

Introduction to Digital Image Processing Term Project

Topic Name:

Progressive color transfer for images of
arbitrary dynamic range

系級：資管四

學號：4109029034

姓名：蘇柏叡

一、主題簡介

本論文提出了一種新穎的圖像顏色轉換技術。即通過多尺度直方圖重新塑形、匹配來實現不同動態範圍圖像之間的顏色轉移，使圖像在保持細節和動態範圍的同時，達到自然的色彩匹配效果。此外，根據 related work 將傳統以及本文提出之方法做簡單統整。

特點	傳統顏色轉換方法	漸進式顏色轉換方法
統計匹配	基於直方圖匹配、均值和標準差匹配，調整圖像顏色分佈以匹配目標圖像。	使用多尺度分析技術，逐步匹配不同尺度上的直方圖。
全局轉換	進行全局轉換，忽略圖像的局部細節和多尺度特性，導致顏色失真或細節丟失。	漸進式調整圖像的顏色分佈，過程自然平滑，減少顏色失真現象。
動態範圍限制	處理 HDR 圖像效果較差，無法有效保持圖像亮度和對比度。	對不同動態範圍的圖像具有自適應性有效保持亮度、對比度和細節。
顏色轉換	對匹配程度較差，較難實現對顏色轉換的調整。	對匹配程度有更好的控制，可根據需求調整顏色轉換細節程度。

二、方法敘述

Ch3 Algorithm 的部分

使用方法大致可分為：直方圖計算、雙邊濾波、漸進直方圖重塑、Detail Control

(1) 直方圖計算：

由 Eq(1) ~ Eq(5) 將影像中所有像素值分成 B 個區間，每個區間的寬度為 V 。並且計算每個區間的值、像素數量，最終確認像素屬於哪個區間。

(2) 雙邊濾波：

即 Eq(6) 雙邊濾波可以用於平滑圖像同時保留邊緣，其中， f 和 g 是分別作用於像素距離和像素強度的高斯函數。

(3) 漸進直方圖重塑：

a. 目標直方圖的多尺度計算：

用於移除直方圖的高頻細節但保留顯著特徵。其中 Eq(7) 說明了 S_{max} 的計算方式。

b. 特徵檢測和區域的劃分：

使用第一階導數的零交叉點檢測特徵，並使用第二階導數判斷極值點。根據目標直方圖的最小值將其劃分為多個區域。

c. 直方圖重塑：

通過計算每個區域的均值和標準差，並根據源直方圖和目標直方圖的對應區域進行重塑。

(4) Detail Control:

通過雙邊濾波器對輸出影像進行局部對比度的調整，以減少平滑區域的噪聲或壓縮失真。主要可分為 1. 將原始影像和雙邊濾波器處理後的影像相減，得到殘差影像的殘差計算(Eq(16))、2. 根據原始影像和輸出影像的殘差調整輸出影像的對比度的對比度調整(Eq(17))

Ch4 Region selection 的部分

(1) Color Anchoring:

使用 CIELab 色彩空間，非彩色區域在 a 和 b 通道中的值為 0。通過計算每個像素 p 在兩個通道中的 M，檢測輸入影像中哪些像素在顏色匹配前是非彩色的。Eq(18)

(2) 直方圖重新塑形後的色彩修正:

重新塑形後，非彩色區域的像素值可能會有所偏移。使用上述公式計算的 mask 來確定每個非彩色像素的位移。mask 與高斯濾波器內核進行卷積，以確保 mask 區域邊緣的結果更平滑，並按直方圖重新塑形後的非彩色值的位移進行縮放。

(3) 實作方式:

將目標物(白老虎)以外的顏色轉換成 Target 的顏色，便可有效保留原本白色老虎的顏色又可改變背景色。

Ch5、Ch6 的部分

(1) 色彩空間轉換:

將 Source Image 和 Target Image 轉換到 CIELab 色彩空間。

(2) 直方圖重塑:

應用直方圖重塑技術來匹配兩張圖像的顏色，同時壓縮 Source Image 的對比度以匹配 Target Image。

(3) 部分匹配:

