

在頻率域，模糊影像的影像銳利度測量

404415073 電機三 蔡孟勳

一、簡介

圖像處理領域的研究人員面臨的最具挑戰的問題之一就是「圖像品質評估」(Image Quality Assessment)，在圖像品質評估中，非常重要的關鍵是圖像清晰度與模糊度的測量。**在這篇文章中，提出了一種計算頻域圖像清晰度與模糊度的新技術。**

圖像模糊的原因有很多種，其中可能包含：相機失焦、震動、移動等，在某些影像處理應用中，量化模糊影像的品質是非常重要的，因此對於研究人員的挑戰，就是設計一套演算法來測量圖像的品質，有三種不同的策略來設計客觀的圖像品質評估演算法：

- (1) 全參考圖像品質評估 (FR-IQA)
- (2) 減少參考圖像品質評估 (RR-IQA)
- (3) 無參考圖像品質評估 (NR-IQA)

在這篇文章中提出的：頻域中的 NR-IQA 技術，有助於識別哪些圖像是模糊的或清晰的，也會讓我們知道圖像的模糊程度(量化)。目前兩個為主流的圖像清晰度與模糊度的圖像品質測量(Image Quality Measure)是：

- (A) **基於模糊檢測的累積概率的圖像清晰度技術 (CPBD)**
- (B) **基於 Just Noticeable Blur (JNB) 的無參考目標圖像清晰度度量**

在第二部分的「方法」中，我們會提出我們設計的「圖像品質測量」演算法，也會解釋演算法的概念與實作的方式；在第三部分的「結果」中，會以修改前後的圖片與數值說明演算法的結果，也會有圖表輔助說明；最後一部分的「結論」中，我們會提出「圖像品質測量」演算法的優缺點與未來可能的發展方向。

二、方法









(1) 概念：

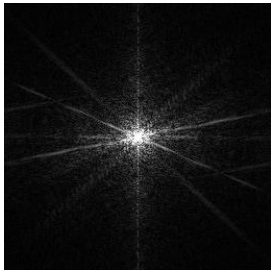
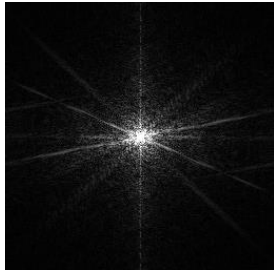
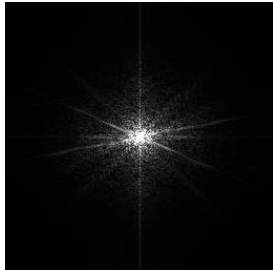
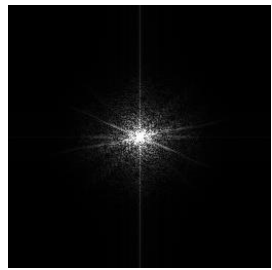
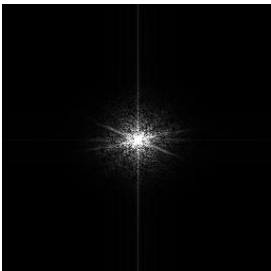
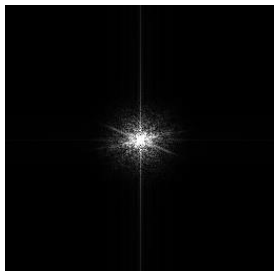
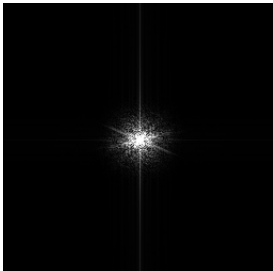
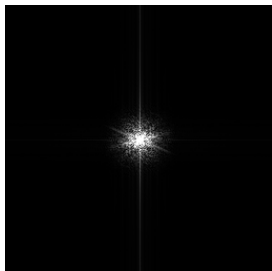
當圖像因為過度的模糊而導致品質下降，圖像中元素的識別和分類會變得非常困難，**我們的主要目標是量化模糊圖像的品質**。因此，我們設計了對於模糊圖像的圖像品質測量(Image Quality Measure)，將基於圖像中模糊度的數量來表示圖像的品質，我們所提出的技術是在計算頻域中的高頻成分。

圖像的均勻模糊可通過將圖像與高斯濾波器卷積(convolution)來模擬，高斯濾波器的標準差是我們可以控制的，以獲得不同模糊程度的圖像，如圖一 (a) - (h) 所示，從圖二中觀察到的重點是：當圖像中的模糊度增加，頻譜中高頻部分的數量會減少(白點數量減少)，圖三顯示了相應圖像

的傅立葉頻譜。

我們運用這個概念來設計模糊圖像的圖像品質測量，將設定好的閾值固定，然後計算閾值以上的高頻分量的數量，最後用於計算圖像品質分數，因此，相對於模糊的影像，更清晰的高品質圖像會有更多數量的高頻分量。

