

國立中興大學電機工程學系研究所
碩士學位論文

彩色至灰階影像轉換之研究
The Study of Color to Gray-Scale
Image Transform

國立中興大學



National Chung Hsing University

指導教授：廖俊睿 Jan-Ray Liao

研 究 生：貴致修 Chih-Hsiu Pen

中華民國一百零二年七月

國立中興大學電機工程研究所

碩士學位論文

題目(中文)： 彩色至灰階影像轉換之研究

題目(英文)： The Study of Color to Gray-Scale mage Transform

姓名： 貴致修 學號： 7100064109

經 口 試 通 過 特 此 證 明

論文指導教授

邱 偉 宏

論文考試委員

黃 英 峰
郭 明 榮

中 華 民 國 一 百 零 二 年 七 月 八 日

誌謝

兩年的碩士生活一轉眼就即將到了終點，除了對人生邁向下一個階段的期待，也對這最後的學生生涯充滿種不捨與感恩。

能夠完成這篇論文必須先感謝我的指導教授廖俊睿老師，老師以他的專業知識幫助我克服了研究上許多的困難，並且非常有耐心的給予我指導不管是怎樣瑣碎的問題老師都會不厭其煩地幫助我解決，在此對老師表達我由衷的感謝。

其次，要感謝我的家人，他們一路上的支持與鼓勵讓我可以專心於課業，有他們的付出與栽培才能使我有今天的成就。同時也要感謝實驗室的同學以及學長姊、學弟妹，你們給予我在學習生活中除了學業上的互相交流，還有生活上的各種照顧與幫助。

國立中興大學



National Chung Hsing University

謹誌
2013年7月

摘要

現今彩色影像轉至灰階影像的方法，大部分是藉由直接利用影像的亮度來計算其灰階值，在影像顏色不同但亮度相同的情況下這些方法的轉換結果可能會使影像原本的特徵消失，此外人的視覺系統在看一個影像時容易將有相似顏色以及結構類似的物體視為一個整體，觀看一個物體時視覺也容易受到其背景的影響。

為了改善以上的問題，以及考慮到人類視覺系統的特性，故本篇論文探討的是一種區塊間互相影響彩色轉至灰階影像的方法，他是以將一個影像劃分成幾個不同區塊的方式來計算影像的灰階值，並在灰階的計算加入各區塊的色彩資訊以及機率。

首先將影像劃分成兩個區塊，以區塊轉換後亮度值與轉換前色彩差異的能量最小化為目標算出各區塊轉換後的亮度。接著將兩個區塊分別再劃分成兩個子區塊，區塊內的所有像素分別與屬於另一子區塊中的一個代表性像素配對，利用像素的關聯性計算各區塊的色彩權重，計算方式為使兩個配對像素轉換前後像素的顏色差異能量最小化。最後將像素的亮度與求得的色彩資訊及轉換前後的亮度差異加起來可以算出像素屬於各個區塊的灰階值，再將各區塊灰階值結合像素屬於各區塊的機率即可完成影像的灰階轉換。

我們用所提出的方法去進行實驗，發現調整影像各區塊間的對比度參數，其值越大，區塊間的對比度會越高。另一方面，調整像素屬於各區塊的機率，值太小或太大時，因受到其他區塊影響的程度也過小或過大，結果均不理想，適當的機率值才能產生理想的結果。實驗結果顯示本論文的方法可供使用者做參數調整獲得不同的效果，轉換的效果更具有彈性。

關鍵字：彩色至灰階轉換、對比增強

Abstract

Most methods that convert color images to grayscale images use the intensity value directly for the converted grayscale value. When two pixels have different colors but the same intensity values, the conversion causes the original contrast to disappear. In addition, human visual system has a tendency of regarding regions with similar colors or structures as a whole.

To solve the aforementioned problem and incorporating the characteristics of the human visual system into the color conversion, this thesis proposes a color-to-grayscale conversion method that considers the influence between image blocks. The method divides an image into several different blocks to calculate an overall grayscale value for each block. Then, it uses the color of a pixel and the probability that a pixel belongs to each block to better differentiate each pixel after grayscale conversion.

The first step is to divide an image into two blocks. The grayscale value of each block is calculated by minimizing the energy of the difference between the grayscale value after conversion and the color distance before conversion. The second step further divides each block into two subblocks. Each pixel in a subblock is paired with a representative pixel in another subblock. Two weights for the chrominance values are calculated by minimizing the energy of color distances before and after conversion. In the third step, the grayscale value for each block is calculated by combining the grayscale value calculated in the first step, the weighted chrominance values calculated in the second step, and the difference between the intensity values before and after conversion. Finally, the grayscale value for each block is multiplied by the probability that a pixel belongs to each block to form the final grayscale value.