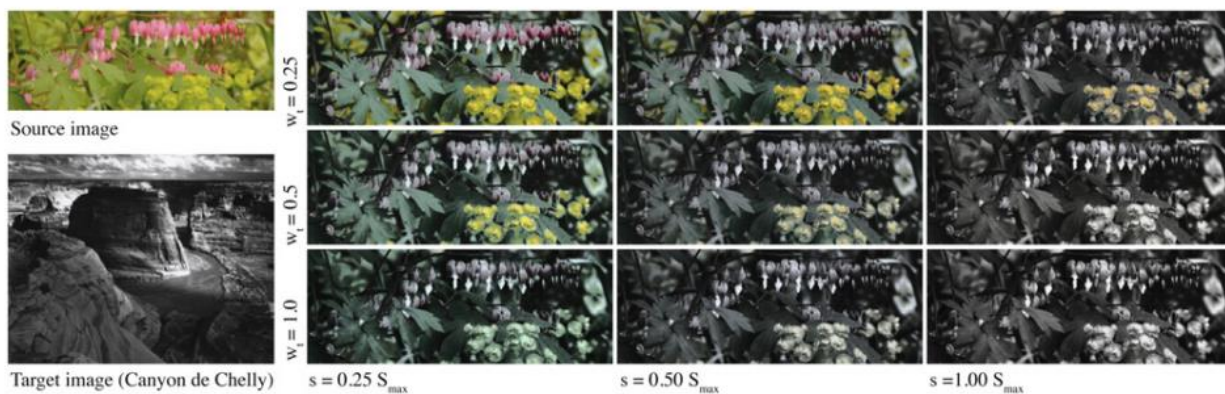
允許部分匹配，根據需要的匹配百分比來調整對比度參數。

(4) 局部對比度調整:

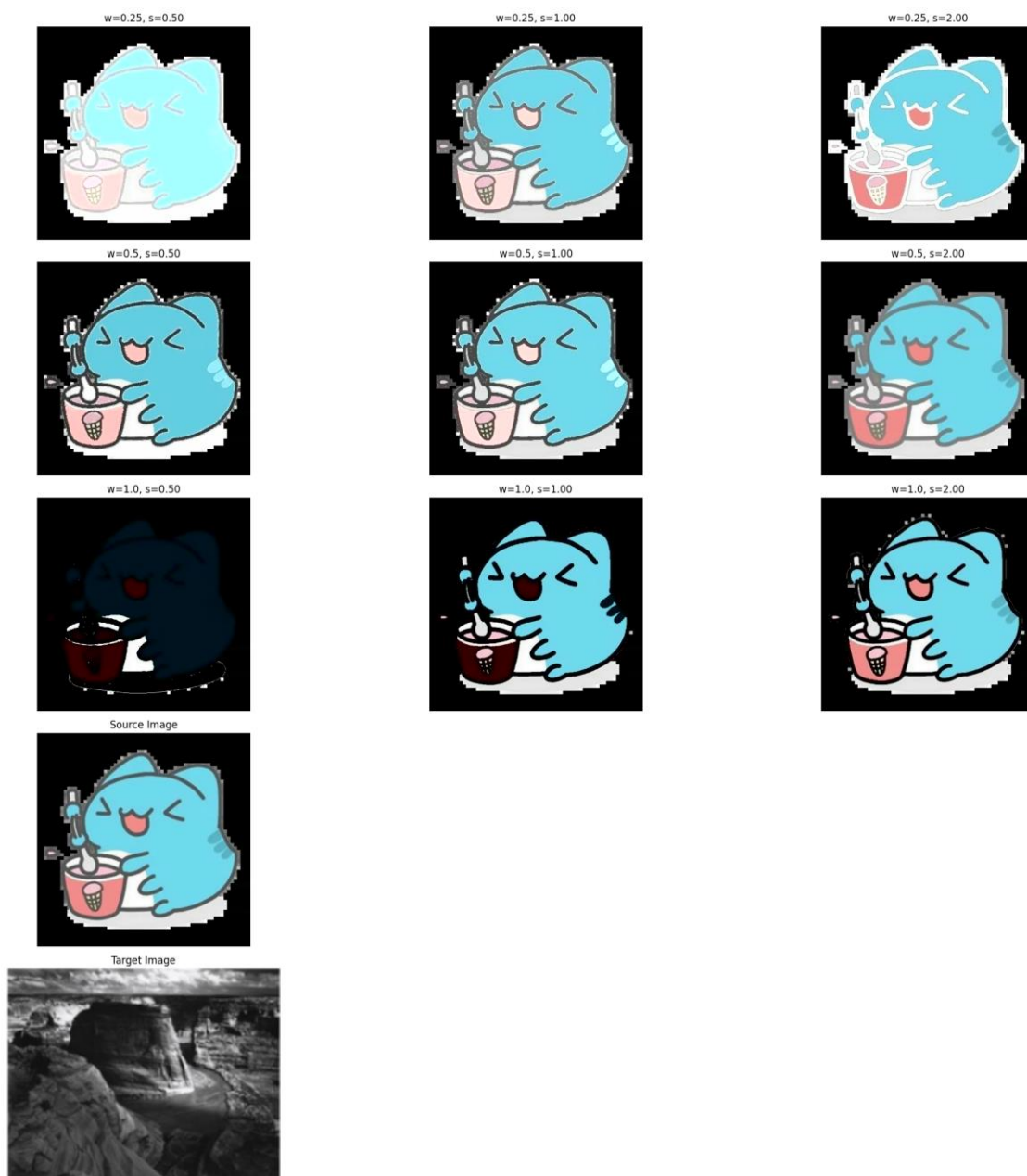
修改對比度調整步驟，通過計算 HDR Source Image 的細節層並將其與輸出圖像的細節結合來增強局部細節。

