

影像處理期末專題

Color Transfer with eHSI Enhancement

第八組：林鉉博 吳孟霖 吳霽函 李庭宇

Motivation

Color transfer的使用讓影像增添更多有趣的地方

但是在轉換的過程中面臨影像中的色彩變得讓人眼難以察覺

在此時我們透過在**exact HSI**此一色彩空間裡做影像增強的手續

使得經過影像增強的影像能夠貼近人眼所能察覺之色彩空間

Color transfer

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.4679 & -3.5873 & 0.1193 \\ -1.2186 & 2.3809 & -0.1624 \\ 0.0497 & -0.2439 & 1.2045 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{L} \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{S} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{6}}{6} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix}$$

取exp後，色彩空間轉換



$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3811 & 0.5783 & 0.0402 \\ 0.1967 & 0.7244 & 0.0782 \\ 0.0241 & 0.1288 & 0.8444 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{L} \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{S} \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} l'_r = (l_r - \bar{l}_r) \frac{\sigma'_b}{\sigma_r} + \bar{l}_b \\ \alpha'_r = (\alpha_r - \bar{\alpha}_r) \frac{\sigma'_b}{\sigma_r} + \bar{\alpha}_b \\ \beta'_r = (\beta_r - \bar{\beta}_r) \frac{\sigma'_b}{\sigma_r} + \bar{\beta}_b \end{cases}$$

待轉影像的下標為 r
參考影像的下標為 b

exact HSI

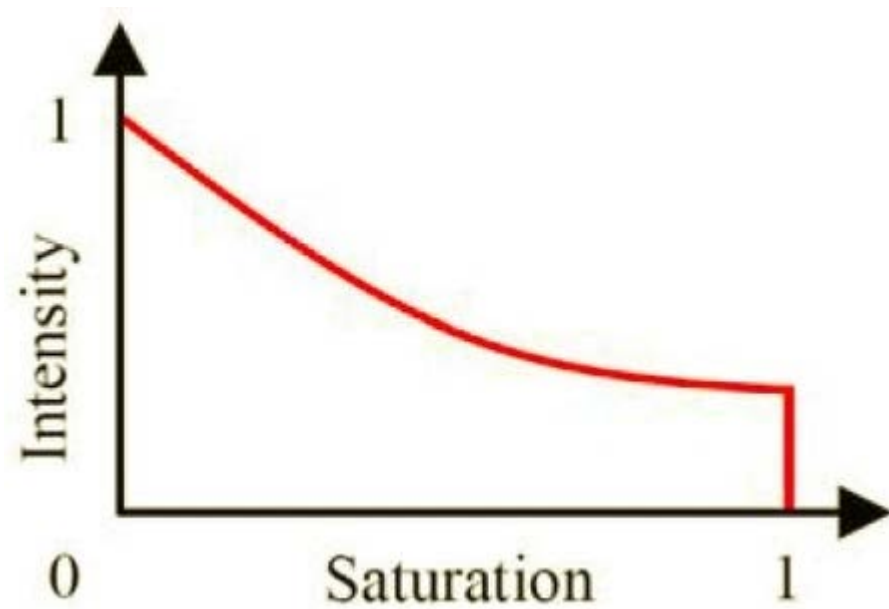
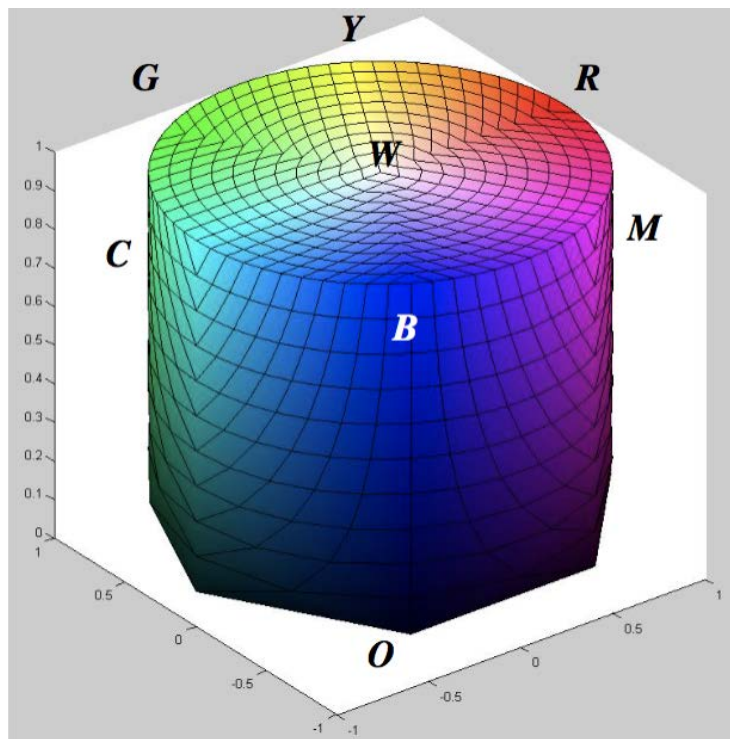
利用**HSI**將色彩上對比不明顯的地方增強，使得亮一點 色彩鮮明一點