In the experiments, we find that adjusting a parameter in the first step increases the contrasts among different blocks. On the other hand, the probability that a pixel belongs to each block cannot be too small or too large because it makes the influence among block either too weak or too strong. The experimental results show that the method can be adjusted to fit different conversion needs.

Keywords: Color-to-grayscale conversion, contrast enhancement

目錄

誌謝.....	I
摘要.....	II
Abstract	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第一章 緒論.....	1
1.1 簡介.....	1
1.2 研究方法.....	1
1.3 論文架構.....	2
第二章 背景介紹.....	3
2.1 CIELAB 色彩空間.....	3
2.2 YUV 色彩空間.....	4
第三章 彩色至灰階影像轉換.....	5
3.1 加入區塊色彩資訊之灰階轉換.....	5
3.1.1 灰階轉換之計算.....	5
3.1.2 各區塊灰階轉換後之平均亮度.....	6
3.1.3 各區塊之色彩權重計算.....	7
3.2 結合機率灰階轉換之結果.....	9
第四章 實驗結果與比較.....	10
4.1 軟硬體與分割程式介紹.....	10
4.2 不同參數 γ 下的實驗結果.....	11
4.3 不同機率差異離散度 α 下的實驗結果.....	13
4.4 與其他方法之結果比較.....	16
第五章 結論與未來展望.....	17
5.1 結論.....	17
5.2 未來展望.....	17
參考文獻.....	18

圖目錄

圖 4-1 輸入影像分割狀況	10
圖 4-2 不同參數 γ 的灰階轉換結果($\alpha=50$)	11
圖 4-3 不同參數 γ 的灰階轉換結果($\alpha=50$)	12
圖 4-4 不同機率差異離散度 α 的灰階轉換結果($\gamma=2.5$)	13
圖 4-5 不同機率差異離散度 α 的灰階轉換結果($\gamma=2.5$)	14
圖 4-6 $\alpha=500$ 之灰階轉換結果($\gamma=2.5$)	15
圖 4-7 與其他方法灰階轉換結果之比較	16

國立中興大學



National Chung Hsing University

第一章 緒論

1.1 簡介

彩色至灰階的轉換是個維數縮減的課題，從三維的顏色資訊轉換成一維其中不可避免的會有資訊上的缺失，其中較普遍的方法是直接計算影像的亮度值當作灰階的結果，不過只考慮影像亮度值的灰階轉換方法在等亮度區域的灰階轉換會造成原本影像特徵的喪失。

Metzger [1]提出人的視覺系統在看一個影像時容易將有相似顏色以及結構類似的物體視為一個整體，Gilchrist [2]也提到觀看一個物體時視覺容易受到其背景的影響，例如人眼在背景明亮不同的狀況下看同一個物體，感覺到的物體顏色也會有所不同。

根據以上所述兩點，故本篇論文提出一個在灰階值的計算裡加入影像各區塊內色彩資訊的方法，目的為減少資訊上的缺失和考慮人類的視覺系統以獲得更好的灰階轉換結果。

1.2 研究方法

本論文提出一種在影像灰階轉換的計算中加入影像色彩資訊的方法，影像的色彩空間我們不是用 RGB 而是用採用 CIELAB 色彩空間，在 2.1 節中我們會詳細介紹 CIELAB 以及其轉換方法。

首先我們將影像分割成前景與背景兩個區塊，劃分區塊後為了解決傳統影像灰階轉換方法在等亮度區域會有資訊缺失的問題，我們提出了一個計算灰階值的方法，他在影像亮度中加入了各區塊色彩的資訊來改善資訊缺失的問題，計算灰階值的方法分成三個部分，第一部分加入像素的亮度值，第二部分則是加上像素的色彩值，這裡色彩值需乘上該區塊的色彩權重係數，第三部分加上該區塊影像灰階轉換前後的平均亮度差異，目的是我們希望在灰階轉換的過程同時能使亮度差異達到最小。由於轉換後的各區塊平均亮度以及色彩資訊內的色彩權重值為未知數，針對這兩個未知數我們分別提出兩個能量關係式去計算。

首先是計算灰階轉換後各區塊平均亮度的關係式，這裡分為兩個部分第一部分是計算區塊間的權重係數，此係數是兩個區塊與整個輸入影像的面積比值相加，第二部分則是兩個區塊轉換後平均亮度的差再減掉他們平均色彩的距離。第一部分的權重係數乘上第二部分的式子即為完整的能量關係式，此式的意義是希望轉換後區塊間的亮度差異，跟他們轉換前色彩間的距離差異能夠達到最小，之後計算能量式之最小值的解就可以得到轉