三、結果比較及討論

1. 仿照 Fig 5 (選圖:因為咖波比較可愛所以放咖波)



我們可看出當 $w = 1$ ；且 $s = 1.00 * S_{max}$ 時，在邊緣部分較原圖明顯，且較能夠將咖波完整呈現出來(原圖較灰，經過 $w = 1$ 、 $s = 1.00$ 之後整體色彩較鮮豔)。



2. 仿照 Fig 7

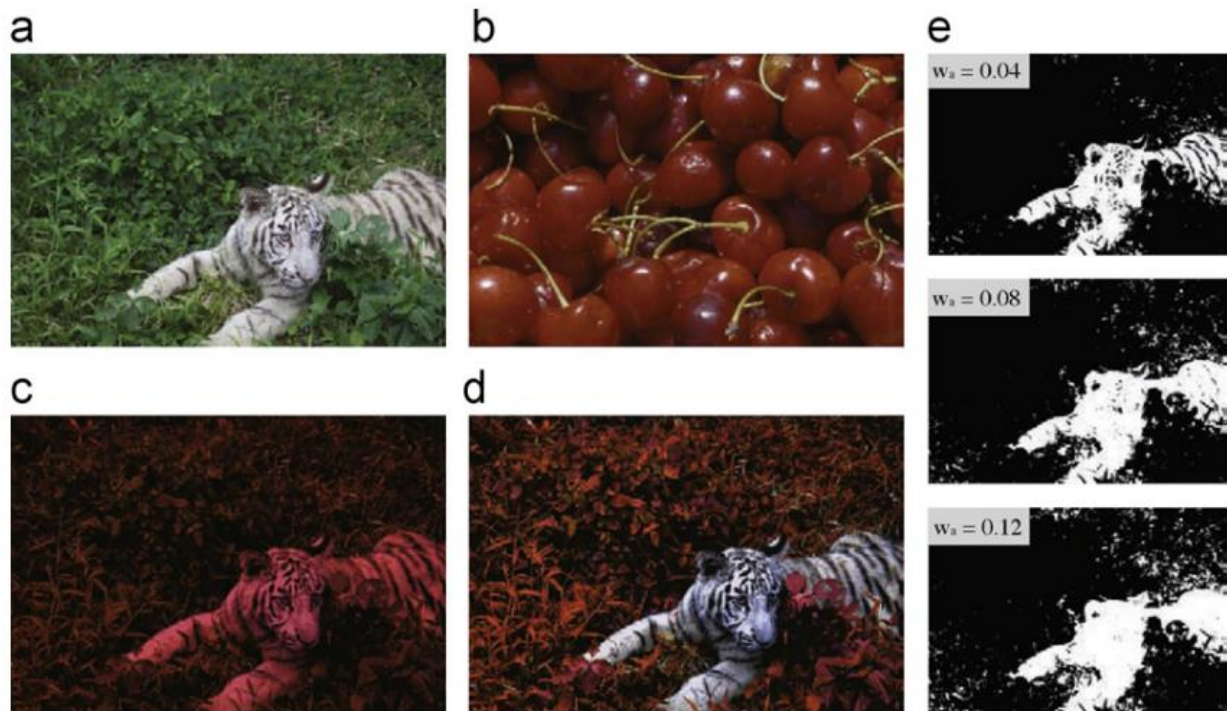


Fig 7 此為論文中之截圖

我們將重點擺在顏色轉換部分，因此僅針對 c、d 進行實作，並未對於原圖如 e 部分進行切割(可考慮標記後用語意分割模型進行像素級別之切割)。



Fig 7(mock-a)

Fig 7(mock-a)為未對老虎進行 region selection 中的 Color Anchoring 之結果，則是連帶老虎都是 Target 之顏色。



Fig 7(mock-b)

Fig 7(mock-b)

