

## 個別財報專家決策知識模式之研究

薛兆亨

李昇暉

高雄第一科技大學財管系 高雄第一科技大學資管系

### 摘 要

財務報表分析對投資者、債權人與企業管理者而言是一項重要的決策資訊來源，然其分析過程本身即為一項複雜且耗時的非結構性決策工作，其成效端視專家或專業會計師的決策策略；於此，決策支援系統或專家系統足以扮演以模式輔助專家的角色。然如何有效擷取專家知識以建立其決策模式，則為一艱鉅之任務。不同於以往相關之研究方向，本論文探討如何整合決策理論中之過程追溯法與結果分析法建構個別財報專家分析短期償債能力的決策模式，以期能改善其決策品質並達到以模式輔助其個別的判斷及決策的目的。研究人員首先應用口語草稿分析法擷取專家進行決策之認知過程，以問題行為圖表徵專家解決問題的步驟及使用線索。接著運用機率型類神經網路分析由專家以其所使用的線索進行解題後的國內 165 家上市公司案例資料，建立該專家之初始決策策略，並更進一步藉由深入分析專家與類神經網路之不一致處，回饋給該專家使之得以回顧並修正其決策模式。實證結果顯示，藉由本研究所提之整合模式法所建立的專家決策模式，確實可以提供專家檢視並修正其決策模式的機會，亦可降低一般直接採用過程追溯法之研究所可能發生的缺失。

**關鍵字：**決策理論、知識擷取、口語草稿分析法、機率型類神經網路、短期償債能力分析。

# On the Knowledge Modeling of Individual Financial Expert Decision-making

Weissor Shiue

Department of Finance, National Kaoshiung First University of Science and Technology

Sheng-Tun Li

Department of Information Management,

National Kaoshiung First University of Science and Technology

## ABSTRACT

The analysis of financial statement analysis is one of the major decisive information sources for investors, lenders, and managers. It is an unstructured decision problem in nature and a complicated and time-consuming process whose effectiveness is dependent on the decision strategy of expert or CPA. Recently decision support systems or expert systems have been developed for tackling with such work. However, it is of greatly importance and is a non-trivial job for building the decision model based on the knowledge extracted from experts. In this study, we integrate the methodologies of process tracing and output analysis in decision theory to construct the decision model for a senior professional CPA and to improve the decision quality of the expert. First, the recognition process of the investigated expert is identified by using verbal protocol analysis and is represented as problem behavior graphs. Second, an initial decision model of the expert is built from 165 empirical cases he evaluated via applying probabilistic neural network (PNN), a non-blackbox model which allows one to look into the impact of independent variables. The expert is then asked to review and refine his decisive strategy according to the inconsistent cases between him and PNN. The empirical study findings show that can the decision model constructed by the methodology proposed not only alleviate the shortcoming resulting from directly appealing to neural networks but also provides a transparent investigation for decision-making process.

**Keywords:** Decision theory, knowledge acquisition, verbal protocol analysis, probabilistic neural network, liquidity analysis

## 壹、緒論

財務報表所報導的是一家公司在某一時點與某一段時間的財務狀況，其價值在於它們可被用於預測公司的未來盈餘、股息和現金流量風險等等。由投資者的觀點來看，財務報表分析主要是為了預測公司未來的營運績效；但由管理者的眼光來看，財務報表分析可使管理當局藉由比率的變動及趨勢分析來了解基本財務及營運狀況的重大變動，並執行一些控制的行動以作為規劃未來公司方向的起始點 (Brigham & Gapenski 1994)。在眾多的財務分析工具中，由於財務比率可以將複雜的財務報表以少數幾個指標 ( indicators ) 加以表達，分析者 ( 投資者、債權人、管理當局等 ) 可以藉由少數的財務比率了解企業的財務狀況，因此，此種財務分析方式廣為實務界及學術界所採用。此外，財務比率的解釋或分析可以輔助決策之制定，而其分析的結果則由財務專家以其對產業的了解、對時間序列或橫斷面的分析 ( cross-sectional analysis ) 所產生的訊息之主觀經驗來判斷，以作為決策的基礎。財務報表分析所處理的對象雖然只是企業的財務報表，但是在眾多比率中，到底要考慮哪幾個比率、該如何解釋比率所顯示的數字意義，後續又必須再做哪些分析，其分析的過程、分析的順序、數字的解釋與分析的結果，這些都必須仰賴專家的決策模式而定。

然而，財務報表分析對財務專家而言，是項耗時費力的非結構性 ( unstructured ) 決策問題且其結果可能隨著專家的決策認知 ( cognition ) 不同而產生差異。對於此類複雜性高的管理決策問題，透過建立模式 ( modeling ) 以深入了解問題的方法論已廣被各界接受，而所謂的模式乃指所被建立能呈現某些情境

( scenarios ) 特色的一種架構 (Sevnsen 1979)。因此，建立財報分析專家的決策模式或建構決策支援系統 (DSS) 將有助其決策之制定與節省分析所需的時間與精神，而企業高階主管也可以此模式自我診斷公司的財務狀況，以提早作為規劃與控制之用。

根據文獻 (Kushniruk & Patel 1998) 指出，建立專家決策模式的主要方法有二：結果分析法 ( output analysis ) 以及過程追溯法 ( process-tracing )。前者試圖找出專家在作決策時所使用的相關線索與其決策結果之間的關係，然後發展出一個結構化的決策模式來模擬這個關係，例如回歸分析與類神經網路。後者檢視專家做決策的認知過程，又稱之為決策策略 ( decision strategy ) 的分析，例如口語草稿分析 ( verbal protocol analysis, VPA ) 與透鏡模式 ( lens model )。另一方面，前者乃基於吾人若能正確地預測決策之結果，則表示吾人亦了解決策過程之觀察；後者則體認到若吾人明瞭決策過程，則亦能正確地預測其結果 (Kushniruk & Patel 1998)。兩者皆有其優缺點：過程追溯法可深入了解決策過程，但常被批評為過於主觀且費時耗力；結果分析法則可快速建立決策之因果關係模式，但無法解釋決策者的行為模式。近來隨著資訊技術 (IT) 的快速發展及人工智慧技術 (AI) 的成熟，已有相當多的文獻探討應用 IT 與結合 AI 以改進結果分析法的成效，然而有關決策者行為面 ( 解題策略 ) 的探討則相對地較為缺乏。根據 Hogarth 指出，若不了解行為本身的過程，則無法改善決策行為 (Hogarth 1991)。Sevnsen 與 Kim 等人更進一步與指出，欲建立可靠性高的決策模式，有賴於結果分析法與過程追溯法的整合 (Sevnsen 1979; Kim, Chung & Paradise 1997)。因此，本研究將以過程追溯法探討個別財報分析專家對短期債價

