

模糊色彩量化區域特徵選取之彩色影像檢索方法

王順吉 吳怡興 何應魁 江清泉 蔡孟材

國防大學中正理工學院資訊科學系

sjwang@ccit.edu.tw

摘要

植基於影像內容檢索(content-based image retrieval, CBIR)之方法常使用色彩、形狀、紋理等各種不同特徵，作為影像檢索比對之依據。其中色彩尤為重要，但必須正確且有效的對色彩直方圖量化。本文提出模糊色彩量化區域特徵選取之彩色影像檢索方法，其目的主要在降低因色彩量化誤差所造成之誤判，並結合區域之外形及紋理特徵，提供區域選取之檢索方式。首先利用模糊聚類(FCM, Fuzzy-C-Mean)分群法，找出彩色影像最具代表性之色彩，作為相似度比對以及區域選取之依據。接著結合區域之外形特徵及紋理特徵，作為原始影像的索引特徵值。經由實驗印證本文所提之方法，影像檢索之正確率均高於色彩均等量化法與查表量化法。並且採用 CIE LAB 之色彩空間，比採用 RGB、及 HSV 色彩空間較不受亮度變化誤判之影響。同時，以區域檢索方式正確率會高於以全影像檢索之方式。

關鍵詞：影像檢索、色彩直方圖、模糊聚類分群法、區域檢索

一、前言

隨著多媒體資訊科技的進步，數位相機、數位攝影機、掃描器、照相機等科技產品的普及，以及網際網路的便利，數位影像隨手可得，因此如何正確且有效率的管理日趨增多的數位影像愈顯得重要。

1970 年代早期，傳統檢索影像的方式是透過輸入關鍵文字或是以人工附加文字備註的方式作為檢索時的依據[15]，但是無論用使用關鍵文字或附加人工備註的描述方式，除了在建置資料庫時需花費大量的時間外，使用者也時常因缺乏相關領域的專業知識，無法準確的下達查詢要求，造成檢索時的遺漏與錯誤。1990 年代，為了解決這樣的問題，基於影像內容的檢索(content-based image retrieval, 簡稱 CBIR)方法因而產生[26]，目的是讓使用者以簡單有效的方式對影像內容的特徵進行檢索。

CBIR 主要是透過前置擷取影像內容的特徵值，例如影像的色彩(color) [31,7,19,33,24]、形狀(shape)[19,33]、紋理(texture)[24,11]、空間關係

(spatial relationship) [33]等特徵值作為影像檢索的標準，然後再與資料庫中的影像特徵值進行比對，特徵值相近的影像將會被回饋給使用者。另外有些系統除了使用影像特徵值作為檢索時的標準外，另發展出影像關聯回饋(Relevance Feedback)[39]，使用者可自行圈選範例影像中感興趣的區域(Region of Interest)[18]，以及由使用者自行改變影像特徵權重等機制，以達到更客製化的檢索方式。

在影像檢索系統設計中，色彩常作為影像檢索之特徵值[31,7]，而色彩直方圖(color histogram)則最常用來作為色彩相似度比對之依據。其優點在於相同的影像不會因為大小的改變或是旋轉角度的變化而有所不同，因此有利於影像的檢索與比對。但色彩直方圖若未量化，則色彩空間維度高，計算比對複雜，實用性低。傳統處理色彩直方圖大多採用均等量化法[19]或查表量化法[7]，這些方法缺點為量化誤差過大，使得影像比對時易產生錯誤。而且若採用 RGB 色彩空間處理顏色，則易受亮度變化(lightning intensity changes)干擾而誤判。另外，若只考慮顏色比對，有可能顏色分佈相近，但影像內含物件不相同之情形。

本論文提出以模糊色彩量化結合形狀及紋理特徵用於區域影像檢索方法，以解決上述各項問題，茲分述如后：

- 降低彩色影像量化所造成誤差之缺點，一般色彩比對法皆是以色彩直方圖均等量化，以及色彩查表量化法比對影像，這類方法容易造成比對上的錯誤，而且若色彩量化後之維度偏高，則計算複雜度高，相反的若色彩量化後之維度偏低，則誤差愈大。因此本論文利用模糊分群法，將彩色影像自動分類出具代表性之色彩，一方面降低運算複雜度，一方面避免因過度量化造成之誤差。
- 分析不同色彩空間對影像檢索之影響，目前常用之色彩空間有 RGB、HSV 及 CIELAB，本論文將所提之方法運用在各種不同色彩空間中，藉以分析比較不同色彩空間之適用範圍，建議系統開發者最適宜之色彩空間。
- 提供區域檢索方式，除了上述色彩特徵外，另結合外形特徵與紋理特徵，透過使用者自行框選感興趣之區域，分析區域的色彩特徵、外形特徵、以及紋理特徵，並用於影像檢索系統上，能更準確的找到使用者要找的影像。

第二節將介紹目前影像內容檢索系統發展現況以及存在的問題。模糊色彩量化之影像內容檢索系統設計之方法與步驟，以及相似程度比對方式將於第三節介紹。第四節為實驗結果與分析，針對本論文提出模糊色彩量化方法與傳統量化方法進行比較。第五節為結論與未來研究方向，提供研究結果與貢獻，以及說明未來改進的方向。

二、相關研究

(一) 影像檢索系統

CBIR 主要是根據影像內容的本身作為檢索時的依據，取代原先以文字為基礎的查詢方式，在過去透過文字來查詢欲檢索的影像時常常因為每個人對影像內容解讀不同，在下達文字檢索時造成結果正確性非常低，因此在 1990 年後才慢慢轉變成利用影像內容來檢索影像的方式以滿足不同使用者的需求。

IBM 公司的 QBIC 系統[27]，為最早的影像內容檢索系統，使用色彩、形狀、紋理等特徵，並提供簡易的使用者檢索介面。缺點為無法區分影像中物件與物件的空間關係。美國哥倫比亞大學研發之 Visual SEEK[36]，使用色彩、形狀、紋理等特徵，然而僅提供整張影像的檢索方式並未提供使用者自行圈選感興趣的區域；美國麻省理工學院設計之 PhotoBook[32]，使用色彩、形狀、紋理等特徵，並提供 FourEyes 互動式使用者介面，包含人臉、工具、紋理、人臉辨識，然而其僅針對特殊應用進行檢索與辨識，較不適用於一般影像的檢索；美國加州大學博克萊分校 Blobworld[6,9] 提供 EM 演算法的影像分割技術，其中包含色彩、形狀、紋理、位置等特徵，使用者也可選擇感興趣的區域與分割出來的區域進行比對，但缺點為該系統使用未量化的 HSV 色彩空間為色彩特徵，因此維度高相似度比時需花費較長的計算時間。

