

色彩科學導論與應用 3147

Assignment 10: Final Term Report

資工三 4109056001 施昶宇

目錄

圖目錄.....	II
表目錄.....	IV
HW1：擷取影像統計特徵.....	1
HW2：Basic Color Transfer	2
HW3：Ordinary Color Transfer.....	3
HW4：Automatically Weighted Color Transfer.....	4
HW5：LSB Matching Revisited.....	6
HW6：LSB-K and OPAP-K Comparison	7
HW7：Equilateral Arnold Transform (EAT).....	10
HW8：Image Encryption by 2D EAT and RP.....	12
HW9：Metrics to measure the performance of the image encryption.....	14
● 最感到興趣的作業	17
● 最感到困難的作業與原因	17
● 整個課程的述評	17
◎ 教師教學之優點與缺點、課程內容之優點與缺失	17
◎ 建議後續課程改進之事項	18
◎ 其他課程感想與心得	18

圖目錄

圖 1.1 寫檔格式.....	1
圖 1.2 mantiuk	1
圖 1.3 mantiuk 的影像特徵	1
圖 1.4 mountain	2
圖 1.5 mountain 的影像特徵	2
圖 2.1 Basic Color Transfer 公式	2
圖 2.2 source_img.....	2
圖 2.3 target_img	2
圖 2.4 resoult_img	2
圖 3.1 Ordinary Color Transfer.....	3
圖 3.2 source_img.....	3
圖 3.3 target_img	3
圖 3.4 resoult_img	3
圖 4.1 權重色彩轉移(WCT)公式	4
圖 4.2 source_img.....	5
圖 4.3 target_img	5
圖 4.4 result_img	5
圖 5.1 LSBMR 訊息嵌入演算法	6
圖 5.2 檢查加密是否正確.....	7
圖 5.3 cover_img	7
圖 5.4 stego_img.....	7
圖 6.1 MSE(LSB-K)	7
圖 6.2 MSE(OPAP-K).....	7
圖 6.3 MSE(LSB-K)證明	8

圖 6.4 MSE(OPAP-K)證明.....	9
圖 7.1 EAT 加密公式	10
圖 7.2 各個影像解析度 2D EAT cycle 的數值	10
圖 7.3 EAT 解密公式	11
圖 7.4 Lena.....	11
圖 7.5 Lena_enc	11
圖 7.6 Lena_dec	11
圖 7.7 Lena_直方圖.....	11
圖 7.8 Lena_enc_直方圖	11
圖 8.1 座標轉換.....	12
圖 8.2 2D-EAT 之逆轉換	12
圖 8.3 Baboon	13
圖 8.4 Baboon_enc.....	13
圖 8.5 Baboon_dec.....	13
圖 8.6 Baboon_直方圖	13
圖 8.7 Baboon_enc_直方圖.....	13

表目錄

表 6.1 LSB-K 和 OPAP-K 的比較表	9
表 9.1 量測 variance of histogram (VOH)	14
表 9.2 量測 histogram 的 Chi-square test	15
表 9.3 量測水平、垂直、對角方向之 Pear correlation coefficients	15
表 9.4 量測 Global information entropy	16

HW1：擷取影像統計特徵

1. 分別擷取 source、target 圖片的 RGB 平均值和標準差，並將結果依照(圖 1.1)寫入 csv 檔。

- (1) 01_kodim17.png 影像 Red 頻道之 mean
- (2) 01_kodim17.png 影像 Red 頻道之 standard deviation
- (3) 01_kodim17.png 影像 Green 頻道之 mean
- (4) 01_kodim17.png 影像 Green 頻道之 standard deviation
- (5) 01_kodim17.png 影像 Blue 頻道之 mean
- (6) 01_kodim17.png 影像 Blue 頻道之 standard deviation

圖 1.1 寫檔格式

2. 以 source 中的圖 1.2，target 中的圖 1.4 為例。



圖 1.2 mantiuk

	A	B
1	R_mean	84.85
2	R_std	38.36
3	G_mean	103.95
4	G_std	49.17
5	B_mean	89.36
6	B_std	64.47

