**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

**🙠🕮🙢**

**Đồ án 9**

**Khảo sát phép biến đổi Wavelet  
 trên ảnh RGB-D**

GVHD: PGS. TS. Lý Quốc Ngọc

Nhóm thực hiện:

Ngành Khoa Học Máy Tính – Cao học khóa 23

1. Hồ Quang Minh - 1211042
2. Đỗ Đặng Minh - 1311015
3. Huỳnh Công Toàn - 1311026
4. Dương Xuân Long - 1311048
5. Hồ Văn Tấn - 1311058

*Tp. Hồ Chí Minh, tháng 10 năm 2014*

# Thông tin nhóm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **MSHV** | **Họ tên** | **Email** | **Điện thoại** |
| 1211042 | Hồ Quang Minh | [minhho242@gmail.com](mailto:minhho242@gmail.com) | 093-332-1322 |
| 1311015 | Đỗ Đặng Minh (nhóm trưởng) | [masterminh219@gmail.com](mailto:masterminh219@gmail.com) | 0168-993-5242 |
| 1311026 | Huỳnh Công Toàn | [alex7huynh@gmail.com](mailto:alex7huynh@gmail.com) | 0121-516-1090 |
| 1311048 | Dương Xuân Long | [xuanlong.8888@gmail.com](mailto:xuanlong.8888@gmail.com) | 097-357-0042 |
| 1311058 | Hồ Văn Tấn | [tanhv90@gmail.com](mailto:tanhv90@gmail.com) | 090-290-9334 |

# Danh mục các kí hiệu, chữ viết tắt và ý nghĩa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Từ viết tắt** | **Nghĩa tiếng Anh** | **Nghĩa tiếng Việt** |
| CWT | Continuous wavelet transform | Biến đổi wavelet liên tục |
| DoF | Depth of field | Độ sâu trường ảnh |
| DWT | Discrete wavelet transform | Biến đổi wavelet rời rạc |
| EZW | Embedded Zerotree Wavelet | Wavelet cây zero |
| FWT | Fast wavelet transform | Biến đổi wavelet nhanh |
| MRA | Multiresolution analysis | Phân tích đa phân giải |
| SPIHT | Set partitioning in hierarchical tree | Mã hóa phân cấp theo vùng |

# Danh mục các hình

[**Hình 1:** Dạng sóng wavelet 3](#_Toc398750425)

[**Hình 2:** Lát cắt tần số-thời gian của biến đổi Fourier và biến đổi wavelet 4](#_Toc398750426)

[**Hình 3:** Daubechies wavelet 5](#_Toc398750427)

[**Hình 4:** Mexican hat wavelet 5](#_Toc398750428)

[**Hình 5:** Morlet wavelet 6](#_Toc398750429)

[**Hình 6:** Shannon wavelet 6](#_Toc398750430)

[**Hình 7:** Haar wavelet 7](#_Toc398750431)

[**Hình 8:** giàn bộ lọc phân tích của FWT 2-D 8](#_Toc398750432)

[**Hình 9:** kết quả phân giải FWT-2D 9](#_Toc398750433)

[**Hình 10:** giàn bộ lọc tổng hợp của FWT 2-D 9](#_Toc398750434)

[**Hình 11:** cây phân giải gói wavelet cấp 3 10](#_Toc398750435)

[**Hình 12:** gói wavelet Haar 11](#_Toc398750436)

[**Hình 13:** các gói wavelet được tổ chức thành cây 11](#_Toc398750437)

[**Hình 14:** Trình tự mã hóa (a) và giải mã JPEG 2000 (b) 12](#_Toc398750438)

[**Hình 15:** Minh họa ảnh RGB và YCrCb 13](#_Toc398750439)

[**Hình 16:** Phương pháp Lifting 1D dùng tính toán biến đổi wavelet 13](#_Toc398750440)

Mục lục

[Thông tin nhóm 1](#_Toc399267894)

[Danh mục các kí hiệu, chữ viết tắt và ý nghĩa 1](#_Toc399267895)

[Danh mục các hình 1](#_Toc399267896)

[I. Giới thiệu 3](#_Toc399267897)

[1) Tổng quan về wavelet 3](#_Toc399267898)

[2) Một số loại wavelet 5](#_Toc399267899)

[II. Wavelet trên ảnh màu RGB 7](#_Toc399267900)

[1) Biến đổi wavelet liên tục 7](#_Toc399267901)

[2) Biến đổi wavelet rời rạc 8](#_Toc399267902)

[3) Biến đổi wavelet phức 10](#_Toc399267903)

[4) Biến đổi wavelet nhanh 10](#_Toc399267904)

[5) Biến đổi wavelet 2-D 10](#_Toc399267905)

[6) Gói wavelet 12](#_Toc399267906)

[7) Phân tích đa phân giải 14](#_Toc399267907)

[III. Wavelet trên ảnh độ sâu 14](#_Toc399267908)

[1) Ảnh độ sâu 14](#_Toc399267909)

[2) Ảnh màu-độ sâu 14](#_Toc399267910)

[IV. Ứng dụng của Wavelet 14](#_Toc399267911)

[1) Nén ảnh JPEG 2000 14](#_Toc399267912)

[2) Nén video 17](#_Toc399267913)

[3) Nén âm thanh 17](#_Toc399267914)

[4) Lưu trữ vân tay điện tử 18](#_Toc399267915)

[5) Chứng thực vân tay 18](#_Toc399267916)

[6) Giảm nhiễu 18](#_Toc399267917)

[7) Các ứng dụng khác 19](#_Toc399267918)

[V. Chương trình minh họa 19](#_Toc399267919)

[1) Tập dữ liệu ảnh 19](#_Toc399267920)

[2) Môi trường lập trình 19](#_Toc399267921)

[3) Mô tả ứng dụng 19](#_Toc399267922)

