

灰色理論應用在皮膚生理分析

李雅婷^a, 陳韋存^b, 邱謙松^{b*}

Ya-Ting Lee^a, Wei-Chan Chen^b, Chian-Song Chiu^{b*}

^a 建國科技大學美容系

^b 中原大學電機工程系

* 通訊作者: cschiu@dec.ee.cycu.edu.tw

摘要

本研究主要是應用灰色系統理論 GM(1,N) 與 GM(0,N) 模型進行皮膚生理因子權重分析。首先針對台灣中部地區 18-52 歲女性進行皮膚生理指標檢測, 包括皮膚彈力、酸鹼值、血色素、皮脂含量及經表皮水分散失量等五項因子, 接著應用灰色系統理論對皮膚生理指標因子權重分析, 實驗模式以不同年齡之皮膚特性, 求出皮膚生理系統因子之權重相關聯性。

關鍵字: 灰色權重, 皮膚生理

Abstract

This research mainly uses the grey systematic theory GM(1,N) and GM(0,N) model to analyze skin physiological factors. At first, we measure the physiological indicators of skin for the females of 61 in Taiwan. The ages between 18-52 years old. The test includes five factors: skin elasticity, pH value, skin pigmentation, skin surface lipids, and skin epidermal hydration. Then, we use the grey systematic theory to skin physiological factor analysis. The relationship of the skin physiology is obtained and applied to understand the skin characteristic.

Keyword: Grey theory, relationship weight, skin physiology

1

1、前言

皮膚為人體最大的器官組織, 除了提供人體的防護外, 同時也反映出一個人的心理和生理狀態, 皮膚的狀況並非簡單的可以從肉眼看出, 必須藉由專業儀器

測量得知皮膚的生理特性, 再用以判斷膚質的狀況 [1]-[3]。目前臨床上測試的儀器很多, 但大部分皆是分析皮膚特性, 並未做周詳膚質之診斷及依其正常年齡之皮膚生理狀況進行分析。故本研究藉由灰色理論, 並利用 Matlab 強大的函數計算功能, 以臨床篩選不同膚質的受試者建立的實驗數據, 來進行皮膚生理指標間的關聯程度分析, 並發展成實務之系統。

灰色理論主要是由鄧聚龍教授在 1982 年國際經濟學會議上所提出, 灰色理論包含了 GM 模型、灰色預測、灰關聯分析、灰色統計與聚類、灰色決策、灰色控制等。主要應用範圍也很廣, 分別應用在於運動、教育、醫療、管理應用、工程 [8]-[14]。對於灰色系統理論的研究而言, 大部分多在理論上的分析, 而灰色系統理論的發展已經超過二十年, 在台灣也有十多年, 並且成為熱門的研究主題。其優點為所建立的模型屬於非函數型之序列模型具有計算方法簡便易行及不須符合典型的分布規律。因此本研究將灰色模型做軟體的整合, 應用於皮膚系統之生理指標評估將具可行性。

本研究考慮臨床不同案例膚質的生理狀態, 包括年齡、油脂、酸鹼值、彈性、保濕能力及色澤六項因子來進行皮膚生理指標關聯度因子權重評估之分析, 其結果為

(1) 隨年齡增加, 皮膚彈力度快速變小, 皮膚酸鹼值降低(趨於酸性), 經表皮水分流失率增加, 即保濕能力變差。

(2) 若要維持皮膚彈力度, 必須維持皮膚酸鹼值(PH 值正比於皮膚彈力度), 且保濕程度愈佳, 其彈性度愈佳。此結果將做為往後醫學美容及美容研究相關領域參考。

2、研究方法

¹ 本文由經濟部學研計畫 98-EC-17-A-07-S2-0029 提供經費。

首先，對一般女性實施皮膚生理指標檢測，建立生理指標資料庫。接著利用灰色理論進行生理指標因子關聯度權重分析。以了解生理指標互相的影響，並提出皮膚護理之建議。

2.1 皮膚生理檢測

(一)、生理檢測指標

本研究提出之生理指標包含六項，分別為年齡、皮膚彈力、皮膚酸鹼值，皮膚油脂，皮膚血色素值、及經表皮散失之水分量[6, 7]。檢測對象及指標說明如下：

1. 年齡：為達到生理分析之有效性，考慮年齡分佈由18歲至52歲之受測者。共分成二群25歲以下及25歲以上之受測者。

2. 皮膚生理指標：皮膚彈力、皮膚酸鹼值、皮膚油脂、皮膚血色素、經表皮水分散失之水分量，分別代表人體皮膚彈性度、PH 值、油脂分泌、表皮色素、及保濕程度。

(二)、檢測環境評估：

1. 估應用及分析如下：

(1) 檢測條件：檢測時之溫度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $45 \pm 5\%$ 。此條件之下，可以測得最佳狀況，所以溫度及濕度須事先設定。

