

第二章 文獻探討

本研究目的為提出一個供應商績效評估模式，並且瞭解績效指標間的關係，利用分析網路程序法及決策實驗室法得到指標的權重及關連度，因此首先探討過去供應商評估方法及使用的評估指標，並分析各方法的優缺點，接著分別探討分析網路程序法及決策實驗室法的概念及應用，並以範例輔助瞭解。

2.1 供應商管理

在今日競爭的環境下，企業所面臨最重要的挑戰即是選擇策略的供應商，因為可視供應商為企業最佳的無形資產(Muralidharan,2002)，供應商管理已不能單用財務性指標為基礎，因為其無法提供遠瞻的觀點、無法得知策略的、非財務的績效、無法直接測量有效性(effectiveness)及效率(efficiency)、無法以流程導向及跨組織為觀點(Bullinger et al.,2002)，至今已有許多非財務指標被提出，大多可分為四大類：品質、成本、交期、彈性、服務。

評估供應商時，必須要有適當的評估制度，並定期的評估供應商以確保能達到績效標準，績效標準可以管理基礎的流程(評估公司作了什麼)、教育(根據衡量的要素，可讓員工知道什麼是重要的)、指示(標準定義出差距(實際值至理想值差距)指出應該改善的地方)(Melnik et al.,2004)。

2.1.1 供應商評估程序

Ellram(1990)提出發展供應商關係的五個步驟，分別為：

- 一、建立策略需求
- 二、定義有潛力之供應商
- 三、過濾及選擇

四、建立關係：必須高度關注並提供適當的回饋

五、評估關係：決定持續合作、擴大或縮小合作範圍

大部分供應商評估模式皆遵從這五步驟，但較少研究指出如何評估關係，本研究重點針對以合作供應商進行評估，以持續合作為前提，提供供應商改善。

2.1.2 供應商評估模式

回顧文獻已有許多的供應商評估方法被提出，簡述較常使用之方法，包括：

一、考核項目比較法 (Categorical models)：

根據過去資料及採購者的經驗，將供應商依照各種準則(如：成本、品質、交期...等等)評估，對於各種準則供應商被分為「良好」、「尚可」、「差」並以(+)、(0)、(-)分別表示，若某供應商比其他供應商的(+)較多，即為最佳之供應商，此方法限制各準則的權重相同，特色為直覺的、主觀的，並且簡單、便宜、容易使用。此外，此方法可改良於準則權重不同的情況，以(+1)、(0)、(-1)取代(+)、(0)、(-)，計算供應商的總分並排序，即可得最佳供應商。

二、成本比率法 (Cost-ratio methods)

以成本分析為基礎，不止計算採購價錢，還包括採購者內部營運成本，如：品質、交期、和服務，選擇總採購成本與採購金額比率最低的供應商。此方法比考核項目比較法客觀，但是因為無法將供應商的績效完全轉為成本計算，所以在實做上較複雜。

三、權重點數法 (Weighted point method, WPM)

一般可由以下公式表示：

$$A_j = \sum_{i=1}^n a_i b_{ij}$$

其中， A_j 為供應商 j 的總績效， a_i 為準則 i 的權重， b_{ij} 為以準則 i 評估供應商 j 的績效表現， n 為評估準則的個數。使用權重點數法時，評估準則必須定義清楚並給予權重，Thompson(1991)指出權重點數法簡單，並且可以適用於任何採購決

策型態，但是限制績效單位必須相同。

四、供應商參數分析模式 (Vendor profile analysis)

此方法修改自權重點數法，利用 Thompson 的表示方法，可以下列公式表示：

$$A_{jk} = \sum_{i=1}^n a_i b_{ijk}$$

其中， A_{jk} 為供應商 j 在模擬中重複第 k 次的分數， a_i 為準則 i 的權重， b_{ijk} 為在模擬中重複第 k 次時以準則 i 評估供應商 j 的績效表現， n 為評估準則的個數。

此方法使用蒙地卡羅模擬取代人工直覺評估，買方不需要直接給予各準則所得分數，只需提供估計分數的範圍，模擬過程隨機產生估計範圍內的樣本值 (b_{ijk})，接著結合權重產生總績效的機率分配。蒙地卡羅模擬簡化評估模式中決策者的輸入(Input)，並且提供比權重點數法更多資訊的輸出(Output)。

五、目標規劃 (Goal programming)

並非直接計算目標函數的最大或最小化，反而計算各目標偏差的最小化，各目標的偏差根據各目標的權重而來，目標規劃跟其他數學規劃方法不同為盡量達到目標的滿意度，而不是以最佳化為概念。

六、多目標規劃 (Multi-objective programming)

以多目標決策為基礎建構評選供應商模式，使用數個目標函數，因此可以同時考慮多個準則，並由限制形成可解區間，以提供決策者多個可行解，並非只提供單一的最佳解，因此決策者可以分析不同的準則對於決策的影響。

七、分析層級程序法 (Analytical hierarchy process, AHP)

為多準則決策中最常被使用之方法，AHP將複雜問題簡化成簡明的層級結構系統，清楚指出準則的不同層次及其從屬關係，利用成偶比較(Pair-wise comparison)得知各準則權重，替代者也進行成偶比較，分數最高者為佳供應商。AHP的優點為系統化的評估程序，能夠解決非量化及量化的問題，缺點為假設問題為階層結構，不符合真實情形。