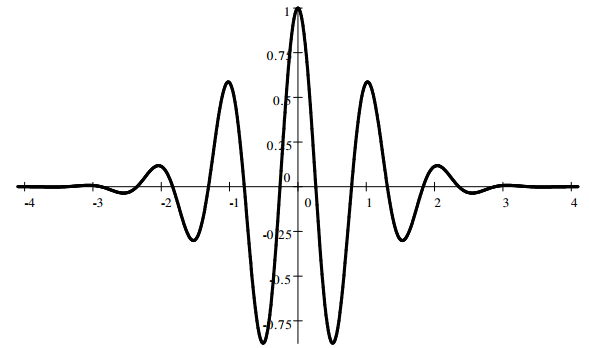
[VI. Tổng kết 19](#_Toc399267923)

[VII. Tài liệu tham khảo 20](#_Toc399267924)

# Giới thiệu

1. Tổng quan về wavelet

Trong toán học, một dãy wavelet là một hàm số biểu diễn bình phương khả tích (giá trị thực hoặc giá trị phức) bằng một dãy trực chuẩn tạo ra bởi một sóng wavelet. Ngày nay, biến đổi wavelet là một trong những phương pháp biến đổi mạnh nhất trong biến đổi thời gian - tần số.



**Hình 1:** Dạng sóng wavelet

Biến đổi Fourier là biến đổi được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành khoa học và kỹ thuật. Biến đổi Fourier chuyển một hàm tín hiệu từ miền thời gian sang tần số, nhờ đó chúng ta có thể biết được tín hiệu có các thành phần tần số nào. Tuy nhiên biến đổi Fourier có một điểm yếu là với một tín hiệu thì chúng ta không thể biết được tại một thời điểm *t*, tín hiệu đó có các thành phần tần số nào. Biến đổi wavelet ra đời đã khắc phục được điểm yếu đó. Dù chỉ làm việc với tín hiệu một chiều nhưng sau khi biến đổi xong, ta thu được một hàm số hai biến minh họa các thành phần tần số khác nhau của tín hiệu tại thời điểm *t*.

Một hàm được gọi là wavelet trực chuẩn nếu nó có thể được dùng để định nghĩa một cơ sở Hilbert (hệ trực chuẩn hoàn chỉnh) cho không gian Hilbert của các hàm bình phương khả tích.

Cơ sở Hilbert được xây dựng từ các hàm bằng trung bình tịnh tiến và giãn theo cặp của .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-1) |

với .

Họ các hàm này là hệ trực chuẩn nếu nó là trực chuẩn trong tích nội trên .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-2) |

trong đó là Kronecker delta.

Chúng thỏa tính hoàn chỉnh nếu mỗi hàm có thể mở rộng trong cơ sở thành

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-3) |

Một hàm f được biểu diễn như vậy được gọi là một dãy wavelet. Nó hàm ý rằng một wavelet trực chuẩn là tự đối ngẫu.

Biến đổi wavelet tích phân là một hàm tích phân được định nghĩa như sau:

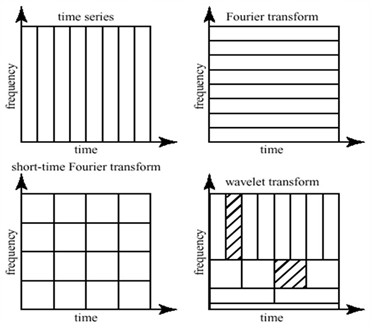
|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-3) |

τ quyết định vị trí của wavelet trên miền thời gian.

s quyết định vị trí của wavelet trên miền tần số.

là wavelet mẹ (Daubechies-n, Mexican hat, Morel,…).

Hệ số wavelet .



**Hình 2:** Lát cắt tần số-thời gian của biến đổi Fourier và biến đổi wavelet

Công thức wavelet và biến đổi Fourier rất giống nhau. Điểm khác biệt chính là biến đổi Fourier không có tham số xác định thời gian và dùng hàm sin, cosin thay cho hàm wavelet.

STFT thời gian liên tục:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-4) |

STFT thời gian rời rạc:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-5) |
|  |  |

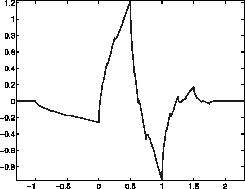
trong đó là hàm cửa sổ, là tham số thời gian, là tham số tần số, là tín hiệu cần phân tích, là nhân của biến đổi Fourier.

Trong khi đó biến đổi wavelet được biểu diễn trong miền tần số:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1-6) |

1. Một số loại wavelet

Daubechies wavelet: dựa trên nghiên cứu của Ingrid Daubechies là một họ của wavelet trực chuẩn được định nghĩa trong biến đổi wavelet rời rạc. Với mỗi loại wavelet của lớp này, có một hàm tỷ lệ (wavelet cha) tạo ra phân tích đa phân giải trực giao.

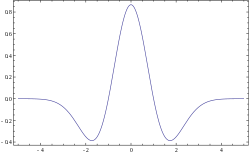


**Hình 3:** Daubechies wavelet

Biến đổi Daubechies là một trong những biến đổi phức tạp nhất trong biến đổi wavelet. Họ biến đổi này được áp dụng rất rộng rãi như nén ảnh JPEG 2000.

Mexican hat wavelet (Ricker wavelet): là một dạng đặc biệt trong họ biến đổi wavelet liên tục:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2-1) |

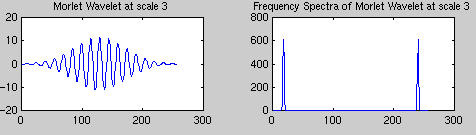


**Hình 4:** Mexican hat wavelet

Morlet wavelet:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2-2)  (1.2-3) |

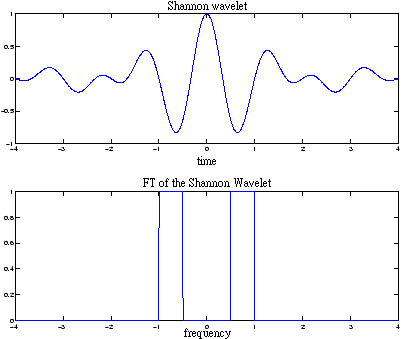
trong đó là hàm số bậc thang.