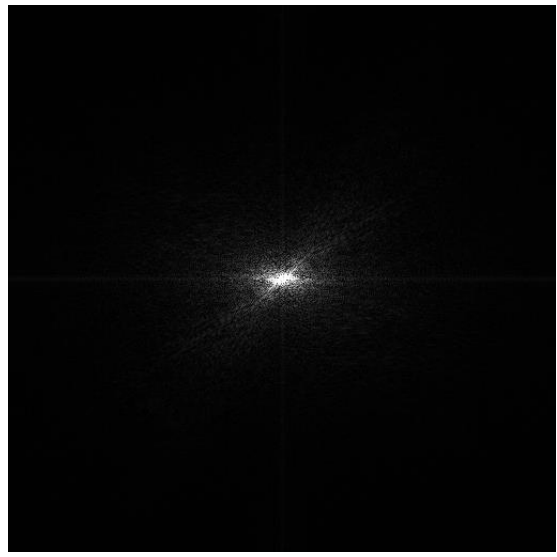
圖一 根據不同的標準差進行的高斯模糊，原圖為 cameraman			
			
(a) 原圖	(b) Sigma = 0.4	(c) Sigma = 0.8	(d) Sigma = 1.2
			
(e) Sigma = 1.6	(f) Sigma = 2.0	(g) Sigma = 2.4	(h) Sigma = 2.8

圖二 根據不同的標準差，在傅立葉頻譜的高斯模糊，原圖為 cameraman			
			
(a) 原圖	(b) Sigma = 0.4	(c) Sigma = 0.8	(d) Sigma = 1.2
			
(e) Sigma = 1.6	(f) Sigma = 2.0	(g) Sigma = 2.4	(h) Sigma = 2.8

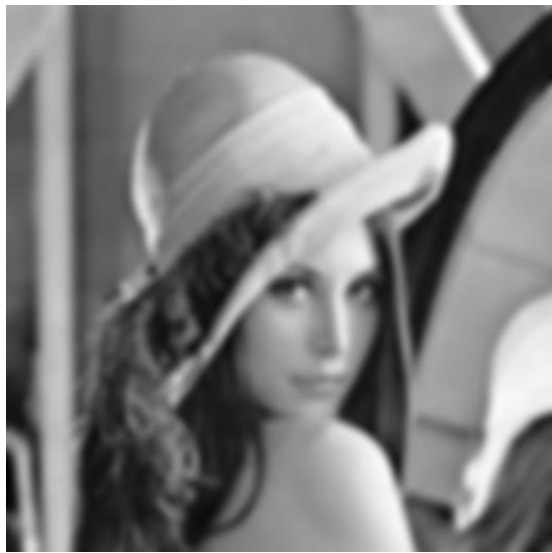
圖三 圖像與傅立葉頻譜的對應，原圖為 Lena



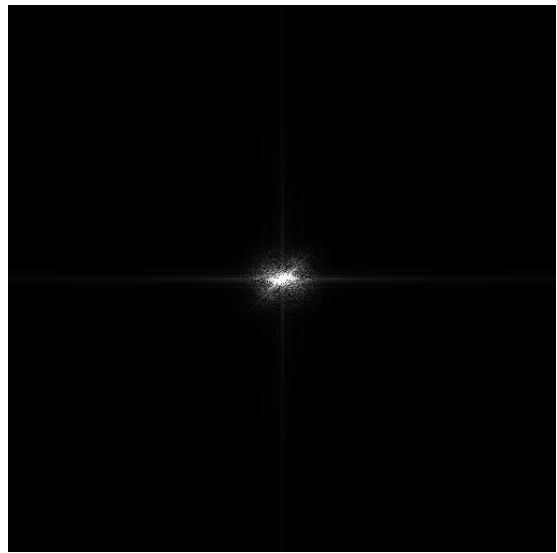
(a) 原始 Lena 圖像



(b) 原始 Lena 圖像的中心傅立葉頻譜



(c) 模糊的 Lena 圖像



(d) 模糊的 Lena 圖像的中心傅立葉頻譜

(2) 演算法(如圖四 Flow Chart)：

輸入：尺寸為 $M \times N$ 的圖像 I 。

