

應用感性工程與模糊理論建構語彙式車輛造形設計模型

閻建政¹ 賀增原² 陳德煒^{2*}

¹ 銘傳大學商品設計學系

² 國防大學理工學院動力及系統工程學系

摘 要

本文採用兩套模糊邏輯模型針對顧客需求進行解析。首先以感性形容詞語彙來描述所需車輛外形，接著利用合理的邏輯來訂定所需的模糊規則；第二部份的模糊邏輯模式，則主要是在找出語彙與實際工程所需的設計數據之間的關係，如此便能將顧客的需求與設計數據相串連。最後，利用MATLAB軟體的Toolboxes就所建構之模糊集合進行解析。藉由本研究所建構的模型將能夠更充分、更客觀的反應顧客需求於產品設計開發上。

關鍵字：感性工程，模糊理論

Using Kansei Engineering and Fuzzy Theory to Build the Linguistic Variables Model for Vehicle's Configuration Design

Chien-Cheng Yen,¹ Tzeng-Yuan Heh², and Der-Wei Chen^{2*}

¹ Department of Product Design, Ming Chuan University

² Department of Power Vehicle and Systems Engineering,
CCIT, National Defense University

ABSTRACT

There are two sets of fuzzy logic model used to analyze the demands of customers in this paper. First, Kansei adjective linguistic variables were used to describe the demand vehicle's configuration. Then, a reasonable logic was used to construct the required fuzzy rules. The second part of the fuzzy logic mode is mainly focused on finding the relations between linguistic variables and the actually required engineering design data. It thus can combine the demands of customers with the design data. Finally, Toolboxes of MATLAB software were used to analyze the fuzzy sets built hereinbefore. The model building in this study can more sufficiently and objectively to reflect the customer's demand in the future's product design and development.

Keywords: Kansei engineering, fuzzy theory

一、前言

在現今面臨能源危機與全球暖化的狀況下，為能達成節能減碳的目的，船舶與車輛都在考慮推進效率的提升。由於各項不同替代能源方案的差異性，將導致載具外形的革新，該如何因應這個潮流的趨勢，使得載具動力能夠符合節能省碳之目的，並且外形又能達成顧客所需的形式，成為本研究所討論的重點。首先將介紹感性工學的由來以及意義。

感性(Kansei)一詞源於日文中，是代表顧客心理上以及生理上的感受；感性工程(Kansei Engineering)的觀念，在1970年由廣島大學學者長町三生(Nagamachi)首先提出[1]。主要目的是在開發新產品的過程中能夠考慮人體工學與顧客需求。當顧客在消費產品時，其意識內就已經存在該商品的印象與感覺，如果產品在設計或開發之初，就以顧客的需求為導向，轉換顧客模糊的描述為設計者開發產品所需的數據，這樣的觀念便是感性工程的主旨。因此感性工程運用的範圍非常廣泛，包含有汽車內部駕駛台上儀表板中各項特徵[1]，包含有刻度的疏密、數字的字型、指示針的造形與指示針在轉速表和時速表中開始的位置；文獻[1]中也有探討儀表板中轉速表、時速表、溫度與油量表的數量，接著透過23位受訪者去評估這些特徵的大小，最後找出最佳的特徵。

模糊(Fuzzy)理論於1965年由美國加州札德(L. A. Zadeh)教授於「資訊與控制」(Information and Control)雜誌中發表，如今這套理論甚至用在太空梭發射系統智慧型決策支援系統架構中[2]。

由此也可以感受到科學的發展從對外物的研究逐漸轉變為人類的感受，這種比較抽象並且比較模糊的概念，就產品開發而言，設計之初便應考量顧客的感受，藉由感性工程的方法，甚至虛擬的感性工程透過電腦使顧客能夠瞭解產品是否能夠滿足需要[3]。

有關感性工程的研究還包含有各種產品，如：巨型動力遊艇[4-5]、汽車輪廓外形[6]、手機[7]等方面的研究。例如巨型動力遊艇研究架構分成兩個階段，分別為第一階段為感性語彙與設計要素的挑選，第二階段為意象與設計要素之結合。研究中藉由問卷去調查意象語彙與感性語彙，接著搜集樣本圖片，挑選外形設計要素，利用複迴歸分析外形特徵與感性認知之關聯分

