

色彩科學導論與應用

Encryption Metrics-1

Mean of Image, Variance of Histogram, Shannon Entropy

授課教師：王宗銘

2021/05/14

Assignment 11

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、加密影像、解密影像之三個量化指標。
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 3 個 CSV 檔案(output11.csv, output11_en.csv, output11_de.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. 三個量化指標如下：

1. 影像平均數 (Mean of Image)。三個色彩頻道分別計算， MI_R, MI_G, MI_B 。

以 Red channel 為例， $MI_R = \frac{1}{H \times V} \sum_{j=0}^{V-1} \sum_{i=0}^{H-1} I(i, j)$ ， $I(i, j)$ 代表影像之紅色頻道像素值， $H \times V$ 為影像之水平(horizontal)與垂直(vertical)解析度。

2. 值方圖變異數(Variance of Histogram)。三個色彩頻道分別計算， VH_R, VH_G, VH_B 。

以 Red channel 為例， $VH_R = \frac{1}{256 \times H \times V} \sum_{j=0}^{255} \sum_{i=0}^{255} \frac{1}{2} (z_i - z_j)^2$ ， z_0, z_1, \dots, z_{255} 分別代表值方圖 bin z_0, z_1, \dots, z_{255} 之個數(count)。

VH_R 亦可以另種公式計算之： $VH_R = \frac{\sum_{i=0}^{255} z_i^2}{256} - \left(\frac{\sum_{i=0}^{255} z_i}{256} \right)^2$

3. Shannon 資訊熵(Shannon Entropy)。三個色彩頻道分別計算， SE_R, SE_G, SE_B 。

以 Red channel 為例， $SE_R = - \sum_{i=0}^{255} P(z_i) \log_2 [P(z_i)]$ ， $P(z_i)$ 代表值方圖中，bin z_i 之機率，其數值為對應的 count 除以影像解析度，亦即 $P(z_i) = \frac{z_i}{(H \times V)}$ 。若 $z_i = 0$,

則定義 $\log_2[P(z_i)] = 0$.

範例-1：以 $H \times V = 3 \times 3$ 影像之紅色頻道為例，9 像素值如下所示。

3	5	5
0	3	6
1	2	3

值方圖中，各 bin 之個數(z_i)如下：

像素值	z_i	$P(z_i)$	$\log_2[P(z_i)]$
0	1	0.111111	-3.169925
1	1	0.111111	-3.169925
2	1	0.111111	-3.169925
3	3	0.333333	-1.584963
4	0	0.0	0.0
5	2	0.222222	-2.169925
6	1	0.111111	-3.169925
7-255	0	0.0	0.0

$z_0 = 1, z_1 = 1, z_2 = 1, z_3 = 3, z_4 = 0, z_5 = 2, z_6 = 1, z_7 \sim z_{255} = 0$.

$MI_R = \frac{3+5+5+0+3+6+1+2+3}{9} = 3.11$. (小數 2 位)

$VH_R = 0.06517 \cong 0.07$. (小數 2 位)

$P(z_0) = \frac{1}{9}, P(z_1) = \frac{1}{9}, P(z_3) = \frac{3}{9}$. 據此，可以算出所有 bin 的機率，並求出 Shannon 資訊熵： $SE_R = 2.419382$. (小數 6 位)

請注意：

1. 各頻道之值方圖平均數範圍介於 0~255 之間。輸出精確度為小數 2 位，第 3 位四捨五入。
2. 各頻道之值方圖變異數一定非為負數。輸出精確度為小數 2 位，第 3 位四捨五入。
2. 各頻道之 Shannon 資訊熵介於 0.0~8.0 之間。輸出精確度為小數 6 位，第 7 位四捨五入。

輸出檔案：以 output11.csv 為例

第 1 行 No Images MIR MIG MIB VHR VH G VHB SER SEG SEB
 第 2 行 1, 影像名稱 MI_R MI_G MI_B VH_R VH_G VH_B SE_R SE_G SE_B
 第 3 行 2, 影像名稱 MI_R MI_G MI_B VH_R VH_G VH_B SE_R SE_G SE_B
 ...
 第 N+1 行 N, 影像名稱 MI_R MI_G MI_B VH_R VH_G VH_B SE_R SE_G SE_B

輸出範例：以 output11.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, Images MIR MIG MIB VHR VHG VHB SER SEG SEB
第 2 行	1 01_Airplane.bmp 121.34 181.23 145.32 1017334.70 1248567.52 1456245.42 7.253102 7.524523 7.541206
第 3 行	2 02_Baboon.bmp 101.34 171.23 135.32 1027334.70 1648567.52 1356245.42 7.753102 7.624523 7.531206
第 4 行	3 03_Lena.bmp 79.34 81.23 45.32 1217334.70 1348567.52 1446245.42 7.553102 7.624523 7.741206
第 5 行	4 04_Peppers.bmp 21.34 11.23 15.32 1017354.70 1248467.52 1436245.42 7.223102 7.124523 7.041206
第 6 行	5 05_Sailboat.bmp 29.34 15.23 175.32 1007334.70 1148567.52 1256245.42 7.353102 7.424523 7.561206
第 7 行	6 06_Splash.bmp 45.34 81.23 45.32 1117334.70 1448567.52 1756245.42 7.553102 7.584523 7.521206

Program:

The python program, “學號-11-DEC_MAT.py,” produces three outputs, output11.csv, output11_en.csv, and output11_de.csv. 理論上，output11.csv 與 output11_de.csv，其內之檔案名稱相異，但數值應是相同。如不同，則代表影像解密有錯誤。

Submission:

Please submit the following **FOUR** files.

1. 學號-10-DEC_MAT.py
2. Output11.csv
3. Output11_en.csv
4. Oputput11_de.csv