

# 應用 AHP 和模糊知識庫於汽車電子產品保養維修作業之問題 發現

陳瑞陽\* 鄭羽書

真理大學企業管理學系

25103 新北市淡水區真理街 32 號

## 摘要

汽車電子產業結合電子資訊優勢於傳統汽車產品零組件內，使得汽車更具有智慧性資訊功能，並同時延伸出電子資訊產業的另一應用領域商機。但在跨產業的產品整合中，個別產品零組件問題，可能會影響到整個產品的品質和效用，進而攸關到顧客使用汽車電子的安全性和應用性。產品零組件的現有問題會發生在維修作業，而其潛在問題則會在保養作業中發現，這些問題資料是具有模糊性質，傳統上診斷問題的方式是憑維修人員的經驗或是碰巧發覺的可能性，沒有一個系統化的機制，因此可能造成誤判或時間的浪費，故如何以系統化方式整合產品問題資料，進而建構具有處理模糊性質資料能力的維修保養知識庫，就成為汽車和電子產業結合是否有優勢和商機的關鍵。

本文結合模糊歸屬函數和物件導向方法，來建構具有模糊處理能力之物件導向知識庫，能將診斷出之現有問題原因所在與潛在問題視為知識物件儲存其中，將來遇到類似問題就能快速診斷出原因，並針對診斷出的潛在問題事先預防，將其轉變成現有問題，進一步減少其產生的機率。

本文的貢獻：1.應用 AHP 方法建構一套診斷維修問題原因所在的系統化決策模式，2.提出模糊物件導向結構化語言來處理產品維修保養問題，其中包括發展出模糊運算子結合關聯查詢的演算法。3. 透過導入介面物件的概念，和運用模糊歸屬函數、fuzzy object-oriented SQL，來提出具有模糊決策能力，進而預防產品潛在問題發生的知識庫。

**關鍵詞：**汽車電子產品，知識庫，物件導向，模糊歸屬函數，層級分析法。

## Discovery Maintenance Problems of Automobile Electronics Using an AHP and Fuzzy Knowledge Base

RUI-YANG CHEN\* and YU-SU CHENG

*Department of Business Administration, Aletheia University,  
32 Chen-Li Street, Tamsui, new Taipei 25103, Taiwan, R.O.C.*

### ABSTRACT

Incorporating the advantages of computer electronics into conventional automobile products in the automobile electronics industry, facilitates intelligent functions for automobiles and provides

another field of commercial opportunity for the computer electronics industry. Regarding cross-industrial product integration, problems in specific parts may affect the quality and performance of the entire product and affect the safety and applicability of automobile electronics. Existing problems in product components occur during repair, and potential problems will occur during maintenance. The data gathered from these problems have fuzzy characteristics. Traditional problem diagnosis has relied on the experience of maintainers or coincidental findings. The absence of a systematic mechanism has increased the likelihood that maintainers might produce erroneous judgments or waste time. Therefore, systematically compiling product-problem data and constructing a repair and maintenance database, which has the ability to manage fuzzy data for integrating the automobile and computer electronics industry, is crucial.

This paper combines the fuzzy membership function and the object-oriented method to construct a knowledge base to manage fuzzy data and to explore the problems and potential problems diagnosed as knowledge objects, which are stored in it. This approach would enable diagnosing similar problems in advance and transform them into existing problems to reduce their probability of occurring.

We first proposes a systematic mechanism to address the product repair and maintenance problem and to prevent the occurrence of potential problems. This mechanism reduces repair frequency and maintenance cost. We subsequently propose a knowledge base of customer feedback and fuzzy decision making as the foundation of customer active point.

**Key Words:** automobile electronics industry, knowledge base, object-oriented; fuzzy membership function, analytic hierarchy process.

## 一、緒論

在產品整合的趨勢中，汽車業與電子業的結合越來越普遍，繼3C產品之後，同樣帶有C開頭的Car—第4C汽車電子產業(Car Electronic Industry)，正快速發展中。其發展歷程是由「傳動」與「車身」兩大系統慢慢地轉變成「安全」與「駕駛資訊」為產業發展主流[4]。但是其個別產品零組件問題，可能會影響到整個產品的品質和效用，進而影響到顧客使用汽車電子的安全性和應用性，而安全性問題向來是汽車產業最為重視的項目之一，汽車電子相對於其他資訊產品有更高的標準與要求。

汽車電子產品結合會產生一些問題，造成企業思考當產品發生問題時，需要解決方向與系統化的模式來處理；另外解決的過程如果沒有儲存會造成下次問題發生還要花時間思考如何解決。因此我們以維修作業與保養作業兩方面探討產品問題，在不同情況下我們應該去思考用不同的解決方案去解決，例如在維修作業中，輸入不同的現象和症狀，查出哪個原因方案可能性較高。此外產品零組件的現有問題會發生在維修作業，而其潛在問題則會在保養作業中發現，這些

問題資料是具有模糊性質，通常是不明確、含糊不清或無法明確界定的，這時使用明確集合的概念去定義就不太適合。1965年，美國加州柏克萊大學 L. A. Zadeh 教授在「資訊與控制」(Information and Control)學術雜誌上，發表「Fuzzy 集合」的論文，之後運用在許多領域[6]，例如利用模糊描述的語法，結合傳統 SQL 查詢語法，因而具有模糊查詢能力，滿足模糊資料的查詢需求。而近年來相對於傳統資料庫，能更自然地表達多元化模糊資料的模糊資料庫，也開始被用來實作模糊查詢。目前在模糊資料庫上的模糊查詢研究，整合處理多種類型的模糊資料，及模糊查詢語句、權重、門檻值設定等功能[5]，讓模糊資料的表達能更趨多元，及更人性化地描述所需的資訊。總而言之，因為傳統汽車零組件與電子零組件的異質整合問題特性，所以在汽車電子產品結合中，如何建構以原因方案評選機制的系統化決策模式，來處理產品整合問題可能具有模糊性質，甚至可能會發覺到現況維修問題之外的另一個問題，如此並且進而建構具有處理模糊性質的維修保養資料庫，就成為在維修保養作業中問題發現的關鍵所在。

本研究建構一個產品問題模糊診斷系統，將維修作業診斷出的原因方案與在保養作業中使用模糊物件導向結構化查詢語言(fuzzy object-oriented SQL)診斷出的潛在問題，並視為知識物件儲存於物件導向知識庫中，維修員在維修時如果再遇到相同或類似的問題，就有資料可以作分析，不需要重新摸索，因而可以快速作判斷，縮短檢測時間。另外在保養作業時可能會發現非日常保養正常作業項目的問題，此為潛在問題，如果潛在問題能夠事先預防，就可轉變成現有問題。本研究應用模糊歸屬函數和模糊知識的查詢結合，以及物件導向的概念，建構一個知識庫，此知識庫包含知識物件並具有處理模糊資料的能力，利用模糊知識的查詢語言做為在跨產業的產品問題的知識發現、查詢、儲存機制。並以分析層級程序法(AHP)萃取出產問題之知識發現，AHP 是一個實用的多屬性評估方法，利用一個層級的結構將複雜問題系統化，使複雜的問題變得比較容易作決策。而本研究的目的就是要建立預防再次發生的機制，事先做模糊查詢，將潛在問題轉變成現有問題後，即可進一步減少其產生的機率，進而降低顧客維修的次數與多餘的保養成本，最終避免維修問題產生。

本研究第二章文獻探討介紹相關理論與文獻，包含汽車電子產品、知識庫、物件導向、模糊歸屬函數、層級分析法等；第三章就本文的研究方法加以說明，主要有維修問題原因診斷和模糊物件導向潛在問題發現等，第四章以第三章的研究方法對汽車電子產品個案例子作實際查詢應用；第五章針對本論文研究成果做一統整性之總結分析，並對其未來發展提出建議，以供後續研究之參考。

## 二、文獻探討

### 2.1 知識庫

#### 2.1.1 知識庫

Mockler [15]定義知識庫為收集專門技術、資訊或專家的知識，凡有關知識領域的範疇都可去闡述推論知識的特性，以便做決策或去完成複雜的工作。也就是透過知識庫的方式，將專家之知識、經驗與技術整合起來，利用邏輯推論的方式，變成一套符合邏輯程序，以便將複雜的工作做有效率的簡化，同時節省時間並可解決問題。

知識庫的運作，需先從專家的知識、經驗或文獻等整理出所需知識，透過知識表達方式進行編碼，以便轉換成知識

庫所能閱讀的語言，再利用邏輯運算的能力將所需之知識獲取出來[2]。由於專家的知識不容易萃取出來，且他們對於問題的解決方式都不同，所以在知識的轉換過程中，容易受制於知識工程師的認知與主觀性。