換後的亮度。

接著色彩權重的計算分為三個部份，第一部份我們要將劃分後的兩個區塊再分別劃分為兩個子區塊，目的為利用子區塊之間顏色的差異來計算出適合的色彩權重，劃分方法是計算區塊內所有像素的平均色彩強度值，利用此強度值做為門檻值色彩，強度高於門檻值的像素分為同一個子區塊低於門檻值的則分為另一個子區塊，第二部分則是從兩個子區塊各挑選一個代表性像素與區塊內的所有像素配對，第三部分利用配對像素間的關係式計算出色彩權重，此式是將兩像素之間色彩值的差乘上色彩權重值，再減掉兩個像素的色彩距離，其意義是希望兩個像素轉換前後的差異能達到最小，之後計算此式之最小值的解就可以得到色彩權重。

有了這些資訊我們可以計算出像素的灰階值，在 3.1 節會有更詳細的做法介紹，之後再將像素灰階值結合像素屬於各區塊的機率可以計算出加入各區塊關連性的最後灰階值，機率的計算在 3.2 節也會有詳細的做法介紹。

我們用以上的方法對兩個不同的影像做灰階轉換，比較在不同參數下的轉換結果。當調整影像各區塊間對比度的參數值時，可以看到參數值太低時，各區塊間對比度低，調高此參數可明顯提高對比度。當調整像素機率時，可以看到機率太低或太高時，像素灰階值受到其他區塊的影響較小或較大，轉換效果均不佳，在適當的機率範圍內轉換效果較佳。

1.3 論文架構

本論文總共分為五章。第一章為緒論，介紹一般灰階影像轉換有哪些缺點，並說明研究的動機與目的，以及如何改善這些缺點的研究方法。第二章為背景介紹說明了幾種不同的色彩空間並說明為何使用此種色彩空間。第三章介紹本論文提出的方法。第四章為不同參數下的實驗結果與比較。第五章為結論與未來的展望。

第二章 背景介紹

本章在 2.1 節中介紹 CIELAB 色彩空間並說明為何本論文之方法較適合使用 CIELAB，以及其轉換方法。2.2 節介紹 YUV 色彩空間以及其轉換方法。

2.1 CIELAB 色彩空間

CIELAB 色彩空間具有視覺上的均勻性，也就是說值的變化量和視覺上感知到的變化量是相同的，例如：值從 100 變為 110 與值從 0 變為 10 的感覺是相同的，這種表示方法較接近人類的視覺系統。

CIELAB 的表示法為 (L^*, a^*, b^*) ， L^* 代表黑色到白色間的位置也就是明亮度，範圍是 0~100； a^* 為綠色到紅色間的位置，範圍是-500~500； b^* 為藍色到黃色間的位置，範圍是-200~200。

一般影像的像素通常都用 RGB 色彩空間來表示，但是從 RGB 無法直接得知像素的明亮度、飽和度及色相為何，而 CIELAB 色彩空間較容易得知像素的這些資訊，根據以上原因所以 CIELAB 較適合用來做為我們所使用的色彩空間。

RGB 色彩空間無法直接轉換至 LAB 色彩空間，所以必須先將 RGB 轉換至 CIE XYZ 空間，轉換方式如式(2.1):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

之後可以再由 XYZ 空間轉換至 LAB，轉換方式如式(2.2):

$$L^* = \begin{cases} 116 \times \left(\frac{Y}{1.0000} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, & \frac{Y}{1.0000} > 0.008856 \\ 903.3 \times \frac{Y}{1.0000}, & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$a^* = 500 \times \left(f\left(\frac{X}{0.9515} \right) - f\left(\frac{Y}{1.0000} \right) \right) \quad (2.2)$$

$$b^* = 200 \times \left(f\left(\frac{Y}{1.0000}\right) - f\left(\frac{Z}{1.0886}\right) \right)$$

其中

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & t > 0.008856 \\ 7.787 \times t + \frac{16}{116}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

2.2 YUV 色彩空間

YUV 色彩空間，其中 Y 表示明亮度(Luminance、Luma)，U 和 V 表示的則是色度 (Chrominance、Chroma) 作用是描述影像色彩及飽和度也就是用於指定像素的顏色，它的特點是將亮度與與色度分開，因此適合影像處理的領域。RGB 轉換 YUV 的公式如下式(2.4):

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= -0.147R - 0.289G + 0.436B \\ V &= 0.615R - 0.515G - 0.100B \end{aligned} \quad (2.4)$$

其中 Y 的轉換公式也是最常見的影像灰階轉換公式，由此我們可以知道一般影像轉灰階的方法是直接取其亮度值的部分。

第三章 彩色至灰階影像轉換

本章在 3.1 節中介紹以往影像灰階轉換的缺點並提出如何解決這些問題的方法以及此方法的詳細做法，在 3.2 節介紹如何計算像素屬於各區塊影像的機率並結合像素灰階值得到最終的灰階轉換結果。

