

Image Processing Final Project Report

100060001 電資院學士班 郝安安

1. Problem Description - Color transfer

Color transfer 的過程中經常出現許多 artifact 和 localization 的問題。我想要實作[1]提出的 TMR filter 看它對 artifact 的修復效果，以及試用 FCM 來解決 localization。TMR filter 的使用條件是先找到一個理想的 transfer function，在尋找它的過程我還發現用旋轉座標[3]能夠達到效果非常好的 color transfer，傳統方法用 $\alpha\beta$ 旋轉座標後圖片顏色常常會大幅跑掉。於是可以相信旋轉座標找到的 mapping function 是很趨近理想的 transfer (proved in [3])，再將 mapping 配合上 FCM 和 TMR filter，對好幾組實驗都做出了很好的 color transfer，而且其中好幾組都是構圖結構與色調差異非常大的。

2. Methods

2.1 Optimal Transportation Problem

Color transfer 其實是在找一個能最夠 minimize global transportation cost 的 mapping function T [1]

$$\int_{\mathbb{R}^n} |T(\lambda) - \lambda|^2 h_u(d\lambda) \quad u: \text{source image}, h_u: \text{histogram of source image}$$

如果像之前作業在一維空間裡操作，可以用 histogram equalization 輕易地找到 T ，不過彩色圖片的運算屬於多維空間，所以首要目標就是找到這個 optimal 的 mapping T ，然後就能代入 [1] proposed 的 TMR filter 達到消除 artifacts 和 edge enhancement 的效果。

2.2 Common methods

常見的 color transfer 方法是在 $\alpha\beta$ 上將 source 和 target 的 color distribution 視為 Gaussian distribution，然後三個軸分別對應。不過這樣做出來的 mapping 只會在 $\alpha\beta$ 這三個軸上有正確的 transfer，而在影像的其他維度上沒有處理，因此這個 mapping 不會是 optimal。

2.3 My methods

- Rotation:
 - 為了想要找到在所有維度都有正確 transfer 的 optimal mapping，我使用了旋轉座標，方法如下：將三個座標軸各自轉一個隨機的角度，在新座標系統下做 histogram equalization，修正了 T 後轉回原座標。重複以上流程很多次後，能夠讓 T 在不同的空間座標下都會有正確的 transfer；如果能在所有的可能空間都做過 histogram equalization，則代表 T 就會趨近 optimal mapping function [3]。
- Implementation:
將影像乘上三維的旋轉矩陣
- FCM:
 - TMR filter 雖然能夠消除 artifact 和加強輪廓，但是並沒有正面迎擊 localization 的問題。要解決 localization，我採用 Fuzzy C Means Clustering 的演算法，將 source 和 target image 用顏色分群後，再對 source 的每一個 cluster 找 map 裡顏色最接近的 cluster 做 cluster 的 color transfer (以 cluster 中心計算距離)，再用上述的旋轉座標與 TMR 把兩個 cluster 做 histogram equalization。

- Implementation:

Initialize: randomly assign a cluster label to each point

Iteration:

1. Use points in each cluster to calculate individual cluster mean and covariance matrix
2. For every point, reassign weights to each cluster by likelihood

3. Discussions

4.1 TMR N too small

TMR 的效果由 N 和 σ 決定，它們分別代表參考 neighborhood 的大小和權重的值。實驗發現如果 N 取得太小，則 TMR filter 完的圖片仍會有許多雜訊存在，而且輪廓的加深不夠明顯。代表 bilateral filter 是需要參考夠遠的鄰居才會有好效果。

4.2 FCM K too small

實驗發現 K 值如果不夠大，cluster 分的不夠多，可能會出現 source 裡不同的 cluster 都選擇 map 內同一個 cluster 做 color transfer，這樣就失去分群的意義了。(Figure(8))