為對老虎進行 region selection 中的 Color Anchoring 之結果，則是將草皮部分轉換成櫻桃顏色，而老虎部分則是受到了保護並沒有變色。

3. 仿照 Fig 9



Fig 9 此為論文中之截圖分別是有左至右 20%至 50%



Fig (9 mock-a)

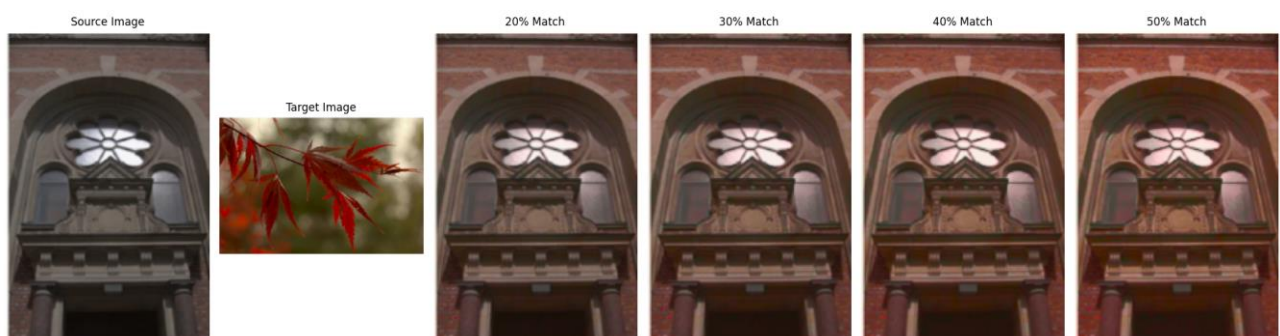


Fig (9 mock-b)

這兩張和論文中表現近乎相同，可看出 Fig (9 mock-a)原先巷子兩面牆壁偏暗色，經過 20%~50% Match 後，可發現圖片中的暗棕色逐漸有轉亮紅色的趨勢，尤其是當 Match 比率越高時，顏色越明顯。至於 Fig (9 mock-b)則是磚頭部分變紅的趨勢越趨於明顯。

4. 仿照 Fig 10



Fig 10



Fig 10(mock)

Fig 10(mock)看起來和論文中在雲的結構部分就較不如論文立體與明顯，反而看起來倒是蠻像 Reinhard 2001 的，不論是在雲的結構或是色調上皆是蠻像的(算是意外的插曲吧)。