(2) 檢測人數：取樣 50-60 人，涵蓋受測之範圍及測定之數據可供做統計分析處理。

(3) 受測年齡層及性別：18-40 歲以上之女性為主。

(4) 測定皮膚之部位：因不同皮膚部位會有不同角質水分、皮脂及色素等。本研究以臉頰左右兩邊作為測定之部位，檢測 3 次。

(5) 受測部位皮膚之清潔：事先用非酒精性乳液或清潔乳液擦洗，需等 3 小時讓皮膚恢復原狀，才可檢測。

(6) 皮膚性質：採用乾性皮膚、油性皮膚各半，受測 3 次。但有過敏性皮膚者，將排除在本實驗之外，不擬列入。

(三)、皮膚之生理分析儀器

(1) 皮膚彈性(Cutometer): 利用超音波原理(聲納探測)，因為彈力纖維組織交錯，所以每個測量點需要測量四個角度再求平均值。

(2) 皮膚酸鹼值 (PC Skin-pH-Meter 905 型):以工業

酸鹼值棒改良，利用專用軟體或液晶螢幕判讀結果。

(3) 皮脂分泌(Sebumeter-810): 利用一種特殊的半透明紙材，遇油會變透明，愈油愈透明的特性，先將乾淨紙材送進紅外線感應區內起掃描一次，再將測量區域輕貼於欲測量區域，待機器指定之時間到達後，將吸附過皮脂的紙帶再送進紅外線感應區內起掃描其透明度，即可知皮脂分泌量。

(4) 皮膚色素(Mexameter MX16 型): 利用光譜反射原理以用全光譜測量 LAB 值；或設定某一波長測量黑色素及血紅素數值。

(5) 經表皮散失之水分量(Tewameter):利用一個非常敏感的微小晶片，捕捉皮膚散發出之水分子，藉以測量皮膚水分流失速率。

本研究共檢測 61 位台灣中部地區女性，檢測結果如表 1 所示。根據此原始數據將利用灰色理論進行皮膚生理指標關聯度分析。

2.2 灰色理論

A. GM(1,N)模型

假設

$$x_1^{(0)} = (x_1^{(0)}(1), x_1^{(0)}(2), \dots, x_1^{(0)}(n))$$

為系統特徵序列，其中 n 為序列長度。而相關因素序列為

$$x_2^{(0)} = (x_2^{(0)}(1), x_2^{(0)}(2), \dots, x_2^{(0)}(n))$$

$$x_3^{(0)} = (x_3^{(0)}(1), x_3^{(0)}(2), \dots, x_3^{(0)}(n))$$

$\vdots$

$$x_N^{(0)} = (x_N^{(0)}(1), x_N^{(0)}(2), \dots, x_N^{(0)}(n))$$

其中定義 N 為原始序列元素個數， $x_i^{(1)}$ 為 $x_i^{(0)}$ 的 1-AGO (一次累加生成) 序列 ($i=1, 2, \dots, N$)， $z_1^{(1)}$ 為 $z_1^{(1)}$ 的緊鄰均值生成序列，則稱下式

$$x_1^{(0)}(k) + az_1^{(1)}(k) = \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k) \quad (1)$$

為 GM(1,N)模型，此處 k 為預測序列中元素個數。

在 GM(1,N)模型中， a 稱為系統發展係數， $b_i x_i^{(1)}(k)$ 稱為驅動項， b_i 稱為驅動係數， $\hat{a} = [a, b_2, \dots, b_N]^T$ 稱為參數列，即為關聯權重值。

