

## 色彩科學導論與應用

### Encryption Metrics-2 NPCR and UACI

授課教師：王宗銘

2021/05/31

#### Assignment 12

本次作業為量測原始影像與加密影像之 NPCR 與 UACI。NPCR (Number of Pixel Change Rate) 量測兩張影像（原始與加密影像）對應位置之像素是否有差異，若有差異，就累加 1，若無差異，則累加 0。UACI (Unified Average Changing Intensity) 則考量兩對應位置之像素之差異量與 255 及解析度之比值。此兩個量測量都能反映加密演算法之優劣，故能將數值予以比較，得知何種加密演算法較佳。請各位是寫一個 python 程式，來計算在各個色彩通道之 NPCR 與 UACI 數值。

假設 Origi\_image 目錄儲存原始影像 N 張，不失一般情況下，令  $N=6$ ，並以 bmp 影像格式為例。Encry\_image 目錄儲存對應的加密影像。Decry\_image 目錄儲存對應的解密影像，如表 1 所示。

表 1：以 3 個目錄分別儲存原始影像、加密影像、解密影像與目錄內對應之影像名稱

編號	Origi_image directory	Encry_image directory	Decry_image directory
1	01_Airplane.bmp	01_Airplane_en.bmp	01_Airplane_de.bmp
2	02_Baboon.bmp	02_Baboon_en.bmp	02_Baboon_de.bmp
3	03_Lena.bmp	03_Lena_en.bmp	03_Lena_de.bmp
4	04_Peppers.bmp	04_Peppers_en.bmp	04_Peppers_de.bmp
5	05_Sailboat.bmp	05_Sailboat_en.bmp	05_Sailboat_de.bmp
6	06_Splash.bmp	06_Splash_en.bmp	06_Splash_de.bmp

1. 請寫一個 python 程式，求出原始影像 VS 加密影像之 NPCR 與 UACI 量化指標。
2. 假設各目錄之檔案名稱都一一對應，但是程式設計時，請考慮測試之影像數量可能並非固定 6 個。
3. 請將計算後之數值，依照目錄輸出成 1 個 CSV 檔案(output12.csv，以利後續分析與整理。
4. 各 CSV 檔案第 1 行輸出各行之項目名稱，如範例所示。
5. NPCR (Number of Pixel Change Rate)，三個色彩頻道分別計算， $NPCR_R, NPCR_G, NPCR_B$ 。

NPCR 單一頻道計算公式：

$$NPCR = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V \delta_{i,j}}{H \times V}, \text{ where } \delta_{i,j} = \begin{cases} 0, & ORI_{i,j} = ENC_{i,j} \\ 1, & ORI_{i,j} \neq ENC_{i,j} \end{cases}$$

NPCR 之意義為：比較原始影像(ORI)與加密影像(ENC)，對應像素位置(i,j)之檢視：  
若兩者相同，則累加 0，若兩者不同，則累加 1，故 NPCR 代表影像像素變動比例。請看範例。

NPCR 範例：

假設原始影像(ORI)為  $H \times V = 3 \times 3$  影像，其綠色頻道之像素數值如下所示。

3	5	5
0	3	6
1	2	3

假設加密影像(ENC)之綠色頻道之像素數值如下所示。

6	5	5
0	4	6
1	4	3

比較對應的像素，可發現加密前後，共有 3 個像素相異，分別在位置(1, 1), (2, 2), (3, 2)，如紅色字體所示，故

$$\text{NPCR} = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V \delta_{i,j}}{H \times V} \times 100\% = \frac{3}{9} \times 100\% = 33.3333$$

6. Unified Average Changing Intensity (UACI)，三個色彩頻道分別計算， $\text{UACI}_R, \text{UACI}_G, \text{UACI}_B$ 。

UACI 單一頻道計算公式：

$$\text{UACI} = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V |\text{ORI}_{i,j} - \text{ENC}_{i,j}|}{H \times V \times 255} \times 100\%$$

UACI 之意義為：累加相異像素之差異數值並計算相對於最大數值 255 與解析度之比例，請看範例。

UACI 範例

假設原始影像(ORI)為  $H \times V = 3 \times 3$  影像，其綠色頻道之像素數值如下所示。

3	5	5
0	3	6
1	2	3

假設加密影像(ENC)之綠色頻道之像素數值如下所示。

6	5	5
0	4	6
1	4	3

累加相異像素之數值為  $|6 - 3| + |4 - 3| + |4 - 2| = 6$ ，故

$$UACI = \frac{|6 - 3| + |4 - 3| + |4 - 2|}{3 \times 3 \times 255} \times 100\% = \frac{6}{2295} \times 100\% = 0.2614$$

請注意：

1.輸出精確度為整數 2 位，小數 4 位，第 5 位四捨五入。

**輸出檔案：以 output12.csv 為例**

第 1 行 No ORI Images ENC Image NPCR(R) NPCR(G) NPCR(B) UACI(R) UACI(G) UACI(B)

第 2 行 1, 原始影像名稱, 加密影像名稱, NPCR<sub>R</sub> NPCR<sub>G</sub> NPCR<sub>B</sub> UACI<sub>R</sub> UACI<sub>G</sub> UACI<sub>B</sub>

第 3 行 2, 原始影像名稱, 加密影像名稱, NPCR<sub>R</sub> NPCR<sub>G</sub> NPCR<sub>B</sub> UACI<sub>R</sub> UACI<sub>G</sub> UACI<sub>B</sub>

....

第 N+1 行 原始影像名稱, 加密影像名稱, NPCR<sub>R</sub> NPCR<sub>G</sub> NPCR<sub>B</sub> UACI<sub>R</sub> UACI<sub>G</sub> UACI<sub>B</sub>

輸出範例：以 output12.csv，以下數值為示意之虛擬數值，請依照實際求出之值輸出。

第 1 行 No ORI Images ENC Image NPCR(R) NPCR(G) NPCR(B) UACI(R) UACI(G) UACI(B)

第 2 行 1 01\_Airplane.bmp 01\_Airplane\_en.bmp 99.5412 85.1248 75.5689 33.4512 32.1345 33.2541

第 3 行 1 02\_Baboon.bmp 02\_Baboon\_en.bmp 98.54412 86.1248 75.5685 33.4212 32.1435 3.2541

第 4 行 1 03\_Lena.bmp 01\_Lena\_en.bmp 99.5492 85.1248 75.5589 33.4512 32.1745 33.2541

第 5 行 1 04\_Peppers.bmp 04\_Peppers\_en.bmp 99.5402 85.1298 75.5689 33.4512 32.1346 33.2541

第 6 行 1 05\_Sailboat.bmp 05\_Sailboat\_en.bmp 98.5412 85.1248 75.5689 33.4512 32.1355 33.2541

第 7 行 1 06\_Splash.bmp 06\_Splash\_en.bmp 99.5422 85.1548 75.5589 33.4502 32.1245 33.2541

### Program:

The python program, “學號-12-DEC\_MAT2.py,” input a pair of original and encrypted images and produces output12.csv。

Submission:

Please submit the following **TWO** files.

1. 學號-12-DEC\_MAT2.py
2. Output12.csv