3.1 加入區塊色彩資訊之灰階轉換

3.1.1 灰階轉換之計算

由於一般影像轉灰階之方法只考慮影像的亮度，在等亮度區域的灰階轉換容易有資訊缺失導致轉換品質不佳的缺點，於是我們提出在影像灰階的計算上加入不同區塊的色彩資訊，這樣一來可以改善在等亮度區域影像灰階轉換有資訊缺失的問題。

首先，我們用現有的影像分割程式碼將輸入影像分割成幾個不同的區塊 $S_t (t \in [1, K])$ ， K 為我們所自訂的區塊數，數目可由使用者去決定，這裡我們設定影像分割為前景背景兩個區塊，程式碼出處是國外一個影像處理的網路部落格所分享其作者是 Shawn Lankton，程式的影像分割方式是設定一個遮罩大小及位置去掃描遮罩內的影像，利用掃描影像顏色的差異度來判別像的邊界，判別完成後將影像做分割。

由於 LAB 色彩空間之特性與人類視覺系統較接近，所以接下來先將影像轉換至 LAB 色彩空間，轉換方法在 2.1 節式(2.2~3)，而我們所提出方法的灰階值計算式可表示成式(3.1):

$$G_t = \sum_{i=1}^K P_i^t G_i^t \quad (3.1)$$

其中 G_t 是像素 i 的最終灰階值， G_i^t 是像素 i 屬於區塊 t 的灰階值， P_i^t 是像素 i 屬於區塊 t 的機率，機率 P_i^t 的計算在 3.2 節會有詳細的說明。 G_i^t 的計算可表示為式(3.2)，此式為我們提出計算像素灰階值在亮度中加入像素的色彩資訊之方法。

$$G_i^t = L_i + a_i \times a^t + b_i \times b^t + (g_t - g_t^c) \quad (3.2)$$

其中 L_i 、 a_i 、 b_i 分別為像素 i 的 LAB 值， a^t 與 b^t 是區塊 t 的色彩權重值， g_t 是區塊 t 灰階轉換後的平均亮度， g_t^c 是區塊 t 轉換前的平均亮度，其中 g_t 還有 a^t 、 b^t 皆為未知數。而式(3.2)在像素灰階值的計算上除了亮度 L_i ，另外加上了乘上色彩權重 a^t 、 b^t 的像素色彩值 a_i 與 b_i ，最後再加上區塊灰階轉換前後的亮度差異 $g_t - g_t^c$ ，目的是希望轉換前後的亮度差異能達到最小，未知數 g_t 與 a^t 、 b^t 的計算分別會在 3.1.2 節與 3.1.3 節有詳細的說明。

3.1.2 各區塊灰階轉換後之平均亮度

對於各區塊之平均亮度 g_t 的計算，我們制定一個能量函式，能量函式可表示成式(3.3):

$$E_g(t) = \sum_{s \in N_{ts}} W_{ts} \times (g_t - g_s - \gamma \times \delta_{ts})^2 \quad (3.3)$$

其中 W_{ts} 是一個權重係數， g_t 、 g_s 分別是區塊 t 與區塊 s 灰階轉換後的平均亮度， γ 是一個可調整的參數，作用是讓我們可以調整灰階轉換後的影像對比度， δ_{ts} 是區塊 t 與區塊 s 間的色彩距離。此式的意義是希望各區塊灰階轉換後的平均亮度差異 $g_t - g_s$ 與轉換前區塊間色彩距離 δ_{ts} 的差異能達到最小。

權重係數 W_{ts} 是區塊 t 與區塊 s 間的權重分配，我們參考文獻[2]定義權重係數的計算為式(3.4):

$$W_{ts} = (r_t + r_s) \times \left(\frac{D_{ts}}{D_{\max}} \right) \quad (3.4)$$

其中 r_t 是區塊 t 的面積與整個輸入影像的面積比例， r_s 則為區塊 s 的面積與整個輸入影像的面積比例， D_{\max} 是色彩距離相差最大的兩個區塊間的色彩距離， D_{ts} 代表區塊 t 與區塊 s 之間的色彩距離，距離的計算表示為式(3.5):

$$D_{ts} = \sqrt{(L_t^c - L_s^c)^2 + (a_t^c - a_s^c)^2 + (b_t^c - b_s^c)^2} \quad (3.5)$$