**Hình 5:** Morlet wavelet

Shannon wavelet:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2-4) |
|  | (1.2-5) |



**Hình 6:** Shannon wavelet

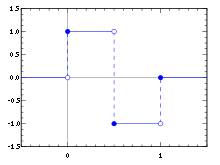
Haar wavelet:

là wavelet mẹ được định nghĩa là:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2-6) |

là hàm tỷ lệ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2-7) |



**Hình 7:** Haar wavelet

Biến đổi Haar wavelet là biến đổi đơn giản nhất trong các phép biến đổi wavelet. Do tính chất đơn giản của Haar wavelet nên nó được ứng dụng nhiều trong nén ảnh.

# Wavelet trên ảnh màu RGB

1. Biến đổi wavelet liên tục

Biến đổi wavelet liên tục của một hàm *f(t)* được bắt đầu từ một hàm wavelet mẹ . Hàm wavelet mẹ có thể là bất kỳ hàm số thực hoặc một hàm phức có thể thỏa mãn các tính chất sau:

* Tích phân suy rộng trên toàn bộ trục *t* của hàm là bằng 0:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-1) |

* Tích phân năng lượng của hàm trên toàn bộ trục *t* là một số hữu hạn (hay còn gọi là bình phương khả tích).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-2) |

Ở đây, bình phương khả tích nghĩa là tích phân của bình phương của giá trị tuyệt đối của hàm số đó là hữu hạn. Modulo bằng nhau hầu như khắp nơi nghĩa là các hàm số này có thể được xác định nếu và chỉ nếu chúng bằng nhau bên ngoài một tập có độ đo bằng không. Như vậy, hàm wavelet này sẽ thuộc không gian *L2(R)* các hàm bình phương khả tích. Sau khi hàm wavelet được lựa chọn, biến đổi wavelet liên tục của một hàm bình phương khả tích *f(t)* được tính theo công thức như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-3) |

Trong đó:

quyết định vị trí của wavelet trên miền thời gian.

quyết định vị trí của wavelet trên miền tần số.

là wavelet mẹ (Daubechies-n, Mexican hat, Morel,…).

Biến đổi này là một hàm của hai tham số thực và . Dấu \* ký hiệu là liên hợp phức của . Chúng ta định nghĩa hàm wavelet con theo biểu thức sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-4) |

Như vậy, hàm wavelet liên tục của hàm *f(t)* có thể được biểu diễn như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-5) |

Với công thức như trên, hàm wavelet liên tục là tích vô hướng của hai hàm và . Giá trị là hệ số chuẩn hóa để đảm bảo rằng tích phân năng lượng của hàm độc lập với 2 giá trị tham số thực và .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-6) |

Với mỗi gia trị của  và , thì hàm là một bản sao của hàm được dịch đi đơn vị trên trục thời gian. Do đó, làm tham số dịch. Nếu đặt = 0, thì ta thu được:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-7) |

Như vậy, ở đây đóng vai trò là tham số tỷ lệ. Nếu  thì hàm wavelet sẽ được trải rộng, còn khi thì hàm sẽ được co lại.

Nghịch đảo CWT: khi wavelet là giá trị thực có thể tái tạo lại :

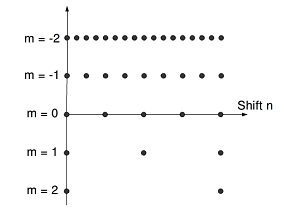
|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1-8) |

1. Biến đổi wavelet rời rạc

Việc tính toán các hệ số wavelet tại tất cả các tỷ lệ là một công việc hết sức phức tạp. Nếu tính toán như vậy, sẽ tạo ra một lượng dữ liệu khổng lồ. Để giảm thiểu công việc tính toán, người ta chỉ chọn ra một tập nhỏ các giá trị tỉ lệ và các vị trí để tiến hành tính toán. Hơn nữa, nếu việc tính toán được tiến hành tại các tỷ lệ và các vị tri trên cơ sở lũy thừa cơ số 2 thì kết quả thu được sẽ hiệu quả và chính xác hơn rất nhiều. Quá trình chọn tỷ lệ và các vị trí để tính toán như trên tạo thành lưới nhị tố (dyadic). Một phân tích như trên hoàn toàn có thể thực hiện được nhờ biến đổi wavelet rời rạc (DWT). Do đó, việc tính toán DWT thực chất là sự rời rạc hóa biến đổi wavelet liên tục. Việc rời rạc hóa có thể thực hiện với sự lựa các hệ số τ và s như sau

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2-1) |

Việc tính toán các hệ số của biến đổi Wavelet rời rạc có thể thực hiện bằng các bang lọc số nhiều nhịp đa kênh.



**Hình 8:** Minh họa lưới dyadic cho m, n

Chúng ta có tập wavelet rời rạc và tập tỷ lệ rời rạc .

Đặt

Không gian con có thể được biểu diễn bằng tổng hiệu chỉnh của các hàm mở rộng của không gian con .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2-2) |

Suy ra:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2-3) |

trong đó là hệ số hàm tỷ lệ.

Tương tự, định nghĩa

Ta có

Bất kỳ hàm wavelet nào cũng có thể được biểu diễn bằng tổng hiệu chỉnh của các hàm tỷ lệ phân giải kép dịch chuyển trong đó là hệ số hàm wavelet.

Khi áp dụng nguyên tắc mở rộng dãy, hệ số DWT của được định nghĩa là:

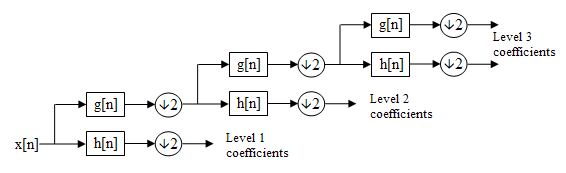
|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2-4) |
|  | (2.2-5) |

Trong đó là tỷ lệ tùy ý, là thừa số chuẩn hóa.

Chúng ta cũng có nghịch đảo DWT:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2-6) |

Bản chất của DWT là hệ thống các bộ lọc. Có 2 bộ lọc: bộ lọc wavelet là bộ lọc thông tần số cao và bộ lọc tỷ lệ là bộ lọc thông tần số thấp.



**Hình 9:** bộ lọc wavelet

Trong đó g[n] là bộ lọc thông tần số thấp như hàm tỷ lệ, h[n] là bộ lọc thông tần số như hàm wavelet mẹ.