輸出：圖像品質測量 (FM)，其中 FM 代表頻域圖像模糊度測量。

步驟 1：計算 F ，是圖像 I 的傅里葉轉換表示。

步驟 2：通過將 F 的原點移到中心而獲得的 F_c 。

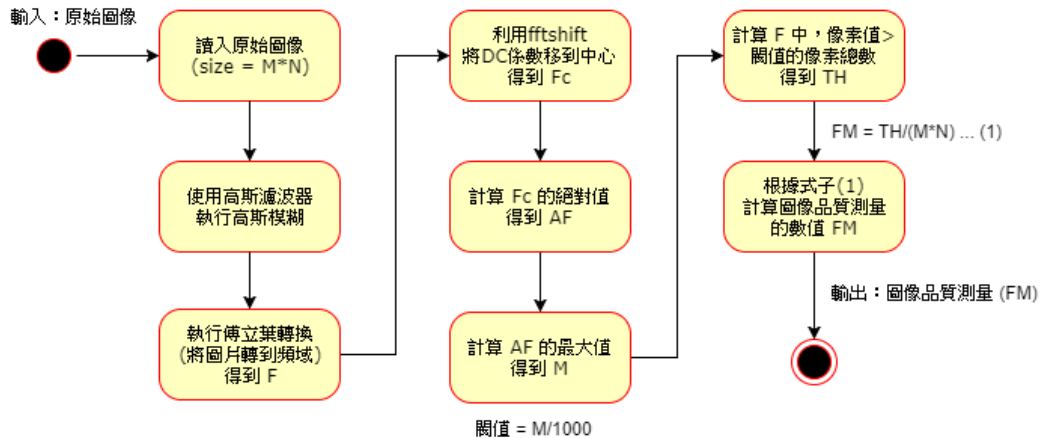
步驟 3：計算 $AF = \text{abs}(F_c)$ ，其中 AF 是 F_c 絕對值。

步驟 4：計算 $M = \max(AF)$ 其中 M 是 F 中頻率分量的最大值。

步驟 5：計算 $TH = F$ 中，像素值 > 閾值的像素總數，其中閾值 = $M / 1000$ 。

步驟 6：根據 $FM = TH / (M * N) \dots \textcircled{1}$ ，計算圖像品質測量值 (FM)。

圖四 演算法 Flow Chart



(3) 演算法結果：

圖三顯示了清晰的 Lena 圖像和模糊的 Lena 圖像的中心傅立葉頻譜，然後分別計算圖像的中心傅里葉頻譜的最大值 M 和閾值 $\text{threshold} = M / 1000$ (是固定的)。

清晰的 Lena 圖像計數 $TH = 4811$ ；模糊的 Lena 圖像計數 $TH = 1837$ ，最後使用等式 ① 計算兩個圖像的 FM 值， FM (清晰 Lena 圖像) = 0.0184 和 FM (模糊 Lena 圖像) = 0.0070。

