

MỤC LỤC

CÁC THUẬT NGỮ TIẾNG ANH.....	3
LỜI MỞ ĐẦU	4
CHƯƠNG 1: KỸ THUẬT MÃ HOÁ DỰA TRÊN CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI	5
1.1. Biến đổi Fourier (FT)	5
1.2. Biến đổi Cosin rời rạc (DCT).....	6
1.3. Biến đổi Wavelet (WT)	7
1.3.1. Biến đổi Wavelet liên tục (CWT).....	7
1.3.2. Biến đổi Wavelet rời rạc (DWT).....	9
1.3.3. Tính chất của biến đổi Wavelet.....	12
1.3.4. Giới thiệu một số họ Wavelet.....	15
1.3.4.1. Biến đổi Wavelet Harr.....	15
1.3.4.2. Biến đổi Wavelet Meyer.....	15
1.3.4.3. Biến đổi Wavelet Daubechies	16
1.3.5. Một số ứng dụng nổi bật của Wavelet.....	17
1.3.5.1. Nén tín hiệu	17
1.3.5.2. Khử nhiễu	17
1.3.5.3. Mã hoá nguồn và mã hoá kênh.....	17
CHƯƠNG 2: ỨNG DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI WAVELET TRONG XỬ LÝ ẢNH.....	18
2.1. Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh và một số phương pháp xử lý nhiễu và nén ảnh nhằm nâng cao chất lượng của ảnh	18
2.1.1. Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh	18
2.1.1.1. Xử lý ảnh và các vấn đề trong xử lý ảnh.....	19
2.1.1.2. Thu nhận và biểu diễn ảnh.....	19
2.1.2. Một số phương pháp xử lý nhiễu và nâng cao chất lượng ảnh.....	20
2.1.2.1. Các kỹ thuật tăng cường ảnh	20
2.1.2.2. Khôi phục ảnh.....	20
2.2. Ứng dụng của Wavelet trong xử lý tín hiệu	22
2.2.1. Mô hình xử lý nhiễu cơ bản.....	22
2.2.2. Phương pháp đặt ngưỡng tín hiệu	22
2.2.2.1. Lý thuyết ngưỡng	22

2.2.2.2. Khử nhiễu không tuyến tính bằng phương pháp đặt ngưỡng cứng và ngưỡng mềm	23
2.2.2.3. Các phương pháp và quy tắc chọn ngưỡng	23
A. Phương pháp lấy ngưỡng trung vị	23
B. Các quy tắc chọn ngưỡng.....	24
2.2.3. Khử nhiễu hình ảnh	24
2.2.4. Một số phương pháp chọn ngưỡng cho khử nhiễu hình ảnh	25
2.2.4.1. Phương pháp VisuShrink.....	25
2.2.4.2. Phương pháp NeighShrink	25
2.2.4.3. Phương pháp SureShrink.....	25
A. Lựa chọn ngưỡng trong các trường hợp rời rạc.....	25
B. Ứng dụng SURE để khử nhiễu ảnh	26
2.2.4.4. Phương pháp BayesShrink	26
A. Ngưỡng thích nghi cho BayesShrink.....	26
B.Ước lượng tham số để xác định ngưỡng	27
C. Quá trình thực hiện	28
2.3. Nén ảnh bằng Wavelet-JPEG2000	28
2.3.1. Lịch sử ra đời và phát triển chuẩn JPEG2000	28
2.3.2. Các tính năng của JPEG2000	29
2.3.3. Các bước thực hiện nén ảnh theo chuẩn JPEG2000.....	29
2.3.3.1. Xử lý trước biến đổi	29
2.3.3.2. Biến đổi liên thành phần.....	30
2.3.3.3. Biến đổi riêng thành phần (biến đổi Wavelet)	30
2.3.3.4. Mã hoá và kết hợp dòng dữ liệu sau mã hoá.....	32
2.3.4. So sánh chuẩn JPEG2000 với chuẩn JPEG và các chuẩn nén ảnh tĩnh khác	35
KẾT LUẬN	39

CÁC THUẬT NGỮ TIẾNG ANH

CWT	Continuous Wavelet Transform	Biến đổi Wavelet liên tục
DCT	Discrete Cosine Transform	Biến đổi cosin rời rạc
DFT	Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc
DPCM	Differized Pules Code Modulation	Điều xung mã vi sai
DWT	Discrete Wavelet Transform	Biến đổi Wavelet rời rạc
EZW	Embedded Zerotree Wavelet	Wavelet cây zero
HVS	Human Visual System	Hệ thống cảm nhận hình ảnh của mắt người
IDWT		Biến đổi Wavelet rời rạc nghịch
JPEG	Joint Photographic Experts Group	Chuẩn nén ảnh của uỷ ban JPEG quốc tế
JPEG2000		Chuẩn nén ảnh JPEG2000
Lossless Compression		Kỹ thuật nén ảnh không tổn hao (không mất dữ liệu)
Lossy Compression		Kỹ thuật nén ảnh có tổn hao (có mất dữ liệu)
MRA	Multi Resolution Analysis	Phân tích đa phân giải
MSE	Mean Square Error	Sai số bình phương trung bình
PCM	Pulse Code Modulation	Điều xung mã
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu đỉnh trên nhiễu
QMF	Quardrature Mirrir Filters	Lọc gương cầu tứ phương
RLC	Run Length Coding	Mã hoá loạt dài
ROI	Region Of Interest	Kỹ thuật mã hoá ảnh theo vùng
SPIHT	Set Partitioning in Hierarchical Trees	Phương pháp mã hoá phân cấp theo vùng
STFT	Short Time Fourier Transform	Biến đổi Fourier thời gian ngắn
WT	Wavelet Transform	Biến đổi bằng con Wavelet
WDT	Wavelet Dicomposition Tree	Cây phân giải Wavelet

LỜI MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng dịch vụ dữ liệu trên mạng di động, nhất là dữ liệu đa phương tiện là rất lớn. Cùng với nhu cầu đó, vấn đề đặt ra là làm thế nào tìm được một kĩ thuật mã hoá dữ liệu then chốt (chuẩn), có hiệu quả để truyền các dữ liệu này trên mạng di động.

Để có thể sử dụng dịch vụ Internet cũng như nhiều dịch vụ dữ liệu khác trên nền các ứng dụng di động cần có một kĩ thuật then chốt để có thể hỗ trợ truyền thông nhiều dạng dữ liệu trong thông tin di động tế bào như: thoại, văn bản ,hình ảnh và video. Tuy nhiên vấn đề truyền thông nội dung đa phương tiện trong thông tin di động gặp một số khó khăn: băng thông của mạng di động tế bào, nhiều kênh,giới hạn của pin cho các ứng dụng, tính tương thích dữ liệu cho các thuê bao. Trong khi việc cải thiện băng thông di động cần một công nghệ mới của tương lai còn việc cải thiện giới hạn của pin không đáp ứng được sự phát triển của các dịch vụ tương lai, thì phương pháp giảm kích thước dữ liệu bằng các kĩ thuật nén là một cách tiếp cận hiệu quả giải quyết các khó khăn trên.

Đồ án tốt nghiệp sẽ trình bày một số các ứng dụng và kĩ thuật của biến đổi Wavelet nhằm khắc phục những khó khăn trên trong các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện di động. Trong đó ta sẽ đi sâu vào tìm hiểu một trong những ứng dụng nổi bật là kĩ thuật xử lý ảnh sử dụng biến đổi Wavelet.

CHƯƠNG 1: KỸ THUẬT MÃ HOÁ DỰA TRÊN CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI

1.1. Biến đổi Fourier (FT)

Trong xử lý tín hiệu, phép biến đổi Fourier (FT) là một công cụ toán học quan trọng vì nó là cầu nối trong việc biểu diễn tín hiệu giữa miền không gian và miền tần số; việc biểu diễn tín hiệu trong miền tần số đôi khi có lợi hơn là việc biểu diễn trong miền không gian. Tuy nhiên phép biến đổi FT chỉ cung cấp thông tin có tính toàn cục và chỉ thích hợp cho những tín hiệu tuần hoàn, không chứa các đột biến hoặc các thay đổi không được dự báo trước. Biến đổi Fourier – FT (Fourier Transform) là một phép biến đổi thuận nghịch, nó cho phép sự chuyển đổi thuận – nghịch giữa thông tin gốc (miền không gian hoặc thời gian) và tín hiệu được xử lý (được biến đổi). Tuy nhiên ở một thời điểm bất kỳ chỉ tồn tại một miền thông tin được thể hiện. Nghĩa là tín hiệu trong miền không gian không có sự xuất hiện thông tin về tần số và tín hiệu sau biến đổi Fourier không có sự xuất hiện thông tin về thời gian. FT cho biết thông tin tần số của tín hiệu, cho biết những tần số nào có trong tín hiệu, tuy nhiên nó không cho biết tần số đó xuất hiện khi nào trong tín hiệu. Nếu như tín hiệu là ổn định (stationary – có các thành phần tần số không thay đổi theo thời gian) thì việc xác định các thành phần tần số xuất hiện khi nào trong tín hiệu là không cần thiết. Phép biến đổi FT thuận và nghịch được định nghĩa như sau:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (1.1)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j\omega t} df \quad (1.2)$$

Phép biến đổi FT cũng có thể được áp dụng cho tín hiệu không ổn định (non-stationary) nếu như chúng ta chỉ quan tâm đến thành phần phổ nào có trong tín hiệu mà không quan tâm đến nó xuất hiện khi nào trong tín hiệu. Tuy nhiên, nếu thông tin về thời gian xuất hiện của phổ trong tín hiệu là cần thiết, thì phép biến đổi FT không có khả năng đáp ứng được yêu cầu này, đây cũng là hạn chế của phép biến đổi này.

Để có biến đổi Fourier rời rạc –DFT (Discrete Fourier Transform) thì ở phép tích phân trong biểu thức toán học của biến đổi FT, ta thay bằng phép tổng và tính toán nó với các mẫu hữu hạn. Hệ số phép biến đổi DFT thứ k của một chuỗi gồm N mẫu $\{x(n)\}$ được định nghĩa:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn}, k=0, \dots, N-1 \quad (1.3)$$

Trong đó $W_N = e^{-j2\pi/N} = \cos\left(\frac{2\pi}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi}{N}\right)$ còn chuỗi $x(n)$ có thể được khôi phục bằng DFT ngược như sau:

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) W_N^{-kn}, n=0, \dots, N-1 \quad (1.4)$$

1.2. Phép biến đổi cosin rời rạc (DCT)

Phép biến đổi cosine rời rạc – DCT (Discrete Cosine Transform) biến đổi thông tin ảnh từ miền không gian sang miền tần số để có thể biểu diễn dưới dạng gọn hơn. Tính chất của nó tương tự như biến đổi Fourier, coi ảnh đầu vào (tín hiệu audio hoặc video) là các tín hiệu ổn định bất biến theo thời gian.