1. Biến đổi wavelet phức
2. Biến đổi wavelet nhanh
3. Biến đổi wavelet 2-D

Biến đổi một chiều dễ dàng mở rộng thành các hàm biến đổi hai chiều như ảnh. Trong hai chiều cần dùng hàm tỷ lệ hai chiều và ba hàm wavelet hai chiều , , . Mỗi hàm là tích của hai hàm wavelet một chiều. Loại trừ tích chỉ tạo ra kết quả một chiều như , bốn tích còn lại tạo ra hàm tỷ lệ riêng lẻ

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5-1) |

và các hàm wavelet riêng lẻ theo hướng

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5-2) |
|  | (2.5-3) |
|  | (2.5-4) |

đo sự thay đổi theo cột (cạnh đứng), đo sự thay đổi theo dòng (cạnh ngang), đo sự thay đổi theo đường chéo.

Chúng ta có các hàm tịnh tiến và tỷ lệ cơ sở:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5-5) |
|  | (2.5-6) |

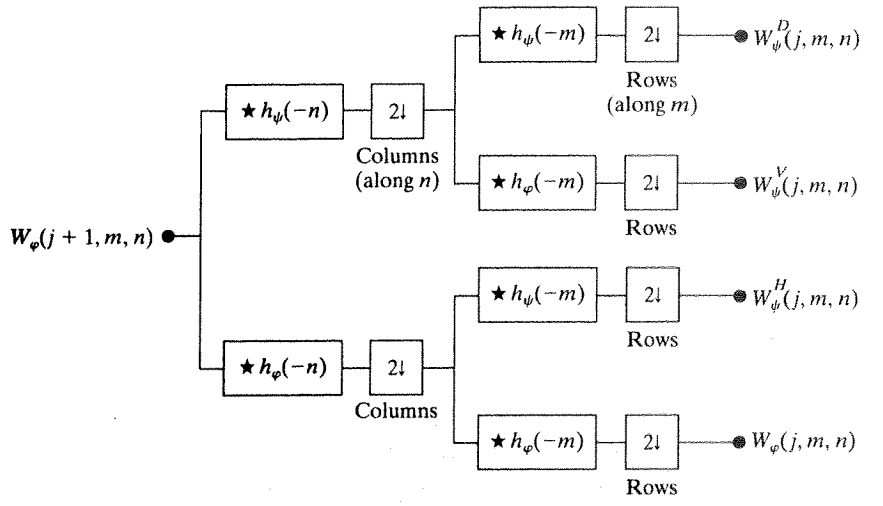
Biến đổi wavelet rời rạc của ảnh với kích thước là:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5-7) |
|  | (2.5-8) |

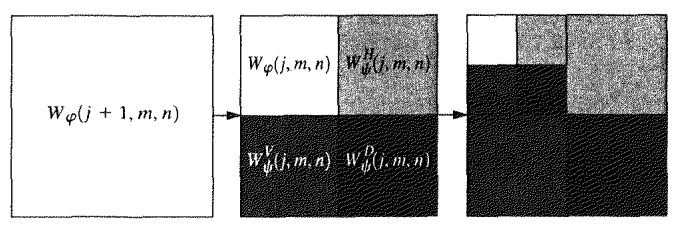
Như trong trường hợp một chiều, là tỷ lệ tùy ý và các hệ số định nghĩa một xấp xỉ ở tỷ lệ . Các hệ số bổ sung thông tin ngang, dọc, chéo cho tỷ lệ . Thông thường, chúng ta đặt và chọn với và . Với và như trên, chúng ta có nghịch đảo biến đổi wavelet rời rạc như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5-9) |

Như biến đổi wavelet rời rạc một chiều, DWT 2-D có thể cài đặt bằng bộ lọc số (digital filter) và bộ giảm mẫu (downsampler). Với các hàm wavelet và tỷ lệ hai chiều tách biệt, chúng ta chỉ cần lấy 1-D FWT các dòng của , sau đó là 1-D FWT của cột kết quả.

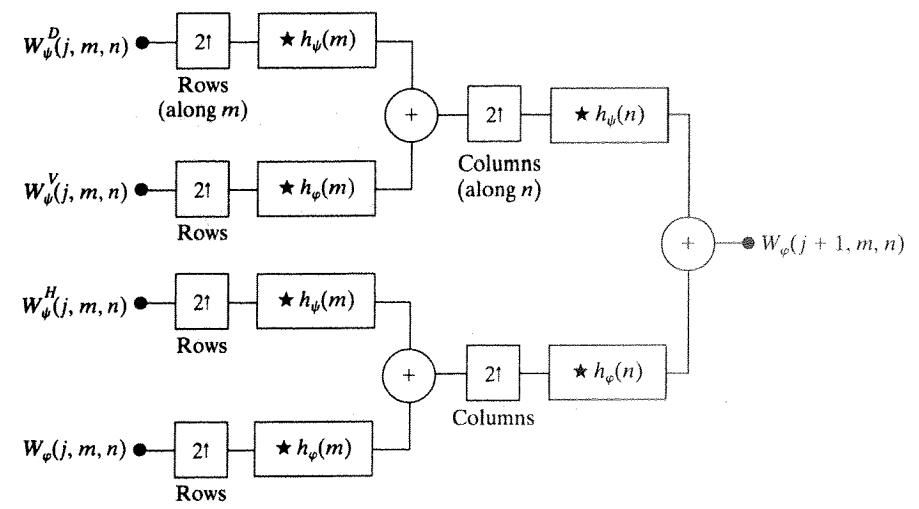


**Hình 10:** giàn bộ lọc phân tích của FWT 2-D



**Hình 11:** kết quả phân giải FWT-2D

Thuật toán tổng hợp tương tự như trường hợp một chiều. Ở mỗi vòng lặp, tỷ lệ xấp xỉ j và chi tiết ảnh con được tăng mẫu (upsample) và chập lại với hai bộ lọc một chiều - một bộ lọc trên cột của ảnh con và một bộ lọc trên dòng.



