

灰色系統理論於流行色預測上的研究

虞台文* 吳瑞卿** 魏朝宏***

* 大同大學學院資訊工程系所

** 大同大學學院物理組

*** 大同大學學院工業設計系所

(收件日期:86年09月19日;接受日期:87年12月13日)

摘要

灰色系統(Grey System)自1982年被提出後,在中國大陸被廣泛的應用在許多領域的預測上,如糧食產能預測、氣象預測、季節災變預測,均獲得令人滿意的結果。流行色的趨勢往往受社會的諸多因素影響如政治、經濟、文化、環保、治安等。這些因素除量化困難外,其交互影響關係亦不明確,此與灰色系統適用的條件領域吻合。因此,本研究嘗試以灰色系統做為流行色預測的方法。期能用一種較客觀的方法,透過統計分析歷年來的流行色以預測未來的流行色趨勢,作為流行色預測的參考。

本研究採用 NCD 色彩意象空間作為流行色的量化指標訂定的主要參考,再利用灰色系統預測未來的流行色的分布,實驗數據顯示以灰色系統作為流行色趨勢預測的基本模型,其預測的結果富參考價值。

關鍵詞：灰色系統，時間序列，流行色指標，NCD 色彩意象空間

一、前言

流行(fashion)是指人們在日常生活中,對某些新奇的行為、思考模式,偏持共同喜好,彼此仿效,經普及而形成社會的一股風尚。所以,流行必須能掌握時代的脈動,滿足人類心理與精神的需求,誠如流行服飾常由主題故事所帶來的意義更新所強烈地作用著,色彩便具備此流行上神秘難測的特性。所以,如何掌握流行契機、預測流行,實有待人們投注心力去探討。

所謂的預測乃利用某一現象相關的歷史資訊經歸納分析後,藉以探知該現象未來的可能發展。預測理論常假設某一系統的行為,遵從特定的數學模型(model),經由統計手段將未知的參數求算出來,則該系統未來的行為便可藉由該模型予以預測。傳統的預測理論多以迴歸理論(regression)為基礎,除了需要建立在大樣本(large sample)上外,尚須了解影響因子的交互關係以決定適當的預測模型。然而,在與社會、經濟活動等相關的各種系統上,經常會遭遇訊息不完全的情況,如參數不完全、關係訊息不明確、樣本不足夠等窘境,因此傳統的預測理論系統不易套用。

灰色系統(Grey System)係由中國人民華北理工學院的鄧聚龍教授於 1982 年所提出，該理論特別適用於前述的訊息不完全的情況，在中國大陸被廣泛的應用於許多領域的預測上，如糧食產能預測、氣象預測、季節災變預測，均獲得令人滿意的結果^{1,2,3,4,5,6}。流行色趨勢日日受社會的大環境如政治、經濟、文化、環保、治安等因素影響。這些因素除了量化困難外，其交互影響關係亦不明確，正與灰色系統適用的條件領域吻合。因此，本研究嘗試以灰色系統做為流行色預測的方法。

二、流行色預測現況

就國際上流行色的預測而言，於 1963 年在巴黎由十八個會員國組成國際流行色協會(Inter Color)，此協會每年分別於 1 月、7 月開會預測流行色，由各會員國提出兩月後的流行色提案，進而投票選定出流行基本色。至於各會員國是如何決定流行色的提案，就鄰近的 Inter Color 成員之一的日本而言，他們組織了日本流行色協會(Japan Fashion Color Association, 簡稱 JAFCA)，依據日本歷史、文化，及考量社會、經濟之變化，透過生活形態(消費習與企業)調查完成色彩調查資料，找出生活趨向，也將街外資訊交由各業種廠商色彩計畫人員所組成的專門委員會召開討論會，完成 JAFCA COLOR 的選定工作。至於我國雖然非為 Inter Color 會員國，未能參加正式的國際色彩會議，但國內也有幾個單位致力於流行色預測，其中紡拓會設計中心以預測有關服飾流行色為主，近幾年來他們所公布的流行色預測資料均臻國際水準，廣為國內外相關業界所熱愛與引用。其所做的流行色預測是藉由現有國內外雜誌中，將影響流行的因素作為背景資料，藉此對國際、台灣的生活形態作分析，再整理歷年流行色之 Hue/Tone 出現頻率；還特別組織一個新資訊讀書會，將有人閱讀的摘要及個人之判斷透過討論，抓出影響流行的因素，成為流行主題的靈感來源，進而選定兩月後的流行色。