4.3 Color space to XY-coordinates

不論跑幾次 TMR 修補都會發現，凡是經過 FCM 處理的結果雜訊都會很多。推測原因是我們讓 pixel 在 color space 裡找顏色距離近的点一起做 transfer，但是這些點在 XY 座標裡可能距離很遠，所以這樣轉換過後就會出現雜訊。換句話而言，FCM 是在三維空間裡做顏色的分類，少考慮了表示 pixel 實際位置的兩個維度 x 與 y ，因此如果未來能夠把 FCM 延伸到五個維度做分類也許有機會解決這個問題，不過這次很可惜時間不夠了。

4.4 cluster initialization

EM 的 initialization 會對結果有影響

Sol: 多跑了幾次不同的 random number 得到比較好的結果。

4.5 Optimal transportation map

Sol: Rotate RGB axis and do equalization with each coordinate system

4.6 在 $\alpha\beta$ 上做 rotation 效果不佳

推測原因是 RGB 的空間形狀是正立方體，對三個軸各自旋轉之後還是維持原來形狀；但是 $\alpha\beta$ 並不是完全對稱的形狀，旋轉完後的 equalization 較難進行。

4. Future work

把 FCM 多延伸兩個軸 x, y

總共五個軸: R, G, B, X, Y

5. References

1. J. Rabin, J. Delon, and Y. Gousseau, "REGULARIZATION OF TRANSPORTATION MAPS FOR COLOR AND CONTRAST TRANSFER", Proc ICIP 2010
2. X.Huo, J.Tan, R.Jang, "Color Transfer Based on Combining Subtractive Clustering with FCM Clustering", 2007 IEEE
3. F. Pitie, A. Kokaram, and R. Dahyot, "Automated colour grading using colour distribution transfer," Computer Vision and Image Understanding, February 2007.

6. Experiments

● Rotation



Figure (1). Apply Rotation with histogram equalization. (a) Source image. (l) Color map. (k) result. (b)1st iteration.(c)2nd iteration. (e)~(j)3rd~9thiteration

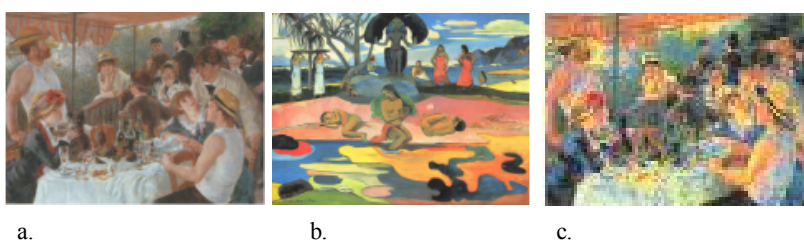


Figure(2) Apply Rotation with histogram equalization on Lena and olives. (a) source image.(b) olives. (c) result after

Rotation 10 次後能讓影像從 10 個角度上做 histogram equalization, 實驗顯示幾次 iteration 就能夠很有效而且正確的將原影像改變色調