近年來政府積極推展「數位典藏國家型科技計畫」，在影像檢索的領域中有些明顯成果，例如國立自然科學博物館所發展的「台灣蝴蝶外觀檢索系統」[1]，該系統定義 18 種色彩、7 種形狀、17 種紋理特徵，但缺點在於色彩特徵中定義了 18 種色彩、7 種形狀、17 種紋理並未明確描述這些特徵參數如何訂定，若所得到之蝴蝶樣本色彩、形狀、紋理未在定義的範圍內，則無法辨識；國立中央研究院動物研究所發展的「台灣魚類資料庫」[2]，該系統提供 236 種魚類外形供使用者選擇，但缺點是僅用外形特徵並無法完整取得魚類的實際特徵；國立歷史博物館發展的「國家歷史文物」[3]，該系統雖然有提供影像的分類查詢，但實際分類方式並非以影像內容本身的特徵，因此無法提供輸入影像檢索影像的方式，在資料庫的建立上，必需藉由專業人員花費大量時間進行人工分類，也比較不符合效益，此外當使

用者欲查詢一張影像時，可能會因為缺乏相關領域知識而無法獲得想要的結果。

(二) 各種特徵值應用

影像色彩特徵

早期提出影像內容檢索的方法大多使用單一影像特徵值做為比對的依據，其中尤以色彩特徵最為重要，因為色彩最能代表影像內容的本身，其中色彩的直方圖(color histogram)[29] 又是最常用來做為檢索時色彩特徵值的相似度比對，因為色彩直方圖的優點在於相同的影像不會因為大小形狀改變或是旋轉、平移、映射後造成檢索時結果會有所不同，因此有利於檢索與比對。但色彩直方圖若未經過量化處理，色彩空間維度很高，計算比對較為複雜，而且實用性低。因此傳統處理色彩直方圖大多採用均等量化[30]或查表量化法[33,37]，但上述二種方法卻又容易造成量化的誤差。Prasad [33] 提出 25 個顏色的查表量化方式，並取量化後影像主要的 3 個顏色代表原始影像的色彩特徵，但其並未詳細說明 25 個顏色的色表(Color Table)與 3 個主要顏色的選擇是如何決定。近來在影像檢索系統的設計上，模糊理論也被廣泛的應用，例如使用模糊理論中的模糊分群法對影像色彩進行模糊量化[5]；使用模糊理論中的模糊集合，結合區域與空間的關係提供以圖例查詢、語意查詢，以及繪圖查詢等不同查詢介面；用於影像相似度的模糊比對與影像資料庫的模糊分類等。Han and Ma[12] 提出以模糊色彩直方圖用於影像檢索上，目的就是為了解決量化錯誤的問題，但是該篇論文在使用模糊聚類分群法(FCM, Fuzzy-c-mean)對影像進行量化時，先對色彩做某種程度之均等量化，再對均等量化後之直方圖進行模糊量化，因此無法真正解決量化錯誤的問題。此外使用色彩直方圖的另一項缺點是無法對亮度改變的影像進行辨識，因為對於色彩特徵的認知常會因人而異，特別是在影像亮度發生改變，相同的色彩特徵會因為亮度的改變造成人眼無法分辨，因此必需要有一個統一的色彩衡量標準。故本文加入 RGB 色彩空間直方圖、HSV 色彩空間直方圖以及 CIELAB 色彩空間直方圖之比較及對於模糊聚類分群法的適用性。

影像外形特徵

另一項常用的特徵值為影像的外形特徵，但擷取影像外形特徵值時，影像本身必需先執行切割以突顯所求影像內容中主要物件的形狀，以方便外形特徵值的擷取。

一個好的外形特徵描述必需滿足對大小改變、旋轉、平移處理有不變性。目前外形特徵描述的方法主要有二類：(1)以區域為主的外形特徵描述[33,25] (2)以輪廓為主的外形特徵描述[27,19]，二種方法各有其優缺點，設計者可依據自己所求的影像特徵選擇適合的外形特徵描述方式。

影像紋理特徵

紋理特徵的描述方式有三種：(1)統計學上的方式(2)結構分析的方式(3)頻譜分析方式。以統計學上的分析方式有灰度伴隨矩陣(Co-occurrence matrix)[35]、直方圖特徵(histogram feature)[8]，以及複合高斯馬可夫隨機場(Compound Gauss-Markov (CGM) Random Fields)[20]等方法。以結構的分析方式主要是探討原像素的週期性變化。以頻譜分析方式有蓋柏(Gabor)、傅立葉(Fourier)，以及小波(Wavelet)轉換[26]等方法。在上述多種方法中，以統計學上特徵的描述方式最為普遍，而且符合人類語意上對紋理特徵的描述，而結構、頻譜的分析方式則比較適合像素的紋理特徵有週期性變化的影像。

三、模糊色彩量化區域特徵選取之影像檢索系統

(一) 系統架構

圖 1 為本文提出之模糊色彩量化區域特徵選取影像檢索系統之架構圖，彩色影像首先經由模糊分群色彩空間量化，找出主要具代表性之色彩；接著再依色彩分佈之關係，框選出影像中主要色彩區域，並計算該區域之色彩特徵值、外形特徵值、以及紋理特徵值，建立影像特徵值資料庫，以作為影像檢索比對之依據。茲將主要流程分述如后。

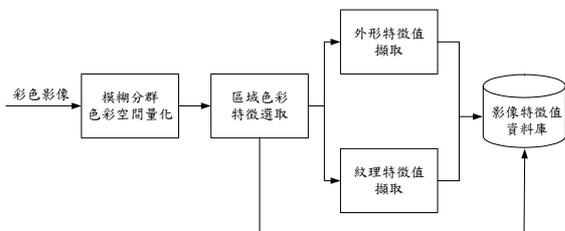


圖 1. 模糊色彩量化區域特徵選取影像檢索系統架構

(二) 模糊分群色彩空間量化

本文提出模糊分群色彩空間量化法，藉以找出彩色影像中最具代表性之顏色，作為相似度比對之特徵值，以及區域選取之依據。如圖 2 所示，此方法共分為色彩屬性選取、分群、以及主要色彩選取三個步驟。



