

數位影像

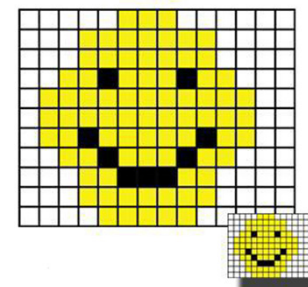
(Digital Image)

大綱 (Outline)

1. 數位影像分類
2. 常見數位影像相關名詞
3. 數位影像資料格式
4. 數位影像之應用
 1. 影像壓縮
 2. 數位影像浮水印
 3. 影像權益保障系統
5. 影像品質的鑑定

簡介

- 類比影像
 - 還記得古早的錄影帶嗎
 - 照相機、攝影機(膠捲)
 - Continuous Image
- 數位影像
 - 現今電腦的儲存格式
 - DVD、VCD等產品的格式
 - Discrete Image
- 數位影像是由許多點所構成
- 我們把這些點稱作picture element
 - 簡稱pixel
 - 每個pixel的值在各個色彩系統中的意義各有些不同
 - 在一般情形下
 - 單色系統中用8個bits(1個 byte)來代表
 - 彩色系統中用24個bits(3個 byte)來代表



數位影像分類

- 向量影像(vector-based image)
 1. 影像中的圖案是由一個個物件所組成
 2. 每個物件都可以由數學方程式來表達、記錄及處理，此又稱為物件導向式(Object-oriented)的繪圖格式
 3. 儲存空間需求較小
 4. 影像在放大、縮小等轉換過程中，品質較不受影響
 5. 可自由的放大、縮小或改變其中某個區段的顏色而不會失真
 6. 線條簡單的圖案
 7. 常見的商業軟體有Corel Draw、Auto CAD、Illustrator、3D Studio等



數位影像分類 (Cont.)

- 點陣式影像(bit-mapped image)
 1. 由像素(pixel)排列組成的數位影像
 2. 記錄每一點的顏色與一些格式的辨識資料
 3. 每一個像素所包含的資料(以彩色影像為例)有R顏色值、G顏色值、B顏色值，RGB是指紅、綠、藍三原色，每一種顏色在數位影像中是以8位元來表示，也就是每一種顏色有256種色階，因此組成的每一個像表有 $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$ (24位元)種顏色
 3. 連續色調的圖形，如人物、風景等照片
 4. 色彩向然且富變化、逼真
 5. 對整個影像顏色之處理較為容易(如明亮、彩度、飽合度)等
 6. 放大的轉換過程中會產生失真、記憶體空間需求較大、無法有效呈現3D立體影像
 7. 常見商業軟體有Photoshop、Painter、PhotoImpact、Paintshop Pro等



常見數位影像相關名詞

1. 影像大小

影像大小是指影像中所包含像素的個數，例如 640×480 ，表示該影像的寬640個像素，高度有480個像素，因此該影像總共包含了307,200個像素

2. 檔案大小

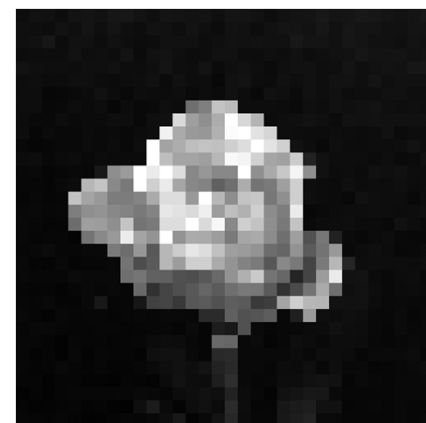
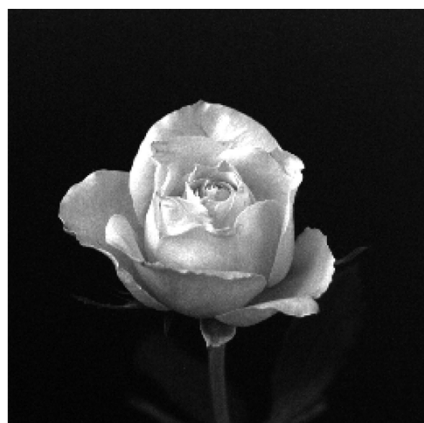
檔案大小是指儲存一張影像總共所需要的記憶體空間，通常以KB或MB為計算單位，例如一張 1024×768 的全彩影像需要的記憶體空間為 $1024 \times 768 \times (8 + 8 + 8) = 18,874,368 \text{ bits} = 2,304\text{KB}$ ，但實際上的檔案大小則仍視該影像有無經過壓縮處理，以及利用何種壓縮演算法而定。

常見數位影像相關名詞 (Cont.)

