

應用挖掘模糊規則建立新產品發展決策系統

蔡源成

大葉大學管理研究所

李淑芳

僑光技術學院企業管理系

紀文章

美國中田納西州立大學電腦資訊系統系

摘要

近年來，由於大型資料庫與資料倉儲迅速增加，從龐大資訊中挖掘有效資訊與知識成為重要的研究議題。尤其企業在資源限制環境下，面對新產品開發設計過程中，常因不明確的市場需求，而無法決定新產品的規格，導致產品研發與上市的時間延遲。因此，如何應用快速發展的資訊技術，結合龐大的資料庫，建立有效企業新產品發展輔助決策系統成為產品發展管理的熱門議題。本研究提出應用模糊理論描述問題相關屬性與應用類神經演算法，建立『啟發式模糊類神經演算法』（HFNNA），搜尋潛藏在資料庫中有效的相似性規則，並經由有效的規則輔助企業，在面對不確定的市場環境下，新產品開發設計初期決定產品規格。本研究期望經由 HFNNA，可達到以下幾點目的：（1）有效改善傳統的類神經系統的的架構與真實性問題間的差距。（2）建立有效的模糊規則系統。（3）應用擷取出的模糊規則建立決策輔助系統，並有效輔助企業面對不確定的市場環境。（4）除了搜尋龐大資料內蘊藏的規則之外，本研究並期望經由 HFNNA，更有效率輔助企業明確了解龐大資料下蘊藏的潛藏知識。

關鍵字：產品發展管理、模糊類神經、資料挖掘、決策輔助系統。

Building New Product Decision Support System by Using Mining Fuzzy Rules

Yuan-Cheng Tsai

Department of Management, Da-Yeh University

Su-Fang Lee

Department of Business Management, Overseas Chinese Institute of Technology

Wen-Jang (Kenny) Jih

Department of Computer Information Systems, Jennings A. Jones College of Business,
Middle Tennessee State University, U.S.A.

Abstract

In Recent years, due to the increasing use of very large databases and data warehouses, mining useful information and helpful knowledge from transaction is evolving into an important research area. The object of this paper is support business quick to determine the specification of new product in an uncertain environment by using data mining technology. The paper has been build the 'Heuristic Fuzzy Neural Network Algorithm' (HFNNA) based on Fuzzy Neural Network and the idea of to class with product's attribute. The result of this paper is proved that (1) the proposed algorithm is improved difference between neural network and real problem, (2) the proposed algorithm is built the effective data mining system, (3) using Fuzzy Association Rules inducted by the proposed algorithm are build decision support system and support business to make decision in an uncertain environment and (4) searching and collecting the effect knowledge hold on large databases and data warehouses.

Keywords: product development management, fuzzy neural network, data mining, decision support system.

壹、緒論

近年來，由於大型資料庫與資料倉儲（Data warehouse）迅速增加，從龐大資訊中挖掘有效資訊與知識成為重要的研究議題（Hong et al., 2003）。同時，面對全球市場的逐漸成型，企業在面對強烈的競爭環境下，必須深入了解市場的需求，並針對市場需求設計不同產品。企業為能滿足最大市場顧客需求，必須經由不斷開發新產品，幫助企業擴大市場佔有率。但面對資源限制環境下，企業面對新產品開發設計過程中，常因不明確的市場需求，而無法決定新產品的規格，導致產品研發與上市的時間延遲。因此，如何應用快速發展的資訊技術（Information technology），結合龐大的資料庫，建立有效企業新產品發展輔助決策系統成為產品發展管理（Product development Management）的熱門議題。本研究提出應用模糊理論（Fuzzy theory）描述問題相關屬性與應用類神經演算法（Neural network algorithm）搜尋潛藏在資料庫中有效的模糊規則（Fuzzy rules），並經由有效的規則輔助企業，在面對不確定的市場環境下，新產品開發設計初期決定產品規格。本研究延伸 Smith（2002）年提出的觀點，應用模糊理論描述產品相關屬性，並建構出啟發式類神經系統，應用在新產品開發設計初期，輔助企業決定產品規格。本研究期望經由『啟發式模糊類神經演算法』（Heuristic fuzzy neural network algorithm, HFNNA）建構，可有效搜尋模糊規則，並針對所得到模糊規則建立專家系統，輔助在企業面對不確定的市場環境下，針對不同客戶族群需求水準快速訂定設計產品規格。

貳、問題描述與文獻探討

Chen（2001）提出資料挖掘為經由系統以自動或半自動模式，探勘分析大量資料庫內部潛藏有意義的模式或規則。在既有的文獻中，資料挖掘（Data mining; DM）的議題大約在 90 年開始備受矚目成為最熱門的議題之一，許多文獻相繼提出不同的觀點與方法，探討分析資料挖掘的相關議題。

本研究主要提出探討的議題為：企業面對新產品開發設計初期階段，產品規格設計的資料挖掘。企業面對強烈的競爭環境下，新產品開發設計成為企業成長的主要關鍵。但新產品開發設計常因面對不明確的市場需求，而無法決定開發產品的相關規格，導致產品研發與上市的時間延遲，造成企業的利益損失（Agile Software, 2000）。企業在新產品面對的不明確環境，不同於既有的產品。新產品在上市之前，並沒有明確的市場需求歷史資料可供分析，加上新產品開發設計必須花費企業的多數資源，使企業對於新產品開發設計過程更為謹慎。

在許多既有文獻中都提出應用模糊邏輯（Fuzzy logic）建立資料挖掘演算法（Zadeh, 1996; Sugeno & Yasukawa, 1993; Wang, 1993），尤其是 Zadeh（1988）首度提出以模糊邏輯作文字的運算，應用模糊邏輯的運算過程，歸納出有效的模糊規則。Ishibuchi

(1995) 提出以模糊關聯性規則 (Fuzzy association rules) 與基因演算法, 探討資料分類問題 (Classification problem), Hu et al. (2002) 延伸 Ishibuchi 的觀點, 應用模糊分割 (Fuzzy partitioning) 探討模糊相似性分類規則 (Fuzzy associative classification rules) 問題。本文主要探討資料挖掘在新產品開發設計規格的應用, 在面對新產品開發過程, 缺乏明確的歷史資料環境下, 本研究延伸 Zadeh 與 Ishibuchi 的觀點, 應用模糊理論考量不明確的市場需求與相關環境變數屬性。

此外, 本文延續 Ishibuchi et al. (1993) 類神經網路建立自動學習系統, 與 Smith (2002) 提出的應用屬性建立多階層模糊決策系統的觀點, 建構出『啟發式模糊類神經演算法』。本研究考量在有限資源環境下, 企業對於新產品開發設計的規格訂定。因此, 本研究假設企業在產品開發初期, 就已訂定產品的市場族群策略, 針對單一或多項特定市場族群需求開發設計新產品。因此, 本文假設不同的族群面對產品的功能需求不相同, 接受程度與族群屬性也並不相同。所以, 本研究提出利用資料挖掘的手法, 從過去相關產品中找尋客戶需求的規則或族群屬性, 並輔助企業在新產品開發設計階段, 決定新產品的功能屬性。本研究相關假設如下:

本研究探討之新產品, 為目前既有相關性產品, 針對不同的技術需求開發之新產品。如: 企業應因市場上需求, 推出新款的數位像機、筆記型電腦或手機。

新產品的行銷策略為鎖定市場上某一或部分特定的族群。

企業內部因面對新產品, 因此並無客戶對該產品滿意程度的資料, 但本研究假設企業擁有其他相關性類似產品的銷售或該產品屬性的市場問卷資料。

企業對在此新產品的市場上佔有率, 並非獨占事業。

新產品擁有的物件屬性皆允許模組化。

應用類神經演算模式搜尋潛藏在龐大資料庫下的相依性規則, 因此企業必須確認訓練資料 (Training data) 來源, 是正確與有效的資料來源。

本研究期望經由 HFNNA, 可達到以下幾點目的: (1) 有效改善傳統的類神經系統的架構與真實性問題間的關聯。(2) 建立有效的模糊規則。(3) 應用擷取出的模糊規則建立決策輔助系統 (Decision support systems; DDS), 有效輔助企業面對不確定的市場環境。(4) 除了搜尋龐大資料內蘊藏的規則之外, 本研究並期望經由 HFNNA, 更有效率輔助企業明確了解龐大資料下蘊藏的潛藏知識。本文在第 3 節將描述如何使用模糊理論描述相關屬性與變數在本研究中的應用, 第 4 節中說明如何應用傳統類神經網路建構“雙階層模糊類神經演算法”系統與演算模式在。第 5 節部份將描述本研究透過部分既有的文獻資料, 經由演算結過驗證本研究建構的 HFNNA, 並描述本研究的結論。最後, 本研究的貢獻與未來討論方向將敘述在第 6 節。

參、模糊理論與類神經網路的應用

模糊理論由 Zadeh 於 60 年代中期首度提出, Zadeh 提出應用模糊集合描述變數發生的可能性。Mamdani 延伸模糊集合的觀點, 首度提出模糊邏輯理論的概念。本研究

應用模糊集合描述量化屬性變數與模糊語意描述質化屬性變數，此部份將於 3.1 與 3.2 中說明。類神經網路則由 Perceptron 於 1957 年首度提出模仿生物神經網路架構的資訊處理系統。本研究延伸 Smith (2002) 應用類神經網路建構階段性的模糊類神經網路系統，此部份將於 3.3 與 3.4 中說明。