圖 2. 模糊分群色彩空間量化法之步驟

● 色彩屬性選取

為了分析各種不同色彩空間對模糊分群色彩

空間量化法之影響，本文同時考慮 RGB,HSV, CIE LAB 三種色彩空間。

在 RGB 色彩空間中，直接取得彩色影像每個像素(pixel)之 RGB 三色彩值，作為分群之屬性值。乃因每個像素之 RGB 色彩快速且容易取得，不須經過複雜的公式轉換運算。

HSV 色彩模型可經由 RGB 色彩模型轉換取得，詳細之轉換公式如附錄 A。在 HSV 色彩模型中，只取色相(Hue)與飽和度(Saturation)二值，作為分群之屬性值。此乃因色相與飽和度直接與人眼觀察之色彩有關，捨去亮度值(Value)之好處在於可避免影像具有同樣色彩內容，但因亮度值之不同，而誤判為不同影像之缺點。但 RGB 轉換為 HSV 需花費時間運算。

CIE LAB 色彩空間之特色為色彩空間分佈較均勻。可經由 RGB 色彩模型轉換取得，詳細之轉換公式如附錄 B。在 CIE LAB 色彩空間中，只取 A,B 二值，作為分群之屬性值。此乃因 A,B 二值與色彩有直接之關係，捨去亮度值(Luminance)之好處在於可避免影像具有同樣色彩內容，但因亮度值之不同，而誤判為不同影像之缺點。同樣，RGB 轉換為 CIE LAB 需花費時間運算。

● 分群

此步驟之分群法採用模糊聚類(FCM, fuzzy c-means)分群法(詳如附錄 C)，利用每個像素(pixel)RGB 三個屬性值，或是 HSV 之 HS、CIE LAB 之 AB 兩個屬性值，將像素歸屬為特定之群組，群組之群中心即為主要之色彩值(RGB, HS, 或 AB)。詳細流程如下所述：

模糊聚類分群法流程

// 輸入值為影像像素之 RGB, HS, 或 AB 色彩屬性值

// 輸出值為各群總像素值以及群中心值

// c 代表群個數, w 代表隸屬函數權重值

// μ_{ik} 's ($i=1, \dots, c, k=1, \dots, n$) 代表隸屬函數值

1 Initialize parameters c and w; and then assign values to μ_{ik} 's using either a random function or an approximation method.

2 Do

3 For each cluster c, update center using Eq.(C3) and

4 μ_{ik} 's using Eq.(C2);

5 Until (all centers are stabilized)

6 Assign pixels to one cluster according to μ_{ik} 's.

在模擬實驗時，參數 w 設為 1.5，分群個數 c 設為 3 到 10，在實驗章節中將會詳細說明。

● 主要色彩選取

根據上述步驟分群之結果，統計各群的像素總數，並依像素總數將各群中心由大到小排序，各群中心值即為具代表性之主要顏色。詳細流程如下所述：

主要色彩選取流程

//輸入值為各群總像素值以及群中心值

// 輸出值為排序後之主要色彩值

1 Compute the color bins using the clusters with pixels.

2 Sort the color bins in the descending order, based on the cluster population.

3 Select the dominant color histogram bins.

選出主要代表色彩後，即可作為影像比對以及區域選取之主要依據。

(三) 區域色彩特徵選取

影像區域的產生是依據色彩量化的結果而來，透過我們提出的模糊分群色彩空間量化法，取得主要色彩的分佈關係，框選出影像中主要區域的色彩特徵，目前框選的方式係採用人為方式框選一個最具代表性之區域。區色彩特徵值分別採用 RGB、HSV、以及 CIE LAB 色彩空間。以圖 3 為例，圖 3.(a)為欲檢索的原始影像，圖 3.(b)為經過模糊分群色彩空間量化後，再由使用者針對每張影像的特性框選主要物件的影像。影像經過框選後產生區域影像如圖 3.(c)，接著進一步分析該區域影像的外形特徵及紋理特徵，最後將量化過後的區域色彩特徵、區域外形特徵，以及區域的紋理特徵儲存於資料庫中，作為提供區域物件檢索相似度特徵值之比對。

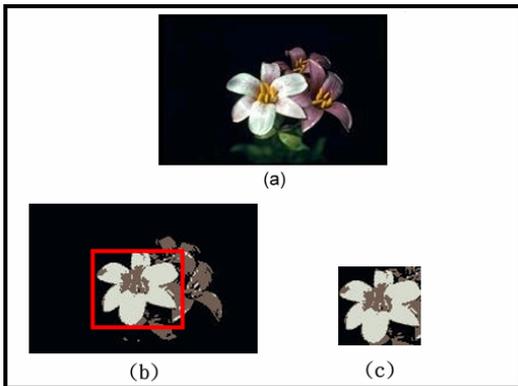


圖 3. (a)原始影像 (b)使用者框選已色彩量化之區域 (c)主要區域物件影像

(四) 區域外形特徵擷取

常用之影像外形特徵值描述有兩種：以區域為主之外形特徵描述[25]，以及以輪廓為主之外形特徵描述[10]。本文參考使用以區域為主之外形特徵描述[25]，此方是以格線劃分的方法判斷區域中物件的形狀。首先將選取區域之影像轉成 0 到 255 色階分佈之灰階影像如圖 4.(a)，再將灰階影像轉換成黑白的二元值(binary map)影像，再使用固定的格線(mask)覆蓋，計算每個格線(mask)內像素的個數。當格線內像素 1 的個數超過 25%時，則將內容設為 1 代表所求之外形特徵區域，反之小於 25%時，將該格線內容設為 0，如圖 4.(b)所示。原始影像經過處理後可取得該影像的外形特徵序列，以

row-major 的記錄方式用字串 0000000 0000100 0011110 0011110 0000000 表示，即為所求之外形特徵值。

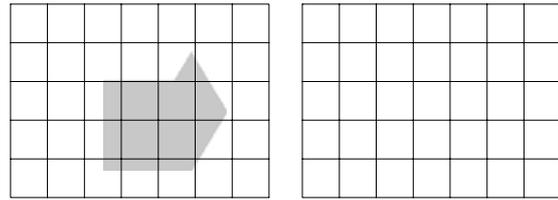


圖 4. (a)原始影像 (b)二元值影像(binary image)

(五) 區域紋理特徵值擷取

紋理特徵的描述，有下列三種：(1)平滑紋理特徵(2)粗糙紋理特徵(3)規則性的紋理特徵[13]，其示意圖如圖 5 所示。



圖 5. 紋理特徵: (a)平滑 (b)粗糙 (c)規則

本文參考[13]，首先將選取之區域影像轉換成 0 到 255 之灰階影像，然後計算該灰階影像之變異數 $\sigma^2(z)$ ，最後以公式(1)之 R 值當作區域影像之紋理特徵值。