析，找出外形設計要素對於樣本的影響。或者採用田口實驗計算法(Taguchi's method)與感性工程於汽車輪廓外形[6]，利用專家的經驗法則找出影響外形的因子與等級，接著利用田口實驗計算法與直交表去評估各項因子重要性。也有學者運用模糊邏輯(Fuzzy logic)與感性工程於手機外形特徵的研究[7]，首先找出研究的模型與其特徵，接著將特徵轉換為數量大小，再將這些值運用語意函數建立在模糊邏輯歸屬函數(membership functions)內，藉由專家經驗以建立模糊規則(fuzzy rules)，利用均方根誤差(root mean square error)求出手機模型的性能，同時與灰色相關分析(gray relational analysis, GRA)與類神經網路(neural network, NN)比較，可以發現利用模糊邏輯的模型其均方根誤差比灰色相關分析及類神經網路來得小。並且模糊邏輯的模型具有兩項功能：1.協助產品設計者在開發產品時，可以依據特徵分析的結果找出最佳的組合；2.可以迅速提供設計者將產品的特徵輸入模糊邏輯的模型中，以預測產品的價值並同時提供修改模型特徵的方式。

以上參考文獻所提到的模型包含有巨型動力遊艇、汽車輪廓外形以及手機皆是依據感性工程的方法，結合其他如複迴歸分析、田口實驗計算法與模糊邏輯等方法去找出符合顧客的特徵，以提供產品開發時設計者參考依據。不過，這些特徵值均受限於現有的產品，必須經過問卷由專家學者找出影響的因子，作為設計時的參考。本研究參考以上的作法，以感性工程為基礎，嘗試用模糊邏輯串聯語彙與載具外形之間的關係，並且語彙的制訂不會受限於現有產品的特徵，主要的目的在於提供設計者參考，同時也應用在產品創新的設計上，希望能夠運用不同設計風格的語彙去創新產品滿足顧客所需。

二、感性工程

由以上的說明可以知道感性工程不僅運用在基礎研究，同時也使用在系統開發的層面。藉由圖1可以瞭解感性工程的流程，圖中由左至右為順向的感性工程，設計者挑選產品的特徵輸入感性工程中去分析，找出新的設計元素，利用新的設計元素產生產品的草圖，接著利用感性評估逆向辨認草圖中設計的元素。當然感性工程的目的便是依據顧客的生理或者心裡的需求，來設計開發新產品，因此以下四項值得注意[4]：

(1)如何藉由顧客生理或心理的評估，以瞭解顧

客對產品的感受；

- (2)如何透過感性工程以便找出產品的特徵；
- (3)如何建立一套與人體工學相關的感性工程；
- (4)如何因應潮流的趨勢與顧客的喜好，來修正產品。

以下以日本Mazda公司使用感性工程層級展開圖去發展一輛跑車—Miata為例。該公司一開始就先調查年輕駕駛的操縱方式以及態度，以便能夠打造一輛符合顧客特性的車輛；接著利用感性工程從零階開始，之後展開為1階的四個次概念：包覆性(Tight feeling)、操控性(Direct feeling)、速度感(Speedy feeling)以及溝通(Communication)等四個部份，再依序展開為3、4...N階(如圖2)方式進行設計。

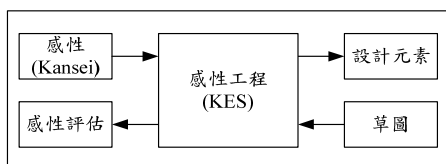


圖1. 感性工程流程圖[3]。

	感 性				物理特性	人體工學	汽車工程
	0階	1階	2階	N階			
人 車 一 體	包覆性	適度空間	...	尺寸	包覆感覺	古典設計	
		質感	...	品質	接觸感覺	流行設計	
		豪華配備	...	性能	聽覺	內裝設計	
	操控性	轉向系統	...	懸吊	骨骼	把手設計	
		操控表現	...	懸吊	動作	操作設計	
	速度感	動力輸出	...	頻率	生理感受	儀表設計	
		加速性	...	時速	加速感覺	引擎特性	
	溝通	造形設計	...	開放感	噪音分析	排氣設計	
		功能性	...	振動感	振動分析	車架設計	