(一) 模糊集合與模糊語意

模糊集合是應用所有發生可能性程度的集合描述事件，經由模糊集合可明確表示出不確定性事件所有可能發生狀態的程度。圖 (1) 為應用基本模糊集合描述不確定性量化屬性變數 \tilde{A} ， \tilde{A} 模式描述如 (1) 式。

模糊集合包含應用不同的型態描述事件的不確定性，如：對稱式三角形、對稱式梯形、不對稱式三角形與不對稱式梯形...等。本研究應用模糊集合描述問題相關量化屬性變數，如應用模糊集合描述顧客對於筆記型電腦產品的硬碟容量的要求。面對諮詢顧客的需求通常不可能明確使用單一值表示，同時顧客也不會去統計自我的需求，因此本研究提出應用模糊集合描述量化屬性變數。上述範例，客戶的回應通常是一個不明確範圍，如約 20GB 或是 15~25GB，本研究應用模糊集合描述客戶需求範圍，描述如圖 (2)。

另外，本文認為企業在決定產品功能的同時，考量的環境因素或相關變數，並非皆可量化而須透過語意描述，尤其在面對新產品的設計階段，需多相關因素必須考量，但缺乏有效的量化指標或缺乏可靠數據的環境下，必須經由類似產品的相關資訊與經驗豐富的經理，判斷如何考量相關因素。如前述，企業在設計筆記型電腦相關產品規格階段，必須考慮產品族群接受的重量設計為輕、中等或重。對產品需求客戶而言，產品重量為一種感官的形容，並沒有絕對的界線。因此，本研究延續 Smith (2002) 提出的觀點，應用模糊語意描述部分相關質化屬性變數。

模糊語意是應用許多的模糊集合共同描述變數的各種可能事件，如圖 (3) 應用模糊語意描述客戶對筆記型電腦重量的滿意程度問題。客戶的回應通常是經由語意描述，如非常滿意、滿意、一般、不滿意與非常不滿意。因此本研究應用模糊語意

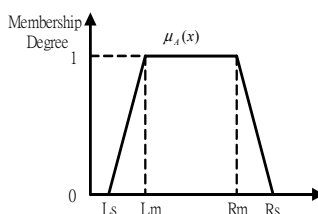


圖 1 應用模糊集合描述不確定性量化屬性變數 \tilde{A}

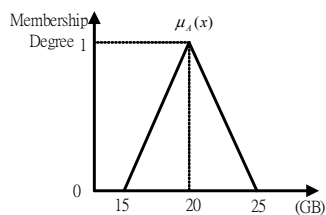


圖 2 應用模糊集合描述客戶需求的不確定性

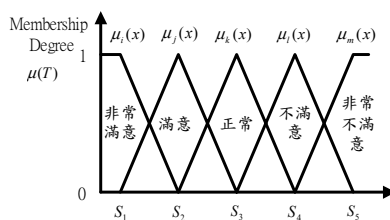
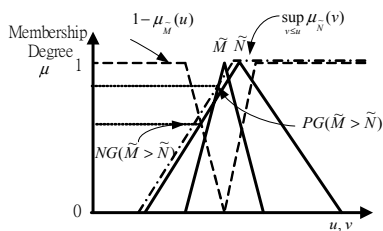
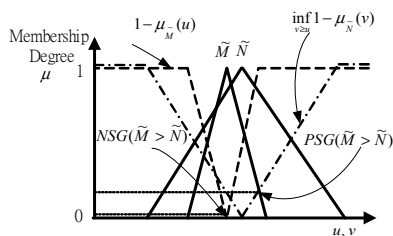


圖 3 應用模糊語意描述客戶對筆記型電腦重量的滿意程度問題

圖 4 應用 $PG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 與 $NG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 指標描述 $\tilde{M} \geq \tilde{N}$ 圖 5 應用 $PSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 與 $NSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 指標描述 $\tilde{M} > \tilde{N}$

描述部分相關質化屬性變數，模糊語意的模式描述如(7)式。此部份將在第4節部分詳述。

(二) 可能性指標

本研究在應用模糊理論描述相關的不確定變數，因此面對不確定性環境下，本研究應用可能性理論 (Possibility Theory) 考量模糊數滿足與否的考量指標，可能性指標 (Possibility Measurement) 是由 Dubois et al. 在 1988 年提出，Wang (1999, 2002) 提出應用四項指標建構穩健 (Robust) 思考模式，本研究延伸 Wang 的觀點，應用可能性理論中的四種可能性指標評估模糊數滿意程度，應用滿意程度評估的結果，考量在不確定性環境下，相關變數是否滿足條件限制式。可能性指標模式描述如 (2) 式、(3) 式、(4) 式與 (5) 式。應用可能性理論的四項指標，評估“ $\tilde{M} \geq \tilde{N}$ ”的滿意程度描述在圖 (4) 與圖 (5)。

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < L_s \\ (x - L_s)/(L_m - L_s) & L_s \leq x < L_m \\ 1 & L_m \leq x < R_m \\ (x - R_m)/(R_s - R_m) & R_m \leq x < R_s \\ 0 & x < R_m \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} PG(\tilde{M}, \tilde{N}) &= \prod_{\tilde{M}} ([\tilde{N}, +\infty)) \\ &= \sup_{u; u \geq v} \text{Min}(\mu_{\tilde{M}}(u), 1 - \mu_{\tilde{N}}(v)) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} PSG(\tilde{M}, \tilde{N}) &= \prod_{\tilde{M}} ([\tilde{N}, +\infty)) \\ &= \sup_u \inf_{v; v \geq u} \text{Min}(\mu_{\tilde{M}}(u), 1 - \mu_{\tilde{N}}(v)) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} NG(\tilde{M}, \tilde{N}) &= N_{\tilde{M}}([\tilde{N}, +\infty)) \\ &= \inf_u \sup_{v; v \geq u} \text{Max}(1 - \mu_{\tilde{M}}(u), \mu_{\tilde{N}}(v)) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} NSG(\tilde{M}, \tilde{N}) &= N_{\tilde{M}}([\tilde{N}, +\infty)) \\ &= 1 - \sup_{u \leq v} \text{Min}(\mu_{\tilde{M}}(u), \mu_{\tilde{N}}(v)) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} g(\tilde{M} \geq \tilde{N}) &= W_{PG} * PG(\tilde{M}, \tilde{N}) + W_{PSG} * PSG(\tilde{M}, \tilde{N}) + \\ &W_{NG} * NG(\tilde{M}, \tilde{N}) + W_{NSG} * NSG(\tilde{M}, \tilde{N}) \end{aligned} \quad (6)$$

$PG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 、 $PSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 、 $NG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 與 $NSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 分別為比較模糊數 \tilde{M} 是否大於模糊數 \tilde{N} ， $PG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 為應用完全積極觀點評估 \tilde{M} 大於等於 \tilde{N} 的指標； $PSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 為應用完全積極觀點評估 \tilde{M} 大於 \tilde{N} 的指標； $NG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 為應用完全穩健觀點評估 \tilde{M} 大於等於 \tilde{N} 的指標； $NSG(\tilde{M}, \tilde{N})$ 為應用完全穩健觀點評估 \tilde{M} 大於等於 \tilde{N} 的指標。因此應用四種不同指標的加權總和，作為具體參考的指標模式，描述如 (6) 式。應用 (6) 式中的四項權重值 W_{PG} 、 W_{PSG} 、 W_{NG} 與 W_{NSG} ，提供企業考量觀點彈性。本研究認為大多數企業並不會應用完全積極或完全穩健觀點考量企業決策，企業可應

用(6)式建構不同觀點的決策系統。應用不同的觀點權重訓練的類神經系統，系統內容許的雜訊(Noise)也有所差異。較為積極的觀點將使模糊類神經系統較為容易找尋到相關性規則，但所找尋出來的規則也將較為容易失真。相對穩健觀點將使模糊類神經系統較難找尋到相關性規則，但所找尋出來的規則也將較為準確。應用圖(4)與圖(5)中的評估值，可明確發現面對相同的模糊數，應用不同的指標描述不同的觀點差異。本研究應用可能性理論考量類神經網路中的神經元是否達到觸發的參考指標，與考量類神經網路在測試過程，事件發生的選擇。此部份將在第4節中詳述。

(三) 模糊的類神經網路系統

類神經網路是應用模仿生物神經網路架構的資訊處理系統，一般的類神經網路系統可分為三階層：輸入層(Input level)、隱藏層(Hidden level)與輸出層(Output level)，如圖(6)。本研究的類神經網路系統架構，是延伸 Parker 在 1985 年提出的『前導式類神經網路』(Feed forward neural network)的研究與 Smith 在 2002 提出以問題屬性建構模糊多階層決策樹的概念，建構出多階層的類神經網路系統。本研究建構系統的輸入層、隱藏層與輸出層的變數，則是延伸 Mitra et al. (2002) 的觀點，應用模糊集合或模糊語意描述，並非單一數值。結合上述各項應用延伸，本研究建構出『啟發式模糊類神經演算法』(Heuristic fuzzy neural network algorithm, HFNNA)。