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2(z)} \quad (1)$$

當 $\sigma^2(z)$ 為 0，則 R 等於 0，代表該區域具平滑之紋理特徵；反之當 $\sigma^2(z)$ 極大時，R 接近於 1，代表該區域具粗糙之紋理特徵。所以根據 R 值即可判斷該區域紋理特徵之平滑或粗糙之相似程度。

(六) 相似度比對

使用者輸入欲檢索影像(Q)，並與資料庫中的影像(I)進行相似度比對，相似程度較高之影像將會被回饋給使用者。因此影像相似程度的比對方式，將會影響回饋給使用者的結果。本文提出各類影像特徵值相似程度的比對方式，並分述如后。其中，色彩空間相似度比對採用歐氏距離(Euclidean distance)計算，其優點在於主要色彩排序後，僅需兩兩比對相對應主要色彩之差異值，計算簡單。但缺點為若色彩涵蓋區域相近且僅些許不同，則會影響色彩排序，亦即影響相似度比對。換言之，會造成顏色分佈相似，但相似度歐氏距離值偏高。雖然發生此現象之機率不高，但可採用[38]所提出之 The Earth Mover's Distance 之方法來改善。

RGB色彩空間相似度比對

影像RGB色彩之相似度比對採用歐氏距離計算。一張具有n個排序後主要顏色之RGB彩色影像可表示為 $F_i = \{R_i, G_i, B_i\}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。兩張影像

Q, I之相似度可表示如公式(2)。 $C_{RGB}(Q, I)$ 值愈小, 表示兩張影像之相似度愈高。

$$C_{RGB}(Q, I) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(QR_i - IR_i)^2 + (QG_i - IG_i)^2 + (QB_i - IB_i)^2} \quad (2)$$

HSV色彩空間相似度比對

影像HSV色彩之相似度比對採用歐氏式距離計算。一張具有n個排序後主要顏色之HSV彩色影像可表示為 $F_i = \{H_i, S_i\}$, 其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。因為只考慮到色彩, 所以只選取HS值。兩張影像Q, I之相似度可表示如公式(3)。 $C_{HSV}(Q, I)$ 值愈小, 表示兩張影像之相似度愈高。

$$C_{HSV}(Q, I) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(QH_i - IH_i)^2 + (QS_i - IS_i)^2} \quad (3)$$

CIE LAB色彩空間相似度比對

影像CIE LAB色彩之相似度比對採用歐氏距離計算。一張具有n個排序後主要顏色之CIE LAB彩色影像可表示為 $F_i = \{A_i, B_i\}$, 其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。因為只考慮到色彩, 所以只選取AB值。兩張影像Q, I之相似度可表示如公式(4)。 $C_{LAB}(Q, I)$ 值愈小, 表示兩張影像之相似度愈高。

$$C_{LAB}(Q, I) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(QA_i - IA_i)^2 + (QB_i - IB_i)^2} \quad (4)$$

區域外形特徵值相似度比對

在區域外形特徵相似度比對中, 由於外形特徵採用格線(grid-based)劃分的方法[25], 因此計算相似度時需分別計算列(Row)與行(Column)中數字1與0個數, 如公式(5)、(6)所示。

$$RC_i = \sum_{j=1}^7 C_{ij} \quad (5)$$

$$CC_j = \sum_{i=1}^5 C_{ij} \quad (6)$$

其中 RC_i 代表矩陣中列的個數, CC_j 代表矩陣中行的個數。

當比對兩張影像外形特徵相似度時, 可由公式(7)計算出影像Q與影像I行與列的差異性。當 $S(Q, I) < T$, T值愈接近0時則代表兩張影像的外形特徵相似程度越高。

$$S(Q, I) = (R_d + C_d) \quad (7)$$

其中

$$R_d = \sum_{j=1}^7 |RC^Q_j - RC^I_j|,$$

$$C_d = \sum_{i=1}^5 |CC^Q_i - CC^I_i|.$$

R_d 代表二張影像列的差異, C_d 代表二張影像行的差異。

區域紋理特徵值相似度比對

在區域紋理特徵相似度比對中, 由於紋理特徵採用統計學上動差(statistical moment)的特性[13], 因此取得紋理特徵 R^Q 與 R^I 之後, 再以公式(8)進行紋理特徵值相似度計算。當 $T(Q, I) < T$, T值愈越接近於0則代表兩張影像的紋理特徵相似程度越高。

$$T(Q, I) = |R^Q - R^I| \quad (8)$$

其中 R^Q 代表範例影像中標準差之正規化表示方式, R^I 代表資料庫影像中標準差之正規化表示方式, 如公式(1)所示。

結合區域色彩、外形、紋理特徵之相似度比對

在結合影像區域的色彩特徵、外形特徵、紋理特徵的比對上採用權值比重的比對方式[39]如公式(9)。當 $d(C, S, T)$ 值越小時, 代表二張影像的區域特徵愈接近。

$$d(C, S, T) = w_c \cdot C(Q, I) + w_s \cdot S(Q, I) + w_t \cdot T(Q, I) \quad (9)$$

其中 w_c 代表顏色特徵的權重, w_s 代表外形特徵的權重, w_t 代表紋理特徵的權重, 且 $w_c + w_s + w_t = 1$ 。

四、實驗結果與分析

(一) 實驗環境

實驗環境分述如下:

- 個人電腦: CPU-PM1.3G, RAM=768MB, Hard Disk=40G。
- 作業系統: Win XP Home。
- 開發工具: Matlab 6.5 版。
- 影像編輯軟體: PhotoImpact 8。
- 資料庫: MS-Access 資料庫。
- 實驗結果評估: 相關領域內人員三人以上來判定其正確率。

(二) 影像資料庫

目前許多影像內容檢索系統中所使用的影像資料庫, 不論是影像大小、影像格式、影像內容等, 差異都非常大, 而且目前尚無一致性的影像圖庫作為檢索結果正確性比較的依據, 因此我們在評估檢索結果的效能時, 是透過相關領域三人以上認定, 另外再訂定一致性的衡量標準, 作為實驗結果正確之評估。本篇論文中我們所使用的影像圖庫來源如下:

- 美國柏克萊大學影像多媒體實驗室提供的影像資料約 10000 張[9]。

- 瑞典大學多媒體實驗室提供的影像資料約 7000 張[4]。
- MPEG 7 組織提供的影像外形類資料庫[22]與 FreeFoto.com[17]網站 3000 張。