然而實際的人眼視覺，色度的覺知受到亮度的影響。

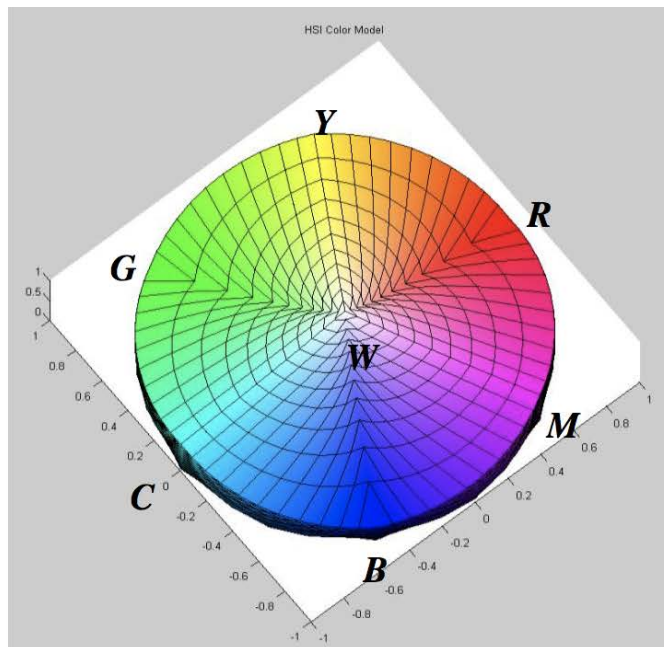
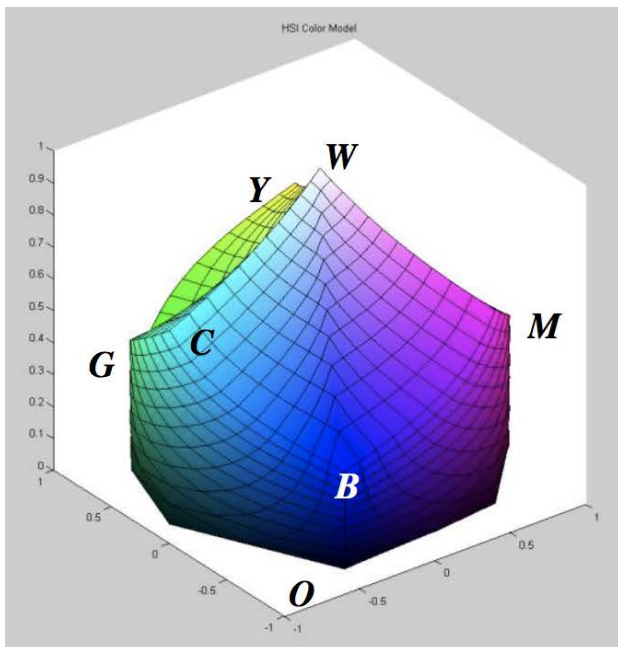
意思是說，太亮時人眼都看成白色，太暗都看成黑色。

以往**RGB**轉至**HSI**想要調整亮度以增加對比，但反而導致影像色彩失真，此一現象稱之為**out of gamut**。

eHSI



eHSI cont.



從以上兩張圖我們可以發現人眼真實能感知的色彩模型長相並不如 HSI 那樣理想的圓柱型

而是在較暗處為圓柱型，較亮處為波浪狀的圓錐型。

(右圖為俯視圖)

eHSI cont.