以上的流行色預測方式雖然十分的周詳、完善，然而對於專家的依賴性卻很強，且較為主觀。在這高度科技化的社會中，如何量化歷年來的流行色，進而利用數學模式，作客觀的流行色預測，將可提供另一種較客觀的預測方法，讓一般人或流行色預測專家參考，確實是不可或缺的重要思考模式之一。

本研究試圖利用日本色彩研究所(Nippon Color and Design Research Institute, Inc., 簡稱為 NCD)所發出的 NCD 色彩意象量表及形容詞意象量表，將歷年來的流行色測色後，找得歷年流行色在色彩意象量表上的分布圖，再投射到形容詞意象量表，作為量化流行色指標，透過灰色系統，試圖建立流行色的預測模型。

三、色彩系統概述

在色彩複製(Color reproduction)⁷及色彩計劃(Color design)，通常都使用兩種不同的色彩系統。生產線上，大多以 CIE 的混色系(Mixing Color System)為主，其以應用心理物理學為基礎，將 CIE XYZ^{8,9}的刺激值定量的來描述顏色，是一種較客觀較科學的色系統，藉此再衍生出 CIE Lab 均勻的色系統，為生產線上修色等品管工作的利器。至於色彩計劃(包括企劃、設計、調查、行銷)，則以色彩心理知覺(color perception)為依據的色系統(如 Munsell

Color System H V/C) 色票^{10,11}，以及能對應到 Munsell 色空間的系統色名作為溝通的工具。以下僅就與本研究相關的色彩系統作一簡單敘述：

3-1 Munsell 色系(Munsell color order system)

1905 年美國藝術家 Albert H. Munsell 發表 Munsell Color System，基於人類心裡的色彩屬性——色相(hue)、明度(light)、彩度(croma)——構成三次元空間，以 H V/C 來表示色彩，如 5.0R 6/4 表示色相為 5.0R 明度為 6 彩度為 4 的顏色，且於 1929 年發行 Munsell book of color，後來美國光學學會(Optical Society of America)對此資料知覺性的不規則問題特予檢討改善，於 1943 年完成 Munsell Renotation System，廣為世界各國所採用。

3-2 CIE 色系

1924 年國際照明委員會 CIE (Commission Internationale d'Eclairage) 鑑於色彩表達的混亂，成立了色度學 (Colorimetry) 研究小組，制定了標準光源 A、B、C 及標準色度觀測者的配色函數，以此為依據，提出一個較客觀、較科學的 CIE Yxy 表示色，1976 年又提供 CIELAB 均勻色度色度座標，以 (L, a*, b*) 來描述色彩¹²。

3-3 NCD 色彩意象

日本色彩設計研究所所長小林重順經多次心理測量及統計方法的運用（如差異分析、集群分析、因子分析等），擷取三個心理軸向暖涼（warm-cool）、軟硬（soft-hard）、純濁（clear-grayish），構成色彩與語言有關聯的意象空間（image space）。由這種意象空間的架構，建立起兩個意象系統¹³，一個是色彩意象量表（color image scale），是由 NCD 自行開發的色相、色調系統（NCD Hue&Tone System）¹⁴所構成的，再藉此產生單色意象量表，另一個是形容詞意象量表（adjective image scale），把設計上常用的一百八十個形容詞安置在這個座標中。我們擬以這兩個 NCD 意象量表作為訂定流行色指標及建立預測模型的基礎。

四、灰色系統 (Grey System) 理論

本研究使用的流行色樣本是由紡拓會所提供的 1989 至 1997 年國際上各廠商所發表的流行色，此屬小樣本的情況，同時影響流行色的因子極其複雜且不明確，因此我們捨棄傳統以迴歸模型為主的預測理論，採用灰色系統。以下僅就灰色系統作一簡單敘述：

