

應用模糊理論於創意形態設計之發展

The Application of Fuzzy Theory in the Development of Creative Form Design

林振陽* 蕭世文** 羅際鉉*** 柯雅娟***
Jenn-Yang Lin* Shih-Wen Hsiao** Chi-Hung Luo*** Ya-Chuan Ko***

*南華大學應用藝術與設計系 教授

**國立成功大學工業設計系 教授

***國立成功大學工業設計系 博士生

摘要

爲了能不斷的推成出新，創造出具實用性質的產品，設計師需要從創新的觀點去發展產品，因此本研究針對仿生如何運用在產品設計之構想發展上進行研究。目的在於建構出一完整之方法，提供一種創意思考之途徑，以激發產品設計的想像力，並瞭解仿生的特性、元素、建構方式及對自然生命的模擬所達到之效果。解析產品功能與模仿生物之關係，藉以學習並運用生物的造型特點使產品更能發揮其功能，並建立的一套型態概念發展諮詢系統，利用模糊評價來找出符合適當的感性形容詞語彙，以便於設計者在使用選擇合適的生物型態。

關鍵字：仿生設計、模糊理論、感性工學。

Abstract

In order to push away and make new advances constantly, create the products which provide practical nature, the designer needs to go to develop the products from the view innovating, his research uses bionic to be designed and developed in the idea of the products. The purpose lies in constructing out an intact method, the way to offer a kind of intention development, in order to excite the imagination strength of product design, understand the characteristic, element of bionic, construct the result that the way and simulation of the natural life reach. Analyze the function of the products and imitate the biological relation, by studying and using the biological model characteristic to enable the products to give play to their functions even more, and a set of model concept set up develops the consulting system, utilize fuzzy appraisal to find out the proper perceptual adjective, help the designer use and choosing the suitable biological appearance.

Keyword : Bionics Design, Fuzzy Theory, Kansei Engineering



一、前言

自古以來，人們在生活中不斷地進行觀察和探索，並運用人類的聰明才智，來模擬生物的形態、機能和構造，製造各式各樣的生活工具。設計的過程就如同生物演進的過程一般，是不斷的演進與創新，是配合著週遭的環境與歷史的變遷，才有今日呈現在眼前的一切事物。

設計與生物演進最不同的地方，是在於是否有人為的因素介入。人類設計的行爲是在觀察大自然後所習得的知識、技能並運用在生活，形成所謂的「工具」，而工具是人類在追求文明進步中最不可或缺的一部份。產品的設計也是人類爲了便利生活及配合大環境所產生的，猶如生物一般是不斷創新、演化，然而在人爲物蓬勃的市場中，「淘汰」的生命週期現象正不斷的縮短。

爲了能不斷的推成出新，創造出具實用性質的產品，設計師需要從較創新的觀點去發展產品。由於仿生的方法對於許多領域都有一定程度的貢獻與啓迪，因而在各種學門與產品中都有廣泛的應用。最早人們使用仿生方法，也許是與自然現象有更經常的接觸，自然對生物有更深切的依賴。而現代人由科學的角度，對於自然生命現象與生物特質有更廣泛的觀察和認同。

因此本研究針對仿生如何運用於產品設計上進行研究，給予能輔助設計者的適當方法，將仿生設計在產品設計中發揮的淋漓盡致，並幫助增加產品設計的構想，提升產品的價值、實用性及與人的互動性。

爲了在求新求變且高度競爭的消費市場中生存，新商品由企劃開發到上市的設計流程被迫緊縮，直接影響導致產品設計師面臨設計創意思考的瓶頸。在傳統的設計程序中，設計師仍多憑藉個人經驗及美學角度的觸發，爲產品作形態上的操作，導致產品形態在發展上多所侷限及品質無法有效掌控。

因此，如何應用電腦輔助設計師在設計概念發展階段提供更多造形型態的創意發想展開，達到產品設計創新、創意、創值的目的是爲本研究最主要的動力。

二、研究目的

本研究擬探討仿生如何運用於產品設計上，作爲設計教學與設計實務的參考，並針對產品之仿生設計方法作一深入的探索，其主要目的分述如下：

- 1.傳統型態概念需求展開思考過程電腦化。
- 2.產品形態感性意象數值化。
- 3.概念需求型態諮詢資料庫建構。
- 4.建立形態需求範圍推算公式。
- 5.提供一種創意思考之方法，以激發產品設計的設計構想。

三、研究理論與基礎

本研究以模糊理論作爲理論基礎架構，並分別探討生物形態資料與設計需求語彙彙整，於實驗的部份以形態意像問卷的方式得到適當型態樣本與相關的產品語意，並建立隸屬函數資料庫與相關的運算法則，以便於建立一套型態概念發想的諮詢系統。