(1) 計算亮度 I

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

(2) 計算色相 H

$$H = \begin{cases} \theta, & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - \theta, & \text{if } B > G \end{cases}$$
$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

(3) 修正色相 H

$$H = H \bmod 120^\circ$$

(4) 依亮度 I 計算飽和度 S

$$\text{if } I > \frac{2}{3} - \frac{\text{abs}(H - 60^\circ)}{180^\circ}, \text{ then } S = 1 - \frac{3(1 - \max(R, G, B))}{3 - (R + G + B)}$$
$$\text{else } S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B)$$

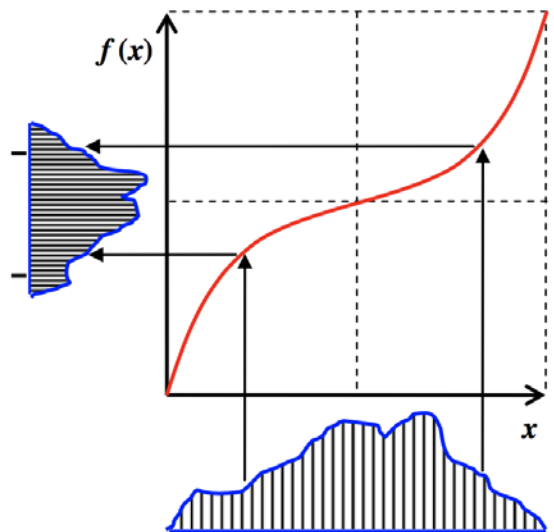
本論文的作者針對HSI色彩空間轉換做修改

假設輸入影像為[0,1]區間

利用左圖之公式得到原圖之HSI三值

括弧為與傳統HSI不同的地方

eHSI cont.



$$f(x) = \begin{cases} \sqrt{0.5x}, & 0 \leq x \leq 0.5 \\ 1 - \sqrt{0.5(1-x)}, & 0.5 < x \leq 1 \end{cases}$$

針對影像之I值做**Histogram Equalization**

若是影像中有部分特別亮或暗，則equalization效果不大，且色彩表示不明顯

本論文作者提出**S type**轉換，用來將做完equalization後的I值能集中於中等亮度範圍，使得色彩表現更明顯

圖中，水平軸為做完 Equalization 的亮度，有許多值座落在極亮與極暗的區域。
垂直軸為透過 S 轉換後的亮度值，將影像的亮度集中於色彩表現豐富的中等亮度區。

右下為S轉換之公式，輸入值為hist equalization元素

eHSI cont.

The YC section: $60^\circ < H \leq 180^\circ$ & $I > \frac{1}{3} + \frac{\text{abs}(H - 120^\circ)}{180^\circ}$

$$H = H - 240^\circ$$

$$\begin{cases} G = I(1 - S) + S \\ B = 1 - (1 - I) \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\ R = 3I - (G + B) \end{cases} \quad (28)$$

The CM section: $180^\circ < H \leq 300^\circ$ & $I > \frac{1}{3} + \frac{\text{abs}(H - 240^\circ)}{180^\circ}$

$$\begin{cases} B = I(1 - S) + S \\ R = 1 - (1 - I) \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\ G = 3I - (R + B) \end{cases} \quad (29)$$

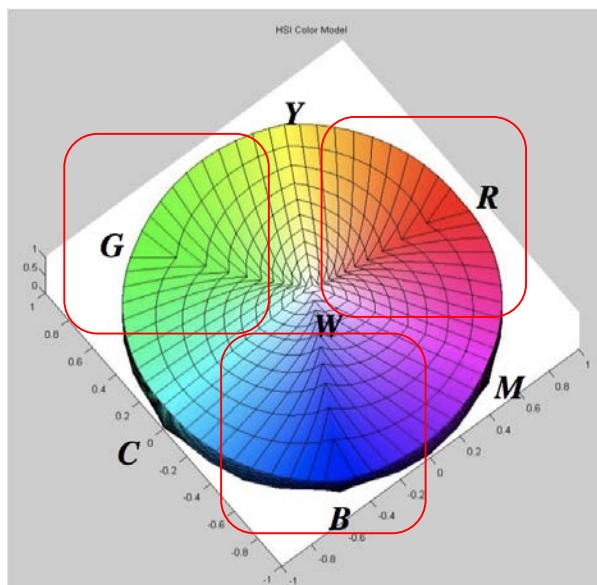
The MY section: $\left(300^\circ < H \leq 360^\circ \text{ & } I > \frac{1}{3} + \frac{360^\circ - H}{180^\circ} \right) \text{ or } \left(0^\circ < H \leq 60^\circ \text{ & } I > \frac{1}{3} + \frac{H}{180^\circ} \right)$

$$H = H - 120^\circ$$

$$\begin{cases} R = I(1 - S) + S \\ G = 1 - (1 - I) \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\ B = 3I - (R + G) \end{cases} \quad (30)$$

