

以模糊規則為基礎之資料探勘分析消費者於 產品因子之偏好

Finding Consumer Preferences in Product Factors Using Fuzzy Rule-Based Data Mining

胡宜中¹ Yi-Chung Hu

中原大學企業管理學系

陳美芳² Mei-Fang Chen

大同大學事業經營學系

¹Department of Business Administration, Chung Yuan Christian University &

²Department of Business Management, Tatung University

(Received September 8, 2004; Revised July 12, 2005)

摘要：藉由消費者對產品與產品各因子的偏好評估，本文提出一以模糊規則為基礎之資料探勘方法，可以由所收集之問卷中找出簡化的模糊規則，並找出定義於產品因子上的模糊語意值組合及其相對應之消費者效用。本文的主要目的在於發展一有用之決策分析工具，使決策者可應用前述之資訊以制定適當之行銷或經營策略，而在做法上係發展以基因演算法為基礎之資料探勘技術，決定一些使用者難以設定之參數，以自所收集之資料中找出前鑑部與後鑑部分別為語意值組合與該組合相對應之消費者效用之簡化模糊規則。此外，產品的意義並不限定為實物，而是廣泛的解釋為一切可被評估之對象。本文以速食店服務品質評估之問卷資料為實驗例，由資料中找出具較大或較小消費者效用之語意值組合並進行分析，以說明所提出之方法在支援決策分析上的實用性與可行性。

關鍵詞：資料探勘、決策支援、模糊規則、偏好分析、行銷策略

Abstract : This paper proposes a fuzzy data mining method that can find utilities of various combinations of linguistic values in product factors. The main aim of the proposed fuzzy rule-based method is to develop a useful decision making tool by discovering simplified fuzzy if-then rules, whose

consequent part is a real number, from numerical data by using the proposed data mining technique based on genetic algorithm to automatically determine several pre-specified parameters. Then, the antecedence and consequence of a fuzzy rule are referred to as a combination of linguistic values and the corresponding utility of the antecedent part, respectively. To demonstrate the usefulness of the proposed methods for supporting decision makers to make appropriate marketing strategies, we use computer simulations on questionnaire data for evaluating service quality of fast food stores to analyze possible combinations linguistic values that can acquire larger or smaller utilities.

Keywords : data mining, decision support, fuzzy rule, preference analysis, marketing strategy

1. 緒論

以模糊規則為基礎之系統 (fuzzy rule-based systems) 已被廣泛使用於各個領域；例如分類問題 (Ishibuchi *et al.*, 1995, 1997, 2005; Ravi and Zimmermann, 2000; Ravi *et al.*, 2000)，控制問題與函數趨近 (Jang and Sun, 1995; Nozaki *et al.*, 1997; Ishibuchi *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1994; Homaifar and McCormick, 1995; Ishigami *et al.*, 1995) 等。著名的 Sugeno 模糊模式 (Takagi and Sugeno, 1985; Sugeno and Kang, 1988) (或稱為 TSK 模糊模式) 則是提供由數值資料中產生不同模糊規則的方法。而在 Sugeno 模式中，每個規則的後鑑部 (consequence) 均為一明確的函數 f ；而當 f 為一常數時，所得到的模糊規則與模糊推論 (fuzzy reasoning) 系統就分別稱為簡化的模糊規則與零階 (zero-order) Sugeno 模糊模式。此外，Jang (1993) 已證明零階 Sugeno 模糊模式原則上可以趨近任意非線性的函數。

藉由消費者對產品各因子的偏好評估，本文提出一模糊資料探勘 (fuzzy data mining) 方法，可以由所收集之數值資料 (例如問卷) 中找出簡化的模糊規則 (simplified fuzzy rules)。而一個模糊規則的前鑑部與後鑑部分別為一模糊語意值 (linguistic values) 組合與該組合相對應之消費者效用值 (在 0 到 1 之間)。例如，就“若米食的黏性好且硬度適中，則消費者的效用值 (utility) 為 0.95”而言，“好”與“適中”分別為“黏性”與“硬度”的語意值，而 0.95 原則上可主觀視為高效用值。因此前述規則代表消費者對於兩者相對較為重視，並偏好黏性好且硬度適中的米食。因此廠商可以就黏性好且硬度適中的米食種類進行推廣。

在做法上，所提出之方法首先由資料中找出所有的高頻模糊格 (frequent fuzzy grids)。當一個方格的模糊支持度 (fuzzy support) (Hu *et al.*, 2004; Ishibuchi *et al.*, 2001) 大於或等於最小模糊支持度時，則稱此方格為一高頻模糊格。高頻模糊格本身代表消費者較為重視之語意值組合，因此對此種語意值組合做後續分析也相對較有意義。接著，由高頻格產生相對應之簡化模糊規則。

其中，由於最小模糊支持度難以由使用者決定其適當值，因此將由基因演算法 (genetic algorithms) (Goldberg, 1989; Man *et al.*, 1999) 編碼並自動產生最佳值。

此外，產品的意義並不限定為實物，本文將其廣泛解釋為一切可被評估之對象，例如方案 (alternatives)、服務 (services) 與企業組織等。整體而言，本文之主要貢獻即在於將高頻模糊格解釋為消費者較為重視之語意值組合，並發展以基因演算法為基礎之模糊資料探勘技術，由消費者所填答之問卷資料中挖掘出高頻模糊格，並自動找出其相對應之效用值，亦即自動建構具零階 Sugeno 模式的模糊規則庫 (fuzzy rule base)；而且由此模糊規則庫可進一步分析影響消費者偏好的語意值組合或支援決策者制定適當之行銷策略。在實例驗證上，本文係就七家速食店服務品質評估之問卷資料進行分析，並由其中找出造成不同消費者效用之模糊語意值組合，以顯示所提出方法在知識獲取 (knowledge acquisition) 與決策分析上的有用性。