圖2. 感性工程層級展開圖。

經由此系統，顧客可以選擇符合自己需求的產品，而設計師也可以依據這套系統設計新的產品如圖3—Miata。



圖 3. Miata[8]。

除此之外，由於電腦的科技日新月異，虛擬實境的開發可以使設計者建構一個符合顧客感性的空間，即所謂的虛擬感性工程(Virtual kansei engineering)，如此一來顧客即可透過虛擬的感性空間檢視產品是否滿足要求。圖4虛擬感性工程架構系統左側是感性工程，右側則是虛擬空間。首先會蒐集顧客想要設計之產品所需的感性語彙或者流行潮流的趨勢，將之輸進資料庫，藉由推論引擎提出不同的候選方案，以評估這些候選方案是否滿足顧客需求。當這個架構所提出的方案可以滿足顧客需求時，系統程序將會轉移至虛擬空間，由虛擬系統繼續來執行。如果顧客滿足虛擬空間所展示的商品，則虛擬感性工程架構系統就會準備繪製產品的藍圖。這個過程當中如果顧客想要改變展示商品中的部份商品，設計者也可依據顧客的要求去修改部分商品的組成。

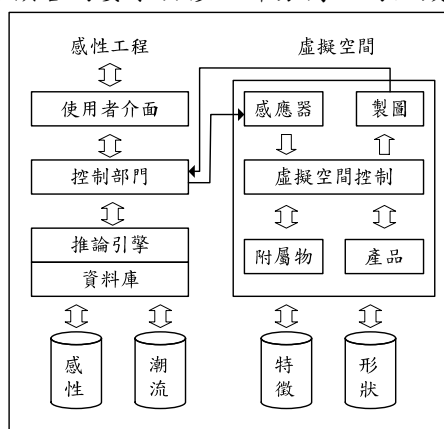


圖 4. 虛擬感性工程架構系統[3]。

接下來將針對虛擬感性工程架構系統中資料庫及推論引擎這部分作探討。由參考文獻可以獲知，許多學者對感性工程最有興趣的主題也都集中在這部份，學者們嘗試用各種不同的方法，例如：複迴歸分析法、田口實驗計算法與直交表、模糊邏輯、灰色相關分析以及類神經網路等方法，利用問卷企圖找出符合顧客需求的產品特徵，作為新產品設計開發時的參考依據。這些學者一般的作法是利用現有的產品，採用問卷的方式，請專家學者或者具有經驗的設計師從這些產品中找出特徵與意象的關係，或者尋找已經有使

用過現有產品的顧客，在有一定使用產品的經驗上，利用蒐集產品的特徵，進一步去分析評估特徵對產品的影響。

不過以上的研究都是在現有產品的條件下，去分析評估。一旦討論到產品需要創新時，既然是創新當然是無中生有，既然是無中生有，當然以上的方法就無法使用。在此可以藉由通用汽車公司所生產的燃料電池概念車 AUTOmomy，採用 Hy-Wire 技術，將車輛分為車體與底盤兩部分，如圖 5 所示便是一種全新的概念車。因此，車輛外形的創新便是全新的體驗。本研究採用了兩套模糊邏輯模型針對顧客的需求進行了解析，首先以語彙來描述所需車輛的外形，利用合理的邏輯來訂定所需的模糊規則；第二部份的模糊邏輯模式，則主要是在找出語彙與工程所需的設計數據，如此便能串連顧客為導向的需求與設計數據。



圖 5 AUTOmomy [19]。

三、模糊邏輯

提到模糊邏輯之前，先來介紹一艘順應節能減碳潮流，其動力部份係結合太陽能、風力或石化燃料的的船隻—「雪梨太陽能水手」(如圖 6 所示)。



圖 6 雪梨太陽能水手 [20]。

此艘船其複雜的動力控制系統會隨著外界環境的改變而調整，其太陽能板甚至會隨著環境的需要吸收太陽能以及轉換為風帆做為動力；如此複雜的控制系統其核心絕非是一般的統御方程式加上限制條件可以