八、分析網路程序法 (Analytical network process, ANP)

為AHP的延伸，可解決準則內部相依及回饋的問題，先決定群集間元素的關係(外部相依)及集群內元素的關係(內部相依)，接著同AHP利用兩兩比較的方式得到準則的權重，可避免AHP視各階層為獨立的限制。

九、資料包絡分析法 (Data envelopment analysis, DEA)

DEA以效率為概念建構評選模式，將供應商評估準則中的單位用線性規劃方式結合多項投入及產出指標，建立一個假想的綜合單位用以分析對供應商投入與產出之相對效率，藉由這種方法計算每一供應商的相對效率值以做為績效評估的基準，DEA將供應商分成兩類，有效率的及無效率的，Weber& Desai(1996)提出結合數學規劃及DEA提供採購者針對無效率供應商協調的工具。

十、統計方法

統計方法處理有關供應商選擇中不確定的資料，雖然已有相當多的採購模式被提出，如：需求不確定，但是僅有少數的供應商選擇需要解決這類的問題，此外，已被提出的統計模式通常一次只能假設某一個準則為不確定。Trietsh(1988)以訂單前置時間為不確定，發展一個供應商選擇決策支援系統。

根據文獻將上述方法及其他評估方法整理如表 2-1，另外，針對常被使用的供應商評估模式彙整其優缺點，整理於表 2-2。

表 2-1 供應商績效評估方法整理

方法種類	評估方法	作者
傳統方法	考核項目比較法 (Categorical models)	Willis and Houston(1990)
	成本比率法 (Cost-Ratio method)	Dobler et al.(1990) Timmerman(1986)
	權重點數法 (Weighted point method)	Thompson(1990) Timmerman(1986)

		Soukup(1987)
	叢集法 (Clustering methods)	Holt(1998) Hinkle et al.(1969)
	矩陣點數法 (Matrix method)	Gregory(1986)
數學規劃法	混合整數規劃 (Mixed integer programming)	Bender et al.(1985) Narasimhan(1983) Weber and Current(1993) Gaonkar and Viswanadham(2001)
	多目標規劃 (Multi-objective programming)	Weber and Ellram(1993) Weber(1996) Weber and Desai(1996) Weber et al.(1998 、 2000a,b)
	目標規劃 (Goal programming)	Karpak et al.(1999)
多準則決定	詮釋結構模式 (Interpretive structural modeling, ISM)	Mandal and Deshmukh(1994)
	分析層級程序法 (Analytical hierarchy process, AHP)	Tam and Tummala(2001) Masella and Rangone(2000) Barbarosoglu and Yazgac(1997) Hill and Nydick(1992) Narasimhan(1983)
	分析網路程序法 (Analytical network process,	Sarkis and Talluri(2002)

	ANP)	
成本基礎模式	總成本法 (Total cost of ownership models)	Ellram(1995) Degraeve et al.(2000)
	作業基礎制成本系統 (Activity-based costing)	Roodhooft and Konings(1996) Degraeve and Roodhooft(1998)
統計方法	統計分析 (Statistical analysis)	Mummalaneni et al.(1996)
	主成分分析 (Principal component analysis)	Petroni and Braglia(2000)
	蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo simulation)	Thompson(1990,1991)
其他方法	類神經網路 (Neural networks)	Siyng et al.(1997)
	田口損失函數 (Taguchi loss function)	Pi and Low(2005)
	資料包絡分析法 (Data envelopment analysis)	Talluri(2002a) Narasimhan et al.(2001) Weber and Desai(1996) Weber et al.(1998)
混和方法	Linear programming and AHP	Gohdsypour and O'Brien(1998)
	WPM and Monte-Carlo simulation	Thompson(1990)
	ISM and AHP	Chan(2003)

資料來源：Talluri(2003)&本研究整理

表 2-2 供應商評估模式之優缺點

方法	優點	缺點 (限制)
考核項目比較法 (Categorical models)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可包含質化及量化的準則 2. 容易使用 3. 成本低 4. 需要資料少 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每個準則權重相同 2. 主觀性
成本基礎模式 (Cost-based methods)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本導向 2. 客觀評估 3. 可有風險評估的能力 4. 可量化由供應商導致的問題 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 忽略非採購成本之準則 2. 需要較多資料 3. 需要具有綜合性的成本會計系統以產生正確的成本資訊 4. 實行成本高 5. 使用於多決策者時較困難
權重點數法 (Weighted point method)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 容易理解 2. 容易使用 3. 適用任何採購決策 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 權重決定較主觀 2. 所有因素皆必須以標準化單位呈現 3. 假設順序的排列為重要性的等級
數學規劃法 (Mathematical programming models)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可得最佳解 2. 客觀評估 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 較難計算多決策者的意見 2. 目標函數係數需事先決定 3. 只允許一個目標函數在,所以在 LP/MIP 中,將多個目標函數視為限制式 4. 無法考慮不可量化的準則
供應商參數分析 模式 (Vendor	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考慮不確定的資訊 2. 較結構化的量化模式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 較難使用在複雜的問題 2. 給予準則權重較主觀