我們對於因子明確、關係清楚、作用原理明瞭的系統稱之為白色系統，例如存款與利息間之關係即屬白色系統。反之，訊息完全不明確的系統稱為黑色系統，至於訊息部分明確、部分不明確的系統稱為灰色系統⁶。在經濟、社會、商業界上有很多是屬於灰色系統，比如流行色預測，其影響因子所涵蓋的範圍很廣，牽涉社會、經濟及人文心理等各層面，訊息不完全明確，即屬灰色系統。對於灰色系統而言，由於影響因子不清楚，時間則為一個便於觀察的一個因子了。我們以時間序列（time series） $x^{(0)}(k)$ 為原始序列，表示如下：

$$x^{(0)}(k) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots)$$

灰色系統中的原始序列中之所有數據必須為正，若原始序列中有負值，我們可在序列中加上一定偏移量使之為正，以滿足此要求。

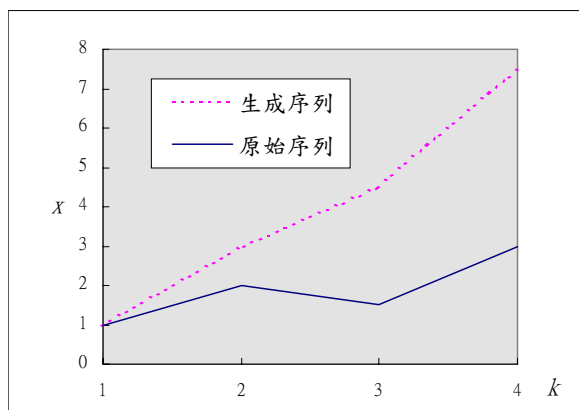


圖 1 灰色系統之原始序列與生成序列

圖 1 為 $x^{(0)}(k) = (1, 2, 1.5, 3)$ 之原始序列，此序列中的值隨著時間忽上忽下，沒有特定的規律。灰色系統理論中將原始序列 $x^{(0)}(k)$ 經過累加生成 (AGO) 手段生成一次累加生成數列 $x^{(1)}(k)$ ，如下：

$$\begin{aligned} AGO(x^{(0)}(k)) &= x^{(1)}(k) \\ &= (x^{(0)}(1), x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2), x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3), \dots) \\ &= \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \end{aligned}$$

若將之經 r 次的累加，則可生成 r 次的累加生成序列，如下：

$$AGO(x^{(r)}(k)) = \sum_{i=1}^k x^{(r-1)}(i)$$

由圖 1 可看出，原始序列經累加生成後變成遞增型 (monotonical increasing) 序列，且較有規律性，因此它可弱化原始數列的隨機性，增強規律性的作用。灰色系統預測中的單變數一階灰色模型 GM(1,1)，假設 $x^{(1)}(k)$ 序列可以配合 (fit) 到一階的微分方程的解之上，假設此微分方程為：

$$\frac{dx(t)}{dt} + ax(t) = b \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{其解} \quad x(t) = ce^{-at} + \frac{b}{a} \dots\dots\dots(2)$$

隨時間呈指數關係，與圖 1 中之累加生成序列形式大致吻合。因此灰色系統中的 GM(1,1) 模型定義了所謂的灰微分方程如下：

$$\begin{aligned} \cdot \text{ 且 } x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) &= x^{(0)}(k) \text{ 取代 } \frac{dx}{dt} \\ \cdot \text{ 且 } z^{(1)}(k) &= \frac{1}{2}x^{(1)}(k) + \frac{1}{2}x^{(1)}(k-1) \text{ 取代 } x(t) \end{aligned}$$

所形成的灰微分方程為：

$$\begin{aligned} x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) &= b \dots\dots\dots(3) \\ z^{(1)}(k) &= 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \end{aligned}$$

令

$$X = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

則(3)式可用以下矩陣表示

$$X = Z\hat{a} \dots\dots\dots(4)$$

其中(4)式中 $\hat{a}$ 即為灰微分方程所需之參數。由於 Z 並非方陣，我們以最小二乘法(least squared)來求解 $\hat{a}$ ，得

$$\hat{a} = (Z^T Z)^{-1} Z^T X \dots\dots\dots(5)$$

(5)式中 $(Z^T Z)^{-1} Z^T$ 稱為 Z 之虛擬逆矩陣(pseudo inverse)。a和b求出後，將邊界條件 $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ 代入(2)式，即可得出

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - b/a)e^{-ak} + b/a \dots\dots\dots(6)$$