其中 L_t^C 、 a_t^C 、 b_t^C 與 L_s^C 、 a_s^C 、 b_s^C 分別為區塊 t 與區塊 s 內所有像素 L 、 a 、 b 值的平均。區塊 t 與區塊 s 間的色彩距離 δ_{ts} 則表示為式(3.6):

$$\delta_{ts} = \text{sign}(t, s) D_{ts} \quad (3.6)$$

Sign 函數的計算是用區塊 t 的平均亮度 L_t^C 減掉區塊 s 的平均亮度 L_s^C ，結果大於 0 的話 δ_{ts} 為正值，小於 0 則為負值。

由於影像的區塊劃分數目最少會有 2 個以上，根據不同的區塊數 $E_g(t)$ 的值也會不同的數量，而我們將影像劃分成兩個區塊所以會有兩個，之後將所有的 $E_g(t)$ 加為總能量函式，表示為式(3.7):

$$E_g = \sum_{t=1}^K E_g(t) + \left(\sum_{t=1}^K r_t \times g_t - L^C \right)^2 \quad (3.7)$$

其中第一項為式(3.2)所有 $E_g(t)$ 的總合，第二項之 L^C 為整個輸入影像的平均亮度，由於第一項的能量式只包含各區塊間的亮度與平均色彩差異的關係加入第二項的目的是我們同時希望影像灰階轉換後的平均亮度與轉換前的平均亮度之差異也能達到最小。

有了完整的能量函式，就可以算出各區塊灰階轉換後的平均亮度 g_t ，所以可以假設能使式(3.7)達到最小值的 g_t 即為我們所要求的結果，做法是求此函式之最佳化解也就是最小極值的解，做法為將式(3.7)展開再對 g_t 偏微分並設他的結果為 0，偏微分後可以得到有各區塊 g_t 值未知數的式子，有 K 個區塊的話就會有 K 個未知數，由於我們設定的 $K=2$ 所以偏微分後的結果會是下式(3.8):

$$\begin{cases} 4W_{ts}g_1 - 4W_{ts}g_2 - 2W_{ts}\gamma\delta_{12} + 2r_1^2g_1 + 2r_1r_2g_2 - 2r_1L^C = 0 \\ 4W_{ts}g_2 - 4W_{ts}g_1 + 2W_{ts}\gamma\delta_{21} + 2r_1^2g_2 + 2r_1r_2g_1 - 2r_1L^C = 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

其中只有區塊 t 與區塊 s 轉換後的亮度 g_1 與 g_2 是未知數，解聯立方程式後即可得到各區塊灰階轉換後的亮度值 g_t 。

3.1.3 各區塊之色彩權重計算

接著我們要計算出式(3.2)中各區塊的色彩權重係數 a^t 與 b^t ，做法是先將各區塊再劃分成 m 個子區塊，子區塊數目一樣可以自己設定，我們則是設定為2，劃分方法是將區塊內的所有像素之色彩強度做平均計算，計算結果則用來設定為劃分的門檻值，高於門檻值的像素劃分為同一個子區塊低於門檻值的則屬於另一個子區塊，劃分子區塊的目的是用不同子區塊像素之間的顏色差異關係來求得我們要的色彩權重係數，因此我們定義其能量函式可表示為式(3.9):

$$E_l(t) = \sum_{i \in S_t} \sum_{j \in R_i} (\Delta L_{ij} + \Delta a_{ij} \times a^t + \Delta b_{ij} \times b^t - \delta_{ij})^2 \quad (3.9)$$

其中 ΔL_{ij} 、 Δa_{ij} 、 Δb_{ij} 分別為像素 i 與 j 間 L 、 a 、 b 值的差， a^t 、 b^t 是未知數也是我們所要求得的色彩權重係數， δ_{ij} 則與式(3.6)定義一樣代表兩個像素之間的色彩距離， S_t 代表區塊 t 而 R_i 則是各子區塊。

定義此式的目的是希望區塊內每個像素 i 轉換後與轉換前的色彩差異能達到最小，進而去計算出色彩權重值，接著要將區塊 t 內的每個像素 i 與屬於不同子區塊 R_i 的像素中挑選一個像素 j 來做配對計算差異，像素的挑選方法有幾種，用隨機挑選的方式可能會使得每次的結果都有不同，如果挑選到不適合的像素結果也可能會不太理想，根據以上考量最後決定挑選以該子區塊較具代表性的像素來做配對，我們是以出現次數最多的顏色像素來當該子區塊的代表性像素。