本文以下章節安排如下：第2節簡介產生模糊語意值的模糊格分割法 (grid partition method) (Jang and Sun, 1995)，第3節詳盡介紹所提出方法，而第4節係針對速食店之問卷資料進行分析；在本文最後，將就所提出之方法進行結論，並就一些議題進行討論。

2. 模糊格分割法

模糊語意變數 (linguistic variables) 的概念係由 Zadeh (1975^a, 1975^b, 1976) 所提出。在本文中，各產品因子被視為一語意變數，而一個語意變數的值可以由自然語言 (natural language) 的型式加以表達。例如，對於主觀評估不同的米食而言，外觀與硬度等是較適當的產品因子，且分別被視為語意變數；而好與壞則可以考慮做為外觀的語意值 (linguistic values)。對於評估速食店之服務品質而言，則以等候時間與服務態度等做為評估因子應較適當。

假設 d 為所考慮的產品因子個數，且設 A_{ij} 是在第 i 個因子或變數 (x_i) 上共 K_i 個語意值中的第 j 個語意值 ($1 \leq i \leq d, \leq j \leq K_i$)。由於三角形隸屬函數 (membership functions) 在語意值的獲取上較為容易，而且在模糊系統的建構上有其實用性 (Pedrycz, 1994)；因此會被多個語意值加以分割的產品因子，在因子上的每一個語意值皆考慮以預先定義之三角形隸屬函數與其對應。也因此，本文所定義之語意值為一模糊數。實際上，模糊數是符合凸的 (convex) 與正規 (normal) 條件的模糊集合 (Pedrycz and Gomide, 1998; Zimmermann, 1996)。在模糊分割下，輸入空間上將產生單純模糊格 (simple fuzzy grids)；這也就是使用模糊格分割法後所得到的結果。如圖1所示，在一個二維空間上由於在 x_1 與 x_2 上分別定義了三個語意值，因此共有 9 個模糊方格或模糊子空間產生。而在圖2中的陰影區域則是對應於模糊子空間 (A_{11}, A_{23})。此外，若 x_1 與 x_2 分別為速食店的等候時間與服務態度，則可將 (A_{11}, A_{23}) 解釋為“等候時間不滿意且服務態度滿意”。當然，每一個模糊格皆對應一語意值之組合。

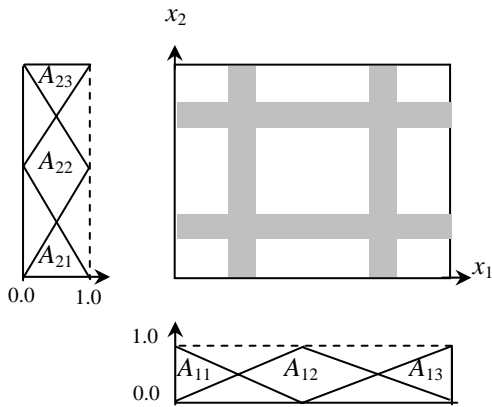


圖1 x_1 and x_2 分別使用 3 個語意值

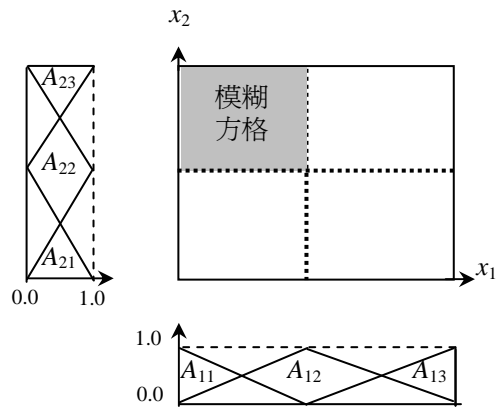


圖2 模糊子空間 (A_{11}, A_{23})

就語意值 A_{ij} 而言，可將其三角隸屬函數 μ_{ij} 以下式表示 (Ishibuchi *et al.*, 1995)：

$$\mu_{ij}(x) = \max\left\{1 - \frac{|x - a_j|}{b^{K_i}}, 0\right\} \quad (1)$$

且

$$a_j = \frac{mi + (ma - mi)(j - 1)}{K_i - 1} \quad (2)$$

$$b^{K_i} = \frac{(ma - mi)}{K_i - 1} \quad (3)$$

其中， ma 與 mi 分別為 x_i 的最大與最小值。在所提出方法中，每一個語意值被視為一候選一維模糊格。因此， (A_{11}, A_{23}) 是由 A_{11} 與 A_{23} 兩個一維模糊格所產生的二維模糊格。而且，一個模糊格的最大維度為 d 。

接下來，必須使用候選一維模糊格建構高頻模糊格，並且對各個高頻模糊格產生簡化模糊規則。在以下章節中將針對此議題提出模糊資料探勘方法。

3. 模糊資料探勘方法

本節係就高頻模糊格之建構，與簡化模糊規則之產生提出以基因演算法為基礎之模糊資料探勘方法。

3.1 決定高頻模糊格

\mathbf{x}_p 於候選 k 維模糊格 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 的相容程度 (degree of compatibility) 為 $\sum_{p=1}^n \mu_{i_1 i_2 \dots i_k}(\mathbf{x}_p)$ ，而 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 的模糊支持度係以 $FS(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 表示並計算如下：

$$FS(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k}) = \frac{\sum_{p=1}^n \mu_{i_1 i_2 \dots i_k}(\mathbf{x}_p)}{n} = \frac{\sum_{p=1}^n \mu_{1i_1}(x_{p_1}) \times \mu_{2i_2}(x_{p_2}) \times \dots \times \mu_{(k-1)i_{k-1}}(x_{p_{k-1}}) \times \mu_{ki_k}(x_{p_k})}{n} \quad (4)$$