藉由(6)式我們可以逆推成(IAGO)公式對序列 $x^{(0)}(k)$ 進行預測，如下：

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k)$$

五、流行色預測

本研究進行的步驟如圖2所示之流程：

5-1 搜集流行色色樣

在紡拓會設計中心的大力協助下，我們取得了1989~1997年間國際上各知名紡織業區域流行色資訊公司，如法國的Trend Union、Indigo、Promostyi，英國的ICA、Here&There、德國的Interstoff、日本的JAFCA及國際色彩協會Inter Color等機構所發表的流行色色樣共約2020色，我們採用這些具有代表性的流行色作為本研究的流行色樣本。

5-2 測色

為了將這些色樣轉換為可供統計分析用的色彩數據，我們採用較客觀的CIE Lab(L, a*,

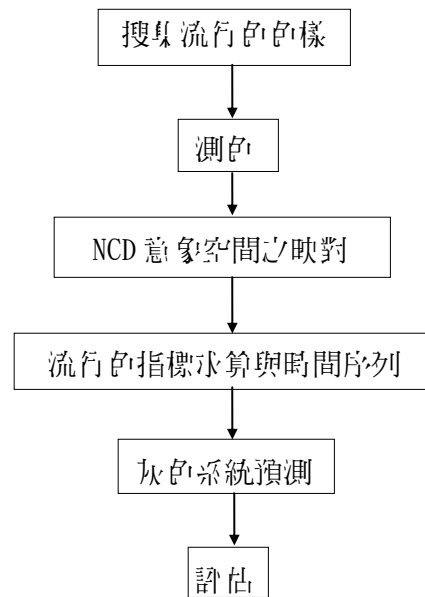


圖 2 研究步驟流程圖

b*) 色系，因而使用色彩分光儀 (Macbeth Color-Eye 3100) 測色，幾何條件為 $d/8^\circ$ ，取 2° 視角、D₆₅光源下的 CIE Yxy 及 L a* b*值，共得一千多組流行色的測色值 (L, a*, b*)。我們並將所有測色結果建為流行色樣資料庫以方便電腦處理。

5-3 流行色與 NCD 意象空間之映對

於 NCD 單色意象量尺(圖 3)中每一色系的 HV/C 經 Munsell 公司所發行的軟體轉換為 (L,a*,b*) 值，以最鄰近點(nearest neighborhood)方式將流行色資料庫中之各年度資料映對至 NCD 意象空間中。例如(圖 4)所示的為 1994 年春夏季流行色樣於 NCD 意象空間之分佈情形，圖中每一色票面積與其分布大小成正比。

5-4 流行指標求算與時間序列

討論流行的趨勢，首先要先訂定流行色量化指標，我們將 NCD 意象空間區分為四及九區塊 (圖 5)，每一區塊均賦予 NCD 座標上的語意碼以方便區分，各區塊可由其對應的語意編碼窺知其所象徵的色彩意象，如暖軟區塊表示熱情且柔和系列的顏色。將各年度的流行色樣本映對至 NCD 意象空間後，我們以每一區塊中出現的色樣百分比做為各年度流行之量化指標，並以年度先後排序後製作時間序列圖。

5-5 灰色系統預測模型之實施：

根據灰色系統理論中之 GM(1, 1)模型，我們撰寫預測程式，預測程式以時間序列為輸入，建模點數及預測年份可讓使用者以對話盒方式輸入，預測結果由視窗畫面上立即顯示，並顯示殘差，同時亦可利用繪圖功能由時間序列的圖形上觀察到預測殘差。