1. 模糊理論

模糊理論是查德 (Zadeh) 教授於1968年所發表，其理論被大量運用在工業等領域上，模糊理論是以模糊集合 (Fuzzy set) 為基礎，以處理不確定的事物為研究目標，其概念是接受模糊現象存在的事實，並將其量化為電腦所可以處理的資訊[14, 15]。

人類的心理情感感受是模糊難以表現的，所以並不適用是、否二值法來做判斷的依據，如何將人類感覺模糊不清的部份找到一種方式來量化它們的關係，方能將人們的感覺已較為客觀的數值方式呈現出來。

模糊理論的應用普遍著重於人類感覺經驗與問題特性掌握的程度，因此能較明確的處理感覺曖昧不明的部份，所以此應用便以模糊理論作為架構，經由模糊理論中的模糊集合集運算概念，將色彩感覺轉換標準化為可讀取使用的數值資訊，再以模糊推論將結果製作為可諮詢使用的色彩意象資料庫。

模糊邏輯是由探索如何將存在於真實世界中的模糊現象使之數學化的一門邊緣科學。模糊理論其特別之處在於允許「是否屬於中間的中間狀態」，以隸屬函數概念代表模糊集合，允許領域中存在「非完全屬於」和「非完全不屬於」等集合的情況，即為相對屬於的概念。並將「屬於概念量化」，承認領域中不同的元素對於同一集合有不同的隸屬度，藉以描述元素與集合的關係，並進行度量。在模糊集合中所含的元素，對其集合的歸屬程度是界於0到1之間的任意值，且模糊集合可以擁有無限多種隸屬函數。利用模糊化的優點是有更佳的推廣性、錯誤容忍性，以及更適合用在真實世界的非線性系統。

一般人類口語上，常常會含有混淆不清或模擬兩可的意思。在工程上，形容一個系統的狀態或外在條件，也脫離不了這種不確定性。而事實上大多形容詞均可被數量在一個座標圖上，用來表示形容「老」的人類，橫軸為「年齡」，而縱軸表示「老」的程度 μ 。當 $\mu \rightarrow 1$ 表示程度越重，當 $\mu \rightarrow 0$ 表示程度越輕。這種表示法被稱為「意義的數量化」(Quantification of Meaning)，也就是模糊集合之來源。模糊理論建立在這種意義數量化，與結合傳統的集合論。

近年來，一些研究(Park and Kim, 1998; Trappey et al. 1996)認為，在缺乏精確的顧客需求等相關資訊，及無法掌握工程屬性對顧客需求的衝擊之下，傳統的量化方法並不妥當，而提出不同的量化方法來決定顧客需求與設計需求的關係評比，然而他們仍然使用明確的資料值來處理關係強度。此外，一些作者提出電腦輔助系統，以協助設計工程人員縮短研發時間和減少文件處理時間，例如Fung et al. (1998)提出一個模糊顧客推論系統，透過此系統可將產品的屬性勾畫出來；Moskowitz and Kim (1997)提出一個最佳化產品設計的決策支援系統；Temponi et al. (1999)發展一個推論架構，可推論CRs 與DRs 及DRs 之間的關係性。然而，發展這些系統需要專家的知識和經驗來建構規則，同時面臨系統是否運作良好等問題。根據模糊集合理論，Kim et al. (2000)應用廠商競爭分析等資料，建構CRs 與DRs 及DRs 之間的關係函數，而提出一個模糊多目標模式，但是這些關係函數的建構有其困難性，尤其當開發一個全新的產品時，並沒有競爭對手的資料可供分析。Vanegas and Labib (2001)將CRs之重要性，及CRs 與DRs 之相關強度以模糊數表示，並應用模糊權重平均法(fuzzy weighted average)加以處理。另有一些學者應用模糊集合、模糊運算或解模糊技術，來處理複雜、不精確的品質機能展開問題(Shen et al., 2001; Vanegas and Labib, 2001; Wang, 1999; Zhou, 1998)；但是，這些方法並沒有考慮工程設計需求之間的關係性。另有一些學者強調品質機能展開除了根據顧客滿意度來決定DRs 的執行度之外，也應考慮成本因素及技術困難性等組織條件，而做出一個既經濟、顧客又滿意的最佳決策(Wasserman, 1993; Vanegas and Labib, 2001; Wang, 1999; Zhou, 1998)。



在實務上所遭遇的問題通常是充滿不精確與不確定的情形，面對這種情形，傳統上是使用機率理論的概念和技術加於解決。在1960年代，人們逐漸質疑機率論在所有不確定性問題上的適用性，尤其是當不確定是來自於人類的主觀性時。為了解決此一問題，L. A. Zadeh於1965年提出模糊集合理論，使模糊概念有了定量觀點。