HFNNA 的主要架構是經由多階段的類神經網路系統可達到簡化一般類神經網路系統，面對考量變數過多的高複雜性的運算問題，並使類神經網路系統更容易被企業了解與接受系統提供的龐大資料下潛藏的有效資訊，HFNNA 架構描述如圖(7)。實際上，類神經網路系統一直以來都經常被當作是一個黑箱模式(Black box)的演算模式(Benitez, 1997)，也因此企業對於類神經網路系統所提供的資訊，常常因為面對考量大量輸入元，而使系統面對高複雜度運算；在經由訓練資料訓練後，所建立的類神經網路系統，通常必須面對高難度擷取龐大資料下潛藏有效資訊的問題。因此，企業較為困難在一般的類神經網路系統中，整理出有效的規則與更深入應用。本研究應用架構 HFNNA，期望能使類神經網路系統的運算模式較傳統的類神經系統更能被企業所應用，當企業透過 HFNNA 輔助決策進行時，可同時考量系統內部歸納出的顯著模糊規則是否符合企業的經驗，並經由 HFNNA 有效的找尋潛在的有效相似性規則資訊。HFNNA 將在第四節詳細說明。

肆、『啟發式模糊類神經演算法』(HFNNA)

本節主要描述如何架構『啟發式模糊類神經演算法』(HFNNA)，輔助企業決策進行，本研究提出使用者針對最終目標，考量相關或影響變數時，容易因變數過多而導致焦點模糊。應用階段模式，除了讓使用者在更清晰明確的環境下考量相關因素外，經由本研究提出 HFNNA 模式，將更有效率輔助企業明確了解龐大資料下蘊藏的潛藏知識。

本研究提出的 HFNNA 架構模式描述如圖(7)。首先，針對在龐大資料庫下考量

的問題，經由有經驗的管理者或是專家，定義出問題考量的相關屬性，與傳統的類神經網路系統通常都針對“輸出層”與“輸入層”給予直接描述問題與相關變數有所不同。

本研究提出使用傳統的類神經網路系統，常發生下列問題：

1. 使用傳統的類神經網路系統，常因“輸出層”與“輸入層”間的相關性並非如此直接，而造成使用者不知是否該考量該因素，因此直接把大量因素參雜考量，將使系統非常龐大，運算資源需求倍增。

類神經網路系統必須靠有效的大量訓練資料加以訓練，系統考量因素愈龐大，則需求訓練的資料則相對性增加，而且，面對同時考量大量變數，完整性資料通常越少。因此，傳統的類神經網路系統常面對資料完整性不足，而使訓練結果有所偏差。

類神經網路系統同時考量龐大因素，造成系統所產生結果的過程常難以讓企業較難理解，常被定義為黑箱模式，並對類神經網路系統所提供的資訊較難有效整理規則與更深入應用。

如當企業在面對考量設計筆記型電腦產品被顧客接受的問題，顧客通常並不會直接關心 CPU 運算速度為 1.4G 或 1.6G，如此企業針對此產品是否該考量 CPU 運算速度？除了 CPU 運算速度之外，還有多少相關變數必須接受考量？當企業將所有相關變數都一併考量時，通常只是完成一個有如黑箱模式的系統，卻難以被企業實際廣泛應用。企業通常以顧客需求方向作為探討產品被顧客接受的方針。面對顧客考量的通常是整體『運算功能』要好，而『運算功能』再加以考量 CPU 運算速度造成的影響邏輯，則同時將可避開考慮一些不必要的因素。如螢幕大小雖影響產品接受程度，但對“運算功能”屬性將不會產生任何影響。

綜合上述觀點，本研究提出架構 HFNNA，輔助企業應用屬性為邏輯依據的方向，考量顧客需求的規格問題。HFNNA 是由兩階段執行模糊類神經系統，第一階段是針對問題找出相關屬性架構主模糊類神經系統，第二階段是針對第一階段中所提出的屬性，找出必須考量的相關變數架構子模糊類神經系統，如圖（7）。在系統架構完成後，分別針對主模糊類神經系統與每一屬性的子模糊類神經系統訓練。HFNNA 完成類神經系統訓練後，應用肯定法則（Affirmative rule）模式（Saito & Nakano, 1987）擷取有效規則，輔助企業在新產品規格訂定的決策。延續前例，在 CPU 運算速度與顧客需求之間，HFNNA 並非直接考量

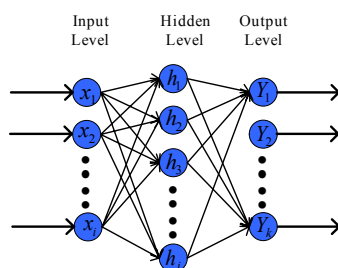


圖 6 類神經網路系統

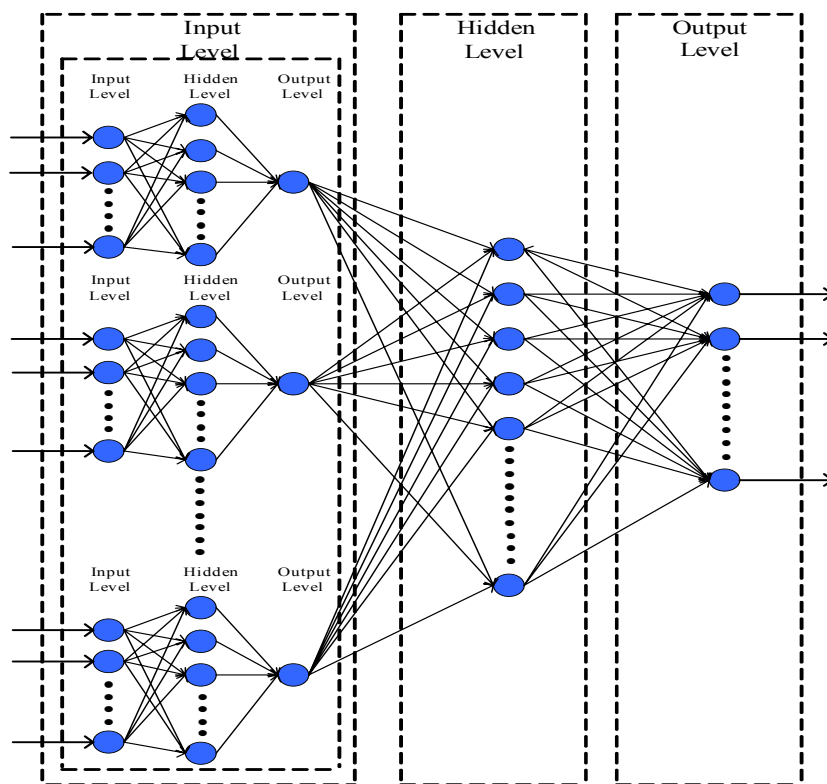


圖 7 兩階段模糊類神經網路系統模式 (HFNNA)

兩者間關聯性，而是第一階段先針對顧客需求考量『運算功能』屬性間關聯性，第二階段針對“運算功能”屬性建立子模糊類神經系統，考量相關變數：CPU 運算速度。經由此模式，HFNNA 將可快速明確描述不同客戶族群的『運算功能』屬性需求水準；同時找出『運算功能』水準相對性必須應用何種型態 CPU 元件，並輔助企業針對該客戶族群需求水準快速訂定設計產品規格。

綜合上述，本研究在應用『考量問題』與『直接相關屬性』建構主模糊類神經系統，再應用『直接相關屬性』與『相關性變數』建構相關子模糊類神經系統。並經由有效的訓練資料加以訓練已建立系統，最後應用肯定法則模式從完成訓練的 HFNNA 中擷取有效模糊規則，達到提供輔助企業決策需求資訊。HFNNA 描述如下：

步驟1. 建構『考量問題』與『直接相關屬性』之主模糊類神經系統。

建構各『直接相關屬性』與『相關性變數』之子模糊類神經系統。

輸入有效訓練資料訓練主模糊類神經系統與各子模糊類神經系統。

經由有效測試資料測試主模糊類神經系統與各子模糊類神經系統，計算測試錯誤率。

If 測試錯誤率 < 0.05 **Then** 執行 步驟 6。

Else 執行 步驟 3。

擷取有效模糊規則規則。

輸出：潛藏有效模糊規則與輔助企業決策。

(一) 相關符號說明與計算函數

本研究提出的模式中，分別應用模糊語意與模糊集合描述“量化屬性變數”與“質化屬性變數”，並以類神經網路為基礎，建構 HFNNA 模式。應用模糊集合描述輸入量化屬性變數如： \tilde{A}_i ，模式描述如 (7) 式，

$$\tilde{A}_i = \left[\bigotimes_{x \in \tilde{A}_i} \mu_{\tilde{A}_i}(x) \right] \quad (7)$$

此外，本研究除了應用模糊集合描述輸入量化屬性變數之外，對於質化屬性變數，本研究應用模糊語意描述質化屬性變數 (Nie & Linkens, 1995; Saito & Nakano, 1987)，本研究定義 \tilde{P}_i 為模糊質化屬性變數， \tilde{v} 為描述模糊質化屬性變數的模糊集合，每一變數 \tilde{P}_i 必須應用 n_i 數個模糊集合 \tilde{v} 描述，因此定義 $\tilde{v}_{i,j}$ 為描述第 j 個屬性的模糊集合，模糊質化屬性變數函數描述如 (8) 式：

$$\tilde{P}_i = \bigcup_j \tilde{v}_{i,j}, \quad \text{where } 0 \leq j \leq n_i \quad (8)$$

本研究其他相關符號假設如下：

N_{BFF} ：HFNNA 內子模糊類神經系統數量；

BFF_i ：第 i 個子模糊類神經系統, $0 \leq i \leq N_{BFF}$ ；

BFF ：主模糊類神經系統；

N_i^h ： BFF_i 隱藏神經元數量；

N_i^I ： BFF_i 輸入神經元數量；

N^h ： BFF 隱藏神經元數量；

N^O ： BFF 輸出神經元數量；

$\tilde{x}_{i,j}$ ： BFF_i 第 j 個輸入神經元，為模糊量化屬性變數或模糊質化屬性變數
 $, 0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N_i^I$ ；

