

建築色彩計畫模糊綜合評估方法之研究

向友鋒* 王小璘** 姚淑靜*

* 朝陽科技大學建築系

** 東海大學景觀學系

(收件日期:89年09月07日;接受日期:89年09月28日)

摘要

人們對於建築色彩經由視覺感知印象產生各種不同喜好程度,其導源於視覺感知器官受色彩之色相、明度、彩度、光線的干擾而成特殊性意象或錯覺慣性。由於色彩現象,條件的多樣性,變異性和複雜性,因而含有大量的不確定性,不精確性,這種不精確性既具有隨機性,更具有模糊性。建築色彩計畫屬於多準則評估問題,傳統的評估方法無法適切反應建築色彩計畫上許多定性的要求,應用模糊數學的理論與方法將定性描述的模糊概念,模糊識別,模糊評估和模糊決策轉變為數學化、定量化是可行的。本研究根據建築色彩評估審美度指標體系,建立比較符合實際的多層次、多因子的模糊數學模式,從而形成利用模糊集合理論建構的建築色彩多級模糊綜合評估方法,使建築色彩審美度效果綜合評估數學化、定量化、電腦化。為建築色彩計畫決策作出優劣的結論,供建築師設計時參考。

關鍵詞：建築色彩計畫、模糊數學、模糊綜合評估

一、緒論

自從工業革命之後,工業化大量生產的結果,使得人工建材大量取代日漸稀少的自然建材,尤以鋼筋混水泥、鋼鐵與玻璃居多,再加上貿易的盛行,工業建材突破地域與國界,四處流竄生根,使建材大風土化;另外在色彩方面亦然,人工塗料也漸漸取代了自然色彩。然而,人工色彩所構成的色彩環境無地域、文化與構造形式上的限制,環境色彩頓時失去自然的依據,對建築師而言,能有較大的色彩創造空間,但相對的,建築師也很可能調出與自然的環境色彩。純藝術的創作過程中,藝術家可只憑直覺一再的嘗試,因為顏料是廉價的、畫布可一再塗改、沒有使用畫的喜好問題、沒有施工與製造的問題... ,藝術家可一再的反芻,直到藝術家的「快感」密語,創作方告結球。但建築師沒那麼幸運,建築設計在竣工之前根本無法真正看到自己

的設計，若只靠建築師或業主的喜好或直覺是有危險性，因為〔22〕。

- (一)色彩的喜好與意象觀感是主觀的；
- (二)建築色彩是不太可能重來的；
- (三)建築色彩是很難模擬的；
- (四)建築色彩設計一直未被重視。

近年來有關建築色彩設計方法之探討，雖不乏對審美評估、環境行為、調和理論及使用後評估〔1，2，14，24，6，15，12，23〕。但研究多偏重議題層面之探討，就如同藉由實質層面規範之研究較少著墨，尤其以建築色彩向度為出發點的研究尚不多見，值得探討。

然而影響建築色彩設計的因素有日照、氣溫、水及能見度、建材處理及光澤、文化、迷信、習俗等等。由於建築色彩尚處於描述性和概念性研究階段，且大多數之理論尚未經由科學實驗或觀察所驗證，因此，上述影響之因素，多尚不足以作為評價之依據。而且由於環境的日趨複雜，以單一準則為評估的依據已欠缺實用價值，因此，多準則決策方法便逐漸被重視。然而，大多數的決策問題具有多準則特性，有些準則很難以精確的數值加以描述，尤其建築色彩之影響因素常是主觀的語言判斷。傳統精確(非模糊)的觀念，在應用上吾人必須界定準則或陳述之間具有明確的界限，以示區別，但是，此種作法很難符合準則與陳述現象。況且，現實世界中有很多事物皆含有此模糊性〔16〕。為突破此傳統概念上的瓶頸，本研究乃採用模糊集合理論而提出一套有別於傳統的評估方法，應用於色彩設計多準則決策的問題上，提供另一新的建築色彩設計模糊多準則決策方法。

二、模糊數學理論與方法

模糊數學由自動控制專家 Zadeh 教授首先提出，成功地運用數學方法描述模糊概念。模糊數學著重研究模糊概念，概念內涵清晰，但外延不明確。在決定一個具體對象的歸屬時，我們常處於「亦此亦彼」模稜兩可的境地。模糊數學是一種不確定性數學。

集合 A 是指直觀上或思想上確定的，能夠彼此區分的對象的總體。元素 X 是指構成集合的事物，是集合包括的具體對象。任一元素 X 對於集合 A 的隸屬關係，只有「屬於」或「不屬於」兩種情況。元素 X 與集合 A 之間的關係，可利用特徵函數表示法表示之〔28〕：

$$V_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{當 } x \in A \\ 0, & \text{當 } x \notin A \end{cases}$$

特徵函數 $V_A(x)$ 表示了元素 X 對集合 A 之「隸屬程度」；

當 $V_A(x)=1$ 表示 X 完全隸屬於 A；

當 $V_A(x)=0$ 表示 X 完全不隸屬於 A。

由此可見，經典集合論表示了一個元素要應就屬於該集合，要應就不屬於該集合，是一種「非此即彼」的二值邏輯關係。

Zadeh 將特徵函數的取值範圍從集合 $\{0, 1\}$ 擴大到區間的 $[0, 1]$ 上連續取值，首創了「亦

此亦彼」的描述事物現象之中有過度性的隸屬函數來表示模糊集合：

$$\begin{aligned} \mu_A : X &\rightarrow [0, 1] \\ x &\rightarrow \mu_A(x) \end{aligned}$$

上式之 μ_A 稱作模糊集合 A 的隸屬函數，而 $\mu_A(x)$ 表示元素 $x \in X$ 屬於 A 的程度，並稱 $\mu_A(x)$ 為 x 對於 A 的隸屬度。也就是說 $\mu_A(x)$ 越接近於 1 時，表示 x 隸屬於 A 的程度大；反之，若 $\mu_A(x)$ 越接近於 0，表示 x 隸屬於 A 的程度小。

本研究應用的模糊數學理論與方法有二，說明如下：

(一) 模糊綜合評估

模糊綜合評估是應用廣泛的一種模糊數學方法，評估的意思是按照指定的條件對事物的優劣進行評比、判定；綜合是指評判條件包含多個因素。因所要處理的問題是對受到多個因素影響的事物作出全面評價，則可利用模糊數學中的模糊轉換來進行綜合評估。所以須按照指定的評判條件對每個對象賦予一個實數值作為綜合評估之指標，使綜評指標的大小反映全面評價的高低[13]。

模糊轉換是把一個論域上的模糊集合轉換為另一個論域上的模糊集合。設有對象集 X 與評斷這些對象有關的因素的集 Y ：

$$\begin{aligned} X &= \{X_1, X_2, \dots, X_n\}, \\ Y &= \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\} \end{aligned}$$

各因素 Y_i 在對象上按評判目標各建立一個模糊集 R_i ；

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$$

用這組模糊集組成一個 Y 到 X 上的模糊關係

$$R = \begin{pmatrix} \underline{R}_1 \\ \underline{R}_2 \\ \dots \\ \underline{R}_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

按評判目標在因素集上選取的一個模糊子集

$$\underline{W} = (W_1, W_2, \dots, W_m)$$

稱為模糊輸入，各分量是對應因素的權重，則

$$P = \underline{W} \circ R = (P_1, P_2, \dots, P_n)$$

稱為模糊輸出，就所選 m 個指標對 n 個對象的綜合評估。

依此模糊綜合評估的一般處理程序如下：

1. 確立評價對象，建立評估因素集及評價集；
2. 建立各個評估指標的權重；
3. 進行模糊綜合評估。

(二) 模糊 AHP

在進行建築色彩計畫時，面臨一個由相互關聯、相互制約的眾多因素構成的複雜系統。

可借助 AHP 法，將複雜的色彩計畫問題系統化，由不同的層面給予層級分解，並透過量化的判斷，獲得脈絡後加以統計分析，求得加權值，並藉此分析結果訂定評估因子之相對權重值。