目前，模糊集合理論已應用在各種領域，包含控制理論、人工智慧/專家系統、作業研究、人類行為和其他方面。模糊理論之目的是發展一種更為健全和彈性的模式，以解決人類對真實世界複雜系統的界定。人類對這種狀況的例子包含「高個子」、「小數目」、「漂亮女孩」等。對於「人是高的」或是「數目是小的」，以電腦程式來加以判斷相當困難的，但是人類對這種認知和判斷卻非常簡單。當傳統的集合理論在處理人類思考的含糊性有困難時，模糊集合理論卻能表現出類似人類之測量方式，因此我們可以應用傳統的計算方式來模仿人類的認知和推理。

2. 模糊集合

集合論已成為現代數學的基礎，模糊概念允許符合與否之間有中介狀態，使用特徵函數來討論集與元素間的關係及運算，因此模糊集合係以一個函數定量的描述來表示作模糊概念，並定義模糊集合以介於[0, 1]區間內的連續值為集合內的特徵函數，此特徵函數亦可稱為歸屬函數，特徵函數表示為 $\mu_A(x)$ ，只取0與1的值，即

$$\mu_A(x) = 1, X \in A$$

$$0, X \notin A$$

其中A為一模糊集合， $\mu_A(x)$ 則代表模糊集合中(x)的大小程度。

利用歸屬函數在[0, 1]區間中取值，可明確定義模糊集合的邊界範圍，模糊集可表示為：

$$A_n = \{ \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \dots, \mu_n \} \quad (1)$$

3. 模糊關係

普通關係一般係以二值化，有或無作為表示，但僅此並不能滿足使用需求，也必須考量其程度大小，因此程度的描述關係稱為模糊關係，以R作為表示。

在集合理論中，關係R指的是兩個集合A和B直積 $A \times B$ 的一個模糊子集合，以此定義於模糊關係是集合A和B直積 $A \times B$ 的一個模糊子集，亦可解釋為直積集中元素對某關係的歸屬度。

表示為：

$$\text{若 } A \times B = \{ (a, b) \mid a \in A, b \in B \}$$

$$\text{則 } R = \{ \mu_R(a, b) \mid \mu_R \in [0, 1] \}$$

其中 $\mu_R(a, b)$ 表示直積集合 $A \times B$ 元素中(a, b)存在某中關係的歸屬值。

若論域為有限集合，則模糊關係R可使用矩陣及關係圖做表示：



$$\underline{R} = [r_{ij}] = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ ($i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$)

此矩陣又稱之為模糊矩陣，元素 r_{ij} 表示集合 A 中第 i 個元素 a_i 和集合 B 中第 j 個元素 b_j 組成對偶 (a_i, b_j) ，屬於某種模糊關係程度，即 $\mu_{\underline{R}}(a_i, b_j) = r_{ij}$

4. 模糊運算

由模糊關係建立集合，模糊概念的應用必定會使用聯集、交集和餘集等運算。設論域中 $A \times B$ 兩個模糊關係矩陣 $\underline{R} = [r_{ij}]$ 及 $\underline{S} = [s_{ij}]$ ， $i=1,2,\dots,n$ 且 $j=1,2,\dots,m$

$$\text{聯集運算為 } \underline{T} = \underline{R} \cup \underline{S} \quad (3)$$

其中 $\underline{T} = [t_{ij}]$ ，($i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$)

且 $t_{ij} = r_{ij} \vee s_{ij} = \max(r_{ij}, s_{ij})$

$$\text{交集運算為 } \underline{T} = \underline{R} \cap \underline{S} \quad (4)$$

且 $t_{ij} = r_{ij} \wedge s_{ij} = \min(r_{ij}, s_{ij})$

$$\text{餘(補)集運算為 } \overline{\underline{R}} = \underline{R} \quad (5)$$

其中 $\overline{\underline{R}} = [r_{ij}]$ ，($i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$)

且 $r_{ij} = 1 - r_{ij}$

5. 模糊語言

模糊語言 L 是用四元組， $L = (U, T, E, N)$ 表示的系統[15]。

其中：

U 是論域，是對象、動作、關係與概念等的集合。

T 是術語的集合，表現 U 中模糊子集的名稱的辭彙的集合。

E 是由表示術語的符號，以及將符號連接起來所組成之集合。

N 是從 E (特別情況下是 T 的支集) 至 U 的模糊關係，稱為命名關係。

模糊理論中的語言，實際是某種論域中的模糊集合，所以模糊語言的定量化可以在語言的集合描述基礎上。

模糊理論運算子有下列三種：

1. 語氣算子(hedge)
2. 模糊運算子(fuzzifer)
3. 確定運算子(defuzzifer)