描述的情況。其內部一定藉助於模糊控制方能達成環境所需要的條件。

另外一艘為了達成節能減碳而利用風箏原理所發明之拖曳大型貨櫃輪—「天帆 (SkySails)」，如圖 7 所示，於環境許可的條件下，以其天帆輔助航行以減少燃油的消耗，根據統計一般風力狀況可節省 10% 至 35% 的燃料，風力最理想的短期間甚至可節省 50% 的燃料。



圖 7. 天帆拖曳大型貨櫃輪 [21]。

接著要用模糊邏輯的概念運用在載具外形設計上，此段分為兩個部份，首先是以車輛外形來說明。在瞭解有關車輛設計相關的語彙，先從聯合報汽車新訊等相關版頁內容描述擷取出來，舉例如下：

- (1). Mercedes-Benz R-Class：充滿運動感的車體造型，主要建構在凹凸鈹金的對比上，凹凸有致，充滿運動員肌理感的設計。
- (2). Audi A4：跑車元素上身營造出高調奢華的格局，展現更勝以往的強悍運動風格。
- (3). BMW 3 系列：「敏捷」、「創新」與「美感」是 BMW 集團自 1975 年對第一代 BMW3 系列的造車理念。
- (4). Honda Accord：「Advanced & Powerful」作為研發第八代 Accord 的宗旨。
- (5). Ford New Mondeo：採用福特新世代的動能美學 (Kinetic design) 設計理念。

其次參考陳重盛教授在「船之美學」一系列文章 [9-17] 中探討船舶外形所提到船舶外觀將會造成人們不同的印象，舉例如下：

- (1). 船艏 (Bow) 指船的「頭部」，以人為喻，可以表現船的「堅毅」與「表情」的部份。
 - (2). 船錨位於船艏附近，船錨的存在與船艏的印象可以將船錨視為船的雙眼。
 - (3). 船艏裝置中有繫纜繩出入的孔，此位置如設在中心線上，則看起來像鯉魚的嘴。
- 以上所舉的例子包含車輛各公司希望達成

的設計宗旨，以及船舶外觀所存在的印象，都是各種形容詞語彙，也就是說利用這些形容詞語彙比較能夠喚起顧客的意象。而此處的「意象」是指某一個物件經過以往經驗的呈現或意識的記憶所象徵的涵意。「感性工程」便是將顧客模糊不清的定性需求或意象，轉化為設計者參考的定量數據。

限於篇幅，接下來將僅就車輛外形做探討，至於船舶之外形則可以依循這個模式做探討。此處採用了兩套模糊邏輯模式以便轉化形容詞語彙至設計所需的數據。在此模糊邏輯模式包含有輸入/輸出的語彙參數，再依據蒐集的資料由輸入/輸出的彼此關係訂出所需要的模糊規則。

3.1 輸入/輸出的語彙參數

正如以上所舉的例子，當一則廣告在向顧客推銷一輛車子時，會用顧客比較容易懂的意象語彙來表示，這種混淆不清或模稜兩可的意思，用模糊邏輯架構中的歸屬函數比較容易進行分析與比較。

一般而言，當形容車體造型充滿運動感時，此意象主要建構在凹凸鈹金的對比上，而呈現凹凸有致，或者“腰線明顯”。從“腰線明顯”這句話可以包含四個部份：名稱(Name)、種類(Class)、範圍(Range)及程度(Degree)。在歸屬函數中名稱便是腰線，種類可以用很明顯、明顯及不明顯。範圍則是很明顯在歸屬函數中 x 軸所分布的區間。程度則是各種種類的模糊集合中歸屬函數的形狀，通常歸屬函數的形狀為三角形及梯形。本研究採用三角形歸屬函數，其數學式子為：

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & x > c, \end{cases} \quad (1)$$