profile analysis)		<ul style="list-style-type: none"> 3. 績效分配由個人認定、變異數來詮釋 4. 評估供應商個數較多時，採用此方法較費時
統計方法 (Statistical methods)	<ul style="list-style-type: none"> 1. 考慮不確定資訊 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 分配認定方法無法涵蓋複雜的多變的狀況 2. 機率分配為假設
分析層級程序法 (AHP)	<ul style="list-style-type: none"> 1. 計算程序簡單易懂 2. 具有一致性的檢定能力 3. 可將複雜問題系統簡化成簡明的層級結構系統 4. 可包含非量化及量化的準則 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 若受訪專家人數過多或人選認定標準的偏差，將影響分析結果之一致性 2. 準則數相當多時，所需的成對比較亦相當多 3. 並未考量多條件間相互依賴的特性
分析網路程序法 (ANP)	<ul style="list-style-type: none"> 1. 考慮準則間相依及回饋的情形，符合真實情況 2. 具有一致性的檢定能力 3. 可包含非量化及量化的準則 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 若受訪專家人數過多或人選認定標準的偏差，將影響分析結果之一致性 2. 準則數相當多時，所需的成對比較亦相當多
資料包絡分析法 (DEA)	<ul style="list-style-type: none"> 1. 效率的計算不受輸入項與輸出項計量單位影響 2. 可提供改善資訊 3. 較客觀 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 準則數不可太少

資料來源：Muralidharan et al.(2002)&本研究整理

2.1.3 供應商評估準則

供應商評估過程中，因為要同時考慮不同的準則而變的相當複雜，準則可能含有質化的、量化的，甚至是互相衝突的(De Boer, 1998)，一個策略性的評估方法必須同時考慮多的準則，回顧過去文獻，Dickson(1996)首先針對工業採購經理進行調查，歸納出 23 個供應商評選因素，並指出採購經理評選為極重要的因素為品質(quality)與交期(delivery)，Weber et al.(1991)針對 Dickson(1966)所提出的 23 項評估調查從 1967 年至 1990 年的文獻上出現的頻率，找出最常見的評估因素，依排序如表 2-3 所示。

表 2-3 Dickson 23 項評估指標在文獻上出現的頻率

重要性排序	評估指標	重要性排序	評估指標
1	品質	13	管理組織架構
2	交期表現與達交率	14	管理控制程序
3	歷史績效表現	15	修護的服務
4	品質與客服政策	16	服務的態度
5	生產設備與產能	17	過去合作的印象
6	價格	18	產品封裝能力
7	生產技術與能力	19	勞資關係
8	財務狀況	20	地理位置
9	客服處理程序	21	歷史營業額
10	溝通的系統	22	員工訓練程度
11	業界的聲譽	23	協商能力
12	與業界的關係		

資料來源：Weber et al.,1991

在Operations Management 一書中，Stevenson(2002)將供應商的評估指標簡化為八個大項目，如表2-4所示。

表 2- 4 供應商選擇的八大項評估指標

評估指標	細項說明
生產時間與達交水準	供應商需要多長的生產時間？
	供應商提供哪些保證準時交貨的程序？
	供應商提供哪些交貨時間的矯正程序？
品質與品質保證	供應商提供哪些品質管制與品質保證程序？
	供應商提供哪些品質保證的矯正措施？
	供應商提供哪些進料管理的程序？
彈性	供應商在處理品質、交期變更時有哪些彈性？
地點	供應商的地理位置是否對企業有利？
價格	供應商所提供的價格合理嗎？
	供應商願意做價格協議嗎？
	供應商願意共同合作致力於成本降低嗎？
產品與服務變更	產品或服務一有變更供應商的回應能力為何？
聲譽與財務穩定	供應商聲譽如何？
	供應商財務穩定性如何？
其他	供應商與其他供應商的關係為何？
	供應商管理程序與組織制度為何？

資料來源：Stevenson, W.J., 2002

從Dickson與Stevenson 所提出的評估指標中，可以看出供應商的生產品質與達交率都是重要性排序很高的評估指標。但是他們也提到，供應商的企業體質也是必須納入考量的因素之一，即供應商的組織架構、管理制度與財務狀況等內部的營運情形，因為這些內部的運作因素與供應商的生產品質與達交率有著密

不可分的關係。

Simpson et al.(2002)從 Fortune 前 150 名公司中，挑選 110 位採購管理者，及美國供應管理協會(Institute for Supply Management)中隨機挑選 2001 名會員，調查供應商績效的管理方式，在評估供應商績效的項目中，Simpson 將其分為 19 種，並指出各種類所佔的比例，如表 2-5 所示。

表 2-5 供應商的 19 項評估種類

評估項目種類	種類中項目個數	佔所有評估項目 (n=2278)的百分比	相對重要程度
品質和流程控制	566	24.9	1
持續改善/創新/R&D	210	9.2	2
設備環境	188	8.3	2
顧客關係和溝通	187	8.2	2
交期	185	8.1	2
存貨和倉儲	158	6.9	2
訂貨程序	132	5.8	2
財務狀況和規模	126	5.5	2
認證	81	3.6	3
價格	81	3.6	3
員工/顧客服務	81	3.6	3
領導/管理	70	3.1	3
技術	63	2.8	3
教育/訓練	46	2.1	3
訂單與發票處理	38	1.7	3
封裝能力	30	1.3	3