在合計約 20000 張影像中，我們選定 1500 張影像，作為實驗用之範例影像。我們的選取方式，主要是依據美國柏克萊大學影像多媒體實驗室所提供的分類標準，特點如下：

- 影像皆為 JPG / JPEG 的檔案格式。
- 色彩為最主要的分類依據。
- 依據類別的不同再平均選取，如花、動物、飛機、天空、海洋、自然風景、一般生活照等，一共分為 70 類，各類的影像約 10 至 20 張。
- 影像均調整為 192*128 像素大小，以利外形特徵值比對之用

(三) 影像內容檢索流程

影像內容檢索流程如圖 6 所示，使用者輸入欲檢索之影像，與儲存於資料庫中的影像進行比對，最後將檢索結果回饋給使用者。此外為了比較影像區域的檢索方式，特別在區域的特徵中，除了原本的色彩特徵外，另外加入外形特徵及紋理特徵進行比較，之後再分析區域檢索與整張影像檢索的差異性。

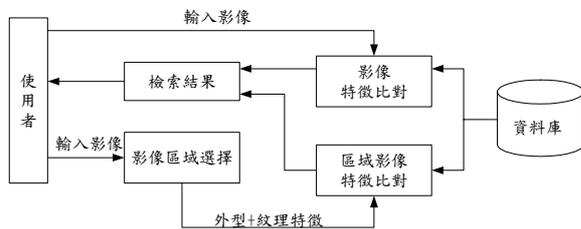


圖 6. 影像檢索流程圖

(四) 效能評估與量測

效能的測量方式，採用正確率與錯誤率 (Hit Ratio and Fault Ratio)[23]，如公式(10)與公式(11)所示。其中 R 代表資料庫中屬於同類的影像個數，S 代表檢索結果屬於同類的影像個數。例如欲查詢影像所屬資料庫類別中含有 20 張同類的影像，系統就回饋 20 張。若 20 張影像中僅 15 張是屬於同一類的，另外 5 張非屬於同一類的，代表這個影像檢索系統的正確率(Hit Ratio)值為 75%。在錯誤率的計算上，將檢索結果不屬於同類(error)的影像與屬於同類但沒找到(miss)的影像皆視為找錯的，因此錯誤率為 25%。在影像檢索正確性比較時，S/R 值愈高，代表該系統檢索結果的正確性愈佳。因本

實驗只選取欲查詢影像類別之影像個數做比較，故錯誤率=1 - S/R，所以本實驗只考慮正確率。

$$\text{正確率} = \frac{\text{檢索結果屬於同類的影像}}{\text{資料庫中同類的影像}} = \frac{S}{R} \quad (10)$$

$$\text{錯誤率} = \frac{\text{檢索結果不屬於同類(error) + 檢索結果屬於同類但沒找到(miss)}}{\text{資料庫中同類的影像}} \quad (11)$$

(五) 實驗結果分析

針對不同分類數之影像檢索結果比較

本實驗共找兩組測試影像，分別從影像資料庫各挑 12 類別，每類別各選出一張影像，共 24 張影像做為測試影像，如圖 7、圖 8 所示。篩選方式以色彩差異較大之影像為主，以作為分析不同分類數之影像檢索結果正確性比較。在模糊分類數的選擇，我們比較 3 至 10 類的結果，分別如表 1、表 2 所示。實驗印證當分類數平均到達 6 類左右時，在相似度的比對就可達到非常好且穩定正確之結果。

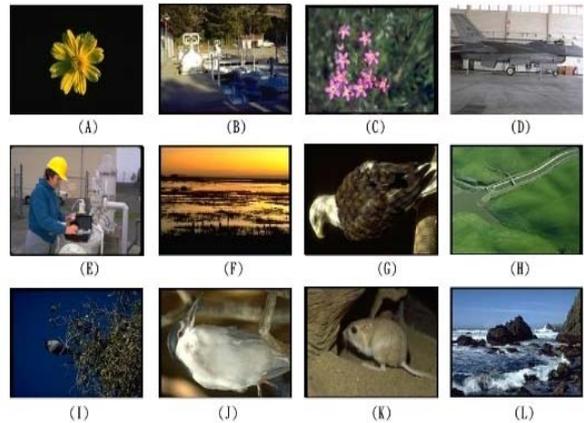


圖 7. 第一組影像資料庫比對之範例影像

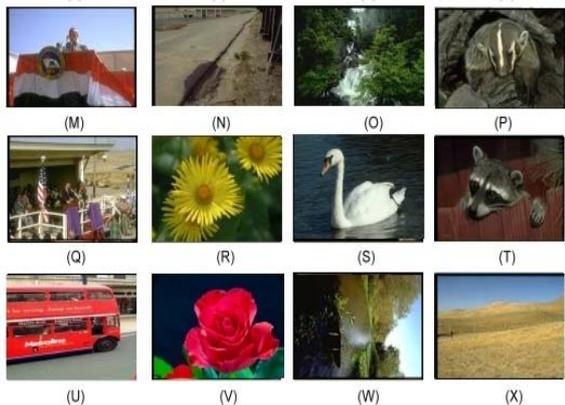


圖 8. 第二組影像資料庫比對之範例影像

表 1. 第一組測試影像不同模糊分類數檢索結果之比較表

正確率(Hit-Ratio) %												
影像 分群數目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3 color bins	84.6	75	75	84.6	58.8	75	83.3	71.4	75	80	77.8	55.5
4 color bins	92.3	75	87.5	84.6	64.7	100	83.3	71.4	100	80	77.8	61.1
5 color bins	92.3	75	87.5	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	61.1
6 color bins	92.3	91.6	87.5	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	72.2
7 color bins	92.3	91.6	87.5	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	66.7
8 color bins	92.3	91.6	87.5	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	88.9
9 color bins	92.3	91.6	100	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	88.9
10 color bins	92.3	91.6	100	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	94.4

表 2. 第二組測試影像不同模糊分類數檢索結果之比較表

正確率(Hit-Ratio) %												
影像 分群數目	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
3 color bins	75	87.5	69.5	84.6	71.4	62.5	75	66.7	77.8	100	63.6	59
4 color bins	75	100	69.5	84.6	71.4	62.5	75	66.7	77.8	100	63.6	59
5 color bins	100	100	73	84.6	71.4	62.5	75	66.7	88.9	100	63.6	68.1
6 color bins	100	100	78	92.3	71.4	75	81.3	100	88.9	100	63.6	68.1
7 color bins	100	100	78	92.3	71.4	75	81.3	100	88.9	100	81.8	68.1
8 color bins	100	100	78	92.3	71.4	75	81.3	100	88.9	100	81.8	68.1
9 color bins	100	100	82.6	92.3	71.4	75	81.3	100	88.9	100	81.8	77.2
10 color bins	100	100	82.6	92.3	71.4	75	81.3	100	88.9	100	81.8	77.2