Biến đổi DCT thuận và ngược một chiều gồm N mẫu được định nghĩa như sau:

$$DCT = X(k) = \frac{2}{N} c_k \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left[\frac{(n+1/2)k\pi}{2N}\right], k=0, \dots, N-1 \quad (1.5)$$

$$IDCT = x(n) = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} c_k X(k) \cos\left[\frac{(n+1/2)k\pi}{2N}\right], n=0, 1, \dots, N-1 \quad (1.6)$$

$$\text{Trong đó } c_k = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & k=0 \\ 1, & k \neq 0 \end{cases}$$

Cả DCT và IDCT đều là biến đổi trực giao, tách biệt và thực. Tính chất phân tách (separable) ở đây nghĩa là biến đổi nhiều chiều của nó có thể phân tách thành các biến đổi một chiều. Tính chất trực giao ở đây nghĩa là nếu các ma trận của DCT và IDCT là không bất thường (non-singular) và thực thì biến đổi ngược của chúng có thể đạt được bằng cách áp dụng toán tử hoán vị. Cũng như biến đổi FT, DCT cũng coi dữ liệu đầu vào là tín hiệu ổn định (bất biến).

Trong các chuẩn nén ảnh tĩnh vào video, người ta thường sử dụng DCT và IDCT có kích thước 8 mẫu. Bức ảnh hoặc khung ảnh video kích thước NxN được chia thành các khối không chồng chéo nhau hai chiều gọi là các ảnh con kích thước 8x8 rồi áp dụng biến đổi DCT hai chiều ở bộ mã hoá và áp dụng biến đổi

IDCT ở bộ giải mã.

Biến đổi DCT và IDCT 8 mẫu tạo thành các ma trận 8x8 theo công thức:

$$2\text{-D DCT} = X_{k,l} = \frac{c_k c_l}{4} \sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 x_{m,n} \cos\left(\frac{(m+1)k\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(n+1)l\pi}{16}\right) \quad (1.7)$$

Trong đó $k, l = 0, 1, \dots, 7$

$$2\text{-D IDCT} = x_{m,n} = \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 \frac{c_k c_l}{4} X_{k,l} \cos\left(\frac{(m+1)k\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(n+1)l\pi}{16}\right) \quad (1.8)$$

Trong đó $m, n = 0, 1, \dots, 7$

$$\text{Và } c_k c_l = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & k \& l = 0 \\ 1, & k^2 + l^2 \neq 0 \end{cases}$$

Thuật toán để tính 2D-DCT và IDCT là: thực hiện phép biến đổi 1D lần lượt cho hàng rồi đến cột của ma trận.

1.3. Biến đổi Wavelet (WT)

Năm 1975, Morlet, J., phát triển phương pháp đa phân giải (multiresolution); trong đó, ông sử dụng một xung dao động, được hiểu là một “Wavelet” (dịch theo từ gốc của nó là một sóng nhỏ) cho thay đổi kích thước và so sánh với tín hiệu ở từng đoạn riêng biệt. Kỹ thuật này bắt đầu với sóng nhỏ (Wavelet) chứa các dao động tần số khá thấp, sóng nhỏ này được so sánh với tín hiệu phân tích để có một bức tranh toàn cục của tín hiệu ở độ phân giải thô. Sau đó sóng nhỏ được nén lại để nâng cao dần dần tần số dao động. Quá trình này gọi là làm thay đổi tỉ lệ (scale) phân tích; khi thực hiện tiếp bước so sánh, tín hiệu sẽ được nghiên cứu chi tiết ở các độ phân giải cao hơn, giúp phát hiện các thành phần biến thiên nhanh còn ẩn bên trong tín hiệu. Đó chính là mục đích của phép biến đổi Wavelet.

1.3.1. Biến đổi Wavelet liên tục (CWT)

Biến đổi Wavelet liên tục của một hàm $f(t)$ được bắt đầu từ một hàm Wavelet mẹ $\psi(t)$. Hàm Wavelet mẹ $\psi(t)$ có thể là bất kì một hàm số thực hoặc số phức liên tục nào thoả mãn các tính chất sau đây:

Tích phân suy rộng trên toàn bộ trục t của hàm $\psi(t)$ là bằng 0. Tức là:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (1.9)$$

Tích phân năng lượng của hàm trên toàn bộ trục t là một số hữu hạn. Tức là:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \quad (1.10)$$

Điều kiện (1.10) có nghĩa là hàm $\psi(t)$ phải là một hàm bình phương khả tích, nghĩa là hàm $\psi(t)$ thuộc không gian $L^2(\mathbb{R})$ các hàm bình phương khả tích.

Sau khi hàm Wavelet $\psi(t)$ được lựa chọn biến đổi Wavelet liên tục của một hàm bình phương khả tích $f(t)$ được tính theo công thức:

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1.11)$$

Biến đổi này là một hàm của hai tham số thực a và b. Dấu * ký hiệu là liên hiệp phức của $\psi(t)$. Nếu chúng ta định nghĩa một hàm $\psi_{a,b}(t)$ theo biểu thức:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1.12)$$

Chúng ta có thể viết được:

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{a,b}(t) dt \quad (1.13)$$

Theo toán học ta gọi đây là tích vô hướng của 2 hàm $f(t)$ và $\psi_{a,b}(t)$. Giá trị $\frac{1}{\sqrt{|a|}}$ là hệ số chuẩn hoá để đảm bảo rằng tích phân năng lượng của hàm $\psi_{a,b}(t)$ sẽ độc lập với a và b:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_{a,b}(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt \quad (1.14)$$

Với mỗi giá trị a thì $\psi_{a,b}(t)$ là một bản sao của $\psi_{a,0}(t)$ được dịch đi b đơn vị trên trục thời gian. Do đó b được gọi là tham số dịch. Đặt b=0 ta thu được:

$$\psi_{a,0}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t}{a}\right) \quad (1.15)$$

Điều đó cho thấy rằng a là tham số tỉ lệ. Khi $a > 1$ thì hàm Wavelet sẽ được trải rộng còn khi $0 < a < 1$ hàm sẽ được co lại. Sau đây ta sẽ định nghĩa phép biến đổi ngược của biến đổi Wavelet liên tục. Gọi $\Psi(\omega)$ là biến đổi FT của $\psi(t)$:

$$\Psi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) e^{-j\omega t} dt \quad (1.16)$$

Nếu $W(a,b)$ là biến đổi CWT của $f(t)$ bằng hàm Wavelet $\psi(t)$, thì biến đổi ngược của biến đổi CWT sẽ được tính như sau:

$$f \leftarrow \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|^2} W(a,b) \psi_{a,b} \leftarrow da db \quad (1.17)$$

Với giá trị của C được định nghĩa là:

$$C = \int \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega \quad (1.18)$$

Biến đổi CWT chỉ tồn tại nếu C dương và hữu hạn. Do đó C được gọi là điều kiện tồn tại của biến đổi Wavelet. Cùng với hai điều kiện đã được lựa chọn làm hàm Wavelet. Chúng ta có thể xem biến đổi CWT như là một ma trận hai chiều các kết quả của phép tính tích vô hướng giữa hai hàm $f(t)$ và $\psi_{a,b}$. Các hàng của ma trận tương ứng với các giá trị của a và các cột tương ứng với các giá trị của b do cách tính biến đổi Wavelet theo tích vô hướng đã trình bày ở trên:

$$\langle f, g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g^*(t) dt \Rightarrow \langle f, \psi_{a,b} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (1.19)$$

1.3.2. Biến đổi Wavelet rời rạc (DWT)

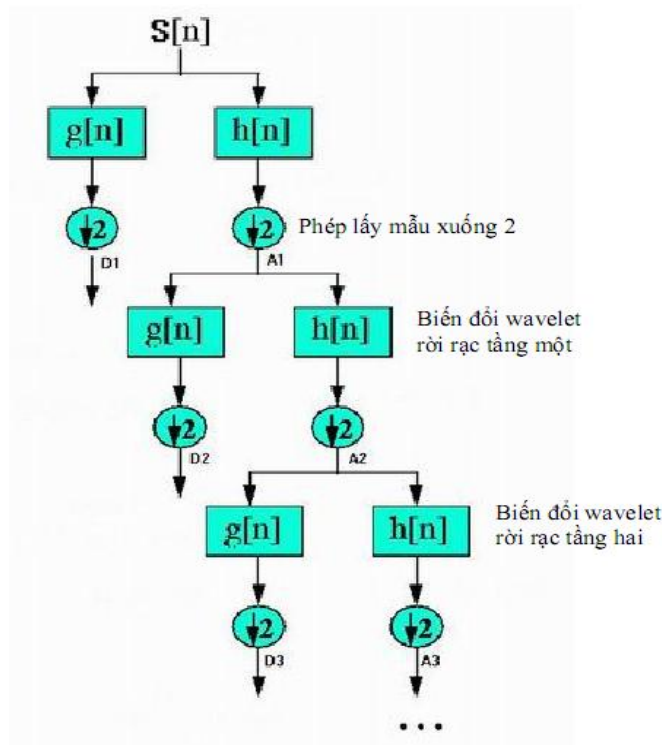
Mối quan hệ giữa hàm tỉ lệ và hàm wavelet được cho bởi:

$$\Phi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k \Phi(2x - k) \quad (1.20)$$

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} (-1)^k c_k \cdot \Phi(2x + k - N + 1) \quad (1.21)$$

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 1.1: 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:

$$y_{\text{high}}(n) = \sum_n S(n).g(2k - n) \quad (1.22)$$

$$y_{\text{low}}(n) = \sum_n S(n).h(2k - n) \quad (1.23)$$

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:

$$h(N-1-n) = (-1)^n g(n) \quad (1.24)$$

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:

$$S(n) = \sum_k (y_{\text{high}}(k).g(2k - n) + (y_{\text{low}}(k).h(2k - n)) \quad (1.25)$$

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.

Phép biến đổi Wavelet rời rạc hai chiều

Từ biến đổi DWT một chiều có thể mở rộng định nghĩa biến đổi DWT hai chiều theo cách: Sử dụng các bộ lọc riêng biệt, thực hiện biến đổi DWT một chiều dữ liệu

vào (ảnh) theo hàng rồi thực hiện theo cột. Theo cách này nếu thực hiện biến đổi DWT ở mức 1, sẽ tạo ra 4 nhóm hệ số biến đổi. Quá trình biến đổi DWT hai chiều có thể minh họa như hình 1.2 dưới đây, trong đó 4 nhóm hệ số là: LL, HL, LH, HH (chữ cái đầu tiên tương ứng đã thực hiện lọc theo hàng, chữ cái thứ hai tương ứng đã thực lọc theo cột).