員工	24	1.1	3
保證	8	0.4	4
地點	4	0.2	4

資料來源：Simpson et al.,2002

由此可知，品質仍舊是最重要的，與 Dickson (1966)和 Stevenson(1999)的研究符合，但是持續改善的能力漸漸受到重視，由於現在企業強調與供應商建立長期的關係，企業期望供應商能持續改善以增加競爭力，本研究即是以此為背景，研究如何持續改善供應商績效。

2.2 分析網路程序法(Analytic Network Process , ANP)

2.2.1 ANP 法簡介及應用

分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process , AHP)是1971年Thomas L. Saaty因規劃工作問題而首創。其針對問題訂立總目標，根據總目標發展出次目標，即為下層元素，反覆直到最上層元素，藉由評估尺度(Scale)進行成偶比較 (Pairwise Comparison)，求出特徵向量做為評估各元素間的權重，最後再透過綜合求得整體的優先順序。

Saaty 於1996年將分析層級程序法延伸，提出分析網路程序法(Analytic Network Process , ANP)，其最大的不同為AHP視各準則為獨立，ANP則考慮準則或替代方案間存在內部相依(Interdependence)及回饋(Feedback)的關係，AHP為ANP的特殊情形，ANP常應用在無法以階層結構表示的多準則決策問題，如：專案選擇(Meade & Presley , 2002 ; Lee & Kim , 2000)，產品規劃，策略性決策 (Sarkis, 2003 ; Karsak et al. , 2002)，最佳化排序(Momoh & Zhu , 2003)，供應商選擇(Sarkis & Talluri , 2002)，多維度分析(Huang et al. , 2005)...等等，因為當我們在考量各種決策準則時，不僅在同一階層的準則之間有影響，在不同階層之間的準則也會互相影響，所以真實情況並不是線性的上下階層結構，反而比較類似於網路。ANP目的在於透過評估尺度得到並預測所有準則、目標、方案間精確的內部關係，及互相影響的作用後各集群(Cluster)、元素(Element)的權重。

Saaty將網路中的元素分成幾種類型，如圖2-1所示：系統內包含了數個互相影響、屬性相類似的準則或替代方案(稱為元素)，所集合而成的集群(Cluster)；再以箭頭方向表示這些集群間的影響關係，可以構成一個網路。某些集群沒有箭線輸入，如C₁，稱為起始元素 (Source Component)；某些集群沒有箭線離開，如C₅，稱為終點元素 (Sink Component)；某些集群有進入與離開箭線，如C₃，稱為中間元素 (Intermediate Component)。

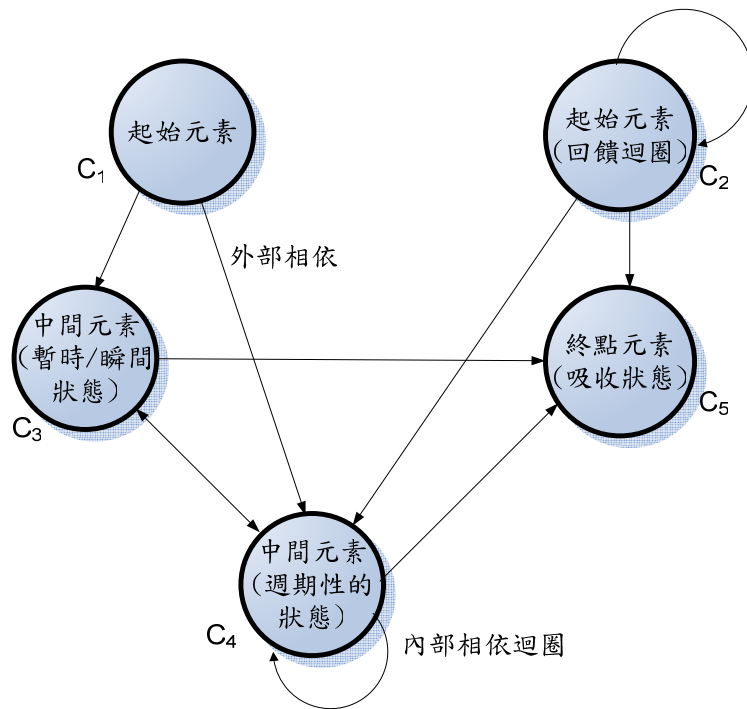


圖 2-1 ANP 之網路架構

資料來源：Saaty(2001)

2.2.2 ANP 法決策程序

第一階段為準則間的比較，ANP 使用比例尺度來建構矩陣，Saaty 將尺度分為 1~9 以代表同樣重要至非常重要九種程度，建構矩陣的過程為準則成偶比較，詢問決策者「當兩個準則比較時，此準則比另一個準則重要程度有多少？」，矩陣內的每一個比例尺度代表一個集群內的元素對於其他集群內元素的影響(稱為外部相依)，或對自己本身集群內元素的影響(稱為內部相依)，但並不是所有的元素皆會影響到其他的元素，此時用 0 代表兩者間的關係，最後將全部集群的元素分別列於矩陣的左方與上方，形成一個完整的綜合矩陣，稱為「超級矩陣」