#### 2.1.2 結構化查詢語言(Structure Query Language)

結構化查詢語言(SQL)是關聯式資料庫管理系統的標準查詢語言，一個基本的 SQL 資料查詢句，主要可分為 SELECT、FROM、WHERE 三子句，其中 SELECT 子句表示選擇輸出的資料表格欄位名稱，FROM 子句表示提供資料的來源表格，WHERE 子句則允許對資料表格中的欄位做相關限制，又可分為條件限制式和連結限制式[3]。

### 2.2 物件導向

物件導向(Object-Oriented)之觀念是以物件模式描述真實系統，並將資料抽象化，重要觀念包括物件、類別等，簡述如下。

#### 1. 物件

物件(Object)是物件導向的基本單位，是一個具有狀態(State)、行為(Behavior)與識別(Identity)的實體(Entity)或抽象化概念(Abstract Concept)，且其行為會影響其狀態者。包括名稱(Name)、屬性(Attributes)、操作(Operations)或方法(Methods)。

#### 2. 類別

類別(Class)是具有相同結構及行為的物件所組成的集合，描述一群具有相同特徵的物件，是物件經分類(Classification)或抽象化(Abstraction)後所得的結果，也就是將物件間的差異剔除並只考慮其相同的性質。類別使用一組相同的屬性和操作來描述一個或多個物件，包含如何從類別中建立新的物件。

Cattell[7]以資料模式(Data Model)和資料庫結構(Database Architecture)兩個維度來區分資料庫管理系統，以此對物件導向資料庫所做的定義如下：

#### 1. 資料模式

物件導向程式語言主要包含抽象資料型態的概念，這個概念稱作類別(Class)，而封裝物件私有資料與公有程式部份稱為方法(Method)[8]。

#### 2. 模糊資料庫結構

此類資料庫之結構是為了擴大目前的程式語言功能，並在傳統上提供一個查詢語言，查詢語言與程式語言分

享相同的型態系統和資料工作空間。

Jehad[12]認為物件導向在處理複雜的資料型態及資料操作時具有優異的表現。隨著工程、專家系統等領域的發展及多樣且複雜的資料儲存型態的需求，帶動物件導向資料庫的發展。模糊物件導向資料庫可視為物件導向技術與資料庫管理功能的結合體，結合了模糊資料庫的管理功能(Fu et al. [10])及物件導向的物件認證(Object Identity)、抽象資料型態(Abstract Data Typing)及繼承(Inheritance)特色。由於使用者有儲存已處理完畢物件的需求，因而促成物件導向資料庫的發展，如此物件可以永久存在，同時達成共享的目的。

### 2.3 模糊集合

模糊集合的觀念是由傳統的明確集合(crisp sets)所延伸，然而，明確集合理論僅能以「是」或「否」來表示屬性值是否屬於某個集合，但在模糊集合中則是利用模糊的歸屬關係和範圍來確定所屬的集合(Nicolás [16])。

#### 2.3.1 模糊集合的基本定義

模糊集合的表示方法有很多種，以下是我們常用的一種表示法：

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in U\} \quad (1)$$

其中  $\tilde{A}$  為一模糊集合， $\mu_{\tilde{A}}(\bullet)$  為歸屬度函數  $x$  稱作元素， $U$  為論域。一般情況之下，歸屬度(membership grade)會界定在 0 和 1 之間。這個表示式的完整解釋為：當  $x$  在  $U$  的範圍內，會對應到一個介於 0 到 1 之間的數值  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ，所有的這種  $x$  所成的集合就是一個模糊集合。Zadeh 打破傳統集合論的二分法，根據元素對集合歸屬程度的強弱，在 0 到 1 之間取值，而於 1965 年提出模糊集合的概念(Zadeh[19])。在模糊集合理論中，若一個元素屬於某集合的程度愈大，則其歸屬度愈接近 1，否則愈接近 0。

#### 2.3.2 模糊歸屬函數

模糊數乃為信賴區間(Confidence Interval)概念之擴充，為一不精確值，可以三角模糊數表示之，如圖 1，三角模糊數  $\tilde{A}$  被定義成一個三元組(a, b, c)，其歸屬函數定義為以下型式(Kaufmann and Gupta[11])：

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2)$$

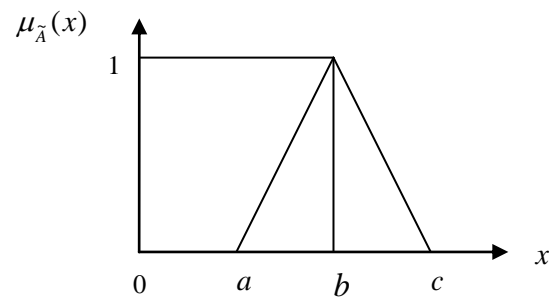


圖 1. 三角模糊數

### 2.4 分析層級程序法

分析層級程序法(analytic hierarchy process, AHP)是 Saaty 教授於 1971 年所發展出來的一個實用的多屬性評估方法，目的在於利用一個層級的結構將複雜問題系統化，使複雜的問題變得比較容易做決策。藉由評估屬性之間的成對比較(pairwise comparison)建構成對比較矩陣，以反映決策者的主觀偏好架構，再利用特徵向量(eigenvector)的計算來確定各準則間之權重(weight)[11]。

透過清楚的目標定義，進而建立各項待評估之屬性—用來衡量一個目標被達成之程度，在完成目標產生的工作後，就可依據下列五個原則評估所建構的目標與屬性集合(Keeney and Raiffa[13])：

1. 完整性：能涵蓋決策問題的所有重要性。
2. 可衡量的或可操作性：準則對決策者而言必須有意義，而且可以公開研究。
3. 可解構性：可從高階層分解至低階層，使評估過程得以簡化。
4. 不重複性：避免計算同一績效。
5. 最小化：準則不宜過多，以簡化問題，減少評估過程所需人力、時間及成本。

AHP 方法主要步驟有四項(Saaty and Vargas[17])：

1. 將複雜決策問題的評估結構化、系統化，列出相關的因

子，並建立層級結構。

2. 建立評估屬性和各屬性下不同方案的成對比較矩陣。
3. 計算各屬性之相對權重和各方方案相對評估值。
4. 檢定一致性。

## 2.5 汽車電子產品保養維修作業

近年來汽車業與電子業的結合越來越普遍，汽車進入電子時代，但汽車電子產品結合會產生一些問題，這是傳統上各自發展所沒有的，因此在處理方法上會有所不同。產品問題以維修作業與保養作業兩方面來探討，現今因為汽車電子的發展，為國內汽車維修業帶來很大的發展機會，但是傳統上常常是憑維修員的經驗或碰巧發覺，缺乏處理的機制，因而還有發展與進步的空間，如果不能加以改善，就無法符合市場與顧客所需。Beomsoo[7]提出以資料庫中顧客維修之歷史記錄進行顧客價值分析，使用聯合規則分析等方法依顧客特性進行分群，並對其序列以找出群集的需求。本文希望應用模糊知識庫建立模糊診斷系統來作為汽車電子產品潛在問題發現的機制，以快速準確針對問題作判斷。

汽車電子發展歷程是由「傳動」與「車身」兩大系統慢慢地轉變成「安全」與「駕駛資訊」為產業發展主流，而安全性問題向來是汽車產業最為重視的項目之一，因此與主動安全、功能智慧化及高可靠性等相關汽車電子產品已成為汽車大廠進行產品差異化的關鍵（石育賢[1]）。但個別產品零組件問題，可能會影響顧客使用汽車電子的安全性與應用性。

在產業分工之下，各產業在原領域的發展，使得產品之間的結合性取決於整體系統及介面物件 (Dhebar[9]; Sengupta[18])，故汽車電子產業為了將原本各自運作的產品零組件加以結合必須取決於介面物件，並且由於汽車電子產品特性，造成在保養維修作業與傳統上的概念會有所不同。因為產品零組件各自運作可能沒有問題，但結合在一起就不一定了，透過介面物件，某產品零組件故障可能會影響到另一零組件，造成產品問題，故以保養維修的觀點來看，不能只考慮個別產品零組件的問題，而是要將介面物件的特性考慮進來。