模糊 AHP 法 (FAHP) 由 Laarhoven 及 Pedrycz 於 1983 年提出 [27]。他們針對傳統 AHP 中成對比較矩陣值具有主觀、不精確及模糊等問題特性，提出利用模糊集合理論與模糊數來解決不精確的問題。其主要是以三角模糊數來表示其對兩因素間相對重要程度的看法，然後找出各決策準則的模糊權重，接著由各決策準則下求出方案的模糊權重，最後經由各層級的串聯，獲得各方案的模糊分數，以作為選擇的標準。

茲將本研究之 FAHP 操作程序 [18]，簡略分項說明如下：

- (1) 建立層級結構：一般而言，人類無法同時對七種以上事物進行比較，故處理複雜問題時，可利用層級結構加以分解，並進行比較。
- (2) 建立成對比較矩陣：某一層級的因子，以上一層級某一因子作為評估基準，進行因素間的成對比較，其矩陣如下所示：

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1 \end{pmatrix}$$

- (3) 計算模糊權重：建立成對比較矩陣後，透過模糊度量法，求得優先向量加以計算，即可求得各層級因子之權重。
- (4) 一致性檢定：一致性檢定之目的在於檢測答案是否合理，例如某答案為 $A > B$ ， $B > C$ ，但 $A < C$ ，則稱此答案不符一致性原則；判斷是否達一致性的基準稱為一致性指標 (Consistency Index: C.I.)，一致性指標值小於 0.1 ($C.I. < 0.1$)，才能認同答案之一致性 (Saaty, 1991)。

模糊數學在工業設計及室內設計色彩計畫方面的應用有顯著的成績 [19, 11, 17]。然而，模糊數學應用在建築的問題上尚屬少見，本研究應用模糊數學理論和方法進行建築色彩綜合評估。由於建築色彩計畫是一項較複雜的技術系統工程，是多因素、多指標、多目標的複雜系統。隨著系統複雜性的增加，描述系統的不確定性和不精確性也增加。這些不確定性和不精確性，既具有隨機性，又大多數具有模糊性。人們在評價事物的推理判斷，往往是模糊推理和模糊判斷，因而作出的決策是模糊決策。可採用模糊數學的理論和方法把定性描述的模糊判斷轉變為數學化。根據建築色彩計畫，建立比較符合實際的模糊數學模式，從而形成用模糊集合理論的綜合評估方法，使建築色彩計畫審美度綜合評估數學化、電腦化。

三、建築色彩計畫模糊數學模式

由於建築色彩計畫審美度評估受許多因素同時影響，而且每個因素的複雜情況都具有模

糊性，因此，如何綜合考慮各因素對評估的影響，以便找出一個比較準確的綜合調整係數是個極為重要的問題。本研究應用模糊數學的理論，建構建築色彩計畫綜合評估方法，其內容包括下列五個步驟：

(一) 建立評估建築色彩因子集

人的行為在有意識或無意識之情況下受到自然環境的操縱，而色彩扮演著相當重要的角色。人類對於色彩常經由視覺感知對象產生各種效應：如情緒轉換的層面感知，包括了前進後退的運動性、輕重的視覺重量、冷暖的溫度感、消極振奮的刺激性、引人的注目性等，而這些多效應皆導源於視覺感知器官受色彩之色相、彩度、明度、光線、篇幅的干擾而形成特殊性印象或錯覺慣性。人們對建築色彩的判斷及認知具有不同程度的模糊性。根據專家學習的研究，並參考建築的特性，提出影響建築色彩的因素包括：

U_1 =文化象徵

U_2 =造型功能

U_3 =標誌作用

U_4 =物理特性

U_5 =心理效應

U_6 =配色效果，等等

上述因子 U_i ($i=1,2,\dots,6$) 都是模糊的，由他們所組成的集合，即為評估建築色彩審美的因子集：

$$U = \{ U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6 \}$$

(二) 建立因子權重集

為反映各因子的重要程度，對各因子 U_i 應賦予一相應的權數 a_i ($i=1,2,\dots,n$)，由各權數所組成的集合 $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 稱為因子權重集，其中 $a_i \in [0,1]$ ， $\sum a_i = 1$ 。它們可視為對各因素 U_i ($i=1,2,\dots,6$) 重要性的隸屬度。因此，權重集可視為因素集上的模糊子集，並可表示為：

$$\underline{A} = \frac{a_1}{U_1} + \dots + \frac{a_6}{U_6}$$

由於因子之重要性不盡相等，所以須探求出上述通過檢測之因子的權重，做為評估時加權之參考。本研究採用模糊AHP法，以三角形模糊數取代傳統AHP之確定數值，並輔以相似度整合法，同時考量評估被他人所認同的程度及答案者本身的重要程度而制訂評估值權重予以整合，以提升分析結果的合理性。

(三) 建立因子評價集

評價集是評分者對評判對象可能做出的各種評價結果所組成的集合，代表各種可能的總評價結果。在本研究將認同程度的語意評價等級設定為「極差」、「差」、「普通」、「佳」、「極佳」五個等級，因此評價集為：

$$V = \{ \text{極差} (v_1), \text{差} (v_2), \text{普通} (v_3), \text{佳} (v_4), \text{極佳} (v_5) \}。$$

(四) 單因子模糊評估

單獨從一個因子出發進行評判，以確定評價對象對評價集因子的隸屬程度，便稱為單因子模糊評價。設評判對象按因子集中第 i 個因子 (u_i) 進行評判，對評價集中第 j 個元素 (V_j) 的隸屬程度為 r_{ij} ，則依第 i 個因子 u_i ，評判的結果，可用模糊集 R_i 來表示，

$$R_i = \frac{r_{i1}}{V_1} + \frac{r_{i2}}{V_2} + \frac{r_{in}}{V_n}$$

R_i 稱為單因子評判集

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$$

將各單因子評判集的隸屬度為行組成的模糊關係矩陣，

$$\underline{R} = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{vmatrix}$$

單因子評估集，實際上可視為因素集 u 和被擇集 x 之間的一種模糊關係，即影響因素與評估對象之間的「合理關係」，單因素評估矩陣 R ，可視為從 u 到 V 的模糊關係矩陣。

(三) 建築色彩設計替選方案模糊綜合評估

綜合考慮所有因素的影響，得出正確的評估結果。將單因素評估矩陣，考慮各因素的權重，則使能合理地反映所有因素的綜合影響，模糊綜合評估，可表示為：

$$B = A \cdot R$$

權重集 A 可視為一行 m 列的模糊矩陣，

$$B = (a_1, a_2, \dots, a_m) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

$$= (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

其中

m

$$b_j = \sum_{i=1}^m (a_i \wedge r_{ij}) \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$j=1$

B 稱為模糊綜合評估集， $b_j (j=1, 2, \dots, n)$ 稱為模糊綜合評估指標，綜合考慮所有因素的影響時，評估對象對評價集中第 j 個元素的隸屬度。

四、實例分析

本研究以台中市新市政中心專用區之住宅區為例，說明「都市建築色彩計畫模糊綜合評估方法」的應用。

(一)基地概述：

台中市新市政中心專用區之面積約為 107.26 公頃，計畫範圍北以 60 公尺寬之台中港路為界，南至 60 公尺寬市政路，西以 20 公尺之朝富路為界，東至 40 公尺寬之心路。西北距高速公路台中港交流道約 1 公里，東南距台中市既有商業中心區約 4.5 公里。本區之土地使用依使用功能分成行政、商業、住宅與休閒娛樂等四個部分，其中住宅區面積約 18.6 公頃（圖 1）區內土地分自商、住宅、停車場及公園等使用[3]。