5. 仿照 Fig 14~Fig16

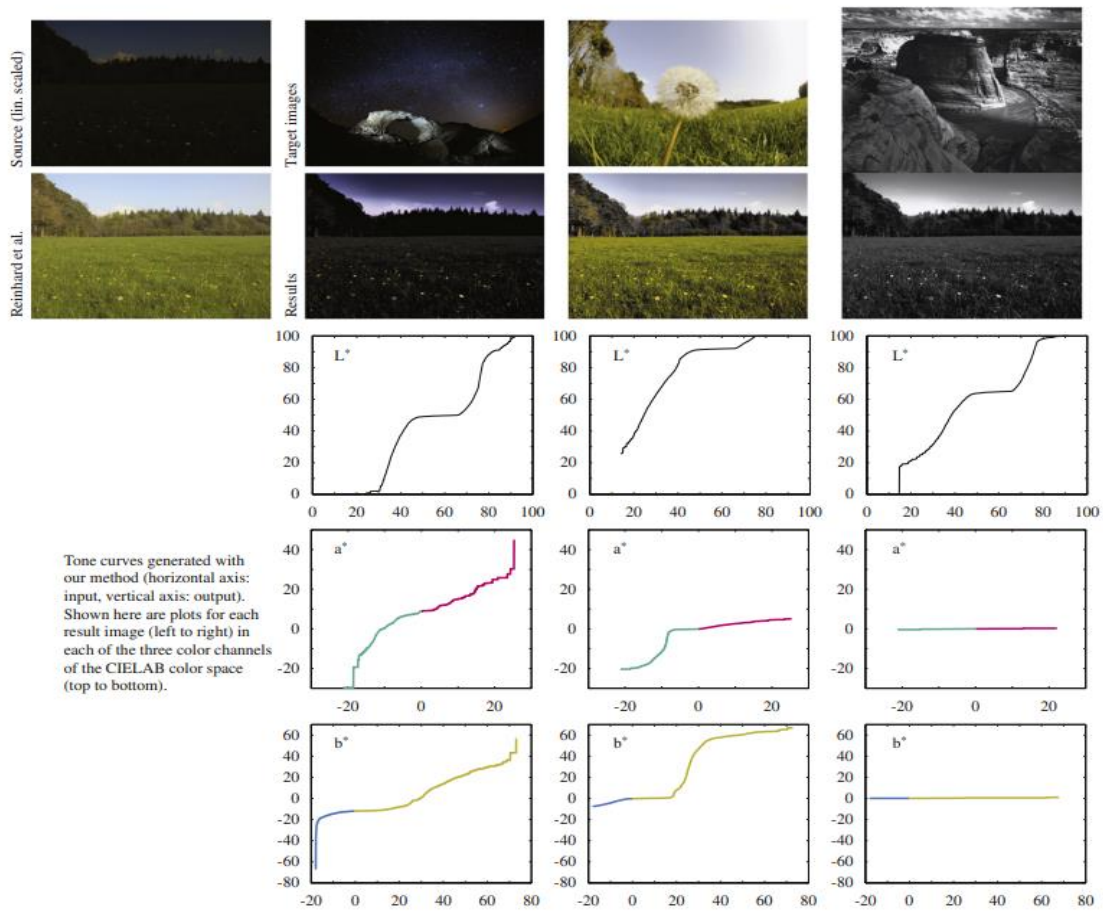


Fig 14



Fig. 15. The source and target images used for the results in Fig. 16.

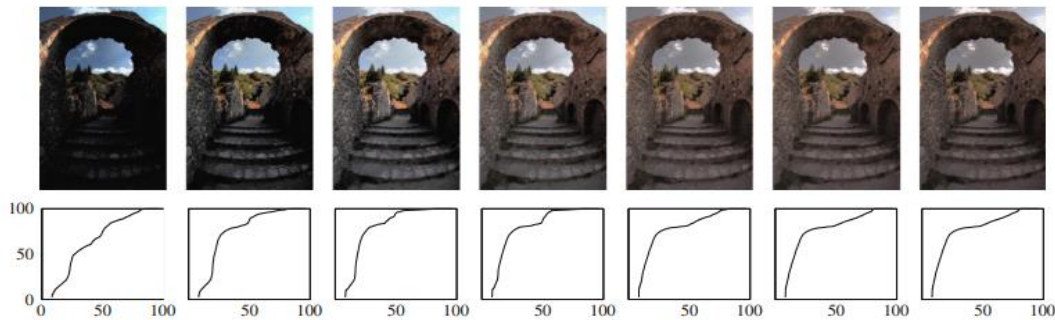
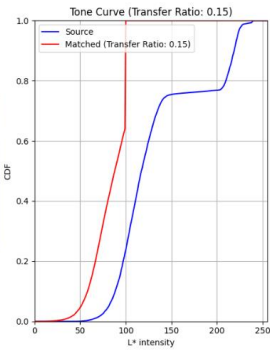


Fig. 16. A series of partial results was created using the images shown in Fig. 15. The following values were used for the matching parameter (going from left to right): 15%, 25%, 35%, 50%, 65%, 80% and 100%. For each of these results, the corresponding tone curve mapping input to output pixel values was computed. A clear progression can be seen, leading to the final tone curve. Matches closer to the source result in a curve close to a 45° line.