$\tilde{h}_{i,j}$ ： BFF_i 第 j 個隱藏神經元的輸出向量, $0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N_i^h$ ；

\tilde{h}_i ： BFF 第 i 個隱藏神經元的輸出向量, $0 \leq i \leq N^h$ ；

$\tilde{y}_{i,j}$ ： BFF_i 輸出神經元的第 j 個輸出向量，為模糊質化屬性變數, $0 \leq i \leq N_{BFF}$ ；

\tilde{Y}_i ： BFF 第 i 個輸出神經元的輸出向量，為模糊質化屬性變數, $0 \leq i \leq N^O$ ；

$w_{i,j,k}^h$ ： BFF_i 第 j 輸入變數與第 k 個隱藏層神經元間的權重值
 $, 0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N_i^I, 0 \leq k \leq N_i^h$ ；

$w_{i,j}^y$ ： BFF_i 第 j 個隱藏層神經元與輸出層神經元間的權重值
 $, 0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N_i^h$ ；

$w_{i,j}^h$ ： BFF 第 i 個輸入變數與第 j 個隱藏層神經元間的權重值
 $, 0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N^h$ ；

$w_{i,j}^y$ ： BFF 第 i 個隱藏層神經元與第 j 個輸出層神經元間的權重值
 $, 0 \leq i \leq N^h, 0 \leq j \leq N^O$ ；

$\theta_{i,j}^h$ ： BFF_i 第 j 個隱藏層神經元的閾值, $0 \leq i \leq N_{BFF}, 0 \leq j \leq N_i^h$ ；

θ_i^y : 第 i 個子模糊類神經系統與輸出層神經元的閾值, $0 \leq i \leq N_{BFF}$;

θ_i^h : BFF 第 i 個隱藏層神經元的閾值, $0 \leq i \leq N^h$;

θ_i^y : BFF 第 i 個輸出層神經元的閾值, $0 \leq i \leq N^o$;

η_i : BFF_i 學習速度, $0 \leq i \leq N_{BFF}$;

η : BFF 學習速度 ;

α_i : BFF_i 慣性因子, $0 \leq i \leq N_{BFF}$;

α : BFF 慣性因子 ;

$\tilde{\delta}_{i,j}^{Os}$: BFF_i 第 j 個輸出元差距量。

$\tilde{\delta}_{i,j}^{hs}$: BFF_i 第 j 個隱藏元差距量。

$\tilde{\delta}_i^O$: BFF 第 i 個輸出元差距量。

$\tilde{\delta}_i^h$: BFF 第 i 個隱藏元差距量。

$\tilde{Ts}_{i,j}$: BFF_i 第 j 個輸出元目標值。

\tilde{Ts}_i : BFF 第 i 個輸出元目標值。

E_i : BFF_i 經由測試資料計算後的錯誤率。

En_i : BFF_i 經由測試資料計算後的判斷錯誤筆數。

Tn_i : BFF_i 測試資料總筆數。

E : BFF 經由測試資料計算後的錯誤率。

En : BFF 經由測試資料計算後的判斷錯誤筆數。

Tn : BFF 經由測試資料總筆數。

$\tilde{net}_{i,j}^h$: BFF_i 第 j 個隱藏元作用函式。

\tilde{net}_i^h : BFF 第 i 個隱藏元作用函式。

\tilde{net}_i^y : BFF_i 第 j 個輸出元作用函式。

\tilde{net}_i^y : BFF 第 i 個輸出元作用函式。

$defuzz()$: 為反模糊化 (Defuzzification) 函式 (Klir and Yuan, 1995)。

\oplus 、 \ominus 、 \otimes 、 \odot : 模糊集合的四則運算, 應用模糊理論中 α -cut 法則作模糊集合的四則運算 (Klir and Yuan, 1995)。

另外, 在 HFNNA 架構中, 輸入層的資料皆為模糊量化屬性變數或模糊質化屬性變數, 所以, 本研究應用 (9) 式與 (10) 式計算子模糊類神經系統的隱藏層輸出向量式。

$$\tilde{h}_{i,j} = f_{\text{TM}}^{\text{E}} \left[\tilde{net}_{i,j}^h \right] = \frac{1}{1 \oplus \exp^{-\tilde{net}_{i,j}^h}} \quad (9)$$

$$\tilde{net}_{i,j}^h = \bigoplus_k^{\text{R}} w_{i,j,k}^h \otimes \tilde{x}_{i,j} \Bigg] \theta_{i,j}^h \quad (10)$$

應用 (11) 式與 (12) 式計算主模糊類神經系統的隱藏層輸出向量式。

$$\tilde{h}_i = f_{\text{TM}}^{\text{E}} \left[\tilde{net}_i^h \right] = \frac{1}{1 \oplus \exp^{-\tilde{net}_i^h}} \quad (11)$$

$$\widetilde{net}_i^h = \left[\bigoplus_{j=1}^R v_{i,j}^h \otimes \widetilde{x}_i \right] \theta_i^h \quad (12)$$

應用 (13) 式與 (14) 式計算子模糊類神經系統的輸出層輸出向量式。

$$\widetilde{y}_{i,j} = f \left[\bigoplus_{TM}^F \widetilde{net}_{i,j}^y \right] = \frac{1}{1 \oplus \exp^{-\widetilde{net}_{i,j}^k}} \quad (13)$$

$$\widetilde{net}_{i,j}^y = \left[\bigoplus_{k=1}^R v_{i,j,k}^y \otimes \widetilde{h}_{i,j} \right] \theta_{i,j}^y \quad (14)$$

應用 (15) 式與 (16) 式計算主模糊類神經系統的輸出層輸出向量式。

$$\widetilde{Y}_i = f \left[\bigoplus_{TM}^F \widetilde{net}_i^Y \right] = \frac{1}{1 \oplus \exp^{-\widetilde{net}_i^Y}} \quad (15)$$

$$\widetilde{net}_i^Y = \left[\bigoplus_{j=1}^R v_{i,j}^Y \otimes \widetilde{h}_i \right] \theta_i^Y \quad (16)$$

應用 (17) 式與 (18) 式計算子模糊類神經系統的輸出層與隱藏層輸出向量差。

$$\widetilde{\delta}_{i,j}^{Os} = \left[\widetilde{y}_{i,j} \otimes \bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{y}_{i,j} \right] \otimes \left[\bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{s}_{i,j} \otimes \widetilde{y}_{i,j} \right] \quad (17)$$

$$\widetilde{\delta}_{i,j}^{hs} = \left[\widetilde{h}_{i,j} \otimes \bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{h}_{i,j} \right] \otimes \left[\bigoplus_{k=1}^R w_{i,j,k}^h \otimes \delta_{i,j}^{Os} \right] \quad (18)$$

應用 (19) 式與 (20) 式計算主模糊類神經系統的輸出層與隱藏層輸出向量差。

$$\widetilde{\delta}_i^O = \left[\widetilde{Y}_i \otimes \bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{Y}_i \right] \otimes \left[\bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{s}_i \otimes \widetilde{Y}_i \right] \quad (19)$$

$$\widetilde{\delta}_i^h = \left[\widetilde{h}_i \otimes \bigoplus_{\Pi}^F \widetilde{h}_i \right] \otimes \left[\bigoplus_{j=1}^R w_{i,j}^h \otimes \delta_i^O \right] \quad (20)$$

應用 (21) 式與 (22) 式計算子模糊類神經系統輸出層與隱藏層的加權值矩陣修正量。

$$\Delta w_{i,j,k}^h = \eta_i \times \text{defuzz} \left[\bigoplus_{TM}^F \delta_{i,j}^{hs} \otimes \widetilde{x}_{i,j} \right] \quad (21)$$

$$\Delta w_{i,j}^y = \eta_i \times \text{defuzz} \left[\bigoplus_{TM}^F \delta_{i,j}^{Os} \otimes \widetilde{h}_{i,j} \right] \quad (22)$$

應用 (23) 式與 (24) 式計算主模糊類神經系統輸出層與隱藏層的加權值矩陣修正量。

$$\Delta w_{i,j}^h = \eta_i \times \text{defuzz} \left[\bigoplus_{TM}^F \delta_i^h \otimes \widetilde{y}_i \right] \quad (23)$$

$$\Delta w_{i,j}^y = \eta_i \times \text{defuzz} \left(\begin{array}{c} \textcircled{F} \\ \textcircled{O} \\ \textcircled{\delta}_i \\ \textcircled{\text{TM}} \end{array} \right) \otimes \tilde{h}_i \quad (24)$$

本研究應用反模糊化 (Defuzzification) 運算子模糊類神經系統輸出層與隱藏層的偏權值向量修正量。(25) 式與 (26) 式分別描述子模糊類神經系統輸出層與隱藏層的偏權值向量修正量：

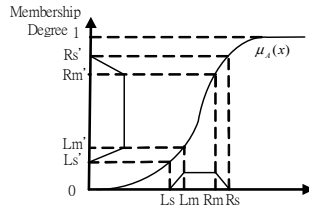


圖 8 模糊集合的輸出向量運算

$$\Delta \theta_{i,j}^h = -\eta_i \times \text{defuzz} \left(\begin{array}{c} \textcircled{F} \\ \textcircled{hs} \\ \textcircled{\delta}_{i,j} \\ \textcircled{\text{TM}} \end{array} \right) \quad (25)$$

$$\Delta \theta_i^y = -\eta_i \times \text{defuzz} \left(\begin{array}{c} \textcircled{F} \\ \textcircled{os} \\ \textcircled{\delta}_{i,j} \\ \textcircled{\text{TM}} \end{array} \right) \quad (26)$$

