

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TẬP ĐOÀN BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG VIỆT NAM

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



TRẦN NGỌC TÚ

**ỨNG DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI WAVELET
TRONG XỬ LÝ ẢNH**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2010

NỘI DUNG

Chương 1. Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh và một số phương pháp xử lý nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh.

Chương 2. Nghiên cứu phép biến đổi Wavelet và các ứng dụng của nó trong giảm nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh

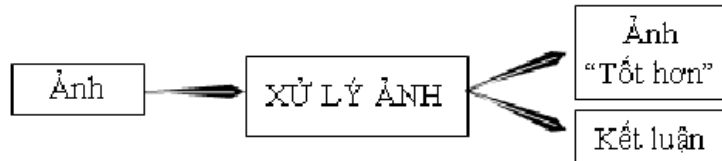
Chương 3. Kết quả mô phỏng

Kết luận

Chương I. Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh và một số phương pháp xử lý nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh.

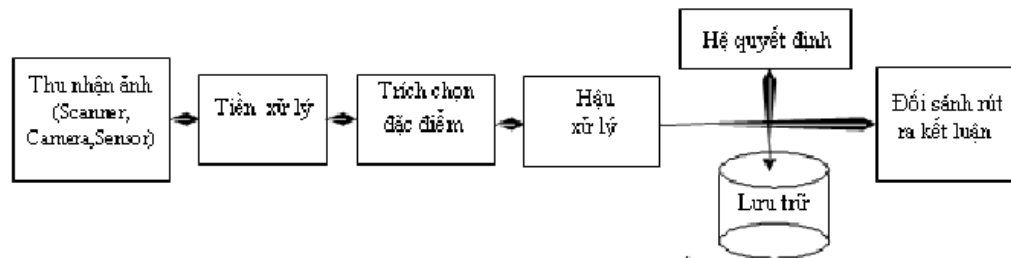
1.1 Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh

1.1.1 Xử lý ảnh, các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh



Hình 1.1. Quá trình xử lý ảnh.

- Sơ đồ tổng quát của một hệ thống xử lý ảnh:



Hình 1.2. Các bước cơ bản trong một hệ thống xử lý ảnh.

- Các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh

- + *Nắn chỉnh biến dạng.*
- + *Khử nhiễu*
- + *Chỉnh mức xám.*
- + *Trích chọn đặc điểm.*
- + *Nhận dạng .*
- + *Nén ảnh.*

1.1.2. Thu nhận và biểu diễn ảnh

- Thu nhận, các thiết bị thu nhận ảnh

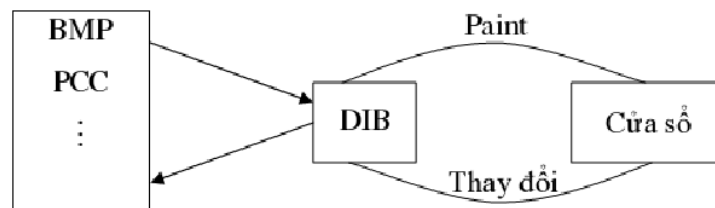
Các thiết bị thu nhận ảnh bao gồm camera, scanner các thiết bị thu nhận này có thể cho ảnh đen trắng.

- Biểu diễn ảnh

Các ảnh thường được biểu diễn theo 2 mô hình cơ bản.

+ Mô hình Raster

Quy trình chung để hiển thị ảnh Raster thông qua DIB



Hình 1.4. Quá trình hiển thị và chỉnh sửa, lưu trữ ảnh thông qua DIB.

+ *Mô hình Vector:*

Trong mô hình vector người ta sử dụng hướng giữa các vector của điểm ảnh lân cận để mã hoá và tái tạo hình ảnh ban đầu ảnh vector được thu nhận trực tiếp từ các thiết bị số hoá như Digital hoặc được chuyển đổi từ ảnh Raster thông qua các chương trình số hoá



Hình 1.5. Sự chuyển đổi giữa các mô hình biểu diễn ảnh.

1.2. Một số phương pháp xử lý nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh.

1.2.1 Các kỹ thuật tăng cường ảnh

* Cải thiện ảnh dùng toán tử điểm

- *Tăng độ tương phản (Stretching Contrast)*
- *Tách nhiễu và phân ngưỡng*
- *Biến đổi âm bản*
- *Cắt theo mức*
- *Trích chọn bit*
- *Trừ ảnh*
- *Nén dải độ sáng*
- *Mô hình hoá và biến đổi lược đồ xám*

* Toán tử không gian

- *Làm trơn ảnh bằng lọc tuyến tính*
 - + *Lọc trung bình không gian*
 - + *Lọc thông thấp*
 - + *Lọc đồng hình*
- *Làm trơn nhiễu bằng lọc phi tuyến*
 - + *Lọc trung vị*
 - + *Lọc ngoài (Outlier Filter)*
- *Mặt nạ gờ sai phân và làm nhẵn*
- *Khuếch đại và nội suy ảnh*
 - + *Phương pháp lặp*

+ Phương pháp nội suy tuyến tính

* Một số kỹ thuật cải thiện ảnh nhị phân

- Dẫn ảnh

- Co ảnh

1.2.2 Khôi phục ảnh

Là phục hồi lại ảnh gốc so với ảnh ghi được đã bị biến dạng. Nói cách khác, khôi phục ảnh là các kỹ thuật cải thiện chất lượng những ảnh ghi đảm bảo gần được như ảnh thật khi ảnh bị méo.

Các nguyên nhân biến dạng thường do:

- Do camera, đầu thu ảnh chất lượng kém.
- Do môi trường, ánh sáng, hiện trường (scene), khí quyển, nhiễu xung.
- Do chất lượng.

Mô hình chung:

$$v(m,n) = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} u(m,n)h(m-k,n-l) + \eta(m,n) \quad (1.49)$$

trong đó:

$u(m,n)$ là ảnh gốc; $m \in [0, M-1]$; $n \in [0, N-1]$

$v(m,n)$ là ảnh ghi được;

$h(m-k, n-l)$ hàm đáp ứng xung hai chiều; $k \in [0, N-1]$, $l \in [0, M-1]$

Các kỹ thuật khôi phục ảnh:

+ Mô hình khôi phục ảnh có: mô hình tạo ảnh, mô hình gây nhiễu, mô hình quan sát.

+ Lọc tuyến tính có: lọc ngược, đáp ứng xung, lọc hữu hạn FIR.

+ Các kỹ thuật khác: Entropy cực đại, mô hình Bayes, giải chấp.

* Các mô hình quan sát và tạo ảnh

- Mô hình quan sát ảnh.