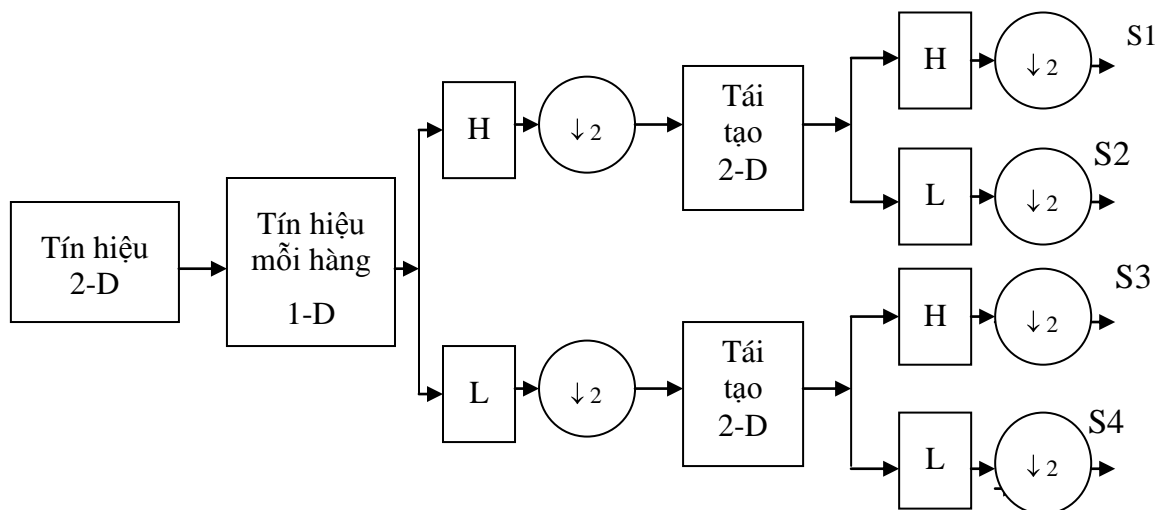
Gọi x và y là hai trục tọa độ của tín hiệu 2-D, L là phép lọc thông thấp, H là phép lọc thông cao, phép biến đổi Wavelet 2-D được tính cụ thể như sau:

$$\Phi^{(1)}(x, y) = \Phi(x)\Phi(y) : LL \quad (1.26)$$

$$\psi^{(2)}(x, y) = \Phi(x)\psi(y) : LH \quad (1.27)$$

$$\psi^{(3)}(x, y) = \psi(x)\Phi(y) : HL \quad (1.28)$$

$$\psi^{(4)}(x, y) = \psi(x)\psi(y) : HH \quad (1.29)$$



Hình 1.2: Phép biến đổi Wavelet rời rạc 2-D

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.

1.3.3. Tính chất của biến đổi Wavelet

Tất cả chúng ta đều biết rằng biến đổi Fourier là một biến đổi đã và đang được áp dụng rộng rãi trong nhiều ngành khoa học và kỹ thuật khác nhau. Biến đổi Fourier chuyển một hàm tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số. Sử dụng biến đổi Fourier ta có thể biết được trong tín hiệu $uf(t)$ có các thành phần tần số nào. Tuy nhiên biến đổi Fourier có một nhược điểm cơ bản là với một tín hiệu $f(t)$ ta không thể biết được rằng tại một thời điểm t thì tín hiệu có các thành phần tần số nào. Một phép biến đổi tốt hơn biến đổi Fourier phải là phép biến đổi có đầy đủ tính năng của biến đổi Fourier và có khả năng xác định xem tại một thời điểm t bất kỳ trong tín hiệu $f(t)$ có thành phần tần số nào. Phép biến đổi Wavelet ra đời đã khắc phục được các nhược điểm của biến đổi Fourier trong phân tích tín hiệu. Biến đổi Wavelet dù chỉ làm việc với các tín hiệu một chiều (liên tục hoặc rời rạc) nhưng sau khi biến đổi xong ta thu được một hàm số hai biến hoặc một tập các cặp giá trị $W(a,b)$ minh họa các thành phần tần số khác nhau của tín hiệu xảy ra tại thời điểm t . Các giá trị $W(a_i, b)$ tạo thành một cột ($i=1, 2, \dots, n$) cho biết một thành phần tần số b có trong những thời điểm t nào và các giá trị $W(a, b_i)$ tạo thành hàng cho biết tại một thời điểm t của tín hiệu $f(t)$ có các thành phần tần số nào. Được nghiên cứu từ trước những năm 80 của thế kỷ trước và cũng đã được ứng dụng trong một số ngành khoa học và công nghệ khác nhau nhưng biến đổi Wavelet vẫn là một lĩnh vực đang và sẽ tiếp tục được nghiên cứu và phát triển cũng như ứng dụng rộng rãi hơn nữa. Tham số b trong biến đổi Wavelet cho biết khoảng dịch của hàm Wavelet mẹ và độ phân giải các tần số khác nhau của $f(t)$ được minh họa bởi hệ số tỷ lệ chính là a . Biến đổi Wavelet ngày càng được áp dụng rộng rãi đặc biệt là trong xử lý tiếng nói, xử lý ảnh số. Tín hiệu tiếng nói là tín hiệu một chiều nhưng do đặc điểm của tiếng nói là tín hiệu không dừng nên việc sử dụng Fourier là không đủ để phân tích một cách đầy đủ các đặc trưng của tiếng nói. Khác với tín hiệu tiếng nói, xử lý tín hiệu ảnh số là xử lý tín hiệu hai chiều và do đặc điểm của ảnh số là bao giờ cũng có tính định hướng và tính định vị. Tính định hướng của một ảnh nghĩa là trong ảnh bao giờ cũng có một số ít các thành phần tần số nhưng các thành phần tần số này trải rộng trên toàn bộ không gian ảnh còn tính định vị của ảnh chính là tính chất biểu thị rằng tại một vùng của ảnh có thể có rất nhiều thành phần tần số. Ảnh biểu thị tính định vị rõ nhất chính là ảnh có nhiều biên vùng phân tách rõ rệt, tại các đường biên bao giờ cũng có nhiều thành phần tần số khác nhau, còn hầu hết các ảnh có tông liên tục đều là những

ảnh có tính định hướng. Ngoài ra người ta thường áp dụng một cách kết hợp biến đổi Wavelet với các hàm Wavelet thích hợp với dạng tín hiệu cần khảo sát và phép phân tích đa phân giải để việc xử lý tín hiệu tiếng nói và hình ảnh đạt hiệu quả cao hơn. Trước khi xem xét ứng dụng của phân tích đa phân giải trong nén ảnh, chúng ta xem xét lý thuyết về đa phân giải trong phân tích tín hiệu. Giả sử chúng ta cần xấp xỉ hoá một tín hiệu liên tục có dạng một hàm bình phương khả tích $f(x)$ bằng một tập các giá trị rời rạc (ví dụ hàm $f(x)$ là hàm cường độ sáng của ảnh). Phép xấp xỉ đơn giản thực hiện dựa trên lý thuyết phép lấy trung bình và dựa vào hàm xấp xỉ là hàm $\varphi(x)$ có dạng:

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1, & x \in [n, n+1) \\ 0, & x \notin [n, n+1) \end{cases} \quad (1.30)$$

Việc tính toán các giá trị xấp xỉ của hàm $f(x)$ theo hàm $\varphi(x)$ sẽ được viết như sau:

$$A[f] = \sum_n f_n \varphi(x-n) \quad (1.31)$$

với f_n chính là giá trị xấp xỉ của hàm $f(x)$ trong khoảng $[n, n+1)$, đây chính là giá trị trung bình của hàm $f(x)$ trong khoảng $[n, n+1)$ được cho bởi biểu thức:

$$f_n = \int_n^{n+1} f(x) dx \quad (1.32)$$

Như vậy chúng ta có thể xấp xỉ hoá hàm $f(x)$ bằng một tập hợp các hàm tương tự như hàm $\varphi(x)$ và phép xấp xỉ hoá hàm $f(x)$ cho bởi:

$$A[f] = \sum_n \langle \tilde{\varphi}(x-n), f(x) \rangle \varphi(x-n) \quad (1.33)$$

Việc phải thoả mãn điều kiện (1.33) là để đảm bảo rằng hàm $f(x)$ có thể được xấp xỉ hoá bằng một tổ hợp tuyến tính của các hàm $\varphi(x-n)$. Ngoài ra hai hàm $\tilde{\varphi}(x)$ và $\varphi(x)$ phải được chuẩn hoá để thoả mãn:

$$\int \varphi(x) dx = \int \tilde{\varphi}(x) dx = 1 \quad (1.34)$$

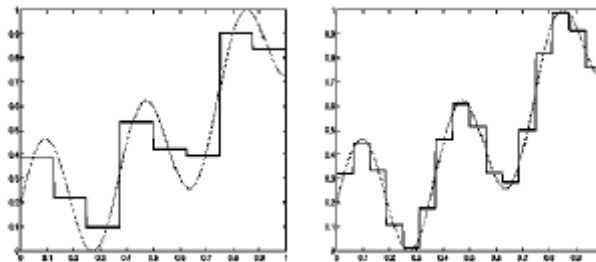
Trong thực tế, hàm $f(x)$ thường được giả thiết là có chu kỳ nguyên và chúng ta chỉ cần một số hữu hạn các tổ hợp tuyến tính để xấp xỉ hoá hàm $f(x)$. Chúng ta có thể

thay đổi độ phân giải của phép xấp xỉ bằng cách thay đổi hệ số tỷ lệ của các hàm $\tilde{\varphi}(x)$

và $\varphi(x)$. Cho $\varphi^j(x) = 2^{j/2} \varphi(2^j x)$ và $\tilde{\varphi}^j(x) = 2^{j/2} \tilde{\varphi}(2^j x)$, chúng ta có xấp xỉ:

$$A^j f(x) = \sum_k \langle f, \tilde{\varphi}^j(x - 2^{-j}k) \rangle \varphi^j(x - 2^{-j}k) \quad (1.35)$$

của hàm $f(x)$ là phép chiếu trực giao của hàm $f(x)$ lên không gian lấy $\{\varphi^j(x - 2^{-j}k)\}$ làm cơ sở. Việc thay đổi giá trị của j sẽ làm thay đổi độ chính xác của phép xấp xỉ hàm $f(x)$ như trên hình 1.3:



Hình 1.3. Phân tích đa phân giải áp dụng cho biểu diễn tín hiệu

Hàm $\varphi(x)$ được gọi là hàm tỷ lệ và chúng ta thấy hàm này có một tính chất đặc biệt là các hàm ứng với độ phân giải thứ j (tức là có chiều rộng 2^{-j}) là trường hợp đặc biệt của các hàm có độ phân giải thứ $j+1$ (chiều rộng 2^{-j-1}) bởi vì các hàm có độ phân giải j có thể dễ dàng biểu diễn từ các hàm có độ phân giải $j+1$. Điều đó dẫn tới: $V_j \subset V_{j+1}$.