## 三、研究方法

### 3.1 研究架構

客戶提出跨產業產品問題，就客戶角度通常由維修作業

與保養作業兩種情況來解決。第一:維修作業是指當汽車電子某項產品出現問題時，來汽車維修廠商進行維修作業(診斷出原因所在和實際解決問題)。其保養作業是指當汽車電子某項產品須做固定保養，例如:汽車機油更新，所以維修作業與保養作業是不一樣的。首先是維修作業，客戶提出零組件故障問題，維修人員分析現象徵狀與影響情況，判斷出原因所在，本文應用AHP方法來系統化診斷原因所在，建構系統化原因診斷機制，將結果儲存於應用物件導向的知識庫中，此為知識物件。而在此維修作業過程中，客戶雖然是因為汽車電子某項產品出現問題，才來汽車維修廠商維修，但更希望能順便檢測另一可能潛在問題(假如真有另一問題存在)，如此就不會使得另一問題造成客戶須再跑一趟汽車維修廠或是危及行車安全，如此產生在維修作業經由現況維修問題輸出到AHP原因方案評選以及分流到擷取輸出到潛在問題的機制，其整個機制說明如下：首先，針對客戶提出維修問題，在知識庫做檢核分析，以避確認之前是否有解決方案案例？若有，則及時取出此案例，做為解決問題方向。若沒有，則運用AHP決策運算機制，發現其原因和解決方案，並進而做為解決問題方向和新增儲存回知識庫內。其次，再針對此維修問題，從知識庫中的潛在問題關聯規則，進而擷取另一潛在問題，若無法擷取到，則利用Fuzzy OO-SQL機制，診斷出另一潛在問題，並建立問題關聯規則和新增儲存回知識庫中。第二:為保養作業，在日常保養作業過程中，有時會檢測出可能發生的潛在問題，這些問題可能已經存在，但沒有明顯的徵狀呈現出來；另外在維修作業時可能會碰巧發覺到另一問題。傳統上是憑維修人員的經驗或是碰巧發覺的可能性，沒有一個系統化的機制，而本文則是應用fuzzy object-oriented SQL與物件導向知識庫系統，其中fuzzy object-oriented SQL是採取Z.M. Ma and Li Yan[14]所提出的fuzzy SQL方法進一步加上物件導向技術修改而成的，先在知識庫中建立問題之間的關聯性，遇到問題時就能將所需資訊從知識庫中取出，最後診斷出潛在問題，潛在問題也是儲存於知識庫中之知識物件。研究架構如圖2。從此研究架構圖中，可分成維修問題原因診斷和模糊物件導向潛在問題發現等二種方法，茲分別於下列二節做說明。

### 3.2 維修問題原因診斷

當產品發生問題時，維修人員必須迅速判斷出問題原因所在。過去沒有一個系統化的機制去處理此一問題，只能單

憑經驗與運氣，因而導致時間與成本的浪費。本研究在維修問題原因診斷上利用分析層級程序法(AHP)，建立層級結構和決策模式，層級架構分為總目標、次目標、屬性與待選方案。

本研究的 AHP 架構(如圖 3)，總目標是探討產品問題原因所在，次目標分為現象徵狀與影響情況。現象徵狀是來維修故障產品表面所呈現的問題徵狀，影響情況是現象徵狀所可能導致的情況，現象徵狀與影響情況下各包含三項屬性。最後判斷可能導致故障的原因方案為原因一、原因二或原因三。本研究設計專家問卷發放給維修人員，首先就第一層級重要性比較，比較現象徵狀與影響情況的相對重要性；接著是第二層級重要性比較，比較現象徵狀下三個屬性間的相對重要性，還有影響情況下三個屬性之間的相對重要性；第三步是第三層級符合性比較，針對現象徵狀與影響情況下的六

個屬性，分別對所對應之解決方案，在方案與方案間比較其符合性。最後透過 AHP 數學計算方式，計算出原因一、原因二、原因三其中一項為最有可能之原因方案，因此診斷出原因所在。

上述維修問題原因診斷分為四步驟說明如下：

1. 先將複雜產品問題的評估結構化、系統化，從相關維修資料與參考專家意見，分為四個層級，各列出相關的目標、屬性、方案因子，總目標為找出產品問題原因所在，次目標為現象徵狀與影響情況，現象徵狀和影響情況下各包含三個屬性，原因所在待選方案有三個，之後並建立層級結構。