實驗觀察到：這個特定的閾值給出了相當準確的圖像品質標準，清晰的 Lena 圖像的 FM 值遠大於模糊的 Lena 圖像。

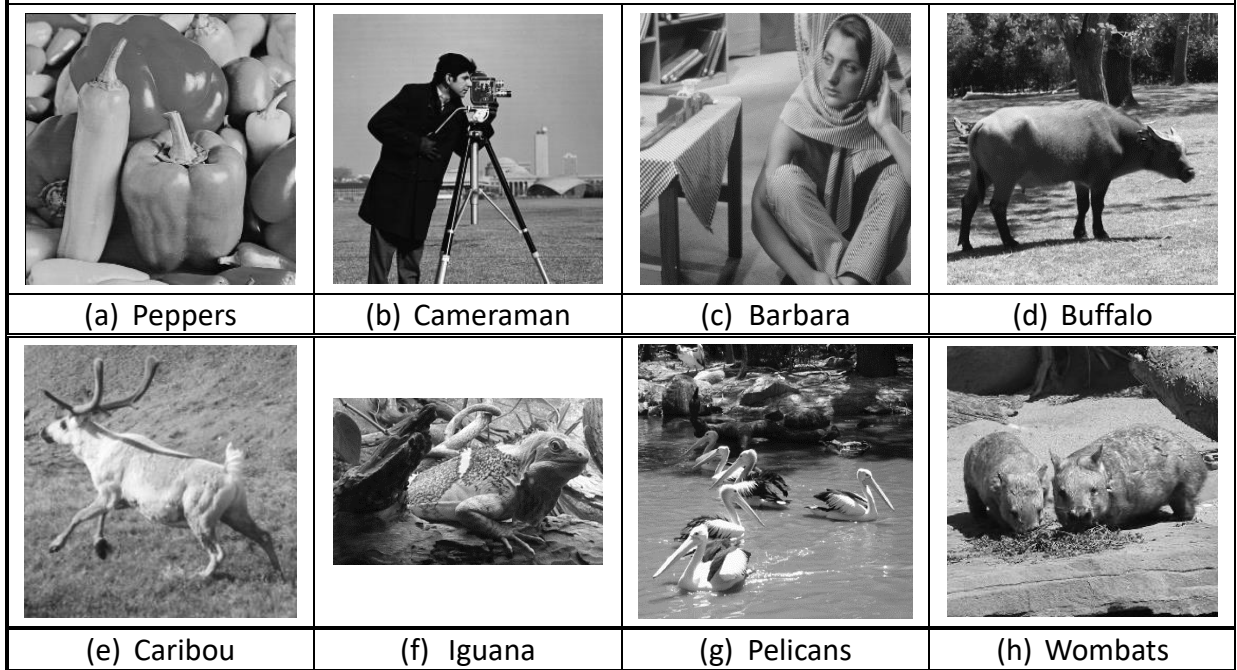
三、 結果

(1) 用高斯模糊分析

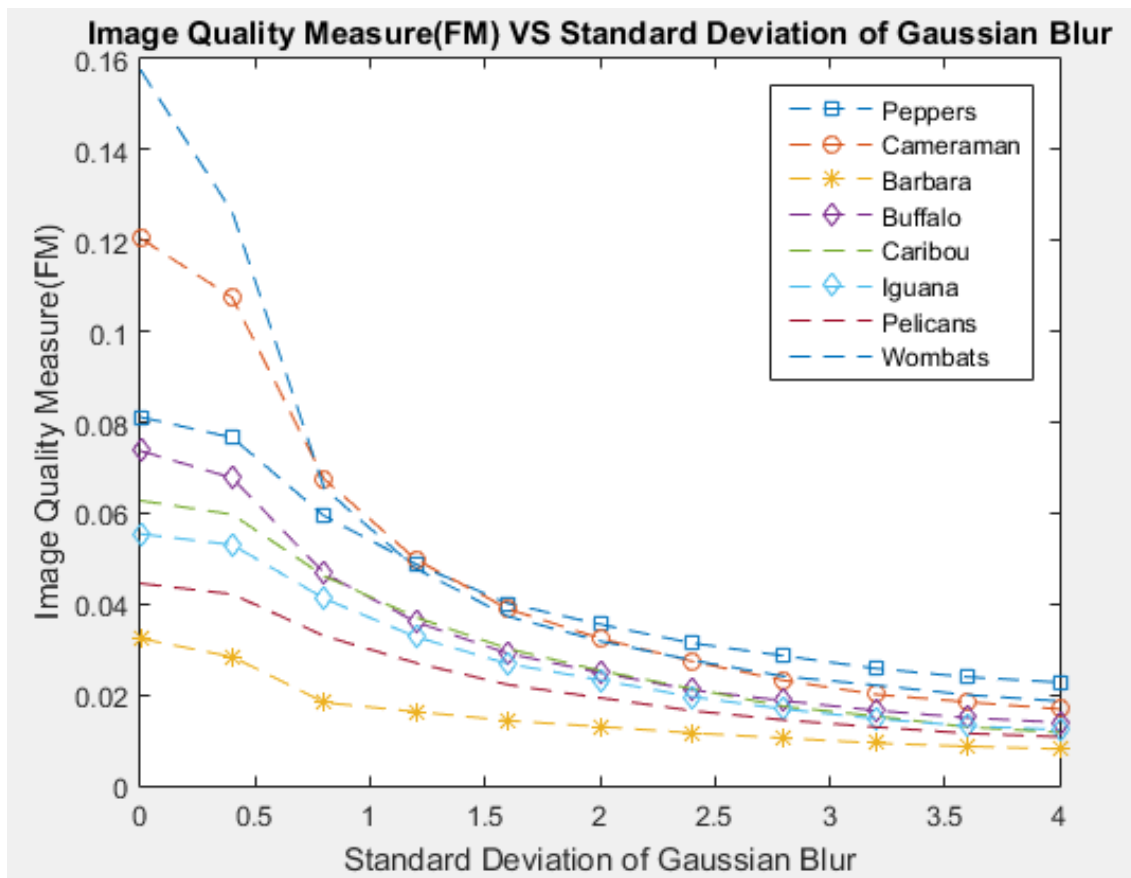
我們觀察趨勢並且將趨勢與 JNB 指標和 CPBD 指標進行比較。圖五中顯示的是我們用於分析的圖像，圖六(a) - (c)顯示了我們提出的圖像品質測量 FM 的趨勢以及 CPBD 和 JNB 測量值。

我們觀察到：高斯濾波器的標準差增加了，圖像的品質下降了，因此從圖六 (a) 中可以看出圖像品質測量 FM 減少，也可以看出我們的方法優於 JNB 和 CPBD 度量，因為當標準差越大(圖像越模糊)，CPBD 度量值就會全部接近 0；JNB 度量值則會呈現近乎水平狀態，不容易看出變化的趨勢，從圖六 (b) 和 (c) 可以看出這樣的結果。