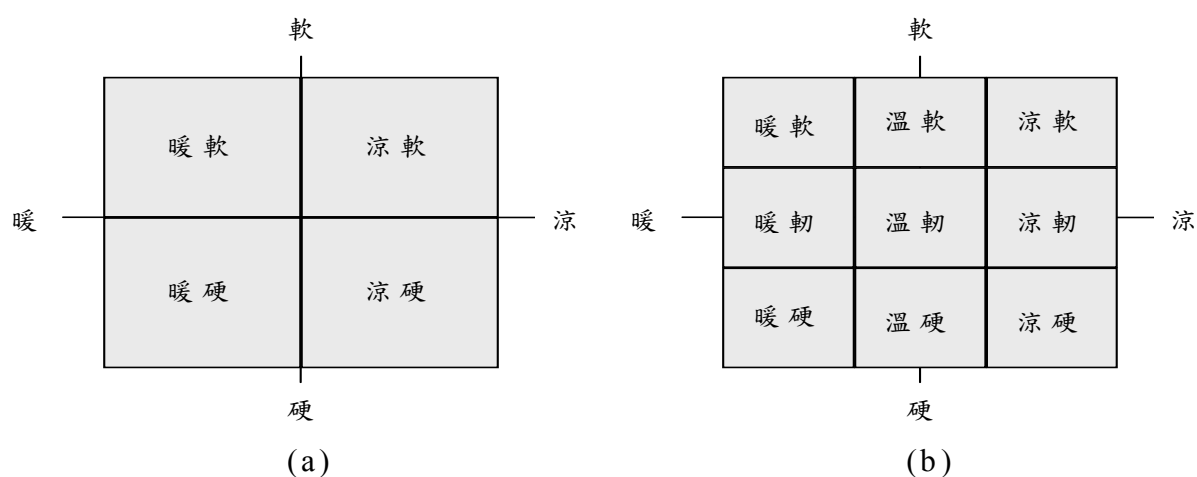


圖 5 NCD 形容詞意象空間之(a)四區分(b)九區分

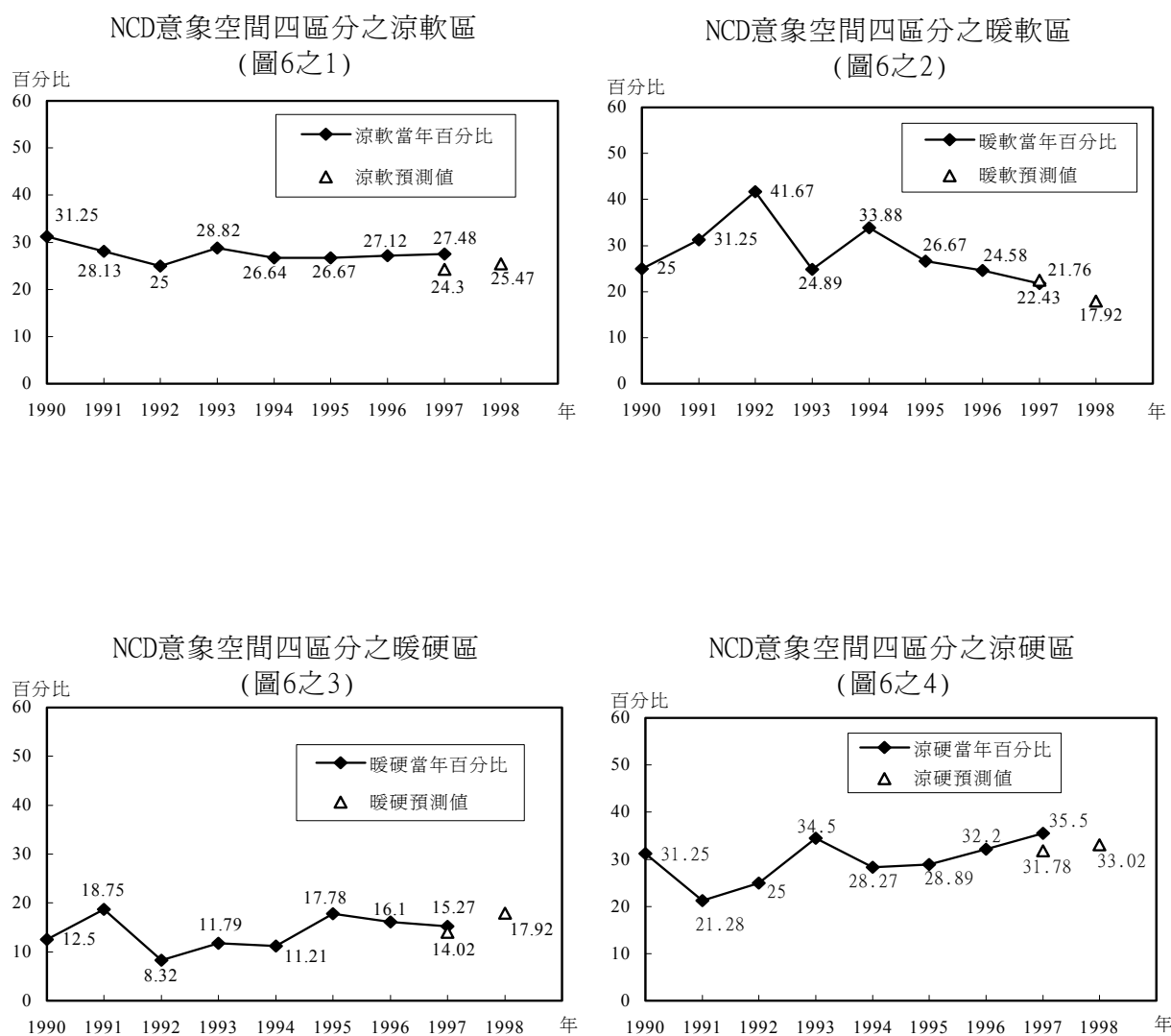


圖 6 NCD 意象空間四區分灰色系統之時間序列預測結果

5-6 評估

圖 6 為 1990-1997 年香港流行色經四區分後所得出的流行色時間序列，在這時間序列中由於資料有限，難看出其規律性，圖中△為以 7 點建模之 GM(1, 1) 模型所預測的 1997, 1998 年各區塊的分佈情形。由於 1997 年之流行色已知，我們可得知其殘差，而 1998 年之實際流行色分佈情況無法得知，我們僅將結果顯示在圖中，作為 1998 年流行色規劃時的參考。為了評估灰色系統預測模型之預測性能，我們定義性能判定係數 ρ^2 ，其求算方式如下：

$$\rho^2 = \frac{SSEP}{SST}$$

其中

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$SSEP = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

式中 i 為區塊編號， n 為總區塊數， $\bar{y} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{1}{n} \right)$ 為所預測年份流行趨勢均數。 y_i 為第 i 區塊之實際值， $\hat{y}_i$ 為所引用之預測模型對第 i 區塊之預測值。依據統計學之理論可知當 ρ^2 接近 0 時，灰色預測模型可以從時間序列中攝取充分的預測資訊，反之若 $\rho^2 > 1$ 時，則灰色預測模型無法由時間序列中取得有效的預測資訊。下表所顯示的為 4-7 點建模所得出之判定係數，吾人可從表中得知灰色預測模型的預測結果應可作為未來訂定流行色之重要參考。