本研究應用 (27) 式與 (28) 式分別描述主模糊類神經系統輸出層與隱藏層的偏權值向量修正量：

$$\Delta \theta_i^h = -\eta \times \text{defuzz} \left(\begin{array}{c} \textcircled{F} \\ \textcircled{h} \\ \textcircled{\delta}_i \\ \textcircled{\text{TM}} \end{array} \right) \quad (27)$$

$$\Delta \theta_i^y = -\eta \times \text{defuzz} \left(\begin{array}{c} \textcircled{F} \\ \textcircled{o} \\ \textcircled{\delta}_i \\ \textcircled{\text{TM}} \end{array} \right) \quad (28)$$

在上述計算過程中，本研究必須特別說明 HFNNA，在類神經網路架構中輸出向量的計算，皆為模糊集合的運算。因此，隱藏層與輸出層的輸出向量的皆為應用模糊集合所描述，如圖 (8)。同時，因輸出向量皆為模糊集合，因此輸出向量與測試資料的輸出結果是否相同，則應用 3.3 節中提出的可能性理論的指標與下列規則評估，

If $g(\tilde{M} \geq \tilde{N}) > 0.5$ **Then** $\tilde{M} \geq \tilde{N}$
Else If $g(N \geq M) > 0.5$ **Then** $\tilde{N} \geq \tilde{M}$
Else $\tilde{M} = \tilde{N}$

另外，本研究經由錯誤率考量類神經網路系統是否已訓練完成，錯誤率的計算如 (29) 式與 (30) 式，描述如下：

$$E_i = \frac{En_i}{Tn_i} \quad (29)$$

$$E = \frac{En}{Tn} \quad (30)$$

(二) HFNNA 演算法

本研究架構的 HFNNA 演算法分成主模糊類神經系統與許多子模糊類神經系統，兩系統的演算模式描述如下，必須特別說明，本研究在訓練 HFNNA 過程中，因主模糊類神經系統與子模糊類神經系統是相互獨立，因此，不論是主模糊類神經系統或任一子模糊類神經系統達到停止條件限制式（測試資料測試模糊類神經網路的錯誤率 < 0.1 ），則該模糊類神經系統則停止訓練，其他系統則繼續反覆訓練，直到該系統達到停止條件限制式。

模糊類神經系統演算法：

輸入：輸入有效的訓練資料；

$$\eta_1 = \eta_2 = \dots = \eta_i = 0.5; \eta = 0.5;$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i = 0.1; \alpha = 0.5$$

步驟1. 從有效的訓練資料中擷取第一組訓練資料；

計算系統隱藏層與輸出層的輸出值

子系統

由（9）式與（10）式算模糊類神經系統的隱藏層輸出向量。

由（13）式與（14）式計算模糊類神經系統的輸出層輸出向量。

主系統

由（11）式與（12）式計算模糊類神經系統的隱藏層輸出向量。

由（15）式與（16）式計算模糊類神經系統的輸出層輸出向量。

計算系統輸出層與隱藏層的量差

子系統

由（17）計算模糊類神經系統的隱藏層輸出向量差。

由（18）計算模糊類神經系統的輸出層輸出向量差。

主系統

由（19）式計算模糊類神經系統的隱藏層輸出向量差。

由（20）式計算模糊類神經系統的輸出層輸出向量差。

計算系統各隱藏層與輸出層的矩陣修正量 Δw 與偏權值修正量 $\Delta \theta$

子系統

由（21）式計算模糊類神經系統隱藏層的加權值矩陣修正量。

由（22）式計算模糊類神經系統輸出層的加權值矩陣修正量。

由（25）式計算模糊類神經系統隱藏層的偏權值向量修正量。

由（26）式計算模糊類神經系統輸出層的偏權值向量修正量。

主系統

由（23）式計算模糊類神經系統隱藏層的加權值矩陣修正量。

由 (24) 式計算模糊類神經系統輸出層的加權值矩陣修正量。

由 (27) 式計算模糊類神經系統隱藏層的偏權值向量修正量。

由 (28) 式計算模糊類神經系統輸出層的偏權值向量修正量。

If 訓練資料無下一筆資料 Then 執行 步驟 6

Otherwise 擷取下一筆資料 Then 執行 步驟 2

經由測試資料測試模糊類神經網路，計算系統的錯誤率

子系統

由 (29) 式計算模糊類神經系統的錯誤率。

主系統

由 (30) 式計算模糊類神經系統的錯誤率。

If 錯誤率 > 0.05 Then 執行 步驟 1

Otherwise Stop;

(三) 擷取有效的模糊規則

經由 4.2 節架構的 HFNNA 演算法與有效的資料訓練及測試後，可獲的一個有效的模糊類神經網路系統。但是，類神經網路系統是以黑箱模式來表現知識，因此常讓企業在理解與實際應用成面上有較高的門檻。本研究應用延伸肯定法則模式 (Affirmative Rule)，找尋潛藏在類神經網路系統下的有效規則。本研究應用上述 HFNNA 的架構延伸，首先針對系統中各子系統搜尋潛藏的模糊規則。完成子系統規則搜尋後，再找尋主系統與子系統間的潛藏模糊規則。

本研究必須特別強調，蒐尋潛藏在類神經網路系統中的模糊規則，目的是期望藉由蒐尋出的模糊規則使企業對龐大資料背後潛藏規則，可更直接有效的應用模式。蒐尋潛藏模糊規則過程，本研究應用肯定法則 (Affirmative Rule)，延伸法則擷取演算模式，但法則擷取演算模式原為解決 0-1 問題，本研究中相關變數可能為模糊量化屬性變數或模糊質化屬性變數所描述，因此本研究改變演算法中開啟變數的步驟 (步驟 5) 為：開啟具有變數為模糊質化的變數，則以每一種輸入值組合嘗試輸入，並非使用訓練資料；若具有變數為量化屬性變數，則輸入訓練資料的輸入值。擷取演算模式詳細描述如下：

步驟1. 從有效的訓練資料中擷取一輸出值為 A 的資料 P 或找尋輸入值組合；

步驟2. If 資料 P 為不存在 Then Stop；

設定肯定變數 $m=1$ ；

If $m > M$ (最大肯定變數) Then 此資料無法擷取法則,執行 步驟 1；

設定所有變數為關閉狀態 (皆為 0) ；

If 開啟 m 個具有變數 and 輸出值 A 被開啟

Then 擷取一肯定法則, 執行 步驟 1；

Else $m=m+1$, 執行 步驟 3；

伍、實驗與模擬驗證

本研究期望經由架構 HFNNA 與擷取演算模式，能輔助企業快速訂定新產品設計規格與挖掘龐大資料下蘊藏的潛藏知識。在本節中，本研究應用既有文獻資料（蝴蝶花問題（IRIS）（葉怡成, 2001）與模擬實驗方式驗證 HFNNA 的結果。本研究提出模擬實驗方式的相關說明如下：

1. 本研究認為在龐大的資料中挖掘蘊藏的規則，必須資料中原已存在規則而並非無中生有的產生規則，因此，本研究依虛擬規則與亂數產生模擬實驗的資料，進而驗證本文提出的 HFNNA。

模擬實驗延續前敘章節提及相關問題案例，針對企業開發筆記型電腦初期，產品規格訂定問題作模擬實驗。

模擬實驗資料中，已存在蘊藏 M 條規則，本研究期望經由 HFNNA，可有效找尋出已蘊藏於模擬實驗中的規則。

透過找尋出來的規則，有效輔助企業面對不確定性的市場需求環境下，訂定最合適的產品規格。

（一）蝴蝶花驗證

本研究提出器具量測過程中存在誤差問題，因此應用模糊集合描述不確定性資訊，本研究假設量測誤差皆在 1% 內的亂數，因此應用模糊集合描述蝴蝶花資訊如下表（1）。其他實驗相關資料如下：

實驗訓練資料 150 筆，測試資料為應用實驗訓練資料 150 筆。

初始學習率為 1.2，學習率折減因子為每 100 學習循環折減 0.95。

學習終止條件為測試資料總錯誤率小於 0.05。

另外，基於應用 HFNNA，本研究提出以二項屬性解決此問題，分別為：萼片為寬的程度（考量萼片長與萼片寬的比例）與花瓣為寬的程度（考量花瓣長與花瓣寬的比例）。針對上述的每一屬性皆應用三階層的類神經網路系統學習，範例架構如下圖（9）。本研究經由 Visual C++ 實驗此案例後，發現對於“萼片為寬”的程度與“花瓣為寬”的程度可以有效判斷種類，相關結果整理如表（2）。

本研究由表（2）發現，HFNNA 在蝴蝶花案例中，在不確定性環境下，可以應用模糊數描述不確定性範圍區間，並有效應用“萼片為寬”與“花瓣為寬”的屬性分類，進而有效判斷蝴蝶花的種類。本研究共執行蝴蝶花驗證 20 次，平均判斷率為 95.6 %，Leave-one-out 的錯誤率則為 4.67%。另外，本研究根據實驗結果歸納出下列規則：

if	萼片為最寬			then	亞種 1
if	萼片為寬	and	花瓣為中等、長或最長	then	亞種 1
if	萼片為中等	and	花瓣為最長	then	亞種 1
if	萼片為寬	and	花瓣為寬	then	亞種 2
if	萼片為中等	and	花瓣為中等	then	亞種 2
if	萼片為長	and	花瓣為最長	then	亞種 2
if	萼片為中等	and	花瓣為寬或最寬	then	亞種 3
if	萼片為長	and	花瓣為中等、寬或最寬	then	亞種 3
if	萼片為最長			then	亞種 3