(Supermatrix)，形式為：

$$\mathbf{W} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ e_{11}e_{12}\dots e_{1n_1} & e_{21}e_{22}\dots e_{1n_2} & \dots & e_{m1}e_{m2}\dots e_{mn_m} \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} e_{11} & & & \\ \vdots & & & \\ e_{1n_1} & & & \\ e_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ e_{2n_2} & & & \\ \vdots & & & \\ e_{m1} & & & \\ \vdots & & & \\ e_{mn_m} & & & \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 2-2 超級矩陣

資料來源：Saaty(2001)

其中， C_m 代表第 m 個集群， e_{mn} 代表在第 m 個集群中第 n 個元素，

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_{i_1j_1} & w_{i_1j_2} & \dots & w_{i_1j_{n_j}} \\ w_{i_2j_1} & w_{i_2j_2} & \dots & w_{i_2j_{n_j}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i_{n_i}j_1} & w_{i_{n_i}j_2} & \dots & w_{i_{n_i}j_{n_j}} \end{bmatrix} \text{ 為第 } j \text{ 個集群中元素與第 } i \text{ 個集群中元素成偶比較}$$

之特徵向量(eigenvectors)，若第 j 個集群對第 i 個集群沒有影響則 $W_{ij} = 0$ ，因此

超級矩陣的形式完全根據結構而來，以下面兩個圖形為例：

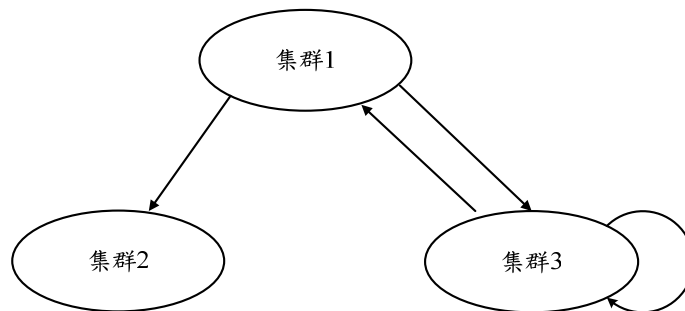


圖 2-3 網路結構範例一

根據範例一的結構，其超級矩陣形式為：

$$\mathbf{W} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & C_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & \mathbf{W}_{13} \\ \mathbf{W}_{21} & 0 & 0 \\ \mathbf{W}_{31} & 0 & \mathbf{W}_{33} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

範例二的結構比範例一更為複雜，結構如圖所示：

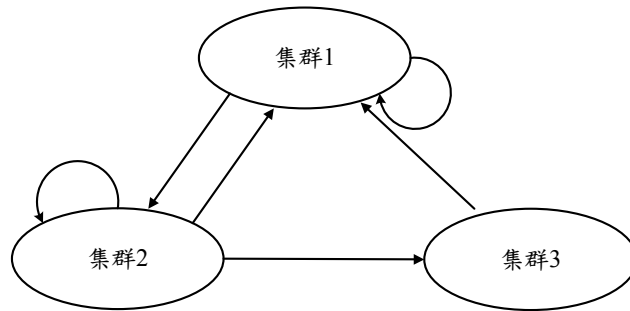


圖 2-4 網路結構範例二

其超級矩陣形式為：

$$\mathbf{W} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{11} & \mathbf{W}_{12} & \mathbf{W}_{13} \\ \mathbf{W}_{21} & \mathbf{W}_{22} & 0 \\ 0 & \mathbf{W}_{32} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}, \text{ 其中 } \mathbf{W}_{ij} \text{ 都是經過成偶比較計算後的特徵向量。}$$

第二階段為超級矩陣的運算，建構出超級矩陣後，將其乘以各集群的權重正規化為加權矩陣(weighted supermatrix)，將加權矩陣多次相乘之後，如公式 2-1，將會收斂至一固定值，稱為極限矩陣(Limited matrix)，此時即可得知各元素的權重。

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{W}^k, \text{ 其中 } \mathbf{W} \text{ 為加權矩陣。} \text{-----(2-1)}$$

此外，若超級矩陣中有影響形成迴圈，極限矩陣不會存在唯一，將會有兩個或以上的極限矩陣出現，利用公式 2-2 計算平均權重。

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{k=1}^N \mathbf{W}^k \text{-----(2-2)}$$

2.2.3 ANP 與 AHP 之比較

陳虹遐(民93)根據Satty 的定義將兩種方法依問題的架構、架構層級、分析與評估及決策分析，四個部分做詳細比較如下表2-6。

表 2-6 ANP 法與 AHP 法之架構比較

	AHP法	ANP法
問題的架構	包含：主目標(goal)、次目標(sub goals)、時間範圍(time horizons)、事態(scenarios)、參與者(actors)及利害關係人(stakeholder) 的目標(objectives)及政策(policies)、準則(criteria)、次準則(sub criteria)、貢獻(attributes)和選擇方案(alternatives)。	
架構層級	層級群組間均假設無相關。	層級群組及各元素之間具回饋關係，內部及外部有相依性。
分析與評估	<ol style="list-style-type: none"> 1. 評價準則數目4~7 個為佳。 2. 推導出比例尺度。 3. 綜合、排序方案。 4. 同時評分選擇方案。 5. 探討利益、機會、成本與風險層級。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 評價過程受準則影響。 2. 分控制（或系統）層及網路層。 3. 極限超級矩陣運算及最佳方案選擇。 4. 準則之間具不可縮減、可循環的特性。 5. 做超級矩陣推演比較群組之間的關係。 6. 綜合控制層的利益、成本、機會及風險。 7. 計算極限化超級矩陣。
決策分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 決策過程與人類思考方式接近。 2. 決策者可依實際情況作最佳決策。 3. 決策結果可進一步做敏感度分析，可瞭解問題中哪些準則的改變對結果影響最大。 4. 決策者可修正分析結果並從分析過程中學習解決問題的思考方式。 	分析原理與類神經網路節點類似。