定理一：

設 $x_1^{(0)}$ 為系統特徵序列， $x_i^{(0)} (i=1, 2, \dots, N)$ 為相關因素數據序列， $x_i^{(1)}$ 為 1-AGO 序列， $z_1^{(1)}$ 為 $x_1^{(1)}$ 的緊鄰均值生成序列。則參考數列 $\hat{a} = [a, b_2, \dots, b_N]^T$ 的最小二乘估計關聯權重值滿足 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ ，其中

$$Y = \begin{bmatrix} x_1^{(0)}(2) \\ x_1^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x_1^{(0)}(n) \end{bmatrix} B = \begin{bmatrix} -z_1^{(1)}(2) & x_2^{(1)}(2) & \cdots & x_N^{(1)}(2) \\ -z_1^{(1)}(3) & x_2^{(1)}(3) & \cdots & x_N^{(1)}(3) \\ \vdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -z_1^{(1)}(n) & x_2^{(1)}(n) & \cdots & x_N^{(1)}(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b_2 \\ \vdots \\ b_N \end{bmatrix}$$

利用定理一，假設 $\hat{a} = [a, b_2, \dots, b_N]^T$ ，則可得 GM(1,N) 一次生成模型。

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + ax_1^{(1)} = b_2 x_2^{(1)} + b_3 x_3^{(1)} + \cdots + b_N x_N^{(1)} \quad (2)$$

其中

$$x_1^{(0)}(k) + az_1^{(1)}(k) = b_2 x_2^{(1)}(k) + b_3 x_3^{(1)}(k) + \cdots + b_N x_N^{(1)}(k)$$

為白化方程，也稱影子方程

定理二：

設 $x_i^{(0)}$ 、 $x_i^{(1)} (i=1, 2, \dots, N)$ 、 $z_1^{(1)}$ 、 B 、及 Y 如定理一所述，且 $\hat{a}$ 為 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ ，則白化方程如第(2)式的解為

$$\begin{aligned} x^{(1)}(t) &= e^{-at} \left[\sum_{i=2}^N \int b_i x_i^{(1)}(t) e^{at} dt + x^{(1)}(0) - \sum_{i=2}^N \int b_i x_i^{(1)}(0) dt \right] \\ &= e^{-at} \left[x_1^{(1)}(0) - t \sum_{i=2}^N \int b_i x_i^{(1)}(0) + \sum_{i=2}^N \int b_i x_i^{(1)}(t) e^{at} dt \right] \end{aligned} \quad (3)$$

當 $x_i^{(1)} (i=1, 2, \dots, N)$ 變化幅度很小時，可視 $\sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k)$ 為灰常量，則 GM(1,N) 模型如第(2)式的近似時間響應式為

$$\begin{aligned} \hat{x}_1^{(1)}(k+1) &= \left(x_1^{(1)}(0) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k+1) \right) e^{-ak} \\ &\quad + \frac{1}{a} \sum_{i=2}^N b_i x_i^{(1)}(k+1) \end{aligned} \quad (4)$$

其中， $x_1^{(1)}(0)$ 取為 $x_1^{(0)}(1)$ 。累減還原式為

$$\hat{x}_1^{(0)}(k+1) = \alpha^{(1)} \hat{x}_1^{(1)}(k+1) = \hat{x}_1^{(1)}(k+1) - \hat{x}_1^{(1)}(k)$$

GM(1,N) 差分模擬式為

$$\hat{x}_1^{(0)}(k) = -az_1^{(1)}(k) + \sum_{i=2}^N b_i \hat{x}_i^{(1)}(k)$$

上式將可應用於皮膚生理指標模型的建立，及生理數值的估測，有助於量測之減少。

B. GM(0,N)模型

設 $x_1^{(0)}$ 為系統特徵數據序列， $x_i^{(0)} (i=1, 2, \dots, N)$ 為相關因素序列， $x_i^{(0)}$ 為每個 $x_i^{(0)} (i=1, 2, \dots, N)$ 的 1-AGO 序列，則稱

$$x_1^{(1)}(k) = b_2 x_2^{(1)}(k) + b_3 x_3^{(1)}(k) + \cdots + b_N x_N^{(1)}(k) + a \quad (5)$$

為 GM(0,N) 模型。GM(0,N) 模型不含導數，因此稱為靜態模型。它形如多元線性迴歸建模但與一般的多元線性迴歸模型有著本質區別。一般多元線型迴歸建模以原始數據序列為基楚，GM(0,N) 的建模基礎則是原始數據的 1-AGO 序列。