能力的決策策略及以結果分析法驗證其決策模式，並提供適當回饋給專家，供其修正決策策略，以提高決策可靠度與品質。

## 貳、文獻探討

如前所述，現行有關決策模式之建立的文獻多著重於結果分析法之探討（無論是應用傳統統計法或軟式運算之類神經網路、模糊邏輯與基因演算法），對於決策者如何應用資訊之解題策略的探討相對地較少。茲將有關過程分析法文獻彙整如下：

文獻 (Barber & Roehling 1993) 應用 VPA 技術，探討了求職者評估求職公告及決定是否接受面談的決策過程，該文獻並簡要地回顧了若干有關 VPA 在管理決策領域的應用。新近的文獻如 (Ball et al. 1998) 針對資源分配 (resource allocation) 的決策問題，以二十名未受過正規數學訓練（如線性規劃）之大學生進行 VPA 實驗，發現該分析法可達到由線性規劃 (linear programming) 所求得之最佳解的 94% 的效度；更重要的是，透過 VPA，研究者可了解受試者如何進行資源分配決策的制定。類似的研究包括 (Kushniruk & Patel 1998) 應用 VPA 與醫學資訊系統對醫護工作人員進行有聲思考實驗，以分析其醫學決策過程。文獻 (Anderson & Potter 1998) 以線性迴歸與 VPA，對四位富有經驗之財務分析師從事非結構性評估工作的決策行為進行建模研究，並檢視這兩種技術之基本架構以及所使用的資料。根據其研究結果指出，該兩種技術在決策方法論上呈現互補的關係，並且在建立決策模式上各有其獨特的貢獻。

在結果分析法研究方面，統計模式（如回歸分析、區別分析等）已被廣泛地應用於建立專家的主觀決策模式。近來類

神經網路以及專家系統模式的蓬勃發展，賦予建立專家決策模式的新面貌。文獻 (Hill & Remus 1994) 指出類神經網路模式具有較傳統方法為優的建立管理專家決策模式，因其可與智慧型系統整合並且減少因與人互動而引起的干擾。Wong 等人從各種不同的構面（包括決策程序、管理面、技術面等十二項），對自一九八八至一九九五年間，有關類神經網路在企業管理應用的相關文獻進行比較性研究，並建議幾個重要研究方向 (Wong, Bodnovich, & Selvi 1997)。文獻 (Vellido, Lisboa, & Vaughan 1999) 則就 1992 至 1998 有關各種類神經網路在商管及決策等方面的應用加以分門別類，並就其主要貢獻與優、缺點提供一完整之比較表。文獻 (Jain & Nag 1997) 從訓練樣本設計 (sample design) 與績效評估標準 (performance metric) 選擇的角度，進行統計模式及類神經網路模式的比較，並以二群組之分類問題為例，發現類神經網路具有較佳之一般化 (generalization) 的能力。在財務管理議題的運用上，Zopounidis 等人提供一份完整的調查報告，探討有關專家系統與決策支援系統在財務管理應用上所需面臨的課題以及比較若干現行系統的特色，並預期結合類神經網路將有助於提昇決策支援的有效性 (Zopounidis, Doumpos, & Matsatsinis 1997)。Deng 則提出了一整合歸納學習法 (inductive learning) 與類神經網路模式以解決非結構化決策的問題 (Deng 1993)。

由於以回歸分析與區別分析建立專家決策模式時，涉及到採用此類統計模式常有的基本假設與應用上的限制，諸如高斯分布 (normality) 與共線性 (collinearity)，而最近的研究亦顯示以類神經網路所模擬建立的專家決策模式常較統計模式所建立的模式為佳 (Kim, Chung, & Paradice 1997)，因此本研究採用以類神經網路來模擬專家的決策策略並建立專家決策模式

以作為判斷或預測的輔助工具。由於以類神經網路在財務分析的運用上大多以企業破產預測（二元式分類）及企業財務體質為主，而模式上亦多採用倒傳遞網路（back-propagation network）模式（Vellido, Lisboa, & Vaughan 1999）；本研究為不同於以往的研究，乃是以個別財務報表分析專家的主觀經驗為研究對象，並以非黑箱式的（non-blackbox）機率型類神經網路（probabilistic neural networks, PNN）（Specht 1990）模擬專家的分析策略與評估分析結果，達到以結果分析模式輔助專家個別的判斷及決策的目的，因其具有若干較傳統倒傳遞網路的優點，這在新近的相關文獻上已漸被重視，例如文獻（Carson et. al. 1999）的求職顧問之決策模式的建立、文獻（Spear & Leis 1997）的石油天然氣之會計方法選擇以及文獻（Yang, Platt, & Platt 1999）的破產預測等等；此外，有別於現行大部分以類神經網路模式（包括 PNN）為基礎的研究，其往往忽略知識擷取的重要性，於此，我們結合決策理論的口語草稿分析法，對專家的認知過程加以深入探討，以改善其決策品質。

### 參、問題描述

財務報表分析依所欲解決的問題可分為下列分類方式：四分法（短期償債能力、長期償債能力、經營績效、獲利能力）、五分法（收益力、成長力、安定力、活動力、生產力）以及六分法（短期償債能力、長期償債能力、經營績效、獲利能力、投資報酬率、現金流量分析）。由於要全面性的分析一家公司的財務報表必須要使用大量的比率，同時對於財務比率分析結果的陳述較複雜，而短期償債能力是企業在短期內是否生存的重要檢定因素，也是其他財務報表分析（長期償債能力分析與獲利能力分析）的先決條件。因

此本研究擬以短期償債能力分析的決策為實證研究對象，並進行兩項實證研究：(一)以有聲思考法及口語草稿分析法分析財報分析專家在解決短期償債能力時所使用的線索及考慮的因素，(二)依據上述線索，以 PNN 建立財報分析專家之決策模式，並提供適當回饋給專家，供其修正決策策略。實證資料來源則以由台灣經濟新報資料庫收集 165 家上市公司（包括紡織業、電子業及食品化學業等的上市公司）及同業在民國 83、84、85 三年度的財務資訊為主。

### 肆、研究方法

本研究結合 VPA 探討某一財報分析專家對短期償債能力的決策策略以及 PNN 改善其決策品質。茲將其研究方法分述如下：

#### 一、口語草稿分析法

口語草稿分析法在心理學、管理學、教育學及認知學等領域已廣被接受為分析認知過程以及探討各種決策問題之主要方法之一（Ericsson & Simon 1993）。VPA 要求受試者在解題過程中（稱為共時草稿分析法，concurrent protocol analysis）或在完成該工作後（稱為回顧草稿分析法，retrospective protocol analysis），以有聲思考（think aloud）的方式，將其解題決策過程口語化，並記錄在錄音帶或錄影帶，而後由研究人員（知識工程師）將之轉編為一抄本（transcript），以記錄受試者考慮的因素及為什麼做出特定決策或判斷的細節。此項優點可以幫助研究人員，在觀察受試者執行複雜任務時，取得行為的證據（Payne, Braunstein, & Carroll 1978）。同時，為了要由受試者的口語報告中，了解專家在解決問題時所使用的線索，經由 VPA 的抄本通常以問題行為圖