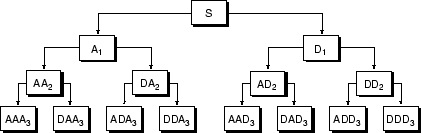
**Hình 12:** giàn bộ lọc tổng hợp của FWT 2-D

1. Gói wavelet

Phương pháp gói wavelet là tổng quát hóa của phân giải FWT giúp phân tích tín hiệu tốt hơn. Chi phí của việc phân giải này làm độ phức tạp tính toán tăng từ của FWT lên của gói wavelet.

Trong thủ tục phân giải wavelet trực giao, bước tổng quát là tách các hệ số xấp xỉ thành hai phần. Sau đó chúng ta có được vectơ hệ số xấp xỉ và vectơ hệ số chi tiết ở tỷ lệ thô hơn. Thông tin mất giữa hai xấp xỉ liên tiếp được giữ lại trong hệ số chi tiết. Bước kế tiếp là tách vectơ hệ số xấp xỉ mới.

Trong gói wavelet, mỗi vectơ hệ số chi tiết cũng được phân giải thành hai phần với cách thức như tách vectơ xấp xỉ. Điều này giúp phân tích tốt hơn: một cây nhị phân hoàn chỉnh được tạo ra.



**Hình 13:** cây phân giải gói wavelet cấp 3

Ý tưởng của việc phân giải là bắt đầu từ phân giải hướng tỷ lệ, sau đó phân tích tín hiệu nhận được trên băng con tần số.

Việc tính toán để tạo ra gói wavelet khá dễ dàng khi dùng wavelet trực giao. Chúng ta bắt đầu với bộ lọc kích thước , trong đó và là wavelet tương ứng.

Chúng ta định nghĩa một chuỗi các hàm

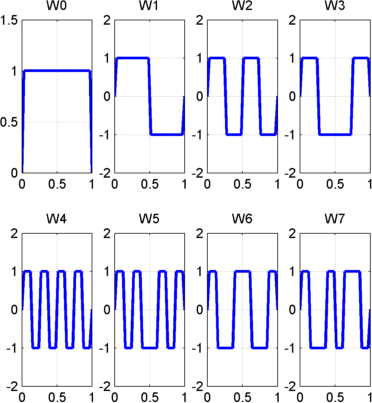
|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.6-1) |
|  | (2.6-2) |

trong đó là hàm tỷ lệ và là hàm wavelet.

Ví dụ cho wavelet Haar, chúng ta có

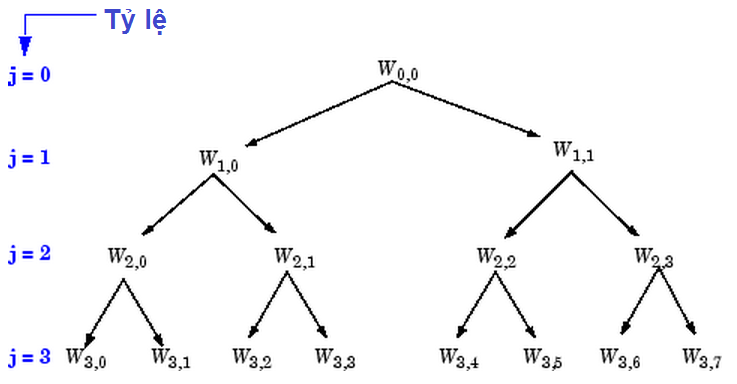
Phương trình trở thành

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.6-3) |
|  | (2.6-4) |



**Hình 14:** gói wavelet Haar

Tập hợp các hàm là gói wavelet . Do *j* và *n* có giá trị dương nên các gói wavelet được sắp thành cây. Tỷ lệ *j* định nghĩa độ sâu và tần số *n* định nghĩa vị trí trong cây. Chúng ta có và .



**Hình 15:** các gói wavelet được tổ chức thành cây

1. Phân tích đa phân giải

Phân tích đa phân giải (MRA) là phân tích tín hiệu ở các tần số khác nhau với các độ phân giải khác nhau. Độ phân giải thời gian tốt và độ phân giải tần số kém ở tần số cao. Độ phân giải tần số tốt và độ phân giải thời gian kém ở tần số thấp. Phân tích thích hợp với tần số cao trong khoảng ngắn và thành phần tần số thấp trong khoảng dài.

Ý tưởng chính của nó là nếu một tín hiệu có thể được biểu diễn bằng tổng trọng số của thì một tập hợp lớn hơn (bao gồm cả tập ban đầu) có thể được biểu diễn bằng tổng trọng số của .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7-1) |

Không gian con .

Khi tăng kích thước không gian con sẽ làm thay đổi tỷ lệ thời gian của hàm tỷ lệ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7-2) |

Hàm tỷ lệ là trực giao với tịnh tiến số nguyên. Các không gian con mở rộng bằng hàm tỷ lệ ở độ phân giải thấp được chưa trong các không gian con ở độ phân giải cao hơn:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7-3) |
|  | (2.7-4) |

với .

Bất kỳ hàm nào cũng được biểu diễn bằng độ chính xác tùy ý. Vì cấp của hàm mở rộng tiến đến vô cực, không gian hàm mở rộng V chứa tất cả các không gian con:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7-5) |

Một kỹ thuật xử lý ảnh nhiều tầng kha quan trọng với phân tích đa phân giải là mã hóa băng con. Trong mã hóa băng con, một ảnh sẽ được chia thành một tập gồm các thành phần giới hạn băng, gọi là băng con. Việc phân giải được thực hiện để băng con có thể tái hợp để hồi phục lại ảnh gốc mà không bị lỗi. Việc phân giải và hồi phục này được thực hiện bằng bộ lọc số.

