

基於脈衝耦合神經網路的影像去雜訊改進方法

向錫堡

輔仁大學資訊工程學系

499085283@mail.fju.edu.tw

郭文彥

輔仁大學資訊工程學

系

wykuo@csie.fju.edu.tw

摘要

雜訊濾除往往是影像處理工作的第一步，胡椒鹽雜訊是圖像中常見的雜訊。目前已經有很多種去雜訊演算法，如 NL-Mean 均值濾波、中值濾波。儘管這些濾波器都可以對影像做雜訊濾除，但都很可能同時將影像細節也濾除，導致最後影像模糊失真。為了去除雜訊而且減少影像失真，我們使用脈衝耦合神經網路 PCNN (Pulse Coupled Neural Network) 來去除雜訊。經過 PCNN 的過濾之後，可以有效的保留圖像細節，去除雜訊。一般 PCNN 的運算，都以固定的大小的窗格來處理圖像，也把每個像素的灰度值當作神經元輸入，來計算是否為雜訊。本文將固定大小的窗格，改為動態大小。當窗格內的影像無雜訊時，改進方法會自動放大窗格的大小，來重新計算是否這樣做的效果有無雜訊。

關鍵詞：圖像去噪、脈衝耦合神經網路 PCNN (Pulse Coupled Neural Network)、雜訊檢測。

An improved image de-noise method based on pulse-coupled neural networks

Abstract

Image de-noise is the first step in image processing. Salt and pepper noises are common image noises. There are already many de-noise algorithms, such as the non local means (NL-means), mean filtering ,and median filtering. Although these filters can de-noise images, they

may reduce image details at the same time, resulting image blur and distortion. To reduce image blur and distortion after de-noising, we use pulse-coupled neural network PCNN (Pulse Coupled Neural Network) to de-noise images. PCNN can effectively remove noises and preserve image details.

PCNN generally uses a fixed pane size in image de-noise. It uses gray-scale values of pixels as input neurons to calculate whether pixels have noises. In this paper, dynamic sized panes are used instead of fixed sized panes. When there are no noises in a pane, our improved PCNN will automatically enlarge the size of the pane, to recalculate whether there are noises.

Keywords: Image De-noising, PCNN (Pulse Coupled Neural Network), detect noise.

1. 前言

在數位時代的來臨，很多圖像、照片都以數位的方式保存。但在數位保存下，仍然有機會造成圖像保存的失真，或是毀壞。例如數位相機在高 ISO 值加上昏暗不明的光線下，所造成的圖像雜訊問題。在這些問題下，出現了各種影像後製軟體，如 PhotoImpact、PhotoShop。這些應用軟體，使用濾波器來解決各種雜訊問題。不但使用各式各樣的濾波器來達到去雜訊的應用，為了減少濾波器造成的失真，也提出各種演算法優化濾波器，如均值濾波、中值濾波、高斯濾波、維納斯濾波等等。但是單純使用濾波器將圖像輸入濾波器裡去雜訊，可能會造成非雜訊的部份是失真模糊，造成去雜訊後失去圖像原有的細節。所以為了改良濾波器的效果，有各式各樣的方法被學者提出，如 NL-Mean 非區部均值濾波、或是 PCNN 類神經網路去雜訊方法，不論是那一種方法，都是希望應用在圖像失真最少，雜訊去除最多。

2. 相關研究

2.1 PCNN

Eckhorn 在 1990 年時，跟據貓的大腦視覺皮層，發現了同步脈衝的現象，整理出該現象的連接模型，在這連接模型下，Johnson 與 Eckhorn 發展出脈衝耦合網路。PCNN 主要由三個部分組成，如圖一所示。

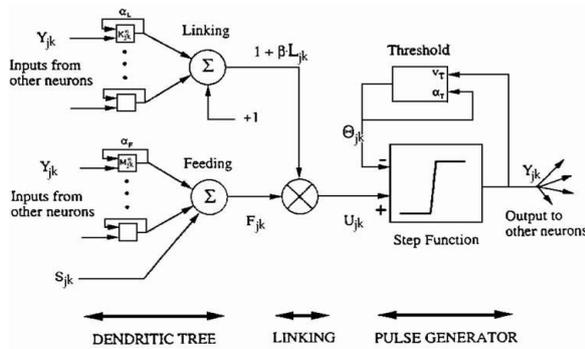


圖 1 PCNN 演算法示意圖

PCNN 是由數個神經元輸入後，互連運算出來的類神經網路，

PCNN 由主要三部分組成：

Dendritic tree：

神經元的輸入層，輸入之神經元，包含原始強度影像之像素值

Link:

給合 feeding input 與 linking input Dendritic tree 輸入像素值，經 link 計算，由 Pulse generator 決定是否觸發，其輸出影像為下次 linking input 的輸入影像。

Pulse generator:

比較門檻值 (t) 與內部能量(u)。若 $u > t$ ，則該神經元被觸發，輸出 1；若 $u < t$ ，則該神經元不觸發。輸出 0。

2.2 PCNN 去雜訊方法

在正常情況下，有雜訊的像素點的灰度值與周圍像素點的灰度值是有不同的差別。所以，有雜訊的像素，和其他附近的無雜訊像素，對應的神經元，輸出到 PCNN，結果是不同的。舉例來說，在一個九宮格裡，輸入 PCNN 運算後，只有某個神經元脈衝，其他周圍的神經元無脈衝。表示此神經元的灰度值比其他相鄰神經元高，是有雜訊的神經元，依此判斷是否有雜訊，當有雜訊時，就做去雜訊處理，如圖 2 所示

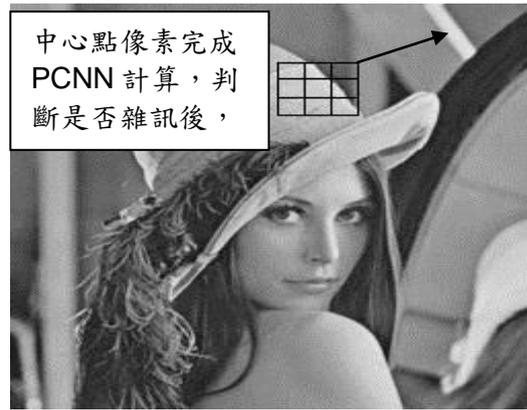


圖 2 PCNN 3x3 偵測

圖 2 表示計算 PCNN 判斷九宮格內的像素是否為雜訊，判斷完成後，再往另一邊滑動偵測雜訊。

2.3 側抑制

視網膜是由許多小的神經細胞所組成的，它們在視網膜上是排成陣列，而且也是光的感受器。而如果視網膜上某個神經細胞一直接受刺激，例如光照，那再去刺激周邊的神經細胞，會發現周圍的神經細胞反應會減弱，此現象稱為側抑制。利用這種方法，側抑制能增強反差，強化圖像邊緣。以下是側抑制原理的說明與圖例：

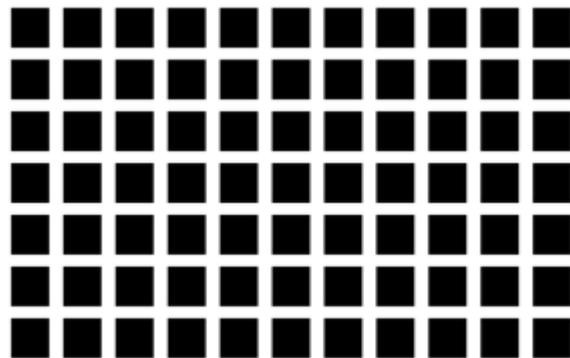


圖 3 Hermann 圖例

這個圖例，可以反應出側抑制的作用，當你看著這個圖，突然一看，會發現交叉處有像灰點的地方，再讓眼睛休息一下，再回來仔細看，會發現，交叉處的灰點並不存在。原因就是側抑制的關係，原本這兩種顏色的明暗度一樣的，可是旁邊的區域因為各是黑白，一白一黑，造成了見白的視網膜神經細胞受到了抑制，最後使交叉處看起來暗了點，所以讓人有錯覺看到灰點。本篇論文在使用 PCNN 過濾雜訊後，再應用此方法來增強圖像。