資料來源：陳虹遐(民93)

2.3 決策實驗室法(Decision making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)

2.3.1 DEMATEL 簡介及應用

DEMATEL方法源於1973年日內瓦研究中心Battelle協會，當時DEMATEL方法用於研究世界複雜、困難的問題如(種族、饑餓、環保、能源問題...等等)，目標為協助收集世界問題及獲得整合之解，以增加對世界問題關聯群的理解，並藉由此方法獲得世界各區域間更好的知識交流。近幾年，DEMATEL方法在日本非常熱門，因為此方法可有效的瞭解複雜的因果關係結構，其藉由察看元素間兩兩影響程度，利用矩陣及相關數學理論計算出全體元素間的因果關係，並以數字表示因果影響的強度。相關的應用非常廣泛，包括企業規劃與決策、都市規劃設計、地理環境評估、分析全球問題群...等等領域，例如Yamazaki et al.(1997)利用DEMATEL法分析社會福利的阻礙因素、Tamural et al.(2002)利用DEMATEL法找出社會安全的因素、Hori & Shimizu(1999)利用DEMATEL方法於設計及評估管理系統軟體介面結構，國內研究如Lin & Wu(2004)應用DEMATEL於團體決策、胡雪琴(民92)探討企業問題複雜度、林宗民(民94)研究管理問題的因果關係並建立模式分析。

2.3.2 DEMATEL 架構及運算步驟

一、DEMATEL理論說明

假設元素的影響階層圖如下，由圖 2-5 可知元素 a 直接影響元素 b 及元素 c，同時間接影響元素 d、元素 e、元素 f，再間接影響至元素 g、元素 h、元素 i，將此圖的直接影響由二元矩陣 A(見圖 2-6)表示，直接影響(包括 a-b, a-c, b-d, b-e, c-f, d-g, e-h, e-i, f-i)標示"1"，無直接影響則為空白，將矩陣平方得 A^2 (見圖

2-7), A^2 矩陣中"1"表示第二層的影響, 即第一階的間接影響(包括 a-d, a-e, a-f, b-g, b-h, b-i, c-i), 同理, 將矩陣三次方得 A^3 (見圖 2-8), A^3 矩陣中"1"表示第三層的影響, 即第二階的間接影響(包括 a-g, a-h, a-i), 由此可知, 利用二元矩陣的表示及運算可以得到圖形各階層的影響關係, 但是, 在合理的狀況下, 當影響程度傳度至下一層時, 必須小於上一層的影響程度, 即影響程度遞減, 例如圖中 a 影響 h 的程度必須小於 a 影響 e 的程度, 同樣 a 影響 e 的程度必須小於 a 影響 b 的程度, 所以若用二元矩陣表示將會失去影響程度大小的資訊, 因此, 為了不改變評估者的思考模式, 不使用 0、1 來表示連接關係, 而改用數字表示元素之連接關係及影響程度, 利用數學矩陣的理論以滿足影響程度遞減的情形。

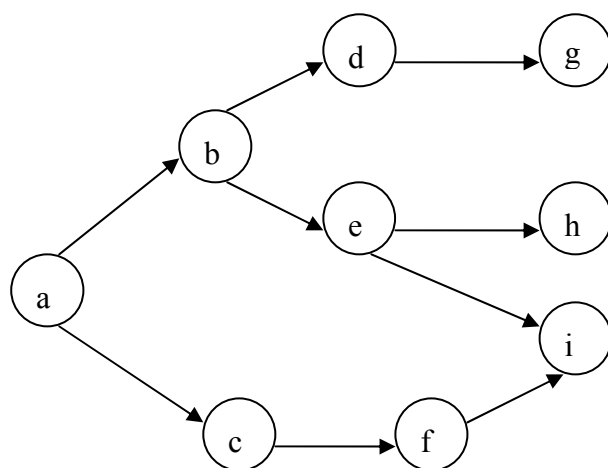


圖 2-5 元素影響階層圖

$A =$

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a		1	1						
b				1	1				
c						1			
d							1		
e								1	1
f									1

圖 2-6 直接影響關係矩陣

$$A^2 =$$

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a				1	1	1			
b							1	1	1
c									1

圖 2-7 第一階的間接影響矩陣

$$A^3 =$$

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a							1	1	1

圖 2-8 第二階的間接影響矩陣

二、DEMATEL 運算步驟

Step1. 定義元素

列出系統中的元素並定義，可經由探討、腦力激盪...等方式獲得。

Step2. 判斷關係

根據專家主觀的心智模型判斷元素兩兩間的關係。成對比較尺度可分為四種程度，分別為 0-沒有影響、1-稍微影響、2-有影響、3-影響很大。

Step3. 產生直接關係矩陣(direct-relation matrix)