(二)環境色彩調查

環境色彩之性質與人的視覺距離，有著密切關係，且會隨著視覺距離之遠近而起變化，

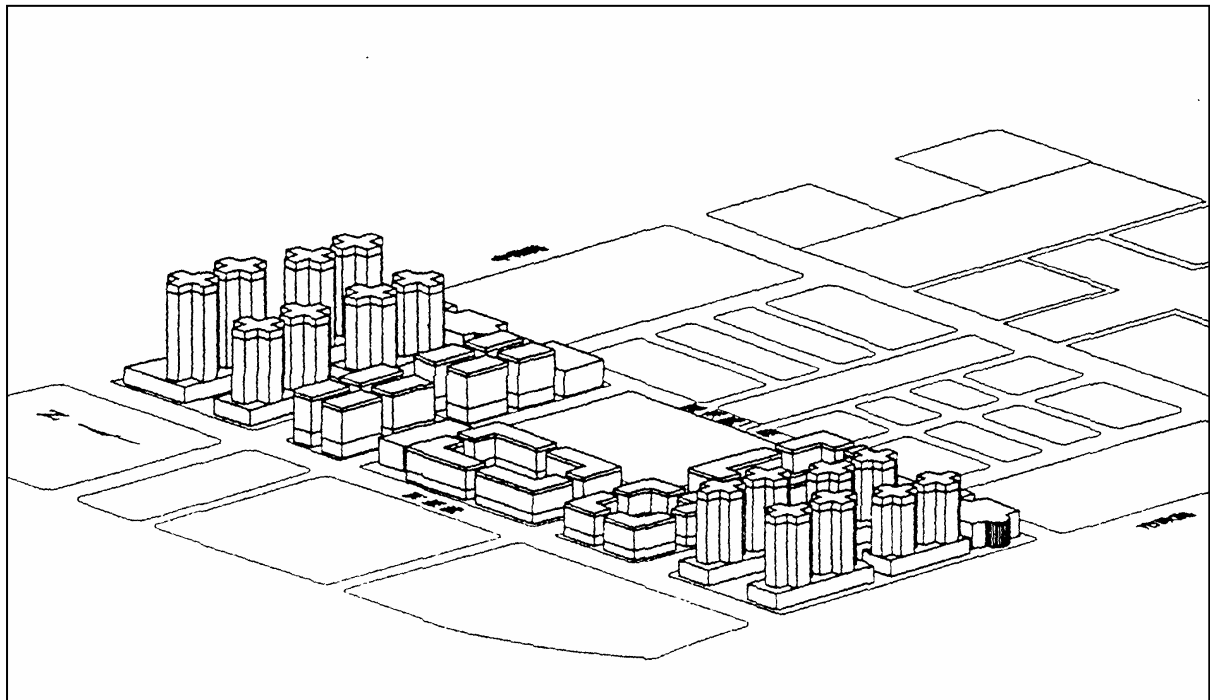


圖 1 台中市新市政中心專用區之住宅區建築形態模擬透視圖

故於進行色彩調查時，宜利用相機攝取「遠景色」及「近景色」；從遠景色可以瞭解建築物與周圍自然環境色彩之關係，而近景色則可體認出建築物本身形狀、體積、質感與色彩之間的關係[5]。

1. 調查方法：

(1) 主要對象畫面選定：

- ①以住宅區為主要標的物。
- ②以人的視覺高度設定位置，取近景、中景及遠景。
- ③整體街廓與景觀畫面選定：依林區[25]的通路、邊緣、區域、節點、標的等三個都市意象元素選定之。

(2) 選定畫面：選定畫面如圖 5-1-4 至 5-1-15：

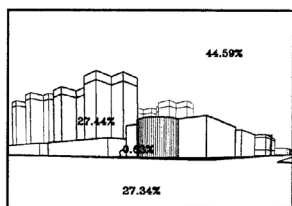


圖 2：視點 1

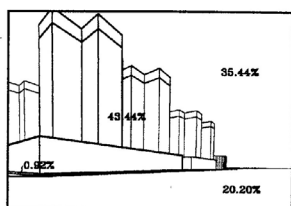


圖 3：視點 2

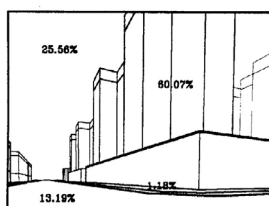


圖 4：視點 3

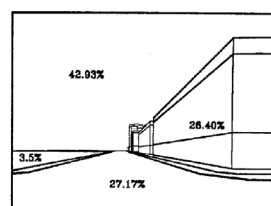


圖 5：視點 4

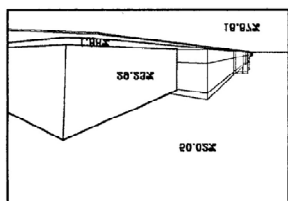


圖 6：視點 5

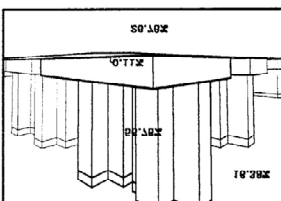


圖 7：視點 6

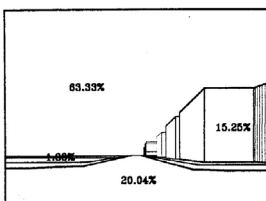


圖 8：視點 7

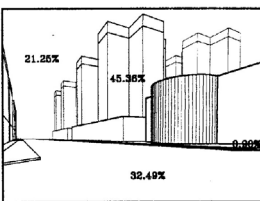


圖 9：視點 8

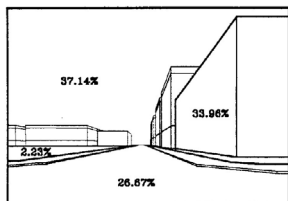


圖 10：視點 9

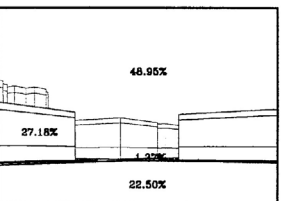


圖 11：視點 10

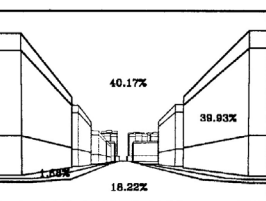


圖 12：視點 11

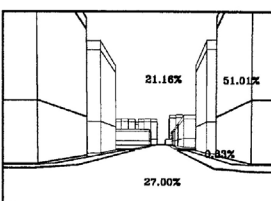


圖 13：視點 12

由以上攝取之圖片，整理出各種環境色彩之分佈比率於表 1。

表 1 色彩面積百分比分析表

視點 樣本面積比 (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
天空	44.59	35.77	25.56	42.93	50.02	16.38	63.33	21.25	37.14	48.95	40.17	21.16
建築物	27.44	43.44	60.07	26.40	29.23	56.76	15.25	45.36	33.96	27.18	39.93	51.01
人口鋪面	27.34	20.20	13.19	27.17	18.87	26.78	20.04	32.49	26.67	1.37	18.22	27.00
植被	0.63	0.92	1.18	3.50	1.88	0.11	1.38	0.90	2.23	22.50	1.68	0.83

2. 調查結果：環境色彩常因季節、陰晴、早晚而千變萬化，為便於瞭解，必須賦予較為恆常的標準顏色，依色相、明度、彩度三屬性之數值表示。本研究根據日本工業規格所制訂之標準色票(JIS Z 8721 色票)[4]進行抽出色之標準化，表示新市政中心專用區之住宅區的環境色彩調查結果區域範圍於表 2。

表 2 環境色彩由出色之範圍變化表

調查樣本	色相	明度	彩度
天空	2.5B~10B	7~9	1~4
人口舖面	10BG~10B	7~9	1~2
植栽	2.5GY~5G	3~6	4~6

(三) 色彩計畫替選方案設計

1. 實驗模擬假設

- (1) 建築配色調和目标：以「同色調和」與「對比調和」為整體建築配色方案之表現方式。
- (2) 色彩模擬步驟：軟體則以 AutoCAD R14 建構空間模型，轉檔至 3D Studio Viz R2 中調整色彩的 VGA 值，最後儲存成 BMP 檔到 Photoshop 中以 EPSON Stylus COLOR 400 列式機高品質輸出。
- (3) 電腦模擬環境畫面設定：以白天日照情形良好為計，為加強陰影效果，採點光源照明方式設定，自高空投射基地，並給予加強補光。
- (4) 畫面視覺取點：全區透視圖係取基地之西邊由高空鳥瞰方式表現（遠景）；長短向立面圖係以全區可見之等比例方式表現（中景）；視點景觀圖依拍攝取點畫面表現（近景）。