接下來的目標一樣希望將各子區塊間經過權重分配後像素顏色的差異總和與其顏色距離的差異能達到最小，所以這裡同樣要去求能量函式的最佳化解，將式(3.9)分別對 a^t 與 b^t 做偏微分並設他們的結果為0，偏微分後的結果會是下式(3.10):

$$\begin{cases} \sum_{i \in S_t} \sum_{j \in R_i} (2\Delta L_{ij} - \delta_{ij}) \Delta a_{ij} + 2\Delta a_{ij}^2 a^t + 2\Delta a_{ij} \Delta b_{ij} b^t = 0 \\ \sum_{i \in S_t} \sum_{j \in R_i} (2\Delta L_{ij} - \delta_{ij}) \Delta b_{ij} + 2\Delta b_{ij}^2 b^t + 2\Delta a_{ij} \Delta b_{ij} a^t = 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

其中只有 a^t 與 b^t 是未知數，解聯立方程式後即可得到各區塊的色彩權重值，

現在我們有了所需要的各種數值可以實現式(3.2)的計算，最後將像素屬於各區塊的機率結合像素的灰階值 G_i^t 來做為我們灰階轉換最後的結果。

3.2 結合機率灰階轉換之結果

這裡我們要去計算像素屬於各區塊的機率為何，方法是利用像素與各區塊的平均色彩強度之差異性來計算，計算表示為式(3.11):

$$P_i^t = \frac{\exp\left(\frac{-(f_t - v_i)^2}{\alpha^2}\right)}{\sum_{j=1}^K \exp\left(\frac{-(f_t - v_j)^2}{\alpha^2}\right)}, i = 1, \dots, K \quad (3.11)$$

其中 f_t 為像素色彩強度值， v_i 為各區塊平均色彩強度， α 是一個可自訂的差異離散度的參數，分子項代表像素與單一區塊之差異，分母則是像素與每個區塊差異之總和。此機率式的意義是用像素與各區塊之平均色彩強度的差異來判斷他屬於各區塊的機率為何，差異愈小則屬於該區塊的機率則愈高， α 值用則來調整各區塊的影響程度，值若越小像素屬於某區塊之機率會較大屬於其他區塊之機率會較小。

最後我們將式(3.2)像素的灰階值 G_i^t 以及像素屬於各區塊的機率 P_i^t 做結合，可計算出式(3.1)的 G_t 值， G_t 即為灰階轉換結果像素 i 的灰階值。

第四章 實驗結果與比較

本章在 4.1 節說明實驗所用的軟硬體以及所使用的分割程式介紹。4.2 節為各種影像在不同參數 γ 下的實驗結果與比較，以及探討參數對於結果的影響與關係。4.3 節為影像在不同機率差異離散度 α 下的結果與比較，同時探討不同機率區塊之間的影響。4.4 節我們將本方法之結果與一般灰階轉換方法和影像處理軟體之結果做一個比較。

4.1 軟硬體與分割程式介紹

在實驗中我們使用的軟體為 Matlab R2009b。硬體設備為 Intel Core 2 Duo CPU E7400，時脈 2.80GHz，記憶體為 4.0GB。

實驗使用國外一個影像處理的網路部落格所分享的matlab影像分割程式碼，作者是Shawn Lankton，這個程式運行的方式是先設定一個遮罩的大小及位置，然後去掃描遮罩內邊界像素顏色的差異，若顏色無太大差異之後則會根據我們設定的掃描次數逐漸縮小掃描遮罩直到達到設定的掃描次數或是已完整框住與分割之影像邊界，圖4.1為輸入影像的分割狀況。

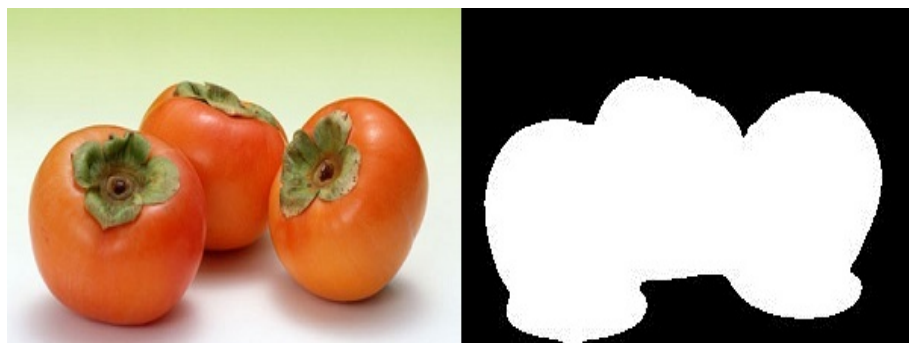


圖 4.1 輸入影像分割狀況

4.2 不同參數 γ 下的實驗結果

圖 4.2、4.3 為輸入影像在不同參數 γ 下的灰階轉換結果，由結果可以看到 γ 的值與影像的對比度有明顯關係，值越大區塊之間的對比度則越高，值如果太小影像整體對比度明顯偏低，例如圖 4.2 在 γ 值太低的時候前景影像與背景影像間的亮度不夠分明，果皮與蒂的部分較模糊轉換效果不明顯， γ 在超過 2.5 後轉換的效果開始明顯改善，對比度高時果皮的顏色看起來較為立體，圖 4.3 情況也差不多，果肉與陰影的部分在 γ 值低的時候轉換效果並不是很清楚有點模糊的狀況， γ 大約在超過 2.5 之後轉換效果明顯較佳。