其中“ \times ”為模糊交集中屬於 t -norm 運算子的代數乘積 (algebraic product)。若 $FS(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 大於或等於最小模糊支持度時，則稱此方格為一高頻 k 維模糊格。 $FS(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 與最小模糊支持度的值均介於 0 到 1 之間。模糊支持度的概念類似於「集群定義規則」 (clusters define rules) (Kosko, 1992)；亦即，當一個模糊格的模糊支持度大於零時，可能由此模糊格產生出模糊規則。當然，一個高頻模糊格就是一個模糊語意值組合。藉由檢視模糊支持度，我們可以決定那一個模糊格是較有價值做進一步的分析。

就資料探勘方法而言，Apriori algorithm (Agrawal *et al.*, 1996) 是一個相當重要且廣為應用的方法。基於 Apriori algorithm 的演算程序，本文就此提出一個決定高頻 k 維模糊格的有效方法。亦即，一候選 k 維模糊格 ($2 \leq k \leq d$) 是由兩個高頻 $(k-1)$ 維模糊格結合而產生，而這兩個高頻模糊格有共同的 $(k-2)$ 個語意值。例如，候選三維模糊格 (A_{12}, A_{21}, A_{33}) 可以由有同一維模糊格 A_{12} 的兩個高頻二維模糊格 (A_{12}, A_{21}) 與 (A_{12}, A_{33}) 結合而產生。 (A_{12}, A_{21}, A_{33}) 是否為高頻，則必須將 $FS(A_{12}, A_{21}, A_{33})$ 與最小模糊支持度比較大小後方能得知。在決定所有的高頻 k 維模糊格後，即可再產生候選 $(k+1)$ 維模糊格。實際上，若高頻 k 維模糊格不存在或僅有一個時，則無法產生候選 $(k+1)$ 維模糊格。

對所有的高頻模糊格，我們也提出一個方法以決定那些高頻模糊格需要被移除：對於兩個高頻模糊格 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 與 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{ki_k}, A_{(k+1)i_{k+1}})$ 而言，因為 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{ki_k}, A_{(k+1)i_{k+1}}) \subseteq (A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 成立，故將 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{ki_k})$ 移除。其原因在於兩者相較，我們認為 $(A_{1i_1}, A_{2i_2}, \dots, A_{ki_k}, A_{(k+1)i_{k+1}})$ 包含較多的資訊。

3.2 建構模糊規則庫

假設 $(\mathbf{x}_p; y_p)$ 代表第 p 筆 ($1 \leq p \leq n$) 輸入輸出資料，其中 $\mathbf{x}_p = (x_{p_1}, x_{p_2}, \dots, x_{p_d})$ 且 x_{p_i} 為第 i 個因子的績效評估值，而 y_p 為 \mathbf{x}_p 的期望輸出 (亦即整體評估值)。如前所述，模糊規則係針對高

頻模糊格產生。例如，在圖2中，若 (A_{11}, A_{23}) 為一高頻模糊格，則以此方格做為前鑑部的簡化模糊規則將會被產生。模糊規則庫係由簡化模糊規則所組成。圖3所示為一包含 d 個非模糊 (non-fuzzy) 輸入與單一輸出的基本模糊推論程序。由此圖可看出當輸入 $\mathbf{x}_p = (x_{p_1}, x_{p_2}, \dots, x_{p_d})$ 時，可得到推論輸出 (亦即實際整體評估值) $y(t_p)$ 。此外， \mathbf{x}_p 與 y_p 實際上可由問卷訪談而得。

簡化模糊規則 $R_{i_1 i_2 \dots i_k}$ 的型式如下所示：

$$R_{i_1 i_2 \dots i_k} : (A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{(k-1)i_{k-1}}, A_{i_k}) \Rightarrow \alpha_{i_1 i_2 \dots i_k} \quad (5)$$

$R_{i_1 i_2 \dots i_k}$ 說明了：若 x_1 是 A_{i_1} 且 x_2 是 A_{i_2} 且...且 x_k 是 A_{i_k} ，則效用為 $\alpha_{i_1 i_2 \dots i_k}$ 。“ \Rightarrow ”的左邊與右邊分別代表 $R_{i_1 i_2 \dots i_k}$ 的前鑑部與後鑑部。而且，前鑑部與後鑑部分別為一高頻模糊格與該組合相對應之消費者效用值 (0到1之間)。此外，模糊規則的總數基本上與高頻模糊格的個數相同。

對於解模糊而言，是執行獲取 $y(\mathbf{x}_p)$ 的方式且以下式加以表達：

$$y(\mathbf{x}_p) = \frac{\sum_{\omega=1}^h \mu^{(\omega)}(\mathbf{x}_p) \alpha^{(\omega)}}{\sum_{\omega=1}^h \mu^{(\omega)}(\mathbf{x}_p)} \quad (6)$$

其中 h 、 $\mu^{(\omega)}(\mathbf{x}_p)$ 與 $\alpha^{(\omega)}$ ($1 \leq \omega \leq h$) 代表高頻模糊格的個數、 \mathbf{x}_p 於第 ω 條模糊規則的相容程度或是第 ω 條模糊規則的激勵強度 (firing strength)，以及第 ω 個模糊規則的後鑑部。 $\alpha^{(\omega)}$ 實際上就是第 ω 個模糊規則所推論得到的實數效用值。因此， $y(\mathbf{x}_p)$ 可視為是 h 個模糊規則輸出值的加權平均；亦即，每一個模糊規則均對整體評估值有部份的貢獻。由於後鑑部使用實數值的緣故，在解模糊的方式上較著名的 Mamdani 模糊模式 (Mamdani and Assilian, 1975) 簡單許多。

