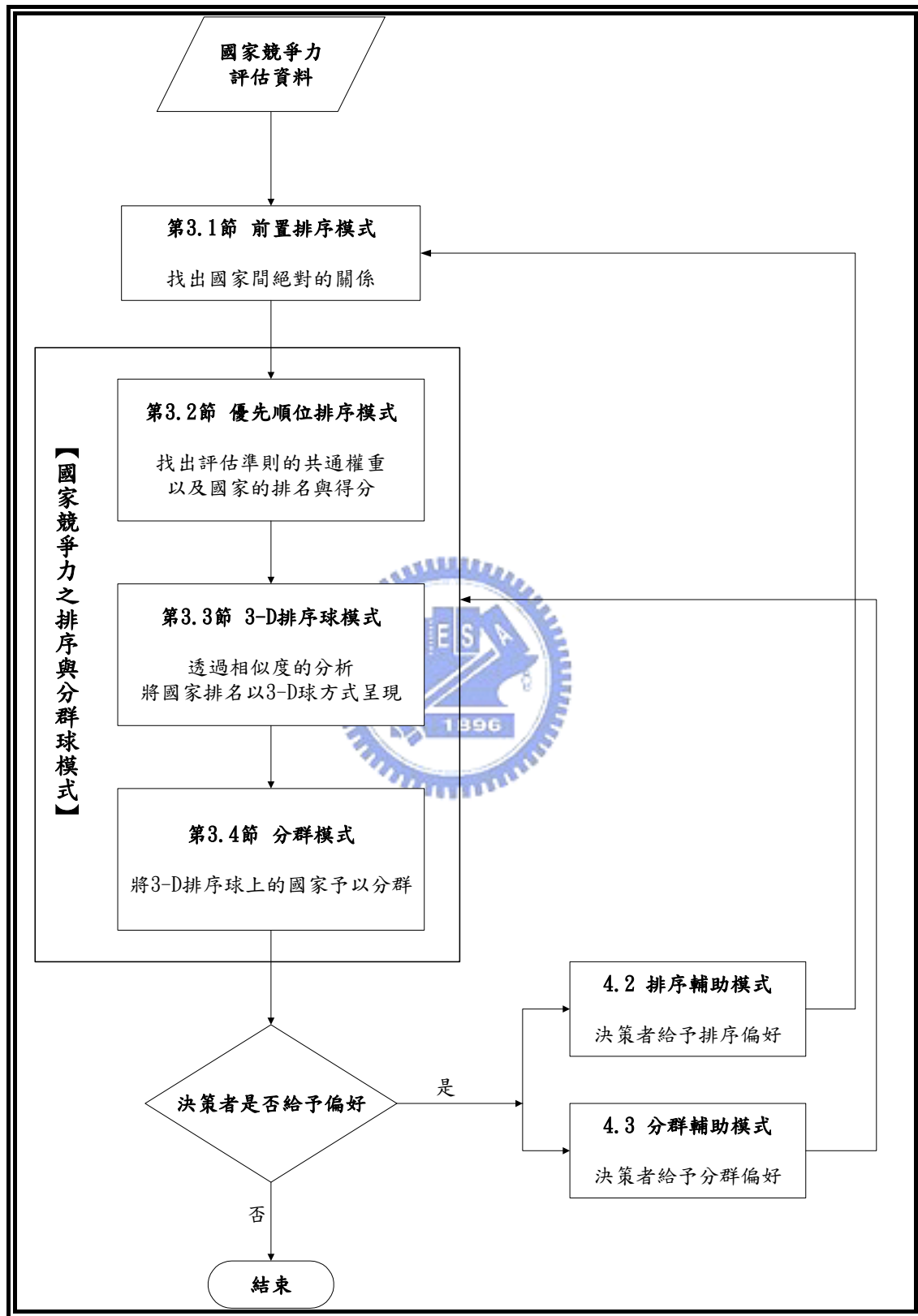
第四章、疊代式排序與分群輔助模式

4.1 輔助模式的概念與架構

在多屬性決策方面，排序與分群是決策者常需面臨的抉擇。在本研究第三章中，我們提出了各個數學模式來給予量化資料作參考，並將所有的評估目標以一3-D球的型態來顯示出其排序與分群的關係。但是在決策的過程當中，除了根據既有的作評判外，決策者的偏好也是作決策時所必要重視的。例如：社會新鮮人找工作時會想排出工作的優劣順序，除了根據可蒐集到的數據資料外，另外在他心中仍會存在著無法量化的偏好關係〔哪些工作是喜歡的、尚可的或是不考慮的等等〕。所以，一個客觀的決策輔助模式是必要存在的。

基於現有的多屬性決策方法中，不易有效表達決策者的偏好【14】。本節設計了一疊代式的排序與分群輔助模式，希望藉由本研究第三章所給予的資訊，來輔助決策者給定自我偏好的關係，並重複此方式到所有結果皆符合決策者之偏好為止。