(a) NCD 意象空間四區分之預測性能判斷係數

建模點數	4	5	6	7
SST	221.571	221.571	221.571	221.571
SSEP	47.382	75.36	109.888	25.962
ρ^2	0.21384	0.3401	0.4960	0.11717
ρ	0.46243	0.5832	0.70424	0.34231

(b) NCD 意象空間九區分之預測性能判斷係數

建模點數	4	5	6	7
SST	763.466	763.466	763.466	763.466
SSEP	138.153	145.530	402.197	99.944
ρ^2	0.18096	0.19062	0.52680	0.13091
ρ	0.4253	0.4366	0.72581	0.36181

5-7 與迴歸預測模型結果的比較

流行色之趨勢固然被認為會受到世界的大環境的變遷而影響，然而其間的因果關係是錯綜

複雜的，由不同的流行色專家在同樣的時代背景下，並由其獨立的選定來年的流行色彩，勢必（未經證實）亦會有著顯著的差異。本研究以日本歷年來的經濟指標（包括）作為迴歸因子，經由和灰色系統同樣的方式算出其性能判定係數。將 NCD 意象空間分為四區塊時得 $\rho^2=2.75$ ，將 NCD 意象空間分為九區塊時得 $\rho^2=1.41$ 由於其值均大於 1，得知吾人並無法經由經濟因子以線性預測模型來預測流行趨勢。同時，我們以變異數分析（ANOVA）進行迴歸判定係數 $r^2=0$ 之檢定（ $H_0: r^2=0, H_1: r^2 \neq 0$ ），沒有顯著證據足以推翻 H_0 ，其結果亦顯示經濟量化指標和流行色分佈非是簡單的線性關係。因此更使我們相信灰色系統理論於流行色預測上的貢獻。