分述如下：

(1) 語氣算子(hedge)：

使用與表達語言中的肯定程度，若為加強語氣則稱為集中運算子，減弱語氣稱為散漫運算子，以 $H\lambda$



表示。當 $\lambda \geq 1$ 時為集中運算子，對單詞有強化功能。 $0 < \lambda < 1$ 時為散漫運算子，對單詞有弱化功能。

若以H λ 表示語氣算子，則H2稱為”很”，H1/2稱為”略”，H4稱為”極”，H1/4稱為”微”。

例有語言變量為”老”的歸屬函數為

$$\mu_{\text{老}}(x) = 0 \quad \text{若 } x < 50$$

$$\mu_{\text{老}}(x) = 1 / [1 + (x - 50/5)^{-2}] \quad \text{若 } x \geq 50$$

則60歲分別為”很老”、”略老”、”極老”、”微老”的程度是：

$$\begin{aligned} \mu_{\text{很老}}(60) &= [\mu_{\text{老}}]^2 \\ \mu_{\text{略老}}(60) &= [\mu_{\text{老}}]^{1/2} \\ \mu_{\text{極老}}(60) &= [\mu_{\text{老}}]^4 \\ \mu_{\text{微老}}(60) &= [\mu_{\text{老}}]^{1/4} \end{aligned} \quad (6)$$

(2)模糊運算子(fuzzifer)：

將詞彙的涵義精確度模糊化，如”大概”、”幾乎”等，模糊運算子一般放於一個詞前面，即可將這個詞的意義模糊化。

(3)確定運算子(defuzzifer)：

與模糊運算子相反，是將模糊量轉化為確定量的判斷運算工具。

四、系統模式

1.理論系統建立

首先將生物型態資料彙整，以生物種類加以歸納分為植物類、魚類、昆蟲類、陸地動物、鳥類與爬蟲類共六種，並將其各型態樣本確立，樣本如圖1所示。而在設計需求語彙的彙整進行設計師的語彙認同調查，其問卷調查表如圖2所示，並以所謂的描述性的分析方式，將其問卷加以整理得到相關的感性形容詞語彙，如圖3所示，最後以KJ分群的方法，選擇出十個相關的語彙，分別有穩重的、時尚的、可愛的、貴氣的、速度的、流線的、輕巧的、簡潔的、科技的與優雅的十個不同的感性語彙。

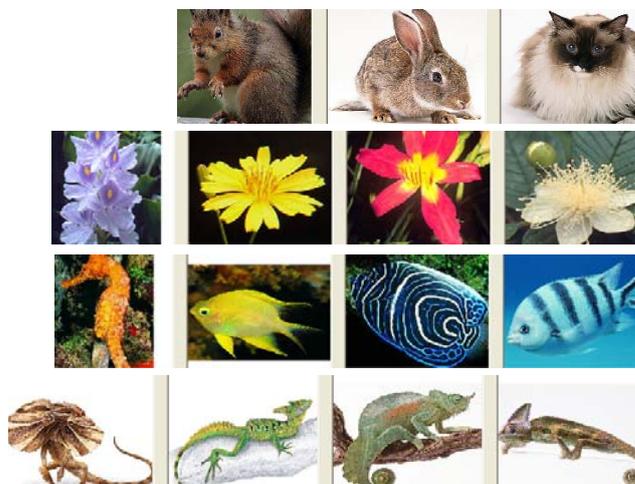


圖1 各生物圖片樣本



產品設計意象語彙收集問卷

您好：

這是一份學術性的調查問卷，本問卷的目的是對於一般消費大眾對於設計需求意象形容詞語彙的了解與收集，並探討出較適宜傳達產品設計意象的形容詞語彙。您的填答將使研究資料更趨完善，而問卷填答之結果純粹做學術研究之用，無須具名，請安心填寫。 謝謝您的合作

【基本資料】

性 別： 男 女

年 齡： 20-29 30-39 40-50

教育程度： 高中(職) 大專(學) 大學以上

是否為設計相關背景： 是 否

【填寫說明】

在下列所提供的表格中，請就可表達您對於產品意象感覺或可適宜的應用在產品設計的意象感覺做形容詞語彙的填寫(例：穩重的、時尚的、貴氣的、浪漫的)，填答不需考慮順序，直接填入表格欄位中，感謝您的參與協助。