同時本研究並建構決策輔助系統的決策樹，如圖（10），在此本研究必須別說明兩點：

- 1.圖（10）中所建構的決策樹中仍有許多的條件下，無法找尋明確規則，但仍可透過 HFNNA 判斷。
- 2.圖（10）中所建構的決策樹目的為輔助企業，了解應用有效資料訓練的模糊類神經網路系統隱藏的機制，與潛藏於龐大資料背後的有效知識。決策樹無法完全正確判斷結果。

本研究將 HFNNA 計算結果與 Nozaki et al.(1996)的結果相互比較如表(2)，HFNNA 的判斷率與文獻中 $K=2$ 相同，但規則數卻遠少於 Nozaki($K=2$)的結果。以較少的規則數達到近似的非類率，驗證應用本文 HFNNA 的屬性概念，可以有效分類。本文應用圖（10）中描述的決策樹，驗證 IRIS 的 150 筆資料。則有效判斷平均值為 81%，錯誤率平均值為 7%，無法判斷為 12%。

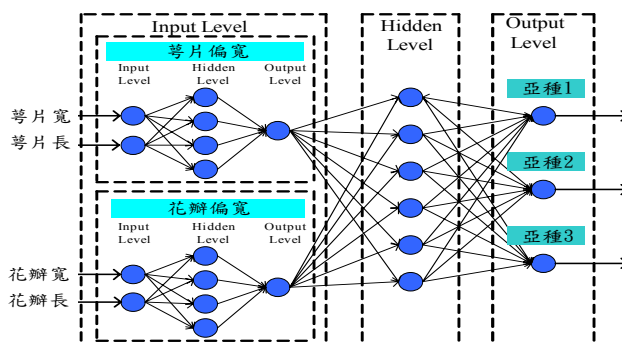


圖 9 蝴蝶花 HFNNA 系統

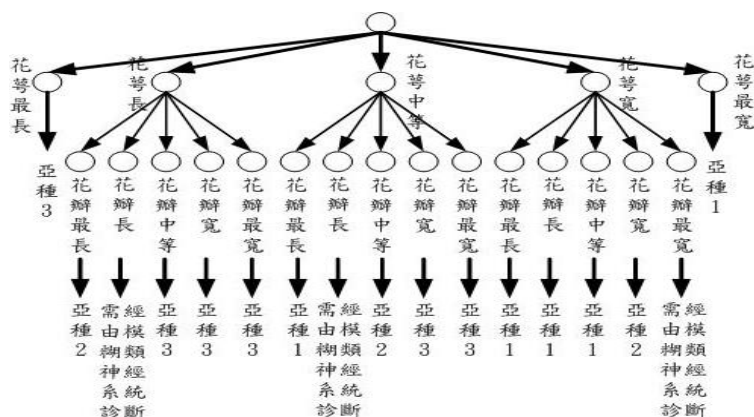


圖 10 擷取模糊規則建立的蝴蝶花決策樹

表 1 應用模糊集合描述蝴蝶花資料

資料筆數	萼片長			萼片寬			花瓣長			花瓣寬		
1	0.224	0.224	0.224	0.621	0.624	0.625	0.067	0.067	0.067	0.043	0.043	0.043
2	0.748	0.749	0.751	0.500	0.502	0.503	0.627	0.627	0.627	0.541	0.541	0.541
3	0.554	0.557	0.558	0.539	0.541	0.543	0.846	0.847	0.849	0.999	1.000	1.000
4	0.110	0.110	0.110	0.500	0.502	0.505	0.051	0.051	0.051	0.043	0.043	0.043
5	0.722	0.722	0.725	0.457	0.459	0.460	0.661	0.663	0.666	0.583	0.584	0.585
	•			•			•			•		
	•			•			•			•		
	•			•			•			•		
73	0.277	0.278	0.278	0.709	0.710	0.712	0.086	0.086	0.086	0.043	0.043	0.043
74	0.224	0.224	0.224	0.208	0.208	0.209	0.336	0.337	0.337	0.414	0.416	0.418
75	0.529	0.529	0.530	0.581	0.584	0.586	0.742	0.745	0.746	0.916	0.918	0.921

表 2 IRIS 資料 HFNNA 與 Nozaki 的文獻比較

	規則數	判斷率
HFNNA	9	95.5
Nozaki(K=2)	16	94
Nozaki(K=3)	62	100

(二) 模擬實驗驗證

在此必須強調，本研究認為應用資料挖掘手法在龐大資料庫中，搜尋潛藏於龐大資料背後的有效知識，必須是有效知識本已存在於龐大資料中，因此，在此節中本研究提出應用模擬手法驗證 HFNNA。模擬驗證過程分成以下兩步驟：(1) 經由有效虛擬規則與隨機亂數產生模擬數據。(2) 應用 HFNNA 從模擬數據中，搜尋有效虛擬規則，並與步驟 (1) 中的有效虛擬規則比較。

根據上述，模擬過程中，首先假設針對不同年齡、性別、工作、收入、興趣與教育程度等屬性值的差異，將決定客戶購買何種產品。因此，本研究假設有 163 條有效虛擬規則存在，虛擬規則描述如附表 (1)。本研究並根據假設的虛擬規則產生模擬數據，決定客戶購買需求產品的結果。因此，客戶的不同年齡、性別、工作、收入、興趣與教育程度的資料成為 HFNNA 的基本輸入元，而購買需求產品的結果為 HFNNA 的最終輸出元。

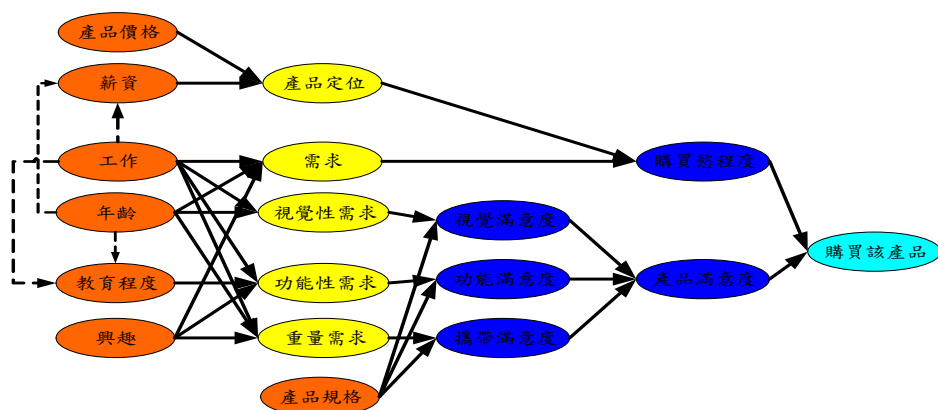


圖 11 筆記型電腦的購買屬性架構 (HFNNA)。

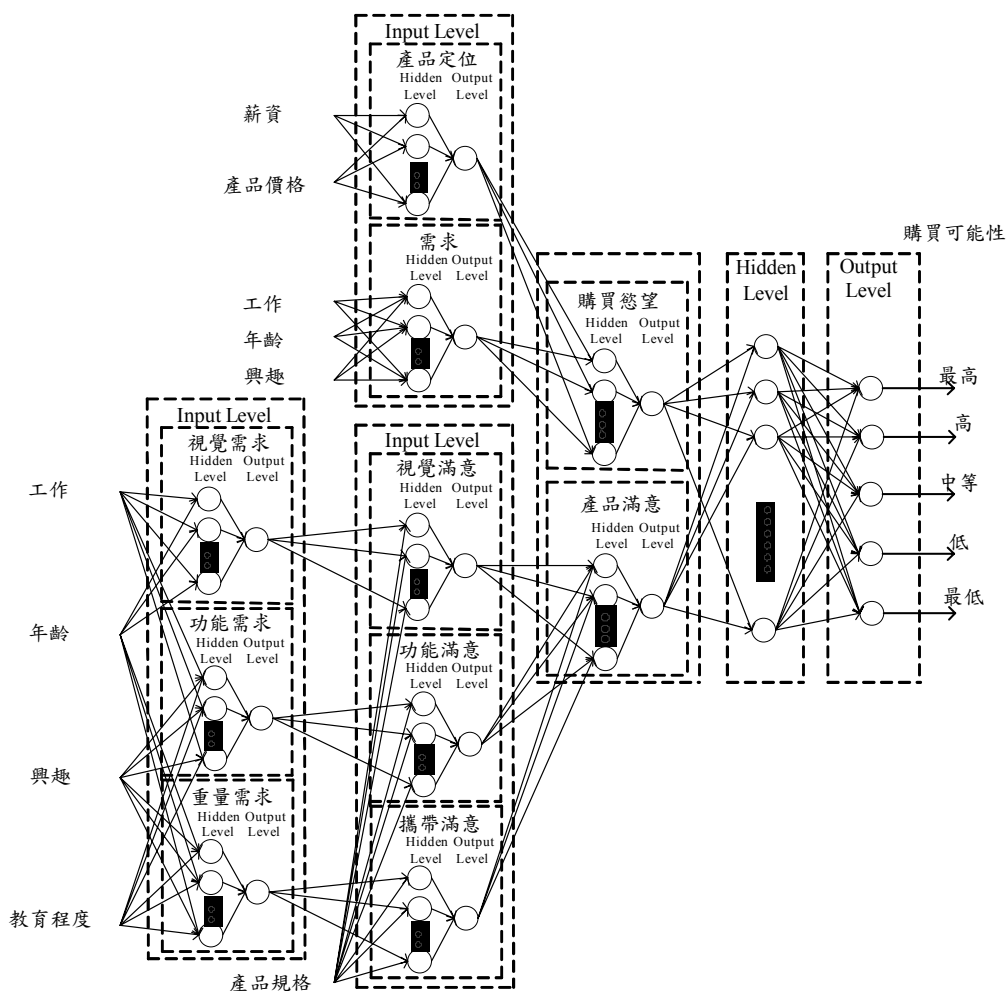


圖 12 模擬驗證的 HFNNA 系統

本研究根據 HFNNA 模式，假設針對筆記型電腦的購買直接影響的屬性分別為：(1) 客戶購買產品的慾望與 (2) 對產品滿意程度。購買產品慾望決定客戶是否想擁有一個此類型的產品，而對產品滿意程度將決定客戶挑選某特定產品。針對兩個不同屬性，分別假設受到其他相關因素影響，整體屬性架構假設如圖 (11)。