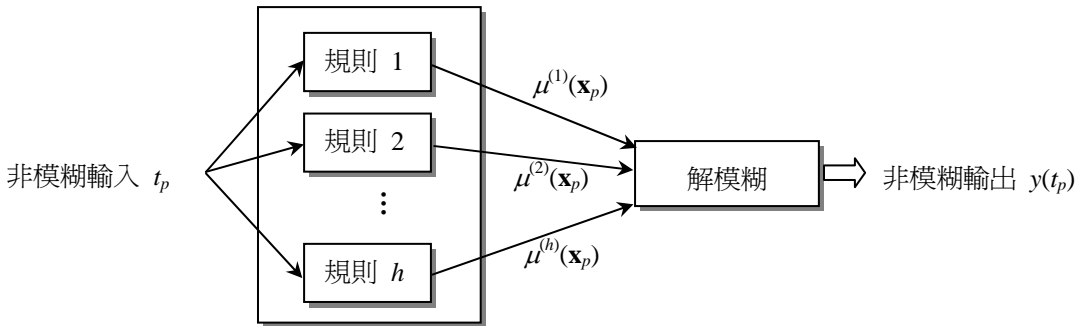


圖3 模糊推論程序

特別的， $\alpha_{i_1 i_2 \dots i_k}$ 是由下式計算而得 (Nozaki et al., 1997)：

$$\alpha_{i_1 i_2 \dots i_k} = \frac{\sum_{p=1}^n [\mu_{i_1 i_2 \dots i_k}(\mathbf{x}_p)]^\beta y_p}{\sum_{p=1}^n [\mu_{i_1 i_2 \dots i_k}(\mathbf{x}_p)]^\beta} \quad (7)$$

其中 β 為一正常數，但是使用者不易主觀設定，因此我們以基因演算法將其編碼並自動決定之。

3.3 基因演算法

由於最小模糊支持度與 β 不容易由決策者主觀設定，因此我們決定以基因演算法決定之。當然，群體大小 (population size)、交配機率 (crossover probability, $Prob_c$)、突變機率 (mutation probability, $Prob_m$) 與最大可演化之代數 (maximum number of generations) 都必須在執行所提出方法之前由決策者主觀給定。

以下係針對在基因演算法中所使用之染色體、基因運算 (複製、交配、突變) (Goldberg, 1989; Rooij et al., 1996; Man et al., 1999) 與精英策略 (elitist strategy) 等做一詳盡之描述。

3.3.1 未知參數的編碼

初始，先將 N_{pop} 個經過編碼的二元染色體 (binary chromosomes) 放入目前的群體 (current population) (以 P 表示) 之中，而在染色體的每一個基因是以發生機率0.5的方式隨機設定為0或1。如圖4所示，第 τ 個染色體 ($\tau = 1, 2, \dots, N_{pop}$) 是一個由兩個子字串 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 所連結而成的二元染色體，而 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 則分別為最小模糊支持度與 β 的編碼子字串。我們另以 $(|s_1^{(\tau)}| + |s_2^{(\tau)}|)$ 表示 $s_1^{(\tau)}$ 、 $s_2^{(\tau)}$ 的長度。至於 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 的解碼方式，則是分別將轉換為 $\alpha_1 / (2^{|s_1^{(\tau)}|} - 1)$ 與 $100\alpha_2 / (2^{|s_2^{(\tau)}|} - 1)$ ，其中 α_1 與 α_2 分別為對應於 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 的整數值。因此， $s_2^{(\tau)}$ 的解碼結果為一介於0與100之間的實數值。

3.3.2 適配值 (fitness value) 的計算

一組相對於染色體 $s_1^{(\tau)}$ 、 $s_2^{(\tau)}$ 的簡化模糊規則 (以 $V^{(\tau)}$ 表示)，可以在 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 解碼後並執行第三節中所提出之方法後獲得。此時，因模糊規則之獲取， $s_1^{(\tau)}$ 、 $s_2^{(\tau)}$ 的適配值 $f(V^{(\tau)})$ 可計算如下：

$$f(V^{(\tau)}) = -ERR(V^{(\tau)}) \quad (8)$$

$ERR(V^{(\tau)})$ 通常採取 y_p 與 $y(\mathbf{x}_p)$ ($1 \leq p \leq n$) 之間的平方差，當 $f(V^{(\tau)})$ 愈大時，則代表該染色體所呈現出來的績效愈佳。此時我們在 P 中找出具有最大適配值 (以 $f_{\max}(P)$ 表示) 的染色體 (以 $L_{\max}^{(P)}$ 表示)；同時也將下一代 (以 NP 表示) 設為 ϕ 。

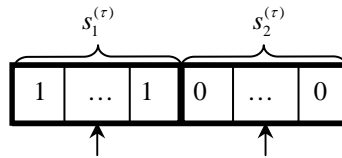


圖4 第 τ 個染色體

3.3.3 複製

$s_1^{(\tau)}$ $s_2^{(\tau)}$ 由 P 中被選中的機率 (以 $Prob(V^{(\tau)})$ 表示) 與 $f(V^{(\tau)})$ 的大小是有直接關聯的, 可以如下式計算為 :

$$Prob(V^{(\tau)}) = \frac{f(V^{(\tau)}) - f_{\min}(P)}{\sum_{i=1}^{N_{pop}} [f(V^{(i)}) - f_{\min}(P)]} \quad (9)$$