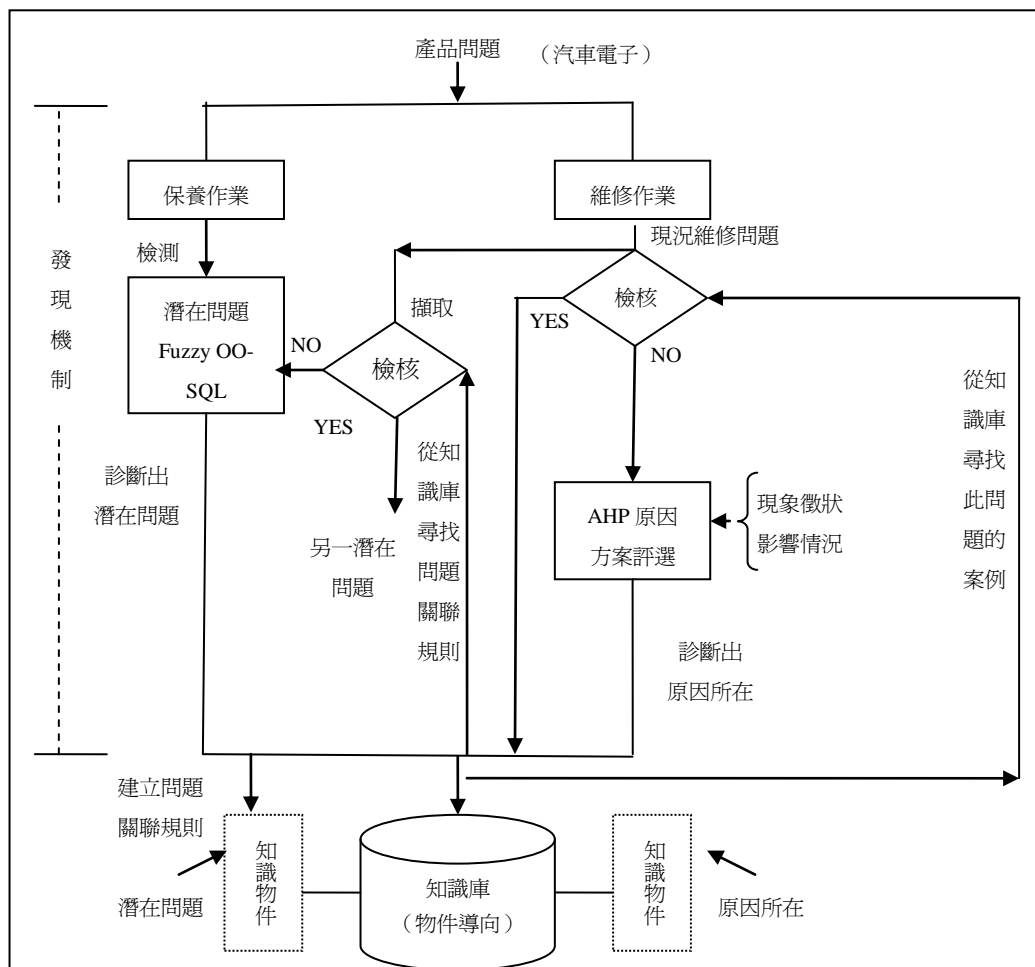


圖 2. 研究架構圖

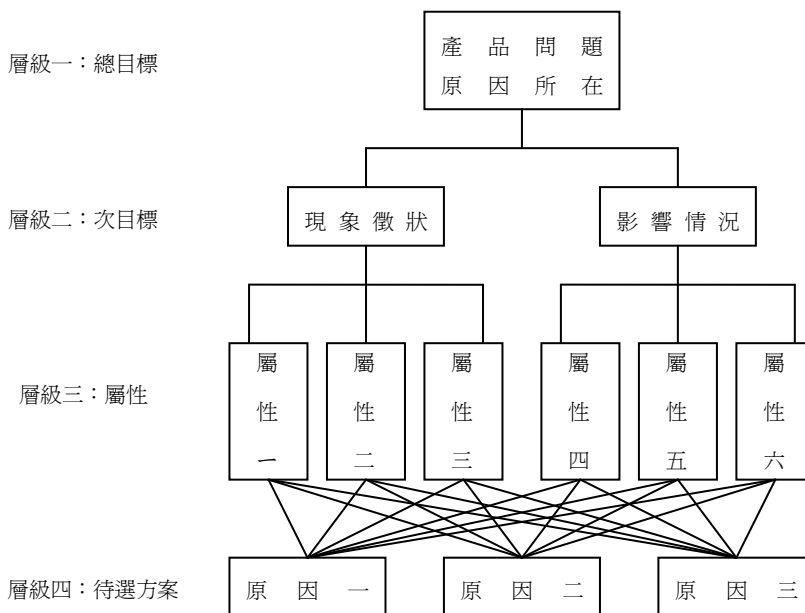


圖 3. 原因方案評選

2. 建立評估屬性和各屬性下不同方案的成對比較矩陣。本研究次目標現象徵狀下有三個屬性，影響情況下也有三個屬性，針對各屬性間兩兩比較其相對重要性，並針對兩兩方案間做符合性比較。目標與屬性依據文獻探討評估目標與屬性的五個評估原則中可衡量性與不重複性這兩個原則來訂定。可衡量性表示準則必須有意義，並可建立量化的評估尺度，以第四章個案研討的馬達案例為例，次目標下的過熱、馬力不足等屬性都是可以測量的。不重複性表示要避免目標與屬性的重複以免造成某一特性重複衡量而高估其影響，故本研究目標與屬性之訂定避免特性的重複。
3. 計算各屬性之相對權重和各方案相對評估值。在建立成對比較矩陣後，使用數值分析中的特徵值(eigenvalue)解法找出特徵向量(eigenvector)，以 AHP 數學方法計算來確定各準則間的權重(weight)，也就是以相對重要性來評估。本研究將問卷結果輸入 AHP 軟體以得到兩兩屬性對次目標的相對重要性，以及原因方案間的相對重要性。
4. 檢定一致性，以及進行方案價值衡量時的相同三個操作步驟，並藉著一致性的檢驗來提高信度以及模式和決策的效度。此步驟是為了解決決策者填答問卷進行成對比較時，給定之衡量值具有一致性，可使用一致性指標(consistency index, C.I.)來檢定，公式如下。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$\lambda_{\max}$  為矩陣 A 的最大特徵值， $n$  為矩陣的階數，當  $\lambda_{\max} = n$ ，也就是 C.I.=0 時，表示前後判斷具完全一致性，C.I.>0.1 表示前後判斷有偏差或不連貫，C.I.≤0.1 則表示雖不完全一致，但尚可接受。本研究先將回收問卷中 C.I.>0.1 者刪除，再針對剩餘之問卷進行分析，以提高信度。

### 3.3 模糊物件導向潛在問題發現

模糊物件導向潛在問題發現分為 fuzzy object-oriented SQL 與知識庫建構兩部份，茲分別說明如下。

#### 3.3.1 模糊物件導向結構化語言

##### (1) 物件導向物件設計

每個物件皆為獨立的個體，在模糊決策資料庫中之資料表皆包含三個欄位，分別為物件名稱、靜態欄位、動態函數，其中物件名稱是儲存物件的名稱，靜態欄位儲存靜態項目，是用來描述物件名稱的屬性，動態函數儲存邏輯公式，表示物件行為邏輯的描述，通常用函數描述，因為一些項目無法以靜態數值呈現，可能是由邏輯公式推算出來，如圖 4。

本文物件名稱是儲存物件的名稱，靜態欄位為模糊集合，而動態函數則為模糊歸屬函數，模糊集合為靜態欄位中

各元素與其對應模糊程度之集合，模糊歸屬函數則是一個 X 與 Y 的函數，只要將元素值代入，即可得到其歸屬程度的值。

(2) 物件導向物件關聯圖

物件導向資料庫是由一個或多個物件(Object)所構成，每個物件與其他物件之間，因為靜態欄位的相關性而產生關聯(Relationship)。例如圖 5.的物件 A 與物件 B，便因為相同的靜態欄位 4 而產生關聯。

物件之間的關聯是由所謂的鍵(key)來建立的。Key 可分為 Primary key 與 Foreign key 兩種：

(1) Primary key 是用來辨識紀錄的欄位，具有唯一性，且不允許重複。例如在物件 A（主機板）中加入靜態欄位 1（主機板編號），給每一主機板一個唯一的編號，那這個靜態欄位 1 就可用來當作 Primary key，使用者可以依據這個 Primary key 找到某特定主機板的詳細紀錄，如圖 6。

(2) 在物件導向資料庫中，物件之間的關係是藉由 Foreign key 來建立的，如圖 7，例如：靜態欄位 1 與靜態欄位 3，分別是物件 A 與物件 B 的 Primary key。為了建立兩物件間的關聯，於是在物件 A 需要有一個靜態欄位對應到物件 B 的 Primary key，因此便在物件 A 中設置靜態欄位 3 這個欄位以對應到物件 B 的靜態欄位 3，此欄位即是 Foreign key。

本研究為了解決產品問題，導入介面物件的概念，個案內容包含三個物件，分別為電子控制燃油噴射裝置、馬達(發動機)與電壓感測介面物件，其中電壓感測介面物件為虛擬之介面物件，圖 8 說明其中的關聯。本文參考蒐集到的實務上類似資料，將零組件最佳參數值的歸屬程度定為 1，再模擬推導出可接受參數值範圍內其他參數值的歸屬程度，並以此反向建構出模糊歸屬函數，未來如有其他參數欲得到其歸屬程度，只要將參數值帶入模糊歸屬函數即可。

本研究個案中物件與物件之間應以靜態欄位做關聯，但各物件的靜態欄位並無相同的屬性，為了要做物件之間的關聯，需要有 Foreign key，在本研究之個案中，我們虛擬了介面物件來做為 Foreign key：電壓感測介面物件。其目的在於增加其關聯性與降低耦合性。因物件具有模糊性質，所以物件之間的關聯，會受到物件歸屬程度的影響。由圖 8 中可知，電壓感測介面物件建立了電子控制燃油噴射裝置與馬達（發動機）之間的關聯。

本文利用物件導向方式和模糊歸屬函數，來建構模糊決策資料庫，根據模糊決策資料庫可以知道產品問題的關聯，另外本文運用 fuzzy object-oriented SQL 方式來查詢產品問題關聯資料。

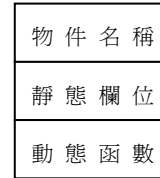


圖 4. 物件欄位

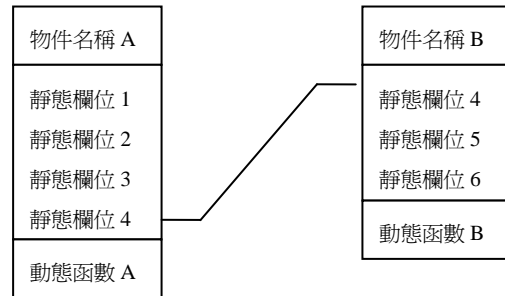


圖 5. 物件關聯

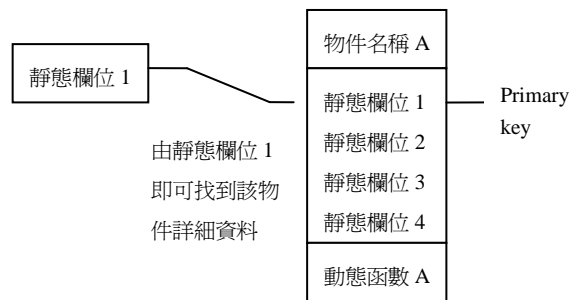


圖 6. Primary key

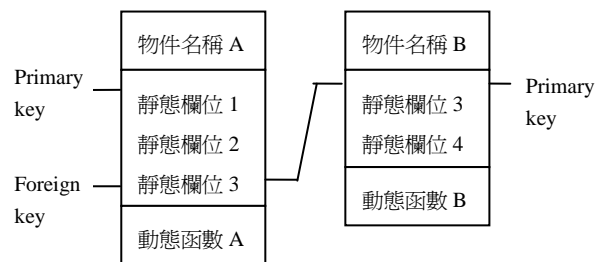


圖 7. Foreign key



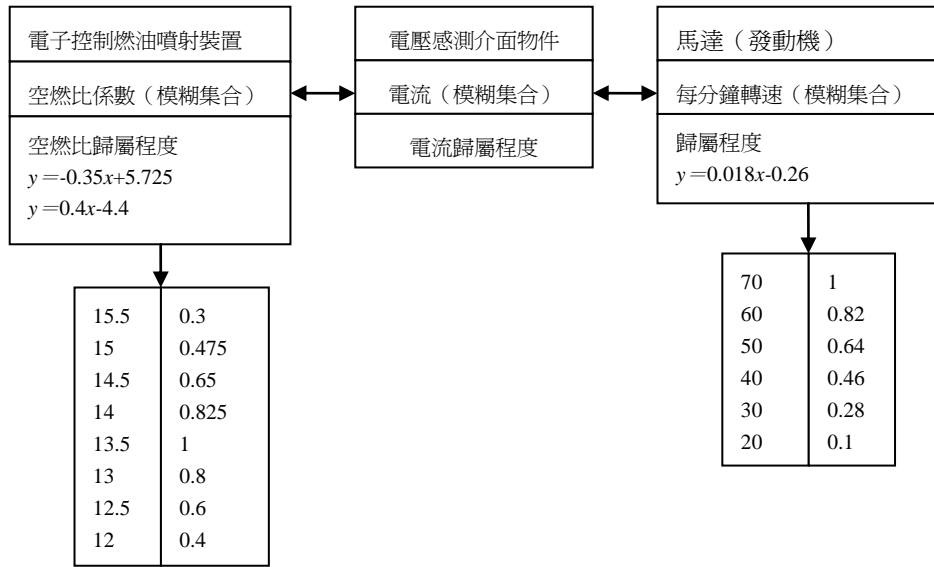


圖 8. 物件關聯圖

(3) Fuzzy object-oriented SQL 語法定義

一個基本以模糊運算子構成的模糊查詢形式如下：

```
SELECT 靜態欄位
FROM 物件
WHERE AθT WITH α
```

其中  $A\hat{\theta}T$  為以模糊運算子作為模糊查詢條件。在這裡  $A$  為靜態欄位名稱， $T$  為運算域， $\hat{\theta}$  為運算子， $\hat{\theta}$  可能為“at least”，“at most”或“close to”， $\alpha$  為門檻值。