圖 1.3 mantiuk 的影像特徵

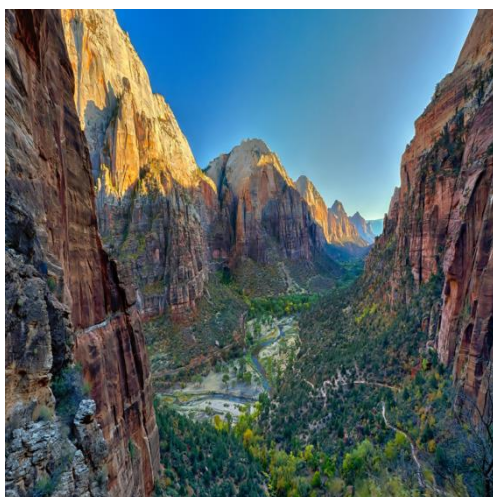


圖 1.4 mountain

	A	B
1	R_mean	82.24
2	R_std	51.64
3	G_mean	95.67
4	G_std	47.41
5	B_mean	99.04
6	B_std	57.99

圖 1.5 mountain 的影像特徵

3. 可以將圖片的 RGB 分開來看，觀察每張圖片的特徵，了解 open CV 如何使用。

HW2 : Basic Color Transfer

1. 計算出每個通道的平均值和標準差，並利用圖 2.1 的公式做轉換。

$$R(x, y) = \frac{d_t}{d_s} [S(x, y) - m_s] + m_t$$

圖 2.1 Basic Color Transfer 公式

2. 將 source(圖 2.2)加上 target(圖 2.3)經過圖 2.1 公式轉換後的得到的圖片(圖 2.4)。



圖 2.2 source_img



圖 2.3 target_img



圖 2.4 resoult_img

3. 學會將原始的圖片經由 Basic Color Transfer 轉換得到另一種風格的圖片，看起來就像在不同時間所拍攝的，但實際上只是經由色彩轉換合成的。

HW3 : Ordinary Color Transfer

1. A three steps approaches (圖 3.1)
- Step 1: Forwardly convert pixels in the RGB color space to the $l\alpha\beta$ color space
 - Step 2: Processing each pixel of the image in the $l\alpha\beta$ color space
 - Step 3: Reversely convert pixels in the $l\alpha\beta$ color space to the RGB color space

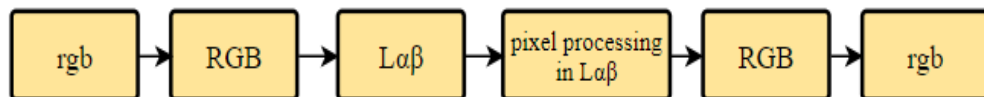


圖 3.1 Ordinary Color Transfer

2. 將 source(圖 3.2)加上 target(圖 3.3)經過圖 3.1 結合圖 2.1 轉換後的得到的圖片(圖 3.4)。



圖 3.2 source_img



圖 3.3 target_img



圖 3.4 resoult_img

3. 一般的彩色轉換方法提供了一種將 source_img 的顏色特徵轉移到 target_img 的方式。儘管效果可能有限，但在某些情況下，這些方法仍然可以產生有趣和有用的結果。在應用彩色轉換時，適當選擇 source_img 和 target_img，可以獲得更好的轉換效果。

HW4 : Automatically Weighted Color Transfer

1. 使用暴力法求解三個頻道的最佳的權重，並利用此最佳權重，產出色彩轉換結果，權重色彩轉移(WCT)公式如圖 4.1。

$$R(x,y) = \frac{w\sigma_t + (1-w)\sigma_s}{\sigma_s} [S(x,y) - \mu_s] + w\mu_t + (1-w)\mu$$