3. 解析度

- 指電子影像經由輸出設備(Printer)輸出之品質程度。通常以dpi (dots per inch or pixels per inch)表示。例如一張1024×768的影像，若設其解析度為300dpi，則該影像輸出後的實際尺寸大約為8.7cm×6.5cm。
- 影像處理中一般解析度可以分為兩種形式，一種是空間的解析度，另一種則是亮度的解析度。
- 空間解析度
空間於此是指所謂的二維空間(2D space)，二維空間的物體擁有一固定的高度與寬度。當討論空間解析度時，即是描述它將可能劃分為多少點，簡單的來說，解析度劃分的越細，可以越接近原始影像。空間解析度即影像中明暗度的變化頻率，要決定此抽樣頻率時，必須使用一個古典的 Nyquist Criterion，亦稱**抽樣理論**
- 抽樣理論
指示取樣頻率必須比待測訊號的頻率至少快上**兩倍以上**，才能得到有意義的資料，千萬牢記，當影像數位化後，任何取樣間失去的資料，是永遠**無法復得**的。

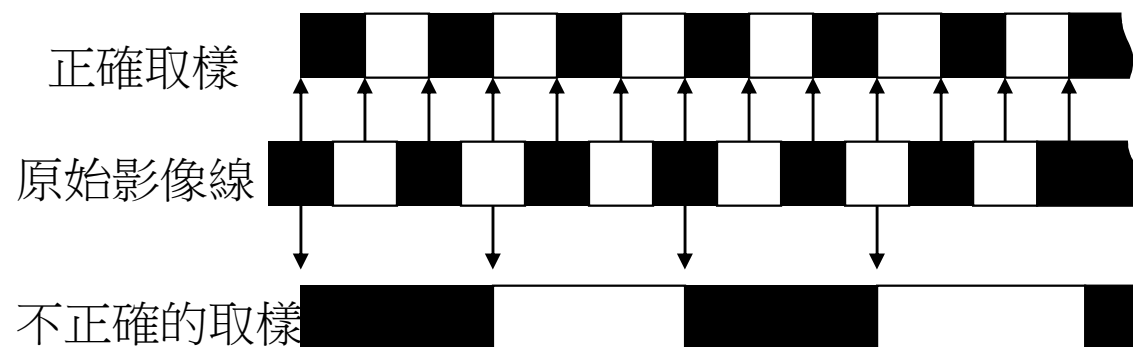
- 不同解析度下的影像



原始影像 1024x1024 256x256 => 1024x1024 64x64 => 1024x1024 32x32 => 1024x1024

- Aliasing

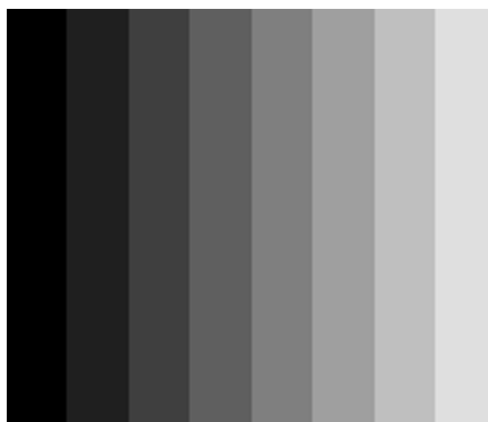
此現象是原始影像的高頻部分作錯誤的表現。Aliasing 發生在 Nyquist Criterion 的影像原則被破壞時才會產生。亦即，影像有一個空間頻率比取樣頻率的二分之一還要大時才會發生，這稱之為低取樣。這種高頻被轉換為較低頻率，許多的資料會再取樣過程中被遺失。另外，當 Aliasing 現象發生時，波紋圖形可能會出現於數位化的影像。