模糊歸屬函數“at least  $T$ ”可定義為“至少”，如表 1。

模糊歸屬函數“at least  $T$ ”如圖 9 所示。當  $x$  小於等於  $w$  時，歸屬程度為 0，當  $x$  介於  $w$  與  $T$  之間，歸屬程度隨  $x$  增加而增加，當  $x$  大於等於  $T$  時，歸屬程度為 1。

模糊歸屬函數“at most  $T$ ”可定義為“至多”，如表 2。

模糊歸屬函數“at most  $T$ ”如圖 10 所示。當  $x$  小於等於  $T$  時，歸屬程度為 1，當  $x$  介於  $T$  與  $v$  之間，歸屬程度隨  $x$  增加而減少，當  $x$  大於等於  $v$  時，歸屬程度為 0。

表 1. at least 關聯表

	$x$	$f(x)_{at\ least\ T}$
H	$x \leq w$	0
	$w < x < T$	模糊歸屬函數
	$x \geq T$	1

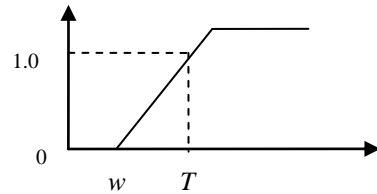


圖 9. 模糊歸屬函數“at least  $T$ ”

表 2. at most 關聯表

	$x$	$f(x)_{at\ most\ T}$
L	$x \leq T$	1
	$T < x < v$	模糊歸屬函數
	$x \geq v$	0

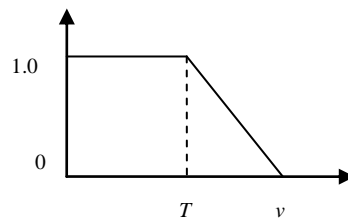


圖 10. 模糊歸屬函數“at most  $T$ ”

模糊歸屬函數“close to T”可定義為“接近”，如表 3。

模糊歸屬函數 “close to T” 如圖 11 所示。當  $x$  小於等於  $w$  時，歸屬程度為 0，當  $x$  介於  $w$  與  $T$  之間，歸屬程度隨  $x$  增加而增加，當  $x$  等於  $T$  時，歸屬程度為 1，當  $x$  介於  $T$  與  $v$  之間時，歸屬程度隨  $x$  增加而減少，當  $x$  大於等於  $v$  時，歸屬程度為 0。

依照上述定義，以圖 8 物件關聯圖之馬達物件為例，假設門檻值為 0.7，以每分鐘轉速為條件查詢電流欄位可以兩種形式表示：

```
(1) SELECT 電流(靜態欄位)
    FROM 馬達(物件)
    WHERE 每分鐘轉速 at least 70 with 0.7
```

其中每分鐘轉速為模糊查詢條件中的  $A$ ，*at least* 為運算子  $\hat{\theta}$ ，70 為運算域  $T$ 。

```
(2) SELECT 歸屬程度(動態函數)
    FROM 馬達(物件)
```

WHERE 每分鐘轉速 =  $x$

設在門檻值之下，基本模糊查詢形式可被轉化如下：

```
SELECT 動態函數
FROM 物件
WHERE  $A \geq a$  AND  $A \leq b$ 
```

其中  $a$  為門檻值之下靜態欄位的屬性值， $b$  為  $T$ 。

以下依照第三章查詢語法與轉化形式之定義，以圖 8 物件關聯圖中馬達物件之每分鐘轉速為實際診斷查詢例子，假設門檻值為 0.7。

```
SELECT 電流(靜態欄位)
FROM 馬達(物件)
WHERE 每分鐘轉速 at least 70 with 0.7
```

假設模糊查詢之門檻值為 0.7，“at least 70”定義如表 4。門檻值為 0.7，將其代入歸屬函數： $0.018x - 0.26 = 0.7$ ，解出  $x = 53.33$ 。

圖 12 顯示在門檻值 0.7 下 “at least 70”之圖形，且其結果為 [53.33, 70]。然後將上述之模糊查詢轉化如下：

```
SELECT 電流(靜態欄位)
FROM 馬達(物件)
WHERE 每分鐘轉速  $\geq 53.33$  AND 每分鐘轉速  $\leq 70$ 
```

表 3. close to 關聯表

	$x$	$f(x)_{close\ to\ T}$
M	$x \leq w$	0
	$w < x < T$	模糊歸屬函數
	$T < x < v$	模糊歸屬函數
	$x \geq v$	0

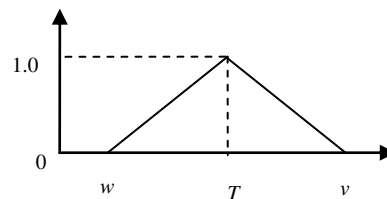


圖 11. 模糊歸屬函數“close to T”

表 4. at least 70 關聯表

	$x$	$f(x)_{at\ least\ 70}$
H	$x \leq 20$	0.1
	$20 < x < 70$	$0.018x - 0.26$
	$x \geq 70$	1

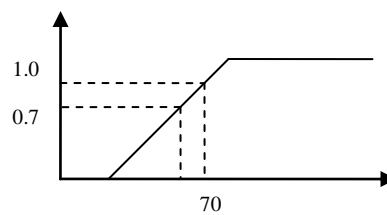


圖 12. “at least 70”之門檻值 0.7

由上述查詢案例可知，欲達到較佳之馬達每分鐘轉速，即歸屬程度達到 0.7 以上（門檻值為 0.7），每分鐘轉速必須介於 53.33 與 70 間。在汽車電子產品潛在問題的診斷中，有些問題可能是已有徵狀但並未完全呈現出來，也就是說程度上有所不同，不能只以好或壞去定義之，這時如果沒有使用模糊查詢可能會造成誤判，而本研究應用具有處理模糊資料能力的模糊知識庫於汽車電子產品潛在問題發現，能快速診斷出潛在問題，並加以預防，進一步減少其產生的機率。

### 3.3.2 知識庫建構

知識庫系統可分為輸入、輸出和知識庫核心，以維修作業和保養作業兩部份來說明，如圖 13。先就維修問題來看，維修人員將問題的現象徵狀和影響情況輸入知識庫中，透過知識庫存取原因所在方案的程序，診斷出原因所在，提供給工程師參考，之後再將其存回知識庫系統中；如果無法從知識庫中擷取出所需資料，表示知識庫中沒有儲存類似資料，則必須透過 AHP 方法原因方案評選機制，依現象徵狀和影響情況，診斷出原因所在，再將其存回知識庫中。就保養作業來看，先在知識庫中建構問題之間的關聯和歸屬程度，在保養作業中輸入檢測項目，可從知識庫中得到潛在問題，再將其存回知識庫中；如果知識庫中沒有儲存問題之間的關聯，則必須透過潛在問題 fuzzy object-oriented SQL 查詢，將物件參數值輸入其中，透過模糊歸屬函數計算出其歸屬程度，最後診斷出潛在問題，再將其存回知識庫中。在維修作業時輸入現況維修問題可能透過知識庫儲存的資料會發覺到潛在問題，在工程師利用這些資料後，將其儲存回知識庫中。診斷出的原因所在方案和潛在問題都視為知識物件儲存

於知識庫中。

知識庫核心包含知識物件和物件之間的關聯。知識物件包含三個欄位，物件名稱、靜態欄位、動態函數。原因所在知識物件的靜態欄位為現象徵狀和影響情況，動態函數為 AHP 邏輯；潛在問題知識物件的靜態欄位為產品參數，動態函數為 fuzzy object-oriented SQL 查詢。知識物件之間存在關聯，可能是某物件對另一物件的影響，以及影響的程度，必須在知識庫中建立其中的關聯，當查詢某物件時，可能會查詢到影響到的物件，以及影響的程度，因而找出潛在問題。