3. PCNN 去雜訊改進

在前面，介紹了 PCNN 基本原理與去雜訊方法。本章將介紹 PCNN 去雜訊的方法的改進。PCNN 的檢測雜訊方法，是以 3x3 的九宮格，當作偵測範圍輸入神經元，檢測這區塊是否有雜訊。但是這種檢測雜訊方法，有其缺點，在 3x3 的範圍裡，因為神經元輸入的少，使比較低強度的雜訊難以判斷。但是以原本 PCNN 方法加到 7X7 範圍或是更大的範圍神經元輸入，偵測範圍過度太大是很耗效能。所以要在這之間取得平衡，本文提出改進方法：在一般狀況下，依然以 3x3 的九宮格偵測雜訊，若無偵測到雜訊，自動加大偵測範圍 5x5 的大小。

3.1 PCNN 改造方法

在一般狀況下，依然以 3x3 的九宮格偵測雜訊。若無脈衝，動態自動加大偵測的範圍，但只增兩格，也就是 5x5 的範圍，看是否是雜訊。不去無限放大輸入神經元的偵測範圍，造成計算效能低落。

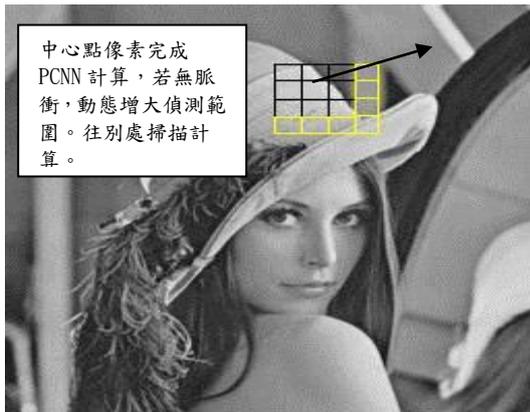


圖 4 本文 PCNN 新方法

圖 4 說明本論文方法，仍然一開始是原 PCNN 計算雜訊方法，計算 3X3 九宮格範圍，看是否有無脈衝。若判斷有雜訊，就去除雜訊。如果沒有脈衝，將自動增大偵測範圍，輸入更多神經元，再次判斷是否脈衝，若有脈衝，表示是有較低強度的雜訊，我們將雜訊去除。如此反覆的計算，將整個圖像計算去除雜訊。

3.2 PCNN 改造方法-新增各別計算

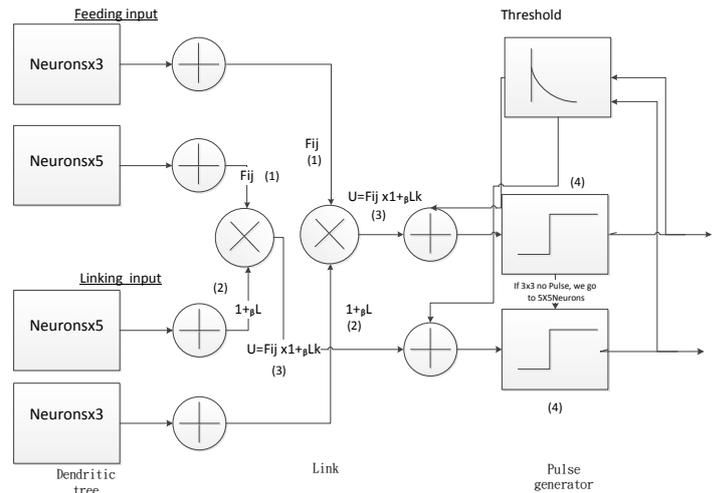


圖 5 神經元輸入改造圖

圖 5 為神經元輸入改造圖，我們開始改造的第一步，先將原本輸入的神經元 3X3 範圍，增加獨立的 F_{ij} 輸入的神經元為 5X5 範圍，如圖 4 的 Dendritic tree 部分。第二步，把 Link 部分一樣另外獨立出來一個 L，專為 5X5 輸入計算使用，圖 4 的 Link 部分。第三步，在 3X3 PCNN 計算後，若無產生脈衝，也就是無雜訊，流程轉到 5x5 的結果，再度判斷是否脈衝。若有脈衝，便是雜訊。