- 亮度解析度

亮度解析度的觀念即是討論像素對於原影像在同一位置其亮度的真確性。一個取樣的亮度就被轉換成一個相等的整數值，即是所謂的量化(Quantization)。亮度的作業意味著於某一真確的誤差範圍內，將影像中的某一點之類比亮度轉換成對應的整數值。

於數位化之前，必須先定義準確度。下圖是三位元亮度(8個階層的明暗度)範圍

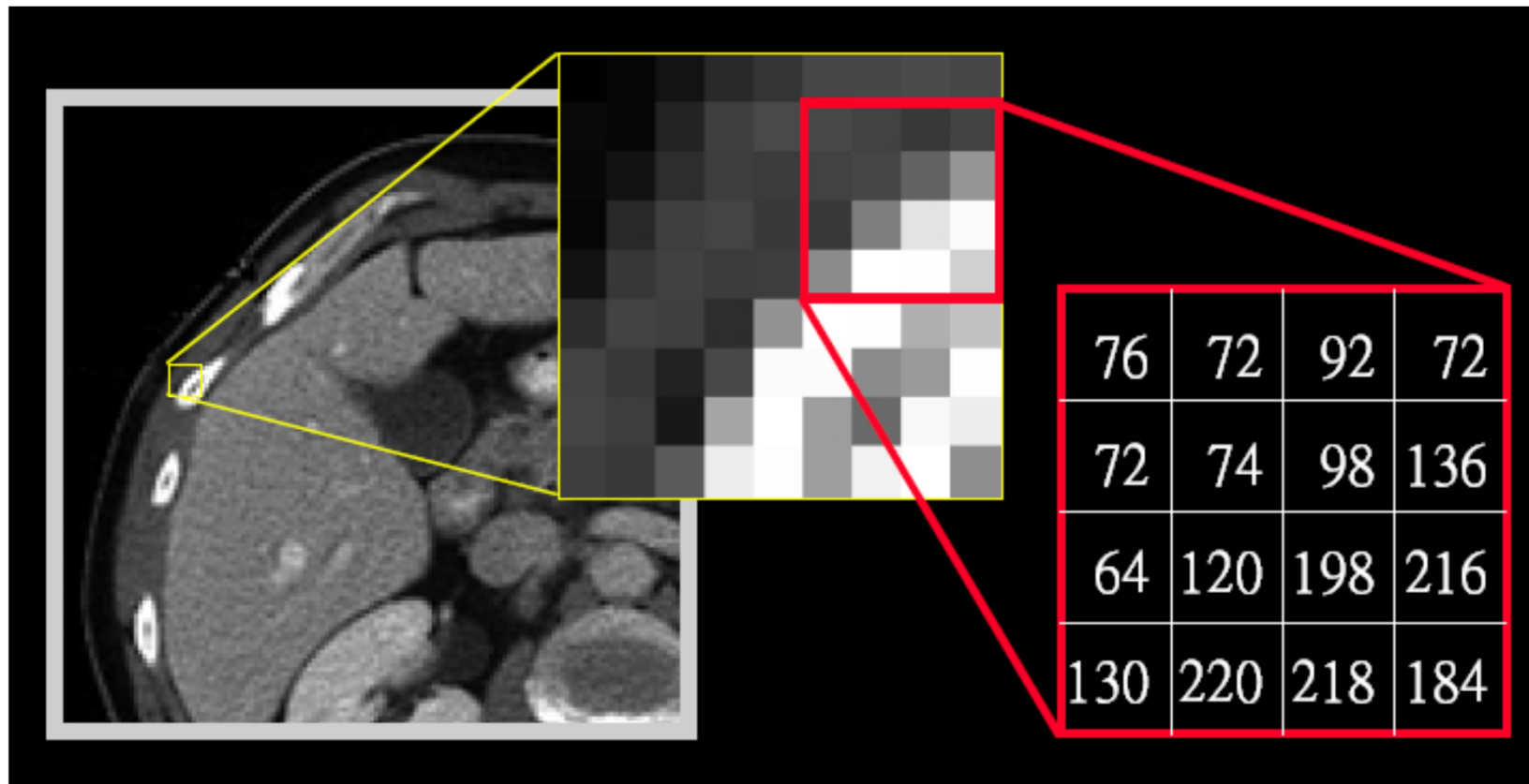


4. 影像模式

指電子影像對於每一個像素所包含顏色資訊之描述方式。常見的影像模式可分為Bitmap、RGB、CMYK、Indexed color等等。

1. CMYK
2. YUV & YIQ
3. Indexed color

- 單色系統
 - 每個pixel的值就代表亮度(0最暗~255最亮)



- 彩色系統
 - 有多種表示法
 - RGB、YUV(YCbCr)、YIQ、HSV、xvYCC ...
 - RGB系統
 - 光的三原色(紅綠藍)
 - 黑色為(0, 0, 0)、白色為(255, 255, 255)
 - Y系統(YUV、YIQ)
