

Color Image
Enhancement
Homework Report

- Technical description

- (1) Histogram equalization in HSI color space

在 HSI color space 上做 Histogram equalization 提高圖片對比，再轉回到 RGB color space。

先將 RGB color image 轉成 HSI color space，在 HSI components 上進行所需的影像處理。

HSI 各個 components 可以經由以下公式獲得

H component：

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

theta = acos (反三角函數)

S component：

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)],$$

I component：

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B),$$

將 RGB 的值做上述三個處理可以得到 HSI，也就是 RGB 被 normalized 後的值(在區間[0,1]之間)。接著在 HSI 三個 components 上分別做 histogram equalization。

根據 ppt58 頁，不要讓各個 component 單獨做 histeq，否則結果圖的顏色會有錯誤，在 HSI color space 上做 histogram equalization 時讓 hue component 維持不變。

A logical approach is to spread the color intensities uniformly, leaving the colors themselves (e.g., hues) unchanged.

S 做完 histeq 的結果陣列(SE)，以及 I 做完 histeq 的結果陣列(IE)和原本的(H)陣列，也就是(SE, IE, H)，把這三個陣列做串接後得到在 HSI color space 上做完 enhancement 的三維矩陣。

把串接後的三維矩陣結果從 HSI color space 轉回 RGB color space，原本 HSI 值的區間為[0, 1]，把 H 乘上 360 度可以得到區間[0 度, 360 度]，在這邊我是乘上 2π 來達到 360 度的結果。有了角度區間後，便可以將分布在不同部分的色彩 RGB 取出來，以下是各個扇形區塊取出 RGB components 的計算式：

RG sector ($0^\circ \leq H < 120^\circ$):

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R + B).$$

GB sector ($120^\circ \leq H < 240^\circ$):

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

Then the RGB components are:

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G).$$

BR sector ($240^\circ \leq H \leq 360^\circ$):

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

Then the RGB components are:

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = 3I - (G + B).$$

將上面計算式所得到的 R & G & B 的陣列作串接，得到一個三維陣列，即是 RGB color space，且是做完 histogram equalization 後的 RGB 結果圖。

(2) Color image sharpening in RGB color space

在 RGB color space 上做 sharpening，產生各個 component 的 laplacian filter，利用原圖減去 laplacian filter 來突顯影像邊界。

(laplacian mask = [0 1 0; 1 -4 1; 0 1 0])