- Mô hình nhiễu.

Mô hình nhiễu là mô hình tổng quát. Trong hệ thống cụ thể như quang điện, mô hình nhiễu gây biến dạng được biểu diễn cụ thể như sau:

$$\eta(m,n) = \sqrt{g(m,n)}\eta_1(m,n) + \eta_2(m,n) \quad (1.54)$$

Trong đó $\eta(m,n)$ là nhiễu phụ thuộc thiết bị, ở đó xảy ra việc truyền điện tử ngẫu nhiên.

* Kỹ thuật lọc tuyến tính

- Kỹ thuật lọc ngược

- Lọc giả ngược

- *Lọc Wiener*
- *Lọc Wiener và đáp ứng xung hữu hạn FIR*
- *Kỹ thuật làm trơn Spline và nội suy*
- * Kỹ thuật lọc phi tuyến trong khôi phục ảnh
 - *Lọc nhiễu đốm*
 - *Kỹ thuật Entropy cực đại*
 - *Phương pháp Bayesian*

Tóm tắt

Chương 1 đã trình bày lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh như các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh, phương pháp thu nhận và biểu diễn ảnh; Một số phương pháp xử lý nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh như cải thiện ảnh dùng toán tử điểm, toán tử không gian và các kỹ thuật phục hồi ảnh.

Chương 2. Nghiên cứu phép biến đổi Wavelet và các ứng dụng của nó trong giảm nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh

2.1. Biến đổi Wavelet

2.1.1. Biến đổi Wavelet liên tục (CWT)

2.1.1.2 Phép biến đổi wavelet thuận

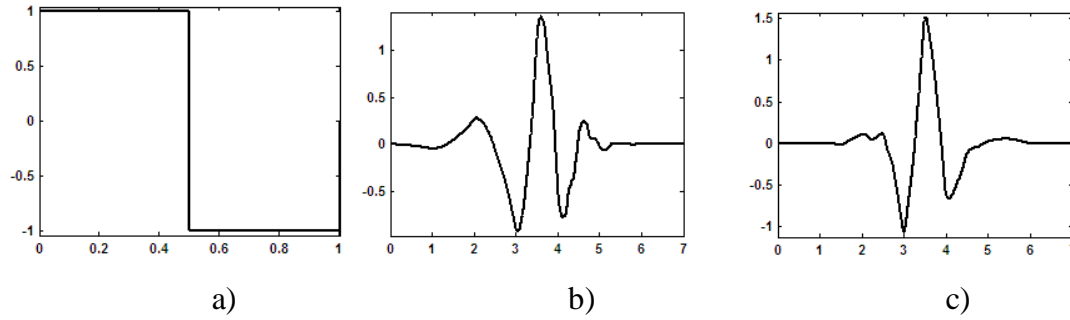
Gọi $f(x)$ là tín hiệu 1-D, phép biến đổi wavelet liên tục của $f(x)$ sử dụng hàm wavelet ψ_0 được biểu diễn bởi:

$$W(s, b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \psi_0^* \left(\frac{x-b}{s} \right) dx \quad (2.1)$$

trong đó:

- $W(s, b)$ là hệ số biến đổi wavelet liên tục của $f(x)$, với s là tỉ lệ (nghịch đảo của tần số) và b là dịch chuyển đặt trung vị trí.
- ψ_0^* là hàm liên hiệp phức của wavelet ψ_0 được gọi là hàm wavelet phân tích.

Phương trình (2.1) cho thấy, phép biến đổi wavelet là một ánh xạ chuyển từ hàm một biến $f(x)$ thành hàm $W(s, b)$ phụ thuộc hai biến số là biến tỉ lệ s và biến dịch chuyển b . Hệ số chuẩn hóa $1/\sqrt{s}$ trong (2.1) đảm bảo cho sự chuẩn hóa sóng wavelet với các tỉ lệ phân tích s khác nhau $\|\psi_{0(s, b)}\| = \|\psi_0\|$.



a) Wavelet Harr, b) Wavelet Daubechies 4, c) Wavelet Synlets 4

Hình 2.1: Ba dạng hàm wavelet

2.1.1.3 Các tính chất của hàm wavelet

- Tính chất sóng
- Đặc trưng về năng lượng

2.1.1.4 Biểu diễn các hệ số wavelet

Có hai cách biểu diễn các hệ số wavelet. Thứ nhất, biểu diễn các hệ số wavelet $W(s, b)$ trong hệ tọa độ ba trục vuông góc (x, y, z) với trục x biểu diễn tham số dịch chuyển (vị trí) b , trục y biểu diễn tham số tỉ lệ (là nghịch đảo tần số) s và trục thẳng đứng z biểu diễn hệ số wavelet W . Thứ hai, biểu diễn các hệ số $W(s, b)$ trong mặt phẳng không gian – tỉ lệ (x, s) (gọi là tỉ lệ đồ) ở dạng các đường đẳng trị hay ở dạng ảnh; cách biểu diễn này thông dụng trong xử lý ảnh.

2.1.1.5 Phép biến đổi wavelet nghịch

Nếu phép biến đổi wavelet thuận có dạng (2.1) thì phép biến đổi wavelet nghịch có dạng:

$$f(x) = \frac{1}{c_g} \int_{-\infty}^{\infty} db \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{s} W(s, b) \psi_0\left(\frac{x-b}{s}\right) ds \quad (2.7)$$

trong đó:

- c_g là hằng số phụ thuộc vào hàm wavelet được sử dụng.

Công thức (2.7) cho phép khôi phục lại tín hiệu nguyên thủy từ các hệ số biến đổi wavelet bằng phép tính tích phân theo toàn bộ các tham số tỉ lệ s và dịch chuyển b . Trong (2.7), hàm wavelet ψ_0 được sử dụng thay cho hàm liên hiệp phức của nó trong biểu thức (1.1).

2.1.2.6 Phép biến đổi wavelet liên tục hai chiều và nhiều chiều

Phép biến đổi wavelet 2-D được cho bởi phương trình:

$$W(s, B) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{\infty} f(R) \psi_0^*\left(\frac{R-B}{s}\right) dR \quad (2.9)$$

trong đó :

- $R(x_1, x_2)$ là vectơ tọa độ gồm hai thành phần là x_1 và x_2 thỏa hệ thức:

$$R^2 = x_1^2 + x_2^2$$

- B (b1, b2) là véctơ vị trí, có hai thành phần thỏa hệ thức: $B^2 = b_1^2 + b_2^2$

Hệ số (1/s) để chuẩn hóa năng lượng của sóng wavelet 2-D, được suy ra từ trường hợp 1-D. Tín hiệu f(R) là hàm theo hai biến không gian là x_1 và x_2 .