與灰色 GM(1,N) 模型相似，灰色 GM(0,N) 模型的灰色模型關聯權重值可由下面定理求得。

定理三：

設 $x_1^{(0)}$ 為系統特徵序列， $x_i^{(0)} (i=1, 2, \dots, N)$ 為相關因素數據序列， $x_i^{(1)}$ 為 1-AGO 序列。則參考數列 $\hat{a} = [a, b_2, \dots, b_N]^T$ 的最小二乘估計關聯權重值滿足 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ ，其中

$$B = \begin{bmatrix} x_2^{(1)}(2) & x_3^{(1)}(2) & \cdots & x_N^{(1)}(2) \\ x_2^{(1)}(3) & x_3^{(1)}(3) & \cdots & x_N^{(1)}(3) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_2^{(1)}(n) & x_3^{(1)}(n) & \cdots & x_N^{(1)}(n) \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x_1^{(1)}(2) \\ x_1^{(1)}(3) \\ \vdots \\ x_1^{(1)}(n) \end{bmatrix}$$

C. 關聯度分析

將 GM(1,N) 及 GM(0,N) 模型灰色系統視為一具輸入與輸出關係的近似模型，輸入因子與輸出因子間的關聯度可由模型參數列求得。即利用選擇適當的生理指標為主要因子，其為模型輸出，而其他關聯因子為輸入，即可由參數列 $\hat{a}$ 如定理一及定理二所示，求出輸入與輸出因子間的關聯程度。方法如下：

(1) 當分析年齡與其他生理指標關聯度時，則考慮如圖

1 所示之分析方塊圖。

(2) 當分析彈力(酸鹼值)與其他生理指標關聯度時，則考慮如圖 2 所示之分析方塊圖。當考慮酸鹼值為主要因子時，將彈力與酸鹼值位置互換。

3、結果分析

本文分析對象以臺灣中部地區之女性為主，共檢測 61 位受試者，年齡在 18-52 歲之間，利用灰色理論將皮膚之生理數據之變數為分析因子，求出生理因子之關聯度權重。分析之原始數據如表 1 所示，根據圖 1 及圖 2 之灰色 GM(1,N)及 GM(0,N)模型理論關聯度分析方塊圖，可皮膚生理指標之相互關聯度。

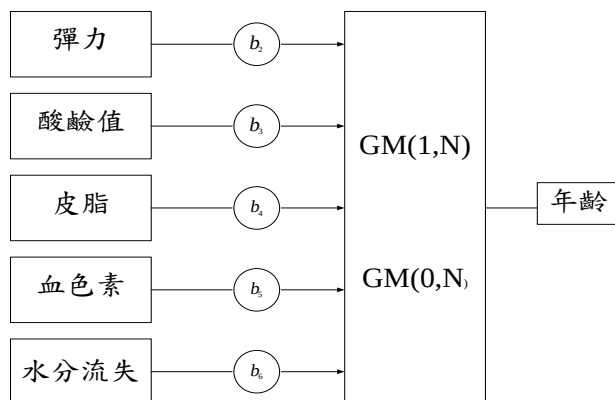


圖 1 年齡關聯度分析方塊圖

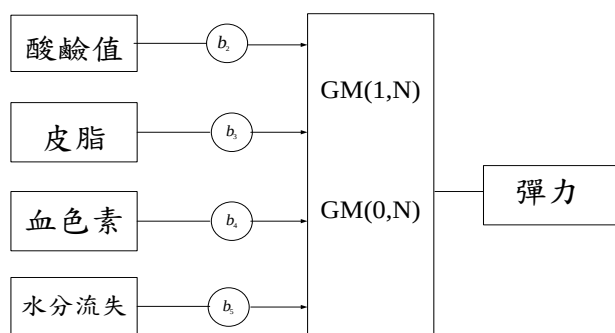


圖 2 以彈力(酸鹼值)為主分析方塊圖

首先，根據圖 1 灰色理論分析方塊圖進行年齡關聯度分析，將年齡設為主要因素，分別代入 GM(0,N)及 GM(1,N)，求出其他生理指標及年齡之關聯權重。分析結果如圖 3 所示，其中可得權重值愈大，表示影響愈大。由圖 3 可知，年齡與皮膚彈力、酸鹼值，水分流失率最具相關性。由權重值得知，隨年齡增加，皮膚彈力度快速變小，皮膚酸鹼值降低(趨於酸性)，經表皮水分流失率增加，即保濕能力變差。為進行一步說明