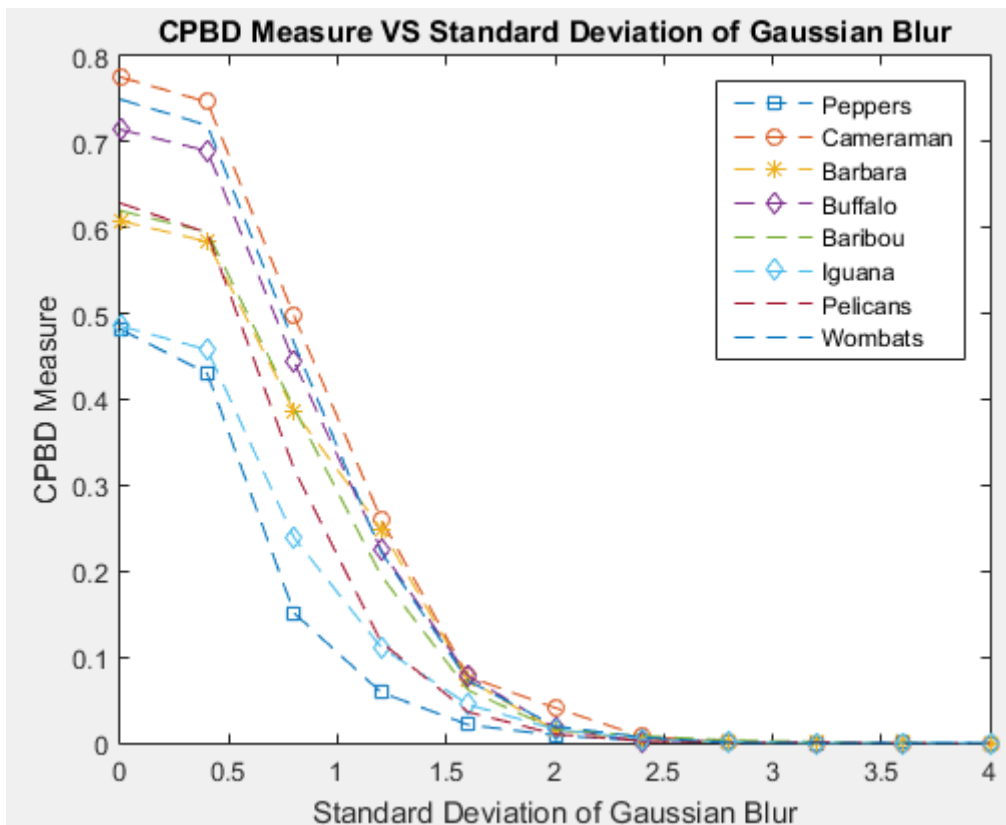
圖五 用於分析趨勢線的圖像



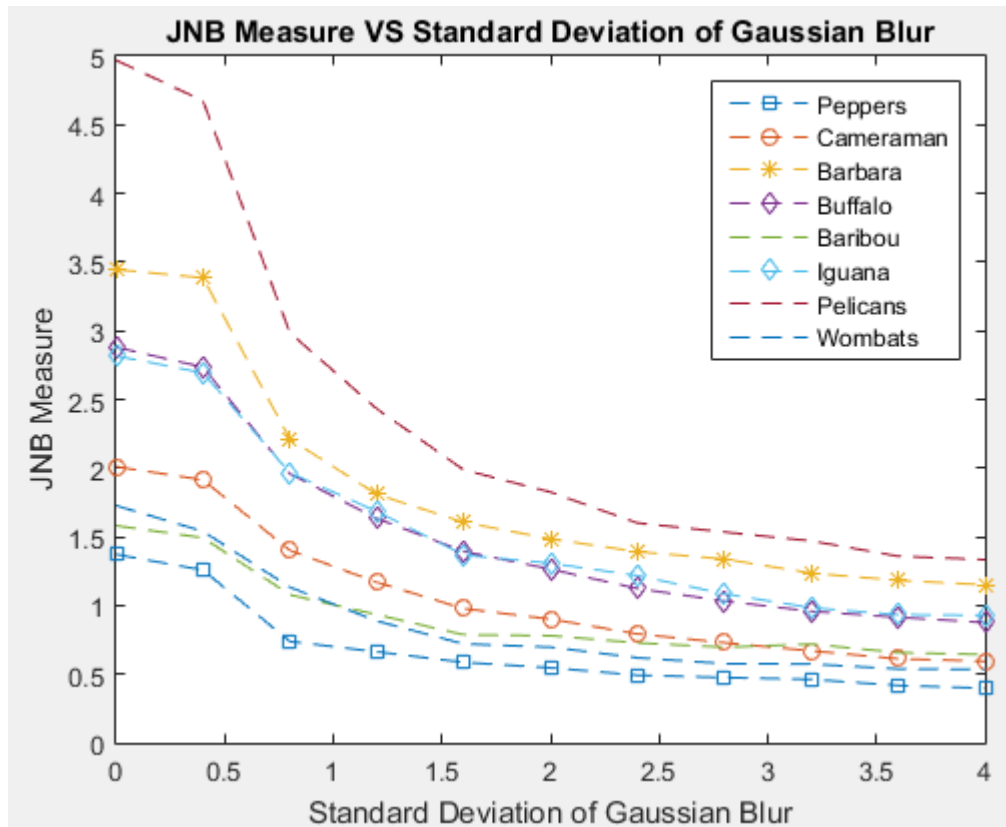
圖六 圖像品質測量 VS CPBD 度量 VS JNB 度量 (高斯模糊)