Phép biến đổi wavelet nghịch 2-D được viết dưới dạng:

$$f(R) = \frac{1}{c_g} \int_{-\infty}^{\infty} dB \int_0^{\infty} \frac{1}{s^3} W(s, B) \psi_0\left(\frac{R-B}{s}\right) ds \quad (2.10)$$

Phép biến đổi wavelet n chiều ($n > 2$) có thể xây dựng đơn giản bằng cách mở rộng số phần tử trong các véctơ R và B đến n giá trị theo cách biểu diễn:

$$R(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ và } B(b_1, b_2, \dots, b_n). \quad (2.12)$$

Hàm wavelet $\psi_{0(s,B)}(R)$ trong không gian n-D được viết ở dạng:

$$\psi_{0(s,B)}(R) = \frac{1}{s^{(n/2)}} \psi_0\left(\frac{R-B}{s}\right) \quad (2.13)$$

Nên phép biến đổi wavelet trong n-D được viết lại dưới dạng:

$$W(s, B) = \frac{1}{s^{(n/2)}} \int_{-\infty}^{\infty} f(R) \psi_0^*\left(\frac{R-B}{s}\right) dR \quad (2.14)$$

và phép biến đổi wavelet nghịch của nó trong n-D có dạng:

$$f(R) = \frac{1}{c_g} \int_{-\infty}^{\infty} dB \int_0^{\infty} \frac{1}{s^{n+1}} W(s, B) \psi_0\left(\frac{R-B}{s}\right) ds \quad (2.15)$$

2.1.1.7 Tiêu chuẩn chọn hàm wavelet

a- *Trực giao hay không trực giao*

b- *Phức hay thực*

c- *Độ rộng*

d- *Chẵn hay lẻ*

e- *Các momen triệt tiêu*

f- *Đẳng hướng hay không đẳng hướng*

2.1.1.9 Rời rạc hóa phép biến đổi wavelet liên tục

Để tính các hệ số của phép biến đổi wavelet liên tục trên máy tính, hai tham số tỉ lệ và tịnh tiến không thể nhận các giá trị liên tục mà nó phải là các giá trị rời rạc.

2.1.2.10 Hiệu ứng biên

Khi lấy biến đổi wavelet của tín hiệu hữu hạn và rời rạc, do ảnh hưởng bởi tích trong của hàm wavelet với các giá trị lân cận trên các biên của tín hiệu nên giá trị của hệ số wavelet bị biến đổi khá mạnh, hiện tượng này được gọi là hiệu ứng biên. Sự biến dạng do hiệu ứng biên càng lớn khi thực hiện phép biến đổi wavelet ở các tỉ lệ lớn

2.1.2. Phép biến đổi wavelet rời rạc

2.1. 2.2- Phép biến đổi wavelet rời rạc và phân tích đa phân giải

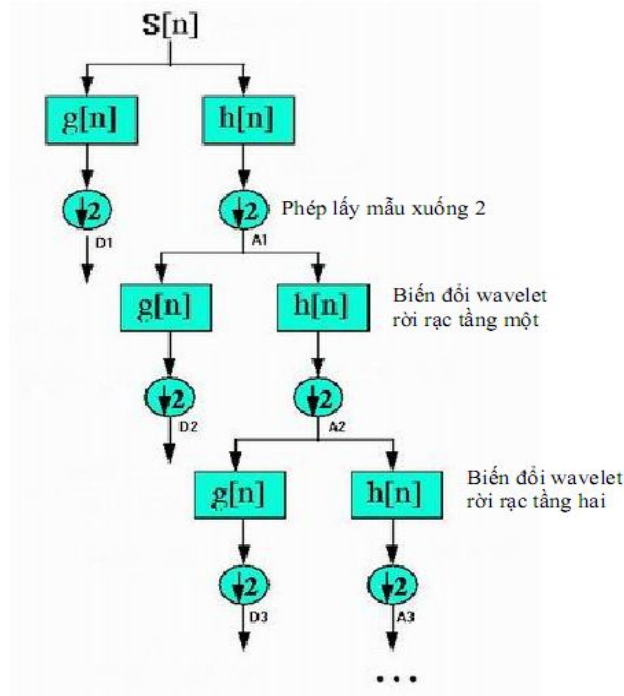
Mối quan hệ giữa hàm tỉ lệ và hàm wavelet được cho bởi:

$$\Phi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k \Phi(2x - k) \quad (1.25)$$

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} (-1)^k c_k \cdot \Phi(2x + k - N + 1) \quad (1.26)$$

Các phép lọc được tiến hành với nhiều tầng (level) khác nhau và để khối lượng tính toán không tăng, khi qua mỗi bộ lọc, tín hiệu được lấy mẫu xuống 2.

Ứng với mỗi tầng, tín hiệu có độ phân giải khác nhau. Do đó, phép biến đổi wavelet rời rạc được gọi là phân tích đa phân giải (MRA, multiresolution analysis).



Hình 2.6: Phân tích đa phân giải sử dụng biến đổi wavelet rời rạc

Tại mỗi tầng lọc, biểu thức của phép lọc được cho bởi công thức:

$$y_{\text{high}}(n) = \sum_n S(n) \cdot g(2k - n) \quad (2.27)$$

$$y_{\text{low}}(n) = \sum_n S(n) \cdot h(2k - n) \quad (2.28)$$

Trong đó, $S(n)$ là tín hiệu, $h(n)$ là đáp ứng xung của các bộ lọc thông thấp tương ứng với hàm tỉ lệ $\Phi(n)$ và $g(n)$ là đáp ứng xung của các bộ lọc thông cao tương ứng với hàm wavelet $\psi(n)$. Hai bộ lọc này liên hệ nhau theo hệ thức:

$$h(N-1-n) = (-1)^n g(n) \quad (2.29)$$

trong đó, N là số mẫu trong tín hiệu.

Tín hiệu $S(n)$ có thể được tái tạo theo các bước ngược lại gọi là phép biến đổi wavelet rời rạc nghịch (IDWT, inverse discrete wavelet transform) được cho bởi:

$$S(n) = \sum_k (y_{\text{high}}(k).g(2k - n)) + (y_{\text{low}}(k).h(2k - n)) \quad (2.30)$$

trong đó, $y_{\text{high}}(k)$ và $y_{\text{low}}(k)$ lần lượt là tín hiệu ngõ ra sau khi đi qua các bộ lọc thông cao và bộ lọc thông thấp đã đề cập ở trên.