2. 配色方案之建立

依據上述的 12 個視點畫面的分析得知，在基地周圍環境色彩中，天空與建築物幾乎佔了大部分的視覺比率，本研究即就這兩大色性，作為基本調和色套，依 Moon & Spencer 調和理論與色相調和法則分析：

(1) 天空的調和色套為：

對比色套：2.5GY、5GY、7.5GY、10GY、2.5G、5G、7.5G、10G、2.5P、5P、7.5P、10P、2.5RP、5RP、7.5RP、10RP。

類似色套：2.5G、5G、7.5G、10G、10PB、2.5P、5P、7.5P、10P。

(2) 建物的調和色套為：

對比色套：10RP、2.5R、5R、7.5R、10R、2.5GY、5GY、7.5GY、10GY、2.5G、2.5B、5B、7.5B、10B、2.5PB、5PB、7.5PB、10PB。

類似色套：2.5YR、5YR、7.5YR、10YR、2.5Y、5Y、7.5Y、10Y、10G、2.5BG、5BG、7.5BG、10BG、2.5P、5P、7.5P、10P、2.5RP。

為增加色彩組合的趣味性，並使地區具生機性，以及考慮評估時民眾的認知問題，除配合建築機能屬性配色列（表 3），擬將調和方法以較單純方式表現。故本專用區之色彩計畫配色方案採同色系及對比色系二種色套，研擬一組配色方案（表 4），提供未來專用區之住宅區建築開發時參考選擇。配色模擬結果之色彩，以 Munsell 色票之色相、明度與彩度值及轉換成 3DS Viz R2 R.G.B. 影像檔記錄之。

表 3 建物適用之調和原理決定表

分類	建築型態	建築特徵	解決對策	適合之調和原理
意象建築	新1住宅用地	為本區主要塑造之建築對象，量體上是為低層建築。	<ul style="list-style-type: none"> • 配色為住宅區之重點。 • 與環境色彩調和，亦需滿足基本色調。 • 水平方向量體超尺需減緩視覺衝擊。 • 增加親切與歸屬感。 • 整體色彩分為三段配色：基座、屋身、屋頂層。 	重點條件變化原理
商業服務建築	新6自商複合式	為本區商業服務之建築群，量體上是為中高層建築。	<ul style="list-style-type: none"> • 配色與住宅區相關連性。 • 增加與環境組合的趣味性，具吸引力與親和力。 • 超尺量體需減緩壓迫與突兀感。 • 整體色彩下部採增加視重，上部提高穩定性。 	重點條件變化原理
	新6自商混合式	為本區商業服務之建築群，量體上是為中高層建築。	<ul style="list-style-type: none"> • 與住宅區和自商複合式建築相關連。 • 超尺量體作水平分割以減低視覺衝擊與壓迫感。 • 增加親切力與親和感。 	重點條件變化原理
附屬建築	停1, 2, 3, 5 停車用地	服務本區之商業與活動	<ul style="list-style-type: none"> • 與整體環境色彩相調和。 • 滿足調查之基本色調。 	類似色系的調和

(四) 色彩計畫替選方案模糊綜合評估

1. 建築色彩計畫評估影響因子

欲評估建築色彩審美度，必須先建構建築色彩審美度之準則體系，以瞭解各影響因子間的相互關係。以期能經此體系達到評估的目的。至今尚未有完整理論可作為建立評估準則之指引，本研究遵循操作性、清晰性、客觀性、科學性、可測性、可比性、廣泛性等原則，參考 Moon 及 Spencer 的色彩調和論與審美度分析的理論〔26〕，並參酌專家學者之研究成果，提出建築色彩審美度評估階層體系(表 5)。

(1) 建築色彩的文化象徵

在設計過程中，色彩的決定要考慮與自然環境、社會民族風情、居民文化素質等相適應，以創造一個人文景觀和諧優美、生活舒適及色彩怡人的生活環境〔20〕。其需考慮的影響因子整理有地域性、民族性、文化性、時代性等四因子。

(2) 建築色彩的造型功能

在建築藝術中，色彩是建築物最重要的造型手段之一，也是建築造型中最易創造氣氛和傳達情感的要素。利用色彩既能做到不提高造價，又可達到無窮變化，從而使原本簡單、枯燥、未加任何裝飾的建築物外觀變得華麗動人；更可改善建築造型中某些不利的條件，創造統一與和諧的效果〔8〕。但如果色彩利用不當，便會弄巧成拙，損壞造型的美感〔21〕。其需考慮的影響因子整理有統一性、加強性、豐富性、裝飾性、完善性、平衡性等六因子。

表 4 色採通計劃方案

週物名稱	部位	A 方案						B 方案						C 方案					
		Munsel11 色採法			VGA 色採法			Munsel11 色採法			VGA 色採法			Munsel11 色採法			VGA 色採法		
		H	V	C	R	G	B	H	V	C	R	G	B	H	V	C	R	G	B
白瓷週緣	唇頂層	5YR	9	1	254	237	234	7.5Y	9	1	253	243	233	7.5R	9	1	241	242	231
	唇身—白瓷	5YR	7	4	220	178	117	7.5Y	8	6	199	200	117	7.5R	8	3	214	165	159
	基座—白瓷	5YR	4	3	157	106	71	7.5Y	4	3	84	95	57	10R	4	6	139	67	49
白瓷複合	唇頂層	5YR	9	1	254	237	234	5Y	9	1	253	238	233	10R	9	1	251	243	232
	唇身—白瓷	2.5YR	8	4	230	198	113	5Y	8	8	199	191	106	10R	7	10	229	156	109
	基座—商店	2.5YR	4	3	178	111	82	5Y	4	3	92	97	66	7.5R	4	3	114	73	61
白瓷混合	唇頂層	5YR	9	1	254	237	234	10Y	9	1	253	238	231	2.5R	9	1	253	243	244
	唇身—白瓷	7.5YR	8	4	219	180	96	10Y	8	6	212	227	144	2.5YR	8	4	229	187	153
	基座—店舖	7.5YR	4	3	179	126	71	10Y	4	3	72	76	29	10R	4	4	125	62	52
停車場	低層週緣	10R	7	10	229	193	176	2.5Y	9	4	233	222	158	7.5Y	8	8	199	198	48

表 5 都市建築色彩影響因子

目標層	第一層級	第二層級	影響因子
都市建築色彩配色協調之塑造	提升建築色彩整體感	建築色彩的心理象徵	地域性
			民族性
			文化性
			時代性
		建築色彩的造型功能	統一性
			加強性
			豐富性
			裝飾性
			完整性
			平衡性
		建築色彩的標誌作用	自明性
			識別性
	安全性		
	功能性		
	達成人類生活適意性	建築色彩的物理特性	反射程度
			透過程度
			吸熱程度
			失真程度
			照度效果
			節能效果
		建築色彩的心理效應	共感程度
視認程度			
誘目程度			
記憶程度			
建築色彩的配色效果		感情效果	
		同一效果	
		對比效果	
		同化效果	
		面積效果	

(3) 建築色彩的標誌作用

以特定、明確的造型、圖案來表示事物、代表事物，其不僅是作為事物背景的單純性指示作用，並且包括了目的、內容、性質的總體表現。標誌可說是將事物、對象抽象的精神內容，以具體可見的方式表達出來〔7〕。用色彩、圖案來美化、標誌都市，或使原有建築的

面貌發生變化，既可引人注目，又可取得良好的視覺效果，具有經濟、快速改變城市面貌的作用[9]。其需考慮的影響因子整理有自明性、識別性、安全性、功能性、象徵性等五因子。

(4) 建築色彩的物理特性

人能夠看到物體的色彩，是由物體所發出、反射或透過的光線，刺激人的眼睛所產生的結果，故色彩具有一定的物理性能。當觀看物體時，眼睛的狀態，觀看色彩的時間長短等，都會影響物體色的正確呈現。

色彩與太陽輻射的強度、角度有密切的關係，不同的色彩對太陽輻射的反射、吸收各不相同，熱吸收係數也不同，也就會有不同的物理效果產生。當氣候的狀況，以及色彩運用的影響下，視覺引起對色彩的判斷，會造成與真實的色彩，好比太陽照度不佳時，日照陰影會使深綠色建築帶有黑藍色。另外，外裝建材透過色彩運用也有節能作用，如以淺淡色調粉刷，可以減少熱量吸收[10]。其需考慮的影響因子整理有反射程度、透過程度、吸收程度、失真程度、照度效果、節能效果等六因子。