# Wavelet trên ảnh độ sâu

1. Ảnh độ sâu
2. Ảnh màu-độ sâu

# Ứng dụng của Wavelet

1. Nén ảnh JPEG 2000

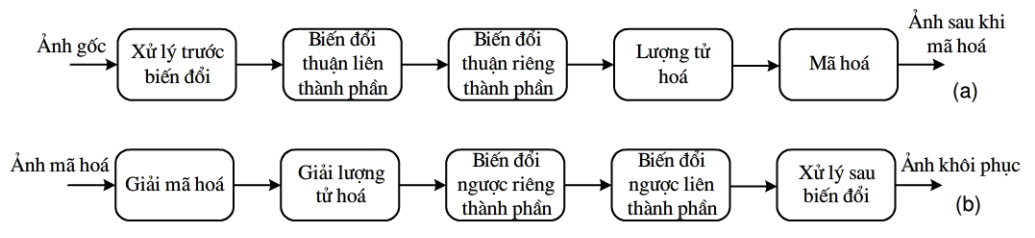
Có nhiều kỹ thuật mã hóa ảnh, ngày nay mã hóa băng con là phương pháp thành công nhất. Mã hóa băng con sử dụng wavelet tránh được hiệu ứng blocking ở tốc độ bit trung bình, bởi vì các hàm cơ sở của nó có chiều dài thay đổi. Các hàm cơ sở dài biểu diễn tín hiệu tần số thấp, các hàm cơ sở ngắn biểu diễn tín hiệu tần số cao.

Sự ra đời của JPEG đã mang lại nhiều lợi ích to lớn. JPEG có thể giảm thiểu kích thước ảnh, thời gian truyền và chi phí xử lý ảnh trong khi vẫn giữ được chất lượng ảnh khá tốt. Để việc nén ảnh có hiệu quả hơn, ủy ban JPEG đã đưa ra một chuẩn nén ảnh mới là JPEG 2000. JPEG 2000 ứng dụng biến đổi wavelet và các phương pháp mã hóa đặc biệt để có thể nén ảnh tốt hơn JPEG.

Dưới đây là bảng so sánh các tính năng của JPEG 2000 với các chuẩn nén ảnh tĩnh phổ biến:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | JPEG 2000 | JPEG-LS | JPEG | MPEG-4VTC | PNG |
| Khả năng nén ảnh không tổn thất | ★★★ | ★★★★ | ★ |  | ★★★ |
| Khả năng nén ảnh tổn thất | ★★★★★ | ★ | ★★★ | ★★★★ |  |
| Khả năng lũy tiến trong khôi phục ảnh | ★★★★★ |  | ★★ | ★★★ | ★ |
| Kỹ thuật mã hóa theo vùng | ★★★ |  |  | ★ |  |
| Khả năng tương tác với các vật thể có hình dạng bất kỳ |  |  |  | ★★ |  |
| Khả năng truy cập dòng bit ngẫu nhiên của ảnh nén | ★★ |  |  |  |  |
| Tính đơn giản | ★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★ | ★★★ |
| Khả năng phục hồi lỗi | ★★★ | ★★ | ★★ | ★★★ | ★ |
| Khả năng thay đổi tỷ lệ nén | ★★★ |  |  | ★ |  |
| Tính mềm dẻo | ★★★ | ★★★ | ★★ | ★★ | ★★★ |

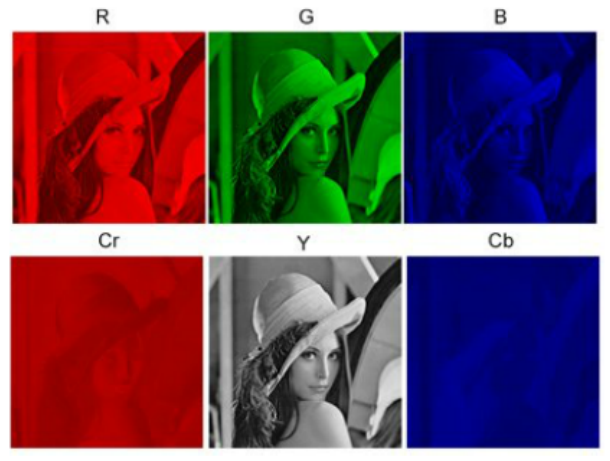
Các bước nén ảnh theo chuẩn JPEG 2000:



**Hình 16:** Trình tự mã hóa (a) và giải mã JPEG 2000 (b)

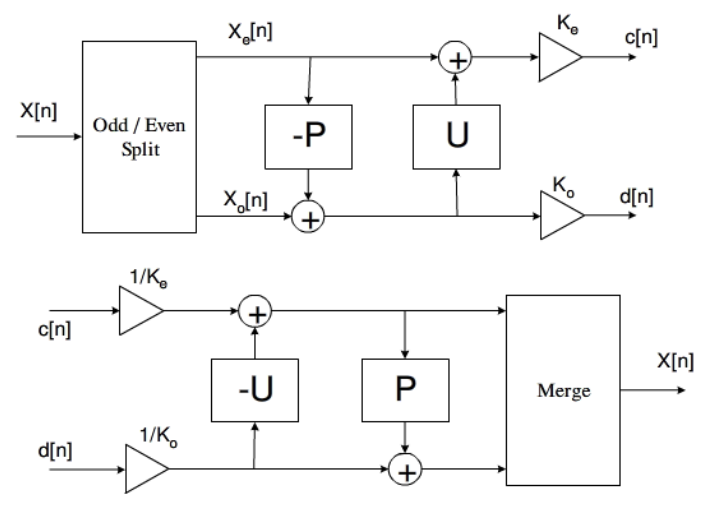
Xử lý trước biến đổi: do sử dụng wavelet, JPEG 2000 cần sử dụng ảnh đầu vào ở đang đối xứng qua 0 nên cần xử lý trước khi biến đổi. Ở phần giải mã, giai đoạn xử lý sau biến đổi sẽ trả lại giá trị gốc ban đầu cho dữ liệu ảnh.

Biến đổi liên thành phần: loại bỏ tính tương quan giữa các thành phần của ảnh. JPEG 2000 sử dụng biến đổi màu thuận nghịch (RCT) làm việc với giá trị nguyên và biến đổi màu không thuận nghịch (ICT) làm việc với giá trị thực. RCT và ICT chuyển dữ liệu ảnh từ không gian màu RGB sang YCrCb.