(a) 圖像品質測量(FM) VS 各種標準差的高斯模糊圖像



(b) CPBD 度量 VS 各種標準差的高斯模糊圖像



(c) JNB 度量 VS 各種標準差的高斯模糊圖像

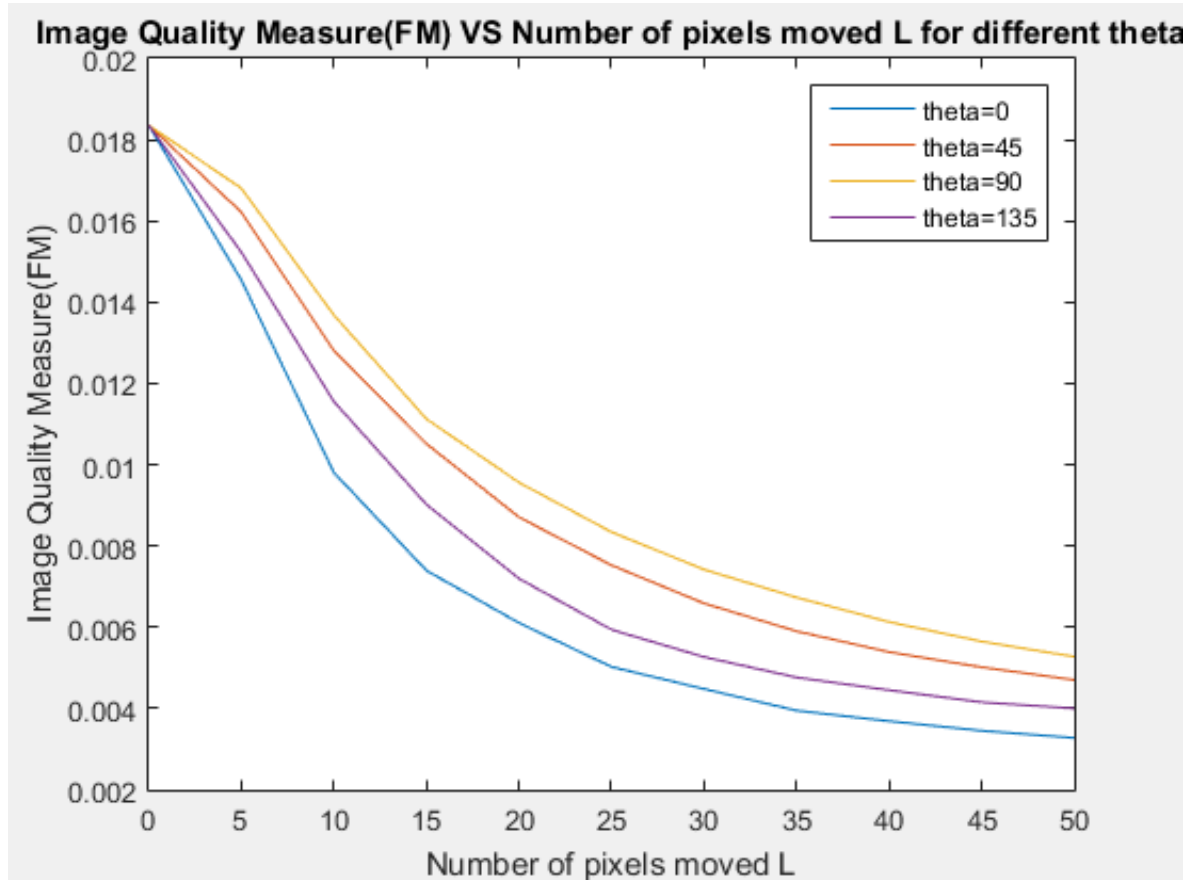
(2) 運動模糊分析

模糊的圖像也可能由相機的晃動引起，運動模糊的特點是兩個參數 L 和 θ ，其中 L 是相機具有線性運動的像素的數量， θ 是相機逆時針移動方向的角度。可以使用內置的 MATLAB 函數來獲得 H 函數，而運動模糊透過將原始圖像與 H 函數卷積(convolution)。