圖 4.1 權重色彩轉移(WCT)公式

暴力法做法如下：

- i. 輸入 source image 與 target image。利用 OpenCV 內建的函數庫，做出對應的值方圖: Hs, Ht。
- ii. 以迴圈方式，產出 101 個權重，分別是 $w=0.00, 0.01, 0.02, \dots, 0.99, 1.00$ ，並利用 WCT 公式，做出 101 張中介色彩轉移影像，I0.00, I0.01, \dots , I1.00。請注意，做 101 張中介色彩轉移影像時，RGB 頻道都使用相同的權重。
 - (1) 每做出一張中介影像，利用 OpenCV 內建的函數庫，做出對應的值方圖，H0.00, H0.01, \dots , H1.00。
 - (2) 每做出一張中介影像，利用 OpenCV 內建的值方圖距離函數庫(1. CorrelationDistance, 2. Chi-Square Distance, 3. Intersection Distance, 4. Bhattacharyya Distance, 4 個選 1 個)函數庫，算出(a)中介影像 Iw 與 source 影像之距離 $D(S, Iw)$ ，(b)中介影像 Iw 與 target 影像之距離 $D(T, Iw)$ ，(c) difference = absolute ($D(S, Iw) - D(T, Iw)$)，absolute 代表絕對值函數。
 - (3) 將各頻道計算結果輸出成 csv 檔案，並將頻道名稱(red, green, blue)寫入 CSV 檔。

2. 將 source(圖 4.2)和 target(圖 3.4)經由 Weighted Color Transfer 利用 CorrelationDistance 距離函數所計算出的權重分別為 0.23、0.53、0.71 轉換出來的結果(圖 4.4)。



圖 4.2 source_img



圖 4.3 target_img



圖 4.4 result_img

- 經由 Weighted Color Transfer 轉換出來結果可以發現，它能自動找到最適合的權重進行色彩轉移，並不用手動調整權重，可以看到原本的圖片較暗，但轉換出來有種接近傍晚黃昏的感覺。

HW5 : LSB Matching Revisited

- 利用 LSBMR 訊息嵌入演算法(圖 5.1)進行加密，使用 seed=100 產生隨機整數當成欲嵌入的秘密訊息，並且設定 Ratio 當作嵌入比例，最後依照圖 5.2 的公式進行檢查加密是否正確。

```
input: a pair of cover image pixels  $x_i, x_{i+1}$ 
       two message bits  $m_i, m_{i+1}$ 
output: a pair of stego image pixels  $y_i, y_{i+1}$ 

if  $m_i = \text{LSB}(x_i)$ 
  if  $m_{i+1} \neq f(x_i, x_{i+1})$ 
     $y_{i+1} = x_{i+1} \pm 1$ 
  else
     $y_{i+1} = x_{i+1}$ 
  end
   $y_i = x_i$ 
else
  if  $m_{i+1} = f(x_i - 1, x_{i+1})$ 
     $y_i = x_i - 1$ 
  else
     $y_i = x_i + 1$ 
  end
   $y_{i+1} = x_{i+1}$ 
end
```

圖 5.1 LSBMR 訊息嵌入演算法

$$f(y_i, y_{i+1}) = LSB \left(\left\lfloor \frac{y_i}{2} \right\rfloor + y_{i+1} \right)$$

$$m_i = LSB(y_i), m_{i+1} = f(y_i, y_{i+1})$$

圖 5.2 檢查加密是否正確

2. 以下兩張分別為加密前(圖 5.3)和加密後(圖 5.4)的圖片，Ratio=0.5，肉眼可以看出沒甚麼差別，但實際上已經加入了秘密訊息。



圖 5.3 cover_img



圖 5.4 stego_img

3. 經由 LSBMR 訊息嵌入演算法能夠簡單的嵌入秘密訊息，也可以從加密過後的圖片還原成原始圖片，並獲得加密的訊息。

HW6 : LSB-K and OPAP-K Comparison

1. 證明以下兩個公式(圖 6.1、圖 6.2)，完成 LSB-K 和 OPAP-K 的比較表，K=1 到 K=7(表 6.1)。

$$MSE(LSB-k) = \frac{2^{2k}-1}{6} \quad MSE(OPAP-k) = \frac{2^{2k-1}+1}{6}$$

圖 6.1 MSE(LSB-K)

圖 6.2 MSE(OPAP-K)