「疊代式排序與分群輔助模式」的整體架構以《圖 4.1》來表示。



《圖 4.1》「疊代式排序與分群輔助模式」之整體架構

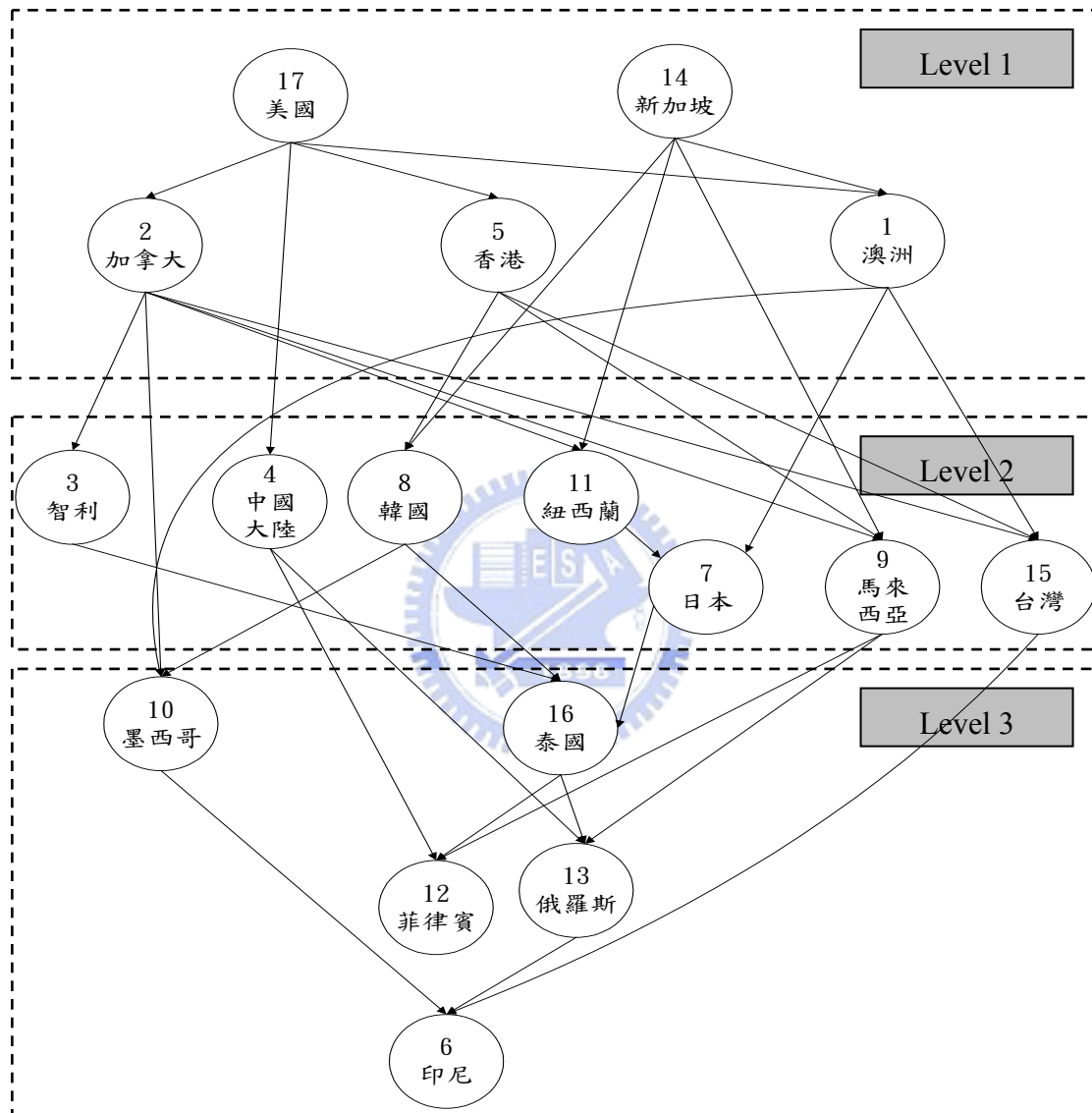
4.2 排序輔助模式

在 3.3 節中，3-D 排序球模式已清楚地呈現了評估目標的排名，但是對於決策者來說，並不一定會完全滿意排名的結果。因此本節的目的在於輔助決策者給予自我的排序偏好，並以 3.1 節前置排序模式所產生的比較圖與 3.3 節 3-D 排序球模式所產生的結果作為參考資訊。

在 3.1 節中，我們已找出了國家間存在的絕對關係，為了防止決策者給予不合理的偏好，我們將 3.1 所產生的比較圖轉換成表格化的方式來表達，使決策者能了解哪些關係是可以給定的。另外，因為非遞移性〔intransitivity〕的決策行為普遍存在於人們的抉擇中，為了防止決策者有非遞移性的行為產生，我們提出了疊代式〔iterative〕的方式來修正競賽矩陣，在決策者決定了所有 A_i 與 A_j 間的優劣關係之後，我們即修正原有的競賽矩陣，並同時更新評估目標的比較圖與 3-D 排序球，以作為決策者是否繼續給予偏好關係的參考。另外，我們沿用第三章亞太地區國家競爭力的例子作說明，根據 3.3 節 3-D 決策球的結果《圖 3.8》，若決策者不滿意模式所呈現的排名，可依據下列所述的整體排序輔助模式之步驟給予自我排序偏好。