2.1.2.3- Phép biến đổi wavelet rời rạc hai chiều

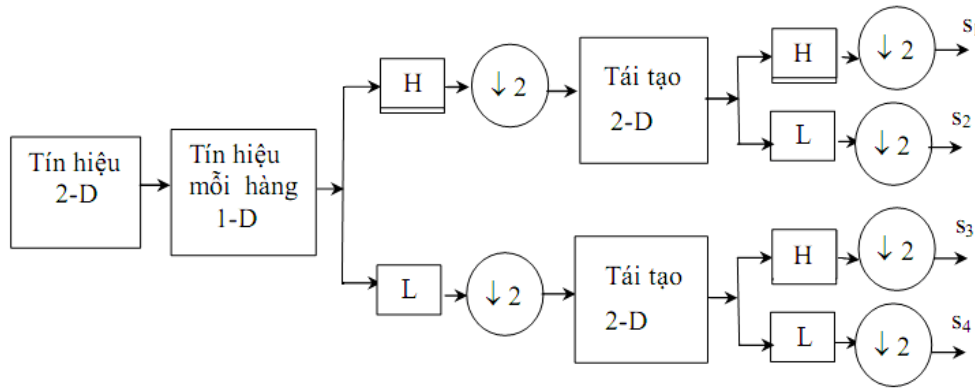
Gọi x và y là hai trục tọa độ của tín hiệu 2-D, L là phép lọc thông thấp, H là phép lọc thông cao, phép biến đổi wavelet 2-D được tính cụ thể như sau:

$$\Phi^{(1)}(x, y) = \Phi(x)\Phi(y) : LL \quad (2.31)$$

$$\psi^{(2)}(x, y) = \Phi(x)\psi(y) : LH \quad (2.32)$$

$$\psi^{(3)}(x, y) = \psi(x)\Phi(y) : HL \quad (2.33)$$

$$\psi^{(4)}(x, y) = \psi(x)\psi(y) : HH \quad (2.34)$$



Hình 2.7: Phép biến đổi wavelet rời rạc 2-D

2.1.2.4 Lọc nhiễu

Phép biến đổi wavelet rời rạc được áp dụng rộng rãi trong việc lọc nhiễu. Như trình bày trên, phép biến đổi wavelet rời rạc khai triển dữ liệu gốc thành hai nhóm hệ số: các hệ số xấp xỉ và các hệ số chi tiết trên mỗi tầng và nhiễu nằm trong các hệ số chi tiết của mỗi tầng. Giả sử chúng ta thực hiện phép biến đổi wavelet rời rạc đến tầng thứ k và giả sử rằng hệ số xấp xỉ ở tầng thứ k hầu như đã loại nhiễu hoàn toàn. Tuy nhiên, trong các nhiễu bị loại có cả những thành phần tần số cao ứng với các cấu trúc địa phương có ích. Do đó nếu lấy hệ số xấp xỉ thứ k đem phục hồi (sử dụng IDWT) sẽ nhận được các dữ liệu đã lọc nhiễu “thô” nhưng không còn các thành phần tần số cao có ích.

2.2. Ứng dụng của phép biến đổi Wavelet trong giảm nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh

2.2.1. Mô hình xử lý nhiễu cơ bản

Mô hình nền tảng cho khử nhiễu cơ bản

$$s(n) = f(n) + \sigma e(n) \quad (2.35)$$

$e(n)$ là nhiễu trắng hay nhiễu không trắng dao động trong khoảng σ^2

$f(n)$ tín hiệu không có nhiễu

Quy trình khử nhiễu tiến hành theo 3 bước :

Bước 1. Phân tách tín hiệu. Chọn một wavelet thích hợp và chọn mức phân tách N. Sử dụng DWT phân tích. Tính các hệ số phân tách wavelet của tín hiệu ở mức N.

Bước 2. Đặt ngưỡng toàn cục hay đặt ngưỡng cục bộ các hệ số chi tiết trên các mức, chọn một ngưỡng thích hợp cho kết quả thử tốt nhất.

Bước 3. Tái tạo tín hiệu ban đầu. Tính sự tái tạo wavelet dựa trên các hệ số của xấp xỉ mức N và các hệ số chi tiết đã thay đổi từ mức 1 đến N.

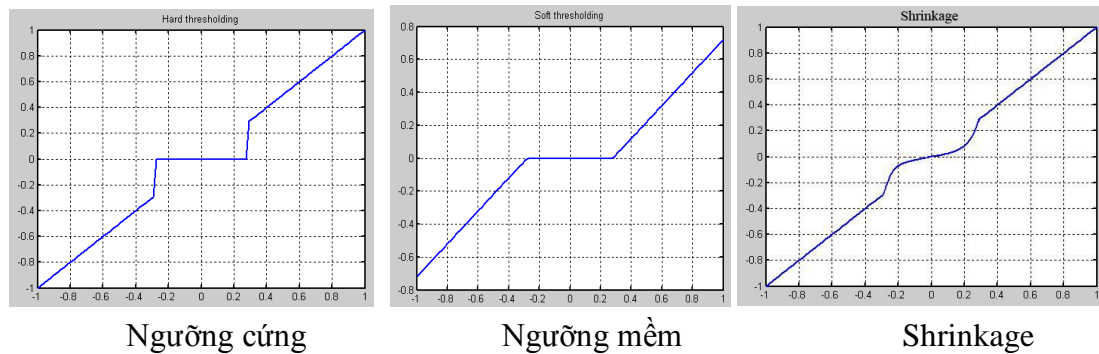
2.2.2. Phương pháp đặt ngưỡng tín hiệu.

2.2.2.1. Lý thuyết ngưỡng

- Đặt ngưỡng cứng: đặt các giá trị về 0 các phần tử mà giá trị tuyệt đối thấp hơn ngưỡng.

- Đặt ngưỡng mềm: đầu tiên thiết lập về 0 các giá trị tuyệt đối thấp hơn ngưỡng và sau đó hạ dần các hệ số khác về 0.

- Phương pháp wavelet shrinkage là quá trình khử nhiễu hình ảnh phi tuyến để loại bỏ nhiễu bằng cách thu hẹp lại hệ số wavelet trong miền wavelet.