2. 證明結果如下:

$$\begin{aligned}
1. \quad & \text{證} \frac{1}{2^{2k}} \sum_{i=0}^{2^k-1} \sum_{j=0}^{2^k-1} (i-j)^2 \quad \text{設 } 2^k = t \\
& \frac{1}{t^2} \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j=0}^{t-1} (i-j)^2 \\
& \frac{1}{t^2} \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j=0}^{t-1} (i^2 - 2ij + j^2) \\
& \frac{1}{t^2} \left(\left(t \sum_{i=0}^{t-1} i^2 \right) + \left(t \sum_{j=0}^{t-1} j^2 \right) + \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j=0}^{t-1} -2ij \right) \\
& \frac{1}{t^2} \left((t) \left(\frac{1}{6} \right) (t-1)(t)(2t-1) \times 2 - 2 \times \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j=0}^{t-1} (ij) \right) \\
& \frac{2}{t^2} \left((t) \left(\frac{1}{6} \right) (t-1)(t)(2t-1) - \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j=0}^{t-1} (ij) \right) \\
& \frac{2}{t^2} \left((t) \left(\frac{1}{6} \right) (t-1)(t)(2t-1) - \frac{(t-1)(t)(t-1)(t)}{4} \right) \\
& \frac{2(t)(t)(t-1)}{t^2} \left(\frac{2t-1}{6} - \frac{t-1}{4} \right) \\
& (t-1) \left(\frac{2t-1}{3} - \frac{t-1}{2} \right) \\
& (t-1) \left(\frac{4t-2-3t+1}{6} \right) \\
& \frac{(t-1)(t-1)}{6} \\
& \frac{t^2-1}{6} \\
& \text{以 } t = 2^k \text{ 代入} \\
& \frac{2^{2k}-1}{6}
\end{aligned}$$

得證

圖 6.3 MSE(LSB-K)證明

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{2^k} [1^2 + 2^2 + \dots + (2^{k-1})^2 + \dots + 2^2 + 1^2] \\
& \frac{1}{2^k} [(1^2 + 2^2 + \dots + (2^{k-1})^2) + (1^2 + 2^2 + \dots + (2^{k-1} - 1)^2)] \\
& \text{以 } \sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \text{ 代入} \\
& \frac{1}{2^k} \left(\frac{2^{k-1}(2^{k-1} + 1)(2^k + 1)}{6} + \frac{(2^{k-1} - 1)2^{k-1}(2^k - 1)}{6} \right) \\
& \frac{1}{2^k} \left(\frac{2^{3k-1} + 2^k}{6} \right) \\
& \frac{2^{2k-1} + 1}{6}
\end{aligned}$$

得證

圖 6.4 MSE(OPAP-K)證明

表 6.1 LSB-K 和 OPAP-K 的比較表

LSB-K	embedding rate	mean square error	PSNR	embedding efficiency
K=1	1	0.5	51.14	2.0
K=2	2	2.5	44.15	0.8
K=3	3	10.5	37.92	0.285714
K=4	4	42.5	31.85	0.094118
K=5	5	170.5	25.81	0.029326
K=6	6	682.5	19.79	0.008791
K=7	7	2730.5	13.77	0.002564

OPAP-K	embedding rate	mean square error	PSNR	embedding efficiency
K=1	1	0.5	51.14	2.0
K=2	2	1.5	46.37	1.333333
K=3	3	5.5	40.73	0.545455
K=4	4	21.5	34.81	0.186047
K=5	5	85.5	28.81	0.05848
K=6	6	341.5	22.80	0.01757
K=7	7	1365.5	16.78	0.005126

3. 實際推導一次之後，讓我更了對以上兩個公式更加了解，並從表 6.1 中可以看出 OPAP-K 的效果明顯比 LSB-K 還要來的好。

HW7 : Equilateral Arnold Transform (EAT)

- 練習利用 2D Equilateral Arnold Transform (2D-EAT)對影像作加密處理與解密處理。

(1) 加密程式：

使用以下矩陣做 EAT 轉換，並在程式中給定參數(a, b)之數值。只要更改(a, b)數值，即可重新購建不同的矩陣，作 EAT 轉換。例如設定(a, b) = (1, 1)，則轉換矩陣為 $\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ，代表則座標(x, y)的像素值會被轉換至座標(x', y')，如下圖 7.1 所示。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ab + 1 & a \\ b & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \bmod N$$

圖 7.1 EAT 加密公式

設定一個變數 G，代表做 2D-EAT 的次數，設定之 G 值不能是 2D EAT cycle 的數值，否則影像不能顯示加密效果。下表為各個影像解析度 2D EAT cycle 的數值(圖 7.2)。