必須特別提出說明，在模擬架構圖 (11) 中，模糊規則分成實線與虛線兩部分描述。實線部分描述屬性與屬性或屬性與基本資料間的規則，如產品定位為高，通常受產品價格與顧客薪資影響，相同的產品價格，薪資較高的客戶可能認為是一個中低價位的產品，但薪資較低的客戶則可能認為是一個高價位產品；虛線部份則描述出基本資料間的隱藏規則，如工作為顧問通常年齡為中年、中老年或老年的族群，且教育水準也為較高或最高的族群，薪資部份也都為較高或最高的族群。模擬驗證的 HFNNA 架構圖描述如圖 (12)。

本研究應用 MS Excel 軟體，根據圖 (11) 的屬性架構與附表 (1) 的虛擬規則，產生模擬數據。模擬數據中潛藏共 163 條有效規則，潛藏規則外相關模擬數據則應用隨機亂數產生。模擬實驗過程，共利用產生 5 組模擬數據，每組數據各為 200 筆資料。針對此 5 組模擬數據進行驗證 HFNNA，每組模擬數據各進行 5 次測試，結果描述如表 (3)。

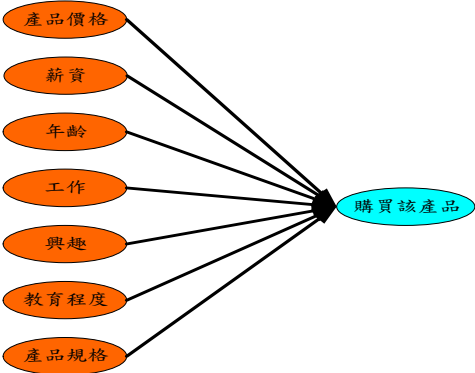


圖 13 筆記型電腦的購買屬性架構（既有類神經系統模式）。

表 2 HFNNA 訓練後測試結果

	輸入值 (1)	輸入值 (2)	總錯誤率
萼片為寬的程度	萼片長	萼片寬	0.040
花瓣為寬的程度	花瓣長	花瓣寬	0.040
花 種 判 別	萼片為寬的程度	花瓣為寬的程度	0.026

表 3 HFNNA 執行模擬實驗結果

	已存在 規則數量	經由 HFNNA 獲取有效規則數量					平均	百分比
		測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	測試 5		
實驗 1	163	102	105	99	96	115	103.4	0.63
實驗 2	163	98	110	109	99	92	101.6	0.62
實驗 3	163	117	94	112	103	100	105.2	0.64
實驗 4	163	101	100	108	97	116	104.4	0.64
實驗 5	163	107	112	114	103	114	110	0.67

表 4 HFNNA 的部分搜尋有效規則（實驗 3 的測試 1）

if	<u>Job</u>	is	C	and	<u>Age</u>	is	MY	then	<u>Inc.</u>	is	H				
if	<u>Job</u>	is	C	and	<u>Age</u>	is	MOY or OY	then	<u>Inc.</u>	is	VH				
if	<u>Job</u>	is	D	and	<u>Age</u>	is	MY or MOY	then	<u>Inc.</u>	is	H				
if	<u>Job</u>	is	D	and	<u>Age</u>	is	OY	then	<u>Inc.</u>	is	VH				
if	<u>Job</u>	is	C or D	and	<u>Age</u>	is	Any	then	<u>E</u>	is	VH				
if	<u>Inc.</u>	is	VH	and	<u>Pro.</u> <u>P.</u>	is	Any	then	<u>Pro.</u> <u>T.</u>	is	Cheep				
if	<u>Inc.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>P.</u>	is	VH	then	<u>Pro.</u> <u>T.</u>	is	Expensive				
if	<u>Inc.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>P.</u>	is	H	then	<u>Pro.</u> <u>T.</u>	is	N				
if	<u>Inc.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>P.</u>	is	N or Low or Very Low	then	<u>Pro.</u> <u>T.</u>	is	Cheep				
if	<u>Job</u>	is	D	and	<u>Age</u>	is	Young or MY	and	<u>Intere</u> <u>st</u> <u>Dir.</u>	is	Any	the n	<u>Dem.</u>	is	H
if	<u>Job</u>	is	D	and	<u>Age</u>	is	MOY or OY	and	<u>Intere</u> <u>st</u> <u>Dir.</u>	is	Computer	the n	<u>Dem.</u>	is	H
if	<u>Job</u>	is	Not Engineer	and	<u>E</u>	is	VH or H	and	<u>Intere</u> <u>st</u> <u>Dir.</u>	is	Computer	the n	<u>Fun. Dem.</u>	is	H
if	<u>Job</u>	is	Not Engineer	and	<u>E</u>	is	VH or H	and	<u>Intere</u> <u>st</u> <u>Dir.</u>	is	Not Computer	the n	<u>Fun. Dem.</u>	is	N
if	<u>Age</u>	is	MOY or OY	and	<u>Job</u>	is	Any	then	<u>View</u> <u>Dem.</u>	is	VH				
if	<u>Age</u>	is	MY	and	<u>Job</u>	is	Not Engineer	then	<u>View</u> <u>Dem.</u>	is	H				
if	<u>Age</u>	is	MOY or MY	and	<u>Job</u>	is	P or B or D or C or M or S	and	<u>Intere</u> <u>st</u> <u>Dir.</u>	is	Any	the n	<u>Wei. Dem.</u>	is	H
if	<u>Job</u>	is	C	and	<u>Age</u>	is	MY	then	<u>Inc.</u>	is	H				
if	<u>Job</u>	is	C	and	<u>Age</u>	is	MOY or OY	then	<u>Inc.</u>	is	VH				

*表 (4) 內縮寫請參考附表 (1)

根據表(3)的結果顯示, HFNNA 中約可搜尋 60% 可有效挖掘出潛藏在資料背後的模糊規則。應用所獲得的模糊規則, 本研究期望能夠直接或間接輔助企業在訂定新產品規格階段過程, 能有更有效的快速的決策。如表(4)描述實驗 3 測試 1 的部分搜尋模糊規則, 當企業所定該產品客戶族群為工作為顧問或醫生, 年齡為中年以上與有電腦方面興趣, 在表(4)中搜尋的規則將有效告知企業, 該族群對產品視覺性、功能性與攜帶性的要求都較高; 收入也大多數為較高或最高, 因此產品價位偏高將較為不影響客戶的購買; 同時該族群教育水準偏高, 對於產品設計的差異性, 能有效區隔。企業經由所獲得的模糊規則, 了解新產品規格必須在視覺效果與產品重量上有較高水準的設計, 必須採用適當水準的產品元件達到客戶的產品滿意度, 容易獲得該族群的喜愛, 相對產品價位因採用元件不同成本而定為較高部分, 則對該族群影響力較小。企業應用所蒐尋的規則, 面對不同需求族群, 在不同屬性間的規格有效快速調整, 促使開發新產品獲得鎖定客戶群的最大滿意度, 並可輔助企業有效降低新產品設計開發時間。

(三) 結果

綜合上述, 本研究主要貢獻描述如下:

1. 本研究提出以物件屬性階層建構 HFNNA, 再經由試驗驗證與模擬驗證後, 可以有效搜尋龐大資料背後潛藏的有效模糊規則, 進而輔助企業面對不同環境下決策新產品設計開發規格。
2. 本研究經由 HFNNA 的屬性功能, 擷取有效模糊規則, 並根據獲得的模糊規則建構決策輔助系統, 使企業更能直接或間接使用潛藏於龐大資料背後的有效知識。
3. 本研究首度提出應用可能性理論應用在模糊類神經網路系統, 經由可能性理論的應用, 可以有效輔助模糊類神經網路系統在判斷神經元是否達到觸發的判斷。對於模糊類神經的應用將可更為有效利用。

陸、結論與未來研究方向

本研究應用屬性觀點建構 HFNNA, 經由系統可有效輔助企業面對不確定的市場環境下判斷事件與擷取模糊規則, 同時找尋潛藏於龐大資料背後的有效知識, 使企業更能直接或間接使用潛藏於龐大資料背後的有效知識。並透過擷取模糊規則建立的決策樹, 將使企業對系統提供資訊更為了解。