六、結論

本研究提出將流行色量化的具體方法，將各年度流行色資訊與 NCD 意象空間取得對應，使人們可以瞭解流行色反應在人類心理層面上的變動趨勢。為方便研究的進行，我們在 windows 環境下以 Visual C++ 製作了電腦相關軟體，簡化了流行色資料蒐集、分析、預測等的繁雜過程。

影響流行色趨勢的因子必然是錯綜複雜的，我們採用灰色系統理論在流行色時間序列上作趨勢預測。灰色系統的特性之一在於其不需要擁有浩大的樣本來進行預測，這樣的特性正好是統計學所不足的，實驗結果顯示了灰色系統理論所預測的結果尚令人滿意。

預測理論是必須經過千錘百鍊，不斷的加以修正與驗證以提升其準確性。本研究使得國人在流行色的預測上有了個很好的起步，我們期待未來的流行色資訊能不斷的輸入本系統測試，並建立完整的流行色資料庫，藉由完整的資料，可以更有效的來驗證及改進預測模型，以臻完善。

七、致謝

本研究係透過紡拓會轉委託自經濟部 86 年度科技處「紡織品設計技術開發與推廣計畫」之計畫「影響流行色彩之參數量化指標研究」，其間獲經濟部的資助及紡拓會的全力協助才得以順利完成，特此印致十二萬分的謝意。

參考文獻

1. Hongxing, 1990, W. Fengying, and G. Jin, "A new calculating scheme for grey modeling" The Journal of Grey Systems Vol.2, pp.323-333.
2. Li Bingqian, 1991, "The characteristics of original sequence and the selection of grey model" The Journal of Grey Systems Vol.3, pp.163-170.
3. Tamura, 1992, Z. Deping, N. Umeda, and K. Sakashita, "Load forecasting using grey dynamic model" The Journal of Grey Systems, Vol.4, pp.49-58.
4. L. Deng, 1989, "Introduction to grey system theory" The Journal of Grey Systems, Vol.1, No.1, pp.1-24.
5. 鄧聚龍, 1987, 灰色系統基本方法, 武漢: 華中理工大學出版社.
6. 鄧聚龍, 1996, 灰色控制系統, 武漢: 華中理工大學出版社
7. H. Widdel & D.L. Post, 1992, Color in Electronic Displays, Plenum Press, pp.9-13.
8. R. W. G. Hunt, 1988, the Reproduction of Color, Fountain press (England).
9. G. J. Chamberlin & D. G. Chamberlin, 1980, Color its Measurement – Computation and Application, Heyden & Sin Ltd., pp.22-25.
10. Munsell Book of Color Glossy Finish Collection, Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp..
11. Munsell Book of Color Nearly Neutrals Collection, Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp..
12. Gunter Wyszecki, 1982, W. S. Stiles, Color Science, 2nd Edition, John Wiley & Sons pp.130-164.
13. Shigenobu Hobayashi, 1981, "The Aim and Method of the Color Image", Color Research & Application, pp.93-107.
14. 1969, Nippon Color & Design Institute Co., M.M. Color Chart II, NCD, pp.2-86.

Using Grey System Theory to Fashion Color Prediction

Tai-Wen Yue* Ray-Chin Wu** Tsao-Hung Wei***

* Department of Computer Science & Engineering , Tatung Institute of Technology

** Physic Section, Tatung Institute of Technology

*** Department of Industrial Design, Tatung Institute of Technology

(Date Received : September 19,1997 ; Date Accepted : December 13,1998)

Abstract

Since of grey system theory was proposed in 1982, it has been successfully applied to many fields such as the prediction in crop productivity, weather change and seasonal disasters. The trend of fashion colors is influenced by many factors such as politics, economy, culture, and public security. Apparently, it is very difficult to quantify those factors. Besides, the interaction effect among them is also uncertain. Such a state of affairs matches the condition domain the grey system can apply to. Therefore, in this research we try to build a fashion-color prediction model using grey system theory. We hope such a prediction model, which gives the future fashion-color distribution by analyzing historical data, can objectively provide important information for the experts involved in determining the future fashion-colors.

In this research, we use the NCD color-image space to quantify the historical fashion-color data so as to obtain quantitative indices to form time series. These data can then be fed into the grey prediction model to predict the possible fashion-color distribution of coming years. The experimental result reveals that the model can give valuable information in determining the future fashion-colors.

Keywords: Grey System, Time Series, Fashion-Color Index, NCD Color Image Scale