Hình 2.8 Ngưỡng cứng, ngưỡng mềm và Shrinkage

2.2.2.2 Khử nhiễu không tuyến tính bằng phương pháp đặt ngưỡng cứng và mềm

- Chọn một wavelet thích hợp để biến đổi sử dụng DWT, mức phân ly N

$$x(t) = \sum_{j=1}^K \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_{i(k)} \psi_{j,k}(t) + \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_K(k) \phi_{K,k}(t) \quad (2.36)$$

- Hệ số wavelet ngưỡng mềm:

$$\eta(d_j(k)) = \begin{cases} \text{sign}(d_j(k)) \cdot (|d_j(k)| - T) & \text{nếu } |d_j(k)| > T \\ 0 & |d_j(k)| \leq T \end{cases} \quad (2.37)$$

- Hệ số wavelet ngưỡng cứng:

$$\eta(d_j(k)) = \begin{cases} d_j(k) & \text{nếu } |d_j(k)| > T \\ 0 & |d_j(k)| \leq T \end{cases} \quad (2.38)$$

T là ngưỡng được áp dụng.

Tín hiệu được khai triển thành những hệ số wavelet có nhiễu, kí hiệu $\tilde{c}_{j,k,\psi}$.

Dùng phương pháp đặt ngưỡng khử nhiễu ta nhận được tín hiệu s đã được loại trừ nhiễu theo biểu thức sau:

$$x = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} s_{\lambda}(\tilde{c}_{j,k,\psi}) \psi_{j,k} \quad (2.39)$$

Hệ số $\tilde{c}_{j,k,\psi}$ bao gồm các thành phần có nhiễu $e_{j,k,\psi}$ và thành phần không nhiễu

$c_{j,k,\psi}$

$$x = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} s_{\lambda}(c_{j,k,\psi} + e_{j,k,\psi}) \psi_{j,k} \quad (2.40)$$

Sai số MSE (mean square error) là:

$$\|x - f\|_{L_2}^2 = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} |c_{j,k,\psi} - s_{\lambda}(c_{j,k,\psi} + e_{j,k,\psi})|^2 \quad (2.41)$$

Nhiều trắng có phân phối đều, trung bình zero và phương sai σ_0^2 thì nhiễu trắng của hệ số wavelet $e_{j,k,\psi}$ có phân phối đều, trung bình zero và phương sai:

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 / 2^{2m} \quad (2.44)$$

Trị trung bình bình phương sai số của ảnh (MSE) là:

$$E(\|x - f\|_{L_2}^2) \leq \sum_{|c_{j,k,\psi}| > T} (T^2 + \sigma^2) + \sum_{|c_{j,k,\psi}| \leq T} [c_{j,k,\psi}^2 + E(s_T^2(e_{j,k,\psi}))] \quad (2.46)$$

2.2.2.3. Các phương pháp và quy tắc chọn lựa ngưỡng

a. Phương pháp lấy ngưỡng trung vị

- Ước lượng nhiễu:

$$\hat{\sigma}_j = \text{median}(|w_{jk} - \text{median}(w_{jk})|) / 0.6745 \quad (2.50)$$

- Độ nhiễu chuẩn nhiễu tại mỗi mức j được ước lượng bởi giá trị độ lệch tuyệt đối và cho ra ngưỡng dạng cố định tại mỗi mức $T_i = \sigma_i \sqrt{2 \ln N_i}$

b. Các quy tắc chọn ngưỡng

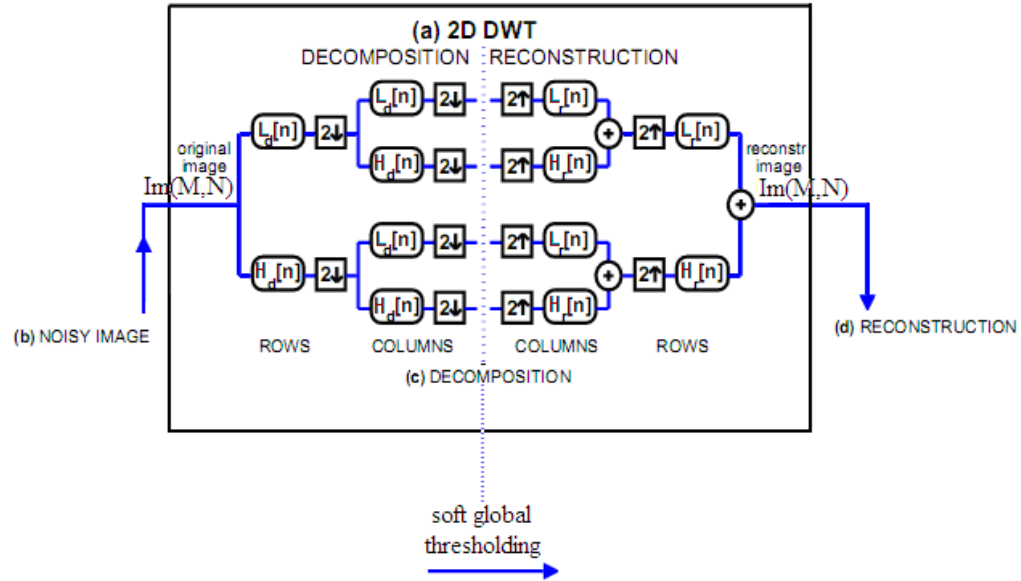
+ ‘Rigrsure’

+ ‘Sqtwolog’

+ ‘Heursure’

+ ‘Minimaxi’:

2.2.3. Khử nhiễu hình ảnh.



Hình 2.9 Mô hình cơ bản của quá trình xử lý ảnh

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| (a) Biến đổi DWT 2D | $L[n]$: Bộ lọc thông thấp |
| (b) Nhiễu ảnh | $H[n]$: Bộ lọc thông cao |
| (c) Phân tách | \downarrow : Giảm độ phân giải |
| (d) Khôi phục | \uparrow : Tăng độ phân giải |

2.2.3.2 Phương pháp chọn ngưỡng Wavelet

Chọn ngưỡng là kỹ thuật đơn giản không tuyến tính, mà hoạt động trên một hệ số wavelet tại một thời điểm. Dạng cơ bản nhất của nó là mỗi hệ số được đặt ngưỡng bằng cách so sánh với ngưỡng, nếu hệ số nhỏ hơn ngưỡng, thiết lập về không, nếu không thì giữ lại hoặc thay đổi. Thay thế hệ số nhiều nhỏ bằng không và nghịch đảo biến đổi wavelet, kết quả có thể khôi phục lại các đặc tính cần thiết của tín hiệu và với nhiễu ít hơn.

- Phương pháp khử nhiễu bằng chọn ngưỡng wavelet lọc mỗi hệ số Y_{ij} từ các subband chi tiết với một hàm ngưỡng để có được \hat{X}_{ij} . Ước tính khử nhiễu

$\hat{f} = W^{-1}\hat{X}$, với W^{-1} là toán tử wavelet nghịch đảo.