(problem behavior graph, PBG) 表徵，以表示受試者在問題空間之解題過程 (Ericsson & Simon 1993)。PBG 為一由若干節點所組成之網路圖，節點間的聯線代表經由某一運算而產生的知識轉換。這些 PBG 亦經常被轉換成流程圖或 if-then-else 規則的型式，以利電腦的處理。在取得線索後，研究人員便可以依此建立專家決策模式，做為受試者在決策或解題時的思考過程之正式記錄。

## 二、機率型類神經網路

PNN 是由 D. E. Specht 提出的一種監督式 (supervised) 類神經網路架構，其主要特點在於它具有從一組訓練資料中快速學習的能力 (Specht 1990)。更重要的是，當有足夠的訓練資料時，PNN 已被證明將漸近地收斂至貝氏分類器 (Bayesian classifier)。在貝氏分類法中，最重要的工作為如何從一組資料中估測每一類別 (class) A 的機率密度函數 (probability density function, PDF)  $f_A(x)$ ：

$$f_A(x) = P(x|A) \tag{1}$$

其中 X 為待分類的輸入資料。Parzen 證明任意的平滑且連續的 PDF 可被一組 PDF 估測子漸近地逼近 (Parzen 1962)，而 Specht 在 1990 年提出了一個特別的估測子：

$$f_A(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} \sigma^p n_i} \sum_{i=1}^{n_i} \exp \left[ \frac{-(x - X_{Ai})^T (x - X_{Ai})}{2\sigma^2} \right] \tag{2}$$

其中

- $p$  = 輸入資料之維度 (dimension)，
- $n_i$  = 訓練資料之個數，
- $X_{Ai}$  = 類別 A 中的第  $i$  個訓練資料，
- $\sigma$  = 平滑係數 (smoothing parameter)。

由式 (2) 可得知，估測子  $f_A(x)$  為  $n_i$  個多變量高斯分佈之和，其中心點為各訓練資料，而其和不限為高斯函數，因

此，此估測子可適用於一般分類的問題。

Specht 提出 PNN 架構以實作估測  $f_A(x)$ ，在 PNN 中，訓練資料與待分類資料常被正規化為單位長度的向量，因此

$$(\mathbf{x} - \mathbf{X}_{A_i})^T \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{X}_{A_i}) = -2 \cdot (\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{X}_{A_i} - 1) \tag{3}$$

故式 (2) 可簡化為

$$f_A(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} \sigma^p n_i} \sum_{i=1}^{n_i} \exp \left[ \frac{(\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{X}_{A_i} - 1)}{2\sigma^2} \right] \tag{4}$$

PNN 為三層 (three layered) 前饋式 (feedforward) 類神經網路 (如圖 1)，第一層為輸入層 (input layer)，接受輸入資料，中間隱藏層為樣式層 (pattern layer)，存放每一筆訓練資料，而彙總層 (summation layer) 的神經元 (neuron) 對應每一可能的類別，每一彙總神經元即為  $f_A(x)$ ，此層實作了式 (4)。若且唯若訓練資料  $i$  屬於類別  $j$ ，則存在一連結 (connection) 從樣式神經元  $i$  到彙總神經元  $j$ 。在網路訓練階段，將訓練資料分別送至樣式層，而後待分類的輸入資料 X 將被分類至具有最大彙總值  $f_A(x)$  的類別中，此即為 WTA (Winner-Take-All) 神經元之輸出。

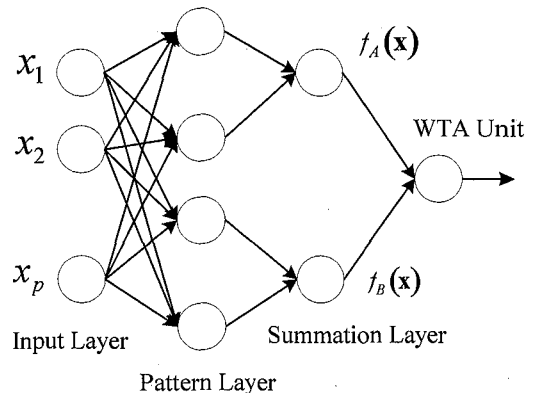


圖1、機率型類神經網路架構圖

PNN 訓練完成之後，其預測的精確度有賴於調整平滑參數 $\sigma$ ，通常使用者需嘗試某一範圍之內的不同 $\sigma$ ，取其能達到最佳的一般化 (generalization) 精確度。為此，Specht 提出另一適應性 (adaptive) 的方法 (Specht 1992)，其賦予每一個輸入神經元 (即每一輸入變數) 單一的 $\sigma$ ，在測試階段經由微調各個 $\sigma$ ，並取其具有最佳分類結果的 $\sigma$ 。此項工作可經由基因演算法 (genetic algorithm) 完成 (Ward 1996)。Specht 更進一步發現，具有較大 $\sigma$ 值的輸入變數，其對估測子 PDF 影響反而較小，因而在反覆適應地調整各 $\sigma$ 值後，可略去對估測值 PDF 較無影響的變數，進而可應用於特徵之選取 (feature selection) 與維度之縮減 (dimension reduction)。

## 伍、實證研究

### 一、VPA之實證

本研究之受試者為一位會計師，男，年齡四十歲，有十六年的財務報表分析工作經驗，定義為本研究的專家。實驗係在研究人員的研究室內進行，以避免吵雜及分心。在實驗進行前，研究人員先解釋本研究的目的，並告知受試者，參加本研究的受試者將以匿名方式處理。為了使受試者能夠更熟悉有聲思考法，研究人員先施以受試者一個簡短的練習，然後要求受試者說出如何分析一家企業的短期償債能力，並將其分析的過程及考慮的線索，以有聲思考法說出。在實驗進行的過程中，另有一位研究人員全程參與，其任務為操作錄音機，並於受試者沉默時，提醒其繼續有聲思考。

