

VR Final Project: Color Harmonization

資工所 r08922146 林松逸

資工所 r08922172 何瑞祥

一、 簡介

人對圖像的感覺因文化差異而有所不同，然而免不了受顏色影響。和諧的配色能讓人感到舒暢，這並非由某個特定的顏色造成，而是由不同顏色在色彩空間的相對位置決定。如何產生和諧的配色向來是藝術家和科學家希望能解決的問題。

藝術家通常倚靠經驗和直覺來選擇配色，一旦決定色系之後，就需要花費大量的時間將合適的顏色填補上去來完成作品，這個過程通常是重複、枯燥且乏味的。因此有許多 paper 試圖將「圖片中顏色間的協調程度」這種主觀感受，用客觀的方程式表達出來，希望能讓電腦自動完成這個過程。即便至今仍沒有公認的定義，我們參考了前人的定義[2]和方法[4]，並做了一些修正，實作出能自動調整配色、使圖片更加和諧的程式。

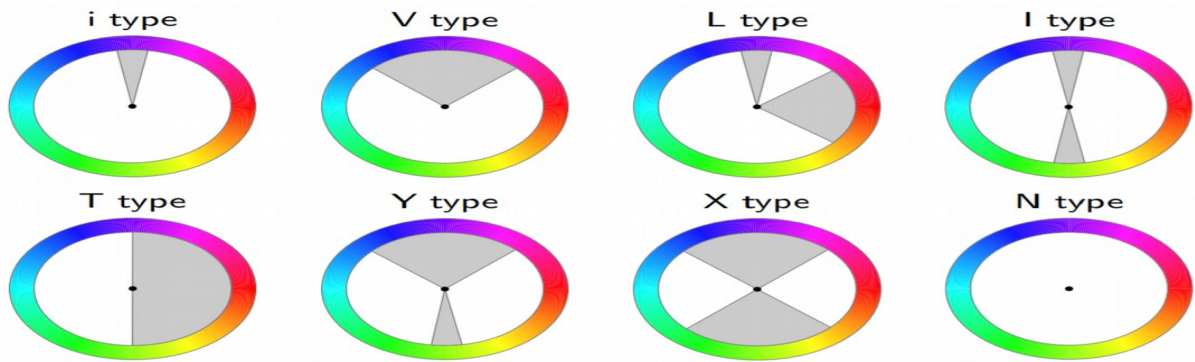
以下將簡單介紹前的做法、加上我們的做的修正、中間經歷的問題和解決的辦法、以及最後的結果（調整配色之後的圖片）。

二、 方法

我們一開始採用和 paper 相同的八個 harmonic template type（如圖一）。首先由原圖得到 HSV 中 hue 的分布圖，並算出他和不同 harmonic scheme 的距離，就是兩個 hue 分布圖的距離。以 $T_m(\alpha)$ 表示角度 α 、type- m （其中 $m \in \{i, V, L, I, T, Y, X, N\}$ ）的 harmonic scheme，將距離定義為：

$$F(X, (m, \alpha)) := \sum_{p \in X} \|H(p) - E_{T_m(\alpha)}(p)\| \cdot S(p)$$

其中 X 為原圖、 p 為 X 中的像素點、 $H(p)$ 為 p 的 hue 值、 $E_{T_m(\alpha)}(p)$ 為距離像素點 p 最近的 $T_m(\alpha)$ 邊界、 $S(p)$ 為 p 的 saturation 值、 α 為某個 template 旋轉的角度。如果像素點 p 位於 harmonic scheme 的範圍內，則 $\|H(p) - E_{T_m(\alpha)}(p)\|$ 為 0。這樣定是因為色彩飽和度越高時，顏色的變化讓人更有感覺，比如說粉紅和粉黃色的差別，感覺比鮮紅色和鮮黃色的差別來得大。