1		11		21		31		41
2		12		22		32		42
3		13		23		33		43
4		14		24		34		44
5		15		25		35		45
6		16		26		36		46
7		17		27		37		47
8		18		28		38		48
9		19		29		39		49
10		20		30		40		50

圖2 產品設計意象問卷

排序	編號	意象語彙	男	女	總計	百分比
01	32	時尚的	52	54	106	88%
02	21	華麗的	48	53	101	84%
03	33	氣派的	50	48	98	82%
04	05	樸實的	48	47	95	80%
05	01	古典的	50	45	95	79%
06	16	高貴的	46	49	95	79%
07	20	素雅的	42	48	90	75%
08	17	休閒的	45	44	89	74%
09	30	氣勢的	44	45	89	74%
10	08	年輕的	41	36	87	73%
11	14	可愛的	48	39	87	73%
12	25	莊嚴的	45	42	87	73%
13	41	浪漫的	40	46	86	72%
14	34	熱情的	43	41	84	70%
15	27	沉穩的	43	40	83	69%
16	09	沉靜的	41	41	82	69%
17	13	傳統的	44	39	83	69%
18	10	科技的	42	37	79	66%
19	03	前衛的	39	38	77	64%
20	24	典雅的	36	40	76	63%

圖3 感性語彙整理

將所得的感性形容詞與先前所得到的各生物圖片製作成相關問卷，如圖4所示。並將隸屬函數建立為資料庫的形式。而圖5為各類生物對於相對的形容詞語彙的隸屬函數分數如圖所示。

建構完成資料庫後，並建立相關的模糊運算法則，包含了模糊集合、模糊關係、模糊運算、模糊語言等等。而在模糊運算法則的系統架構，如圖6所示，將輸入的部份為情感量化應用，當中包含概念範圍與意象語彙兩部份，以此部份進入Fuzzy進行模糊運算及模糊推論，最後再輸出端為創意概念發展的部份。



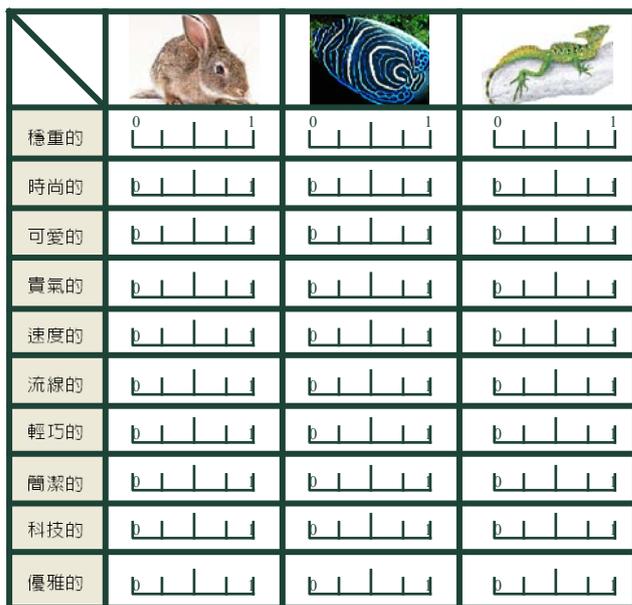


圖4 各類生物與形容語彙問卷

可愛/穩重		陸地動物		可愛/流線		鳥類		流線/速度		鳥類		輕巧/優雅		爬蟲類	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
名次		名次		名次		名次		名次		名次		名次		名次	
1	0.97	1	0.98	1	0.97	1	0.97	1	0.97	1	0.96	1	0.96	1	0.98
2	0.95	2	0.97	2	0.94	2	0.96	2	0.94	2	0.94	2	0.94	2	0.96
3	0.94	3	0.93	3	0.91	3	0.94	3	0.94	3	0.94	3	0.94	3	0.95
4	0.92	4	0.92	4	0.86	4	0.93	4	0.92	4	0.92	4	0.92	4	0.94
5	0.9	5	0.9	5	0.83	5	0.9	5	0.89	5	0.89	5	0.89	5	0.92
6	0.88	6	0.89	6	0.8	6	0.88	6	0.88	6	0.88	6	0.88	6	0.91
7	0.86	7	0.87	7	0.77	7	0.86	7	0.85	7	0.85	7	0.85	7	0.9
8	0.84	8	0.84	8	0.75	8	0.84	8	0.84	8	0.84	8	0.84	8	0.89
9	0.82	9	0.83	9	0.74	9	0.82	9	0.82	9	0.82	9	0.82	9	0.87
10	0.81	10	0.8	10	0.72	10	0.8	10	0.8	10	0.8	10	0.8	10	0.85
11	0.79	11	0.79	11	0.7	11	0.79	11	0.79	11	0.79	11	0.79	11	0.84
12	0.78	12	0.77	12	0.67	12	0.78	12	0.77	12	0.77	12	0.77	12	0.82
13	0.76	13	0.75	13	0.65	13	0.76	13	0.76	13	0.76	13	0.76	13	0.8
14	0.75	14	0.73	14	0.64	14	0.73	14	0.74	14	0.74	14	0.74	14	0.79
15	0.72	15	0.72	15	0.64	15	0.7	15	0.73	15	0.73	15	0.73	15	0.77
16	0.69	16	0.71	16	0.62	16	0.69	16	0.72	16	0.72	16	0.72	16	0.75
17	0.66	17	0.67	17	0.6	17	0.66	17	0.68	17	0.68	17	0.68	17	0.71
18	0.63	18	0.63	18	0.58	18	0.63	18	0.64	18	0.64	18	0.64	18	0.68
19	0.61	19	0.6	19	0.54	19	0.58	19	0.61	19	0.61	19	0.61	19	0.63
20	0.56	20	0.52	20	0.53	20	0.54	20	0.57	20	0.57	20	0.57	20	0.59