(5) 建築色彩的心理效應

色彩透過視覺系統給人感覺、刺激後，會對人體產生相當的生理作用，進而衝擊到人的心理。但並不是每個人都能感覺到同樣的色彩，如色盲的人，有些顏色是看不出來的，這是生理現象導致色彩辨識的不同。其需考慮的影響因子整理有共感程度、視認程度、誘目程度、記憶程度等四因子。

(6) 建築色彩的配色效果

人的感官知覺會對色彩產生反應，乃與生活環境及人格成長有極密切的關係。配色的調和，有助於與環境相協調。其需考慮的影響因子整理有感情效果、統一效果、對比效果、同化效果、面積效果等五因子。

建築色彩影響因子，必須通過相關性及獨立性的檢定，才能得到確切的評估體系，為色彩計畫方案評價工作建立依據。

2. 因子檢測

為增加影響因子的確實性及可信度，以因子檢測問卷求取證值。本研究檢測問卷的受測對象共 20 位，採一對一現場問卷解說方式。將各因子檢定結果分析說明如下：

(1) 相關性檢定結果：相關性分析乃針對各因子與其上一層級因子進行 Spearman 等級相關檢定，其結果如下：

① 統計假設一「第一層級與第二層級變項之相關性」檢定結果分析(表 6)：

② 統計假設二「第二層級與第三層級變項之相關性」檢定結果分析(表 7)：

表 6 第一層級與第二層級相關性檢定結果

第一層級變項名稱	第二層級變項名稱	等級相關係數
提升建築色彩整體感	建築色彩的文化象徵	0.324*
	建築色彩的造型功能	0.649**
	建築色彩的標誌作用	0.347*
達成人類生活適意性	建築色彩的物理功能	0.472**
	建築色彩的心理效應	0.311*
	建築色彩的配色效果	0.340*

*表示 $P < 0.05$ ，**表示 $P < 0.01$ ，P 為機率值 (Prob-Value)

表 7 第二層級與第三層級相關性檢定結果

第二層級變項名稱	第三層級變項名稱	等級相關係數
建築色彩的文化象徵	地域性	0.358*
	民族性	0.297*
	文化性	0.552**
	時代性	0.312*
建築色彩的造型功能	統一性	0.305*
	加強性	0.335*
	豐富性	0.333*
建築色彩的造型功能	裝飾性	0.057
	完善性	0.491*
	平衡性	0.676**
建築色彩的標誌作用	自明性	0.370*
	識別性	0.382*
	安全性	0.613**
	功能性	0.340*
	象徵性	0.148
建築色彩的物理功能	反射程度	0.553**
	透過程度	0.303*
	吸熱程度	0.310*
	逼真程度	0.158
	照度效果	0.167
	節能效果	0.347*
建築色彩的心理效應	共感程度	0.548**
	視認程度	0.347*
	誘目程度	0.338*
	記憶程度	0.366*
建築色彩的配色效果	感情效果	0.414*
	同化效果	0.533**
	對比效果	0.361*
	同化效果	0.104
	面積效果	0.341*

由表 6 可知各項之機率值 (P) 值均小於 0.05, 故可拒斥虛無假設。「提升建築色彩整體感」分別與「建築色彩的文化象徵」、「建築色彩的造型功能」及「建築色彩的標誌作用」有正相關; 而「達成人類生活適意性」亦分別與「建築的物理特性」、「建築的心理效應」及「建築的配色效果」有正相關。

由表 7 可知各項之機率值 (P) 值除「裝飾性」、「象徵性」、「逼真程度」、「照度效果」、「同化效果」外, 均小於 0.05, 故可拒斥虛無假設。「建築色彩的文化象徵」分別與「地域性」、「民族性」、「文化性」及「時代性」有正相關; 「建築色彩的造型功能」分別與「統一性」、「加強性」、「豐富性」、「完善性」及「平衡性」有正相關; 「建築色彩的標誌作用」分別與「自明性」、「識別性」、「安全性」及「功能性」有正相關; 「建築色彩的物理特性」分別與「反射程度」、「透過程度」、「吸熱程度」及「節能效果」有正相關; 「建築色彩的心理效應」分別與「共感程度」、「視認程度」、「誘目程度」及「記憶程度」有正相關; 「建築色彩的配色效果」分別與「感情效果」、「同化效果」、「對比

效果」及「面積效果」有正相關。而「裝飾性」、「象徵性」、「認真程度」、「照度效果」、「同化效果」無法證明其與該組的相關性，故予以刪除，不再列為影響因子之一。由以上可知本研究所研擬之變項大部分達到相關性檢定，此可能因變項乃為貢獻歸納、整理之結果，並於問卷中有詳盡之釋義，故較易被專家所認同。

2.獨立性檢定結果：獨立性檢定乃針對同屬於一因素的不同層級變項進行費雪正確概率考驗，其檢定結果如下：

(1)統計假設三「第一層級變項之獨立性」檢定結果分析：

表 8 第一層級獨立性檢定結果

第一層級變項	機率值 (P)
提升建築色彩整體感 vs. 達成人類生活的適意性	0.500

(2)統計假設四「第二層級變項之獨立性」檢定結果分析：

表 9 第二層級獨立性檢定結果 (第一組)

第二層級變項 (第一組)	機率值 (P)
建築色彩的文化象徵 vs. 建築色彩造型功能	0.244
建築色彩的文化象徵 vs. 建築色彩標誌作用	0.395
建築色彩的造型功能 vs. 建築色彩標誌作用	0.487

表 10 第二層級獨立性檢定結果 (第二組)

第二層級變項 (第二組)	機率值 (P)
建築色彩的物理功能 vs. 建築色彩心理效應	0.249
建築色彩的物理功能 vs. 建築色彩配色效果	0.115
建築色彩的心理效應 vs. 建築色彩配色效果	0.500

(3)統計假設五「第三層級變項之獨立性」檢定結果分析：

表 11 第三層級獨立性檢定結果 (第一組)

第三層級變項 (第一組)	機率值 (P)
地域性 vs. 民族性	0.500
地域性 vs. 文化性	0.487
地域性 vs. 時代性	0.053
民族性 vs. 文化性	0.385
民族性 vs. 時代性	0.147
文化性 vs. 時代性	0.240

表 12 第三層級獨立性檢定結果 (第二組)

第三層級變項 (第二組)	機率值 (P)
統一性 vs. 加強性	0.249
統一性 vs. 豐富性	0.115
統一性 vs. 完善性	0.329
統一性 vs. 平衡性	0.249
加強性 vs. 豐富性	0.500
加強性 vs. 完善性	0.385
加強性 vs. 平衡性	0.513
豐富性 vs. 完善性	0.487
豐富性 vs. 平衡性	0.500
完善性 vs. 平衡性	0.385

表 13 第三層級獨立性檢定結果 (第三組)

第三層級變項 (第三組)	機率值 (P)
自明性 vs. 識別性	0.487
自明性 vs. 安全性	0.487
自明性 vs. 功能性	0.500
識別性 vs. 安全性	0.395
識別性 vs. 功能性	0.385
安全性 vs. 功能性	0.385

表 14 第三層級獨立性檢定結果 (第四組)

第三層級變項 (第四組)	機率值 (P)
反射程度 vs. 透過程度	0.385
反射程度 vs. 吸熱程度	0.385
反射程度 vs. 節能效果	0.500
透過程度 vs. 吸熱程度	0.395
透過程度 vs. 節能效果	0.244
吸熱程度 vs. 節能效果	0.244

表 15 第三層級獨立性檢定結果 (第五組)

第三層級變項 (第五組)	機率值 (P)
共感程度 vs. 視認程度	0.487
共感程度 vs. 誘目程度	0.500
共感程度 vs. 記憶程度	0.115
視認程度 vs. 誘目程度	0.385
視認程度 vs. 記憶程度	0.329
誘目程度 vs. 記憶程度	0.249