《步驟一》

利用亞太地區國家競爭力比較圖《圖 3.3》中的資訊，將所有國家分成三部分，分別為 Level 1、Level 2、Level 3，如下圖。



《步驟二》

根據《步驟一》所分成的三部分，我們將每一部分的國家以表格的方式來呈現彼此已存在的絕對關係。其中，陰影部分表示既有存在的優劣關係，空白部分則為決策者可以給予優劣偏好的部分，標號“O”表示欄位所在的列國家優於欄國家，標號“X”則表示欄位所在的列國家劣於欄國家。

《表 4.1》排序輔助模式：Level 1 國家彼此間的絕對關係

	美國	新加坡	加拿大	香港	澳洲
美國			O	O	O
新加坡					O
加拿大	X				
香港	X				
澳洲	X	X			

《表 4.2》排序輔助模式：Level 2 國家彼此間的絕對關係

	智利	中國大陸	韓國	紐西蘭	日本	馬來西亞	台灣
智利							
中國大陸							
韓國							
紐西蘭					O		
日本				X			
馬來西亞							
台灣							

《表 4.3》排序輔助模式：Level 3 國家彼此間的絕對關係

	墨西哥	泰國	菲律賓	俄羅斯	印尼
墨西哥					O
泰國			O	O	O
菲律賓		X			
俄羅斯		X			O
印尼	X	X		X	

《步驟三》

根據《步驟二》所列出的表格，決策者可以在空白欄位上填入自我的偏好關係，標號的使用與《步驟二》相同。並根據決策者所決定的所有偏好關係，將其轉換成變數 T 的形式表示，規則如下：

$$\text{若 } A > B \rightarrow T_{ab} = -1, T_{ba} = 1$$

因此，以 3.3 節 3-D 決策球的結果《圖 3.8》來看，若決策者認為新加坡的競爭力必須優於香港，則在《表 4.4》中，甲君即將列國家為新加坡，欄國家為香港的欄位裡加上”O”的標號。以此方法類推，我們以《表 4.4》、《表 4.5》與《表 4.6》來表示決策者所有的偏好關係。

《表 4.4》排序輔助模式：決策者對 Level 1 國家所給予的偏好關係

	美國	新加坡	加拿大	香港	澳洲
美國			O	O	O
新加坡				O	O
加拿大	X			O	
香港	X	X	X		X
澳洲	X	X		O	
變數表示		說明			
$T_{5,14}=1$	新加坡優於香港				
$T_{5,1}=1$	澳洲優於香港				
$T_{5,2}=1$	加拿大優於香港				

《表 4.5》排序輔助模式：決策者對 Level 2 國家所給予的偏好關係

	智利	中國大陸	韓國	紐西蘭	日本	馬來西亞	台灣
智利				X			
中國大陸			X	X	X		X
韓國		O			X		
紐西蘭	O	O			O		
日本		O	O	X			
馬來西亞			X				
台灣		O					
變數表示		說明					
$T_{4,8}=1$		韓國優於中國大陸					
$T_{3,11}=T_{4,11}=1$		紐西蘭優於智利、中國大陸					
$T_{4,7}=T_{8,7}=1$		日本優於中國大陸、韓國					
$T_{4,15}=1$		台灣優於中國大陸					

《表 4.6》排序輔助模式：決策者對 Level 3 國家所給予的偏好關係

	墨西哥	泰國	菲律賓	俄羅斯	印尼
墨西哥					O
泰國			O	O	O
菲律賓		X		O	
俄羅斯		X	X		O
印尼	X	X		X	
變數表示		說明			
$T_{13,12}=1$		菲律賓優於俄羅斯			

《步驟四》

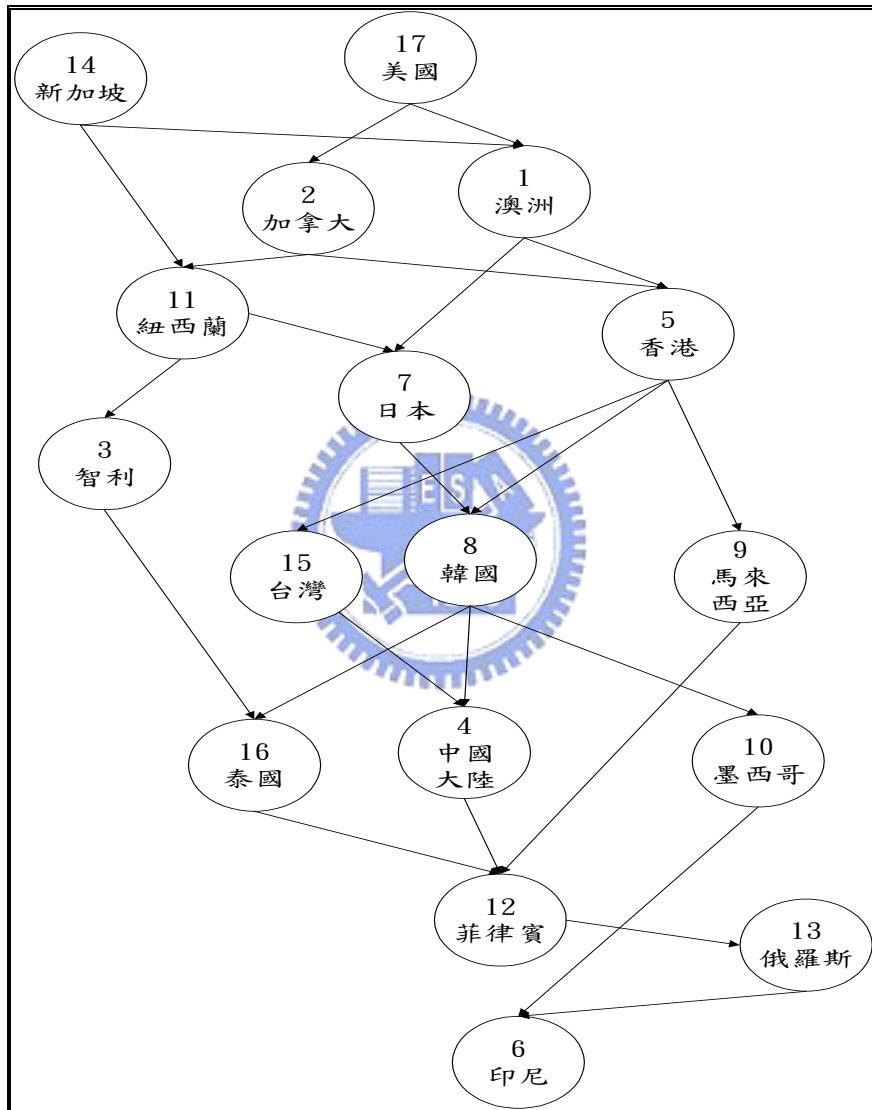
將《步驟三》所建立的偏好關係加入原始的競賽矩陣中，以得到一新的競賽矩陣《表 4.7》，陰影部分為新增的絕對關係。