此結果，我們將原始數據進行平均值分析，如表 2。

表 1 原始測量數值

年齡	彈力	酸鹼值	皮脂	血色素	水分流失
20	0.89	5.28	150	268	15
20	0.8	4.5	278	200	15
22	0.81	4.96	158	356	15
22	0.78	4.6	204	190	16
22	0.82	6.15	227	192	18.8
23	0.95	5.23	167	420	12
23	0.86	5.7	143	167	14.5
24	0.87	4.86	121	150	13
24	0.82	4.5	220	257	16
24	0.88	5.38	157	198	19.9
24	0.78	5.95	114	142	40.3
25	0.82	4.82	136	279	13
25	0.76	5.88	140	217	16.8
25	0.66	5.78	120	152	13
28	0.92	4.86	188	268	17
28	0.83	5.68	256	227	20.2
29	0.78	4.8	178	178	20
31	0.77	4.75	148	230	17
33	0.88	5.33	185	156	15
39	0.87	4.88	82	199	24
42	0.77	5.2	110	380	21

表 2 各項數值平均值

平均值	彈力	酸鹼值	皮脂	血色素	水分流失
25 歲以下	0.81675	5.24775	172.225	230.25	16.8475
25 歲以上	0.785714	5.098095	130.619	267.7143	21.1

根據表 2 可得，皮膚彈力度與年齡的關係為

25 歲以下 > 25 歲以上

皮膚酸鹼值與年齡的關係為

25 歲以下 > 25 歲以上

皮膚水分流失率與年齡的關係為

25 歲以下 < 25 歲以上

接著，去除年齡影響度，根據圖 2 所示方塊圖分析彈力度及酸鹼值生理指標之關聯因子。我們將年齡層分為 25 歲以下和 25 歲以上，且將年齡因素剔除，先以彈力值為主要序列，利用 GM(1,N)及 GM(0,N)模型分別求出權重因子。分析結果如圖 4 及圖 5 所示。同樣以年齡 25 歲為分界，以酸鹼值為主要因子，利用 GM(1,N)及 GM(0,N)模型分別求出權重因子。如圖 6 及圖 7 所示。