式子中 a, b, c 可以用語彙的範圍來制定。

除了腰線之外，本研究還將“外形”及“座椅數量”此兩個影響車輛外形的因素(均為輸入影響因素)納入考量。透過人們對於上述這些影響因素的認知語彙，藉著模糊邏輯將其轉變為輸出的車輛外形。因此，輸入與輸出值都可以藉由不同的語彙，由顧客以及設計專家尋找出新產品的代表，這些輸入及輸出的語彙以及其相對應的形容詞均列於表 1。此外，使用在模糊邏輯模式中

的模糊集合形式則展現於圖 8 及圖 9。

表 1. 輸入與輸出的模糊集合

項次	Level 1	Level 2	Level 3	
輸入	腰線(A)	不明顯(L)	明顯(M)	很明顯(R)
	外形(B)	無流線(NS)	流線(S)	很流線(ES)
	座椅(C)	2	4	6
輸出	車形(P)	休旅車(RV)	轎車(V)	跑車(S)

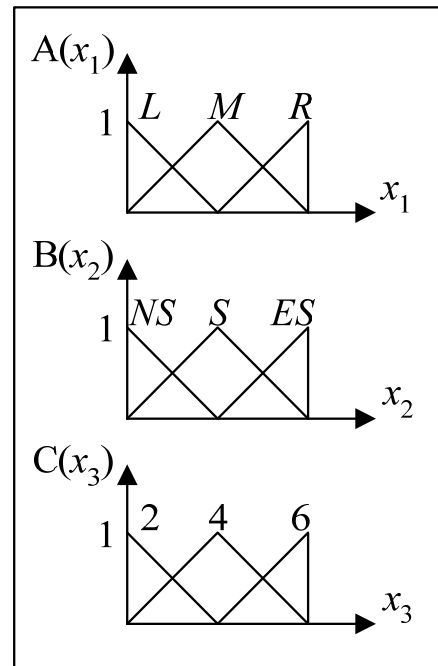


圖8. 輸入的模糊集合。

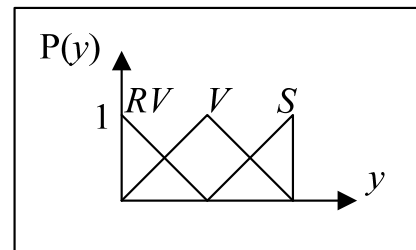


圖9. 輸出的模糊集合。

3.2 輸入/輸出的模糊規則

表 2 顯示了輸入與輸出之間的模糊規則，其會將模糊集合所對應的形容詞語彙符號，參考一般人的認知做出邏輯關係，因此隨著形容詞語彙的增加，規則庫也會隨之調整。

表 2. 模糊規則

Rules	If			Then
	x_1	x_2	x_3	y
1	R	ES	2	S
2	M	S	4	V
3	M	S	6	RV

表 2 當中之 If (...), Then (...), 其中(...)代表模糊命題(Fuzzy Propositions), 由於本研究採用多種語彙來形容因此為複合模糊命題(Compound Fuzzy Propositions), 並且語彙的組合是用“且(and)”例如:

規則 1.

腰線是很明顯, 且外形是很流線, 且座椅是 2 個;

規則 2.

腰線是明顯, 且外形是流線, 且座椅是 4 個;

規則 3.

腰線是明顯, 且外形是流線, 且座椅是 6 個;

因此其規則函數將寫成如下:

$$(A \cap B \cap C)(x_1, x_2, x_3) = t(A(x_1), B(x_2), C(x_3)) \quad (2)$$

其中 $t: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ 是一種模糊交集, 或稱為 t -基準(t -norm)。

接著要將輸入推論至輸出即所謂的模糊推理句。在此採用曼達尼表示法(Mamdani Implication), 亦即上面所描述的“ A 且 B 且 C ”, 用這種形式來表示“ $A \wedge B \wedge C$ ”此處“ \wedge ”為最小(min)的意思。

$$(A \rightarrow B \rightarrow C) \Leftrightarrow \min(A(x_1), B(x_2), C(x_3)) \quad (3)$$

截至目前為止, 除了座椅是明確的數字, 其餘的表示均採用語彙式的形容詞, 也就是說設計的依據是藉由採用不同的形容詞感性認知與既有的意象來制定相關的模糊邏輯或者模糊規則, 尚未探討語彙式形容詞與設計開發所需要的數據彼此之間的關聯。因此接下來採用第 2 次的模糊邏輯進一步去推導語彙式形容詞與明確數據之間的關係。