Vì vậy ta có thể biểu diễn hàm $f(x)$ theo các mức phân giải khác nhau dựa trên các phép chiếu trực giao của hàm $f(x)$ lên các không gian V_j . Chính vì thế người ta định nghĩa một phép phân tích đa phân giải như sau:

*. Một phân tích đa phân giải bao gồm một chuỗi không gian bao hàm nhau:

$$\dots V_2 \subset V_1 \subset V_0 \subset V_{-1} \subset V_{-2} \dots \quad (1.36)$$

thoả mãn:

$$\bigcup_{j \in \mathbb{Z}} V_j = L_2(\mathbb{R}) \quad (1.37)$$

$$\bigcap_{j \in \mathbb{Z}} V_j = \{0\} \quad (1.38)$$

Tính bất biến tỉ lệ:

$$f \in V_j \Leftrightarrow f \in V_0 \quad (1.39)$$

Tính bất biến dịch:

$$f \in V_0 \Leftrightarrow f \in V_0 \quad (1.40)$$

Tính tồn tại của cơ sở:

Tồn tại $\varphi \in V_0$ với $\varphi \in V_0$ (1.41) là một cơ sở trực chuẩn của V_0

*. Nếu chúng ta gọi $A \in V_m = \text{proj}_{V_m} f \in V_m$ (1.42) là hình chiếu trực giao

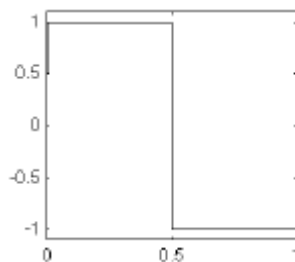
của $f(x)$ lên V_m thì ta có $\lim_{m \rightarrow -\infty} \text{proj}_{V_m} f \in V_m = f \in V_0$ (1.43)

Trên đây là các tính chất của biến đổi Wavelet, đây cũng chính là cơ sở lý thuyết của phép phân tích đa phân giải với hiệu 1D tổng quát. Việc áp dụng trong tín hiệu ảnh (tín hiệu 2D) có thể dàng mở rộng từ việc phân tích đa phân giải 1D.

1.3.4. Giới thiệu một số họ Wavelet

1.3.4.1. Biến đổi Wavelet Harr

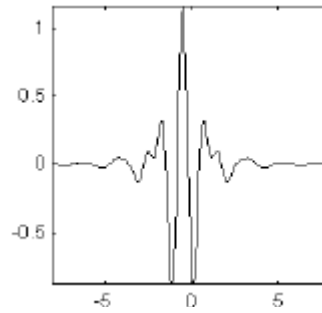
Biến đổi Haar Wavelet là biến đổi đơn giản nhất trong các phép biến đổi Wavelet. Hình vẽ 1.4 cho thấy dạng của hàm $\psi(t)$ với biến đổi Haar. Do tính chất đơn giản của biến đổi Haar mà nó được ứng dụng tương đối nhiều trong nén ảnh, khi áp dụng biến đổi này để nén ảnh thì thuật toán nén ảnh trên máy tính có một số điểm khác với công thức toán học của biến đổi Haar:



Hình 1.4. Hàm $\psi(t)$ của biến đổi Haar

1.3.4.2. Biến đổi Wavelet Meyer

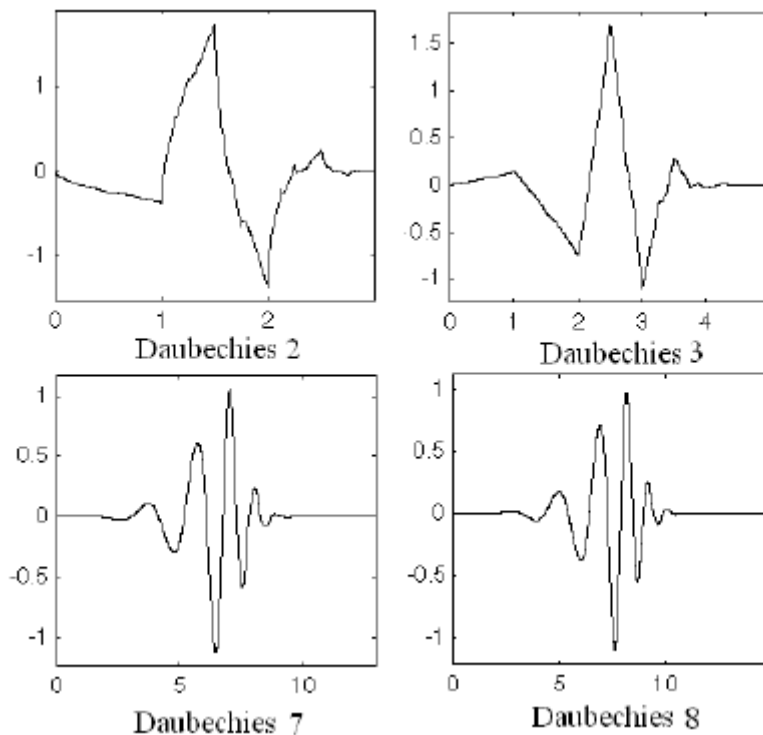
Yves Meyer là một trong những nhà khoa học đã đặt nền móng cho phép biến đổi Wavelet. Phép biến đổi Wavelet mang tên Meyer cũng là một phép biến đổi thông dụng, biến đổi này có khả năng phân tích tín hiệu tốt hơn nhiều so với biến đổi Haar. Dạng của hàm $\psi(t)$ với biến đổi Meyer cho ở hình vẽ 1.5:



Hình 1.5: Hàm $\psi(t)$ của biến đổi Meyer

1.3.4.3. Biến đổi Wavelet Daubechies

Giống như Meyer, Daubechies cũng là một nhà khoa học có công lao to lớn trong việc nghiên cứu phát triển phép biến đổi Wavelet. Biến đổi Daubechies là một trong những phép biến đổi phức tạp nhất trong biến đổi Wavelet. Họ biến đổi này được ứng dụng hết sức rộng rãi, biến đổi Wavelet áp dụng trong JPEG2000 là một biến đổi trong họ biến đổi Wavelet Daubechies. Dưới đây là một số hàm $\psi(t)$ trong họ biến đổi Wavelet Daubechies:



Hình 1.6. Hàm $\psi(t)$ của họ biến đổi Daubechies n với $n=2, 3, 7, 8$

1.3.5. Một số ứng dụng nổi bật của Wavelet

1.3.5.1. Nén tín hiệu

Do đặc điểm của mình, Wavelet đặc biệt tốt khi sử dụng để nén hay phân tích các tín hiệu không dừng; đặc biệt là tín hiệu ảnh số và các ứng dụng nén tiếng nói, nén dữ liệu. Việc sử dụng các phép mã hoá băng con, băng lọc số nhiều nhịp và biến đổi Wavelet rời rạc tương ứng với loại tín hiệu cần phân tích có thể mang lại những hiệu quả rất rõ rệt trong nén tín hiệu. Do tính chất chỉ tồn tại trong các khoảng thời gian rất ngắn (khi phân tích tín hiệu trong miền thời gian tần số) mà các hệ số của biến đổi Wavelet có khả năng tập trung năng lượng rất tốt vào các hệ số biến đổi. Các hệ số mang thông tin chi tiết của biến đổi Wavelet thường rất nhỏ và có thể bỏ qua mà không ảnh hưởng tới việc mã hoá dữ liệu (trong phương pháp mã hoá ảnh hay tiếng nói là những tín hiệu cho phép mã hoá có tổn thất thông tin).

1.3.5.2. Khử nhiễu

Tính chất của biến đổi Wavelet mà chúng ta đã xét tới trong phần ứng dụng cho nén tín hiệu được mở rộng bởi Iain Johnstone và David Donohos trong các ứng dụng khử nhiễu cho tín hiệu. Phương pháp khử nhiễu này được gọi là Wavelet Shrinkage Denoising (WSD). Ý tưởng cơ bản của WSD dựa trên việc tín hiệu nhiễu sẽ lộ rõ khi phân tích bằng biến đổi Wavelet ở các hệ số biến đổi bậc cao. Việc áp dụng các ngưỡng loại bỏ tương ứng với các bậc cao hơn của hệ số Wavelet sẽ có thể dễ dàng loại bỏ nhiễu trong tín hiệu.

1.3.5.3. Mã hoá nguồn và mã hoá kênh

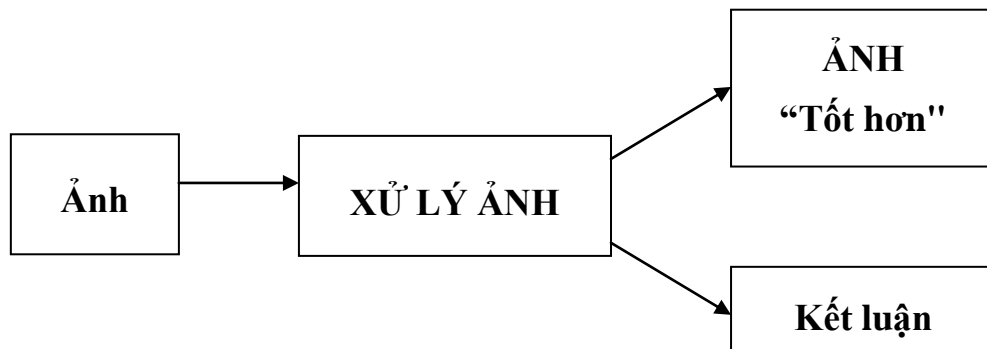
Sở dĩ Wavelet được ứng dụng trong mã hoá nguồn và mã hoá kênh vì trong mã hoá nguồn thì chúng ta cần khả năng nén với tỷ lệ nén cao còn trong mã hoá kênh thì cần khả năng chống nhiễu tốt. Biến đổi Wavelet kết hợp với một số phương pháp mã hoá như mã hoá Huffman hay mã hoá số học có thể thực hiện được cả hai điều trên. Vì thế sự sử dụng biến đổi Wavelet trong mã hoá nguồn và mã hoá kênh là rất thích hợp.

CHƯƠNG 2: ỨNG DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI WAVELET TRONG XỬ LÝ ẢNH

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

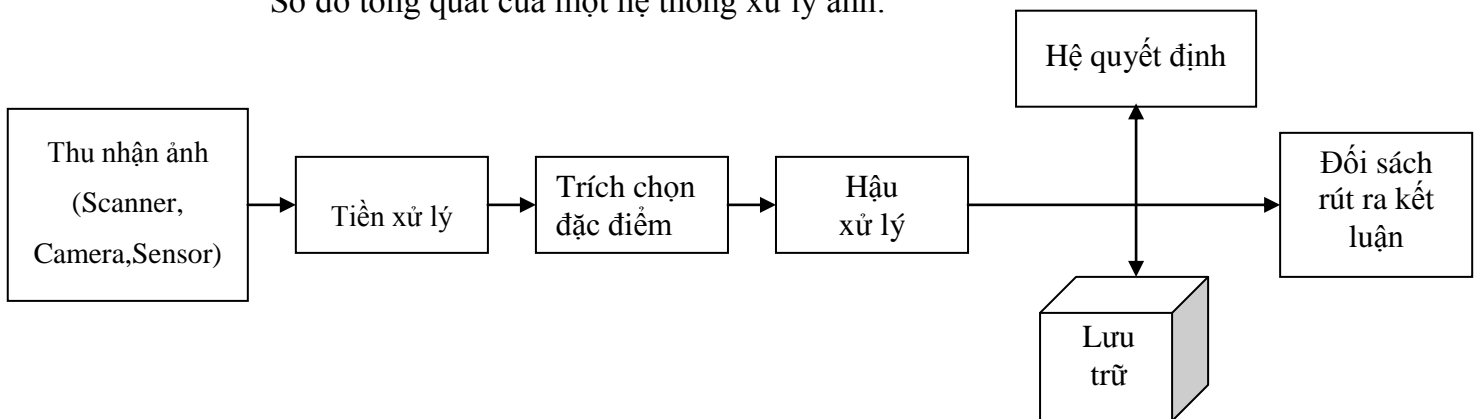
2.1.1. Nghiên cứu các lý thuyết tổng quan về xử lý ảnh

2.1.1.1. Xử lý ảnh và các vấn đề trong xử lý ảnh



Hình 2.1. Quá trình xử lý ảnh.