2.2.4. Một số phương pháp chọn ngưỡng cho khử nhiễu ảnh

2.2.4.1 Phương pháp Visushrink

Visushrink là phương pháp chọn ngưỡng bằng cách áp dụng ngưỡng Universal đề xuất bởi Donoho và Johnstone. Ngưỡng này được cho bởi $\sigma\sqrt{2\log M}$ với σ là biến nhiễu và M là số lượng các điểm ảnh trong image. Nó được chứng minh rằng các giá trị của M lớn nhất **iid** như $\mathbf{N}(\mathbf{0}, \sigma^2)$ sẽ nhỏ hơn ngưỡng **universal** với xác suất cao. Như vậy với xác suất cao, một tín hiệu nhiễu thuần được ước tính bằng không.

Tuy nhiên, với khử nhiễu hình ảnh, Visushrink được tìm thấy để tạo ra ước tính quá mịn như trong hình 2.10. Điều này là do ngưỡng universal (U_T) được lấy theo ràng buộc với xác suất cao. Vì vậy, U_T có xu hướng tới các giá trị lớn của M , loại bỏ nhiều hệ số tín hiệu cùng với nhiễu. Như vậy, ngưỡng không thích ứng tốt trong tín hiệu không liên tục.

2.2.4.2 Phương pháp Neighshrink

Cho $d(i, j)$ biểu thị các hệ số wavelet quan trọng và $B(i, j)$ là một cửa sổ lân cận xung quanh $d(i, j)$. Cũng cho $S^2 = \sum d^2(i, j)$ trên cửa sổ $B(i, j)$. Sau đó, hệ số wavelet được lấy ngưỡng bị co lại theo công thức,

$$d(i, j) = d(i, j) * B(i, j) \dots (4)$$

Với các yếu tố co lại có thể được định nghĩa là $B(i, j) = (1 - T^2 / S^2(i, j))_+$, và ký hiệu $+$ ở phần cuối của công thức nghĩa là giữ giá trị dương, đặt nó là số không khi nó âm.

2.2.4.3 Phương pháp SureShrink

b. Lựa chọn ngưỡng trong các trường hợp rời rạc

Các ước tính trong các phương pháp lai làm việc như sau:

$$\hat{\mu}^x(x)_i = \begin{cases} \mu_{t_d}(x_i) & s_d^2 \leq \gamma_d \\ \mu_{t_s}(x_i) & s_d^2 > \gamma_d \end{cases} \quad (2.55)$$

η toán tử ngưỡng

$$\text{Với } s_d^2 = \frac{\sum_i (x_i^2 - 1)}{d}, \gamma_d = \frac{\log_2^{3/2}(d)}{\sqrt{d}} \quad (2.56)$$

c. Ứng dụng SURE để khử nhiễu ảnh

Ngưỡng SURE được xác định cho mỗi subband sử dụng (2.53) và (2.54). Lựa chọn giữa ngưỡng này và ngưỡng universal bằng cách sử dụng (2.55). Các biểu

thức s_d^2 và γ_d trong (2.56), cho $\sigma = 1$ phải sửa đổi phù hợp theo phương sai nhiễu và phương sai của hệ số trong các subband.

2.2.4.3 Phương pháp BayesShrink (BS)

a. Ngưỡng thích nghi cho BayesShrink

Trong BayesShrink đã xác định ngưỡng giả sử cho mỗi subband một phân phối Gaussian tổng quát (GGD). GGD được cho bởi

$$GG_{\sigma_X, \beta}(x) = C(\sigma_X, \beta) \exp \{ -[\alpha(\sigma_X, \beta)|x|]^\beta \} \quad (2.57)$$

$-\infty < x < \infty$, $\sigma_X > 0$, $\beta > 0$, với

$$\alpha(\sigma_X, \beta) = \sigma_X^{-1} \left[\frac{\Gamma(3/\beta)}{\Gamma(1/\beta)} \right]^{1/2} \quad (2.58)$$

và

$$C(\sigma_X, \beta) = \frac{\beta \alpha(\sigma_X, \beta)}{2\Gamma(1/\beta)} \quad (2.59)$$

Và $\Gamma(t) = \int_0^\infty e^{-u} u^{t-1} du$ là hàm gamma

Giá trị dự kiến của sai số bình phương trung bình MSE (mean square error).

$$\tau(T) = E(\hat{X} - X)^2 = E_X E_{Y|X}(\hat{X} - X)^2 \quad (2.60)$$

Với $\hat{X} = \eta_T(Y)$, $Y | X \sim N(x, \sigma^2)$ và $X \sim GG_{X, \beta}$. Ngưỡng tối ưu T^* được cho bởi

$$T^*(\sigma_X, \beta) = \arg \min_T \tau(T) \quad (2.61)$$

$$\text{Giá trị ngưỡng } T_{BS}(\sigma_X) = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_X} \quad (2.62)$$

Ước tính ngưỡng $T_B = \sigma^2/\sigma_X$ không chỉ gần tối ưu mà còn có trực quan hấp dẫn. Khi $\sigma/\sigma_X \ll 1$, tín hiệu mạnh hơn nhiễu nhiều, T_B/σ được chọn nhỏ để duy trì hầu hết các tín hiệu và loại bỏ một số nhiễu; khi $\sigma/\sigma_X \gg 1$, nhiễu chiếm ưu thế và ngưỡng chuẩn được chọn lớn để loại bỏ nhiễu đã tràn ngập tín hiệu. Như vậy, sự lựa chọn ngưỡng này để điều chỉnh cả những đặc điểm tín hiệu và nhiễu như được phản ánh trong các tham số σ và σ_X .

b. Ước lượng tham số để xác định ngưỡng

Các mô hình quan sát được thể hiện như sau:

$$Y = X + V \quad (2.63)$$

Ở đây Y là biến đổi wavelet của hình ảnh xuống cấp, X là biến đổi wavelet của hình ảnh ban đầu, còn V là biến đổi wavelet của những thành phần nhiễu theo các phân phối Gaussian $N(0, \sigma_v^2)$.

$$\sigma_Y^2 = \sigma_X^2 + \sigma_v^2 \quad (2.64)$$

- Phương pháp hiện tại xuất phát từ nhiễu:

Nó đã được chỉ ra rằng đạo hàm của nhiễu chuẩn σ_v^2 có thể được ước tính chính xác từ mức phân tách đầu tiên HH1 của subband chéo bằng ước tính trung vị

$$\hat{\sigma}_v = \frac{\text{Median}(|HH_1|)}{0.6745} \quad (2.65)$$

- Sự đánh giá phương sai của hình ảnh xuống cấp Y : Các phương sai của hình ảnh xuống cấp có thể được ước tính như

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M A_m^2 \quad (2.66)$$

Với A_m là các bậc của wavelet trong mỗi tỉ lệ, M là tổng các hệ số của wavelet.