研究人員再將錄音帶的內容編寫成受試者的口語草稿，並將其內容逐句地與受試者進行確認，受試者同意度達 85 %。接著針對受試者的口語草稿進行分析，其結果如下：

1. 一般而言，在分析公司的短期償債能力的品質是由流動比率 (CR) 開始。流動比率的定義是流動資產除以流動負債，意指流動資產大於流動負債的程度，如果流動資產的金額越高則可以償還流動負債的能力越大，對短期債權人較有保障。但是在計算流動比率時必須考慮流動資產的變現品質，只有這些流動資產可以很容易轉換成爲現金時，才有足夠的資金來清償負債。如果大部分的流動資產都無法很快的變現，那麼所計算出來的流動比率就可能要大打折扣了。
2. 應收帳款收款期間 (AR) 可以衡量流動資產中應收帳款的變現品質，因爲應收帳款收款期間越短表示公司在銷貨後更快且更容易收到現金。因此如果應收帳款期間很差，意味著公司必須要加強收款績效，以改善流動資產的短期償債能力品質。
3. 正如同應收帳款收款期間一樣，存貨出售期間 (INV) 可以衡量存貨的週轉期間，而且一般而言，較短的存貨出售期間表示存貨可以較快出售以便收取現金。因此如果存貨出售期間很差，意味著公司必須要加強存貨管理，以改善流動資產的短期償債能力品質。
4. 營業週期 (OC) 則藉由同時考慮應收帳款及存貨這兩個流動資產的主要項目來衡量公司的流動資產的變現效率。它顯示出公司從購貨進來開始到出售成爲應收帳款，然後在收款成爲現金止的一段期間。當公司的營業週期很差時，則要了解到底是應收帳款的品質不佳，或是存貨出售期間出了問題。
5. 另外三個因素則考慮公司的短期週轉能力，短期週轉能力是指公司能夠產生足夠的現金流入以支應要到期的現金流出之能力。因爲在營業週期內，從公司購貨進來開始到出售後再收到現金爲止的這一段期間，公司都沒有現金流入，但

是這段期間仍須支付到期的貨款、員工薪資及各項費用，所以公司在這段期間內必須準備週轉資金以支應短期週轉的需求，淨營業週期（NOC）就是衡量公司週轉金的淨需求的指標，它是應收帳款收款期間加上平均存貨出售期間減去平均付款日數以求得。前兩者越短表示公司可以很快有現金流入，後者越長表示公司有較慢的現金流出。因此淨營業週期越短表示現金的流入越快且現金的流出越慢，亦即公司的短期週轉能力越佳。

- 在某些情況下，公司可能有較佳的淨營業週期，但是其流動比率較差，此時如果這家公司的淨營業週期能夠維持，則在短期內公司的短期償債能力應無問題，在此情況下，必須要考慮營業額（S）這個因素。在景氣繁榮時，通常企業的營業額是成長的，顯示公司有極大的機會可以享有相對短的收款及出售期間，因此其較佳的淨營業週期應該能夠維持。
- 再者，吾人此時仍必須要考慮公司是否以殺價的方式來爭取較佳的淨營業週期，如果公司是以流血銷售的方式換取現金，則公司可能會在未來走向破產一途。因此營業淨利（OI）在此時則是一個重要的因素，正的營業淨利表示公司在快速週轉的同時，仍然可以產生大於成本的現金流入以支應將到期的貨款及費用。如此一來，在短期內破產的機率較小，其短期償債能力也較無問題。

上述分析乃受試者以共時草稿分析法所完成，並針對所考慮的各個因素以回顧草稿分析法，將之區分為決策變數與解釋變數。所謂決策變數，乃指專家在評估短期償債能力時，該變數的好壞，會直接影響短期償債能力的評等。例如流動比率的定義是流動資產除以流動負債，意指流動資產大於流動負債的程度，如果流動資產的金額越高則可以償還流動負債的能力越大，對短期債權人較有保障。亦即流動比率越高，短期償債能力的評等越好，所以流動比率的高低會影響短期償債能力的評等。因此，流動比率是決策變數；其他決策變數則包含了淨營業週期、營業額與營業淨利。而所謂解釋變數，乃是專家在評估時，該變數並不直接影響專家對短期償債能力的決策評估，它所提供的是一種「解釋」的功能：短期償債能力為何會好、為何會壞的原因，並進一步建議管理當局改善的方向。例如應收帳款收款期間是解釋變數，應收帳款收款期間差意味公司必須要加強收款績效，以改善流動資產的短期償債能力品質；但它只是說明了如果短期償債能力差，是由於應收帳款收款期間差（亦即說明了短期償債能力變壞的原因），此時必須加強收款績效以為改進。因此，應收帳款收款期間是解釋變數；其他的解釋變數包含了存貨出售期間與營業週期。

茲將受試者分析企業短期償債能力的步驟與使用線索以 PGB 列示於圖 2。

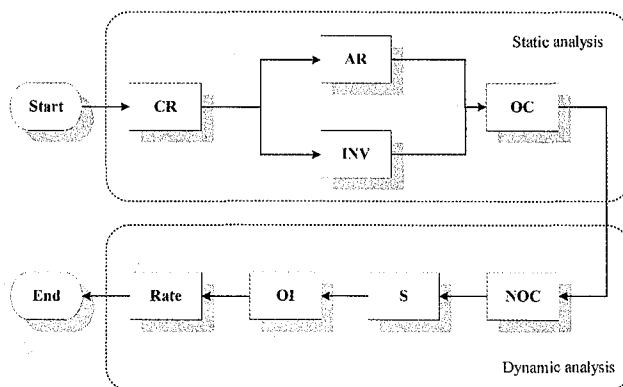


圖2、受試者分析企業短期償債能力的步驟及所用線索之PGB



經研究人員與受試者深入討論後，本研究決定以七個主要的指標來衡量企業的短期償債能力，這七個指標（自變數）分別為：

1. 流動比率 ( Current Ratio, CR )
2. 應收帳款收款期間 ( Collection Period for Account Receivable, AR )
3. 存貨出售期間 ( Days to Sell Inventory, INV )
4. 營業週期 ( Operation Cycle, OC )
5. 淨營業週期 ( Net Operation Cycle, NOC )
6. 營業額 ( Sales, S )
7. 營業淨利 ( Operation Income, OI )

受試者在取得前述財務實證資料後，開始分析 165 家公司及同業三年的財務資料，並對一到七項的自變數與因變數（短期償債能力，Rate）給予 1-5 的評分，所評分數的定義為：

|   |    |    |    |   |
|---|----|----|----|---|
| 差 | 稍差 | 尚可 | 稍佳 | 佳 |
| 1 | 2  | 3  | 4  | 5 |

受試者對個別公司的七項自變數評分後，再據此對公司的整體短期償債能力作最後的評分。以代號為 1402 公司為例，其各自變數評分如下：CR=2；AR=3；INV=3；OC=3；NOC=3；S=2；OI=1。受試者對該公司的整體短期償債能力所作最後的評分為：Rate=2，亦即該公司的整體短期償債能力稍差。研究人員接著以受試者評分後的資料，進行 PNN 的實證研究。

## 二、PNN之訓練

本研究 PNN 之訓練採用 NeuroShell II 模擬軟體進行，其提供一適應性 (adaptive) PNN 模式，結合基因演算法找出每一輸入變數適當之個別平滑係數調整值以及整體之平滑係數 (Specht 1990; Ward 1996)。此適應性 PNN 之訓練工作分兩部份進行，首先以訓練資料 (training data)