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



Hình 2.2. 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.

2.1.1.2.Thu nhận và biểu diễn ảnh

- Thu nhận, các thiết bị thu nhận ảnh

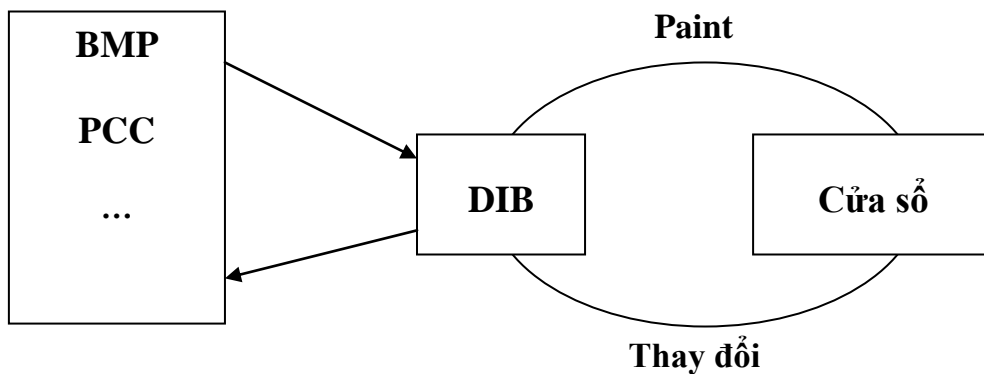
Các thiết bị thu nhận ảnh bao gồm camera, scanner các thiết bị thu nhận này có thể cho ảnh đen trắng.

- 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 2.3. 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 2.4. Sự chuyển đổi giữa các mô hình biểu diễn ảnh.

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

2.1.2.1. 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 ngoại (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

2.1.2.2. 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 xạ.
- Do chất lượng.

Mô hình chung:

$$v(m, n) = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} u(m, n)h(m-k, n-l) + \eta(m, n) \quad (2.1)$$

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 chập.

* 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:

$$\eta(m, n) = \sqrt{g(m, n)}\eta_1(m, n) + \eta_2(m, n) \quad (2.2)$$

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

2.2. Ứng dụng của Wavelet trong xử lý tín hiệu

2.2.1. Mô hình xử lý nhiễu cơ bản

Mô hình nền tảng cho khử nhiễu cơ bản:

$$s(n) = f(n) + \sigma e(n) \quad (2.3)$$

$e(n)$ 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 .

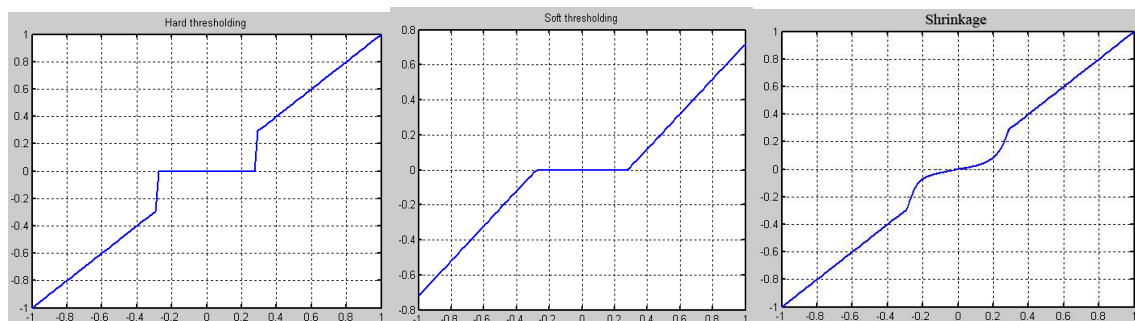
2.2.2. Phương pháp đặt ngưỡng tín hiệu

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.



Ngưỡng cứng

Ngưỡng mềm

Shrinkage

Hình 2.5 Ngưỡng cứng, ngưỡng mềm và Shrinkage

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

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

$$x(t) = \sum_{j=1}^K \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_{i(k)} \psi_{j,k}(t) + \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_K(k) \phi_{K,k}(t) \quad (2.4)$$

- Hệ số wavelet ngưỡng mềm:

$$\eta(d_j(k)) = \begin{cases} \text{sign}(d_j(k)) \cdot (|d_j(k)| - T) & \text{nếu } |d_j(k)| > T \\ 0 & |d_j(k)| \leq T \end{cases} \quad (2.5)$$

- Hệ số wavelet ngưỡng cứng:

$$\eta(d_j(k)) = \begin{cases} d_j(k) & \text{nếu } |d_j(k)| > T \\ 0 & |d_j(k)| \leq T \end{cases} \quad (2.6)$$

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:

$$x = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} s_{\lambda}(\tilde{c}_{j,k,\psi}) \psi_{j,k} \quad (2.7)$$

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

$c_{j,k,\psi}$

$$x = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} s_{\lambda}(c_{j,k,\psi} + e_{j,k,\psi}) \psi_{j,k} \quad (2.8)$$

Sai số MSE (mean square error) là:

$$\|x - f\|_{L_2}^2 = \sum_{(k < m)} \sum_{(j, \psi)} |c_{j,k,\psi} - s_{\lambda}(c_{j,k,\psi} + e_{j,k,\psi})|^2 \quad (2.9)$$

Nhiễu 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:

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 / 2^{2m} \quad (2.10)$$

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

$$E(\|x - f\|_{L_2}^2) \leq \sum_{|c_{j,k,\psi}| > T} (T^2 + \sigma^2) + \sum_{|c_{j,k,\psi}| \leq T} [c_{j,k,\psi}^2 + E(s_T^2(e_{j,k,\psi}))] \quad (2.11)$$

2.2.2.3. Các phương pháp và quy tắc chọn ngưỡng

A. phương pháp lấy ngưỡng trung vị

- Ước lượng nhiễu:

$$\hat{\sigma}_j = \text{median}(|w_{jk} - \text{median}(w_{jk})|) / 0.6745 \quad (2.12)$$

- 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

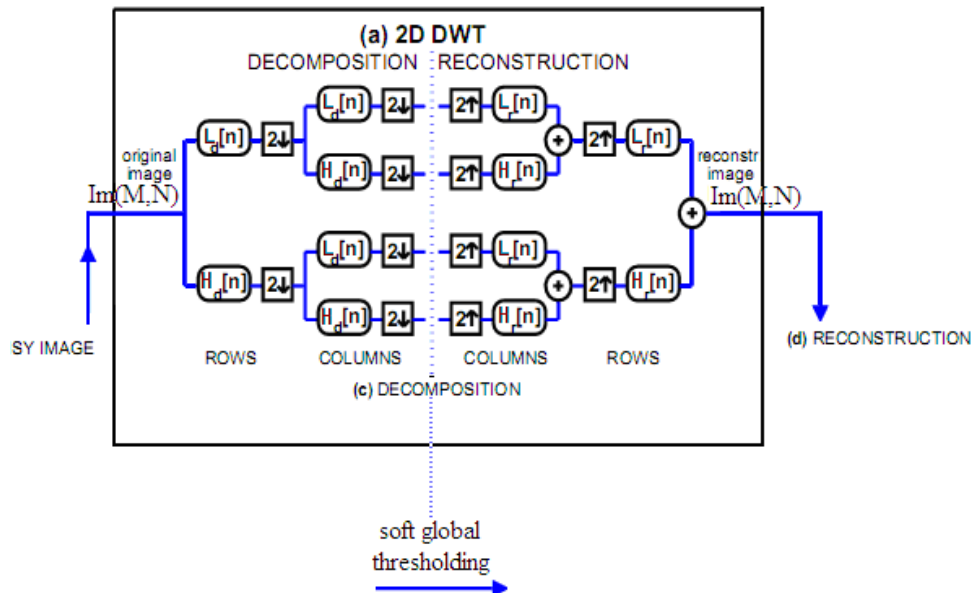
+ 'Rigrsure'

+ 'Sqtwolog'

+ 'Heursure'

+ 'Minimaxi':

2.2.3. Khử nhiễu hình ảnh



Hình 2.6 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

↓: Giảm độ phân giải

(d) Khôi phục

↑ : Tăng độ phân giải

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 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 hình 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 như $N(0, \sigma^2)$ 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 2.6. 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:

$$d(i, j) = d(i, j) * B(i, j) \dots (4) \quad (2.13)$$

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

A. Lựa chọn ngưỡng trong các trường hợp rời rạc

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

$$\hat{\mu}^x(\mathbf{x})_i = \begin{cases} \mu_{t_d^F}(x_i) & s_d^2 \leq \gamma_d \\ \mu_{t_d^S}(x_i) & s_d^2 > \gamma_d \end{cases} \quad (2.14)$$

η toán tử ngưỡng

$$\text{Với } s_d^2 = \frac{\sum_i (x_i^2 - 1)}{d}, \gamma_d = \frac{\log_2^{3/2}(d)}{\sqrt{d}} \quad (2.15)$$

B. Ứng dụng SURE để khử nhiễu ảnh

Lựa chọn giữa ngưỡng này và ngưỡng universal bằng cách sử dụng (2.14). Các biểu thức s_d^2 và γ_d trong (2.15), cho $\sigma = 1$ phải sửa đổi phù hợp theo phương sai nhiễu và phương sai của hệ số trong các subband.