本文建構的知識庫，透過模糊歸屬函數、fuzzy object-oriented SQL，具有處理模糊知識的能力，另外透過 AHP 演算方法，使知識庫儲存具有決策邏輯的知識。知識庫中儲存知識的結果，包含在維修作業和保養作業診斷出的原因所在和潛在問題，潛在問題如可事先預防，將可轉變成現有問題，並進一步減少其產生的機率，避免維修問題產生，進而降低顧客維修的次數與多餘的保養成本。

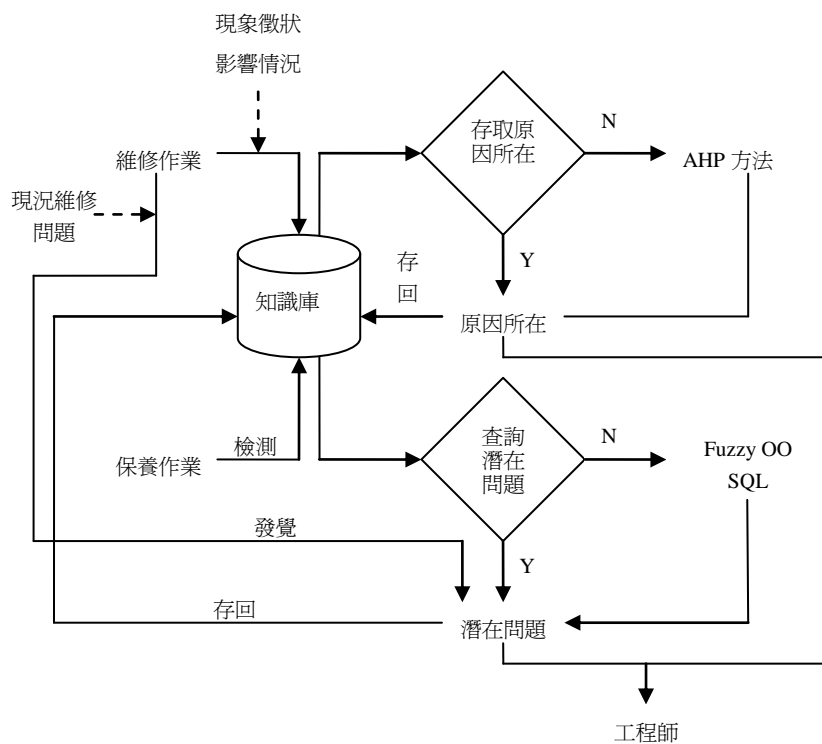


圖 13. 知識庫系統運作機制

本文建構具有診斷出原因方案與潛在問題能力的知識庫。先在其中存有有可能產品問題之間的關聯，例如何種項目發生問題會導致何種結果，檢測項目和潛在問題之間的關聯性，或 A 問題可能對 B 問題有影響，以及影響程度之別。由維修作業診斷出的原因方案、AHP 邏輯，和保養作業診斷出的潛在問題，都視為知識物件存於知識庫中，其間有關聯性，未來再遇到相似問題，就可以直接從知識庫中將所需資訊擷取出來，不用每次透過 AHP 原因方案評選及 fuzzy object-oriented SQL 的機制來診斷，故可以節省時間與成本。

四、個案研討

本研究以汽車電子產品問題為個案研究對象，傳統汽車零組件與電子零組件整合如有問題，可能會影響整體品質、效用，或客戶使用汽車電子的安全性。而產品問題可能有程度上的不同，有些已有潛在問題的徵狀，甚至會透過介面物件影響到對應零組件，造成另一潛在問題的發生，以下為運用本文所提出研究架構做相關案例說明。

4.1 AHP 原因方案評選

茲將發現潛在問題流程說明如圖 14，客戶因為產品發

生問題來維修，維修工程師依照 AHP 原因方案評選機制判斷出原因方案所在，再依照資料庫中儲存的零組件與問題之間的關聯性資料，判斷出與問題原因有關的零組件，並針對此零組件的屬性做檢測，測出的數值透過 fuzzy object-oriented SQL 查詢，帶入模糊歸屬函數，依照其算出之歸屬程度，如果較低表示零組件有問題，可能會因而影響到此零組件的某個屬性，透過也有此屬性的介面物件，關聯到另一零組件，欲判斷另一零組件是否有問題，重複上述步驟，最後得到結果。故依照此說明，除了可在維修作業中發現潛在問題外，也有可能因此而發現到另外一個潛在問題。

茲以二個案例說明如下：

案例一：

客戶因為汽機車引擎過熱拋錨問題來維修，如圖 15 所示，維修工程師參照 AHP 原因方案評選機制，此機制在於探討產品問題原因所在，以馬達為例，如圖 16 所示，我們採用專家訪談，設計專家問卷以個案描述的方式將情境描述給工程師以利填答，專家問卷題項根據維修保養技術手冊中