- Tính giá trị ngưỡng T :

$$T_{BS} = \frac{\hat{\sigma}_v^2}{\hat{\sigma}_x} \quad (2.67)$$

Với
$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\max(\hat{\sigma}_y^2 - \hat{\sigma}_v^2)} \quad (2.68)$$

Trong trường hợp $\hat{\sigma}_v^2 \geq \hat{\sigma}_y^2$, $\hat{\sigma}_x$ được giữ bằng không, nghĩa là $T_{BS} \rightarrow \infty$, trong thực tế, có thể lựa chọn $T_{BS} = \max(|A_m|)$, và tất cả các hệ số được thiết lập tới zero.

Tóm lại, kỹ thuật bayes shrink thresholding thực hiện đặt ngưỡng mềm mềm với thích nghi, dữ liệu hướng, subband và mức độ phụ thuộc gần ngưỡng tối ưu được cho bởi:

$$T_{BS} = \begin{cases} \frac{\hat{\sigma}_v^2}{\hat{\sigma}_x}, & \text{if } \hat{\sigma}_v^2 < \hat{\sigma}_y^2 \\ \max(|A_m|), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.69)$$

c. Quá trình thực hiện

Quá trình thực hiện khử nhiễu hình ảnh bởi ngưỡng wavelet thích nghi gồm các bước sau:

Bước 1. Thực hiện phân tích đa tỉ lệ hình ảnh bị hỏng bởi nhiễu Gauss sử dụng biến đổi wavelet.

Bước 2. Ước lượng phương sai nhiễu ($\hat{\sigma}_v^2$) và tính toán tham số tỉ lệ tương ứng

Bước 3. Với các chi tiết của tổng các subband

- Đầu tiên tính độ lệch chuẩn $\hat{\sigma}_y$, $\hat{\sigma}_x$
- Sau đó tính ngưỡng T_{BS} ,
- Cuối cùng áp dụng ngưỡng mềm cho các hệ số nhiễu.

Bước 4. Nghịch đảo phân tích đa phân giải để tái tạo ảnh khử nhiễu

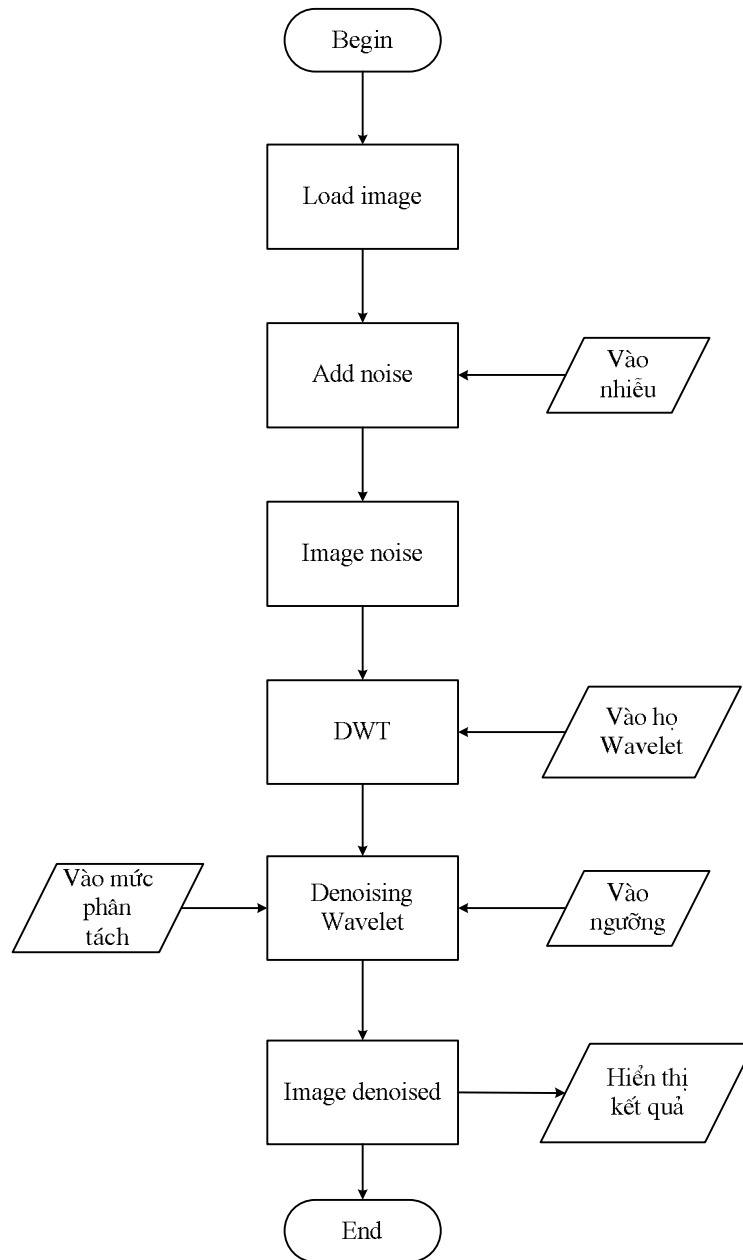
Tóm tắt

Chương 2 của Luận văn đã trình bày về phép biến đổi wavelet như biến đổi wavelet liên tục, biến đổi wavelet rời rạc. Đồng thời luận văn cũng đưa ra được ứng dụng của phép biến đổi wavelet trong giảm nhiễu nâng cao chất lượng ảnh, phần này đã trình bày ứng dụng của biến đổi wavelet rời rạc vào xử lý ảnh 2D, phương pháp sử dụng là phương pháp chọn ngưỡng, phần này cũng đưa ra một số phương pháp đã được áp dụng, sau đó đưa ra phương pháp tối ưu.