2.2.4.4 Phương pháp BayesShrink

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

$$GG_{\sigma_X, \beta}(x) = C(\sigma_X, \beta) \exp\{-[\alpha(\sigma_X, \beta)|x|]^\beta\} \quad (2.16)$$

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

$$\alpha(\sigma_X, \beta) = \sigma_X^{-1} \left[\frac{\Gamma(3/\beta)}{\Gamma(1/\beta)} \right]^{1/2} \quad (2.17)$$

$$\text{Và } C(\sigma_X, \beta) = \frac{\beta \cdot \alpha(\sigma_X, \beta)}{2\Gamma(1/\beta)} \quad (2.18)$$

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).

$$\tau(T) = E(\hat{X} - X)^2 = E_X E_{Y|X}(\hat{X} - X)^2 \quad (2.19)$$

Ngưỡng tối ưu T^* được cho bởi

$$T^*(\sigma_X, \beta) = \arg \min_T \tau(T) \quad (2.20)$$

$$\text{Giá trị ngưỡng } T_{BS}(\sigma_X) = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_X} \quad (2.21)$$

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:

$$Y=X+V \quad (2.22)$$

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 $N(0, \sigma_v^2)$.

$$\sigma_Y^2 = \sigma_X^2 + \sigma_V^2 \quad (2.23)$$

-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

$$\hat{\sigma}_v = \frac{\text{Median}(|HH_1|)}{0.6745} \quad (2.24)$$

- 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

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M A_m^2 \quad (2.25)$$

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:

$$T_{BS} = \frac{\hat{\sigma}_v^2}{\hat{\sigma}_x} \quad (2.26)$$

$$\text{Với } \hat{\sigma}_x = \sqrt{\max \hat{\sigma}_y^2 - \hat{\sigma}_v^2} \quad (2.27)$$

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 với thích nghi, dữ liệu hướng, subband và mức độ phụ thuộc gần ngưỡng tối ưu được cho bởi:

$$T_{BS} = \begin{cases} \frac{\hat{\sigma}_v^2}{\hat{\sigma}_x}, & \text{if } \hat{\sigma}_v^2 < \hat{\sigma}_y^2 \\ \max |A_m|, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.28)$$

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

2.3. Nén ảnh bằng Wavelet-JPEG2000

2.3.1. Lịch sử ra đời và phát triển chuẩn JPEG2000

Như chúng ta đã biết, sự ra đời của JPEG mang lại nhiều lợi ích to lớn về nhiều mặt. JPEG có thể giảm nhỏ kích thước ảnh, giảm thời gian truyền và làm giảm chi phí xử lý ảnh trong khi chất lượng ảnh là khá tốt. Tuy nhiên cho đến nay người ta mới chỉ ứng dụng dạng thức nén có tổn thất thông tin của JPEG vì mã hoá không tổn thất của JPEG là khá phức tạp. Để việc nén ảnh có hiệu quả hơn, Ủy ban JPEG đã đưa ra một chuẩn nén ảnh mới là JPEG2000. JPEG2000 sử dụng biến đổi Wavelet và các phương pháp mã hoá đặc biệt để có được ảnh nén ưu việt hơn hẳn JPEG. JPEG2000 hiện vẫn đang tiếp tục được phát triển, nhưng phần I đã được tổ chức ISO chấp nhận là chuẩn nén ảnh quốc tế áp dụng cho ảnh tĩnh. Chuẩn nén ảnh JPEG2000 mà xương sống là biến đổi Wavelet với tính năng vượt trội so với JPEG chắc chắn sẽ được sử dụng trong các server nội dung để chuyên đổi định dạng ảnh trong mạng di động. Chính vì thế, mục đích của chương này không chỉ giới thiệu một chuẩn nén ảnh dựa trên biến đổi Wavelet phổ biến mà còn đưa ra một lựa chọn nhằm giải quyết toàn cục bài toán đặt ra ở phần mở đầu.

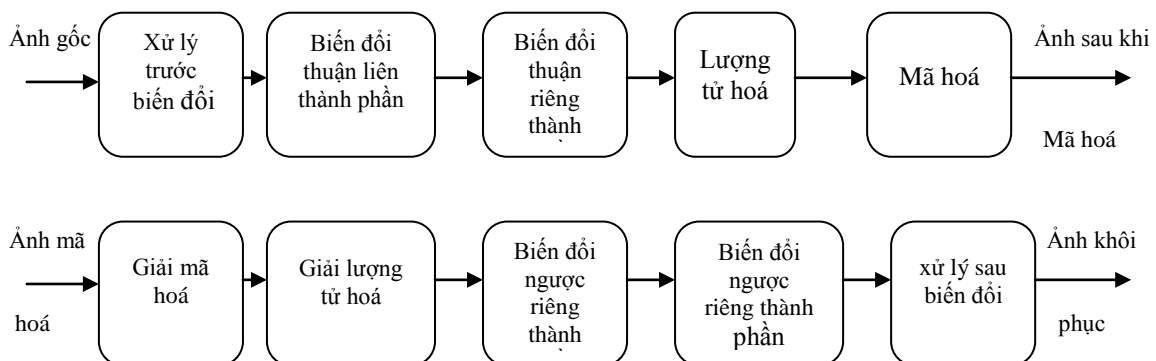
2.3.2. Các tính năng của JPEG2000

JPEG2000 có nhiều chức năng đặc biệt hơn mọi chuẩn nén ảnh tĩnh khác như JPEG hay GIF. Dưới đây là các chức năng ưu việt của JPEG2000 so với các chuẩn nén ảnh tĩnh khác:

- Cho chất lượng ảnh tốt nhất khi áp dụng nén ảnh tĩnh có tổn thất.
- Sử dụng được với truyền dẫn và hiển thị lũy tiến về chất lượng, độ phân giải, các thành phần màu và có tính định vị không gian.
- Sử dụng cùng một cơ chế nén ảnh cho cả hai dạng thức nén.
- Truy nhập và giải nén tại mọi thời điểm trong khi nhận dữ liệu.
- Giải nén từng vùng trong ảnh mà không cần giải nén toàn bộ ảnh
- Có khả năng mã hoá ảnh với tỉ lệ nén theo từng vùng khác nhau.
- Nén một lần nhưng có thể giải nén với nhiều cấp chất lượng tùy theo yêu cầu của người sử dụng

Hiện tại, ISO và uỷ ban JPEG đã đưa ra khuyến nghị thay thế JPEG bằng JPEG2000.

2.3.3. Các bước thực hiện nén ảnh theo chuẩn JPEG2000



Hình 2.7: Trình tự mã hoá (a) và giải mã JPEG2000 (b)

2.3.3.1. Xử lý trước biến đổi

Do sử dụng biến đổi Wavelet, JPEG2000 cần có dữ liệu ảnh đầu vào ở dạng đối xứng qua 0. Xử lý trước biến đổi chính là giai đoạn đảm bảo dữ liệu đưa vào nén ảnh có dạng trên. Ở phía giải mã, giai đoạn xử lý sau biến đổi sẽ trả lại giá trị gốc ban đầu cho dữ liệu ảnh.

2.3.3.2. Biến đổi liên thành phần

Giai đoạn này sẽ loại bỏ tính tương quan giữa các thành phần của ảnh. JPEG2000 sử dụng hai loại biến đổi liên thành phần là biến đổi màu thuận nghịch (Reversible Color Transform - RCT) và biến đổi màu không thuận nghịch (Irreversible Color Transform - ICT) trong đó biến đổi thuận nghịch làm việc với các giá trị nguyên, còn biến đổi không thuận nghịch làm việc với các giá trị thực. ICT và RCT chuyển dữ liệu ảnh từ không gian màu RGB sang YCrCb. RCT được áp dụng trong cả hai dạng thức nén có tổn thất và không tổn thất, còn ICT chỉ áp dụng cho nén có tổn thất. Công thức của biến đổi thuận và ngược của hai phép biến đổi ICT và RCT cho ở phần phụ lục. Việc áp dụng các biến đổi này trước khi nén ảnh không nằm ngoài mục đích làm tăng hiệu quả nén. Các thành phần Cr, Cb có ảnh hưởng rất ít tới sự cảm nhận hình ảnh của mắt trong khi thành phần độ chói Y có ảnh hưởng rất lớn tới ảnh. Chúng ta có thể thấy rõ hơn điều này trên hình vẽ 2.8:

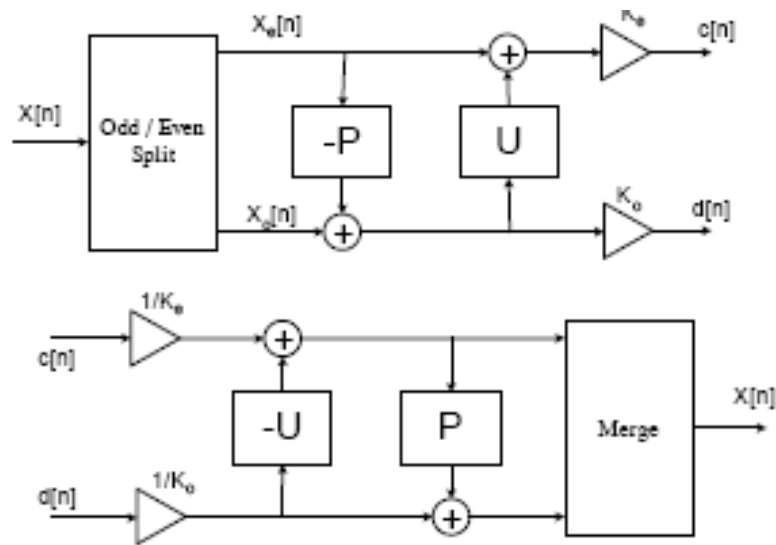


Hình 2.8: Minh họa ảnh với RGB và YCrCb

2.3.3.3. Biến đổi riêng thành phần (biến đổi Wavelet)

Biến đổi riêng thành phần được áp dụng trong JPEG2000 chính là biến đổi Wavelet. Để đảm bảo tính toàn vẹn thông tin cũng phải áp dụng các phép biến đổi thuận nghịch hoặc không thuận nghịch. Do phép biến đổi Wavelet không phải là một phép biến đổi trực giao như biến đổi DCT mà là một phép biến đổi băng con nên các thành phần sẽ được phân chia thành các băng tần số khác nhau và mỗi băng sẽ được

mã hóa riêng rẽ. JPEG2000 áp dụng biến đổi Wavelet nguyên thuận nghịch 5/3 (IWT) và biến đổi thực không thuận nghịch Daubechies 9/7. Việc tính toán biến đổi trong JPEG2000 này sẽ được thực hiện theo phương pháp Lifting (Công thức cụ thể của phương pháp Lifting và biến đổi Wavelet trong JPEG2000 cho ở phần phụ lục). Sơ đồ của phương pháp Lifting 1D áp dụng trong JPEG2000 trên hình 2.9. Việc tính toán biến đổi Wavelet 2D suy ra từ biến đổi Wavelet 1D theo các phương pháp phân giải ảnh tùy chọn. Trong JPEG2000 có 3 phương pháp phân giải ảnh nhưng phương pháp được sử dụng nhiều nhất chính là phương pháp kim tự tháp.



Hình 2.9: Phương pháp Lifting 1D dùng tính toán biến đổi Wavelet

$$V_{xy} = \left\lfloor \frac{U_{xy}}{\Delta} \right\rfloor \text{sgn} U(x, y) \quad (2.29)$$

với Δ là bước lượng tử, $U(x,y)$ là giá trị băng con đầu vào; $V(x,y)$ là giá trị sau lượng tử hoá. Trong dạng biến đổi nguyên, đặt bước lượng tử bằng 1. Với dạng biến đổi thực thì bước lượng tử sẽ được chọn tương ứng cho từng băng con riêng rẽ. Bước lượng tử của mỗi băng do đó phải có ở trong dòng bit truyền đi để phía thu có thể giải lượng tử cho ảnh.