在去雜訊完成之後，直接輸入處理後的圖像，利用側抑制的效果，加強邊緣，使得圖像在視覺上失真更少。

4. PCNN 實驗與分析

本篇實驗將用不同的濾波器與本篇提出的改進 PCNN 去雜訊方法，實驗比較去雜訊能力。本章使用四種濾波器實驗去雜訊方法，這四個程式分別為：

- 原始 PCNN
- NL-Mean filter
- 本篇改造型 PCNN
- Mean filter

檢查圖像失真程度的工具為：PSNR 值，實驗圖像：我們以 256x256 的 8 位元 Lena 灰階圖。實驗環境：本系統的電腦實驗環境：Intel Core i5-2476M 2.40GHz、RAM 2.00GB 的個人電腦。作業系統：windows 7，開發軟體：Matlab 7.0。實驗用雜訊：胡椒鹽雜訊、高斯雜訊。雜訊強度為圖像的像素標準差。

4.1 實驗與分析- Lena 加胡椒鹽雜訊

圖 6 到圖 11 是本篇 PCNN 實驗的結果。我們將 Lena 加上胡椒鹽雜訊後去雜訊的實驗分析，提出幾個明顯差別的圖片結果，以及 PSNR 數值結果，在以下說明。

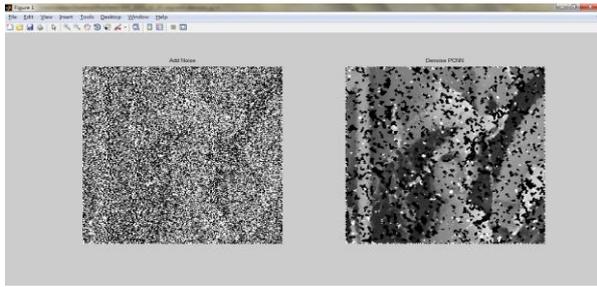


圖 6 Lena 雜訊強度 0.7 +改進型 PCNN 去雜訊

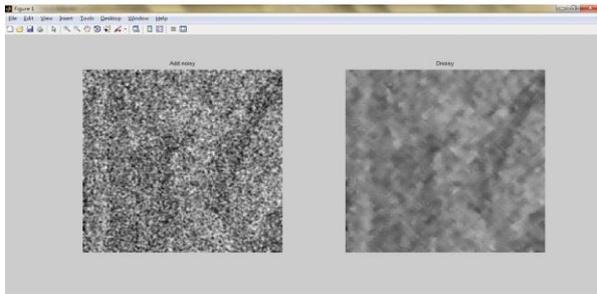


圖 7 Lena 雜訊強度 0.7 + NL-Mean 去胡椒鹽雜訊

比較圖 6 與圖 7 可以明顯看出，NL-Mean 對於胡椒鹽的雜訊去除效果不佳，會使圖片整個模糊化。視覺結果上圖 6 較圖 7 來得清楚，但是 PSNR 值是圖 7 贏過圖 6。下面是改進型的 PCNN 與原始 PCNN 去胡椒鹽雜訊比較圖片。