先以車輛外形中腰線為例子, 腰線的明顯與否與車側面斜線的角度有關, 以及鈹件凹凸的程度有關, 鈹件凹凸程度與鈹金的深度、角度與距離有關, 在此以距離的大小來表示。此時語彙式形容詞便要與實際的產品數據相關聯, 底下的數據是方便作者探討說明所採用的大小, 如表 3 所示。同時, 輸入與輸出的模糊集合如圖 10 所示。

表 3. 腰線輸入與輸出的模糊集合

項次	Level 1	Level 2	Level 3	
輸入	斜角(D)	$5^0(S)$	$10^0(M)$	$15^0(L)$
	凹面鈹件(E)	0.5mm(S)	1.0mm(M)	1.5mm(L)
	凸面鈹件(F)	0.5mm(S)	1.0mm(M)	1.5mm(L)
輸出	腰線(A)	不明顯(L)	明顯(M)	很明顯(R)

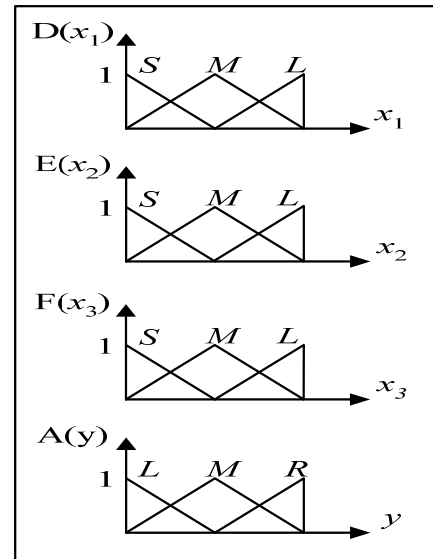


圖 10. 輸入與輸出的模糊集合。

依據表 3 及圖 10 的內容可以將模糊規則整理為表 4。

表 4. 模糊規則

Rules	If			Then
	x_1	x_2	x_3	y
1	L	L	L	R
2	M	M	M	M
3	S	S	S	L

此處的模糊推理句為:

推理句 1.

如果斜角為 15^0 , 凹面鈹件為 1.5mm, 凸面鈹件為 1.5mm, 則腰線為很明顯。

推理句 2.

如果斜角為 10^0 , 凹面鈹件為 1.0mm, 凸面鈹件為 1.0mm, 則腰線為明顯。

推理句 3.

如果斜角為 5^0 , 凹面鈹件為 0.5mm, 凸面鈹件為 0.5mm, 則腰線為不明顯。

如果斜角並非以上所顯示的 5^0 、 10^0 、 15^0 , 而是 13^0 , 則可以利用模糊集合的歸屬函數特性找出其值為 $0.6L$, 如圖 11 所示。

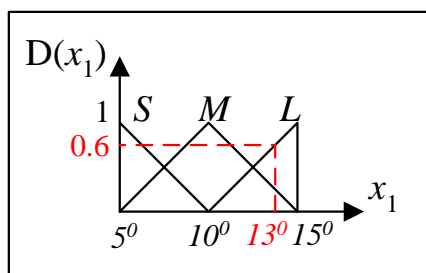


圖 11. 斜角的模糊集合。

由於使用模糊規則，可以使設計者能夠擁有更彈性的選擇，根據實際的數據去串聯與意象相關的語彙。同時利用模糊集合也可以瞭解其它未知數據的關係。但是數據的制定適當與否，則必須藉由有經驗的工程設計師，或者透過各式實驗或數值模擬來評估，如果面臨的角度介於兩個不同的模糊集合之間如圖 12 所示，則此時模糊規則當中要取 0.5L 或 0.5M，因為會影響到之後的模糊推理，所以要小心選擇。