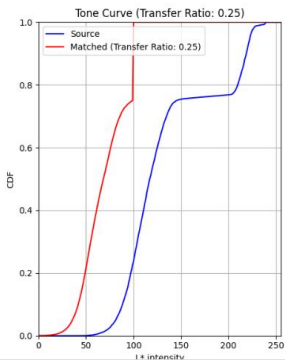
Fig 15、Fig16

Ratio = 0.15



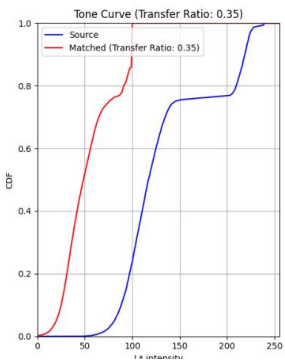
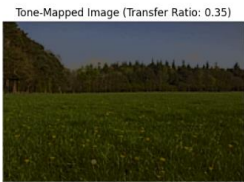
Ratio = 0.25

Please input ratio (0 to 1): 0.25



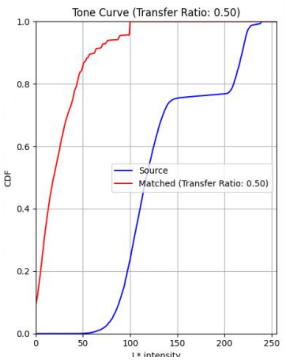
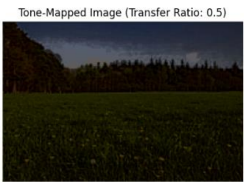
Ratio = 0.35