• Cycle of 2D Arnold Transform

Table 1. Cycle of Arnold transformation

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _N	3	4	3	10	12	8	6	12	30	5	12
N	25	32	48	50	56	64	100	128	256	480	512
T _N	50	24	12	150	24	48	150	96	192	120	384

pixel dimension of image ($N \times N$)	iterations to restore image (period)
300 × 300	300
257 × 257	258
183 × 183	60
157 × 157	157
150 × 150	300
147 × 147	56
124 × 124	15
100 × 100	150

$$T_N \begin{cases} = 3N \text{ for } N = 2(5^s) ; s \in \mathbb{N} \\ = 2N \text{ for } N = 5^s \text{ or } 6(5^s) ; s \in \mathbb{N} \\ \leq \frac{12N}{7} \text{ for other } N \end{cases}$$

圖 7.2 各個影像解析度 2D EAT cycle 的數值

(2) 解密程式：

使用與加密影像一致的參數 (a, b, G)，對影像 作解密。請注意，

解密時，請使用加密處理之反矩陣 $\begin{bmatrix} 1 & -a \\ -b & ab+1 \end{bmatrix}$ 。座標(x', y')的

像素值會被轉換至座標(x, y)，如下圖 7.3 所示。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -a \\ -b & ab+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \bmod N$$

圖 7.3 EAT 解密公式

2. 以下三張分別為加密前(圖 7.4)和加密後(圖 7.5)以及解密完(圖 7.6)的圖片，加密次數 $G = 120$ 。



圖 7.4 Lena

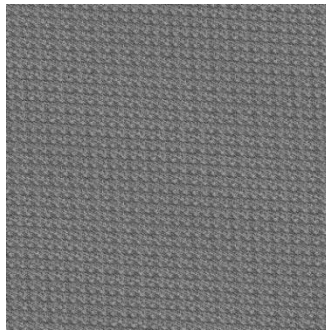


圖 7.5 Lena_enc



圖 7.6 Lena_dec

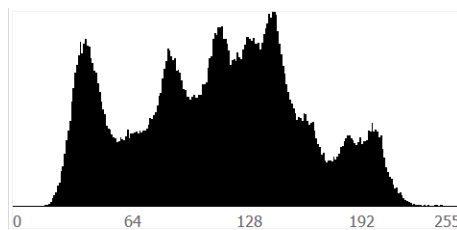


圖 7.7 Lena_直方圖

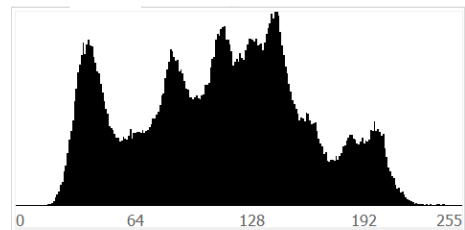


圖 7.8 Lena_enc_直方圖

3. 經過 EAT 轉換之後，將圖片的 pixel 互換完全看不出原始圖片的樣貌，但從直方圖來看幾乎是一樣的，利用反矩陣解密之後，才能得到原始圖片，但如過沒有反矩陣，很難解密回來。

HW8 : Image Encryption by 2D EAT and RP

1. 第一個程式練習利用 2D-EAT+Durstensfeld 的 Random Permutation (RP)

對影像作加密處理。

第二個程式練習利用 2D 2D-EAT 的反矩陣及 Durstensfeld 的

Reverse Random Permutation (RRP)對影像作解密處理。

- (1) 加密程式：

step 1：先利用 $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$ 矩陣作 EAT 轉換，並利用圖 8.1 將座標(x, y)

的像素值會被轉換至座標(x',y')，重複 G 次。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a \\ b & ab + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \mod N$$

圖 8.1 座標轉換

step 2：根據 Durstensfeld 的 RP 演算法將各個 pixel 做隨機打亂，
得到一個新的十進位數值。

- (2) 解密程式：

step 1：使用加密反矩陣 $\begin{bmatrix} ab + 1 & -a \\ -b & 1 \end{bmatrix}$ 做轉換，將座標(x',y')的像素

會被轉換至座標(x, y)，如下圖 8.2 所示。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \mod N$$

圖 8.2 2D-EAT 之逆轉換

step 2：根據 Reverse Random Permutation (RRP) 演算法，依照 2
進制、3 進制…、8 進制之順序，產出原先的二進制序列，將對應
的 2 進制 8 個 bits 表示，如此可順利解密。