原始影像



分割狀況



γ 值=0.5



γ 值=1.5

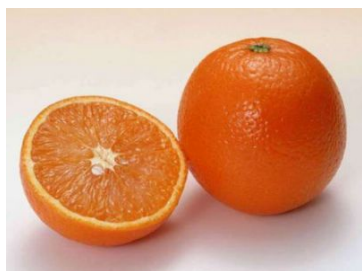


γ 值=2.5



γ 值=3.5

圖 4.2 不同參數 γ 的灰階轉換結果($\alpha=50$)



原始影像



分割狀況



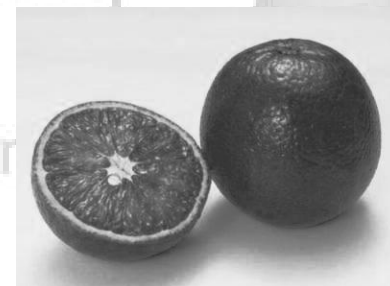
γ 值=0.5



γ 值=1.5



γ 值=2.5



γ 值=3.0

圖 4.3 不同參數 γ 的灰階轉換結果($\alpha=50$)

4.3 不同機率差異離散度 α 下的實驗結果

圖 4.4、4.5 為輸入影像在不同機率差異離散度 α 下的灰階轉換結果， α 值的大小也關係到各區塊影響程度的多寡，從圖 4.4 可以看到 α 值太低的時候水果的反光跟陰影部分呈現明顯的塊狀而且轉換效果很差， α 值超過 60 後轉換的效果則有明顯改善。圖 4.5 在 α 值太低的時候很明顯果肉部分非常模糊而且陰影邊緣的部分失真非常嚴重，整個影像看起來真實度很低，不過一樣大約在 α 值超過 60 後轉換效果明顯改善，果肉部分可以清楚呈現而陰影部分也無失真，轉換結果較為真實。



原始影像



α 值=20



α 值=40



α 值=60

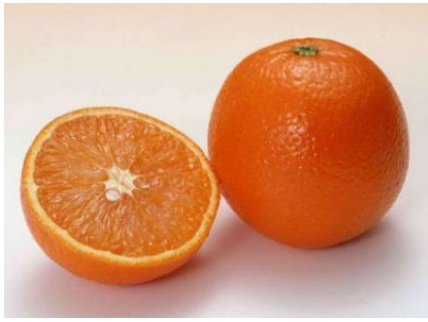


α 值=80



α 值=100

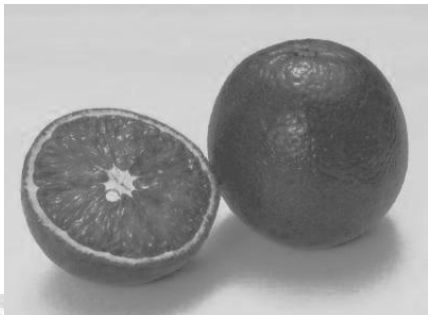
圖 4.4 不同機率差異離散度 α 的灰階轉換結果($\gamma=2.5$)



原始影像



α 值=20



α 值=40



α 值=60



α 值=80



α 值=100

圖 4.5 不同機率差異離散度 α 的灰階轉換結果($\gamma=2.5$)

如果 α 值大到一個程度後，則像素屬於各區塊的機率會趨近相等，受到其他區塊顏色的影響也會大幅增加。圖 4.6 為 α 值等於 500 時的結果圖，由結果我們可以看到，機率差異離散度 α 的影響如我們先前所預期的，值越大該區塊像素屬於其他區塊的機率則會越高，所以代表受到其他區塊顏色的影響程度也越高。



圖 4.6 $\alpha=500$ 之灰階轉換結果($\gamma=2.5$)

4.4 與其他方法之結果比較

圖 4.7 為本方法結果圖與其他方法灰階轉換結果之比較，圖中右上是使用 painter 軟體直接將影像色彩值去除的結果，左中則是使用軟體 PhotoShop 中的灰階模式去除色彩資訊產生的結果，本方法與一般方法的灰階轉換結果都能有效的將原始影像轉換，差別在於本方法可以做簡單的參數調整得到不同的轉換結果，使用者可以依據自己需要的效果去做調整。