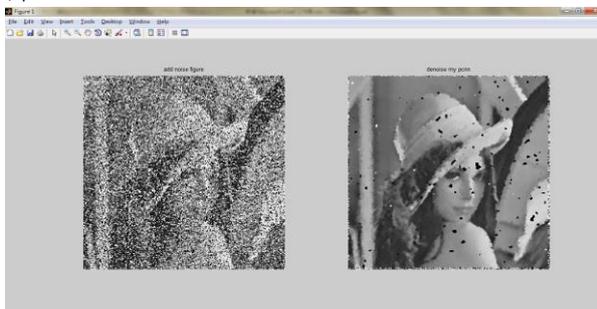


圖 8 Lena 雜訊強度 0.6+ 改進型 PCNN 去胡椒鹽雜訊

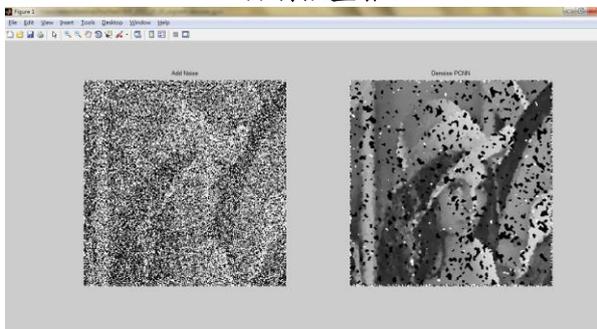


圖 9 Lena 雜訊強度 0.6+ 原始 PCNN 去胡椒鹽雜訊

這裡可以注意圖 8 與圖 9 Lena 的肩部，圖 8 中，明顯去掉較多胡椒鹽雜訊，在 PSNR 值上

優於原始 PCNN。

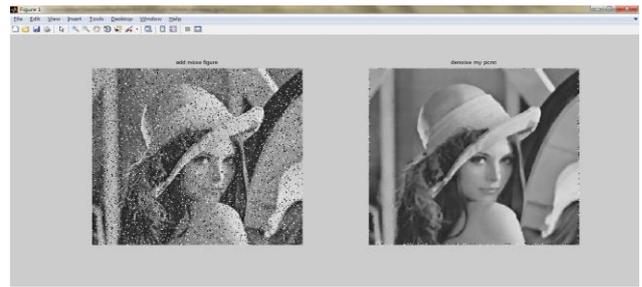


圖 10 Lena 雜訊強度 0.1+改進型 PCNN 去雜訊

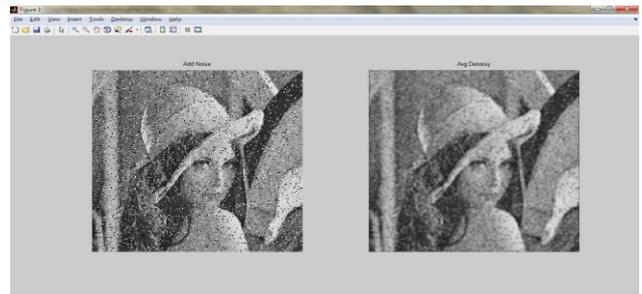


圖 11 Lena 雜訊強度 0.1+Mean Filter

圖 10 與圖 11 明顯可以比較出，改進型 PCNN 去雜訊的程度優於 Mean Filter

表 1 去除胡椒鹽雜訊結果分析

胡椒鹽雜訊強度	my-PCNN	PCNN	NL-Mean	Mean
0.1	27.5332	26.1432	23.4096	23.0582
0.2	25.3897	24.3897	20.548	20.4097
0.3	23.5112	23.2112	18.728	18.6059
0.4	21.0591	20.2501	17.2721	17.2445
0.5	20.659	20.159	16.0636	16.9807
0.6	16.5455	15.37	15.0163	15.0047
0.7	11.6154	10.4331	14.0885	10.2565

實驗結果，本篇的改進 PCNN 在較低雜訊強度下，和原始 PCNN 相較起來，並無差異太大。但在強度較高的雜訊下，本篇改進型的 PCNN 有較好的表現。從 PSNR 數值和實驗結果的圖像來比較後，可以看出改進的效果。再從表 1 中 PSNR 值來看，NL-Mean 在高強度下的去雜訊能力排名第一。雖然 PSNR 值較