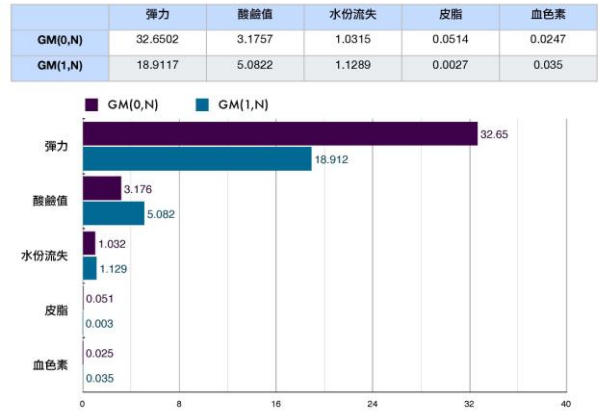


圖 3 以年齡為主



圖 4 25 歲以下以彈力為主的權重因子

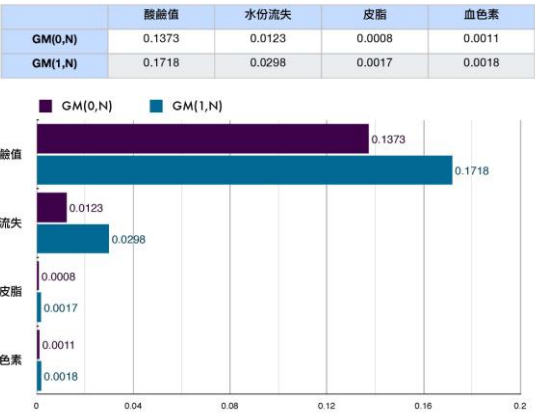


圖 5 25 歲以上以彈力為主的權重因子

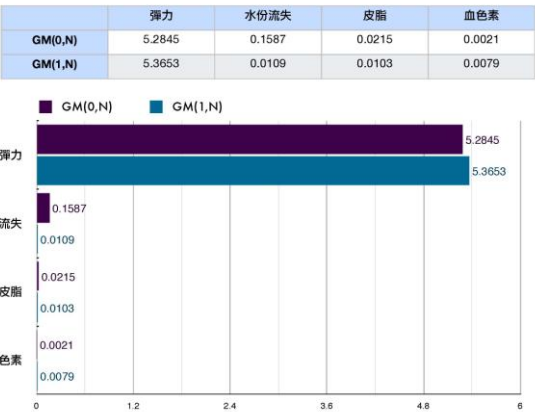


圖 6 25 歲以下以酸鹼值為主的權重因子

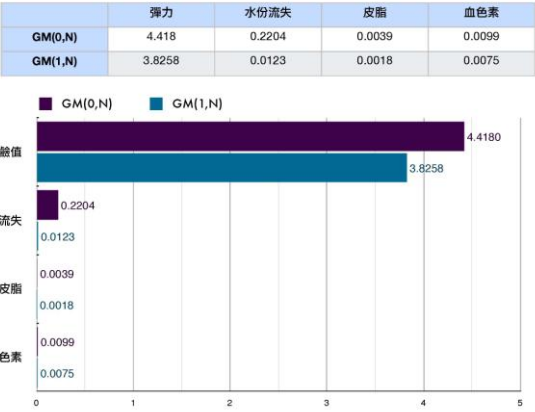


圖 7 25 歲以上以酸鹼值為主的權重因子

由上述分析結果，二個年齡層其彈力度跟酸鹼值及表皮水分流失量最具相關。意味著若要維持皮膚彈力度，必須先維持皮膚酸鹼值(PH值正比於皮膚彈力度)，並必須減少表皮水分流失量，經表皮水分流量愈少，保濕程度愈佳，其彈性度愈佳。

4、結論

以往皮膚生理評估研究方法大多採用傳統統計之分析，通常要求大量資料，若要符合相關條件限制，臨床研究上常常無法配合，導致研究結果失去真實性。灰色關聯分析法可以克服上述缺失，具有計算方法簡便易行的優點。此分析結果有助於瞭解皮膚生理指標之關聯度，進而應用於皮膚生理保健之決策。

5、參考文獻

- [1] Black, D., Del Pozo, A., Gall, Y, "Seasonal and anatomical variations in the surface state of the stratum corneum" *Journal of Investigative Dermatology*, vol 108, p.824, 1997.
- [2] Sator, P. G., Schmidt, J. B., Hönigsmann, H., "Comparison of epidermal hydration and skin surface lipids in healthy individuals and in patients with atopic dermatitis," *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol.48 , p. 352-358, 2003.
- [3] Tupker, R. A., Schuur, J., Coenraads, P. J., "Irritancy of antiseptics tested by repeated open exposures on the human skin, evaluated by non-invasive methods," *Occupational Health and Industrial Medicine*, vol. 38, p. 83-84, 1998.
- [4] Wen, K. L., "Grey systems: modeling and prediction," USA, Yang's Scientific Research Institute, 2004.
- [5] Wen, K. L., "Apply MATLAB in grey system theory," Taipei, CHWA Publisher, 2006.
- [6] Wissing, S. A., Müller, R. H., "The influence of solid lipid nanoparticles on skin hydration and viscoelasticity- in vivo study," *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, vol. 56, p. 67-72, 2003
- [7] Tupker, R. A., Schuur, J., Coenraads, P. J., "Irritancy of antiseptics tested by repeated open exposures on the human skin, evaluated by non-invasive methods," *Occupational Health and Industrial Medicine*, vol. 38, p.83-84, 2003.
- [8] 溫坤禮、張簡士琨、葉鎮愷、王建文、林慧珊，MATLAB 在灰色系統理論的應用，全華，2006。
- [9] 鄧聚龍，灰色系統理論與應用，高立，2003。
- [10] 劉思峰、黨耀國、方志耕，灰色系統理論及其應用，科學，2004。
- [11] 鄧聚龍、郭洪，灰預測原理與應用，全華，1996。
- [12] Xue, H. B, W, Y, "A further optimization in an optimized grey GM(1,1) model," *Journal of Grey System*, vol. 11, p. 107-112, 2008.
- [13] Zhou, P. W., "The optimization of background value in grey model GM(1,1)," *Journal of Grey System*, vol. 9 , p. 139-142, 2006.
- [14] Proceeding of The 2002(7th) National Conference on Grey System Theory and Application.