其中 $f_{\min}(P)$ 為由 P 中所找出的最小適配值 (i.e., $f_{\min}(P) = \min_{i=1..N_{pop}} f(V^{(i)})$)。在此階段中, 共有 $N_{pop}/2$ 對染色體由 P 中被隨機選出, 且置於交配池 (mating pool) 中。

3.3.4 交配

在複製運算後, 從交配池中隨機選出兩個染色體, 在經由交配運算後, 產生可加入 NP 中的兩個新子染色體。由圖 4 可看到交配點 (crossover points) 係在 $s_1^{(\tau)}$ 與 $s_2^{(\tau)}$ 各隨機選取一點, 因此共有兩個交配點產生。整體而言, 所使用之基因演算法係針對每一對被選中的染色體執行機率為 $Prob_c$ 的多點交配運算 (Roosj *et al.*, 1996)。

3.3.5 突變與精英策略

在交配運算後, 對 NP 中的每個新產生染色體的每個基因, 均執行將 1 改變為 0 或將 0 改變為 1, 且機率為 $Prob_m$ 的突變運算。至於在精英策略中, 則是由 NP 中找出具最小適配值 (以 $f_{\min}(NP)$ 表示) 的染色體 (以 $L_{\min}^{(NP)}$ 表示); 接著, 以 $L_{\max}^{(P)}$ 替換 $L_{\min}^{(NP)}$ 。精英策略的目的在於將上一代表現最好的染色體保留到下一代 (Roosj *et al.*, 1996)。

由以上之描述, 可得知基因運算元利用染色體的適配值, 以決定在 NP 中最終所產生的新染色體。

3.3.6 終止條件測試

最後, 我們以最大可演化之代數做為基因演算法終止執行的條件。而且, 在最後一代擁有最大適配值的染色體將被用來找出簡化模糊規則。在實作上, 當基因演算法演化至 t_{max} 代時, 將終止演算法的執行, 同時, 擁有 $f_{\max}(NP)$ 的 $L_{\max}^{(NP)}$ 也將進一步被使用來產生簡化模糊規則, 當然

也包含模糊語意值組合與該組合相對應之消費者效用分析。否則，將以 NP 取代 P 且再次循序執行 3.3.2 至 3.3.6 節的計算程序。在整合基因演算法的前提下，我們將所提出方法之架構繪如圖 5 所示。

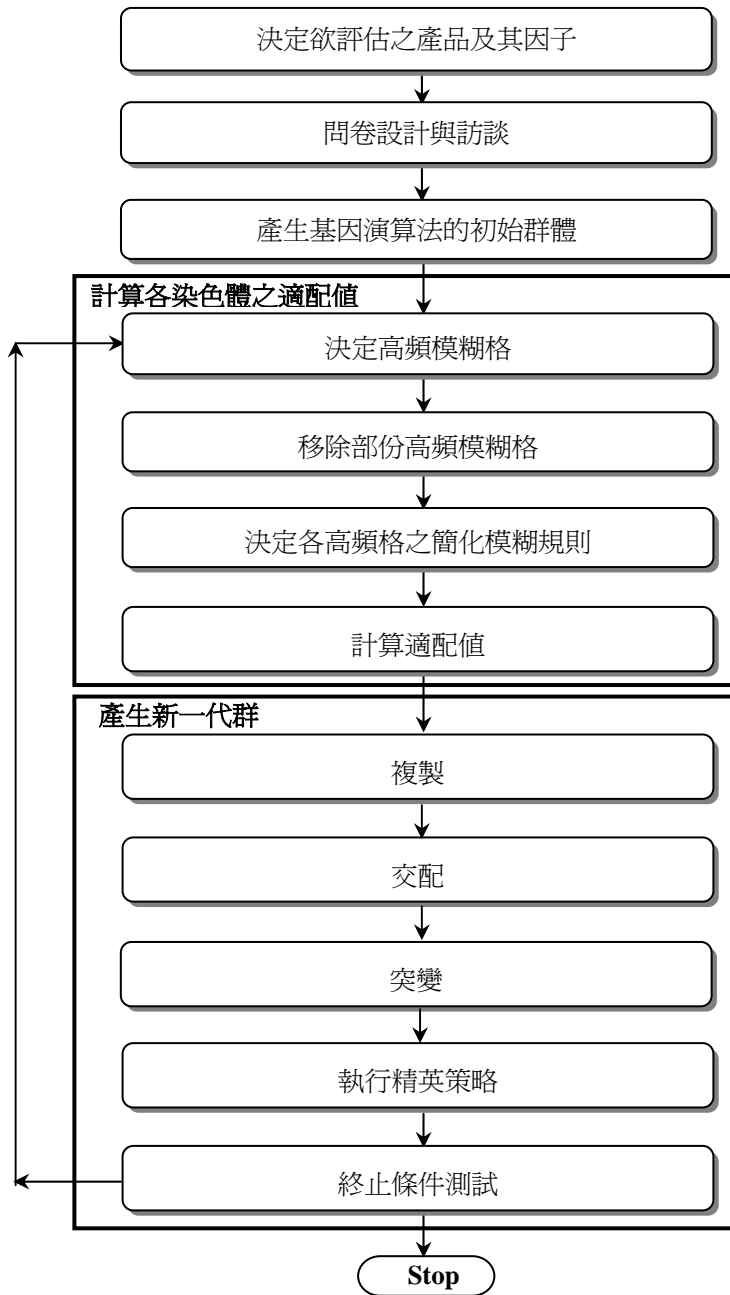


圖 5 所提出方法之架構。

4. 實驗結果

如同之前所陳述，產品本身並不限定為實物。本節之主要目的在於以速食店服務品質評估之間卷資料為實驗例，並由資料中找出可獲得較大與較小消費者效用之模糊語意值組合並進行分析，以說明所提出方法在支援決策者制定行銷策略上的實用性與可行性。問卷部份係針對北部地區大學生進行調查。至於在(10)式中的 ERR 在此定義為：