訓練 PNN，而後根據測試資料 (test data) 而微調各平滑係數，以嘗試得到最佳之一般化效果。適應性 PNN 提供另一項敏感度 (sensitivity) 分析工具，若平滑係數調整值愈大，表示該輸入變數重要性愈高，反之則愈低。具有偏低或接近零調整值的輸入變數將可被視為對預測結果較無影響力而被移除，然而由於平滑係數之調整乃在網路訓練之後，依其測試資料進行，故此項敏感度分析只適用於測試資料具有母體資料之代表性分佈 (distribution)。為求驗證 PNN 學習之成效，本研究將 165 筆實證資料分為 120 筆 (約 72.7%) 訓練資料、30 筆 (約 18.1%) 測試資料以及 15 筆 (約 9.1%) 驗證資料 (validation data)。前兩項資料用於估測 PNN 之模式參數，驗證資料則為評估該模式對未來預測之成效，而以「誤分類率」(Misclassified Rate, MCR) 為訓練 PNN 之成本函數 (cost function)，其定義如下：

$$MCR(D) = \frac{n_m}{n_s} \quad (5)$$

其中  $n_m$  為在  $n_s$  個資料的集合 D 中，PNN 之預測 (actual output) 與專家判定 (desired output) 之結果不一致 (即誤分類) 的個數。

## 三、實證結果分析

根據首次擷取受試專家知識後之 PNN 訓練結果為： $MCR_{Test}$  (測試資料之 MCR) 與  $MCR_{validation}$  (驗證資料之 MCR) 分別為 23.3% 及 33%。經深入分析發生不符之測試與驗證之資料後，得到如表 1 之混亂矩陣 (confusion matrix)，表中之粗體字表示，PNN 之預測與專家對整體短期償債能力的評分判定之結果，其差異超過兩個等級者。該矩陣顯示兩者預測之差異性尚不致有超過三個等級以上，顯示 PNN 足可反映該專家之決策模式。

表1、PNN與專家預測之比較

| Exp. \ PNN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Sub Total |
|------------|---|---|---|---|---|-----------|
| 1          | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2         |
| 2          | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 6         |
| 3          | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2         |
| 4          | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2         |
| 5          | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3         |
| Sub Total  | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15        |

另一方面，由於 PNN 可以進行敏感度分析以確立各變數影響決策的重要性程度，因此吾人只需將 PNN 與專家所建議之各變數影響重要性排序比較（如表 2），即可了解兩項決策模式之差異，進而得以協助專家作為是否修正決策模式之依據。

表 2 顯示，經由口語草稿分析得知專家係以流動比率（CR）為衡量公司短期償債能力的靜態分析指標，而此項指標正是專家在評估短期償債能力所考慮最重要的因素，因此其重要性排序為 1。

其次，就應收帳款收款期間（AR）、存貨出售期間（INV）與營業週期（OC）而言均是在解釋流動比率的品質，是屬於解釋變數而非決策變數，以重要性而言，有沒有排序均不會嚴重的影響決策，因此財務報表分析專家認為如果必須要對其重要性排序，則其重要性為應為最低，分別為排序 5、6、7。

在動態分析方面，用以衡量公司週轉

能力的主要指標是淨營業週期（NOC），其重要性排序為 2。顯示專家雖然亦重視動態分析，但在評估公司整體短期償債能力時，其重要性仍不如流動比率。

由於營業額（S）可以在流動比率與淨營業週期分析結果不一致時，協助專家了解景氣狀況，進而對短期償債能力作進一步的判斷，其重要性低於流動比率與淨營業週期，因此其排序為 3。

對於短期償債能力分析的決策而言，營業淨利（OI）只有在流動比率不佳、淨營業週期佳時，在經過營業額的第一階段的判斷後，再以營業淨利作第二階段的判斷，以確定是否有賠本銷售的情形。其重要性自然不如營業額，因此 OI 的重要性排序為 4。

研究人員將 PNN 所執行敏感性分析的結果與該財務報表分析專家討論，發現此影響比重與專家決策考慮的若干重點相符，分述如下：

表2、PNN與專家所建議之各自變數影響重要性排序的比較

| 自變數 | 專家之建議 | PNN之建議 |
|-----|-------|--------|
| CR  | 1     | 1      |
| AR  | 5     | 3      |
| INV | 6     | 6      |
| OC  | 7     | 7      |
| NOC | 2     | 4      |
| S   | 3     | 2      |
| OI  | 4     | 5      |

首先，流動比率（CR）的影響係數大於其他各變數影響係數的值，顯示專家係以流動比率為衡量公司短期償債能力的靜態分析指標，而此項指標正是專家在評估短期償債能力所考慮最重要的因素，因此其影響重要性當然為最大，我們可以發現藉由 PNN 所產生的重要性排序與專家所提供的重要性排序相同均為最重要。

其次，就 AR、INV 與 OC 而言，PNN 所產生的重要性排序為 3、6、7。研究人員在與財務報表分析專家討論後，財務報表分析專家仍堅持 AR 只是一個解釋變數，其重要性絕對不會列於第三，且其重要性也絕不會大於 NOC。這種 PNN 與專家決策產生不一致的情形，是否意味著 PNN 只能成功地評估決策變數的重要順序而無法正確評估解釋變數的先後順序，則有待進一步的研究。

就剩下的 NOC、S 與 OI 而言，專家認為其排序依序為 NOC（2）、S（3）、OI（4），但是 PNN 對此三個變數的排序為 S（2）、NOC（4）、OI（5）。專家認為 NOC 是在執行動態分析時，用以衡量公司週轉能力的主要指標，雖然在評估公司整體短期償債能力時期重要性不如 CR，但其排序應在 S 之前。因為 S 只有在 CR 與 NOC 分析結果不一致時，提供景氣狀況，進而協助專家對短期償債能力作進一步的判斷。其重要性自然低於 NOC。就此而言，專家依據其多年執行財務報表分析的經驗，仍然堅持 NOC 的排序優於 S。此項不一致究竟是緣於 PNN 無法正確擷取專家的決策模式，還是由於專家在評估 165 家公司的短期償債能力時，有決策不一致的情形發生，則有進一步研究的必要。

茲將第一次實證的結果歸納如下：

一、PNN 可能只能成功地評估決策變數的重要順序而無法正確評估解釋變數的先後順序。

二、專家在評估 165 家公司的短期償債能力時，可能有決策不一致的情形發生。

三、PNN 可能無法正確擷取專家評估重要性之先後順序的決策模式。

就第一項而言，如排除所謂的解釋變數而只對決策變數排序，其結果如表 3 所示。我們仍然無法在 PNN 與專家決策模式找出共同點，同時由於第二項專家在評估短期償債能力時，可能有決策不一致的情形發生。因此有必要再做進一步的實證研究。