不同色彩量化方式之影像檢索結果正確性之比較

本實驗以影像的 RGB 色彩空間為標準，分別比較本文所提之模糊聚類主要色彩選取分群法與均等量化法、查表量化法之效能分析。如表 3 所示，本文所提方法之模糊分類數到達 6 類時，檢索

結果之正確率均比 25 色的查表量化與 64 色均等量化方式高。另外，使用模糊色彩量化法，能根據影像本身的特性使用最少的色彩量化整張影像，優點不但可以加速檢索時的搜尋時間外也可減少索引影像儲存於資料庫的空間。

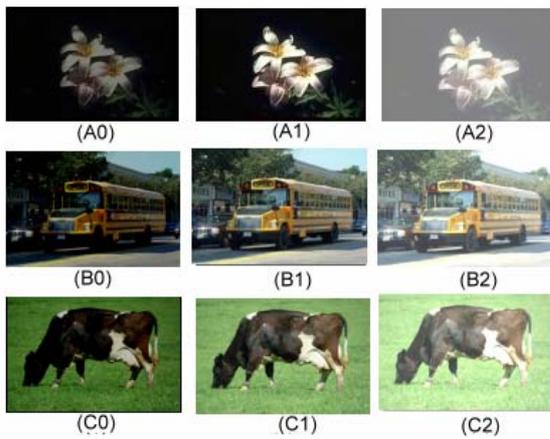
表 3. 各種量化方法檢索正確率比較表

正確率(Hit-Ratio) %												
影像 量化方法	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3 color bins 模糊量化	84.6	75	75	84.6	58.8	75	83.3	71.4	75	80	77.8	55.5
6 color bins 模糊量化	92.3	91.6	87.5	84.6	85.7	100	83.3	78.6	100	100	88.9	72.2
25 color bins 查表量化	50	72.7	62.5	60	30	50	45	43	80	60	66	50
64 color bins 均等量化	83	91.6	87.5	75	65	75	60	58	100	80	77	72.2

圖 9. 不同亮度變化之影像

亮度變化對不同色彩空間影響之比較

本實驗比較 RGB、HSV、CIE LAB 三種色彩空間套用本文所提模糊分類數 6 的色彩量化方法，對於影像檢索相似度比較時的差異。在影像的選擇上，本實驗從資料庫中選擇三張不同類別影像 A1、B1、C1，分別是花類、汽車類與動物類，如圖 9 所示。並以影像 A1、B1、C1 做為基準，再使用影像編輯軟體分別將影像亮度降低 50%，如圖 9，A0、B0、C0。另外提高亮度 50% 如圖 9，A2、B2、C2。最後分別與原始影像進行相似度的比對，結果如表 4。透過數據可以看到當影像亮度改變後之相似度比對以 CIE LAB 的色彩空間用於模糊色彩量化上效果最好。



結合區域內外形特徵與紋理特徵檢索結果之比較

由上述實驗知道各種色彩空間中以 CIE LAB 的色彩空間用於模糊色彩量化上效果最好，為了進一步比較區域影像檢索方式的優點，本實驗再結合區域的外形特徵與區域的紋理特徵，最後以區域影像的檢索方式與整張影像的檢索方式作比較，分析何者正確性較高。

本實驗的測試影像是從 70 類 1500 張資料庫中依照色彩的不同選擇 12 類共 150 張影像，最後以人為方式框選 150 張影像的主要物件的區域，其範例影像如圖 10 所示，作為檢索時的查詢影像。

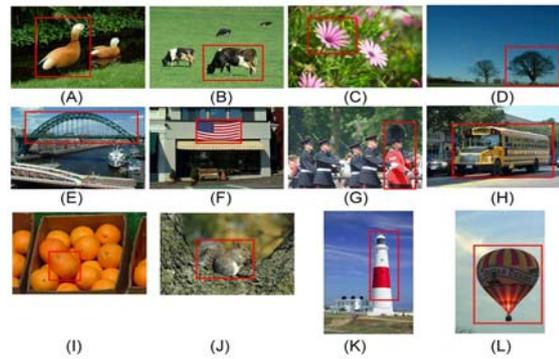


圖 10. 區域檢索選取影像範例

表 4. 不同色彩空間變更亮度之相似度比對

色彩空間	影像差異值					
	A1-A0	A1-A2	B1-B0	B1-B2	C1-C0	C1-C2
RGB	2.0066	2.3673	1.3420	1.3891	1.3573	1.4092
HSV	0.6815	1.0499	0.5733	0.8416	1.2776	0.6621
CIE LAB	0.3404	0.6375	0.4326	0.6154	0.5930	0.5257

圖 4.11 為影像 D 以區域檢索的結果，圖 4.12 則為影像 D 以整張影像檢索的結果。12 張範例影像檢索結果如表 5 所示。比較圖 4.11、圖 4.12、與表 5，驗證了用本文所提之方法，以區域影像的比對方式檢索結果正確性會高於以整張影像的檢索方式。