 - Y代表的就是亮度
 - 後面兩個byte則是儲存色彩資訊(Ex：彩度、濃度)
 - 失真壓縮會用這些格式

● RGB系統



- YUV (YCbCr)系統
- 轉換函數

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

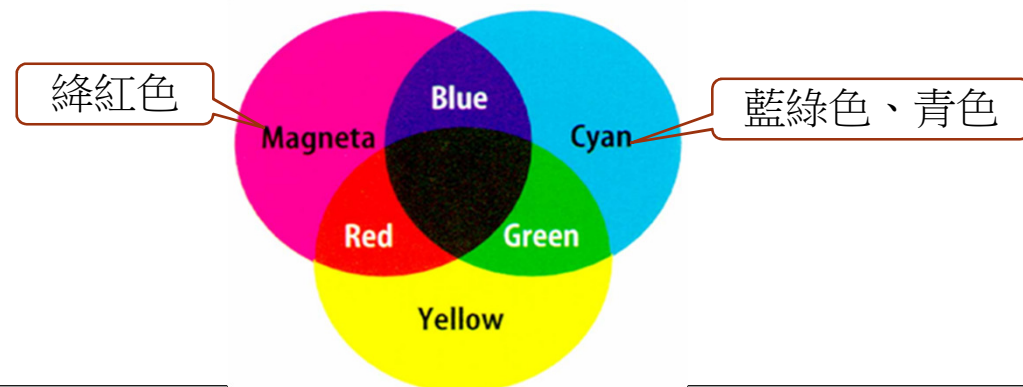
$$Cr = R - Y$$

$$Cb = B - Y$$



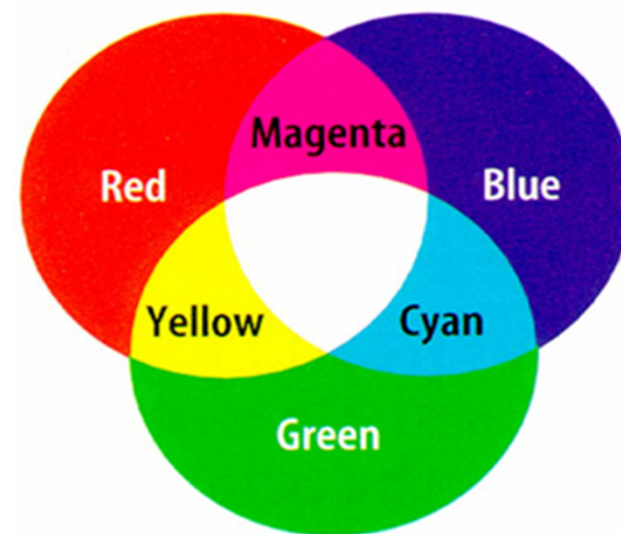
CMYK

- CMYK是指cyan(C)、magenta(M)、yellow(Y)及black(K)四種顏色，與RGB不同的是CMYK主要係因顏料(pigment)吸收光(light-absorbing)的質量不同而組成各種不同的顏色，因此CMYK主要係用於印刷的顏色描述。例如彩色噴墨印表機常用的墨水顏色即為cyan、magenta、yellow以及black四種，而要求更高品質的彩色噴墨印表機則已有加入藍綠色及絳紅共六種顏色。