**Hình 17:** Minh họa ảnh RGB và YCrCb

Biến đổi riêng thành phần (biến đổi wavelet): do wavelet biến đổi băng con nên các thành phần sẽ được chia thành các băng tần số khác nhau và chúng sẽ được mã hóa riêng lẻ. JPEG 2000 sử dụng biến đổi wavelet nguyên thuận nghịch 5/3 (IWT) và biến đổi thực không thuận nghịch Daubechies 9/7. Tính toán biến đổi thực hiện theo phương pháp Lifting.



**Hình 18:** Phương pháp Lifting 1D dùng tính toán biến đổi wavelet

Việc tính toán biến đổi wavelet 2D suy ra từ wavelet 1D theo các phương pháp phân giải ảnh. Có 3 phương pháp phân giải ảnh trong JPEG 2000, nhưng được sử dụng nhiều nhất là phương pháp kim tự tháp.

Do biến đổi wavelet 5/3 là biến đổi thuận nghịch nên có thể áp dụng cho nén ảnh có tổn thất và không tổn thất trong khi biến đổi 9/7 chỉ áp dụng cho nén có tổn thất.

Lượng tử hóa - giải lượng tử hóa: các hệ số sẽ được lượng tử hóa theo phép lượng tử vô hướng. Bước này giúp tỷ lệ nén cao hơn bằng cách thể hiện các giá trị biến đổi với độ chính xác tương ứng cần thiết với mức chi tiết của ảnh cần nén. Các hàm lượng tử hóa khác nhau sẽ được áp dụng cho các băng con khác nhau và được thực hiện theo biểu thức:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1-1) |

Trong đó là bước lượng tử, là giá trị băng con đầu vào, là giá trị sau lượng tử hóa. Trong dạng biến đổi nguyên thì . Trong dạng biến đổi thực thì sẽ được chọn tương ứng với từng băng con. Bước lượng tử cho mỗi băng phải có trong dòng bit truyền đi để phía thu có thể giải lượng tử cho ảnh. Công thể giải lượng tử là:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1-2) |

Trong đó r là tham số dùng để xác định dấu và làm tròn, JPEG thường chọn .

Mã hóa và kết hợp dòng dữ liệu sau khi mã hóa: JPEG 2000 có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau để thu được chất lượng ảnh tốt nhất. Trong thực tế có hai phương pháp cơ sở là phương pháp SPIHT và phương pháp EZW.

Phương pháp SPIHT được thiết kế tối ưu cho truyền dẫn lũy tiến, truyền các giá trị mang thông tin quan trọng đi trước. Ngoài ra nó sử dụng kỹ thuật mã nhúng nên bộ mã hóa chỉ cần nén một lần nhưng có thể giải nén ra nhiều chất lượng khác nhau. Phương pháp EZW cho tỉ lệ nén và độ tin cậy giải mã cao. Phương pháp này áp dụng nhiều cho việc nén ảnh động, rất dễ triển khai trên máy tính do không yêu cầu phức tạp về mặt lập trình.

1. Nén video

Các tín hiệu video là các chuỗi ảnh 2D khoảng 30 khung hình trên giây, chiều mới là thời gian, mở rộng việc xử lý từ 2D thành 3D. Các chuỗi biến đổi được lượng tử hóa và mã hóa entropy, sau đó sử dụng giải thuật định lượng bit dựa trên lý thuyết méo nhịp để tìm ra sự phân bố tối ưu.

Một phương pháp khác để tiếp cận với nén video là dựa trên dự đoán chuyển động. Một khung hình thường có mối liên hệ với một khung trước và sau đó. Giả thiết có thể dự đoán được các vectơ chuyển động cho tất cả các điểm ảnh để chỉ ra nơi mà mỗi phần của bức ảnh di chuyển trong các khung tiếp theo. Khi đó đủ điều kiện để gửi khung đầu tiên đã được nén và các vectơ chuyển động. Ở dãy lọc tổng hợp, khung đầu tiên được khôi phục, các khung tiếp theo được hình thành nhờ các vectơ chuyển động. Chất lượng ảnh được khôi phục phụ thuộc vào độ chính xác của việc dự đoán các vectơ chuyển động.

Chuẩn MPEG sử dụng dự đoán ngược và xuôi để dự đoán vectơ chuyển động. Các giải thuật tương tự dựa trên biến đổi wavelet cũng đang được phát triển. Việc dự đoán chuyển động cũng rất phức tạp vì có nhiều tỷ lệ: ban đầu dự đoán chuyển động theo một tỷ lệ thô, sau đó theo các tỷ lệ tinh dần. Các vùng hỗ trợ cũng phụ thuộc vào chiều dài bộ lọc.

1. Nén âm thanh

Trong hệ thống nén thoại/audio, tín hiệu được biến đổi bằng một dãy lọc cấu trúc cây. Sự định vị tần số xấp xỉ các băng tới hạn của tai người.

Nén thoại đóng vai trò rất quan trọng để giảm thời gian truyền trong thông tin di động. Thoại bao gồm thoại có thanh và thoại không thanh. Thoại có thanh thường ở tần số thấp. Trong mã hóa CELP thì thoại có thanh được mô hình là đầu ra của một bộ lọc IIR với đầu vào là nhiễu trắng. Các hệ số lọc được tìm ra nhờ việc dự đoán tuyến tính. Bộ lọc này biểu diễn hàm truyền của vùng âm thanh. Thoại không thanh có các thành phần ở tất cả các dải tần số và tương đồng với nhiễu trắng.

Về nén audio, xét một tín hiệu âm thanh lấy mẫu ở tốc độ 44,1 kHz với độ phân giải 16 bit, tốc độ bit tổng là 705,6 kb/s. Với các ứng dụng đa phương tiện thì cần phải nén trong phạm vi từ 64 đến 192 kb/s (11:1 đến 4:1). Từ việc nén audio cho thấy không có hiện tượng hao hụt trong tín hiệu được khôi phục.

1. Lưu trữ vân tay điện tử

Trong nhiều năm trước, FBI đã lưu trữ vân tay trên giấy ở một tòa nhà được bảo vệ ở Washington. Việc so khớp và truyền thông tin đi được thực hiện thủ công nên tốn rất nhiều thời gian.