表 16 第三層級獨立性檢定結果 (第六組)

第三層級變項 (第六組)	機率值 (P)
感情效果 vs. 同-效果	0.500
感情效果 vs. 對比效果	0.512
感情效果 vs. 面積效果	0.385
同-效果 vs. 對比效果	0.500
同-效果 vs. 面積效果	0.487
對比效果 vs. 面積效果	0.384

由表 8 得知機率值 (P) 大於 0.05 之顯著水準，故需接受第一層級變項「提升建築色彩整體感」與「達成人類生活適意性」為獨立之假設。

由表 9、10 得知機率值 (P) 均大於 0.05 之顯著水準，故需接受第二層級變項「建築色彩的文化象徵」、「建築色彩的造型功能」、「建築色彩的標誌作用」、「建築色彩的物理功能」、「建築色彩的 psychological 效應」、「建築色彩的配色效果」為獨立之假設。

由表 11、12、13、14、15、16 得知機率值 (P) 均大於 0.05 之顯著水準，故需接受第三層級變項「地域性」、「民族性」、「文化性」、「時代性」、「統一性」、「加強性」、「豐富性」、「完整性」、「平衡性」、「自明性」、「識別性」、「安全性」、「功能性」、「反射程度」、「透過程度」、「吸熱程度」、「節能效果」、「共感程度」、「視認程度」、「誘目程度」、「記憶程度」、「感情效果」、「同-效果」、「對比效果」、「面積效果」為獨立之假設。

依據上述因子之相關性與獨立性檢定結果與分析，通過檢定之建築色彩影響因子即可建立建築色彩設計的評估因子架構，為專家問卷設計時之依據。

3. 建立因子權重集

對建築色彩的評估，人各有愛好，觀點不盡相同，對各因子的側重肯定不會一樣。因此，本研究進行專家調查訪問，尋求專家對成對因子比較的評價。本研究依專家的領域重要性取樣，選出有都市設計、建築設計、色彩、景觀、心理學等五個領域。依領域重要性每群隨機取樣 2~10 名不等的專家成為受測者，共計 30 名。本研究各因子權重之制訂乃採 FAHP 法，將相似性整合後之數值區間值取頂點值代入 AHP 軟體求算一致性指標 (C.I.) 及一致性比率 (C.R.)；當 C.I. < 0.1 時，則一致性程度可視為滿意；當 C.R. < 0.1 時，則矩陣內之評估值可被採用。專家對各因子的權重值如表 17 所示。

其結果分析說明如下：

- (1) 第一層級因子權重分析：為達到都市建築色彩配色協調，第一層級之統計結果：「提升建築色彩整體感」(0.667) 較高於「達成人類生活的適意性」(0.333)，顯示專家們對都市建築色彩的整體表現較為重視。
- (2) 第二層級因子權重分析：第二層級之統計結果，第一組：影響「提升建築色彩整體感」之因子包括「建築色彩的文化象徵」(0.490)、「建築色彩的造型功能」(0.312)、「建築色彩的標誌作用」(0.198)，顯示專家學習們對都市建築色彩的文化象徵較為注重。其 $\lambda_{\max}=3.054$ ；C.I.=0.027；C.R.=0.046，均小於 0.1。

表 17 都市建築色彩評估因子之權重表

目標層	第一層級	第二層級	評估因子	
都市建築色彩配色協調之塑造 (1)	提升建築色彩整體感 (0.667) *	建築色彩的文化象徵 (0.490) *	地域性 (0.394) *	【0.129】
			民族性 (0.197)	【0.064】
			文化性 (0.239)	【0.078】
			時代性 (0.169)	【0.055】
		建築色彩的造型功能 (0.312)	統一性 (0.353) *	【0.073】
			加強性 (0.178)	【0.037】
			豐富性 (0.146)	【0.030】
			完善性 (0.161)	【0.034】
		建築色彩的標誌作用 (0.198)	平衡性 (0.161)	【0.034】
			自明性 (0.340) *	【0.045】
			識別性 (0.243)	【0.032】
			安全性 (0.174)	【0.023】
	達成人類生活適意性 (0.333)	建築色彩的物理特性 (0.328)	功能性 (0.243)	【0.032】
			反射程度 (0.391) *	【0.043】
			透過程度 (0.203)	【0.022】
		建築色彩的心理效應 (0.411) *	吸熱程度 (0.205)	【0.022】
			節能效果 (0.201)	【0.022】
			共感程度 (0.394) *	【0.054】
			視認程度 (0.239)	【0.033】
		建築色彩的配色效果 (0.261)	誘目程度 (0.169)	【0.023】
記憶程度 (0.197)			【0.027】	
感情效果 (0.239)			【0.021】	
同一效果 (0.295) *			【0.026】	
對比效果 (0.254)			【0.022】	
		面積效果 (0.212)	【0.019】	

() 括號內數字代表專家之權重值

* 表示該組因子中權重值最高的

【】 相對權重值

第二組：影響「達成人類生活適意性」之因子包括「建築色彩的物理功能」(0.328)、「建築色彩的心理效應」(0.411)、「建築色彩的配色效果」(0.261)，顯示專家學者們較關心都市建築色彩所造成的心理效應。其 $\lambda_{\max}=3.054$ ；C.I.=0.027；C.R.=0.046，均小於 0.1。

(3) 第三層級因子權重分析：第三層級之統計結果，第一組：影響「建築色彩的文化象徵」之因子包括「地域性」(0.394)、「民族性」(0.197)、「文化性」(0.239)、「時代性」(0.169)，顯示專家學者們認為都市建築色彩應偏重於有地域性的象徵。其 $\lambda_{\max}=4.061$ ；C.I.=0.02；C.R.=0.023，均小於 0.1。

第二組：影響「建築色彩的造型功能」之因子包括「統一性」(0.394)、「加強性」(0.178)、「豐富性」(0.146)、「完整性」(0.161)、「平衡性」(0.161)，顯示專家學者們較重視都市建築色彩的作用應具有統一的功能。其 $\lambda_{\max}=5.103$ ；C.I.=0.026；C.R.=0.023，均小於 0.1。

第三組：影響「建築色彩的標誌作用」之因子包括「自明性」(0.340)、「識別性」(0.243)、「安全性」(0.174)、「功能性」(0.243)，顯示專家學者們認為都市建築的色彩應具有自明的作用。其 $\lambda_{\max}=4.122$ ；C.I.=0.041；C.R.=0.045，均小於 0.1。

第四組：影響「建築色彩的物理功能」之因子包括「反射程度」(0.391)、「透過程度」(0.203)、「吸熱程度」(0.205)、「節能效果」(0.201)，顯示專家學者們較關心都市建築色彩的反射程度。其 $\lambda_{\max}=4.008$ ；C.I.=0.027；C.R.=0.030，均小於 0.1。

第五組：影響「建築色彩的心理效應」之因子包括「共感程度」(0.394)、「視認程度」(0.239)、「誘目程度」(0.169)、「記憶程度」(0.197)，顯示專家學者們認為都市整體建築的色彩應重視共感效應。其 $\lambda_{\max}=4.061$ ；C.I.=0.02；C.R.=0.023，均小於 0.1。

第六組：影響「建築色彩的配色效果」之因子包括「感情效果」(0.239)、「同一效果」(0.295)、「對比效果」(0.254)、「面積效果」(0.212)，顯示專家學者們較注重都市建築在配色時色系統一的效果。其 $\lambda_{\max}=4.186$ ；C.I.=0.062；C.R.=0.069，均小於 0.1。

由上述結果得知，因子權重之一致性比例(C.R.)均小於 0.1，而整體一致性比率經 AHP 運算則小到 0.021，顯示專家之評價有極高之一致性，其原因可歸功於在專家勾選因子的相對重要性之前，先請他們將因子依其所認為之重要程度加以排序，爾後藉由此順位勾選因子之成對比較值，再透過相似性整合法將評價整合，因此可得到如此相當的一致性。

4. 建立因子評估集

本研究綜合評估的目的，是選擇民眾對建築色彩設計的喜好程度，總評估的結果是各替代方案喜好等級，因此，評估集為：

V = (非常喜好，普通，不喜好)