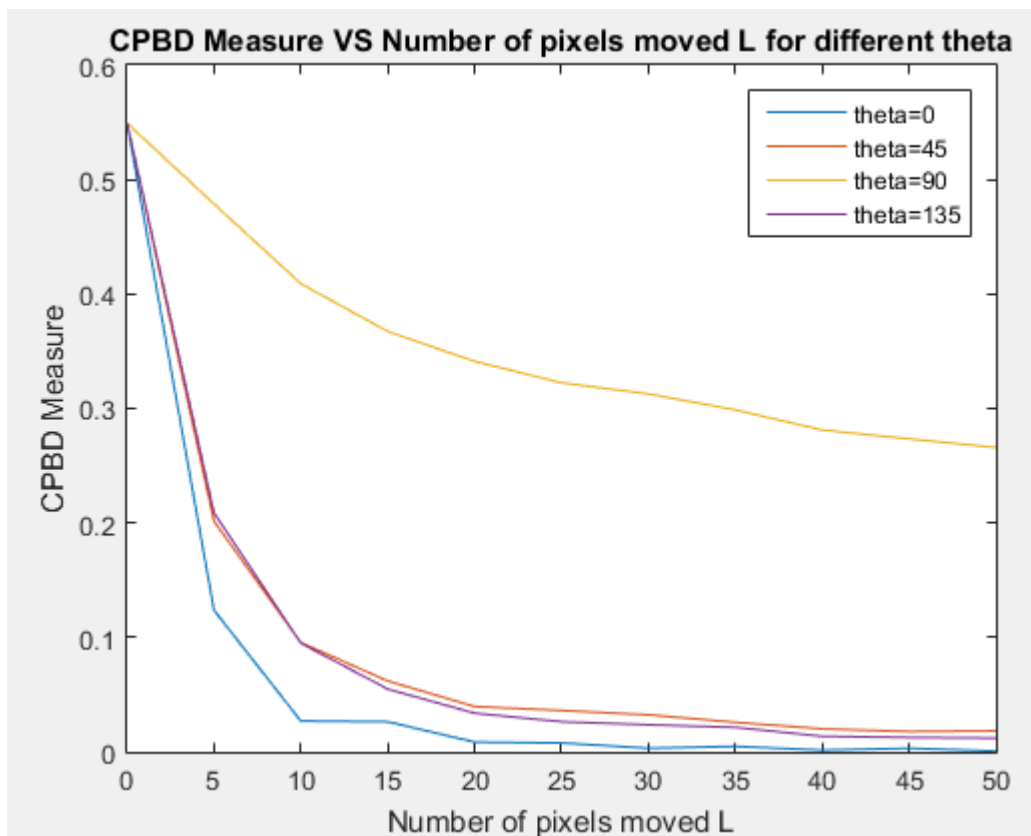
根據上述，從圖七 (a) 可以看出：對於 $\theta [0, 45, 90, 135 \text{ 度}]$ 的不同值，顯示了像素數目 L 與圖像品質測量 FM 之間的關係。我們最後觀察到：隨著 L 的值增加，圖像品質降低(圖像越模糊)，即使是面對不同的 θ 值，趨勢依然呈現平滑下降的趨勢。

從圖七 (b) 可以看出：CPBD 度量值大概也遵循著下降的趨勢，但是在某些情況下，較高的 L 值，我們卻看到圖像品質分數增加，這其實是不正確的結果；從圖七 (c) 可以看出：在某些情況下，JNB 度量值竟然隨著 L 增加呈現上升的趨勢，這些都與預期的結果不符，也間接證明我們設計的圖像品質測量有比較穩定且準確的效果。