表3、決策變數重要性之排序

| 決策變數 | 專家之排序 | PNN之排序 |
|------|-------|--------|
| CR   | 1     | 1      |
| NOC  | 2     | 3      |
| S    | 3     | 2      |
| OI   | 4     | 4      |

雖然如此，PNN 的驗證確實可以輔助口語草稿分析過於主觀及其他缺失，由於在第一次覆核專家的決策模式與 PNN 所產生的結果後，專家認為同時處理同業的資料與有聲思考法會產生干擾並降低其評估結果一致性的程度，因此同時比較 165 家上市公司與同業三年度的財務資訊的任務過於複雜。在處理的同時，同業的資料必須存放在短期記憶體，如果有干擾則無法順利擷取，較難以口語草稿分析的方式擷取專家的知識，因此專家建議只分析 165 家上市公司的財務資訊，而不做同業間的比較，並重新對 165 家上市公司的財務資訊再進行一次分析。為了避免口語草稿分析太主觀，以及由於長期進行分析可能產生不一致的結果，專家在進行第二次分析時並不直接評估，而是參考一個合理的範圍內再做決策，例如原來公司的流動比率為由 70 進步到 100，可是同業則由 150 退步 70，專家可能給予 4 的評分；另外如果公司由 150 退步到 100，同業則由 70 進步到 200，專家可能給予 1

的評分，同樣是 100 評分產生很大的差距，這是受到同業的相對水準及趨勢的影響。如果採參考一個合理的範圍內再做決策的方式，例如流動比率小於 100 評分原則為 1，流動比率在 100 到 150 之間評分原則為 2，再參考進步或退步的趨勢做適當的修正（如 2.5 或 3.5），則評分的一致性會提高很多。

#### 四、對決策模式的修正

在第二次的實驗中，專家再對本研究所選取的 165 家上市公司的財務報表（無同業的資料）進行分析，並進行口語資料的蒐集。同樣地，該會計師在每一個個案，必須依據所提供的公司財務資料，在決策過程中同時對本研究的七個決策因素進行評等，最後再對該公司的整體短期償債能力進行評估。以編號 2305 的個案來看，原先專家對七個決策因素與最後整體的評估如下：

| 項目 | CR | AR | INV | OC | NOC | S | OI | Rate |
|----|----|----|-----|----|-----|---|----|------|
| 評等 | 4  | 4  | 3   | 3  | 3   | 4 | 5  | 3    |

在排除同業的資料後，第二次的評估如下：

| 項目 | CR | AR | INV | OC | NOC | S | OI | Rate |
|----|----|----|-----|----|-----|---|----|------|
| 評等 | 4  | 3  | 3   | 3  | 3   | 4 | 4  | 4    |

該公司經過排除同業的資料後，AR 的評估由 4 改為 3，乃因該公司的 AR 為

持平，而同業的資料則為小幅退步，所以本來單獨考慮該公司的 AR 應為 3，但因為同業因素的影響修正為 4；同理，該公司的 OI 評估由 5 改為 4，乃緣於該公司的 OI 為大幅提高的趨勢，而同業則為小幅退步，因此評估為 5，但是如果單獨考慮該公司的 OI，則應該為 4。根據再次擷取受試專家知識後之 PNN 訓練結果為  $MCR_{Test}=6.6\%$  與  $MCR_{validation}=13.4\%$ ，已有顯著之改善。而經深入分析發生不符之測試與驗證之資料後，得到如表 4 之混亂矩陣，其中 PNN 與專家評分判定之結果差異已無超過一個以上之等級，此乃由於就專家來說，其專業主觀對相鄰等級之判定本身即存在些許模糊度 (fuzziness)，而就 PNN 言之，其輸出層亦提供了待測資料歸屬各類群之機率。

專家並就上表中兩個差異之個案（以粗體字表之）探索其因：

| 編號   | CR  | AR | INV | OC | NOC | S | OI | Rate |
|------|-----|----|-----|----|-----|---|----|------|
| 1318 | 2.5 | 3  | 3   | 2  | 3.5 | 3 | 1  | 1    |
| 1319 | 3.5 | 3  | 5   | 2  | 4   | 4 | 3  | 3    |

其發現以 CR 為例，原來 CR 評等均為 3，但是由於公司 1318 為退步的趨勢，專家將其評等修正為 2.5；1319 為進步的趨勢，專家將其評等修正為 3.5。由於此種修正導致專家的口語草稿分析評等 Rate 分別為 1、3；但是 PNN 為了方便

表 4：PNN 與專家預測之比較（第二次）

| Exp.<br>PNN  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Sub<br>Total |
|--------------|---|---|---|---|---|--------------|
| 1            | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3            |
| 2            | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 4            |
| 3            | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2            |
| 4            | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3            |
| 5            | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3            |
| Sub<br>Total | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 15           |

表5、第二次實證PNN與專家對自變數重要性之比較

| 變數  | 第二次PNN建議 | 第一次專家建議 |
|-----|----------|---------|
| CR  | 1        | 1       |
| AR  | 5        | 5       |
| INV | 3        | 6       |
| OC  | 2        | 7       |
| NOC | 4        | 2       |
| S   | 6        | 3       |
| OI  | 7        | 4       |

起見對於 2.5 及 3.5 的評等，仍維持以 3 的評等輸入，並未受此影響，所以短期償債能力最後的評等 Rate 仍為 2。在這種狀況下，如果 1318 為大幅退步的趨勢而 1319 為大幅進步的趨勢，則專家口語草稿的評等較合理；反之，如果 1318 為小幅退步的趨勢而 1319 為小幅進步的趨勢，則 PNN 的答案較合理。之所以如此修正，在於專家對於某些項目 3 的評等無法進行較一致性的決策，他必須確定是進步的趨勢或退步的趨勢才能做出較適當的決策，因此將其評等由 3 修正為 2.5 或 3.5。但是 PNN 則並不受此影響而維持 1-5 等級的評分，仍可順利運作。

表 5 為第二次實證後 PNN 與專家對自變數重要性之比較，對照於表二，吾人得知其排序與第一次實證之排序有些差異，基本上就決策變數來看，PNN 與專

家決策之排序已完全相符，顯示 PNN 可以完全擷取專家的主要決策模式；但尚無法一致地擷取專家的解釋變數之相關知識。

此項問題可能在於是否如專家在第一次口語草稿分析所建議的，AR、INV 與 OC 這三個變數均為解釋變數而非決策變數，由第二次 PNN 敏感度分析的結果來看，OC 的重要性為第二、INV 的重要性為第三，解釋變數會有如此重要的排序嗎？是否這些變數可能為決策變數。研究人員與專家討論後，專家認為 OC 應該是決策變數並非解釋變數，且其重要性大於 NOC，至於 INV，專家仍堅持其為解釋變數，以重要性而言，是否排序並不直接影響決策的結果。因此專家修正決策變數的排序如表 6 所示。