《表 4.7》 2002 年亞太地區國家競爭力之競賽矩陣〔加入偏好關係〕

No	國家	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	澳洲	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1
2	加拿大	0	0	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1
3	智利	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	-1	-1	0	0	-1	1
4	中國大陸	0	0	0	0	0	-1	1	1	0	0	1	-1	-1	0	1	0	1
5	香港	1	1	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1
6	印尼	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
7	日本	1	1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0	1	-1	-1	1	0	-1	1
8	韓國	0	0	0	-1	1	-1	1	0	0	-1	0	-1	-1	1	0	-1	1
9	馬來西亞	0	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	1	0	0	1
10	墨西哥	1	1	0	0	1	-1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	紐西蘭	0	1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	1	0	-1	1
12	菲律賓	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	-1	1	0	1	1
13	俄羅斯	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
14	新加坡	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0
15	台灣	1	1	0	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
16	泰國	1	1	1	0	1	-1	1	1	0	0	1	-1	-1	1	0	0	1
17	美國	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	0

《步驟五》

將《步驟四》所產生的新競賽矩陣帶入 3.1 節前置模式中，根據《圖 3.4》的流程，我們會得到一新的比較表《圖 4.2》，以作為決策者繼續給予偏好的參考資訊。



《圖 4.2》2002 年亞太國家競爭力比較圖〔加入偏好關係〕

《步驟六》

將《步驟三》決策者給予的偏好關係以及原有評估目標間的絕對關係加入 3.2 節優先順位排序中，以其產生新的權重值與排名。因此，加入偏好關係後的

權重值為《表 4.8》所示，而新的國家排名與得分以《表 4.9》表示。

《表 4.8》優先順位排序模式：評估準則之權重值〔加入偏好關係〕

	經濟表現	政府效能	企業效率	基礎設施
原始的權重值	0.388	0.227	0.24862	0.1367
新的權重值	0.178	0.024	0.20453	0.5942

《表 4.9》優先順位排序模式：國家之排名、得分與排名圖〔加入偏好關係〕

No	國家	新排名	原始排名	新得分數	新的排名圖
1	澳洲	4	5	0.6092	
2	加拿大	2	4	0.6904	
3	智利	9	6	0.4041	
4	中國大陸	12	6	0.3600	
5	香港	5	2	0.6091	
6	印尼	17	17	0.0025	
7	日本	7	10	0.4532	
8	韓國	11	6	0.3861	
9	馬來西亞	10	12	0.3881	
10	墨西哥	16	14	0.1710	
11	紐西蘭	6	6	0.5164	
12	菲律賓	14	16	0.1710	
13	俄羅斯	14	15	0.1710	
14	新加坡	3	3	0.6774	
15	台灣	8	11	0.4532	
16	泰國	13	13	0.2506	
17	美國	1	1	0.9970	

因此，我們從結果中得知，優先順位排序模式為了符合決策者的偏好，所產生出來新的權重值較偏重於”基礎建設”這項評估準則，與 3.2 節所產生的原始權重有所不同。而新的國家排名方面，為了符合決策者給定的偏好關係，整體的排名亦有所變動。