5. 單因子模糊評估

單獨從上述每個因素出發，對各替代方案進行評估，並求得民眾對色彩設計方案之模糊評價值後，經由相似性整合，分別得單因子評估集為(表 18)：

由評價結果得知，各方案在 25 個因子之評價中，得知 C 方案(對比色系)優於 A 方案(同色系-暖調色)優於 B 方案(同色系-冷調色)。C 方案優於 A 方案者共 19 項，其中差距較大者為「對比效果」，差距約有 14.02 個百分點，可見 C 方案的色彩對比效果優於 A 方案。而 C 方案優於 B 方案者共 22 項，其中差距較大者為「豐富性」，差距約有 12.91 個百分點，可見 C 方案的色彩豐富性較強於 B 方案。至於 A 方案優於 C 方案的因子有 6 項，其中以「統一性」相差距最大(約相差 8.31 個百分點)，可知 A 方案的色彩統一性較強於 C 方案。而 B 方案優於 C 方案的因子有 3 項，亦為「統一性」(約相差 5.96 個百分點)，可知 B 方案的色彩統一性較強於 C 方案。而三個方案的「安全性」之得分相近，可能是所採用的色彩及組合方式，

表 18 色彩計畫方案各因子評值表

	方案 A	方案 B	方案 C
地域性	(10.03,18.07,26.12)	(7.22,15.55,23.89)	(11.92,19.97,28.02)
民族性	(11.65,19.84,28.03)	(6.08,13.99,21.89)	(8.61,16.95,25.28)
文化性	(13.33,21.38,29.42)	(6.10,14.15,22.20)	(13.37,21.13,28.90)
時代性	(8.08,16.27,24.46)	(8.89,16.93,24.98)	(13.86,21.77,29.68)
統一性	(18.32,25.25,32.19)	(15.27,22.90,30.53)	(8.61,16.94,25.28)
加強性	(12.18,20.52,28.85)	(11.38,19.57,27.76)	(13.85,21.90,29.94)
豐富性	(5.85,14.18,22.51)	(4.73,12.64,20.55)	(18.35,25.55,32.76)
完善性	(12.79,20.69,28.60)	(9.73,17.92,26.11)	(13.33,21.52,29.71)
平衡性	(13.32,21.23,29.14)	(11.32,19.65,27.99)	(14.72,22.63,30.54)
自明性	(13.03,20.94,28.85)	(10.77,19.10,27.44)	(14.12,22.17,30.22)
識別性	(8.33,16.67,25.00)	(11.39,19.44,27.49)	(14.11,21.88,29.65)
安全性	(9.44,17.49,25.54)	(9.17,17.50,25.84)	(10.00,18.33,26.66)
功能性	(7.23,15.56,23.89)	(9.18,17.51,25.84)	(12.23,20.28,28.33)
反射程度	(6.12,14.45,22.78)	(7.79,16.12,24.46)	(11.40,19.73,28.06)
透過程度	(7.78,15.96,24.15)	(7.22,15.41,23.60)	(8.33,16.67,25.00)
吸熱程度	(12.21,19.98,27.75)	(8.06,16.40,24.73)	(10.59,18.64,26.69)
節能效果	(6.64,14.42,22.19)	(10.56,18.61,26.65)	(9.73,17.92,26.11)
共感程度	(13.01,21.06,29.11)	(10.22,17.99,25.75)	(11.92,20.25,28.59)
視認程度	(11.07,19.12,27.16)	(11.92,19.97,28.02)	(13.00,21.19,29.38)
誘目程度	(11.08,19.27,27.46)	(10.56,18.47,26.38)	(12.98,21.03,29.08)
記憶程度	(10.56,18.46,26.37)	(11.36,19.27,27.18)	(13.55,21.75,29.94)
感情效果	(12.18,19.67,27.16)	(6.94,14.85,22.75)	(13.60,21.64,29.69)
同一效果	(16.93,23.88,30.82)	(13.27,21.46,29.65)	(8.06,16.39,24.72)
對比效果	(3.34,11.10,18.87)	(4.72,12.91,21.10)	(18.05,25.12,32.20)
面積效果	(10.82,18.87,26.91)	(11.96,19.87,27.78)	(13.05,21.25,29.44)

註：(a,b,c)中，a 代表三角模糊數之界，b 代表三角模糊數之重心值，c 代表三角模糊數之右界。

當民眾閱讀評估時，視覺對所看到的圖面表現方式覺得較具普遍性與接受性，有給予其親切、安全的感覺，才會所得評值相差不多。

6. 模糊綜合評價

當求得各方案各因子之模糊評值後，即可進行各方案的綜合評價，求出評值較高之方案。另外，為求運算過程及結果之清晰簡便，當此採用評值區間之重心值予以計算。色彩計畫方案之綜合評價計算整理成如附錄四所示。其綜合評價計算方式如下：

權重集 A_i (各因子在整個層級中所佔的相對權重)

= (0.129, 0.064, 0.078, 0.055, 0.073, 0.037, 0.030, 0.034, 0.034, 0.045, 0.032, 0.023, 0.032, 0.043, 0.022, 0.022, 0.022, 0.054, 0.033, 0.023, 0.027, 0.021, 0.026, 0.022, 0.019)

評價集 R_{ij} (三角模糊數之重心值)

$$R = \begin{pmatrix} 18.07, & 15.55, & 19.97 \\ 19.84, & 13.99, & 16.95 \\ 21.38, & 14.15, & 21.13 \\ 16.27, & 16.93, & 21.77 \\ 25.25, & 22.90, & 16.94 \\ 20.52, & 19.57, & 21.90 \\ 14.18, & 12.64, & 25.55 \\ 20.69, & 17.92, & 21.52 \\ 21.23, & 19.65, & 22.63 \\ 20.94, & 19.10, & 22.17 \\ 16.67, & 19.44, & 21.88 \\ 17.49, & 17.50, & 18.33 \\ 15.56, & 17.51, & 20.28 \\ 14.45, & 16.12, & 19.73 \\ 15.96, & 15.41, & 16.67 \\ 19.98, & 16.40, & 18.64 \\ 14.42, & 18.61, & 17.92 \\ 21.06, & 17.99, & 20.25 \\ 19.12, & 19.97, & 21.19 \\ 19.27, & 18.47, & 21.03 \\ 18.46, & 19.27, & 21.75 \\ 19.67, & 14.85, & 21.64 \\ 23.88, & 21.46, & 16.39 \\ 11.10, & 12.91, & 25.12 \\ 18.87, & 19.87, & 21.25 \end{pmatrix}$$

則綜合評價集 $A_i B = A_i \cdot R_{ij}$

$$= \{ [(0.129 \times 18.07) + (0.064 \times 19.84) + (0.078 \times 21.38) + (0.055 \times 17.27) + (0.073 \times 25.25) + (0.037 \times 20.52) + (0.030 \times 14.18) + (0.034 \times 20.69) + (0.034 \times 21.23) + (0.045 \times 20.84) + (0.032 \times 16.67) + (0.023 \times 17.49) + (0.032 \times 15.56) + (0.043 \times 14.45) + (0.022 \times 15.96) + (0.022 \times 19.98) + (0.022 \times 14.42) + (0.054 \times 21.06) + (0.033 \times 19.12) + (0.023 \times 19.27) + (0.027 \times 18.46) + (0.021 \times 19.67) + (0.026 \times 23.88) + (0.022 \times 11.10) + (0.019 \times 18.87)] , [(0.129 \times 15.55) + (0.064 \times 13.99) + (0.078 \times 14.15) + (0.055 \times 16.93) + (0.073 \times 22.90) + (0.037 \times 19.57) + (0.030 \times 12.64) + (0.034 \times 17.92) + (0.034 \times 19.65) + (0.045 \times 19.10) + (0.032 \times 19.44) + (0.023 \times 17.50) + (0.032 \times 17.51) + (0.043 \times 16.12) + (0.022 \times 15.41) + (0.022 \times 16.40) + (0.022 \times 18.61) + (0.054 \times 17.99) + (0.033 \times 19.97) + (0.023 \times 18.47) + (0.027 \times 19.27) + (0.021 \times 14.85) + (0.026 \times 21.46) + (0.022 \times 12.91) + (0.019 \times 19.87)] , [(0.129 \times 19.97) + (0.064 \times 16.95) + (0.078 \times 21.13) + (0.055 \times 21.77) + (0.073 \times 16.94) + (0.037 \times 21.90) + (0.030 \times 25.55) + (0.034 \times 21.52) + (0.034 \times 22.63) + (0.045 \times$$

$$\begin{aligned}
& 22.17)+(0.032 \times 21.88)+(0.023 \times 18.33)+(0.032 \times 20.28)+(0.043 \times 19.73)+(0.022 \times \\
& 16.67)+(0.022 \times 18.64)+(0.022 \times 17.92)+(0.054 \times 20.25)+(0.033 \times 21.19)+(0.023 \times \\
& 21.03)+(0.027 \times 21.75)+(0.021 \times 21.64)+(0.026 \times 16.39)+(0.022 \times 25.12)+(0.019 \times \\
& 21.25) \} \\
& = (19.07, 17.34, 20.31)
\end{aligned}$$