表6、第二次實證PNN與專家對自變數重要性修正後之比較

| 決策變數 | 第二次PNN建議 | 第一次專家建議 | 第二次專家建議 |
|------|----------|---------|---------|
| CR   | 1        | 1       | 1       |
| OC   | 2        | 5       | 2       |
| NOC  | 3        | 2       | 3       |
| S    | 4        | 3       | 4       |
| OI   | 5        | 4       | 5       |

由表 6 可以發現專家修正後的重要性排序已受 PNN 的結果影響，而加入 OC 為決策變數，顯示 PNN 在輔助專家決策確有其功能，因為第一次的實證結果顯示專家的決策一致性仍有待加強，而促使專家簡化分析資料，以避免受同業資料之干擾而影響決策的一致性；第二次的實證結果輔助了專家口語草稿分析結果之不足，重新補強其決策模式，將 OC 由解釋變數改為納入決策變數。唯一美中不足的是，PNN 對於解釋變數的處理仍無法與專家的決策一致，在第一次實證時，AR 之重要性在 NOC 之前，而第二次實證時，INV 則在 NOC 之前；關於此點則有待後續進一步之研究。最後，專家依據上述討論，做成修正後的口語草稿，其與先前的結果（五之一節）有如下的差異：

1. 營業週期由解釋變數修正為決策變數：  
在第一次口語草稿分析時，專家認為當公司的營業週期很差時，必須了解是應收帳款的品質不佳，抑或是存貨出售期間出了問題，以至於認定營業週期為一解釋變數，只提供管理者改善績效的線索，並未直接影響專家對短期償債能力分析之評等。然而修正後，專家認為營業週期是屬於決策變數，因為當營業週期越長，表示流動資產的品質變差，進而需對原有的流動比率評等向下修正，使得短期償債能力的評等亦向下修正。因此營業週期是應屬於決策變數，用來修正最重要的決策變數—流動比率的評等。
2. 對於分析的順序與適用狀況有較詳細的描述：根據第一次的口語草稿分析內容顯示，專家認為在完成流動比率的靜態分析後，必須進行動態分析，也就是短期週轉能力的分析。短期週轉能力有三個因素，依序為淨營業週期、營業額與營業淨利。但是在第一次的口語草稿分析並未對此三個因素間的適用狀況有較

詳細的解說，而只說明了淨營業週期越佳表示短期週轉能力越佳，但是在某些狀況下，例如淨營業週期佳而流動比率差時，必須進一步分析其營業額。如果企業的營業額成長，表示企業的有極大的機會維持較佳的淨營業週期；然而，此時仍有必要確定公司並非流血銷售，亦即營業淨利必須為正值，正的營業淨利表示公司在快速週轉的同時，仍然可以確保銷售的現金流入大於成本及費用的現金流出，使破產的機率大為降低。因此，修正後專家對分析的順序與適用狀況有了更完整的認知與說明，例如：

- (1) 如果修正後的流動比率為佳，且淨營業週期為佳，則靜態分析與動態分析的結果均佳，短期償債能力的評等為佳。
- (2) 反之，當修正後的流動比率及淨營業週期均為差，則評定短期償債能力為差。
- (3) 但是當修正後的流動比率為佳，可是淨營業週期為差時，必須檢視營業額是否有成長。如果營業額成長，表示流動資產的增加是由於營業額增加所致，其短期週轉能力雖然變差，可是由於營業額的成長，銀行及股東可能願意提供不足的週轉金，使公司的短期週轉能力能夠維持，因此在短期內，公司的短期償債能力應無問題。反之，當營業額下跌時，由於應收帳款及存貨的變現能力將產生問題，其較佳的流動比率可能無法維持，使短期償債能力的評等變差。
- (4) 另一方面，公司也可能有較佳的淨營業週期，但是其修正後的流動比率較差，此時如果營業額成長，表示可以維持較佳的淨營業週期，較差的流動比率則暫時不會有影響。反之，如果營業額變差，表示公司無法維持較佳的淨營業週期，而較差的流動比率表示其流動資產清償流動負債的能力變弱，使公司的短期償債能力評等變差。
- (5) 再者，縱使公司的營業額成長，使公司

可以維持較佳的淨營業週期，可是如果公司是以流血銷售（營業淨利為負）的方式換取現金，則公司可能會在未來走向破產一途。正的營業淨利表示公司在快速週轉的同時，仍然可以產生大於成本的現金流入以支應將到期的貨款及費用，因此在短期內破產的機率較小，其短期償債能力也較無問題；反之，當公司的營業淨利為負，表示公司是以流血銷售的方式換取現金，則公司可能會在未來走向破產一途，短期償債能力自然為差。

專家經由上述的深度思考後，將原始解題策略所用之 PGB 修正如圖 3。

由圖二與圖三的比較，可以看出專家在經過 PNN 結果的回饋後，除了將 OI 修正為決策變數外，其考慮的狀況也更為完整。

### 陸、結論

本研究探討如何整合口語草稿分析之過程追溯法與類神經網路之結果分析法建構個別財報專家分析短期償債能力的決策模式。基本上，由於財務報表分析對財報專家而言，是項耗時費力的非結構性工作，其成本亦高，加以人為因素，難免所作決策會產生不一致的情況。透過建立個

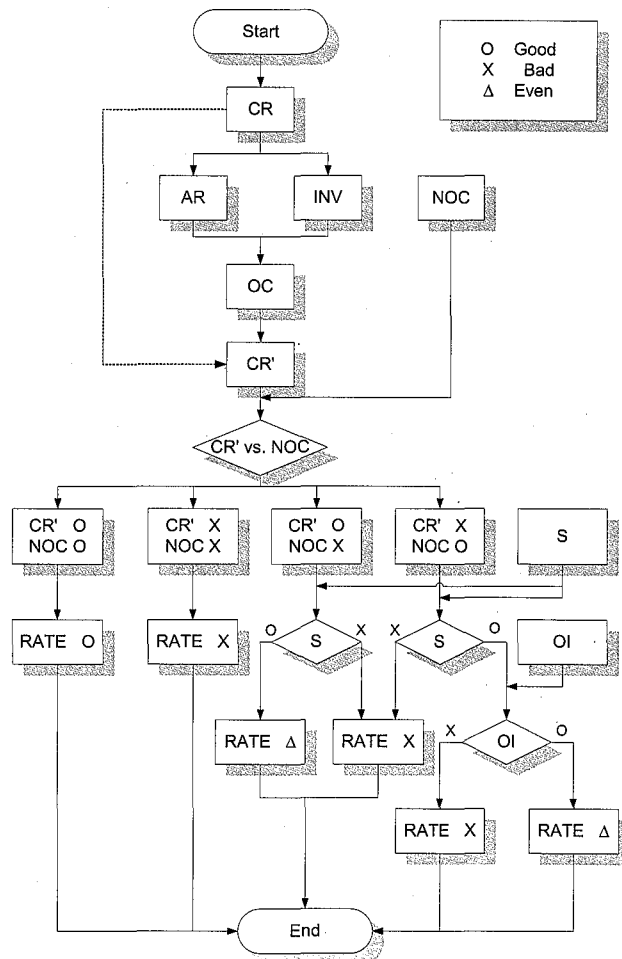


圖3、財報專家分析企業短期償債能力的步驟及所用線索之PGB (修正後)