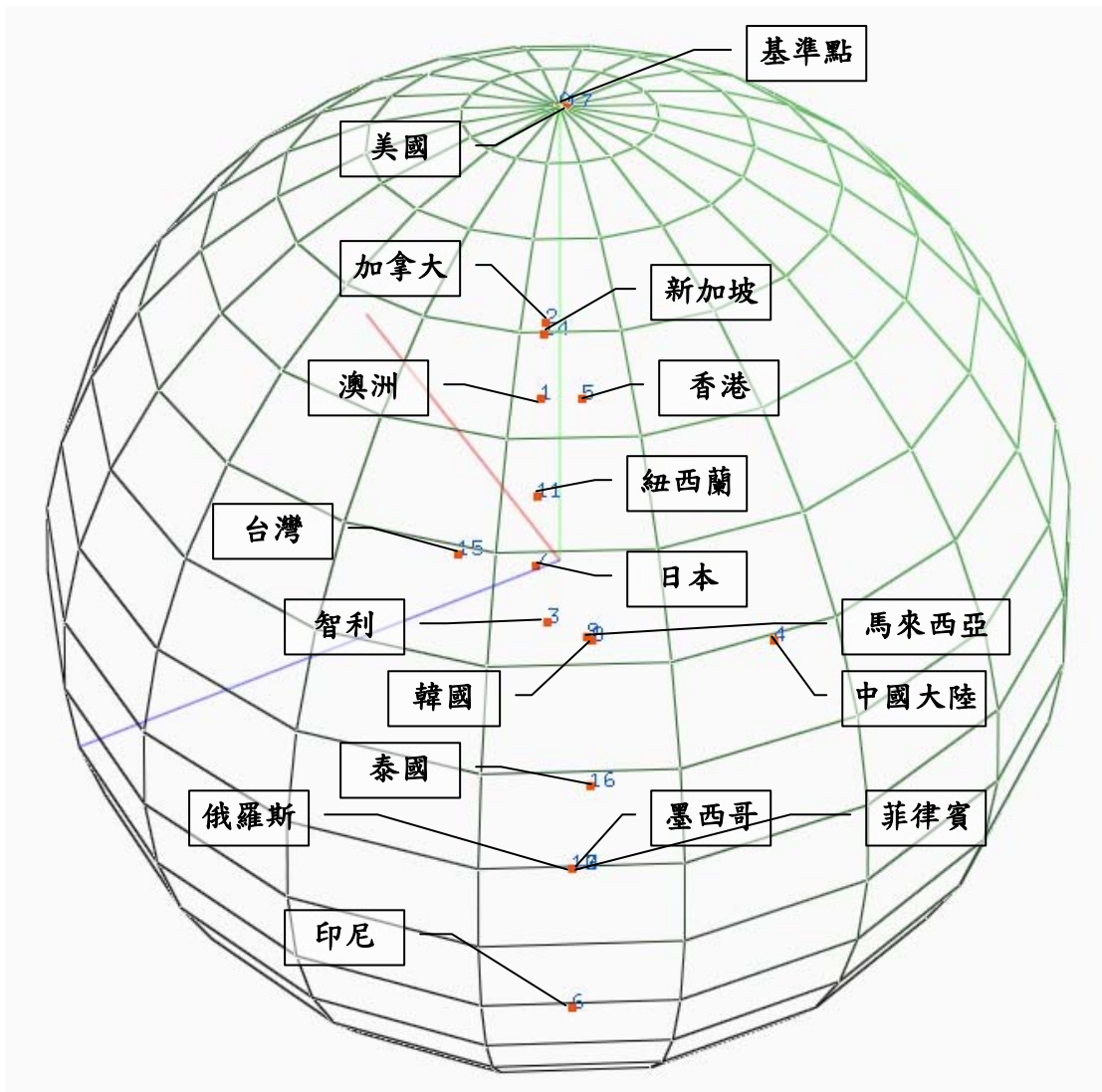
《步驟七》

將《步驟六》所產生的結果帶入 3-D 排序球模式中，依據《圖 3.7》的架構，重新計算出評估目標在球面上的座標，並且將其繪製在 3-D 球上。

所以，我們將國家競爭力新的得分與權重值帶入 3-D 排序球模式，新的經過 LINGO8.0 的計算，可以得到國家新的座標值《表 4.10》與新的 3-D 排序球。

《表 4.10》3-D 排序球模式：亞太地區國家的相對座標值〔加入偏好關係〕

No	國家	x 軸	y 軸	z 軸
1	澳洲	-0.59379	0.775377	-0.21496
2	加拿大	-0.51374	0.842722	-0.16091
3	智利	-0.69888	0.692038	-0.18068
4	中國大陸	-0.45871	0.692038	-0.55738
5	香港	-0.39823	0.898962	-0.18242
6	印尼	-0.92109	0.052336	-0.38582
7	日本	-0.74275	0.578886	-0.33647
8	韓國	-0.65275	0.692038	-0.30822
9	馬來西亞	-0.74269	0.558585	-0.36932
10	墨西哥	-0.84378	0.454189	-0.28592
11	紐西蘭	-0.68103	0.692038	-0.23934
12	菲律賓	-0.854	0.263265	-0.44875
13	俄羅斯	-0.88494	0.286194	-0.36738
14	新加坡	-0.47739	0.863355	-0.16346
15	台灣	-0.81506	0.569253	-0.10786
16	泰國	-0.79631	0.478101	-0.37056
17	美國	-0.03571	0.998684	-0.03681
18	基準點	0	1	0