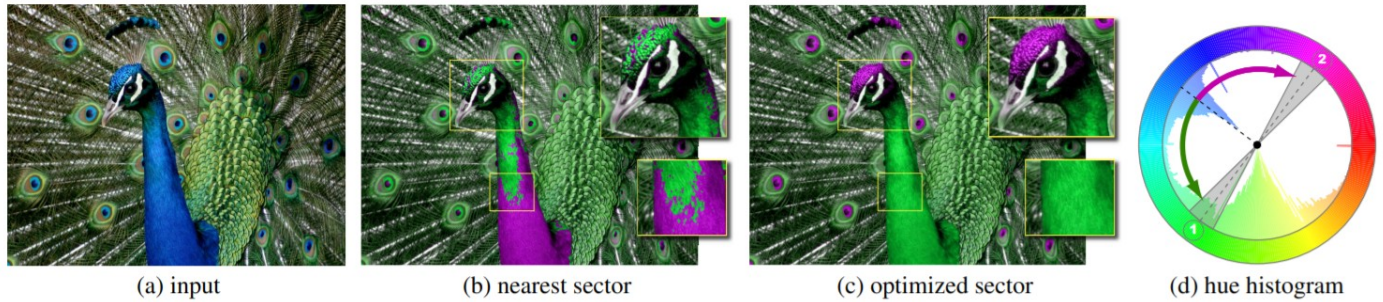
圖（一）

找出公式的最小值 $B(X) := (m_0, \alpha_0)$ such that $m_0 = \operatorname{argmin}_m F(X, M(X, T_m))$ ，其中

$M(X, T_m) = (m, \alpha_0)$ such that $\alpha_0 = \arg\min_{\alpha} F(X, (m, \alpha))$ 也就是最短距離發生時所對應的 harmonic

scheme 即為最佳的 harmonic scheme。

決定好 harmonic scheme 之後，要對所有像素點做 color shift，把每個像素的顏色移動到最接近該像素顏色的 harmonic scheme 範圍內。但如果直接做 color shift，可能會有顏色相近的像素被分到不同區塊的問題，如圖二所示，(a)部分顏色相近的藍色，可能在 color shift 之後被分成綠色和紫色。為了減少這類情況發生，我們做了一些修正：對每個 harmonic scheme 計算距離的時候，同時考慮該 harmonic scheme 會使多少像素在 color shift 之後顏色不連續（也就是顏色相近且相鄰的 pixel，卻被分到不同區塊），將計算結果和距離加權相加作為新的函數。



圖（二）

加權函數:

$$E(V) = \alpha E_1(V) + \beta E_2(V)$$

上面的函數是要減少色塊不連續的問題,其中的 $E_2(V)$ 代表相鄰且顏色相近的 pixel 被分到不同色塊(不同 label)造成色塊不連續所要付出的 cost, $V = \{v(p1), v(p2), \dots\}$, 代表每個 pixel 要被分到的扇形區域, $E_2(V)$ 公式:

$$E_2(V) = \sum_{(p,q) \in N} \delta(v(p), v(q)) * S_{max}(p, q) * \|H(p) - H(q)\|^{-1}$$

$\delta(v(p), v(q))$ 為判斷 p, q label 的函數, 相同為 1 不同為 0, N 代表 p 的所有 neighbor
當完成以上步驟, 就可開始作 color shift, 其公式如下:

$$H(p)' = C(p) + w/2(1 - G_{\sigma} * (\|H(p) - C(p)\|))$$

$C(p)$ 為扇形面積中心的 hue value, w 為扇形所佔的 angle, G_{σ} 為 normalized Gaussian function。

三、問題與討論

按照以上敘述實作之後，因為採用的是暴力法，將八種 type、360 個角度的 harmonic

scheme 全部算過一遍，再求其中的最小值，平均一張 640*360 的圖片需要耗時六~七分鐘（為了方便我們實作時是用 python，猜測用 c++ 可以明顯提升速度，不過對於更大的圖片同樣仍須要優化）。

為了解決這個問題，我們決定犧牲一些精準度，透過估計來簡化計算過程。首先將上面提及的距離函數改成計算原圖像素被包含在 harmonic scheme 範圍內的個數，也就是：

$N_{T_m(\alpha)} = \sum_{p \in X} \mathbb{I} \left(\|H(p) - E_{T_m(\alpha)}(p)\| = 0 \right)$ 整理過後，將想要最小化的函數定為

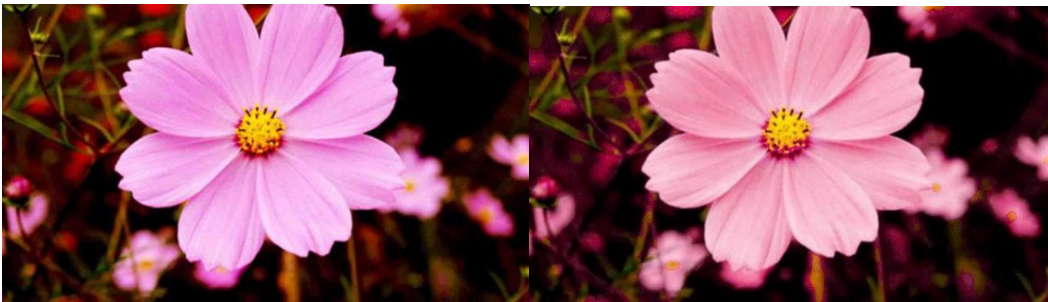
$F'(X, (m, \alpha)) := \beta N_{T_m(\alpha)} + \gamma E_2(V)$ ，其中，這裡的相鄰是考慮 p 的 4-neighbor， $H'(p)$ 是像素 p

color shift 之後的 hue 值， β 和 γ 分別是 $N_{T_m(\alpha)}$ 和 $E_2(V)$ 權重，我們經過比較多組權重所產生的結果之後選出效果最好的。