若準則個數為 n ，將準則依其影響關係與程度兩兩比較，得到 $n \times n$ 矩陣，稱為直接關係矩陣，以 \mathbf{Z} 表示，矩陣中 z_{ij} 的數字代表準則 C_i 影響準則 C_j 的程度，並且

將其對角元素 z_{ii} 設為 0， \mathbf{Z} 的形式為：

$$\mathbf{Z} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & 0 & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Step4.計算標準化直接關係矩陣

令 $\lambda = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n z_{ij})}$ ，再將整個矩陣的元素乘以 λ ，即 $\mathbf{X} = \lambda \cdot \mathbf{Z}$ ，目的為得到標準

化直接關係矩陣 \mathbf{X} 。

Step5.計算直接/間接矩陣(direct/indirect matrix)

DEMATEL 方法中至少有一個 i 使得 $\sum_{j=1}^n z_{ij} < \lambda$ ，因此矩陣 \mathbf{X} 就類似從吸收馬可夫鏈(absorbing Markov chain)中刪除導致吸留狀態(absorbing state)的行或列後，所得到的子隨機矩陣，已有學者證明 $\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{X}^k = \mathbf{O}$ ，及

$\lim_{k \rightarrow \infty} (\mathbf{I} + \mathbf{X} + \mathbf{X}^2 + \dots + \mathbf{X}^k) = \mathbf{X}(\mathbf{I} - \mathbf{X})^{-1}$ ，其中 \mathbf{O} 為零矩陣， \mathbf{I} 為單位矩陣(Goodman，

1988)。因此直接/間接矩陣 \mathbf{T} 可從下列式子得到。

$$\mathbf{T} = \lim_{k \rightarrow \infty} (\mathbf{X} + \mathbf{X}^2 + \dots + \mathbf{X}^k) = \mathbf{X}(\mathbf{I} - \mathbf{X})^{-1}$$

Step6.計算中心度及關係度

令 t_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, n$) 為 \mathbf{T} 中元素，列的總合及行的總合分別以 D_i 及 R_j 表示，由下列式子可得到：

$$D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$R_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

D_i 表示以元素 i 為原因而影響其他元素的總和，包含了直接及間接影響， R_j 表示以元素 j 為結果而被其他元素影響的總和。 $(D + R)$ 稱為中心度(prominence)，由 D_k 相加 R_k 而來，表示通過此元素影響及被影響的總程度，可顯現出此元素在問題群中的中心度， $(D - R)$ 稱為原因度(relation)，由 D_k 相減 R_k 而來， $(D_k - R_k)$ 若為正，此元素偏向為導致類， $(D_k - R_k)$ 若為負，此元素偏向為影響類。

Step7.繪製因果圖(causal diagram)

因果圖分別以 $(D_k + R_k, D_k - R_k)$ 為序偶，橫軸為 $(D + R)$ ，縱軸為 $(D - R)$ 。因此因

果圖可以將複雜的因果關係簡化為易懂的結構，能深入瞭解問題以提供解決方向，此外藉由因果圖的協助，決策者可根據準則中導致類或影響類來規劃適合的決策。

2.3.3 DEMATEL 範例說明

若系統由五的元素組成，之間的影响程度及方向如圖 2-9 所示。

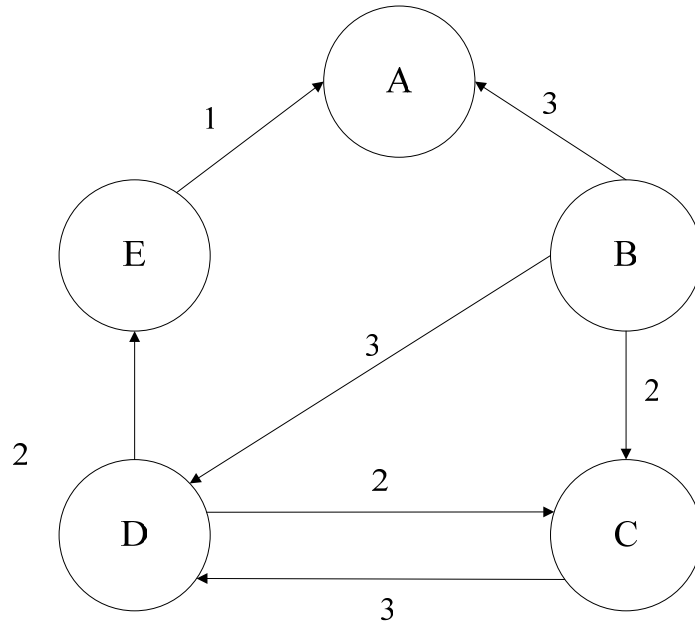


圖 2-9 DEMATEL 範例-直接關係圖

因此直接關係矩陣 Z 為：

$$Z = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

由上列矩陣計算出最大的列和出現在第二列

$$\sum_{j=1}^5 z_{2j} = 3 + 0 + 2 + 3 + 0 = 8$$

將直接關係矩陣除以 8 之後得到標準化直接關係矩陣 X

$$\mathbf{X} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.375 & 0 & 0.25 & 0.375 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.375 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0.25 \\ 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