《圖 4.3》3-D 排序球模式：亞太地區國家為例〔加入偏好關係〕

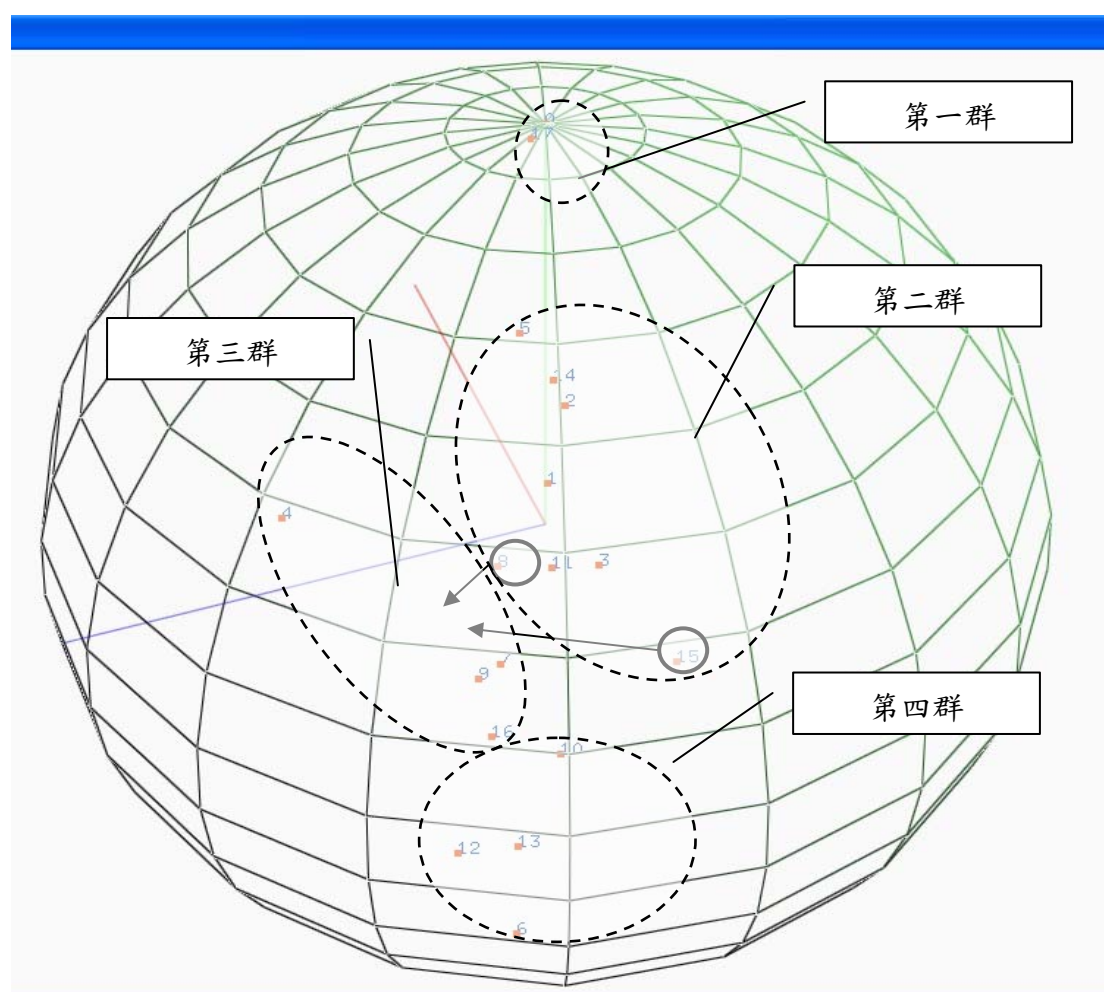
《步驟八》

根據《圖 4.3》的結果，若決策者預繼續選擇偏好關係時，則回到步驟一，否則即結束此流程。

4.3 分群輔助模式

在 3.4 節中，我們將 3.3 節所產生的 3-D 排序球加以分群，並清楚地呈現了各個評估目標所在的群組。但是同樣的，對於決策者來說，對於分群的结果並不一定會完全滿意。因此，本節的目的在利用 3.4 節所產生的排序與分群球來輔助決策者給予分群的偏好，並根據決策者給予的分群偏好，重新計算所有評估目標的球面座標值、排名與權重值等，以產生一新的排序與分群球模式。

依據《表 3.22》的排序與分群球，若決策者欲將台灣〔代號 15〕與韓國〔代號 8〕從第二群改至第三群，如《圖 4.4》箭頭所示，則我們將加入偏好後的分群資訊帶回第三章模式中，來得到一新的排序與分群球。



《圖 4.4》亞太地區國家排序與分群球：偏好給定的示意圖

在本節裡，我們將第三章中「優先順位排序模式」、「3-D 排序球模式」以及「分群模式」加以結合，並定義為「排序與分群球模式」。

◆ 排序與分群球模式

《目標式》

「優先順位排序模式」的目標式+「3-D 排序球模式」的目標式
+「分群模式」的目標式

《限制式》

「優先順位排序模式」的限制式+「3-D 排序球模式」的限制式
+「分群模式」的限制式

為了符合決策者所給的分群偏好，我們將各個評選目標所屬的群組當成輸入資料，以此代入「排序與分群球模式」中重新計算出一新的排序與分群球。因此，根據《圖 4.4》決策者給定的分群偏好，我們可以將加入分群偏好後的國家分群以《表 4.11》呈現。