2. 以下三張分別為加密前(圖 8.3)和加密後(圖 8.4)以及解密完(圖 8.5)的圖片，加密次數 $G = 120$ 。

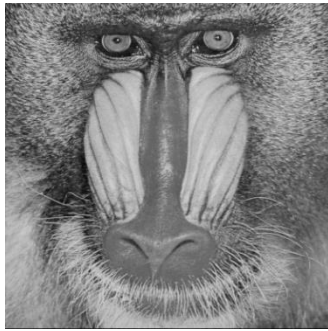


圖 8.3 Baboon

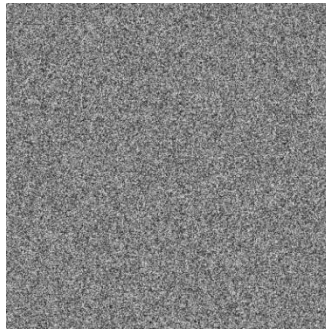


圖 8.4 Baboon_enc

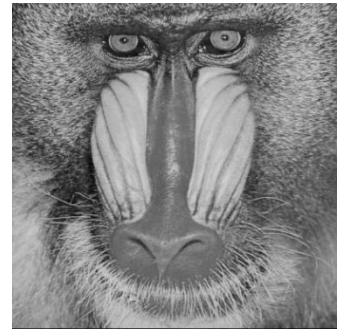


圖 8.5 Baboon_dec

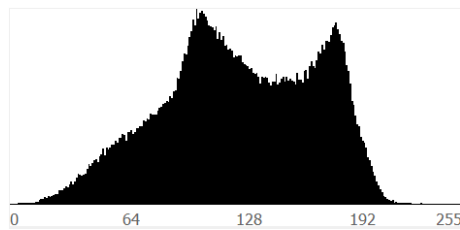


圖 8.6 Baboon_直方圖

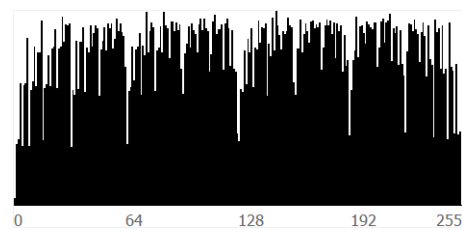


圖 8.7 Baboon_enc_直方圖

3. 透過加入 Random Permutation (RP)，能夠改變原始圖片的直方圖，但從加密後的圖片來看，不容易看出原始的樣貌。

HW9 : Metrics to measure the performance of the image encryption

1. 發展量測影像加密成效之各項標準評估方式。

程式-1：量測 variance of histogram (VOH)

程式-2：量測 histogram 的 Chi-square test (χ^2 test 2)

程式-3：對原始、加密影像各取 8000 sample pixels，量測得出的水平、垂直、對角方向之 Pear correlation coefficients.

程式-4：量測 Global information entropy。

2. 下表 9.1 為 VOH 的量測結果。

表 9.1 量測 variance of histogram (VOH)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	VOH		Plain			Cipher		
2	Image	Type	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
3	Aerial	grey	1767431			143824.4		
4	Babara	grey	1923146			477450.3		
5	Baboon	grey	715709.4			52614.52		
6	Boat	grey	1535879			81687.76		
7	house	grey	1319801			82046.58		
8	Lena	grey	569052			62439.62		
9	Peppers	grey	427682.6			57465.65		
10	Tank	grey	8103600			234121.7		
11	Truck	grey	4614265			51777.4		

下表 9.2 為 CHI 的量測結果。

表 9.2 量測 histogram 的 Chi-square test

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	CHI		Cipher					Results		
2	Image	Type	Red	Green	Blue	alpha	chi value	Red	Green	Blue
3	Aerial	grey				0.05	293.248	Fail		
4	Babara	grey				0.05	293.248	Fail		
5	Baboon	grey				0.05	293.248	Fail		
6	Boat	grey				0.05	293.248	Fail		
7	house	grey				0.05	293.248	Fail		
8	Lena	grey				0.05	293.248	Fail		
9	Peppers	grey				0.05	293.248	Fail		
10	Tank	grey				0.05	293.248	Fail		
11	Truck	grey				0.05	293.248	Fail		