在eHSI中，比以前的HSI多了**CM MY YC** sections

所以從eHSI轉回RGB的過程中必須多處理這三個部分



HSI vs eHSI

brightened cosmetic image



HSI

Intensity histogram equalized



Intensity histogram is centralized by S-type transformation



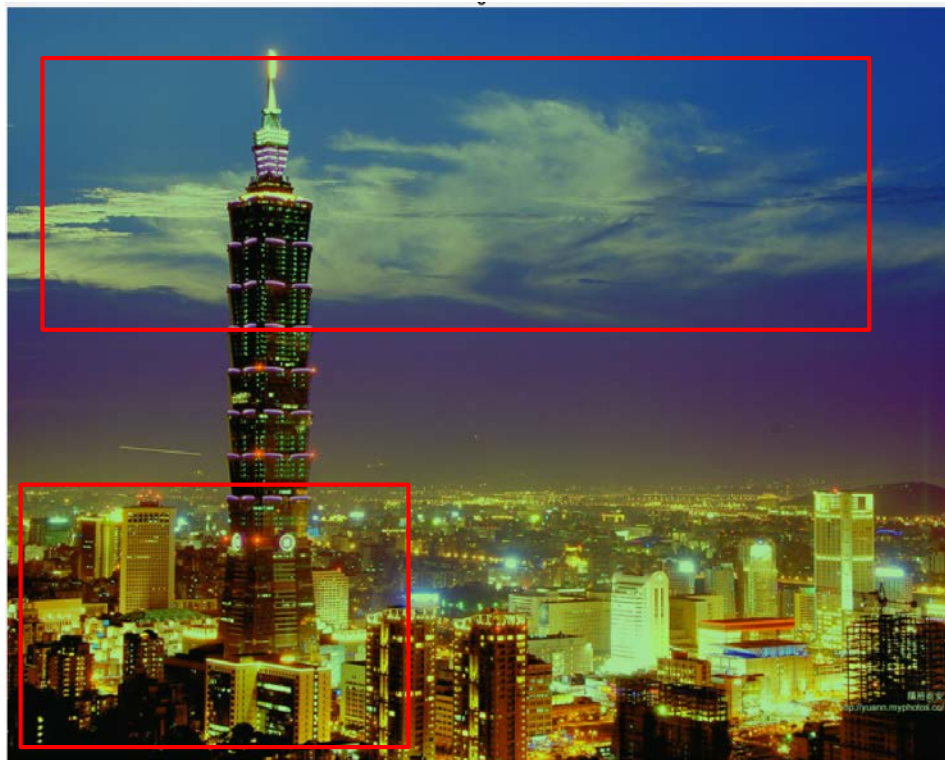
eHSI



當101遇上梵谷的露天咖啡廳



Color transfer後的結果



in eH SI

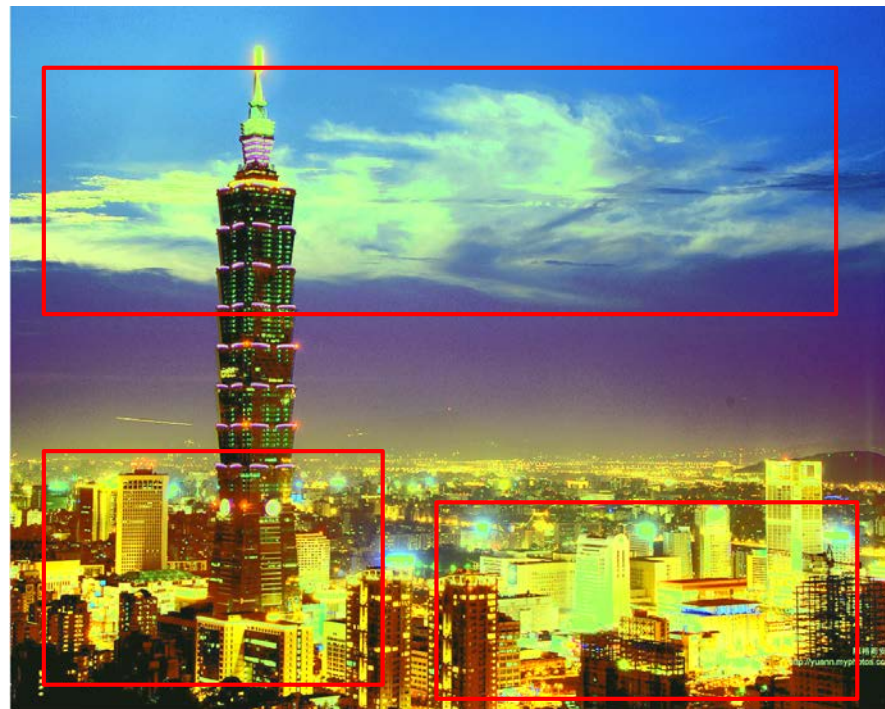