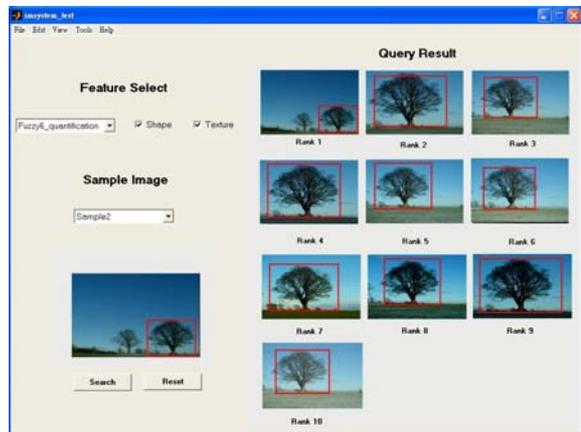


圖 11. 區域影像檢索結果

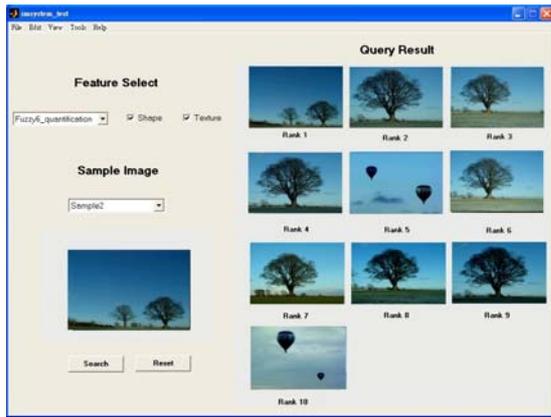


圖 12. 全影像檢索結果

五、結論與未來研究方向

(一) 結論

本文提出結合模糊聚類分群的演算法，運用在影像色彩像素的分類上，透過模糊分群的方式可以達到以最少的色彩數代表整張影像的色彩直方圖分佈，取得較佳色彩量化的結果。

影像色彩量化的結果除了有助於影像色彩特徵的檢索比對外，也有助於影像區域的產生，因此量化誤差愈低，所產生的區域也就愈明顯，影像區域的產生將更有助於區域外形特徵與區域紋理特

徵的擷取。實驗證明，運用模糊色彩分類法對影像進行量化，能有效提高色彩特徵比對時檢索結果的正確性。此外針對影像亮度變化的問題，實驗中除了分析 RGB 色彩空間外，也加入 HSV、CIE LAB 色彩空間的模糊量化分析，實驗印證使用 CIE LAB 色彩空間對亮度變化的問題影響最小。本文另外加入框選區域外形及區紋理特徵的比對方式，檢索結果確能提高正確性，更能找出使用者想要的影像。

(二) 未來研究方向

本文目前僅針對影像色彩量化產生的誤差提出新的解決方法，未來研究方向可分為下列幾點：

- (1) 提出更有效的外形特徵值、紋理特徵值擷取方法，並應用模糊理論自動調整各項特徵值比重，以作為影像相似度比對之依據。
- (2) 增加關聯回饋 (Relevance Feedback) 的功能，在每一次檢索影像後，讓使用者可以根據個人的需求，自行調整影像特徵的權重值，找出使用者想要找的影像。
- (3) 結合網際網路，設計出跨平台的影像搜尋系統。
- (4) 設計自動選擇具代表性區域之方法。
- (5) 各種分群法用於色彩空間量化之分析與比較。

表 5. 區域影像檢索與全影像檢索結果比較表

正確率(Hit-Ratio) %												
影像 檢索方式	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
全影像檢索	80	85	75	80	85	80	90	80	75	70	90	90
區域影像檢索	100	90	90	100	95	100	100	100	80	100	100	95

誌謝

本論文感謝國科會提供專題研究計畫補助，計畫編號: NSC 94-2213-E-014-011。

六、參考文獻

- [1] 國科會數位博物館先導計畫「台灣蝴蝶外觀檢索系統」, <http://turing.csie.ntu.edu.tw/ncnudlm/>
- [2] 國科會數位博物館先導計畫「台灣魚類資料庫」, <http://fishdb.sinica.edu.tw/>
- [3] 國科會數位博物館先導計畫「國家歷史文物」, <http://nmh-ndap.nmh.gov.tw:8080/index.htm>
- [4] Alberto Del Bimbo. Visual Information Retrieval, Morgan Kaufmann, 1999.
- [5] Bezdek, J.C., "Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms", Plenum Press, New York, 1981.
- [6] Carson, C., Belongie, S., Greenspan, H., and Malik, J., "Blobworld: Color and texture-based image segmentation using em and its application to content-based image retrieval," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, pp. 1026-1038, Aug. 2002.
- [7] Chitkara, V., "Color-based Image Retrieval using Compact Binary Signatures," Department of Computing Science University of Alberta,

- TR-01-08, May, 2001.
- [8] Cross, G., and Jain, A.K., "Markov random field texture models," *IEEE Trans. Pattern Anal.*, Vol.1-5, pp.25-39, March, 1983.
- [9] Digital Library Project University of California, Berkeley, "Blobworld", <http://elib.cs.berkeley.edu/photos/blobworld/>.
- [10] Freeman, H., "On the encoding of arbitrary geometric configurations," *IRE Transactions*, Vol. 10, pp. 260-268, 1961.
- [11] Gonzalez, Rafael C., and Woods, Richard E., *Digital Image Processing* Second Edition, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 666-692, 2002.
- [12] Han, Ju, and Ma, Kai-Kuang, "Fuzzy Color Histogram and Its Use in Color Image Retrieval," *Transactions on image processing*, Vol. 11, No. 8, Aug. 2002.
- [13] Haralick, M., "Statistical and structural approaches to texture," *Proceedings of the IEEE* 67(5), pp. 786-804, 1979.
- [14] Hill, B., Roger, T., and Vorhagen, F. W., "Comparative analysis of the quantization of color spaces on the basis of the CIELAB color-difference
- [15] http://www.photos.blm.gov/hist_index.html ◦
- [16] <http://www.cs.berkeley.edu/~zadeh/>.
- [17] <http://www.freefoto.com/index.jsp>.
- [18] Idrissi, K., Lavou'e, G., Ricard, J., and Baskurt, A., "Object of interest Content -based visual navigation, retrieval, and semantic content identification system," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 94, pp. 271-294, Oct., 2003.
- [19] Jain, A., and Vailaya, A., "Image Retrieval using Color and Shape," *Pattern Recognition*, Vol. 8, pp. 1233-1244, Aug., 1996.
- [20] Jain, A.K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- [21] Jain, A.K., and Dubes, R.C., *Algorithms for clustering data*, Prentice-Hall (NJ, 1998).
- [22] Jeannin, S., and Bober, M., *Description of core experiments for MPEG-7 motion shape*, ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11/MPEG99/N2690, Seoul, March, 1999.
- [23] Kearns, J.P., and DeFazio, S., *Diversity in Database Reference Behavior Performance Evaluation Review*, May, 1989.
- [24] Labal, Q., and Aggarwal, J.K., "Combining Structure, Color & Texture Image Retrieval: A Performance Evaluation", *International conference on Pattern Recognition (ICPR)*, QC, Canada, vol.2, pp. 438-443, Aug., 2002.
- [25] Lu, G., and Sajjanhar, A., "Region-based shape representation and similarity measure suitable for content-based image retrieval," *Multimedia Systems*, pp. 165-174, 1999.
- [26] Minh, N. Do, and Martin, Vetterli, "Wavelet-Based Texture Retrieval Using Generalized Gaussian Density and Kullback-Leibler Distance," *IEEE Transactions on image processing*, Vol. 11, No. 2, Feb., 2002.
- [27] Niblack, W. et al., "The QBIC Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape," *Proc. Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, Bellingham, Wash., Vol. 1, pp. 173-187, 1993.
- [28] Ortega, M., et al, "Supporting Ranked Boolean Similarity Queries in MARS," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 10, No. 6, pp. 905-925, 1998.
- [29] Pao, Tsang Long, and Chen, Jian Bo, "An Application of Compact Color Descriptor for Image Retrieval," *International Academic Conference*, pp. 267-273, 2003.
- [30] Paschos, G., "Perceptually Uniform color spaces for color texture analysis: An empirical evaluation," *IEEE Trans. On Image Processing*, Vol. 10, No. 6, pp. 932-937, June 2001.
- [31] Pass, G., Zabih, R., and Miller, J., "Comparing Images Using Color Coherence Vectors," *ACM International Conference on Multimedia*, Boston, MA, pp. 65-73, 1996.
- [32] Pentland, A., Picard, W., and Sclaroff, S., "Photobook: Content-Based Manipulation of Image Databases", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 18, pp. 233-254, June., 1996.
- [33] Prasad, B.G., Biswas, K.K., and Gupta, S.K., "Region-based Image Retrieval using Integrated color shape, and location index," *Computer vision and image Understanding*, Vol. 94, pp.193-233, 2004.
- [34] Reed, T., and Dubuf, J., "A review of recent texture segmentation and feature extraction techniques," *Computer Vision, Graphics and Image Processing* Vol. 57, No, 3, pp. 359-372, 1993.
- [35] Reed, T.R., and H., J.M., "A review of recent texture segmentation and feature extraction techniques," *CVGIP: Image Understanding*, Vol. 57, pp. 359-372, May, 1993.
- [36] Smith, J.R., and Chang, S.F., "VisualSEEK: A Fully Automated Content-Based Image Query System," *ACM International Conference on Multimedia*, Boston, pp. 87-98, Nov., 1996.
- [37] Syeda-Mahmood, T.F., "Data and model-driven selection using color regions," *Internat. J. Comput. Vision* 21, pp.9-36., 1997.
- [38] Yossi Rubner, Carlo Tomasi, and Leonidas J. Guibas, "The Earth Mover's Distance as a Metric for Image Retrieval," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 8, No. 40, pp. 99-121, 2000.
- [39] Zhou, Xiang Sean, and Huang, Thomas S., "Relevance feedback in image retrieval A comprehensive review," *ACM Multimedia Systems*, Vol. 8, pp. 536-544, 2003.
- [40] Zhou, S., Wang, C., Wei, J., and Wu, S. "Fuzzy