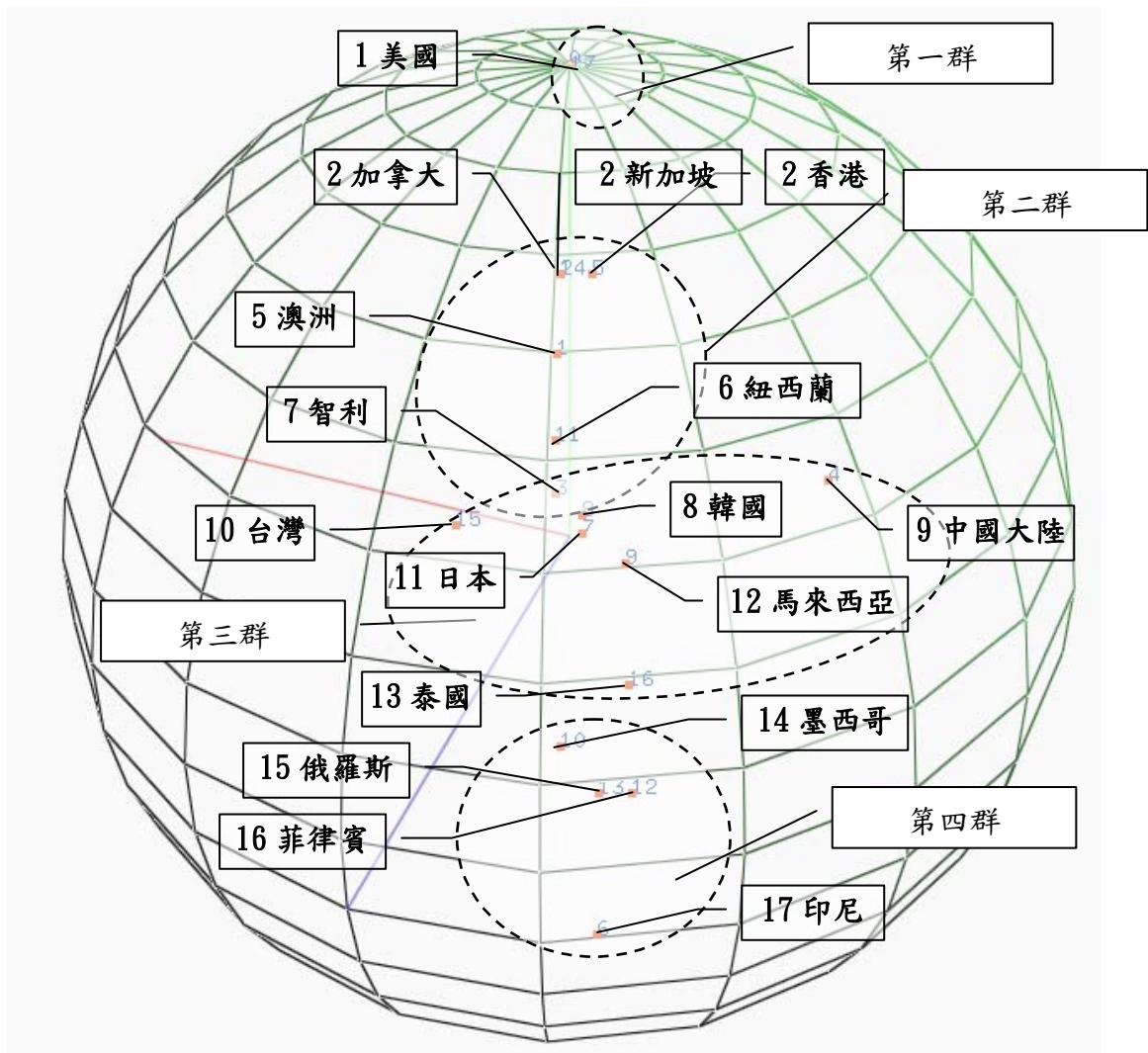
其中，韓國與台灣為決策者欲更改群組的國家。根據《表 3.22》，韓國與台灣本屬於第二群組，因決策者將其改至第三群，所以我們更改兩者的二元變數 u_i 、 v_i 值為《表 4.11》所示。因此，將《表 4.11》帶入「排序與分群球模式」中，我們會得到國家間新的權重值《表 4.12》、排名值與座標值，我們仍將結果以一新的國家競爭力之排序與分群球來呈現，所以從《圖 4.5》中我們可以清楚的看出加入偏好群組關係之後，所有國家的新排名與分群情況〔國家前標號即為排名值〕。

《表 4.11》亞太地區國家分群結果〔加入偏好關係〕

No	國家	u_i	v_i	群組
1	澳洲	0	1	2
2	加拿大	0	1	2
3	智利	0	1	2
4	中國大陸	1	0	3
5	香港	0	1	2
6	印尼	0	0	4
7	日本	1	0	3
8	韓國	1	0	3
9	馬來西亞	1	0	3
10	墨西哥	0	0	4
11	紐西蘭	0	1	2
12	菲律賓	0	0	4
13	俄羅斯	0	0	4
14	新加坡	0	1	2
15	台灣	1	0	3
16	泰國	1	0	3
17	美國	1	1	1

《表 4.12》排序與分群球模式：評估準則之權重值〔加入偏好關係〕

	經濟表現	政府效能	企業效率	基礎設施
原始的權重值	0.388	0.227	0.24862	0.1367
新的權重值	0.289971	0.103487	0.258	0.34851