別財報分析專家的決策模式，將有助於建構一套有效的財報決策支援系統以節省分析所需時間與精神，同時提高該專家的決策品質，而欲完成此一目標則有賴於專家與研究人員雙方深入的互動研討。現行相關文獻所採行的研究方法大都忽略專家的知識擷取過程，加以一般相關研究大多以倒傳遞類神經網路直接進行預測而缺乏與決策理論結合的研究，致使無法達到以模式輔助專家決策或供其修正決策之目標。

為此，本研究首先要求某專家採行口語草稿分析法，針對國內三大產業的165家公司為實證資料，以發展其初始決策模式，隨後再運用機率型類神經網路加以驗證該模式，因其具有較快之學習效果，對分類結果能提供機率上之解釋以及在足夠的訓練資料下，將會收斂至Bayes最佳解等優點；更重要的是，它能使研究人員得以檢視自變數對因變數之影響程度。

研究人員將機率型類神經網路之分析結果提供給專家以比較並修正其初始決策模式，降低採用過程追溯法可能發生的缺失。實證結果顯示，PNN模式確實可以輔助口語草稿分析法之過於主觀及其他缺失，同時也使專家認知到其決策結果有不一致以及模糊度的現象。為了降低此一不一致的現象，專家在進行第二次分析時並不直接評估，而是對自變數參考在一個合理的範圍內再做決策的方式進行。在此修正模式下所發展建構的決策模式，其正確性與一致性確實比先前建構的模式為佳，也因而得以達成以模式支援決策之目標。

## 參考文獻

1. Anderson, M and Potter, G. S., "On the Use of Regression and Verbal Protocol Analysis in Modeling Analysis Behavior in an Unstructured Task Environment: A Methodological Note," *Accounting, Organizations and Society* (23:5) 1998, pp. 435-450.
2. Ball, C. T., Langholtz, H. J., Auble, J. and Sopchak, B., "Resource-Allocation Strategies: A Verbal Protocol Analysis," *Organizational Behavior and Human Decision Processes* (76:1) 1998, pp. 70-88.
3. Barber, A. E. and Roehling, M. V., "Job Postings and the Decision to Interview: A Verbal Protocol Analysis," *Journal of Applied Psychology* (78:5) 1993, pp. 845-856.
4. Brigham, E. and Gapenski, L., *Financial Management: Theory and Practice*, The Dryden Press, 1994.
5. Carson, A. D., Bizer, E. B., Hendershot, P. E., Barton, M. G., and Garvin, M. K., "Modeling Career Counselor Decisions with Artificial Neural Networks: Predictions of Fit across a Comprehensive Occupational Map," *Journal of Vocational Behavior* (54), 1999, pp. 196-213.
6. Deng, P. S., "Automating Knowledge Acquisition and Refinement for Decision Support: A Connectionist Inductive Inference Model," *Decision Sciences* (24:2) 1993, pp. 371-393.
7. Ericsson, K. A. and Simon, H. A., *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, MIT Press, 1993.
8. Hill, T. R. and Remus, W. E., "Neural Network Models for Intelligent Support of Managerial Decision Making," *Decision Support Systems* (11) 1994, pp. 449-459.
9. Hogarth, R. M., "A Perspective on Cognitive Research in Auditing," *The Accounting Review* (66) 1991, pp. 277-



- 290.
10. Jain, B. A. and Nag, B. N., "Performance Evaluation of Neural Network Decision Models," *Journal of Management Information Systems* (14:2) 1997, pp. 201-216.
  11. Kim, C. N., Chung, H. M., and Paradise, D. B., "Inductive Modeling of Expert Decision Making in Loan Evaluation: A Decision Strategy Perspective," *Decision Support Systems* (21) 1997, pp. 83-98.
  12. Kushniruk, A. W. and Patel, V. L., "Cognitive Evaluation of Decision Making Processes and Assessment of Information Technology in Medicine," *Int'l Journal of Medical Informatics* (51) 1998, pp. 83-90.
  13. Parzen, E., "On Estimation of a Probability Density Function and Mode," *Annals of Mathematical Statistics* (33) 1962, pp. 1065-1076.
  14. Payne, J., Braunstein, M. and Carroll, J., "Exploring Predecisional Behavior: An Alternative Approach to Decision Research," *Organizational Behavior and Human Performance* 1978, pp.17-44.
  15. Sen, A. and Vinze, A. S., "Understanding the Complexity of the Model Formulation Process: A Protocol Analysis Approach," *Decision Sciences* (28:2) 1997, pp. 443-473.
  16. Sevnsen, O., "Process Descriptions of Decision Making," *Organizational Behavior Human Performance* (23:1) 1979, pp. 86-112.
  17. Spear, N. A., and Leis, M., "Artificial Neural Networks and the Accounting Method Choice in the Oil and Gas Industry," *Accounting Management & Information Technology* (7:3) 1997, pp. 169-181.
  18. Specht, D. F., "Enhancements to Probabilistic Neural Networks," *Int'l Joint Conference on Neural Networks*, 1992.
  19. Specht, D. F., "Probabilistic Neural Networks and the Polynomial Adaline as Complementary Techniques for Classification," *IEEE Trans. on Neural Networks* (1:1) 1990, pp. 111-121.
  20. Yang, Z. R., Platt, M. B., and Platt, H. D., "Probabilistic Neural Networks in Bankruptcy Prediction," *Journal of Business Research* (44) 1999, pp. 67-74.
  21. Vellido, A., Lisboa, P. J. G., and Vaughan, J., "Neural Networks in Business: a Survey of Applications (1992-1998)," *Expert Systems with Applications* (17) 1999, pp. 51-70.
  22. Ward Systems Group, *NeuroShell 2 User Manual*, 1996
  23. Wong, B. K., Bodnovich, T. A., and Selvi, Y., "Neural Network Applications in Business: A Review and Analysis of the Literature," *Decision Support Systems* (19) 1997, pp. 301-320.
  24. Zopounidis, C., Doumpos, M., and Matsatsinis, N. F., "On the Use of Knowledge-based Decision Support Systems in Financial Management: A Survey," *Decision Support Systems* (20) 1997, pp. 259-277.