$$ERR = \frac{\sum_{p=1}^n [y(\mathbf{x}_p) - y_p]^2}{2} \quad (10)$$

所使用的參數及其預先設定值如下：

$$N_{pop} = 50$$

$$|s_1^{(\tau)}| = |s_2^{(\tau)}| = 20, 0 \leq \tau \leq N_{pop}$$

$$Prob_c = 1.0$$

$$Prob_m = 0.05$$

$$t_{max} = 100$$

在每個產品因子所定義的模糊語意值個數 = 5 (亦即 $K_1 = K_2 = \dots = K_d = 5$)

4.1 決定受評估之速食店及其評估因子

Brady and Cronin (2001) 以層級方法 (hierarchical approach) 反應出知覺服務品質評估的複雜性。針對速食與相片沖洗等行業，Brady與Cronin 認為以下因子可有效並合理的評估服務品質：員工態度 (attitudes of service personnel)、員工行爲 (behaviors of service personnel)、員工專業技術 (expertise of service personnel)、服務設施的氣氛 (ambient conditions)、服務設施的設計 (design)、服務設施的社會條件 (social factors)、等待時間 (waiting time)、實體證據 (tangibles) 與服務結果 (valence)。本研究請受訪者分別就以上 9 個質化因子 (亦即 $d = 9$ ，且分別以 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ 代表) 以 Likert 尺度填答主觀認知或感受。最後共計回收 75 份有效問卷。以下就各因子做一概略之描述：

員工態度：對店裏員工的服務態度是否滿意 (例如是否友善、親切)；

員工行爲：對店裏員工的行爲舉止是否滿意 (例如在取錯餐點或者找錯零錢時是否會即時道歉並馬上更正)；

員工專業技能：對店裏員工的專業技能是否滿意 (例如員工是否清楚的知道他們所負責的工作、所銷售的產品以及顧客的要求為何)；

服務設施的氣氛：店裏是否窗明几淨、音樂柔和、氣氛良好等；

服務設施的設計：店裏櫃檯的設計是否方便點餐、座位是否舒適等；

服務設施的社會條件：店裏是否有很多顧客、客人是否也相當注重衛生等會影響個人的消費意願；

等候時間：是否滿意等候接受點餐服務的排隊時間；

實體證據：是否滿意店裏所提供的實物 (例如食物是否美味可口、座椅是否乾淨或是否有提供贈品等)；

服務結果：在店裏的消費經驗是否感覺美好 (例如我是否曾經與朋友一起享受了美好的時光)；

在所選擇的速食店方面，則包括了：麥當勞、肯德基、德州炸雞、漢堡王、摩斯漢堡、二十一世紀與頂呱呱等七家。因此，受訪者問卷資料，將各有九個評估因子之偏好值與單一整體評估值。此外，全部資料將予以正規化至區間 [0,1] 之處理。

4.2 效用分析

藉由所設定之參數值，並以最大化式(10)做為基因演算法之目標式，則所提出方法在最後一代 (亦即第100代) 由擁有最大適配值的染色體可找出如表 1 所示之 13 條模糊規則，且所獲得之 *ERR* 非常趨近於零。在各別因子上所定義的語意值分別描述如下：

x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_7 與 x_8 ：不滿意 (*dissatisfied*)、中等不滿意 (*medium dissatisfied*)、中等 (*medium*)、中等滿意 (*medium satisfied*)、滿意 (*satisfied*)；

x_6 ：不同意 (*disagreeable*)、中等不同意 (*medium disagreeable*)、中等 (*medium*)、中同意 (*medium agreeable*)、同意 (*agreeable*)；

x_9 ：差 (*bad*)、中等差 (*medium bad*)、普通 (*medium*)、中等好 (*medium good*)、好 (*good*)；

其中，在 x_6 上的語意值如圖 6 所示，而在其他因子上的語意值之圖形表示方式則與圖 6 相同，在此不再重繪。

表 1 係依模糊規則之後鑑部 (消費者效用) 大小進行排序。此外，將效用值 0.9992 與 0.8460 以語意值 *高* 且將 0.0000 以語意值 *低* 表示。而在模糊知識的獲取上，由表 1 中觀察可以得到或歸納出以下之模糊規則與其相關之分析：

- (1) 由規則 1 可得「對員工態度 (x_1) 中等滿意、對員工行為 (x_2) 滿意、對服務設施的社會條件 (x_6) 中同意、對等候時間 (x_7) 滿意且對實體證據 (x_8) 滿意」會獲得 *高* 效用。這意味著當這些因子 (亦即員工態度、員工行為、服務設施的社會條件、等候時間與實體證據) 具有以上相對應之語意值時，消費者會忽略其他因子 (亦即員工專業技能 (x_3)、服務設施的氣氛 (x_4)、服務設施的設計 (x_5) 與服務結果 (x_9))。而由規則 2 可得“對員工行為 *滿意* 且對服務設施的設計 *中等滿意* 且對等候時間 *滿意* 且對實體證據 *滿意*”亦會獲得 *高* 效用。對此一規則而言，消費者相對重視員工行為、服務設施的設計、等候時間與實體證據。

表1 13條模糊規則的前件部 (模糊語意值組合) 與後件部 (消費者效用)