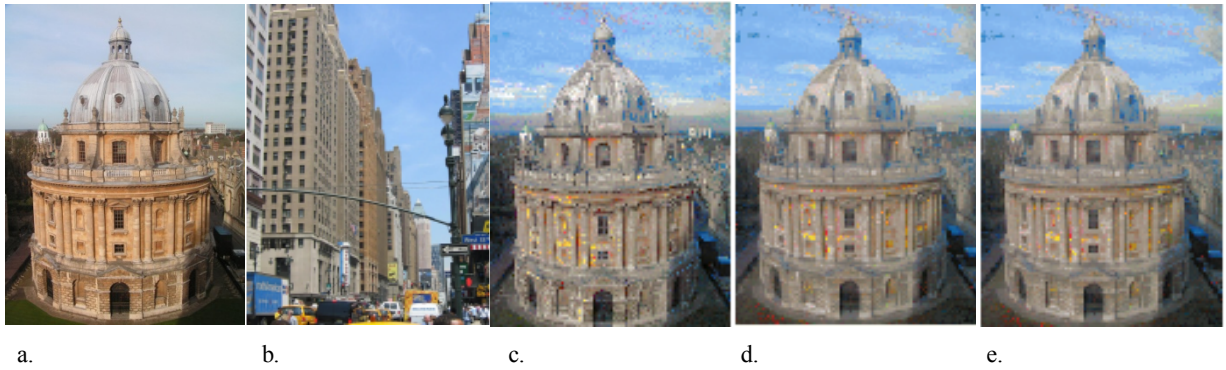


Figure(3) Apply Rotation with histogram equalization on beagle and oranges. (a) source image.(b) oranges. (c) result after 10 iterations.



Figure(4) Apply Rotation with histogram equalization . (a) source image.(b) style image. (c) result after 10 iterations.

● Rotation + TMR



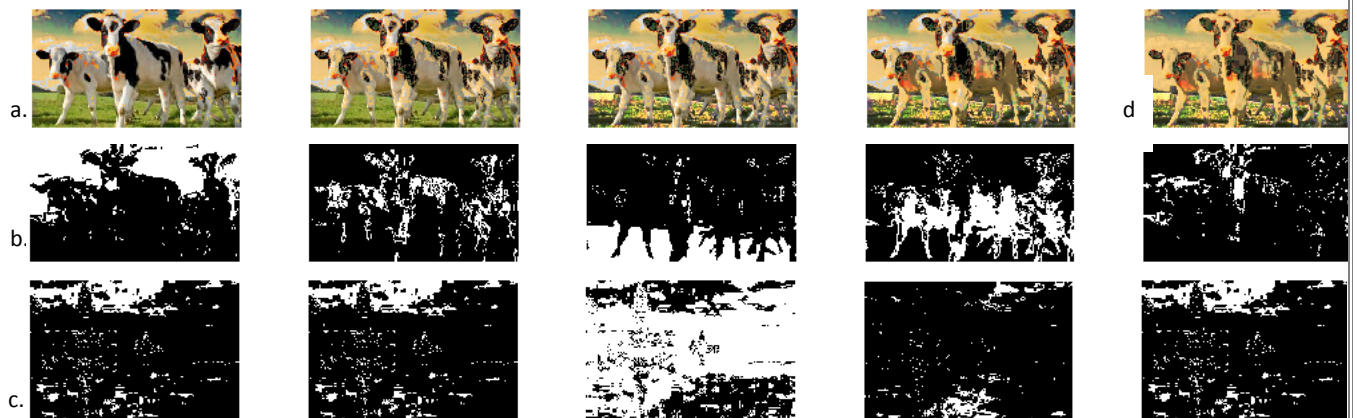
Figure(5) Apply TMR filter after Rotation. (a) source image. (b) color map. (c) rotation. (d) rotation with TMR, $N = 2$, $\sigma = 10$. (e) rotation with TMR, $N = 2$, $\sigma = 100$.