Khi chúng ta xem một vân tay là một bức ảnh, ý tưởng ban đầu là tách nó thành từng khối, chẳng hạn như 256x256 điểm ảnh và gán một độ xám từ 0 (trắng hoàn toàn) đến 256 (đen hoàn toàn). Bằng cách này, chúng ta giữ lại được thông tin cần thiết bằng các chuỗi số gồm số điểm ảnh và độ xám tương ứng.

Chuỗi này có thể được lưu trữ và truyền bằng đường điện tử, và cũng có thể được so sánh với mẫu vân tay mới rất nhanh chóng. Tuy nhiên mỗi mẫu tốn khoảng 10Mb mà FBI lại có đến 30 triệu mẫu.

FBI đã nghiên cứu và sử dụng wavelet trục trực giao kép của Daubechies; ở đây là đa thức riêng phần và phù hợp với các hệ số. Trong một số trường hợp cụ thể, hóa ra chỉ cần 8% lượng thông tin gốc là đủ, phương pháp này được gọi tắt là WSQ. Nhà toán học Chris Brislawn của phòng thí nghiệm quốc gia Los Alamos New Mexico đã viết giải thuật này, đạt đến tỷ lệ nén 20:1.

1. Chứng thực vân tay

Chứng thực vân tay là một trong những phương pháp định danh cá nhân đáng tin cậy nhất và nó đóng một vai trò rất quan trọng trong các ứng dụng thường ngày và lĩnh vực pháp lý. Tuy nhiên chứng thực thủ công tốn rất nhiều thời gian và khó có thể đáp ứng yêu cầu hiện nay. Vì vậy một hệ thống chứng thực vân tay tự động (AFIS) trở thành nhu cầu tất yếu. Ở Singapore, một hệ thống an ninh mới đã được giới thiệu ở tháp Hitachi vào năm 2003: 1500 nhân viên có thể vào tòa nhà bằng cách chứng thực vân tay. Máy quét dùng tia hồng ngoại để phát hiện các hemoglobin trong máu, từ đó thu được mẫu vân trên bàn tay. Sau khi so sánh với dữ liệu đã có, hệ thống sẽ quyết định rằng người này có được quyền vào hay không.

1. Giảm nhiễu

Việc giảm nhiễu ở ảnh giúp cho việc kiểm tra và xử lý ảnh dễ dàng hơn. Lý thuyết wavlet được nghiên cứu nhiều và cho thấy nó có tác dụng hiệu quả trong việc giảm nhiễu so với nhiều phương pháp khác. Biến đổi wavelet phân chia các thành phần tham số của tín hiệu thành các dải con, được biến đổi thành nhiều mức trong khi vẫn duy trì sự định vị tín hiệu.

Trong nhiều phương pháp loại nhiễu dựa trên biến đổi wavelet, biến đổi wavelet được thực hiện, các hệ số wavelet được xử lý và các hệ số đã được xử lý sẽ được biến đổi trở lại ảnh kết quả.

Biến đổi wavelet đang dần trở thành một công cụ mạnh để loại bỏ nhiễu trong tín hiệu. Phép biến đổi phân tích tần số của tín hiệu biểu diễn trong miền tín hiệu gốc. Các phương pháp loại nhiễu được xây dựng và áp dụng cho các cơ sở lý thuyết xấp xỉ của biến đổi wavelet.

1. Các ứng dụng khác

Wavelet là công cụ rất mạnh được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như: xử lý tín hiệu, nén dữ liệu, làm mượt và giảm nhiễu ảnh, chứng thực vân tay, phân tích protein, DNA, huyết áp và nhịp tim, mô tả lưu lượng internet, nhiều lĩnh vực vật lý như vật lý thiên văn, nhiễu động, cơ lượng tử.

Wavelet còn được áp dụng thành công ở nhiều lĩnh vực khác như địa vật lý. Chẳng hạn, wavelet trực chuẩn được áp dụng vào nghiên cứu nhiễu động ở tầng khí quyển. Theo một nghiên cứu của J.F. Howell và L. Mahrt, đo lường nhiễu động diễn ra hơn chín tiếng và sau đó được phân tích bằng phân giải wavelet. Trong một nghiên cứu của Brunet và Collineau, dữ liệu nhiễu động được ghi lại suốt một vụ mùa bắp và được phân tích bằng biến đổi wavelet.

Wavelet cũng được dùng để đo độ sâu hay địa hình của tầng nước biển. Trong một nghiên cứu của Sarah Little, việc sử dụng phân tích wavelet cho thấy mẫu và cấu trúc của dữ liệu thô.

Một ứng dụng khác thực hiện bởi Wickerhauser là ứng dụng wavelet để tìm khối u ung thư trong ảnh. Vấn đề rất lớn của ảnh y khoa là dung lượng, vì vậy nó cần được nén lại. Cũng do đó mà wavelet còn được ứng dụng vào nén dữ liệu 3-D MRI. Nén dữ liệu là ứng dụng lớn nhất của wavelet.

# Chương trình minh họa

1. Tập dữ liệu ảnh
2. Môi trường lập trình
3. Mô tả ứng dụng

# Tổng kết

# Tài liệu tham khảo

Tiếng Anh:

1. M. Sifuzzaman, M.R. Islam, M.Z. Ali: “*Application of Wavelet Transform and its Advantages Compared to Fourier Transform”*, Vidyasagar University, 2009.
2. Rafael C. Gonzalez & R. E. Woods: “*Digital Image Processing Third Edition”*, Prentice Hall, ISBN 978-0131687288, pp. 483-543, 2006.
3. Richard Szeliski: “*Computer Vision: Algorithms and Applications”*, Springer, ISBN 978-1848829343, pp. 154-160, 2010.

Tiếng Việt:

1. Đỗ Ngọc Anh: “Nén ảnh sử dụng biến đổi wavelet và ứng dụng trong các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện di động”, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2006.
2. Nguyễn Thị Lụa: “*Nghiên cứu lý thuyết wavelet trong xử lý tín hiệu”*, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2001.
3. Trần Duy Hưng: “*Kỹ thuật xử lý ảnh sử dụng biến đổi Wavelet*”.

Website:

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wavelet_transform>
2. <http://www.mathworks.com/help/wavelet/ug/wavelet-packets.html>