圖5 各類生物與形容語彙的隸屬函數

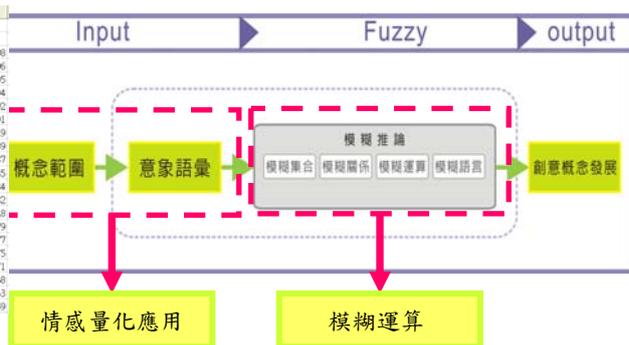


圖6 模糊運算法則的系統架構

2. 型態概念構想系統的建立

將上述的各類生物圖片與形容詞語彙所得隸屬函數，並經由模糊運算法則，建立一套適合設計師所使用的產品形態概念構想諮詢系統，其相關介面圖如圖7~圖8所示。

而軟體開啓後進入所建立的相關電腦資料庫中，圖7為條件配對表，可選擇產品語彙及相對的程度別，語彙的布林運算為何？收尋類別為何？選定後可進入所選擇的類別，如圖8為爬蟲類的搜尋結果，而底下有排名以及隸屬函數值，由1至0.5以上，而設計師可由形容詞語彙選擇適當的生物形態進行相關的外型設計發想。