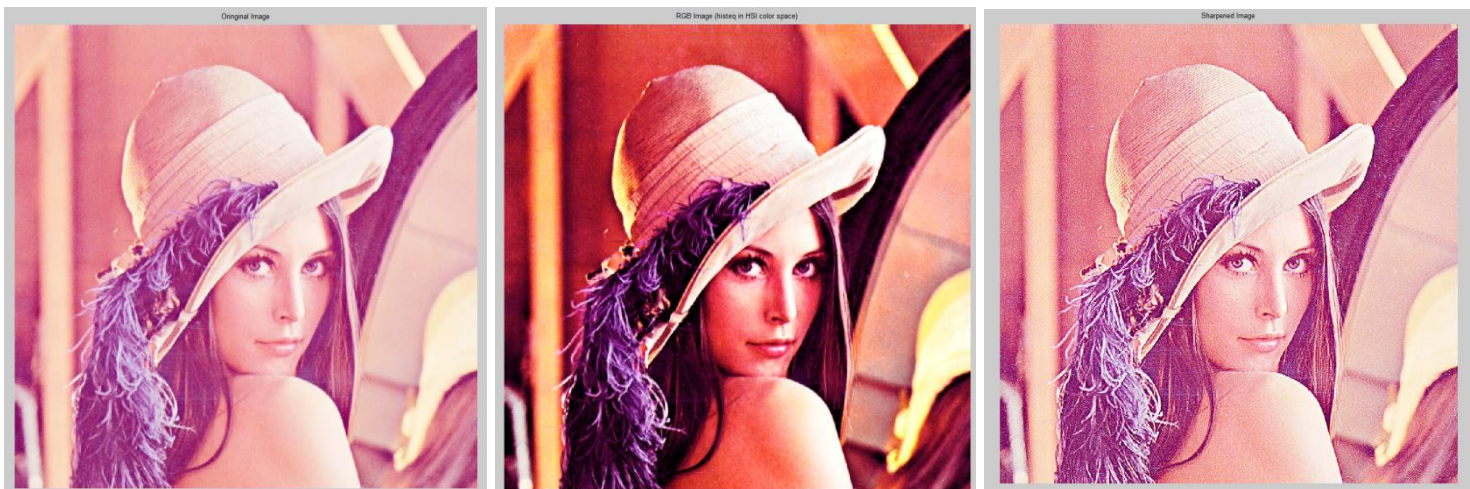
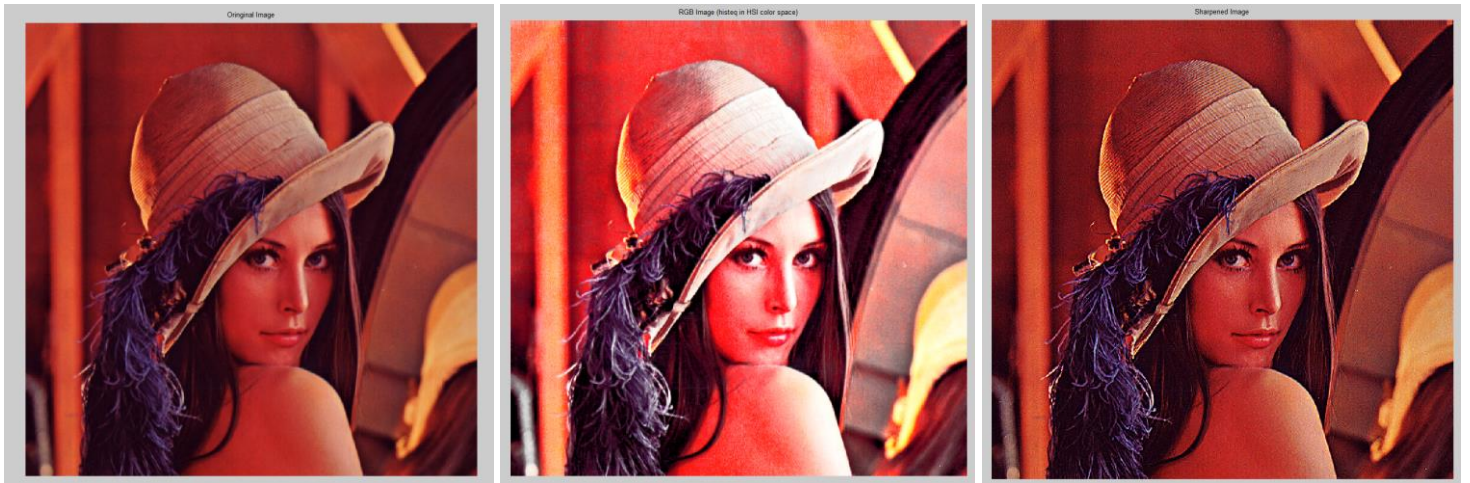
In the RGB color system, the Laplacian of vector \mathbf{c} in Eq. (6.4-2) is:

$$\nabla^2[\mathbf{c}(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}. \quad (6.6-3)$$

在 RGB color space 中對 R & G & B components 分別做 laplacian，得到 R & G & B 的 laplacian filter，將原本的 RGB components 減去各自的 laplacian filter 得到三個陣列。

將這三個陣列做串接得到一個三維陣列，即是突顯邊界後的 RGB color image。

● Experimental results



左： original image

中： Histogram equalization in HSI color space

右： Color image sharpening

● Discussions

在 HSI color space 上面，改動其中一個 component 並將結果輸出可以發現色彩明顯的變化，其中 Hue 是色相，動到 H 的話圖片色彩會呈現奇怪的分布，Saturation 是飽和度，越高色彩越純越低則變灰，Intensity 是明度，越高越亮越低越暗，所以做 histeq 的時候保留 Hue 的部分，只改動飽和度以及明度的部分，使圖片提高對比。Sharpening 做法跟之前一樣，原本的減去 laplacian filter 就會得到 enhanced result，如果不是全部都做，只針對 r 或 g 或 b，一樣會有突顯的效果，只是沒這麼明顯。

可以發現 lena-d 本身彩度已足夠，故做完 histeq 後色彩對比上只有明顯變亮，效果還好。而做完 Sharpening 的效果明顯較好。

lena-l 彩度較不足，做完 histeq 後整體彩度變高，效果很不錯。

反而做完 Sharpening 後的效果不明顯。

lena-d & lena-l 做完 sharpening，可以發現雜訊變多，因為 laplacian filter 突顯像素變化的關係。

● References and Appendix

http://ppt.cc/P9L_

<http://ppt.cc/aJcb>

<http://ppt.cc/grEb>