下表 9.3 為 COR 的量測結果，Plain 的 Green、Blue 通道已隱藏。

表 9.3 量測水平、垂直、對角方向之 Pear correlation coefficients

	A	B	C	D	E	L	M	N
1	COR		Plain			Cipher		
2	Sample	8000	red			red		
3	Image	Type	horizontal	vertical	diagonal	horizontal	vertical	diagonal
4	Aerial	grey	0.750645	0.709345	0.635454	0.003016	0.011456	0.001229
5	Babara	grey	0.814849	0.855538	0.796495	0.003937	0.007613	-0.00481
6	Baboon	grey	0.680527	0.585148	0.548948	0.003705	0.002722	0.001694
7	Boat	grey	0.760733	0.824674	0.734627	-0.01648	-0.00684	-0.0029
8	house	grey	0.862349	0.863406	0.807489	0.00015	0.004191	-0.00116
9	Lena	grey	0.882423	0.909023	0.857618	-0.018	0.0072	0.000515
10	Peppers	grey	0.901139	0.905274	0.887019	-0.00045	0.000456	0.003116
11	Tank	grey	0.761026	0.717723	0.670946	-0.00647	0.005658	0.008017
12	Truck	grey	0.841361	0.765777	0.745827	-0.0055	-0.00832	0.001283

下表 9.4 為 GIE 的量測結果。

表 9.4 量測 Global information entropy

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	GIE		Plain			Cipher		
2	Image	Type	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
3	Aerial	grey	6.993994			7.878546		
4	Babara	grey	6.676405			7.634062		
5	Baboon	grey	7.381242			7.95474		
6	Boat	grey	7.19137			7.931536		
7	house	grey	7.236354			7.929379		
8	Lena	grey	7.493999			7.946251		
9	Peppers	grey	7.637787			7.951019		
10	Tank	grey	5.49574			7.806022		
11	Truck	grey	6.027415			7.95966		

3. 由上面幾張表的資料可以得知加密效果其實是不錯的，唯一美中不足的是在 Chi-square test 的部分，可能是加密在隨機打亂的部分還需要改善，像是加入 Chaotic Sequence 能夠讓加密效果更好。

● 最感到興趣的作業

整個學期下來，我覺得每份作業都非常有趣，特別是在 HW7 和 HW8 的部分，從 pixel 的交換到每個 pixel 的 Random Permutation (RP)，讓原始圖片經過加密之後完全看不出原本的樣貌，且不管加密過程中有多複雜，都能有相對應的方式解密回來，整體來說非常得充實。

● 最感到困難的作業與原因

我覺得 HW9 的部分稍微複雜了一點，特別是在量測 histogram Chi-square test 的部分，在寫的過程中發現都不會通過，一直以為有什麼地方有寫錯，甚至上網反覆驗證自己的寫法，以及詢問同學寫出來的結果，在這部分花費了許多的時間，後來發現有可能是加密過程中要加入 Chaotic Sequence 才能讓加密效果更好。

● 整個課程的述評

◎ 教師教學之優點與缺點、課程內容之優點與缺失

老師上課內容準備得很豐富，並且會隨時詢問大家有沒有不懂的地方，都會按照課程進度教學，講課內容非常充實，希望在課程內容檢測加密效果的投影片，能夠在更詳細一點，有時上課聽懂了，但回去做練習時，想再回顧一下上課內容，但投影片在計算過程的部分沒有過多的解釋，導致複習時有些困難。

◎ 建議後續課程改進之事項

我覺得在評分方式的部分，前 5 個繳交作業且全對會有加分這部分，可以改為在作業開放後的一段時間內繳交且全對的人可以加分。在作業的部分，可以再多一點，這樣才能每個部分都確實練習到。

◎ 其他課程感想與心得

希望老師能多開幾門不同的選修課，一方面是可以有更多的選修學分，另一方面是老師教學的內容非常充實，可以學到很多東西，並且無論講課內容的難易度，老師都能用最簡單的方式讓我們了解，這門課也是我這學期修到最有收穫且最充實的一門課，能自己實現色彩轉換、影像加密等等的內容，讓我覺得很有成就感。



以下是我這學期所有作業成品以及程式碼的連結

<https://github.com/chang001124/Color-Science>