Please input ratio (0 to 1): 0.35

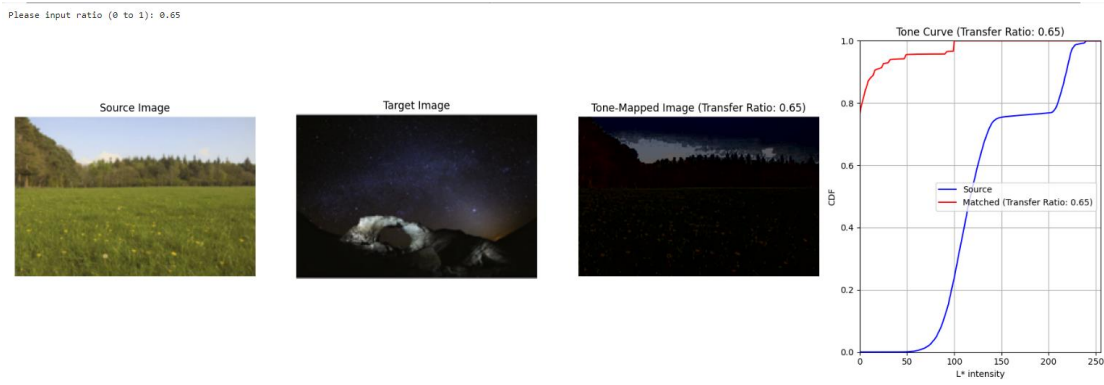


Ratio = 0.50

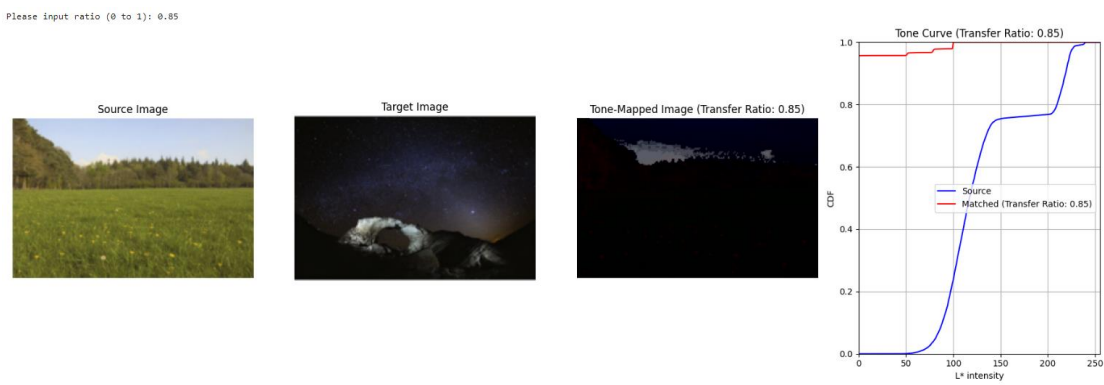
Please input ratio (0 to 1): 0.50



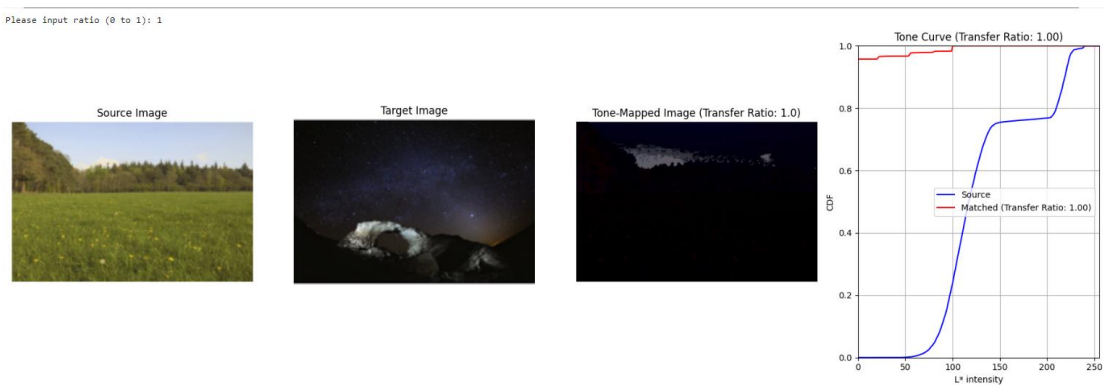
Ratio = 0.65



Ratio = 0.85



Ratio = 1.00

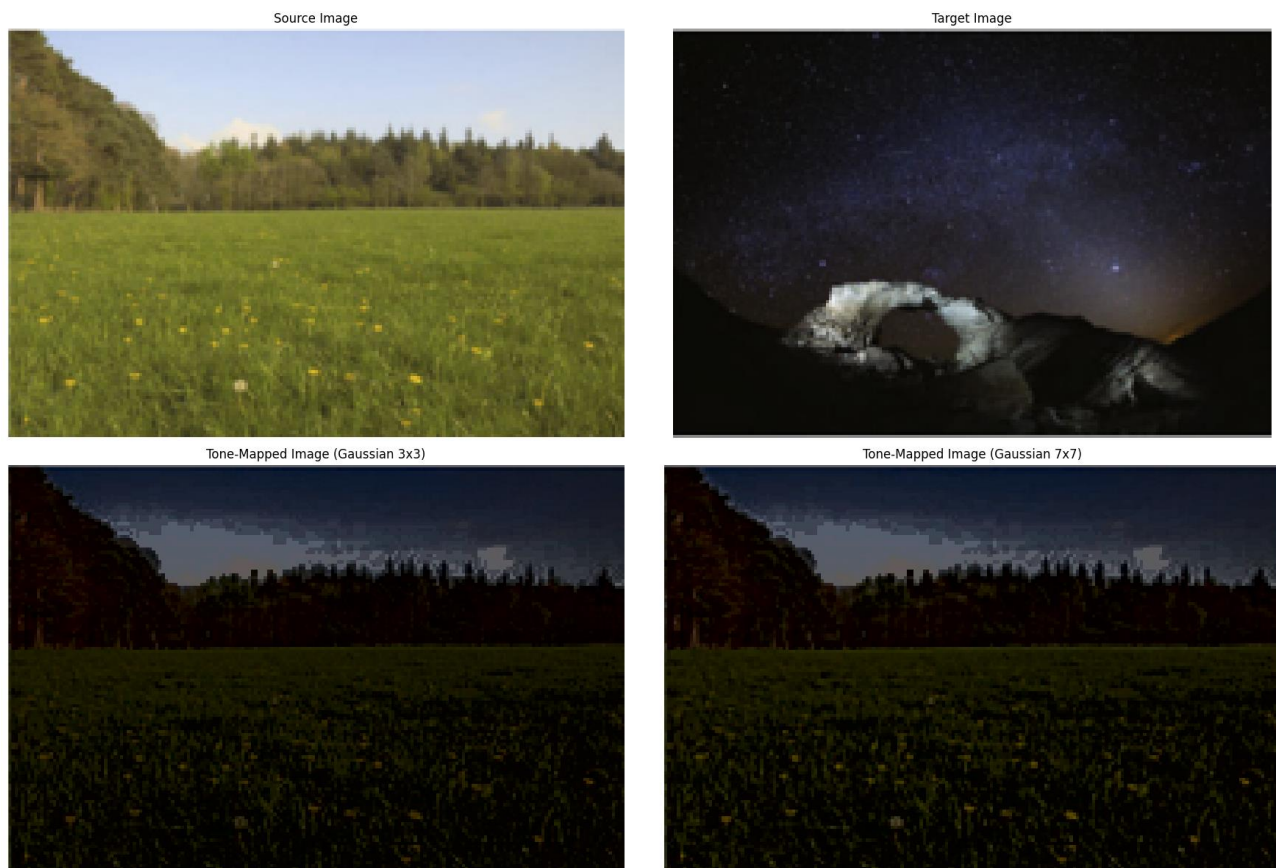


觀察：

ratio 從 0.15 一直加到 1.00，可看出首先在 Tone-Mapped Image 部分是越來越貼近 Target Image 的顏色，此外從 Tone Curve 可看到藍色曲線為 Source，x 軸為 L*強度，y 軸為 CDF。而紅色曲線為 matched(端看 Transfer 比率)的曲線變化。我們可發現，當 Transfer 比例越高時，紅色曲線愈往左偏，且整體斜率會逐漸趨緩。看圖可知到了 0.5 跳到 0.65 時更明顯，紅色曲線直接剩下約 0.8 以上的部分有看到，且曲線逐漸趨緩。

其他實作：

使用 $\text{ratio} = 0.55$ 時並實作不同大小的 Gaussian Blur Kernel，左下角為 3×3 ，右下角為 7×7 。我們可發現在雲的部分兩者似乎較無明顯區別，不過在黃色花部分可明顯看出，當 Gaussian Blur Kernel 較大時，黃色點點較明亮且清楚，而 kernel 較小時較不清楚。



四、心得及結論