如果將R、G、B顏色值之值域常態化(normalize)成為介於0與1間的實數，則RGB與CMY之間的轉換公式為：

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



YUV & YIQ

- YUV和YIQ是兩種常用於視訊(video)影像中的模式，YUV主要用於PAL視訊標準而YIQ則是用於NTSC視訊標準上。YUV包含了三個組成元素Y, U, V，而YIQ則是由Y, I, Q所組成，兩者均可從RGB轉換得來，其轉換公式定義如下：

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = B - Y$$

$$V = R - Y$$

$$I = 0.877(R - Y) \cos 33^\circ - 0.492(B - Y) \sin 33^\circ$$

$$Q = 0.877(R - Y) \sin 33^\circ + 0.492(B - Y) \cos 33^\circ$$

其中在PAL的實作上U,V是採用下列的轉換公式：

$$U = 0.492(B - Y)$$

$$V = 0.877(R - Y)$$

- 至於YIQ則可以簡化為下列的轉換矩陣：

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Y即是由彩色轉換成灰階影像的灰階值或稱之為亮度值(luminance)，而其轉換公式主要是依據人類的眼精對於紅、綠、藍三原色的不同敏感度而來，其中係數值越大則表人的眼睛對於該顏色較為敏感，所以三種顏色之敏感度依序為綠色(0.587)、紅色(0.299)、藍色(0.114)。

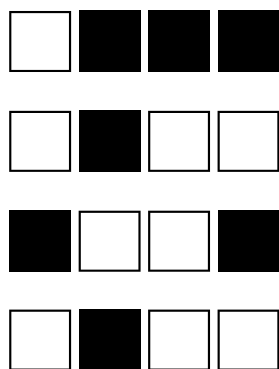
Indexed color

- 所謂Indexed color主要係用來減少色彩數量以降底影像對記憶體空間的需求。Indexed color所用的方法就是建立一個具代表性的256色索引表格(Color Lookup Table, CLUT)，又稱為調色盤(palette)或編碼簿(codebook)，每一種顏色仍然包含RGB三種顏色值，因此調色盤的大小為 $256*(8+8+8)=768\text{bytes}$ ，然後每一個像素只用一個位元組(8位元)來指出其顏色是位於調色板中的第幾個顏色，常見的影像檔案格式即是採用Indexed color影像模式。

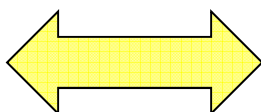
數位影像資料格式

1. 空間域(Spatial domain)

1. 數位影像中最常使用的資料格式
2. 空間域影像是我們一般肉眼可看出的影像
3. 在Spatial domain中，每張數位影像都是由許多點所組合而成的，這些點又稱為pixels
4. 一張數位影像的資料通常是以一個二維陣列來存放的，每一個像素的資料，皆相對應於二維陣列中的element，element的大小與影像像素所呈現的顏色有關



(a)數位影像示意圖



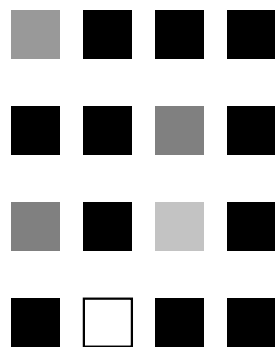
1	0	0	0
1	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	1

(b)數位影像資料

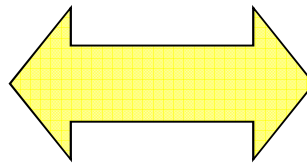
5. 例如一張數位影像是以灰階(gray-level)方式呈現，則每一個像素可以有256種變化，最亮的顏色係白色，以數值255表示；最暗的顏色係黑色，以數值0表示；介於黑、白之間的顏色為灰色，而灰色依明暗的不同以數值1到 254來表示，如下Lena的圖。