Công thức giải lượng tử hoá là:

$$U(x, y) = \left\lceil \left\lfloor \frac{V(x, y)}{\Delta} \right\rfloor \right\rceil \text{sgn} V(x, y) \quad (2.30)$$

r là một tham số xác định dấu và làm tròn, các giá trị $(U_{x,y})$; $V(x,y)$ tương ứng là các giá trị khôi phục và giá trị lượng tử hoá nhận được. JPEG2000 không cho trước r tuy nhiên thường chọn $r = \frac{1}{2}$

2.3.3.4. Mã hoá và kết hợp dòng dữ liệu sau mã hoá

JPEG2000 theo khuyến nghị của uỷ ban JPEG quốc tế có thể sử dụng nhiều phương pháp mã hoá khác nhau cũng như nhiều cách biến đổi Wavelet khác nhau để có thể thu được chất lượng ảnh tương ứng với ứng dụng cần xử lý. Điều này giúp cho JPEG2000 mềm dẻo hơn nhiều so với JPEG. Việc áp dụng các phương pháp mã hoá khác nhau cũng được mở rộng sang lĩnh vực nén ảnh động bằng biến đổi Wavelet. Trong thực tế các phương pháp mã hoá ảnh được áp dụng khi nén ảnh bằng biến đổi Wavelet cũng như JPEG2000 thì có hai phương pháp được coi là cơ sở và được áp dụng nhiều nhất: phương pháp SPIHT và phương pháp EZW. Hiện nay JPEG2000 vẫn được áp dụng mã hoá bằng hai phương pháp này và một phương pháp phát triển từ hai phương pháp này là phương pháp mã hoá mặt phẳng bit. Vì thế ở đây chúng ta sẽ xem xét hai phương pháp này. Việc kết hợp dòng dữ liệu sau mã hoá của JPEG2000 thực chất là để thực hiện các tính năng đặc biệt của JPEG2000 như tính năng ROI v.v...

Phương pháp mã hoá SPIHT

Có thể thấy rằng dù áp dụng biến đổi Wavelet nào hay cùng với nó là một phép phân giải ảnh nào thì trong các băng con có số thứ tự thấp cũng là những thành phần tần số cao (mang thông tin chi tiết của ảnh trong khi những băng con có số thứ tự cao hơn thì sẽ chứa những thành phần tần số thấp (mang thông tin chính về ảnh)). Điều đó nghĩa là các hệ số chi tiết sẽ giảm dần từ băng con mức thấp (HH1 chẳng hạn) (ứng với thành phần tần số cao) xuống băng con mức cao (ứng với thành phần tần số thấp) và có tính tương tự về không gian giữa các băng con, ví dụ như một đường biên của hình vẽ trong ảnh sẽ tồn tại ở cùng một vị trí trên các băng con đó (tương ứng với mức độ phân giải của băng con ấy). Điều này đã dẫn tới sự ra đời của phương pháp SPIHT (Set partitioning in hierarchical trees - phương pháp mã hoá phân cấp theo phân vùng). Phương pháp SPIHT được thiết kế tối ưu cho truyền dẫn lưu trữ. Điều này có nghĩa là tại mọi thời điểm trong quá trình giải nén ảnh theo phương pháp mã hoá này thì chất lượng ảnh hiển thị tại thời điểm ấy là tốt nhất có thể đạt được với một số lượng bit đưa vào giải mã tính cho tới thời điểm ấy. Ngoài ra, phương pháp này sử dụng kỹ thuật embedded coding; điều đó có nghĩa là một ảnh sau nén với kích cỡ (lưu trữ) lớn

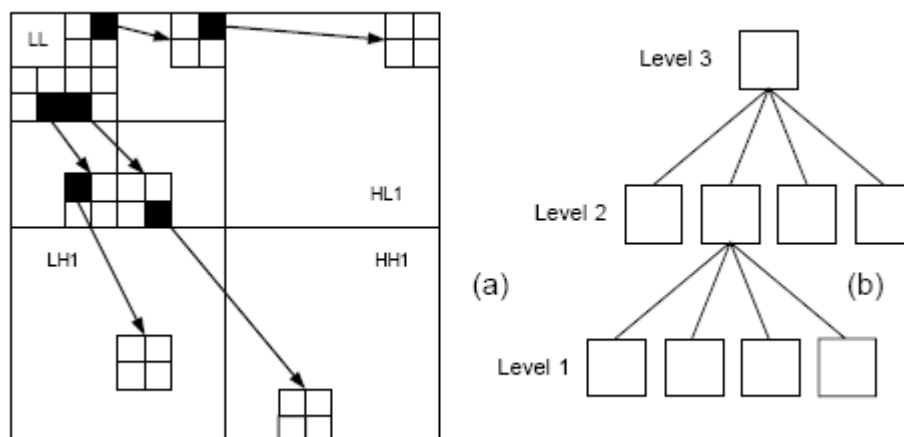
(tỷ lệ nén thấp) sẽ chứa chính dữ liệu sau nén của ảnh có kích cỡ (lưu trữ) nhỏ (tỷ lệ nén cao). Bộ mã hoá chỉ cần nén một lần nhưng có thể giải nén ra nhiều mức chất lượng khác nhau. Giả sử gọi các pixel trong một ảnh cần mã hoá là $p_{i,j}$. Áp dụng một phép biến đổi Wavelet T nào đó cho các pixel trong ảnh để tạo ra các hệ số của phép biến đổi Wavelet là $c_{i,j}$. Các hệ số này tạo ra một ảnh biến đổi là C. Phép biến đổi này được viết dưới dạng toán tử như sau: $C=T(p)$. Trong phương pháp truyền dẫn lũy tiến với ảnh thì bộ mã hoá sẽ bắt đầu quá trình khôi phục (giải nén) ảnh bằng cách đặt các giá trị của ảnh khôi phục từ các hệ số biến đổi là \hat{c} . Sử dụng các giá trị giải mã của các hệ số biến đổi để tạo ra một ảnh khôi phục (vẫn chưa áp dụng biến đổi ngược Wavelet) là \hat{p} và sau đó áp dụng biến đổi ngược Wavelet để tạo ra ảnh cuối cùng là \hat{p} . Chúng ta có thể viết dưới dạng toán tử như sau: $\hat{p} = T^{-1}(\hat{c})$. Nguyên tắc quan trọng của phương pháp truyền dẫn ảnh theo kiểu lũy tiến chính là phương pháp này luôn truyền đi các giá trị mang thông tin quan trọng hơn của ảnh đi trước. Sở dĩ làm như vậy là do các thông tin đó chính là các thông tin sẽ làm giảm thiểu nhiều nhất độ méo dạng của ảnh (sự sai khác giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục). Đây chính là lý do tại sao phương pháp SPIHT luôn truyền đi các hệ số lớn trước và cũng là một nguyên tắc quan trọng của phương pháp này. Một nguyên tắc nữa là các bit có trọng số lớn bao giờ cũng mang thông tin quan trọng nhất trong dữ liệu nhị phân. Phương pháp SPIHT sử dụng cả hai nguyên tắc này; nó sắp xếp các hệ số biến đổi và truyền đi các bit có trọng số lớn nhất. Quá trình giải mã có thể dừng lại ở bất kỳ một bước nào ứng với giá trị ảnh cần mã hoá yêu cầu. Đây chính là cách mà phương pháp mã hoá SPIHT làm tổn thất thông tin.

Phương pháp mã hoá EZW

Phương pháp mã hoá EZW (Embedded Zerotree Wavelet Encoder) cũng dựa trên cơ sở phép mã hoá lũy tiến (progressive coding) giống như phương pháp mã hoá SPIHT. Phương pháp này chủ yếu dựa trên khái niệm về cây zero (zerotree). Về cơ bản, thuật toán này dựa trên hai nguyên tắc như đã trình bày ở phần phương pháp mã hoá SPIHT. Sau đây chúng ta sẽ xem xét các khái niệm cơ bản của thuật toán:

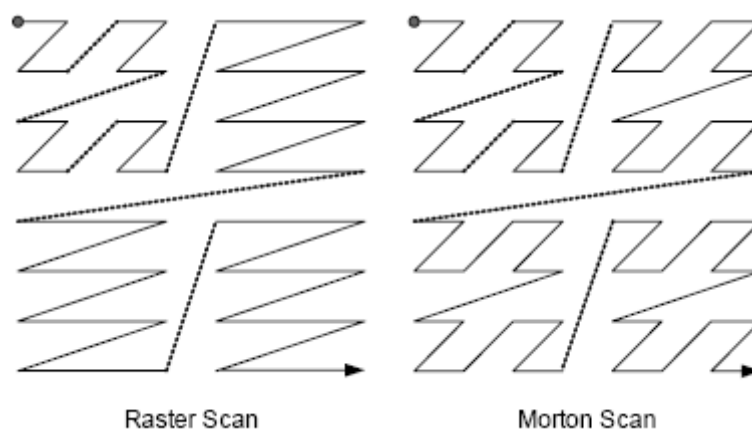
Cây tứ phân: Sau khi áp dụng biến đổi Wavelet ứng với các mức phân giải khác nhau chúng ta có thể biểu diễn các hệ số biến đổi dưới dạng một cây. Ta thấy rằng với cây biểu diễn này cứ mỗi nút cha thì có 4 nút con. Sở dĩ có được điều này là

do quá trình biến đổi Wavelet ở các tỷ lệ khác nhau. Ta gọi đây là các cây tứ phân (quadtree). Sơ đồ cây tứ phân được minh hoạ ở hình 2.10



Hình 2.10: Minh hoạ cây tứ phân (a) và sự phân mức (b)

Cây zero (zerotree): Cây zero là một cây tứ phân, trong đó tất cả các nút của nó đều nhỏ hơn nút gốc. Một cây như vậy khi mã hoá sẽ được mã hoá bằng một đối tượng duy nhất và khi giải mã thì chúng ta cho tất cả các giá trị bằng không. Ngoài ra để có thể mã hoá được các hệ số Wavelet trong trường hợp này, giá trị của nút gốc phải nhỏ hơn giá trị ngưỡng đang được xem xét ứng với hệ số Wavelet đó. Sau khi có đủ các khái niệm cần thiết về cây tứ phân và cây zero, chúng ta có thể trình bày nguyên lý hoạt động của thuật toán. Thuật toán sẽ mã hoá các hệ số theo thứ tự giảm dần. Chúng ta sẽ dùng một giá trị gọi là ngưỡng (threshold) và sử dụng ngưỡng này để tiến hành mã hoá các hệ số biến đổi. Các hệ số được mã hoá theo thứ tự từ vùng tần số thấp đến vùng tần số cao. Và chỉ những hệ số có giá trị tuyệt đối lớn hơn hoặc bằng ngưỡng thì mới được mã hoá. Tiếp theo giảm ngưỡng và tiếp tục làm như vậy cho tới khi ngưỡng đạt tới một giá trị nhỏ hơn giá trị của hệ số nhỏ nhất. Cách giảm giá trị ngưỡng ở đây thực hiện tương đối đặc biệt, giá trị của ngưỡng giảm xuống một nửa so với trước đó. Bộ giải mã phải biết các mức ngưỡng này thì mới có thể giải mã ảnh thành công. Nhưng khi ta đi từ nút cha đến nút con trong cây tứ phân thì nó vẫn có 3 nút con. Vậy ta phải đi theo nhánh có nút con nào trước. Hay nói một cách đầy đủ hơn ta di chuyển từ hệ số nào đến hệ số khác theo thứ tự như thế nào. Có nhiều cách di chuyển khác nhau, tuy nhiên hai cách di chuyển trên hình 2.11 được sử dụng nhiều nhất.