附錄 A. HSV 色彩空間

HSV 之色彩空間可由 RGB 色空間轉換而得 [14], 轉換公式如公式(A1)、(A2)、(A3)。其中 H(Hue) 為色相, 其值介於 0~360 度之間; S(Saturation) 為飽合度, 其值介於 0~1 之間; V(Value) 為亮度, 其值介於 0~1 之間。

RGB 轉 HSV:

$$H = \begin{cases} (G - B) / \delta & R = \max \\ (B - R) / \delta + 2 & G = \max \\ (R - B) / \delta + 4 & B = \max \end{cases} \quad (A1)$$

其中

$$\max = \text{MAX}(R, G, B), \min = \text{MIN}(R, G, B)$$

$$\delta = \max - \min$$

$$S = \delta / \max \quad (A2)$$

$$V = \max \quad (A3)$$

附錄 B. CIE LAB 色彩空間

CIE LAB 色彩空間, 是由 CIE (Commission International de l'Eclairage) 國際色彩標準委員會所制訂 [14], 其中 L 代表亮度(Luminance)、A、B 各別代表不同顏色的彩色分佈, 可由 RGB 色彩空間經過公式轉換而來的, 其轉換方式首先必須先將 RGB 轉成 CIE XYZ, 如公式(B1)所示, 以 Rec. 709 為標準。接著再將 CIE XYZ 轉成 CIE LAB, 轉換方式如公式(B2)、(B3)、(B4)所示, 參考白為 1963 年之 D65 為標準。

RGB 轉 CIE LAB:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (B1)$$

其中矩陣是以 Rec. 709 為標準

$$L = 903.3 \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \quad \text{for } \frac{Y}{Y_0} \leq 0.008856 \quad (B2)$$

$$A = 500 \left(f \left(\frac{X}{X_0} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \right) \quad (B3)$$

$$B = 200 \left(f \left(\frac{X}{X_0} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \right) \quad (B4)$$

其中

$$f(q) = \begin{cases} \sqrt[3]{q} & q > 0.008856 \\ 7.787q + \frac{16}{116} & q \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$X_0 = 0.3127, Y_0 = 0.3290$$

附錄 C. 模糊聚類分群法

所謂模糊聚類分群法(FCM, fuzzy c-means)[21] 主要目的在定義一目標函數 $J(U, V)$, 如公式(C1) 所示, 並使其最小化:

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n \mu_{ik}^w \|\mathbf{x}_k - \mathbf{V}_i\|^2 \quad (C1)$$

其中 c 代表分群數目, n 代表欲分群之資料數目, w 代表指數型態之比重值, $\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \dots, \mathbf{x}_n\}$ 代表 n 維資料向量, $\mathbf{V} = \{\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_c\}$ 由 c 群組成之向量值。

$U = (\mu_{ik})$ 為 $c * n$ 之矩陣, 其中 μ_{ik} 代表第 i 群中各資料 \mathbf{x}_k 之歸屬函數值(membership value), 且

$$0 \leq \mu_{ik} \leq 1 \quad i=1, 2, \dots, c; \quad k=1, 2, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1 \quad k=1, 2, \dots, n.$$

$$0 \leq \sum_{k=1}^n \mu_{ik} \leq n \quad i=1, 2, \dots, c.$$

反覆調整各個群中心及歸屬函數, 如公式 (C2)、(C3), 直到目標函數值最小或不再變化即停止。

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\frac{1}{\|\mathbf{x}_k - \mathbf{V}_i\|^2} \right]^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{j=1}^c \left[\frac{1}{\|\mathbf{x}_k - \mathbf{V}_j\|^2} \right]^{\frac{1}{m-1}}} \quad i=1, 2, \dots, c; \quad k=1, 2, \dots, n \quad (C2)$$

$$\mathbf{V}_i = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^m \mathbf{x}_k}{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^m} \quad i=1, 2, \dots, c \quad (C3)$$