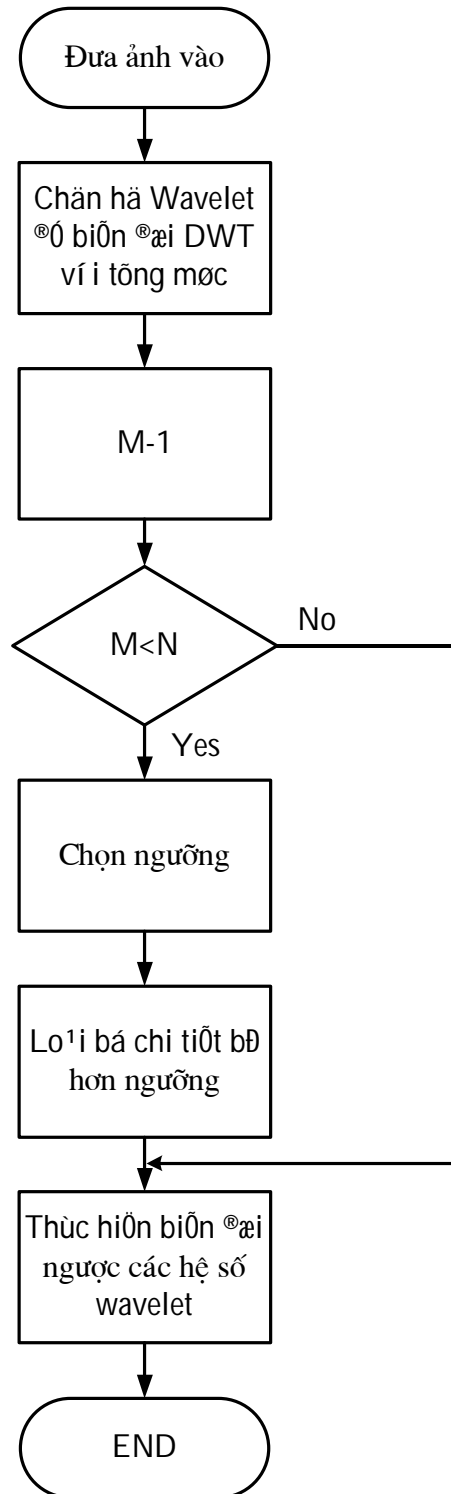
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.2. Chương trình mô phỏng

3.2.1 Lưu đồ thuật toán



Hình 3.2.1.1 Lưu đồ thuật toán chương trình



Hình 3.2 Mô hình xử lý nhiễu bằng phương pháp đặt ngưỡng

3.2.2 Hoạt động của chương trình

Hoạt động của chương trình rất đơn giản, chỉ cần đưa các thông số yêu cầu được hiển thị khi chạy chương trình ta có thể thu được kết quả hình ảnh mong muốn

3.2.3 Kết quả thực nghiệm

3.2.3.1 Ảnh hưởng của nhiễu tới phương pháp đặt ngưỡng

Quá trình thực nghiệm với Image: thieunu1.jpg, tại mức phân tách level 3
Kết quả thu được như ở bảng Bảng 3.1

Nhiều Ngưỡng	Ngưỡng mềm		Ngưỡng cứng		Ngưỡng Bayes	
	SNR	MSE	SNR	MSE	SNR	MSE
Salt & pepper (0.2)	28.7654	0.0841	27.1294	0.1657	26.16	0.2420
Gaussian (0.02)	32.9276	0.0494	33.5072	0.0475	35.851	0.0422
Poisson (0.05)	36.1277	0.0370	38.4941	0.0321	42.7435	0.0249
Speckle (0.02)	34.0440	0.0446	35.2236	0.0413	37.2898	0.0411

Bảng 3.1 Ảnh hưởng của nhiễu tới phương pháp đặt ngưỡng

3.2.3.2 Ảnh hưởng của các họ Wavelet tới kết quả đầu ra

Thực nghiệm được tiến hành với Image: thieunu1.jpg, noise: gausse (0.02); mức phân tách level 3 để so sánh kết quả cho 3 họ wavelet Haar, Syn4, Db4. Kết quả như bảng 3.2.

Wavelet Ngưỡng	Ngưỡng mềm		Ngưỡng cứng		Ngưỡng Bayes	
	SNR	MSE	SNR	MSE	SNR	MSE
Wavelet Haar	32.9233	0.0494	33.5338	0.0475	35.0485	0.0422
Wavelet Syn4	33.4994	0.0453	33.961	0.0435	35.377	0.0384
Wavelet Db4	33.48	0.0454	33.9268	0.0437	35,3427	0.0386

Bảng 3.2 So sánh kết quả thu được với các họ wavelet

3.2.3.3 Mức phân tách của phương pháp Bayes Shrink

Thực nghiệm cho image: thieunu3.jpg, noise: poisson, với ngưỡng mềm Bayes. Lần lượt thay đổi các mức phân tách từ level 1 tới level 5 ta thu được kết quả như bảng 3.3

Lavel	Lavel 1	Lavel 2	Lavel 3	Lavel 4	Lavel 5
SNR	41.5719	42.1155	42.5207	42.5591	42.5428
MSE	0.0302	0.0268	0.0264	0.0265	0.0304

Bảng 3.3 Mức phân tách của phương pháp Bayes Shrink

3.2.3.4 Ảnh hưởng của độ phân giải ảnh tới kết quả đầu ra

Thực nghiệm được tiến hành với phương pháp Bayes Shrink, nhiễu Gauss (0.03), wavelet Db4, mức phân tách lavel 3 trên các ảnh có độ phân giả khác nhau: 1024x1024 pixel, 512x512 pixel, 256x256 pixel.

Từ kết quả thu được ta thấy phương pháp Bayes Shrink có thể ứng dụng thích hợp với nhiều ảnh có độ phân giải khác nhau.

KẾT LUẬN

Luận văn đưa ra được các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh, các phép biến đổi wavelet rời rạc, liên tục và các ứng dụng của biến đổi wavelet trong giảm nhiễu nâng cao chất lượng ảnh. Luận văn cũng đã đưa ra chương trình mô phỏng phương pháp chọn ngưỡng tối ưu đó là phương pháp Bayes Shrink. Chương trình có sự so sánh giữa phương pháp chọn ngưỡng cứng, ngưỡng mềm và ngưỡng Bayes, ngoài ra chương trình cũng cho phép kiểm tra sự tác động của một số họ wavelet cùng với tác động của các loại nhiễu tới kết quả đầu ra. Kết quả cho thấy khả năng rất mạnh của biến đổi wavelet trong xử lý ảnh nói riêng, trong xử lý tín hiệu nói chung. Kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như đối với ảnh lưu trữ, truyền ảnh trong lĩnh vực an ninh ...

- Hướng phát triển nghiên cứu

+ Có thể phát triển kết quả nghiên cứu cho các lĩnh vực xử lý ảnh viễn thám, ảnh y sinh...

+ Để nâng cao hơn hiệu quả khử nhiễu có thể kết hợp phương pháp đặt ngưỡng tối ưu với nén ảnh.

+ Kết quả trong đề tài chỉ áp dụng cho ảnh 2D tức là ảnh đen trắng, vì thế có thể nghiên cứu phát triển lên ảnh 3D (ảnh màu).