Hình 2.11: Hai cách sắp xếp thứ tự các hệ số biến đổi

Việc sắp xếp này còn phải được quy ước thống nhất giữa quá trình mã hoá và quá trình giải mã để việc giải mã ảnh được thành công. Trên đây chỉ là nguyên lý cơ bản của phương pháp mã hoá EZW. Chi tiết về thuật toán mã hoá có thể xem ở phần chương trình. Hiện nay phương pháp mã hoá này được áp dụng ngày càng nhiều nén ảnh động. Phương pháp này cho tỉ lệ nén và độ tin cậy giải mã cao. Ngoài ra phương pháp EZW rất dễ triển khai trên máy tính bởi phương pháp này không yêu cầu việc lập trình quá phức tạp.

2.3.4. So sánh chuẩn JPEG2000 với chuẩn JPEG và các chuẩn nén ảnh tĩnh khác

Một tính năng quan trọng và là ưu điểm rõ nét nhất của JPEG2000 so với JPEG cũng như các chuẩn nén ảnh khác như MPEG 4 VTC hay JPEG-LS v.v.... là JPEG2000 đưa ra cả hai kỹ thuật nén có tổn thất và không tổn thất theo cùng một cơ chế mã hoá nghĩa là JPEG2000 thực hiện tất cả các dạng thức của JPEG chỉ bằng một cơ chế mã hoá duy nhất. Nếu xét về sự tồn tại của hai kỹ thuật này thì JPEG cũng có khả năng nén ảnh có tổn thất và không tổn thất thông tin. Tuy nhiên với JPEG thì cơ chế mã hoá với hai dạng này là khác nhau và rất khó để sử dụng cả hai dạng này cùng lúc cho cùng một ứng dụng. Do đó, có thể thấy rằng JPEG có tính mềm dẻo hơn bất kỳ chuẩn nén ảnh tĩnh nào trước đây. Hơn thế, chúng ta đã thấy rằng tất cả các phương pháp thiết kế cho chuẩn JPEG2000 đều ưu việt và có nhiều tính năng hơn so với JPEG; ngoài ra những thống kê về thực tế cho thấy với cùng một tỷ lệ nén và một loại ảnh thì ảnh được nén bởi JPEG2000 hầu như luôn có chất lượng tốt hơn so với JPEG. Chúng ta xem xét hai ảnh trên hình 2.12 để thấy rõ điều này, ảnh bên trái được nén theo JPEG còn ảnh bên phải được nén theo JPEG2000



JPEG



JPEG2000



JPEG



JPEG2000

Hình 2.12: So sánh JPEG và JPEG2000

Tính năng ưu việt thứ hai của JPEG2000 so với JPEG chính là trong dạng thức nén có tổn thất thông tin, JPEG2000 có thể đưa ra tỷ lệ nén cao hơn nhiều so với JPEG. Các phần mềm nén ảnh JPEG hiện tại (kể cả Photoshop) cũng chỉ thiết kế để có thể nén được tới tỷ lệ 40:1 nhưng với JPEG2000 thì tỷ lệ nén có thể lên tới 200:1. Theo công thức tính PSNR trong đơn vị dB, chúng ta có

$$PSNR \text{ (dB)} = -20 \log \left(\frac{RMSE}{2^b - 1} \right) \quad (2.31)$$

Với hai ảnh ở hình 2.12, sự so sánh về tham số PSNR cho trên bảng 2.13. Để có thể so sánh dễ dàng hơn, ta xét ảnh được nén với các tỷ lệ khác nhau (đo lường bởi hệ số bit/pixel hay bpp). Tất cả các số liệu trên bảng đều cho thấy JPEG2000 nén ảnh tốt hơn là JPEG; hơn thế hệ số PSNR mà chúng ta xét trong bảng được đo trong hệ đơn vị logarit.

Bảng 2.13 dưới đây so sánh tỉ số tín hiệu đỉnh trên nhiễu của 2 chuẩn nén ảnh.

Bit per pixel	0.125	0.50	2.00
Ảnh 1 theo JPEG	24.42	31.17	35.15
Ảnh 1 theo JPEG2000	28.12	32.95	37.35
Ảnh 2 theo JPEG	22.6	28.92	35.99
Ảnh 2 theo JPEG2000	24.85	31.13	38.80

Bảng 2.13: So sánh JPEG và JPEG2000

Tính năng ưu việt thứ 3 của JPEG2000 so với JPEG là chuẩn nén ảnh này có thể hiển thị được các ảnh với độ phân giải và kích thước khác nhau từ cùng một ảnh nén. Với JPEG thì điều này là không thể thực hiện được. Sở dĩ có điều này là do JPEG2000 sử dụng kỹ thuật phân giải ảnh và mã hoá đỉnh kèm mà chúng ta đã nói tới ở phần mã hoá ảnh theo JPEG2000. Tính năng này là một lợi thế đặc biệt quan trọng của JPEG2000, trong khi JPEG cũng như các chuẩn nén ảnh tĩnh trước đây phải nén nhiều lần để thu được chất lượng với từng lần nén khác nhau thì với JPEG2000 ta chỉ cần nén một lần còn chất lượng ảnh thì sẽ được quyết định tùy theo người sử dụng trong quá trình giải nén ảnh theo JPEG2000. Một tính năng ưu việt nữa của JPEG2000 là tính năng mã hoá ảnh quan trọng theo vùng (ROI - Region of Interest) mà chúng ta đã đề cập trong phần mã hoá ảnh theo JPEG2000. Chất lượng của toàn bộ ảnh cũng được thấy rõ trên hình 2.14.



Hình 2.14: Minh hoạ tính năng ROI

Như chúng ta thấy trên hình 2.14, chất lượng của vùng ảnh được lựa chọn tăng cao hơn khi vùng đó được áp dụng phương pháp nén ảnh ROI.JPEG2000 còn có một khả năng đặc biệt ưu việt hơn so với JPEG, đó chính là khả năng vượt trội trong khôi phục lỗi. Đó là khi một ảnh được truyền trên mạng viễn thông thì thông tin có thể bị nhiễu; với các chuẩn nén ảnh như JPEG thì nhiễu này sẽ được thu vào và hiển thị, tuy nhiên với JPEG2000, do đặc trưng của phép mã hoá có thể chống lỗi, JPEG2000 có thể giảm thiểu các lỗi này tới mức hầu như không có. Sau khi xem xét các tính năng vượt trội của JPEG2000 so với JPEG (chuẩn nén ảnh thông dụng nhất hiện nay) chúng ta so sánh chức năng của JPEG2000 với một số chuẩn nén ảnh như là JPEG - LS; PNG; MPEG 4 VTC qua bảng 2.15 (Dấu + biểu thị chuẩn đó có chức năng tương ứng, số dấu + càng nhiều thì chuẩn đó thực hiện chức năng tương ứng càng tốt) dấu - biểu thị chuẩn tương ứng không hỗ trợ tính năng đó)

	JPEG2000	JPEG -LS	JPEG	MPEG- 4VTC	PNG
Khả năng nén ảnh không tổn thất	+++	++++	+	-	+++
Khả năng nén ảnh có tổn thất	+++++	+	+++	++++	-
Khả năng luỹ tiến trong khôi phục ảnh	+++++	-	++	+++	+
Kỹ thuật mã hoá theo vùng ROI	+++	-	-	+	-
Khả năng tương tác với các vật thể có hình dạng bất kỳ	-	-	-	++	-
Khả năng truy nhập ngẫu nhiên dòng bit bất kỳ của ảnh nén	++	-	-	-	-
Tính đơn giản	++	+++++	+++++	+	+++
Khả năng khôi phục lỗi	+++	++	++	+++	+
Khả năng thay đổi tỷ lệ nén	+++	-	-	+	-
Tính mềm dẻo(khả năng nén nhiều loại ảnh khác nhau)	+++	+++	++	++	+++

Bảng 2.15: So sánh tính năng của JPEG2000 với các chuẩn nén ảnh tĩnh khác

Từ bảng trên chúng ta có thể thấy các tính năng vượt trội và khả năng ưu việt của JPEG2000 so với các chuẩn nén ảnh tĩnh trước đây.

KẾT LUẬN

Đồ án đã trình bày cơ sở lý thuyết của các phép biến đổi được áp dụng trong các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện di động như Fourier và Wavelet. Từ đó đưa ra được các ứng dụng quan trọng của biến đổi Wavelet trong kỹ thuật xử lý ảnh (giảm nhiễu, nén ảnh...) nhằm nâng cao chất lượng hình ảnh đáp ứng được nhu cầu sử dụng dịch vụ dữ liệu đa phương tiện di động ngày càng phát triển.

Hướng phát triển nghiên cứu trong tương lai:

- Có thể phát triển kết quả nghiên cứu cho các lĩnh vực xử lý ảnh viễn thám, ảnh y sinh...
- Đồ án mới đưa ra ứng dụng của Wavelet cho xử lý ảnh trong đa phương tiện di động. Với những ưu điểm của Wavelet khiến nó có thể áp dụng cho âm thanh, video, bảo mật...
- Để nâng cao hơn hiệu quả khử nhiễu có thể áp dụng phương pháp đặt ngưỡng tối ưu với nén ảnh.
- Đồ án mới đưa ra ứng dụng của Wavelet cho xử lý ảnh tĩnh trong dữ liệu đa phương tiện di động. Với những ưu điểm của Wavelet khiến nó có thể áp dụng cho âm thanh, video, bảo mật...
- Nghiên cứu khả năng ứng dụng chuẩn JPEG2000 cho dữ liệu đa phương tiện trong thông tin di động nhằm tương thích dữ liệu hình ảnh giữa các thuê bao, khử nhiễu, khôi phục lỗi mất gói tin...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Martin Vetterli - Jelena Kovacevic - “*Wavelet and Subband Coding*”(1995)
2. Satish Kumar - “*An Introduction to Image Compression*” (10/2001)
3. Jin Li - “*Image Compression - the Mechanics of the JPEG2000*”(2001)
4. David Salomon - “*Data Compression - The Complete Reference*” (2001)
5. Lương Mạnh Bá - TS. Nguyễn Thanh Thủy - “*Nhập môn xử lý ảnh số*”(1999)
6. Nguyễn Kim Sách – “*Xử lý ảnh và video số*” – NXB KHKT, 1997
7. Đỗ Hoàng Tiến, Vũ Đức Lý – “*Truyền hình số*” – NXB KHKT, 2000
8. PGS. TS. Hồ Anh Tuý - “*Xử lý tín hiệu số*” (2002)
9. Thomas Sikora – “*MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards*”.
10. Borko Furht, Stephen W.Smoliar, Hong Jiang Zhang – “*Video and Image Processing in multimedia systems*”.
11. Thomas Sikora – “*Digital Video Coding Standards and Their Role in Video*” Communications - Signal Processing for Multimedia, J.S. Byrnes (Ed), IOS Press, 1999.
12. Anil K. Jain - “*Fundamental of Digital Image Processing*”(1994)
13. Geoffrey Davis - Arina Nosratinia - “*Wavelet-Based Image Encoding - Overview*” (1997)
14. Michael David Adams - “*JPEG2000 - The Next Standard for Still Image Compressing*” (12/2002)
15. Y. Kheong Chee - “*Information Theory and Its Application to*