《圖 4.5》亞太國家競爭力之排序與分群球〔加入偏好關係〕

最後，若決策者仍不滿意此分群結果，可繼續給予偏好，直到滿意所呈現的結果為止。

第五章 結論與未來展望

5.1 主要研究成果

本研究主要提出了一新的國家競爭力之評估模式，本模式改善了世界競爭力年報中各項競爭力指標的權重值皆為相等的缺點，並以一 3-D 圖像化的方式來呈現國家競爭力的排序與分群狀況，以提供更多的國家競爭力資訊來輔助決策者。

另外，本研究亦提出了一疊代式的排序與分群輔助模式，此模式的目的是在於協助決策者給定國家之間的偏好關係，並將決策者的偏好關係加入國家競爭力之排序與分群模式中，以找出加入偏好關係後的排名與分群結果。

因此，本研究主要的成果有以下幾點：

- (1). 本研究所提出的國家競爭力評估模式，主要涵蓋了國家排名與分群兩個層面，提供了決策者更多的資訊作參考。
- (2). 本研究以一決策球來顯示國家競爭力的排名與群聚關係，決策者可以以決策球的北極點為基準點向下輔視，越接近北極點的國家表示其排名越高，而國家間的距離越近表示其有較高的群聚關係。
- (3). 本研究設計了一疊代式的排序與分群輔助模式，讓決策者可以給予國家排序與分群的偏好關係，並以此計算出加入偏好關係後整體國家競爭力的排名與分群結果。

5.2 未來課題

我們將未來發展的方向，歸納出以下三點：

1. 本研究所提出的「國家競爭力之排序與分群決策球模式」，主要只適用於競爭力評估準則為產出變數的實例，若競爭力指標有產出與輸入的變數時，本模式是不適用的。

所以，針對此缺點未來可以朝著下列兩方面來加以改進，以拓展模式的適用性。

(1). 得分函數的定義

本模式所使用的得分函數主要是用線性的加權平均法來評估各個國家的得分值，此模式並不適用於競爭力指標有投入變數。若要拓展模式的適用性，我們可將得分函數定義為”Cobb-Douglas Function”，其中 Y_{kr} 表示第 k 個國家的第 r 種競爭力產出指標值， X_{ki} 表示第 k 個國家的第 i 種競爭力投入指標值， U_r 、 V_i 則為產出指標與投入指標的權重值。

$$h_k = \frac{\prod_{r=1}^s Y_{kr}^{U_r}}{\prod_{i=1}^m X_{ki}^{V_i}}$$

以上函數必需滿足下列限制。

$$\sum_{r=1}^s U_r = 1, U_r > 0, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{i=1}^m V_i = 1, V_i > 0, \quad i = 1, \dots, m$$

(2). 非相似性的定義

在第 3.3 節的 3-D 排序球模式中，特性一與特性三皆顯示出相似度的定義與得分函數的定義有著高度的關聯性，所以，若改變得分函數為”Cobb-Douglas Function”的形式時，評估目標間非相似性的定義也必須加以更改，才能符合本研究之「國家競爭力之排序與分群決策球模式」。

2. 未來可根據本研究所提出的整體國家競爭力評估架構，來發展一國家競爭力評估的決策支援系統，以便利決策者的使用。
3. 對於國家競爭力的研究，至今尚無良好的策略模擬模式來改善個別國家的排名值，此課題可為未來研究發展的方向之一。



參考文獻

- [1] 林美萱，”台灣全球競爭力之排名分析”，國政評論，科經（評）092-004號，中華民國九十二年一月。
- [2] 林秀英，”解讀國家競爭力指標（下）”，技術尖兵，第084期，90年12月號。
- [3] 高強，”東南亞國家競爭力研究中心”，國立成功大學九十一年度研究所基礎教育重點改善計畫。
- [4] 施振榮，”io-知識經濟的經營之道”，天下生活，2000年七月
- [5] 李明軒、邱如美合譯，波特著，國家競爭優勢(上)，天下文化出版公司，民國86年4月，共553頁。
- [6] 詹中原，”國家競爭力之 Who, What and How? ”，國政評論，憲政（評）091-093號，中華民國九十一年三月
- [7] IMD，The World Competitiveness Yearbook，2003
- [8] 徐子光，「國家競爭力評估方法之研析」，經濟情勢暨評論季刊，第3卷，第2期，民國86年8月。
- [9] 高強、黃旭男、Sueyoshi，”管理績效評估：資料包絡分析法”，華泰文化，92年8月
- [10] 張李志平，在決策過程中以喜好球的視覺化方式消除喜好衝突，國立交通大學資訊管理所碩士論文，民89
- [11] 黎漢林、馬麗菁、黃芸珊，”決策方案的排序與分群—高爾圖與決策球的應用”，Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineer, Vol. 21, No. 2 (2004), pp. 113-120
- [12] 葉台英，矛盾下的抉擇—決策球的運用，國立交通大學資訊管理所碩士論文，民90

- [13] Trevor F. Cox and Michael A.A. Cox, "Multidimensional Scaling on a Sphere," *Communications in statistics*, 20(9), 1991, pp. 2943 – 2954.
- [14] Shih-Kung **Lai** and Lewis D. **Hopkins**, "Can Decision Makers Express Multi-attribute Preferences Using AHP and MUT? An Experiment," *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22 (1995) pp. 21-34.