規則	模糊語意值組合									消費者效用
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	
1	中等滿意	滿意				中等同意	滿意	滿意		0.9992
2		滿意			中等滿意		滿意	滿意		0.9992
3	滿意	滿意	滿意	滿意	滿意	同意		滿意	好	0.8460
4	不滿意					中等	中等			0.7095
						同意	不滿意			
5	不滿意				中等滿意	中等同意				0.7095
6	不滿意			中等滿意		中等同意				0.7095
7	不滿意			中等滿意	中等滿意					0.7095
8							中等	中等滿意		0.6437
9					中等不滿意		中等			0.3115
10		不滿意		不滿意	不滿意	不同意		中等不滿意		0.2247
11			不滿意		不滿意		不滿意	不滿意	差	0.0000
12		中等不滿意	不滿意				不滿意	不滿意	差	0.0000
13	不滿意		不滿意				不滿意	不滿意	差	0.0000

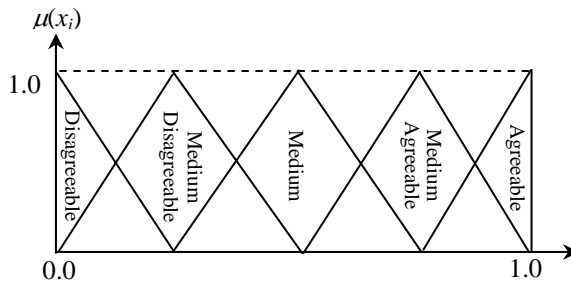


圖6 在 x_6 上的語意值

- (2) 規則1與規則2的消費者效用是13條規則中最大的，因此可由此兩條規則之前鑑部進行歸納分析獲得最大效用的原因。而由規則1與規則2歸納可得「對員工行為滿意、對等候時間滿意且對實體證據滿意」會導致高效用。這也意味著在員工行為、等候時間與實體證據上，如果能讓消費者感覺滿意，則速食店將會擁有高的消費者效用值。速食店若欲獲取較高之整體評估值，就必須相對較重視員工行為與實體證據等兩個因子。在行銷策略上，各家速食店就應該特別著重在這些因子的進一步改善或增進之道，以維持或提升其競爭優勢。
- (3) 規則11、12與13的消費者效用是13條規則中最小的，因此可由此三條規則之前鑑部進行歸納分析獲得最小效用的原因。而由規則11至規則13歸納可得「對員工專業技能不滿意、對等候

時間不滿意、對實體證據不滿意且服務結果差」會導致低效用。這個組合意味著在員工專業技能、等候時間、實體證據與服務結果等四個因子上，如果讓消費者感覺不滿意時，則速食店將會擁有低的消費者效用值。意即當消費者在這些因子的認知或感受不佳時，即使在其他因子上的績效表現再好，速食店仍將會使消費者獲得低效用。因此，擁有低效用的速食店應該特別著重在改善這些因子，使其整體之績效能夠提升。

- (4) 由以上各點之分析，我們發現「等候時間」與「實體證據」在高或低之效用獲得上，似乎扮演著較為關鍵的角色，亦即可將等候時間與實體證據視為影響消費者效用的關鍵因子。這表示消費者相當在意等候接受點餐服務的排隊時間，以及店裏的食物是否美味可口、座椅是否乾淨或者是否有提供贈品等。
- (5) 就規則 3 而言，可發現大部份的因子均擁有最佳之語意值，然而其相對應之效用值卻並非最大。這顯示出等候時間的確是影響消費者效用相當關鍵的因子；因此一家速食店若無法使消費者滿意的接受點餐服務的排隊時間，則對其他因子的效用再好，也無法提升該店整體的效用值。速食店或許可就「快速取餐」進行行銷方案評估，強調取餐的便利性，以有效縮減消費者在等候點餐的時間。

由表 1 亦可發現，不同的模糊語意值組合有不同的消費者效用。這隱含表示消費者在評估各家速食店時，對各因子之相對重視程度也會跟著改變。對於未列入受評之速食店而言，以上之結果應可做為其決策分析之參考。決策者藉由考量對應高或低效用之模糊語意值組合與消費者重視之評估因子，將可制定適當之行銷策略。

5. 討論與結論

在將高頻模糊格解釋為消費者較為重視之語意值組合下，本文提出一個以基因演算法為設計基礎之模糊資料探勘方法，可以由所收集之資料挖掘出高頻模糊格，並自動找出其相對應之效用值，以建立簡化模糊規則。所建立的模糊規則之前鑑部與後鑑部即分別代表定義於產品因子上之高頻模糊格及其相對應之消費者效用。

在模糊知識中，由一個模糊規則的前鑑部可以決定那些因子對此一規則較為重要。接著由後鑑部或效用值較相近之模糊規則，可以再決定那些因子對此一效用值具有較顯著之貢獻。若決策者針對擁有較大或較小消費者效用的模糊規則進行分析，應可制定出具可行性之行銷策略。同時，我們以分析速食店服務品質評估之問卷資料為例，使用實驗結果展現本文所提出方法在支援行銷決策上之可行性與實用性。

此外，在模糊格分割法中，隸屬函數的形狀係以對稱三角形加以表示。而此種表示法的優點在於模糊規則前鑑部的語意可以很容易的獲得。當然，決策者也可以主觀描述隸屬函數的形狀(例如梯形)，以及給予在每個產品因子上的模糊語意值個數。在此狀況之下，所提出方法在績效