原始影像



Painter 轉換結果



PhotoShop 轉換結果



$\gamma=35$ 、 $\alpha=50$



$\gamma=20$ 、 $\alpha=50$



$\gamma=20$ 、 $\alpha=80$

圖 4.7 與其他方法灰階轉換結果之比較

第五章 結論與未來展望

5.1 結論

一般的影像灰階轉換方法只考慮影像亮度的部分，如此一來在等亮度區域的灰階轉換可能會有資訊的缺失導致效果不佳，而且直接的計算灰階值也忽略了人類視覺系統對於觀看物體時周遭環境會有所影響的觀念，所以本篇論文提出在亮度計算上加入影像各區塊的色彩資訊，有了這些資訊就可以解決一般方法在等亮度區域灰階轉換資訊缺失的問題，而方法的制訂使各區塊間產生關聯性較為貼近人類的視覺系統，效果上也可以根據參數調整來達到不同的變化，使用者就可以依據自己的喜好或需求去來挑選想要的效果。

方法分為三個部分，首先第一部分將影像劃分成兩個區塊，制定區塊間的關係式，利用區塊間轉換前後亮度的差異求出區塊轉換後的亮度，接著第二部分再將區塊分為兩個子區塊利用子區塊間轉換前後像素的顏色差異求得區塊的色彩權重值，最後部分將像素的亮度與求得的色彩資訊及轉換後前的亮度差異加起來可以算出像素的灰階值，再將他結合像素屬於各區塊的機率可以得到最終的灰階值。

實驗結果比較了各種不同參數下的灰階轉換，其中 γ 值的大小會影響灰階轉換後影像的對比度，值越大對比度越高，而值在 2~3 之間的轉換效果較好。 α 則是關係到各區塊互相影響程度的多寡，值越大代表像素灰階值受到其他區塊影響的程度也越高， α 值在 60~100 間的轉換結果較佳。結果顯示本方法可以有效的將影像轉為灰階不會有失真的狀況，在效果上有不錯的表現。

5.2 未來展望

未來我們希望可以繼續研究此方法能否有可以繼續調整的地方，以及提升實驗影像的複雜度，而影像的分割能劃分更細微的地方，並且能應用在即時的互動介面方便使用，創造更多元的發展。

參考文獻

- [1] Metzger, W.: Laws of Seeing. The MIT Press, Cambridge (2006)
- [2] Gilchrist, A., Kossyfidis, C., Bonato, F., Agostini, T., Cataliotti, J., Li, X., Spehar, B., Annan, V., Economou, E.: An anchoring theory of lightness perception. *Psychol. Rev.* **106**, 795–834 (1999)
- [3] Wyszecki, G., Stiles, W.: Color Science, Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. Wiley, New York (2000)
- [4] Cadík, M.: Perceptual evaluation of color-to-grayscale image conversions. *Computer Graphics Forum* **27**(7), 1745–1754 (2008)
- [5] David, H.: The Method of Paired Comparisons. Oxford University. Press, London (1988)
- [6] Bala, R., Eschbach, R.: Spatial color-to-grayscale transform preserving chrominance edge information. In: Color Imaging Conference, IS&T—The Society for Imaging Science and Technology, pp. 82–86 (2004)
- [7] Grundland, M., Dodgson, N.: Decolorize: fast, contrast enhancing, color to grayscale conversion. *Pattern Recogn.* **40**(11), 2891–2896 (2007)
- [8] Gooch, A., Olsen, S., Tumblin, J., Gooch, B.: Color2gray: salience-preserving color removal. *ACM Trans. Graph.* **24**(3), 634–639 (2005)
- [9] Kim, Y., Jang, C., Demouth, J., Lee, S.: Robust color-to-gray via nonlinear global mapping. *ACM Trans. Graph.* **28**(5), (2009)
- [10] Kuhn, G.R., Oliveira, M.M., Fernandes, L.A.F.: An improved contrast enhancing approach for colortograyscale mappings. *Vis. Comput.* **24**(7), 505–514 (2008)

- [11] Wu·J,Shen·X,Liu·L:Interactive two-scale color-to-gray.In:Springer-Verlag (2012)
- [12] Neumann, L.Cadík, M., Nemcsics, A.: An efficient perceptionbased adaptive color to gray transformation. In: Proceedings of Computational Aesthetics 2007, pp. 73–80. Eurographics Association, Banff (2007)
- [13] Rasche, K., Geist, R., Westall, J.: Detail preserving reproduction of color images for monochromats and dichromats. IEEE Comput. Graph. Appl. **25**(3), 22–30 (2005)
- [14] Rasche, K., Geist, R., Westall, J.: Re-coloring images for gamuts of lower dimension. Comput. Graph. Forum **24**(3), 423–432(2005)