6. 以下是一個 4×4 大小的彩色區塊，與這個區塊所對應的紅、綠、藍三原光的二維空間域陣列。



(a)數位影像示意圖



$$\begin{bmatrix} 153 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 128 & 0 \\ 128 & 0 & 195 & 0 \\ 0 & 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 153 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 128 & 0 \\ 128 & 0 & 195 & 0 \\ 0 & 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 153 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 128 & 0 \\ 128 & 0 & 195 & 0 \\ 0 & 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(b)數位影像資料

2. 頻率域(Frequency domain)

1. 頻率域影像是將一般影像由Spatial domain轉換成Frequency domain的結果。
2. 透過轉換處理後會將影像之不同頻率的部分分別濾出，而產生許多不同的高低頻帶。
3. 人類的肉眼對於影像中低頻的部分較為敏感，對於高頻的部分較無感覺，因此通常重要的部分存在於低頻之中，而高頻處為影像較不重要之處。傳統的JPEG影像壓縮法及JPEG 2000中皆有使用到這技術。
4. 常見的空間域轉換成頻率域的方法有「離散餘弦轉換(discrete cosine transformation)」及「離散小波轉換(discrete wavelet transformation)」。

數位影像之應用

1. 影像壓縮

電腦在儲存影像資料時往往佔用許多空間，在傳輸過程中更是耗費相當多的時間，因此影像壓縮最主要的目的是為了減少影像之儲存空間，及加速影像之傳輸速度。

一般的影像壓縮方式大多是可失真性壓縮，因為些許的失真並不會造成影像太大的問題，因為人的肉眼是相當不敏銳的，所以只要肉眼可接受即可。目前常見的壓縮方法為MPEG、JPEG...等。

2. 數位浮水印

影像浮水印是在數位影像中加入有意義之圖形或文字，用來保障此影像之著作權，以防止影像遭盜用的應用問題。一般來說良好的數位浮水印技術必須要具備以下特點：

1. 無法刪除(undeletable)
2. 不易察覺(perceptually invisible)
3. 不可被統計出來(statistically undetectable)
4. 可抵抗失真性壓縮(resistant to lossy data compression)
5. 可抵抗一般的影像處理(resistant to common image processing operations)
6. 清晰的(unambiguous)

3. 影像權益保障系統

所謂影像權益保障系統，是一套提供可讓使用者註冊影像智慧財產權或擁有權之系統，以保障影像之所有權及使用權。此類系統與浮水印系統最大之不同點在於，此系統運作方式為將影像之特徵值及使用權利紀錄於資料庫中，而不藏入影像之中。

影像權益保障系統不只侷限於影像之智慧財產權的保護，對於影像買賣時，也可以達到對影像經銷商或持有人的保護。也就是說，一張影像可分別註冊它的創作者、經銷商及持有人等。

影像品質的鑑定

- 影像品質定義

- 一張數位影像經過影像壓縮或加入浮水印等處理後，再和原始數位影像作比較，會發現兩張影像有所差異。其差異程度的大小，光以言語形容給人的感覺也許不是那麼明確。
- 在重建訊號品質評估方面，一般常用的有
- 均方根誤差(*Root Mean Square Error, RMSE*)、
- 訊號雜訊比(*Signal-to-Noise Ratio, SNR*)
- 訊號峰雜訊比(*Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR*)。

$$SNR = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{m-1} \hat{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{m-1} (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ dB}$$

$$MSE = \left(\frac{1}{m^2} \right) \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{m-1} (\alpha_{ij} - \beta_{ij})^2$$

- 由上式中的MSE為兩張 $m \times m$ 灰階數位影像的均方差 (Mean Square Error, MSE)， α_{ij} 表示原始數位影像之 (i, j) 位置上的像素值。 β_{ij} 表示經處理後的數位影像之 (i, j) 位置上的像素值。兩張數位影像經PSNR值計算後的結果值越大，則我們就認為這兩張數位影像越相似。
- MSE 定義為 RMSE 的平方。
- 注意!! RMSE 比較低(或相對 SNR 較高)並不意味主觀上重建訊號之品質就一定比較高。只可以將這些估算子當成客觀標準來使用。因此除了RMSE這一類的條件來評估影像品質外，還是需要再由人眼輔以判斷才是比較客觀與公正的做法。