另外觀察到以上定義的函數其變化是平緩的，將圖片 downsample 後算出來的 harmonic scheme 通常會和想要的 harmonic scheme 相去不遠。因此通常在 downsample 後得到的 $T_m(\alpha)$ 附近，固定 m 、以此 α 為起點很快就能找到產生最小 $F'(X, (m, \alpha^i))$ 的 α^i 。

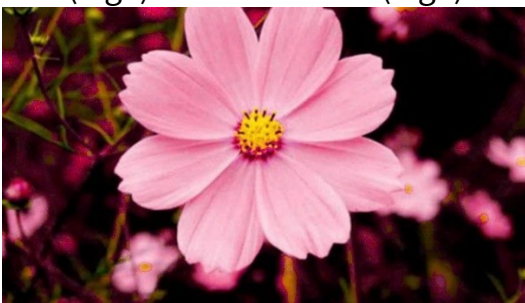
雖然最後這步仍有機會把所有可能搜尋一遍（我們的實驗中實際上並未發生過），若從結果來看，優化之後的程式在圖片大小一樣的狀況下，平均只需 20 秒便能完成計算。

四、 結果



(Fig1)

(Fig2)

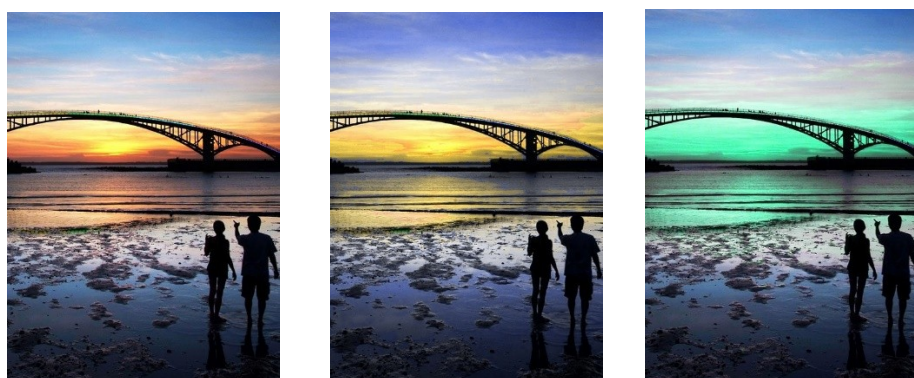


(Fig3)

Fig1 為原圖, Fig2 為未加速之前的方法產生的圖片(六~七分鐘), Fig3 為加速之後的方法產生的圖片(20 秒左右), 但 Fig2、Fig3 的結果卻是差不多的。



(fig4)原圖(592x600) (fig5)加速前(7 分鐘) (fig6)加速後(27 秒) 隨便選 template 的結果



(fig7) (480x650) (fig8)(25 秒) 隨便選 template 的結果

五、 新增功能

因為加快了程式處理時間,通常在數秒鐘就可以得到 Harmonize 之後的結果,所以我們這組將 Color Harmonization 應用在拍照上,利用電腦相機拍照,然後馬上對照片進行處理,以買衣服為例,可以在短時間之內選出搭配起來最協調的衣服顏色。

六、 參考資料

- [1] Itten, J. 1960. The Art of Color. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- [2] Matsuda, Y. 1995. Color design. Asakura Shoten.
- [3] Tokumaru, M., Muranaka N., and Imanishi, S. 2002. Color design support system considering color harmony. In Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems, IEEE Press 378-383.
- [4] Daniel, C.-O., Olga, S., Ran, G., Tommer. L., and Ying-Qing, X., 2006. Color Harmonization. In Proceedings of ACM SIGGRAPH, 624-630.
- [5] Boykov, Y., and Jolly, M.-P. 2001. Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in N-D images. In Proceedings of ICCV, 105-112.
- [6] N. Sawant and N. Mitra. "Color Harmonization for Videos." Computer Vision Graphics & Image Processing, 2008. ICVGIP '08. Sixth Indian Conference on 2008, pp. 576-582