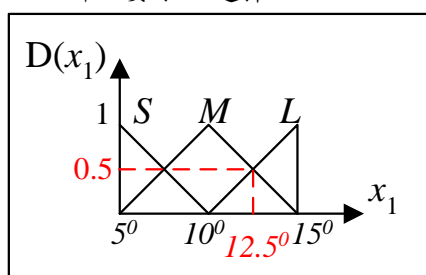


圖 12. 斜角的模糊集合。

模糊推理完之後便是解模糊化，不同的模糊集合藉由推理當中的交集或者聯集會得到另一個模糊集合，這是必須藉由解模糊化將模糊集合 $B'(y)$ 轉換為一個明確值 y^* ，[18] 當中最常用的方法為重心解模糊法 (Center of Gravity Defuzzification)，公式如下：

$$y^* = \frac{\int_y yB'(y)dy}{\int_y B'(y)dy} \quad (4)$$

(4) 式分母代表經過模糊推論完成後所得 $B'(y)$ 的面積，整個分式計算出來的值便是該面積的重心。

3.3 輸入/輸出的軟體執行

整個輸入與輸出的過程均可以在 MATLAB 軟體中執行，其輸入與輸出的情況如圖 13、圖 14 與圖 15 所示。

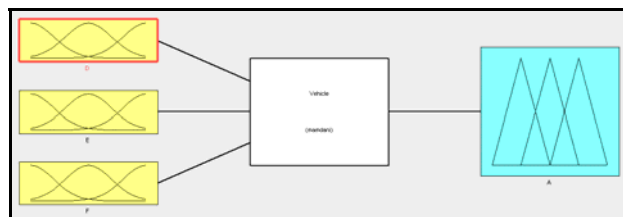


圖 13. MATLAB 輸入與輸出對照圖。

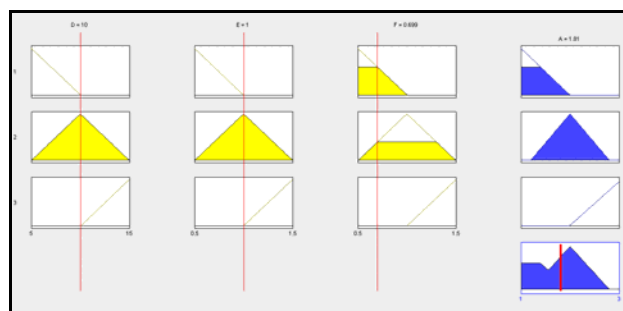


圖 14. MATLAB 解模糊化的圖形。

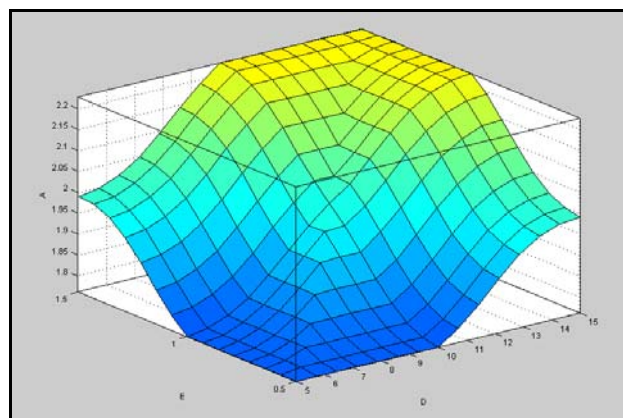


圖 15. MATLAB 輸入/輸出關係的圖形。

整理軟體所執行的結果如表 5，可以發覺與以上說明的關係。

表 5. 輸入與輸出的關係

Input			Output
斜角(D)	凹面鈹件(E)	凸面鈹件(E)	腰線(A)
10	1	1	2
8	1	1	1.87
10	1.5	1	2.23
10	1	1.2	2.12

由表 5 中可以看出有四種狀況，說明如下：

狀況 1. 當斜角為 10° ，凹面鈹件為 1.0mm，凸面鈹件為 1.0mm，則腰線為明顯。與推理句 2 相同。

狀況 2. 當斜角為 8° ，凹面鈹件為 1.0mm，凸面鈹件為 1.0mm，也就是僅有斜角改變，其餘輸入項沒有改變，則可以看出腰線僅佔明顯的 87%。

狀況 3.當斜角為 10^0 ，凹面鈹件為 1.5mm，凸面鈹件為 1.0mm，也就是僅有凹面鈹件改變，其餘輸入項沒有改變，則可以看出腰線僅佔很明顯的 23%，以及佔明顯的 77%。