跟著 paper 練習許多方法與技巧後，發現原來處理一張影像，可以是針對很細微之處進行細膩的微調，而不必一次就轉換整張圖。此外，透過 Progressive color transfer，也可以了解 Source image 如何透過 Target image 逐漸加大轉移比例後的影像變化，更能夠在實際處理影像時有較佳的對比效果(畢竟漸進式變化，也能夠讓使用者更輕易了解圖片變化及找到想要的效果…等)。此外，我認為雖然這篇論文較為古早，但是仍舊有許多有趣且不錯的方法可供參考。當然復刻這份論文之方法之外，也可以多方嘗試內部細節，如高斯模糊 kernel 大小對於細節敏銳度的差異變化，也可以在實驗過程中明顯感受到，而在先前老虎那張照片使用的方法，相信也可以使用如語意分割的方式將老虎切割出來形成一個遮罩，再降遮罩外的顏色進行轉移，也會是一個不錯之方法。

五、參考資料

- [1] Gedraite, E.D., & Hadad, M. (2011). Investigation on the effect of a Gaussian Blur in image filtering and segmentation. *Proceedings ELMAR-2011*, 393-396.
- [2] Pouli, T., & Reinhard, E. (2010, June). Progressive histogram reshaping for creative color transfer and tone reproduction. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering* (pp. 81-90).