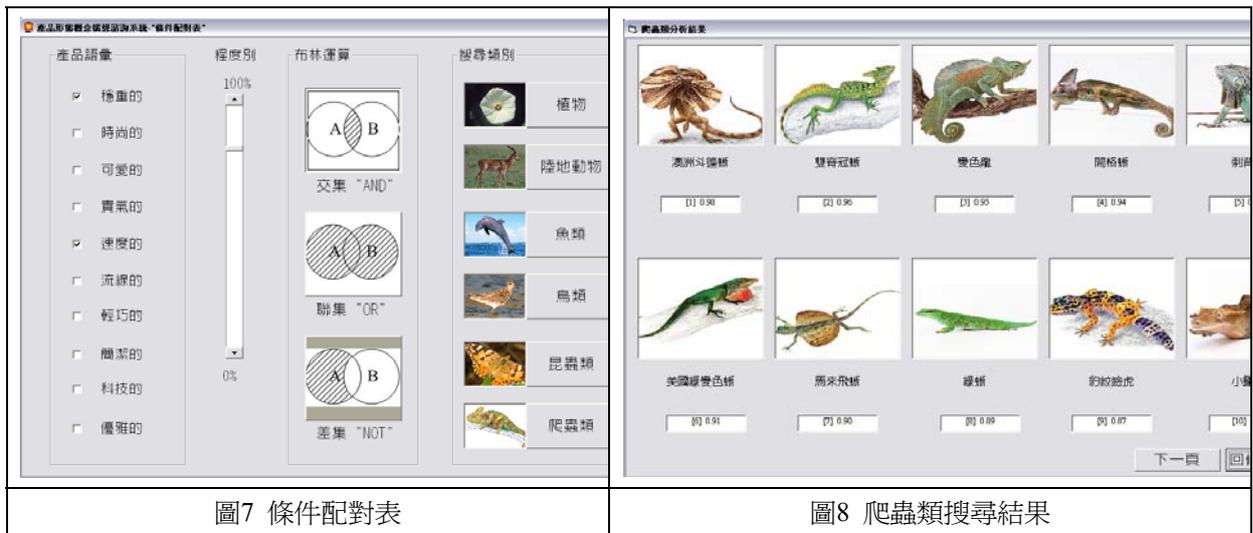


圖7 條件配對表

圖8 爬蟲類搜尋結果

五、 案例設計

本研究以利用所研發的系統進行案例設計，來證實以此系統可啟發設計師對於仿生型態的造型有相當的發想，案例一以路燈設計為例，族群為用路人與行人，範圍以公路、公園、廠區為主，功能為夜晚照明、燈光設計、公共藝術，而使用狀態可以自動時間切換控制及光源追蹤，能源來源以太陽能為主，然而案例的造型意象以科技、人性、流線、簡潔等四個語彙為主，以這些語彙選擇，並以交集的布林運算模式，選擇鳥類。其條件配對表如圖9所示，而所得相關鳥類圖片為圖10所示。由分析可得知相符性較高的為海鷗，本案例以擷取海鷗的外型來做設計，並將海鷗造型以擷取外型節點的模式來做造型的繪製。



圖9 路燈設計—條件配對表

圖10 分析結果

本案例分析結果得到以海鷗的外型最為接近其需求，因此收集相關海鷗的型態動態如圖11所示，進一步將擷取不同角度的海鷗，並針對其進行圖形的簡化，如圖12所示；再者對於海鷗的動作型態及部件進行分析，將海鷗主體分為三大部分，針對翅膀的型態作分析擷取於造型應用，將圖片高度固定在100mm繪製外觀在線條圖，如圖13所示。動作形態特徵點擷取，取最外側也就是翅膀的最高點，身體中心軸與翅膀的交點，翅膀展開的最大寬度，中心軸與尾部的交點及交點到最大寬度中間再多兩個點，共8個節點，並增加控制點，將外觀作變化，但特徵仍保留不變。如圖14所示。





圖11 海鷗的型態動態

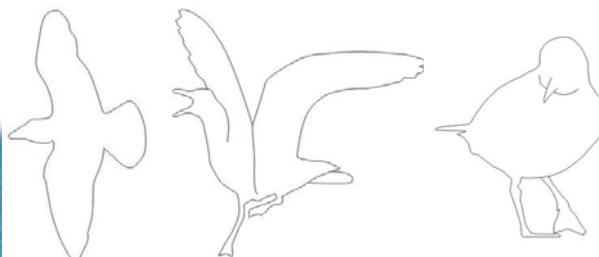


圖12 圖形簡化

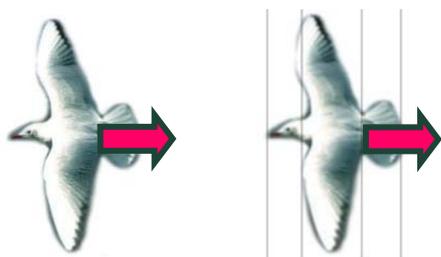


圖13 動作型態及部件分析

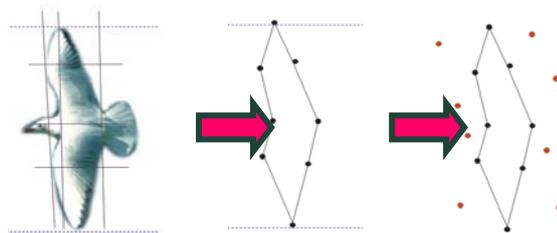
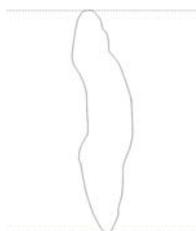


圖14 動作形態特徵點擷取



應用控制點與節點的控制，將所擷取的意象形態做應用變化，合理的依需求增加設計型態的變化性與設計性。並定義圖形與各節點的座標。擷取了相關的圖形後，進行產品草圖構思，如圖15~圖18所示。而產品3D模擬如圖19~圖22所示。以相同的概念造型用在不同的產品，如圖23~圖24為手環形手錶的應用。另外使用此造型用於新型的六角扳手的手工具之應用，亦達到不錯的造型，如圖25~圖26所示。