● FCM + Rotation + TMR



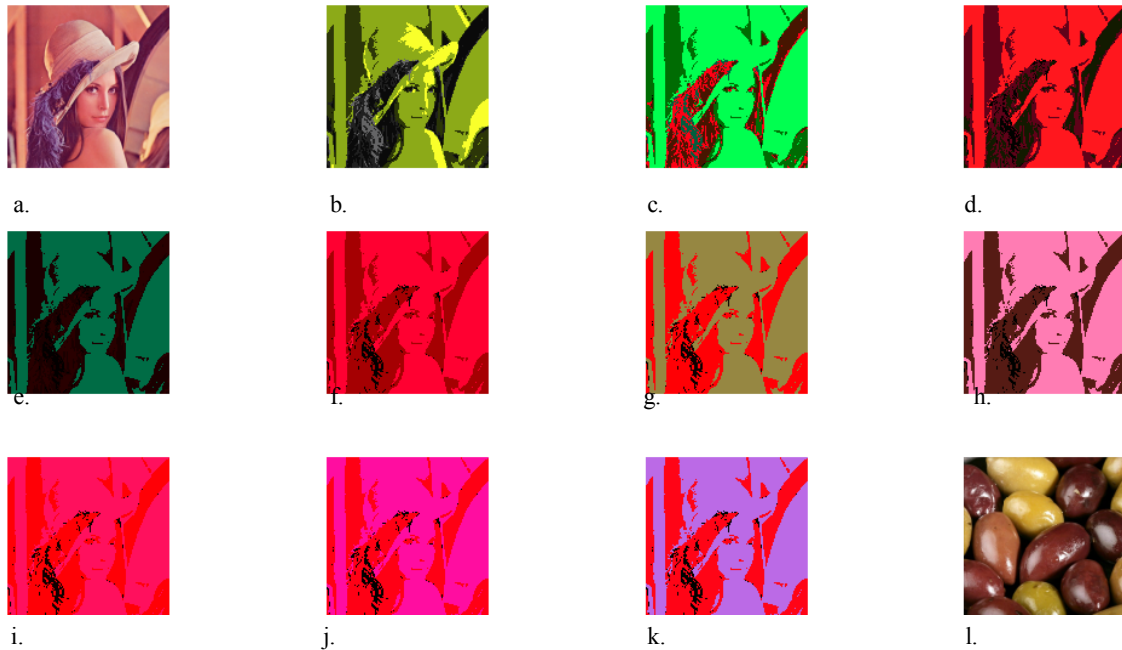
Figure(6) FCM with $K = 2$ + rotation + TMR. (a) Color transfer from a cluster in map image (shown white in (c)) to a cluster in the original image (shown white in (b)). (d) Cluster (f) is mapped to (e).

右上角的結果很 noisy，覺得是因為 FCM 的過程讓 pixel 在 color space 裡找距離近的點 cluster 在一起做 transfer，不過它們轉換回 xy 座標的距離可能很遠。在做 FCM 時應該將 pixel 的真實位置也納入考量。



Figure(7) FCM with $K = 5$ + rotation + TMR. (a) Color transfer from a cluster in map image (shown white in (c)) to a cluster in the original image (shown white in (b)). (d) final result after five cluster color transfers.

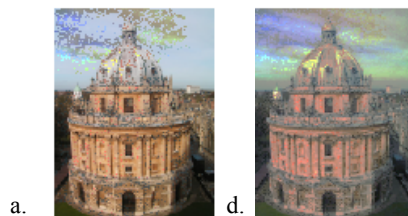
- $l\alpha\beta$ +Rotation



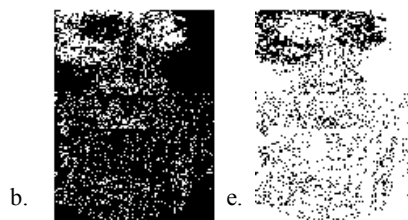
Figure(8) transform source and target into $l\alpha\beta$ then apply rotation. (a) source image. (b)1st rotation. (c)~(j)2nd to 9th rotation. (k) result image. (l) target image.

推測因為 $l\alpha\beta$ space 不像 RGB 是對稱的正立方體，所以旋轉後 space 變成奇怪的形狀，導致 transfer 結果不對。

- FCM with K too small



Figure(9)FCM with K = 2 +rotation+TMR. (a)Color transfer from a cluster in map image (shown white in (c)) to a cluster in the original image (shown white in (b)). (d) Color transfer from a cluster in map image (shown white in (e)) to a cluster in the original image (shown white in (b)).



FCM 的 K 值(cluster 數目)取太小時，發生了 source 的兩個 Cluster ((b),(e)中白色部份)，因為 cluster 中心的值很接近，都選了 target 裡的同一個 cluster ((c),(f)中白色部份) 來做 transfer。應該把 K 取大一點，這樣每個 cluster 的中心值才會有區別，然後找到不同的 cluster 來 mapping。