好，但是在視覺上的比較，其實視覺效果並無比改進的 PCNN 好。

4.2 實驗與分析- Lena 加高斯雜訊

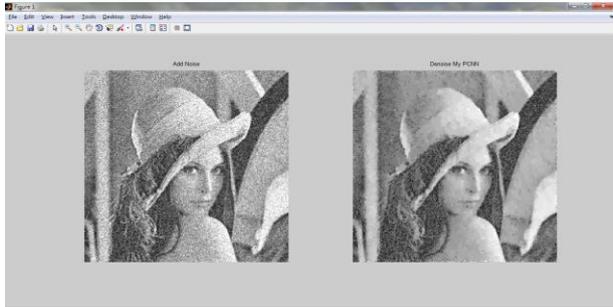


圖 12 Lena 雜訊強度 0.1 + 改進型 PCNN 去高斯雜訊

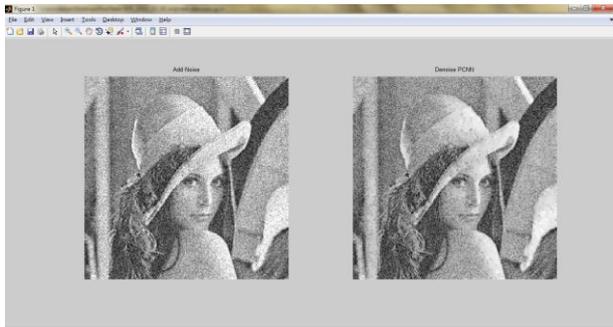


圖 13 Lena 雜訊強度 0.1 + PCNN 去高斯雜訊

在去高斯雜訊的實驗結果中，改進型的 PCNN，在以下的圖片結果中，就有明顯的差異，圖 12 去高斯雜訊的效果明顯比圖 13 來的好。

表 2 去除高斯雜訊結果分析

高斯雜訊強度	my-PCNN [Ⓔ]	PCNN [Ⓔ]	NL-Mean [Ⓔ]	Mean [Ⓔ]
0.1 [Ⓔ]	19.319 [Ⓔ]	18.1299 [Ⓔ]	19.2833 [Ⓔ]	19.2571 [Ⓔ]
0.2 [Ⓔ]	14.1404 [Ⓔ]	13.9669 [Ⓔ]	13.9484 [Ⓔ]	14.0371 [Ⓔ]
0.3 [Ⓔ]	10.8662 [Ⓔ]	10.7907 [Ⓔ]	10.7708 [Ⓔ]	10.8437 [Ⓔ]
0.4 [Ⓔ]	8.6671 [Ⓔ]	8.4528 [Ⓔ]	8.5893 [Ⓔ]	8.5397 [Ⓔ]
0.5 [Ⓔ]	7.232 [Ⓔ]	7.0228 [Ⓔ]	7.3351 [Ⓔ]	7.2201 [Ⓔ]
0.6 [Ⓔ]	6.2288 [Ⓔ]	6.1265 [Ⓔ]	6.4117 [Ⓔ]	6.1549 [Ⓔ]
0.7 [Ⓔ]	5.588 [Ⓔ]	5.5695 [Ⓔ]	5.8203 [Ⓔ]	5.4679 [Ⓔ]

在高斯雜訊的去除表現上，本篇改進的 PCNN，在低強度高斯雜訊下，與原始的 PCNN 去雜訊能力相較之下，有較好的去雜訊表現。

但是在高強度的高斯雜訊下面，NL-Mean 的 PSNR 值表現比較好。可是從視覺上來看圖片和胡椒鹽雜訊的結果一樣，本篇的效果較好。

4.3 整體分析

圖 13 為胡椒鹽雜訊整體分析圖表。本篇改進型的 PCNN 在去胡椒鹽雜訊整體去雜訊能力略優於原始 PCNN 去雜訊表現效果。而 NL-Mean 在整體比較上，略輸 PCNN。但是上節的結果裡，在最後高強度的高斯雜訊下的 PSNR 數值上，有著優異的表現。

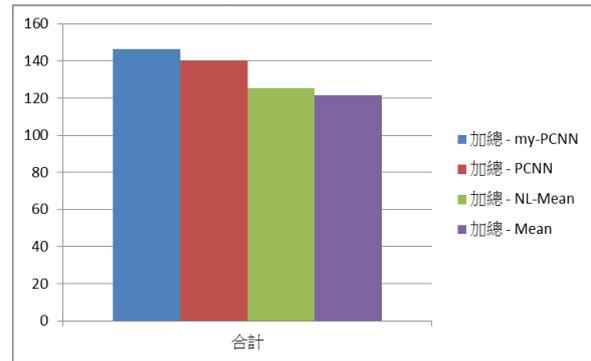


圖 14 去除胡椒鹽雜訊圖表分析

NL-Mean 的結果，代表其去雜訊能力不穩定。所以在 0.7 高強度雜訊下的 PSNR 值，其他濾波器 PSNR 值約都在 10 點多，但 NL-Mean 的 PSNR 值能到 14.0885，大幅勝出其他濾波器。但是總體而言在去胡椒鹽雜訊的能力上，不論是 PCNN、或是改造的 PCNN 還是優於 NL-Mean。