的呈現上與消費者所重視因子的獲取上都有可能受到影響。但是我們認為決定參數的方式終究應該由實際上的應用加以決定。

參考文獻

- Agrawal, R., Mannila, H., Srikant, R., Toivonen, H., Verkamo, A. I., "Fast Discovery of Association Rules," In U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P., Smyth, and R. Uthurusamy, (Eds.), *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, Menlo Park: AAAI Press, 1996, pp. 307-328.
- Berry, M. and Linoff, G., *Data Mining Techniques: for Marketing, Sales, and Customer Support*, NY: John Wiley & Sons, 1997.
- Brady, M. K. and Cronin Jr., J. J., "Some New Thoughts on Conceptualizing Perceived Service Quality: A Hierarchical Approach," *Journal of Marketing*, Vol. 65, 2001, pp. 34-49.
- Goldberg, D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, MA: Addison-Wesley, 1989.
- Han, J. W., and Kamber, M., *Data Mining: Concepts and Techniques*, San Francisco: Morgan Kaufmann, 2001.
- Homaifar, A. and McCormick, E., "Simultaneous Design of Membership Functions and Rule Sets for Fuzzy Controllers Using Genetic Algorithms," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 3, 1995, pp. 129-139.
- Hu, Y. C., Chen, R. S., and Tzeng, G. H., "Generating Learning Sequences for Decision Makers Through Data Mining and Competence Set Expansion," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 32, No. 5, 2002, pp. 679-686.
- Hu, Y. C., Hu, J. S., Chen, R. S., and Tzeng, G. H., "Assessing Weights of Product Attributes from Fuzzy Knowledge in a Dynamic Environment," *European Journal of Operational Research*, Vol. 154, No. 1, 2004, pp. 125-143.
- Ishibuchi, H., Nozaki, K., Tanaka, H., Hosaka, Y., and Matsuda, M., "Empirical Study on Learning in Fuzzy Systems by Rice Taste Analysis," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 64, 1994, pp. 129-144.
- Ishibuchi, H., Nozaki, K., Yamamoto, N., and Tanaka, H., "Selecting Fuzzy If-Then Rules for Classification Problems Using Genetic Algorithms," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 3, No. 3, 1995, pp. 260-270.
- Ishibuchi, H., Murata, T., and Turksen, I. B., "Single-Objective and Two-Objective Genetic Algorithms for Selecting Linguistic Rules for Pattern Classification Problems," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 89, 1997, pp. 135-149.

- Ishibuchi, H., Yamamoto, T., and Nakashima, T., "Fuzzy data mining: Effect of Fuzzy Discretization," In *Proceedings of The 1st IEEE International Conference on Data Mining*, San Jose, USA, 2001, pp. 241-248.
- Ishibuchi, H., Yamamoto, T., and Nakashima, T., "Hybridization of fuzzy GBML approaches for Pattern Classification Problems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 35, No. 2, 2005, pp. 359-365.
- Ishigami, H., Fukuda, T., Shibata, T., and Arai, F., "Structure Optimization of Fuzzy Neural Network by Genetic Algorithm," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 71, 1995, pp. 257-264.
- Jang, J. S. R., "ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3, 1993, pp. 665-685.
- Jang, J. S. R. and Sun, C. T., "Neuro-Fuzzy Modeling and Control," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 83, No. 3, 1995, pp. 378-406.
- Kosko, B., *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, N.J.: Prentice-Hall, 1992.
- Mamdani, E. H. and Assilian, S., "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 7, No. 1, 1975, pp. 1-13.
- Man, K. F., Tang, K. S., and Kwong, S., *Genetic Algorithms: Concepts and Designs*, London: Springer, 1999.
- Nozaki, K., Ishibuchi, H., and Tanaka, H., "A Simple but Powerful Heuristic Method for Generating Fuzzy Rules from Numerical Data," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 86, No. 3, 1997, pp. 251-270.
- Park, D., Kandel, A., and Langholz, G., "Genetic-Based New Fuzzy Reasoning Models with Application to Fuzzy Control," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 24, 1994, pp. 39-47.
- Pedrycz, W., "Why triangular membership functions?," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 64, 1994, pp. 21-30.
- Pedrycz, W. and Gomide, F., *An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design*, Cambridge: MIT Press, 1998.
- Pham, D. T. and Karaboga, D., *Intelligent Optimisation Techniques: Genetic Algorithms, Tabu Search, Simulated Annealing and Neural Networks*, London: Springer, 2000.
- Ravi, V. and Zimmermann, H. -J., "Fuzzy Rule Based Classification with FeatureSelector and Modified Threshold Accepting," *European Journal of Operational Research*, Vol. 123, No. 1, 2000, pp. 16-28.

- Ravi, V., Reddy, P. J., and Zimmermann, H. -J., "Pattern Classification with Principal Component Analysis and Fuzzy Rule Bases," *European Journal of Operational Research*, Vol. 126, 2000, pp. 526-533.
- Rooij, A. J. F., Jain, L. C., and Johnson, R. P., *Neural Network Training Using Genetic Algorithms*, Singapore: World Scientific, 1996.
- Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill, 1980.
- Sugeno, M. and Kang, G. T., "Structure Identification of Fuzzy Control," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 28, 1988, pp. 15-33.
- Takagi, T. and Sugeno, M., "Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 15, 1985, pp. 116-132.
- Zadeh, L. A., "The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning (part 1)," *Information Science*, Vol. 8, No. 3, 1975^a, pp. 199-249.
- Zadeh, L. A., "The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning (part 2)," *Information Science*, Vol. 8, No. 4, 1975^b, pp. 301-357.
- Zadeh, L. A., "The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning (part 3)," *Information Science*, Vol. 9, No. 1, 1976, pp. 43-80.
- Zimmermann, H. -J., *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Boston: Kluwer, 1996.