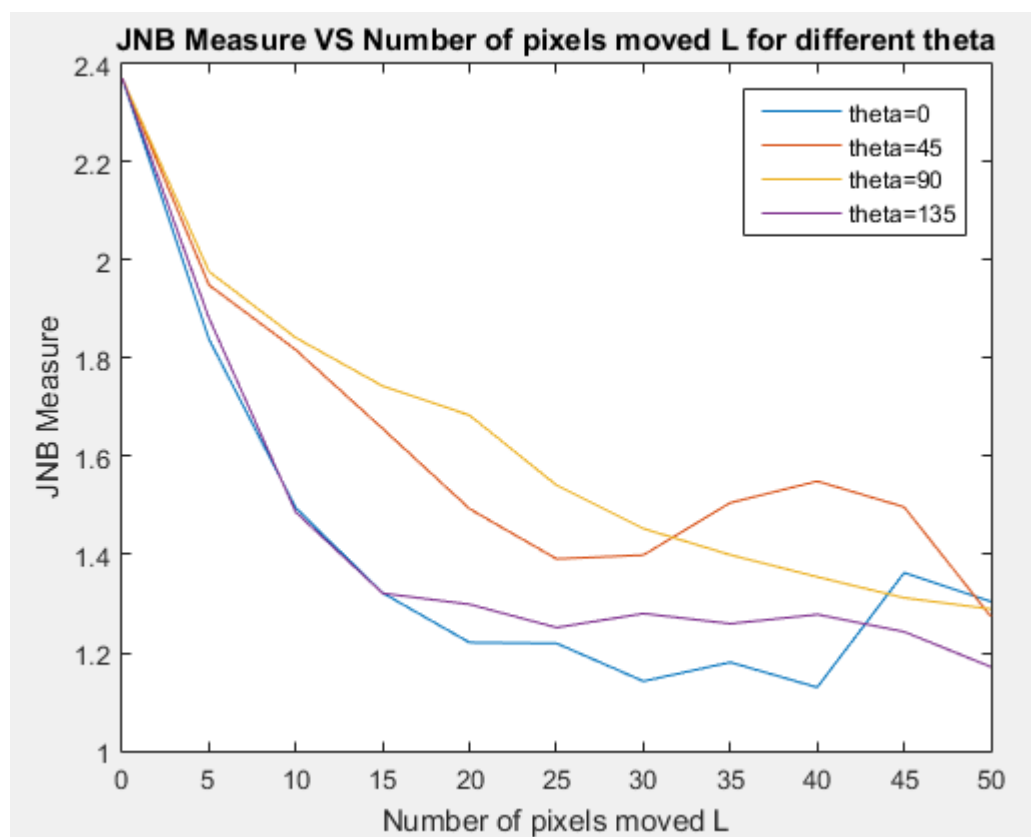
圖七 圖像品質測量 VS CPBD 度量 VS JNB 度量 (Lena 運動模糊圖像)



(a) 圖像品質測量(FM) VS 移動像素數目 L



(b) CPBD 度量 VS 移動像素數目 L



(c) JNB 度量 VS 移動像素數目 L

四、 結論

(1) 總結：

我們提出了一種新的演算法，是關於模糊圖像在頻域的無參考圖像品質測量(NR-IQM)，並且將演算法的結果與兩個最知名的圖像清晰度與模糊度量化演算法 JNB 和 CPBD 度量進行比較。

圖六 (a) 的推論是：當圖像中的模糊增加(圖像品質下降)時，圖像品質測量 FM 數值越低，也代表圖像的品質下降的越多。而這個方法優於 CPBD 和 JNB 度量的地方在於：圖像品質分數總是隨著圖像中模糊的增加而下降，但對於某些情況下的 CPBD 和 JNB 方法，如圖六 (b) 和圖六 (c) 所示，圖像品質分數卻是水平不變或是下降到 0 的。另外一個更明顯的狀況是：在模擬運動模糊時，如圖七 (b) 和圖七 (c) 所示，CPBD 和 JNB 度量其實有隨著模糊增加而上升的情況，而從圖七 (a) 可以發現：當圖像中的運動模糊增加時，圖像質量分數在所有情況下都下降，也可以說明我們提出的方法其實是比較穩定且有效的。

(2) 優缺點分析與未來延展：

優點：

可以快速地讓電腦知道：同一張圖像中，哪張比較清晰、哪張比較模糊，或許可以利用在需要圖像辨識的場合，我們可以先給電腦一張標準圖像，並讓電腦算出 FM 數值。這樣一來，如果使用者給的照片不夠清晰，電腦不必花費心思在辨識圖像的內容物，而是可以先決定這張圖像是不是符合圖像辨識的標準。

缺點：

我們的演算法只能量化出同一張圖像的模糊程度，如果是圖像受雜訊干擾，則無法辨識出來，如圖八所示。另外，我們的演算法也不能比較出不同圖像的清晰或模擬程度，如果圖像本身的高頻成分比較多，FM 數值就會比較大，反之亦然。因此，人眼或許可以馬上辨識出圖像 A 是清晰的，而圖像 B 是模糊的，但我們的演算法則一定要有一個自己的基準值，才能比較出這張圖像是不是「相對」清晰或模糊，而不是「絕對」清晰或模糊，或許可以搭配深度學習的方式，讓電腦知道圖片的基準值在哪，希望我們之後可以開發出媲美人眼的圖像模糊程度量化的技術。

圖八 圖像受雜訊干擾下，FM 數值的變化，原圖為 cameraman



(a) 原圖，FM = 0.1011



(b) 受雜訊干擾的圖，FM = 0.3698

五、 參考文獻與網址

Paper ... Image Sharpness Measure for Blurred Images in Frequency Domain

JNB 演算法 ... <http://sandyshan2006.blog.sohu.com/277893945.html>

CPBD 演算法 ... <https://github.com/jakezhaojb/CPBD-sharpness>

BM3D 演算法 ... <http://www.cs.tut.fi/~foi/GCF-BM3D/>

Matlab plot 用法 ... <https://goo.gl/6qoDPE>