經由綜合評價計算結果，可知 C 方案（20.31 分）優於 A 方案（19.07 分），兩方案相差約 1.24 個百分點，而 C 方案（20.31 分）亦優於 B 方案（17.34 分），兩方案相差約 2.97 個百分點。因此建議除以 C 方案為進行配色時之優先選擇外，A 和 B 方案可以在必要時部分替選之，此係因為所採用之色彩是先前經調查步驟所提出的色彩顏色之一，唯在整體環境色彩考量時，應配合調和作用及其他相關之規定。而 C 方案在「同一效果」上評值有偏低情形，若欲達到整體協調或視覺適意性，建議可在建築機能分區域分層設計時，以同屬性或同部位等方式統一配色組合，以加強其整體感。

三、結論與建議

由於社會經濟的快速發展，生活品質的提昇，環境美化日益受到重視，色彩是視覺環境中最具決定性的因素，適當的色彩運用有助於環境美化及整體環境的協調。色彩計畫是件複雜的系統工程。本研究利用模糊數學的理論與方法建構建築色彩計畫評估模式，選擇最佳的色彩替選方案，並利用電子計算機影像合成技術、製作數位建築，以模擬建築物建成後，對其量體、色彩及造型與週遭環境之視覺體驗，提供設計者參考。本研究有下列數點結論：

- (一) 利用系統分析的方法探討色彩計畫影響因子、層次及其構成因子之間相互關係，建構評估模式為可行的。
- (二) 採用模糊 AHP 及相似性整合法建構色彩計畫審美度評估體系，有助於提高色彩計畫決策的可靠性。
- (三) 採用模糊數學的理論，建構色彩計畫綜合評估模式，有利於色彩選擇方案的數學化、定量化及電腦化。
- (四) 色彩計畫是件鉅細靡遺的工作，其目標之達成，除需透過周全的計畫外，更須藉助經常性之管理維護措施，方能有效獲致美化環境的目標。

本研究有下列數點建議：

- (一) 色彩計畫的影響因子，宜採模糊德爾菲調查方法調查分析，以健全因子的涵蓋面。
- (二) 繼續發展及改善本模式，並予以程式化，以利於建築色彩計畫的實際應用。
- (三) 利用人工智慧的技術建立一套專家系統，並建構色彩計畫資料庫及配色庫，輔助設計者色彩計畫的分析與評估，促進建築色彩的科學性與精確性。

參考文獻

1. 王 小璘、何友鋒，1985，台灣電力公司核能三 廠廠址及附近地區景觀規劃研究報告，台灣電力公司。
2. 王 小璘、何友鋒，1991，南部發電廠改建計畫景觀研究報告，台灣電力公司。
3. 王 小璘、何友鋒，1998，台中市新市政中心專用區都市設計暨景觀設計規範研究計畫，台中市政府，p.2-4。
4. 日本規格協會，1981，標準色票，JIS Z 8721，第 7 版。
5. 何友鋒，1990，工業建築與設施環境視覺品質評估與模擬之研究—以發電廠為例，景觀，pp135。
6. 林欽榮、廖淑珍、謝淑玲，1989，都市環境與色彩，建築師 (12)，第 81~92 頁。
7. 林盤聳，1995，企業識別系統，台北：藝風堂，第 50 頁。
8. 施淑心，1994，建築環境色彩設計，台北：淑馨，第 141 頁。
9. 同 24，第 150-151 頁。
10. 同 24，第 24 頁。
11. 謝啓鴻，1994，雙色色彩調和之研究—從色相、色調二 調和因子來探討，成功大學工業設計研究所碩士論文。
12. 陳明石，1995，環境色彩的計畫與調查方法之研究—以東海大學綜合教學大樓為例，國立台灣藝術學院藝術學報 (56)。
13. 區奕勤、張允迪，1991，模糊數學原理及應用，台北：儒林，pp183-185。
14. 黃耀榮，1989，從環境行為研究談都市景觀美學—論建築色彩的特質與應用，建築師(6)，第 70~72 頁。
15. 黃瑞育，1993，遊憩區開發程度與遊憩設施色彩選擇之研究—以涼亭為例，碩士論文，國立台灣大學園藝學系，台北。
16. 張保隆、陳耀竹，1994，模糊環境下計畫評述之研究：以郵政局興建計畫為例，管理與系統(1)2，pp.125-144。
17. 張素蓉，1994，透過模糊理論探討室內單色相基調色之意象，中原大學室內設計研究所。
18. 曾國雄、歐嘉瑞，1994，平衡小汽車成長可行措施之模糊多評估決策—羅古斯特模型與模糊 Topsis 方法之應用實證，中國行政評論 (3) 4，pp49-80。
19. 葉慧均，1993，應用模糊數學理論探討色彩意象，成功碩論。
20. 賀洪權，1993，論城市色彩，城市環境美學，台北：地景，第 159 頁。
21. 同 23，第 157 頁。
22. 蕭家賜，1997，透過電腦動畫輔助建築色彩計畫，東海大學建築研究所碩士論文，pp1-2-1-3。
23. 同 1。
24. 劉以興，1992，電腦輔助建築色彩計畫之研究，碩士論文，逢甲大學建築及都市計畫研究所，台中。
25. Lynch K,1984, The Image of the City, Massachusetts MIT Press.

26. Moon P and Spencer D E(1944) , Geometric formulation of Classical Colour harmony. Area in colour harmony. Aesthetic measure applied to colour harmony. J. Opt Soc Amer, 34(1,2 and 4).
27. Van Laarhoven, P. J. and Pedrycz, W. 1983, A Fuzzy extension of saaty's Priority Theory, Fuzzy set and Systems, pp.229-241.
28. Zimmerman, H. J., 1991, Fuzzy set theory and its applications, Kluwer Academic Publishers, p.33.

謝誌

本研究係國科會專題研究計畫 NSC-88-2411-H-324-001 之一部分，承蒙國科會經費補助，特此致謝。

A Study on the Fuzzy Evaluation Method of Colour Scheme for Urban Building

Yu-Feng Ho* Hsiao-Lin Wang** Shu-Ching Yao*

* Department of Architecture, Chaoyang University of Technology

** Department of Landscape Architecture, Tunghai University

(Date Received : September 07,2000 ; Date Accepted : September 28,2000)

Abstract

The performance of the colours of building materials evaluation, based on the psychological point of view, is a kind of multiple criteria decision problems. The traditional evaluation method does not incorporate qualitative measurement of psychological reaction. This problem could, however, be overcome by applying fuzzy multicriteria decision making method. This study tries to establish an evaluation system based on fuzzy Analytical Hierachy Process, which is a multiple criteria decision making approach in a fuzzy environment. The symmetric triangular fuzzy number is used to build the judgement matrices, by means of pair-wise comparison technique. In order to estimate the fuzzy eignvectors of these matrices, the interval arithmetic and α -cuts in conjunction with mean value of the interval are used. In this way, performance scores of the alternatives and the weights of various attributes could be aggregated and compared. Finally, the recommended method is demonstrated by a case study.

Keywords : Building colour scheme, Fuzzy Mathematics, Fuzzy evaluation method.