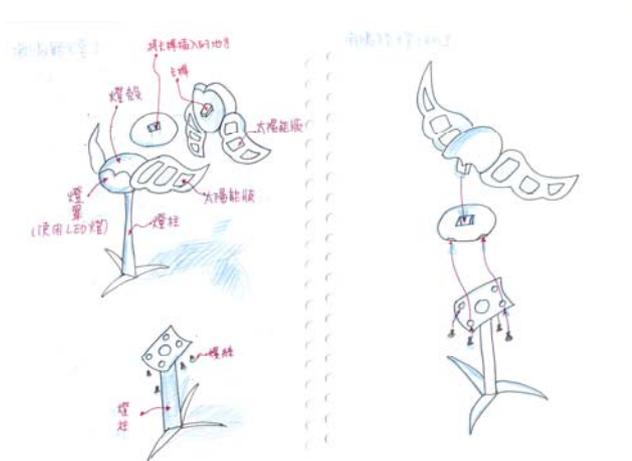


圖15 產品草圖構思

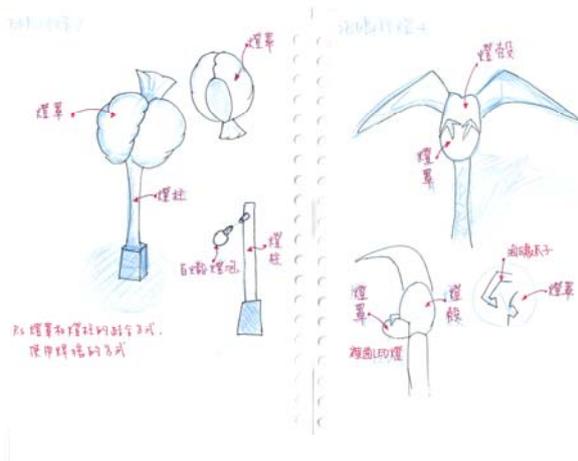


圖16 產品草圖構思





圖17 產品草圖構思

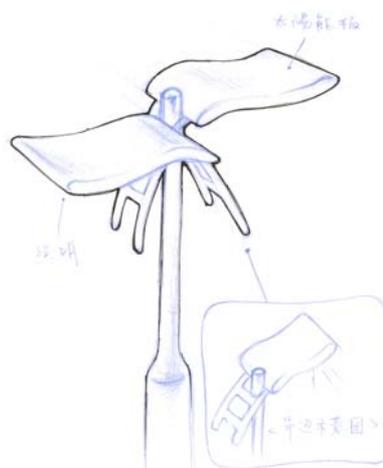


圖18 產品草圖構思



圖19 產品3D模擬



圖20 產品3D模擬



圖21 產品3D模擬





圖22二十五 產品3D模擬



圖23 手環形手錶



圖24 手環形手錶



圖25 仿生外型之六角扳手



圖26 仿生外型之六角扳手



六、結果與討論

本研究以傳統型態概念需求展開思考過程電腦化，以電腦輔助的方式來幫助設計師對於產品型態建構上需求的多元化，並考慮了產品的型態所意涵的相對的感性意象加以數值化，將其概念需求建構了型態諮詢資料庫，當中建立型態需求範圍的推算公式。

亦利用案例路燈設計來使用此系統，並以科技、人性、流線、簡潔等四個語彙為主，進行布林運算以鳥類為主，海鷗的隸屬函數為最高，因此以海鷗進行針對翅膀的型態作分析擷取於造型應用，將圖片高度固定在100mm繪製外觀在線條圖，動作形態特徵點擷取，取最外側也就是翅膀的最高點，身體中心軸與翅膀的交點，翅膀展開的最大寬度，中心軸與尾部的交點及交點到最大寬度中間再多兩個點，共8個節點，並增加控制點，將外觀作變化，但特徵仍保留不變，由所得到的造型進行設計，證實可產生不同的路燈外型設計，並以此造型再進行手環形的手錶與六角扳手的手工具進行設計。

參考文獻

1. 馬志朋，1994，“不同國別汽車造形意象研究”，國立成功大學工業設計所碩士論文，台南。
2. 陳雍正，1998，“灰色理論在產品造形與色彩設計決策上的應用研究”，國立成功大學工業設計所碩士論文，台南。
3. 楊英魁，1992，《Fuzzy理論與應用實務》，全華科技圖書公司，台北。
4. 楊英魁等五人，1996，《模糊控制理論與技術》，全華科技圖書公司，台北。
5. 葉文均，1993，“應用模糊數學理論探討色彩意象”，國立成功大學工業設計所碩士論文，台南。
6. 歐慧宜，2000，“空間色彩意象在設計上的應用研究”，國立成功大學工業設計所碩士論文，台南。
7. 蔡宏政，2004，“電腦輔助產品造形、色彩設計與客製化商務系統建構之研究”，國立成功大學工業設計所博士論文，台南。
8. 鄭麗玉，2002，《認知心理學理論與應用》，五南圖書，台北。
9. 闕頌廉，1994，《應用模糊數學》，科技圖書公司，台北。
10. 鐘聖校，1990，《認知心理學》，心理出版社，台北。