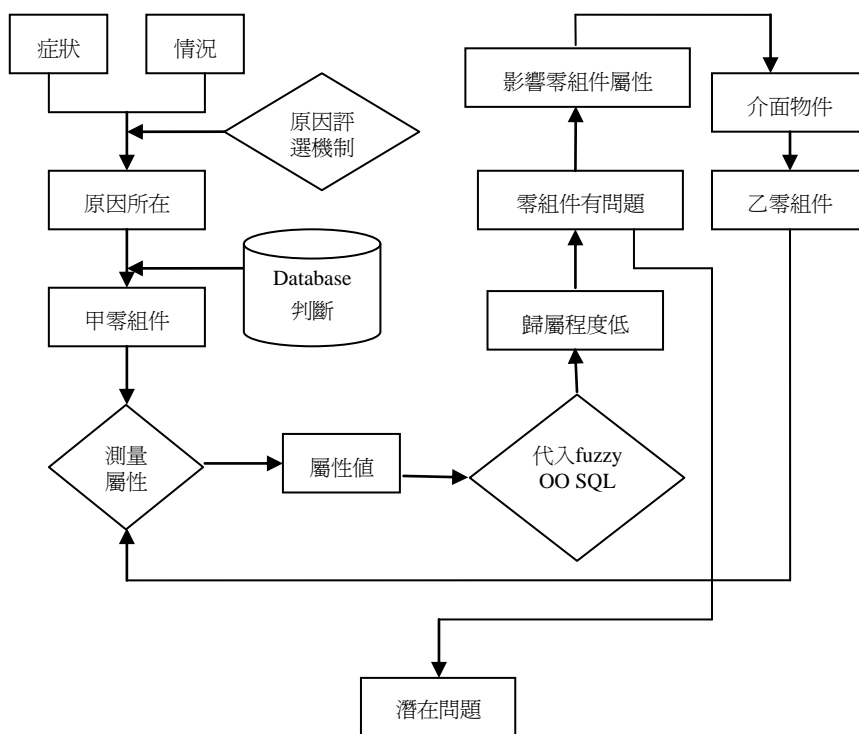


圖 14. 發現潛在問題流程圖

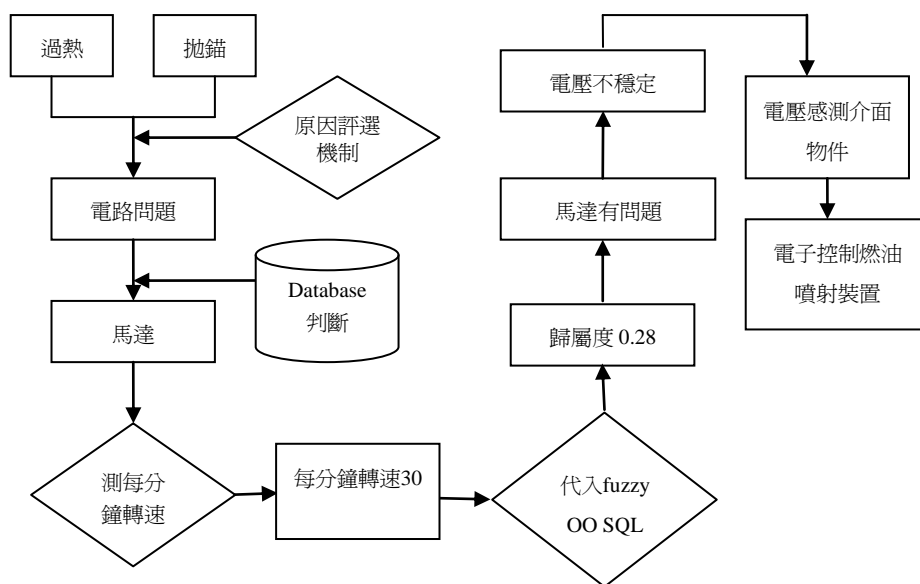


圖 15. 發現潛在問題案例 1

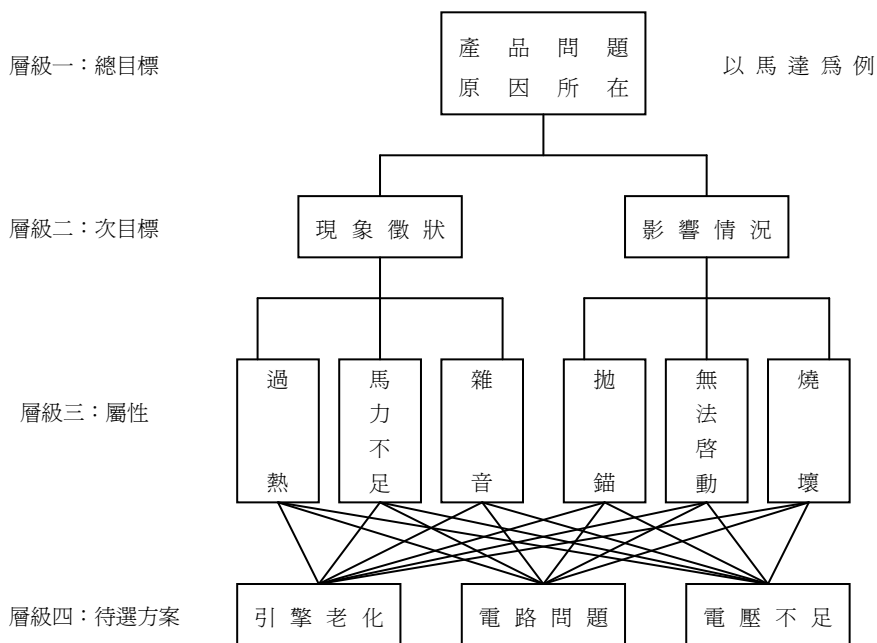


圖 16. 案例 1 原因方案評選

資料訂定，依據工程師經驗，在屬性間兩兩比較其相對重要性，並針對兩兩方案之間做符合性比較，填答完成後以 AHP 軟體 Expert Choice 2000 計算確定方案之間的相對權重，得

到最佳原因方案。在馬達例子方面，判斷出造成其產品問題的最有可能原因為「電路問題」，如圖 17 所示。

再依照資料庫中儲存的哪些零組件與哪些問題原因有

關聯性的資料，這些資料是由實務上維修保養技術手冊與相關維修保養資料蒐集整理而來，判斷出與問題原因有關的是馬達零組件，此零組件的屬性為轉速，維修工程師實際量測每分鐘轉速(RPM)，發現每分鐘轉速為 30，透過 fuzzy object-oriented SQL 查詢，將其值代入圖 8 馬達物件之模糊歸屬函數  $y=0.018x-0.26$ ，得到其歸屬程度為 0.28，數值偏低表示轉速過低，造成效能不佳，因此診斷出是馬達裝置可能有問題，這可能會造成電壓不穩定，電流忽大忽小，透過電壓感測介面物件的電流屬性關聯到電子控制燃油噴射裝置，發現電子控制燃油噴射裝置也有電流屬性，欲檢查電子控制燃油噴射裝置是否也有問題，故測量其屬性空燃比係數，發現其值為 15.5，透過 fuzzy object-oriented SQL 查詢，查出歸屬程度為 0.3，數值偏低代表空燃比係數比例不佳，因而發現電子控制燃油噴射裝置可能也有問題。此一例子表示在維修作業發現到潛在問題，以及從潛在問題發現到另一潛在問題。

案例二：

客戶因為汽機車發生熄火無法再發動來維修，如圖 18 所示，維修工程師參照 AHP 原因方案評選機制，此機制在於探討產品問題原因所在，以電子控制燃油噴射裝置為例，如圖 19 所示，我們採用專家訪談，設計專家問卷以個案描述的方式將情境描述給工程師以利填答，專家問卷題項根據

維修保養技術手冊中資料訂定，依據工程師經驗，在屬性間兩兩比較其相對重要性，並針對兩兩方案之間做符合性比較，填答完成後以 AHP 軟體 Expert Choice 2000 計算確定方案之間的相對權重，得到最佳原因方案。在電子控制燃油噴射裝置例子方面，判斷出造成其產品問題的最有可能原因為「火星塞不良」，如圖 20 所示。

再依照資料庫中儲存的哪些零組件與哪些問題原因有關聯性的資料，這些資料是由實務上維修保養技術手冊與相關維修保養資料蒐集整理而來，判斷出與問題原因有關的是電子控制燃油噴射裝置，此零組件有空燃比係數的屬性，維修工程師實際量測空燃比，發現空燃比係數為 15.5，透過 fuzzy object-oriented SQL 查詢，將其值代入圖 8 電子控制燃油噴射裝置之模糊歸屬函數，得到其歸屬程度為 0.3，數值偏低表示空燃比不佳，因此診斷出是電子控制燃油噴射裝置有問題，這可能會造成電壓不穩定，電流忽大忽小，透過電壓感測介面物件的電流屬性關聯到馬達，發現馬達也有電流屬性，欲檢查馬達是否也有問題，故測量馬達轉速(RPM)，發現其值為 30，透過 fuzzy object-oriented SQL 查詢，將其值代入圖 8 馬達物件之模糊歸屬函數  $y=0.018x-0.26$ ，查出歸屬程度為 0.28，數值偏低表示轉速過低，造成效能不佳，因而發現馬達也有問題。此一例子表示在維修作業發現到潛在問題，以及從潛在問題發現到另一潛在問題。