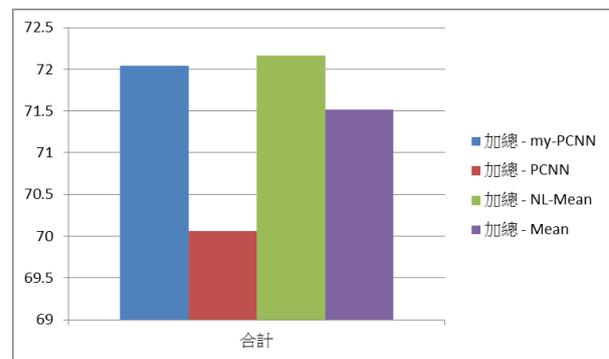


圖 15 去除高斯雜訊圖表分析

從圖 15 來看，原 PCNN 在去除高斯雜訊的 PSNR 值並不會效果很好，但本篇改造型的在高斯雜訊去除的 PSNR 值，明顯高於原始 PCNN 很多。

5. 結論與未來工作

5.1 研究結論

本篇研究實驗，改進了 PCNN 去雜訊演算法，增加自動偵測範圍判斷以及影像增強的側抑制。實驗證明改進的 PCNN 演算法，在去除

高斯雜訊與胡椒鹽雜訊，所得的 PSNR 值與視覺效果都優於原始 PCNN 去雜訊的演算法。

5.2 未來研究方向

影像去雜訊的演算法趨於成熟，本篇改進 PCNN 去雜訊演算法與原始 PCNN 演算法比較之下，只增強一點效益。未來可以朝以下方向改進，希望會有更大的改善。加入其他影像處理的演算法，在去雜訊後的影像處理，把失真的影像加強處理。隨著未來硬體發展加快，當電腦效能更快時，可以加入更多不同類型的去雜訊的濾波器，結合 PCNN 判斷去雜訊，找出更好的去雜訊方法。提出更好的直接改進 PCNN 去雜訊處理演算法，去除雜訊增加效能。

參考文獻

- [1] Eckhorn R.Feature, “linking via synchronization among distributed assemblies”, simulation of results from cat cortex. Neural Computation, 1990, 2 (3): 293-307.
- [2] Johnson J L, “Padgett M L.PCNN models and applications”, IEEE Trans on Neural Networks, 1999, 10 (3): 480-498.
- [3] Jean-Michel Morel, “A non-local algorithm for image denoising”, IEEE Computer Society Conference, 2005, 60 – 65 vol. 2.
- [4] Minakshi Kumar, “Digital Image Processing”, Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology, July 2003, 3rd ed. Chapter 3 Chapter 5f.
- [5] 張軍英, 盧志軍, 石林, 等.[基於脈衝耦合神經網路的椒鹽雜訊圖像濾波], 中國科學 E 輯: 資訊科學, 2004, 34 (8): 882-894。
- [6] 劉遠民, 秦世引.[一種新的基於 PCNN 的自我調整強去噪方法], 北京航空航太大學學報, 2009, 35 (1): 108-112。
- [7] 顧曉東, 郭仕德, 餘道衡.[一種基於 PCNN 的圖像去噪新方法], 電子與資訊學報, 2002, 24 (10): 1304-1309。
- [8] 王紅梅, 李言俊, 張科.[一種改進型椒鹽雜訊濾波演算法], 光電子鐳射, 2007, 18 (1): 113-116。
- [9] 馬義德, 李廉, 綻琨, 等.[脈衝耦合神經網路與數位影像處理], 北京: 科學出版社, 2008。
- [10] 李保磊, 楊民, 李俊江.[基於改進 NL - means 演算法的顯微 CT 圖像降噪], 北京航空航太大學, 機械工程及自動化學院, 北京 100191
- [11] 梁爽.[基於生物側抑制機制的神經網路模型研究], 南京航太大學, 2010, Q811:TP183。
- [12] 鄒文潔.[基於 PCNN 神經網路的圖像去噪演算法研究], 電腦模擬, 2008, 25 (8): 234-237。
- [13] 姜殿龍, 趙峙江, 張翠翠.[基於簡化型 PCNN 的圖像混合雜訊濾波方法], 哈爾濱工程大學資訊與通信學院, 黑龍江哈爾濱 150001。