狀況 4.當斜角為 10^0 ，凹面鈹件為 1.0mm，凸面鈹件為 1.2mm，也就是僅有凸面鈹件改變，其餘輸入項沒有改變，則可以看出腰線僅佔很明顯的 12%，以及佔明顯的 88%。

藉由以上的說明將可以瞭解到模糊邏輯串連語彙式形容詞與設計開發數據彼此之間的關聯。

四、結論

本研究以感性工程為基礎，希望能夠從創新這個主題出發，因此參考國內外的文獻，以及報章中用於形容載具的語彙，將這些語彙與意象相結合，進而運用在載具外形之創新發展上。當然最重要的創新是非常主觀的靈感所衍生出的產物，要用客觀的方法來分析是一大挑戰。本研究採用兩套模糊邏輯模型來推導顧客需求，首先是以語彙來描述所需車輛的外形，利用合理的邏輯來訂定所需的模糊規則；第二部份的模糊邏輯再運用語彙與工程所需的設計數據相結合，如此將能夠更彈性的反映顧客的需求。藉由本研究所建構的模型將能夠更充分、更客觀的反應顧客需求於產品設計開發上。

五、參考文獻

- [1] Jindo T. and Hirasago K., "Application Studies to Car Interior of Kansei Engineering," *Industrial Ergonomics*, 19, pp.105-114, 1997.
- [2] Muller, K. and Sebastian, H. J., "Intelligent Systems for Engineering Design and Configuration Problems," *European Journal of Operational Research*, 100, pp.315-326, 1997.
- [3] Nagamachi M., "Kansei Engineering as a Powerful Consumer-oriented Technology for Product Development," *Applied Ergonomics*, 33, pp. 289-294, 2002.
- [4] 劉佳達、陳政宏，"以感性工學作為船舶外形感性設計之方法" *中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第五十二期，第24-41頁，民國九十四年。
- [5] 陳政宏、劉佳達，"巨型動力遊艇外形與感性認知之關聯" *中國造船暨輪機工程學刊*，第二十四卷，第三期，第153-164頁，民國九十四年。
- [6] Lai, H. H., Chang, Y. M. and Chang, H. C., "A Robust Design Approach for Enhancing the Feeling Quality of a Product : A Car Profile Case Study," *Industrial Ergonomics*, 35, pp.445-460, 2005.
- [7] Lin, Y. C., Lai, H. H. and Yeh C. H., "Consumer-oriented Product Form Design Based on Fuzzy Logic: A Case Study of Mobile Phones," *Industrial Ergonomics*, 37, pp.531-543, 2007.
- [8] <http://www.mazdausa.com/Musa>
- [9] 陳重盛譯，"船之美學"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第三十九期，第9-15頁，民國九十年。
- [10] 陳重盛譯，"船之美學(二)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第四十期，第14-21頁，民國九十一年。
- [11] 陳重盛譯，"船之美學(三)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第四十一期，第32-36頁，民國九十一年。
- [12] 陳重盛譯，"船之美學(五)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第四十六期，第62-67頁，民國九十三年。
- [13] 陳重盛譯，"船之美學(六)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第四十八期，第44-54頁，民國九十三年。
- [14] 陳重盛譯，"船之美學(七)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第四十九期，第44-56頁，民國九十三年。
- [15] 陳重盛譯，"船之美學(八)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第五十期，第44-52頁，民國九十四年。
- [16] 陳重盛譯，"船之美學(九)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第五十一期，第49-58頁，民國九十四年。
- [17] 陳重盛譯，"船之美學(十)"，*中國造船暨輪機工程師學會會刊-船*，第五十二期，第42-47頁，民國九十四年。
- [18] 王文俊，*認識Fuzzy*，全華圖書股份有限公司，台北市，2005。
- [19] <http://otsea.org/T%20Kline/GM%20HyWire%20Picts/gm-autonaa2321.jpg>
- [20] 聯合報94年7月5日，B2焦點版
- [21] <http://www.skysails.info/deutsch/produkte>