必須特別強調, 提出模擬實驗驗證挖掘潛藏有效知識的觀點, 是因為本文認為規則原已存在資料背後, 只是未被發掘, 若資料背後無任何規則存在, 則無法挖掘。如 HFNNA 在 IRIS 的範例中找出規則:

if 萼片為最寬 then 亞種 1

只要萼片為最寬, 品種為亞種 1, 此規則原就潛藏於 IRIS 資料中, HFNNA 只是在既有資料找尋出此規則。因此模擬實驗部分則應用虛擬規則產生資料, 再經由

HFNNA 在產生資料中，找出原本潛藏的虛擬規則，驗證 HFNNA 的挖掘潛藏規則的功能。

另外，在本研究的方法，仍有須多必須深入研究的議題，未來的研究可朝下列 5 個方向深入分析探討：(1) 應用可能性理論描述企業的觀點，並未詳細分析驗證與探討。(2) 有效性的模糊語義分類手法。(3) 實驗驗證部分在本研究中採用蝴蝶花與模擬驗證，期望找尋實際新產品開發案例驗證。(4) 擷取模糊規則的模式期望可修正，許多限制環境並無法詳細挖掘有效潛藏規則。(5) 探討 HFNNA 應用在電子商務中，分析客戶屬性與喜好，有效輔助企業訂定產品行銷策略。

參考文獻

1. 葉怡成 (2001)，類神經網路模式應用與實作，台北：儒林。
2. Agile Software, *Collaborative Manufacturing Commerce*. White paper, Agile Software Company, 2000.
3. Benitez, J. M., Castro, J. L. & Requena, I. "Are artificial neural network black boxes," *IEEE Transaction on Neural Network*, 8(5), 1997, pp: 1156-1164.
4. Chen, Z., *Data Mining and Uncertain Reasoning: An Integrated Approach*. John Wiley & Sons, 2001.
5. Dubois, D., & Prade, H. *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*, New York: Plenum Press, 1988.
6. Hong, T. P., Lin, K. Y., & Wang, S. L. "Fuzzy data mining for interesting generalized association rules," *Fuzzy Sets and Systems*, 138, 2003, pp: 255-269.
7. Hu, Y. C., Chen, R. S., & Tzeng, G. H. "Mining fuzzy association rules for classification problems," *Computers & Industrial Engineering*, 43, 2002 , pp: 735-750.
8. Hu, Y. C., Chen, R. S., & Tzeng, G. H. "Finding fuzzy classification rules using data mining technique," *Pattern Recognition Letters*, 24, 2003 , pp: 509-519.
9. Ishibuchi, H., Fujioka, R., & Tanaka, H. "Neural networks that learn form fuzzy if-then rules," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 1(2), 1993, pp: 85-97.
10. Ishibuchi, H., & Nakashima, T. "Improving the performance of fuzzy classifier systems for pattern classification problems with continuous attributes," *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 46(6), 1999, pp: 1057-1068.
11. Ishibuchi, H., Nozaki, K., Yamamoto, N., & Tanaka, H. "Selecting fuzzy if-then rules for classification problems using genetic algorithms," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 3(3), 1995, pp: 260-270.
12. Klir, G., & Yuan, B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Application*. New York: Prentice-Hall, 1995.

13. Mitra, S., Pal, S. K., & Mitra, P. "Data mining in soft computing framework: a survey," *IEEE Transaction on Neural Network*, 13(1), 2002, pp: 3-14.
14. Nie J., & Linkens D. *Fuzzy-Neural Control*, New York: Prentice Hall, 1995.
15. Nozaki , K., Ishibuchi, H., & Tanaka H. "Adaptive fuzzy rule-based classification systems," *IEEE Trans. Fuzzy Systems* 4(3), 1996, pp: 238-250
16. Olaru, C., & Wehenkel, L. "A complete fuzzy decision tree technique," *Fuzzy Sets and Systems*, 138, 2003, pp: 221-254.
17. Smith, J. F. "Decision support for rule and technique discovery in an uncertain environment," *International Society of Information Fusion*, 2002, pp: 80-87.
18. Saito, K., & Nakano, R. "Medical diagnostic expert system based on PDP model," *International Conference on Neural Networks*, 1, 1987, pp: 255-262.
19. Sugeno, M., & Yasukawa, T. "A fuzzy-logic based approach to qualitative modeling," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 1(1), 1993, pp: 7-31.
20. Wang, J. "A fuzzy set approach to activity scheduling for product development," *Journal of the Operational Research Society*, 50, 1999, pp: 1217-1228.
21. Wang, J. "A fuzzy robust scheduling approach for product development," *European of Operational Research Society*, 152(1), 2004, pp: 180-194.
22. Wang, L. X. "Stable adaptive fuzzy control on nonlinear systems," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 1(2), 1993, pp: 146-155.
23. Zadeh, L. A. "Fuzzy logic = computing with words," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 4(2), 1996, pp: 103-111.
24. Zadeh, L. A. "Fuzzy logic," *IEEE Computer*, April, 1988, pp: 83-92.

附表（1） 模擬驗證的虛擬規則

if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY or YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or MOY or OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or MOY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>C</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>C</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>C</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or MOY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>M</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY or MY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>M</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>M</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or MOY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE or OE or M or B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE or OE or M or B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or YY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>PE or OE or M or B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>C or D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL or O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>SL or O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY or YY or MOY or OY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>				

if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	then	<u>Edu.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>VH</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>H</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>N or L or VL</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>VH or H</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>N</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>VH or H or N</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>L</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>L</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>VL</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>				
if	<u>Inc.</u>	is	<i>VL</i>	and	<u>Pro. P.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>				
if	<u>Job</u>	is	<i>S</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>CY or YY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY or MY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>B</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY or MY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>D</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>C</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>M</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>SL</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>YY or MY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Job</u>	is	<i>O</i>	and	<u>Age</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Dem.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>MOY or OY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>View Dem.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any Engineer</i>	then	<u>View Dem.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Age</u>	is	<i>MY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	then	<u>View Dem.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Age</u>	is	<i>YY or CY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>View Dem.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Edu.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>

if	<u>Edu.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Not Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>Edu.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Not Engineer</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer</i>	then	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VL</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE or B or D or C or M or SL</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE or S or O</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>OY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE or S or O</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>MOY or MY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>PE or B or D or C or M or SL</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>MOY or MY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE or S or O</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>MOY or MY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>OE or S or O</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>YY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>O</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>Computer and Travel</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>Age</u>	is	<i>CY</i>	and	<u>Job</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Interest Dir.</u>	is	<i>O</i>	then	<u>Wei. Dem.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>VH or H or N</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>VH</i>				

if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Cheep</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>VH</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>H</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>N</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>VH or H or N</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>L</i>				
if	<u>Pro. T.</u>	is	<i>Expensive</i>	and	<u>Dem.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Pro. L.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Biggest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Big</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>N or small or smallest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Biggest or Big</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>N</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>small</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>smallest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Biggest or Big or N</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>small</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>smallest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>L</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Biggest or Big or N</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>L</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>small or smallest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>VL</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>Biggest or Big or N</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>View Dem.</u>	is	<i>VL</i>	and	<u>Pro. View</u>	is	<i>small or smallest</i>	then	<u>View Sat.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Very Strong</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Strong</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>VH</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>N or Weak or Very Weak</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Very Strong</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Strong</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>H</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>N</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>N</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N or H</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Weak or Very Weak</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VL</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Very Strong or Strong</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VH</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>N</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>N</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>H</i>				
if	<u>Fun. Dem.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Pro. Fun.</u>	is	<i>Very Strong or</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	<i>VH</i>				

						<i>Strong</i>									
if	<u>Fun.</u> <u>Dem.</u>	is	L	and	<u>Pro.</u> <u>Fun.</u>	is	N	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	H				
if	<u>Fun.</u> <u>Dem.</u>	is	L	and	<u>Pro.</u> <u>Fun.</u>	is	<i>Weak or Very Weak</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	N				
if	<u>Fun.</u> <u>Dem.</u>	is	VL	and	<u>Pro.</u> <u>Fun.</u>	is	<i>N or Weak</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	H				
if	<u>Fun.</u> <u>Dem.</u>	is	VL	and	<u>Pro.</u> <u>Fun.</u>	is	<i>Very Weak</i>	then	<u>Fun. Sat.</u>	is	N				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	VH	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Very Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VH				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	VH	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	N				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	VH	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>N or Heavy or Very Heavy</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VL				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Very Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VH				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	H				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	H	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	N	then	<u>We i. Sat.</u>	is	N				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	N	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Very Light or Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VH				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	N	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	N	then	<u>We i. Sat.</u>	is	H				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	<i>N or H</i>	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Heavy or Very Heavy</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VL				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Very Light or Light</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	VH				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	L	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	N	then	<u>We i. Sat.</u>	is	H				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	L	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Heavy or Very Heavy</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	N				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	VL	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>N or Heavy</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	H				
if	<u>We i.</u> <u>Dem.</u>	is	VL	and	<u>Pro.</u> <u>We i.</u>	is	<i>Very Heavy</i>	then	<u>We i. Sat.</u>	is	N				
if	<u>View Sat.</u>	is	<i>Any</i>	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	<i>L or VL</i>	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>Any</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>VL</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>VH</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	N	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	N	and	<u>We i. Sat.</u>	is	N	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	N	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>VL</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	N	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>H</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	N	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>We i. Sat.</u>	is	N	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>N</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	N	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>L or VL</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>L</i>
if	<u>View Sat.</u>	is	N	and	<u>Fun.</u> <u>Sat.</u>	is	N	and	<u>We i. Sat.</u>	is	<i>VH or H</i>	then	<u>Int. Sat.</u>	is	<i>N</i>