圖 17. 案例 1 原因方案評選軟體畫面

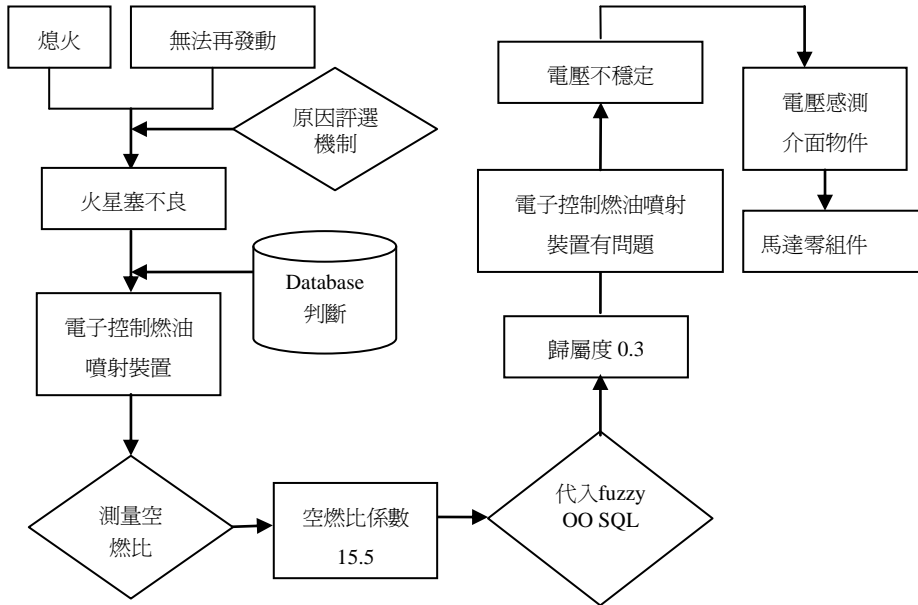


圖 18. 發現潛在問題案例 2

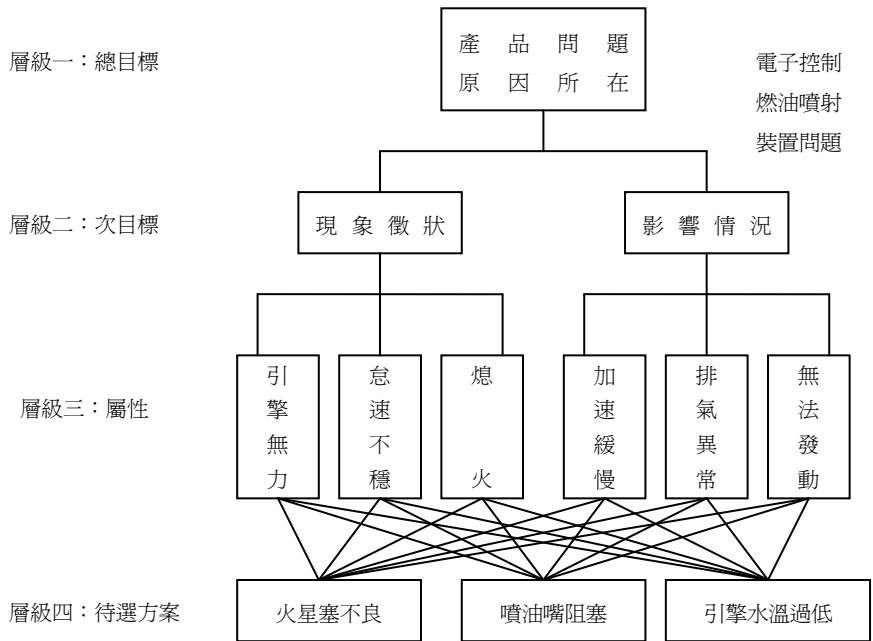


圖 19. 案例 2 原因方案評選



圖 20. 案例 2 原因方案評選軟體畫面

#### 4.2 知識庫運作機制

本節以案例 1 來說明知識庫運作機制。客戶因為汽車引擎過熱拋錨問題來維修，維修人員將問題的現象徵狀(過熱)和影響情況(拋錨)輸入知識庫中，透過知識庫存取原因所在方案的程序，診斷出原因所在是電路問題，提供給工程師參考，之後再將其存回知識庫系統中；如果無法從知識庫中擷取出所需資料，表示知識庫中沒有儲存類似資料，則必須透過 AHP 方法原因方案評選機制，依現象徵狀(過熱)和影響情況(拋錨)，診斷出原因所在是電路問題，再將其存回知識庫中。接著由資料庫中儲存之問題與零組件關聯資料判斷是馬達零組件的問題，故測量其屬性每分鐘轉速得到 30，並將此檢測值輸入知識庫，由知識庫判斷此檢測值有沒有問題，然後將結果存回知識庫中；如果知識庫中沒有儲存問題之間的關聯，則必須透過潛在問題 fuzzy object-oriented SQL 查詢，將參數值 30 輸入其中，透過模糊歸屬函數計算出其歸屬度為 0.28，數值偏低，故診斷出馬達有問題，此為潛在問題，再將結果存回知識庫中。另外此潛在問題可能透過知識庫儲存的問題資料關聯，例如它會造成電壓不穩定並透過電壓感測介面物件影響到電子控制燃油噴射裝置，故發覺到另一潛在問題，在工程師利用這些資料後，將其儲存回知識庫中。診斷出的原因所在方案和潛在問題都視為知識物件儲存於知識庫中，好處在於維修工程師將來如果遇到相同或類似的問題，就可以快速且準確地作判斷，節省時間與成

本。

#### 五、結論

跨產業的產品整合中，其個別產品零組件的問題，可能會影響到整個汽車電子產品的品質和效用，進而攸關到顧客使用汽車電子的安全性和應用性。過去產品維修只針對發生問題做維修，但是往往有潛在問題沒被發覺分析，導致變成現況問題，且產品維修現況問題往往靠經驗得到原因所在，沒有系統化的評選機制，導致可能對維修判斷時間造成誤判或延遲。另外維修所得到的原因所在、解決方案和診斷出的潛在問題事項沒有儲存下來，導致之後發生問題還必須花時間重新判斷，造成時間的浪費。

汽車電子產業是結合汽車業與電子業的新興產業，為了將原本各自運作的產品零組件加以結合並達到汽車上路的安全性，必須取決於介面物件，如圖 8 物件關聯圖中的電壓感測介面物件，並且由於汽車電子產品特性，造成在保養維修作業與傳統上的概念會有所不同。因為產品零組件各自運作可能沒有問題，但結合在一起就不一定了，透過介面物件，某產品零組件故障可能會影響到另一零組件，造成產品問題，故以保養維修的觀點來看，不能只考慮個別產品零組件的問題，而是要將介面物件的特性考慮進來。本研究透過 AHP 原因方案評選機制在維修作業中診斷出現況維修問題的最佳原因方案，並使用 fuzzy object-oriented SQL 方法在



## 陳瑞陽、鄭羽書：應用 AHP 和模糊知識庫於汽車電子產品保養維修作業之問題發現

保養作業中診斷出潛在問題。

此外汽車在維修保養作業中，常常會發現到另外一個潛在問題，也就是說，在維修作業的過程中，可能會發覺到現況維修問題之外的另一個問題，在保養作業中，因為一般檢測過程也有機會發現到可能的潛在問題，這些問題可能已經有徵狀，但還沒有明顯呈現出來，具有模糊性質，與現有問題之間有一定程度的關聯，因此我們必須要有一個機制，將潛在問題視為知識物件做存取，來事先預防。故本研究提出系統化模糊問題決策機制來解決產品整合問題，應用物件導向方法建構具有處理模糊資料能力且可預防產品潛在問題的知識庫，建立預防再次發生的機制，事先做模糊查詢。另外依照之前儲存的知識物件，可以快速診斷出現有問題原因所在與潛在問題，並能將潛在問題轉變成現有問題後進一步減少其產生的機率，進而降低顧客維修的次數與多餘的保養成本，最終避免維修問題產生。

本文研究限制和未來建議方向：

本研究第四章專家訪談結果分析中，AHP 問卷之問項權重及最佳原因方案只依一位工程師填答並以 AHP 軟體計算得知，代表性可能較為不足，故未來希望透過專家問卷形式，針對維修工程師至少發放 30 份以上，並考慮 C.I.值不過的可能性，需盡量多發放，以提高其信度及效度，再針對問卷回收結果，以 AHP 軟體進行分析，來得到最佳產品問題原因所在。

另外，雖然此次是針對維修人員發放問卷，但在填寫時有請維修人員須考量顧客的關心角度再回答，而且此次發放問卷主要針對維修保養技術，然而在未來研究建議方向，其問卷題項會考量反應出顧客的關心角度。

再者，由於維修工程師並不懂得如何使用 AHP，因此在未來希望建構維修決策資訊系統，如此一來在維修工程師進行維修作業時可運用維修決策資訊系統，此決策資訊系統是包括 AHP 原因方案評選機制，此機制在於探討產品問題原因所在，以及包含模糊知識庫。

### 參考文獻

1. 石育賢 (民94)，汽車電子科技日新月異開啓資訊技術應用商機，車輛工業月刊，135，29-34。
2. 炬見工作室 (民 94)，知識管理：企業核心競爭力和永續發展的關鍵報告，頁 32-50，博碩文化股份有限公司，台北。
3. 施威銘研究室 (民90)，SQL Server 2000設計實務，頁 67-80，旗標出版股份有限公司，台北。
4. 陳美玲 (民94)，配合全球市場發展趨勢，台灣汽車電子產品未來發展建議，車輛工業月刊，第140期，64-68。
5. 黃堯銘 (民 91)，運用近似語意相等在模糊資料庫上的模糊查詢，元智大學資訊管理學系碩士班碩士論文。
6. 藍中賢 (民 89)，結合模糊集合理論與貝氏分類法之資料探勘技術－應用於健保局醫療費用審查作業，元智大學資訊研究所碩士論文。
7. Beomsoo, S., C. Keunho and S. Yongmoo (2012) CRM strategies for a small-sized online shopping mall based on association rules and sequential patterns, *Expert Systems with Applications*, 39, 7736-7742,
8. Cattell, R. G. (1994) *Object Data Management: Object Oriented and Extended Relational Database System*, Addison Wesley Publishing Company, Inc..
9. Dhebar, A. (1995) Complementarily, compatibility, and product change: breaking with the past, *Journal of Product Innovation Management*, 12, 136-152.
10. Fu, Z., Z. M. Ma, Y. Li and Y. Wang (2012) A description logic approach for representing and reasoning on fuzzy object-oriented database models, *Fuzzy Sets and Systems*, 186, 1-25.
11. Gupta, M. M. and A. Kaufmann (1985) *Introduction to Fuzzy Arithmetic*, Van Nostrand, New York.
12. Jehad, A. D. and C. B. Lionel (2010). An object-oriented high-level design-based class cohesion metric, *Information and Software Technology*, 52, 1346-1361,
13. Keeny, R. L. and H. Raiffa (1993) *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, Cambridge University Press, New York.
14. Ma, Z. M. and Y. Li (2007) Generalization of strategies for fuzzy query translation in classical relational databases, *Information and Software Technology*, 49, 172-180.
15. Mockler, R. J. (1992) *Developing Knowledge-based Systems Using an Expert System Shell*, Macmillan Publishing Company, New York.
16. Nicolás, M., C. OlgaPons and M. A. Vila (2012) An approach to solve division-like queries in fuzzy object databases, *Fuzzy Sets and Systems*, 196, 47-68..
17. Saaty, T. L. and L. G. Vargas (1980) Hierarchical analysis

of behavior in competition: prediction in chess, *Behavioral Science*, 25, 180-191.

18. Sengupta, S. (1998) Some approach to complementary product strategy, *The Journal of Product Innovation Management*, 15, 352-367.
19. Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353.

收件：102.07.01 修正：102.09.11 接受：103.01.17