計算 $\mathbf{T} = \lim_{k \rightarrow \infty} (\mathbf{X} + \mathbf{X}^2 + \dots + \mathbf{X}^k) = \mathbf{X}(\mathbf{I} - \mathbf{X})^{-1}$ ，得到直接/間接關係矩陣 \mathbf{T} 為：

$$\mathbf{T} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.391 & 0 & 0.379 & 0.517 & 0.129 \\ 0.013 & 0 & 0.103 & 0.414 & 0.103 \\ 0.034 & 0 & 0.276 & 0.103 & 0.276 \\ 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

將矩陣畫為圖形表示，如圖 2-10 所示：

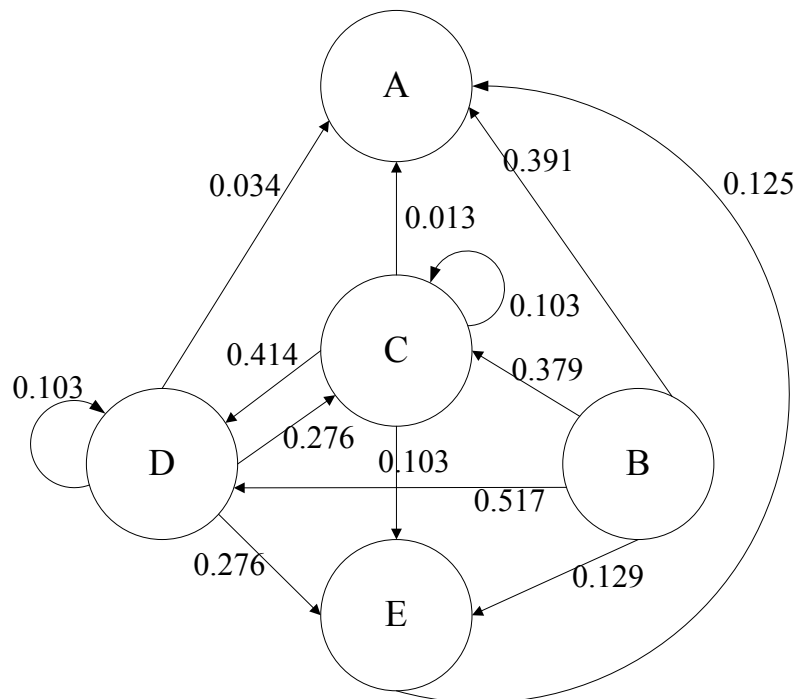


圖 2-10 DEMATEL 範例-直接/間接關係圖

將直接/間接關係矩陣做行與列之運算，如表 2-7

表 2-7 直接/間接矩陣 $\mathbf{X}(\mathbf{I}-\mathbf{X})^{-1}$ 之行列運算

列的和(D)		行的和(R)		行列的和(D+R)		行列的差(D-R)	
問題的順序	值	問題的順序	值	問題的順序	值	問題的順序	值
B	1.416	D	1.034	D	1.723	B	1.416
D	0.689	C	0.758	B	1.416	C	-0.125
C	0.633	A	0.563	C	1.391	D	-0.345
E	0.125	E	0.508	E	0.633	E	-0.383
A	0	B	0	A	0.563	A	-0.563

以 D+R、D-R 為座標位置繪製此五個問題之因果圖，如圖 2-11 所示，由圖可知元素 B 為此問題中之主要問題。

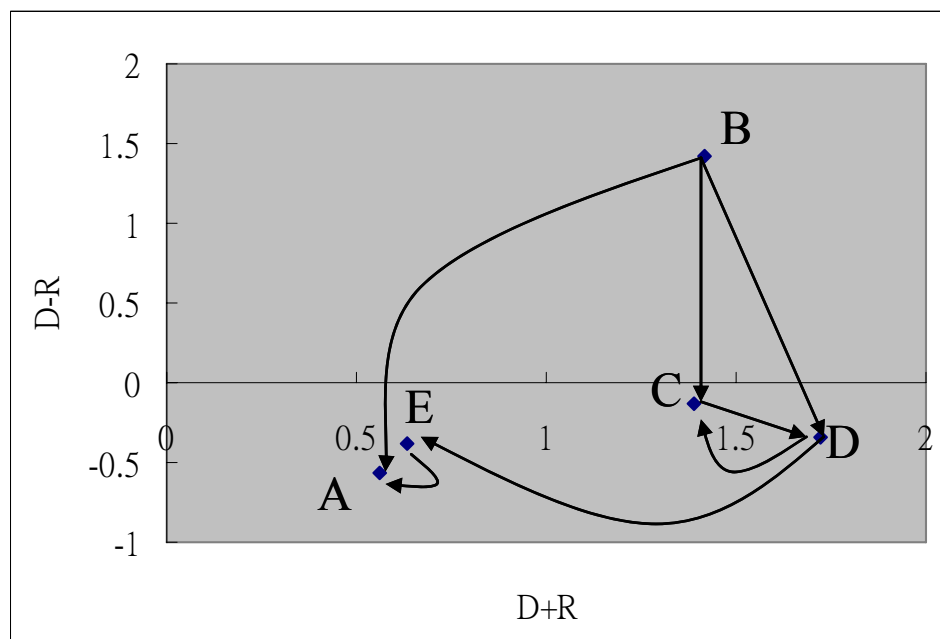


圖 2-11 DEMATEL 範例-因果圖