eHSI Compare to HSI

eHSI.ver

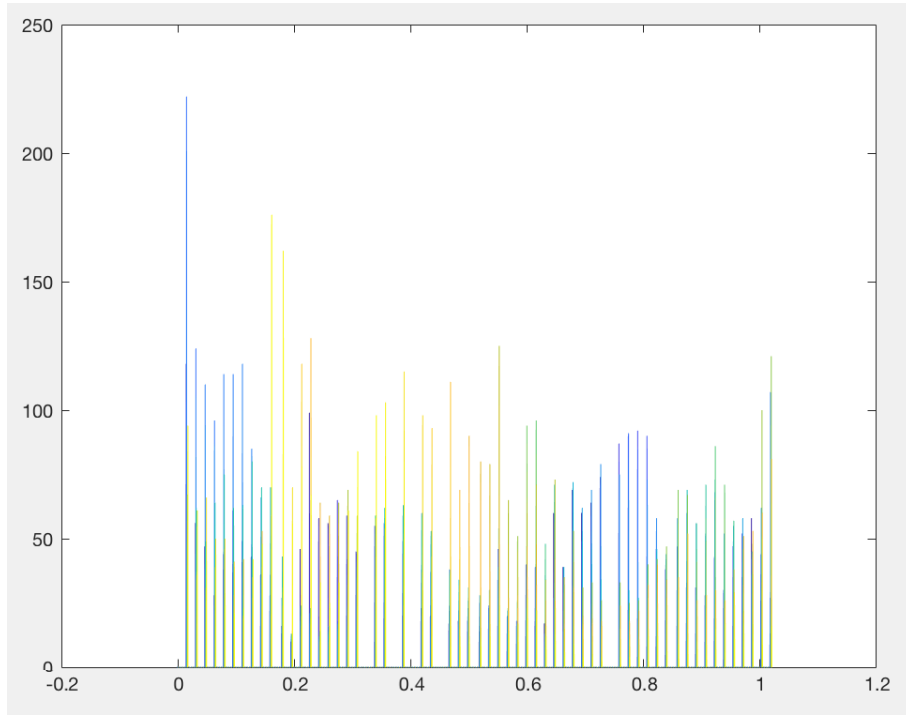


HSI.ver

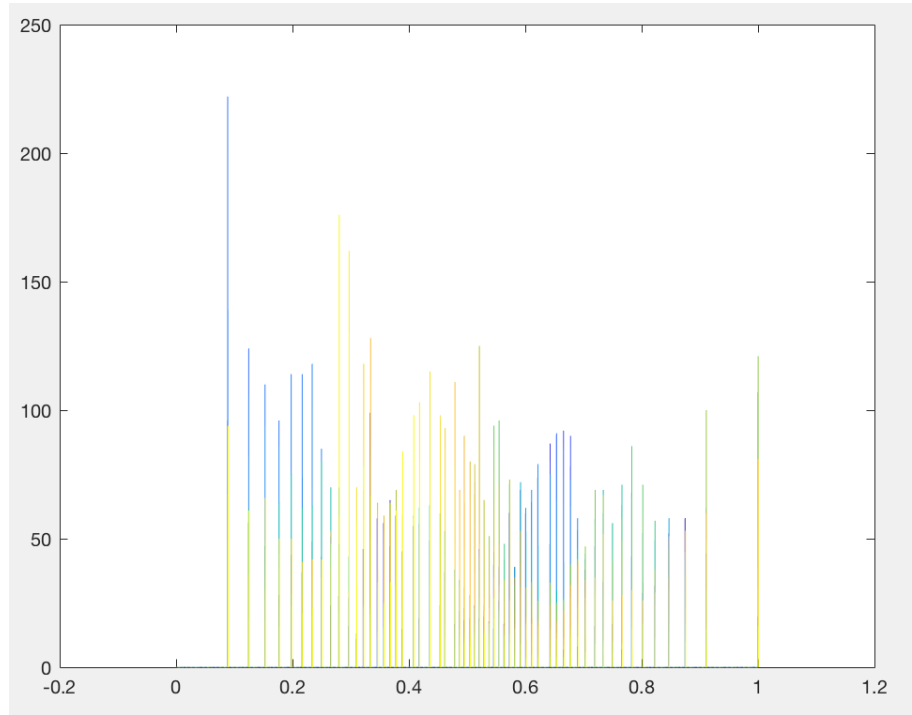


About Intensity

Histogram Equalization



Histogram Equalization with S type transform



The other cases...



The result

藉由此次期末專題，我們可以很快得到一張經過color transfer藉由在eHSI空間影像增強

是能夠正確貼近人類所能感受之色彩空間，如此一來，就不必忍受color transfer後的一些不自然的效果。

Thank You!