Mẫu 3

TÓM TẮT BÀI BÁO CÁO KHOA HỌC

(Không quá 4 trang giấy A4)

PHÉP BIẾN ĐỔI WAVELET VÀ CÁC ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ TÍN HIỆU

(Dương Hiếu Đẩu, TS. Giảng viên chính, Khoa Khoa Học Tự Nhiên)

Tóm tắt (Abstract)

Mục đích việc phân tích định lượng tài liệu từ là xác định vị trí, độ sâu, hình dạng và các tham số khác của nguồn trường tạo ra dị thường quan sát. Do đó, người ta không ngừng tìm kiếm các phương pháp phân tích sao cho đơn giản và có độ chính xác cao. Đã có nhiều phương pháp được đưa ra; tuy nhiên, trong những thập niên gần đây người ta sử dụng các phương pháp đạo hàm theo phương ngang và phương thẳng đứng (phương pháp tín hiệu giải tích, phương pháp giải chập Euler) và phương pháp dùng biến đổi Fourier. Nhưng phép biến đổi Fourier có các hạn chế của nó như chỉ cho biết các tần số hiện diện trong tín hiệu mà không cho biết vị trí của các tần số này. Hiện nay, để khắc phục các nhược điểm của phép biến đổi Fourier, người ta sử dụng phép biến đổi wavelet. Phép biến đổi này thích hợp trong việc phân tích tài liệu Địa vật lý – nói chung – và tài liệu từ (và trọng lực) – nói riêng.

I. Giới thiệu

1. Đại cương về biến đổi, xử lý tín hiệu

Tín hiệu là một chuỗi các giá trị g thay đổi theo thời gian hay không gian. Ký hiệu toán học là hàm: $g=g(x)$ hay $f=f(t)$. Biến đổi tín hiệu là thực hiện tương tác lên tín hiệu đã có tạo một tín hiệu mới để khai thác các thông tin ở trong tín hiệu ban đầu.

2. Phép biến đổi Fourier

Trong xử lý tín hiệu, phép biến đổi Fourier (FT, Fourier Transform) là một công cụ toán học quan trọng vì nó là cầu nối cho 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 Fourier 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 dự báo được.

3. Phép biến đổi windowed Fourier

Để khắc phục khuyết điểm này, Gabor, D., (1946) [33] đã áp dụng phép biến đổi Fourier cửa sổ (WFT, Windowed Fourier Transform) cho từng đoạn nhỏ của tín hiệu (cửa sổ); phép biến đổi này cho thấy mối liên hệ giữa không gian và tần số nhưng bị khống chế bởi nguyên lý bất định Heisengber cho các thành phần tần số cao và tần số thấp trong tín hiệu (Kaiser, G., 1994) [43]. Phép biến đổi wavelet là bước tiếp theo để khắc phục hạn chế này.

II. Nội dung

1. Phép biến đổi wavelet

Năm 1975, Morlet, J., phát triển phương pháp đa phân giải (multiresolution); trong đó, ông ta 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 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.

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

$$W(s,b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x).\psi_0^*(\frac{x-b}{s})dx \qquad (1.1)$$

trong đó:

- W(s, b) là hệ số biến đổi wavelet liên tục của f(x), với s là tỉ lệ (nghịch đảo của tần số) và b là dịch chuyển đặt trưng vị trí.
- $\psi_0^*(x)$ là hàm liên hiệp phức của wavelet $\psi_0(x)$ được gọi là hàm wavelet phân tích.

Phương trình (1.1) cho thấy, phép biến đổi wavelet là một ánh xạ chuyển từ hàm một biến f(x) thành hàm W(s, b) phụ thuộc hai biến số là biến tỉ lệ s và biến dịch chuyển b. Hệ số chuẩn hóa $1/(\sqrt{s})$ trong (1.1) đảm bảo cho sự chuẩn hóa sóng wavelet với các tỉ lệ phân tích s khác nhau $\|\psi_{0(s,b)}\| = \|\psi_0\|$.

Phép biến đổi wavelet có tính linh động cao so với phép biến đổi Fourier (sử dụng duy nhất hàm mũ) vì không nhất thiết phải sử dụng một hàm wavelet cố định, mà có thể lựa chọn các hàm wavelet khác nhau trong họ hàm wavelet sao cho thích hợp với bài toán (hình dạng của hàm wavelet phù hợp với tín hiệu cần phân tích) để kết quả phân tích là tốt nhất. Hiện nay, người ta đã xây dựng được khoảng vài chục họ hàm wavelet khác nhau nhằm áp dụng cho nhiều mục đích phân tích đa dạng.

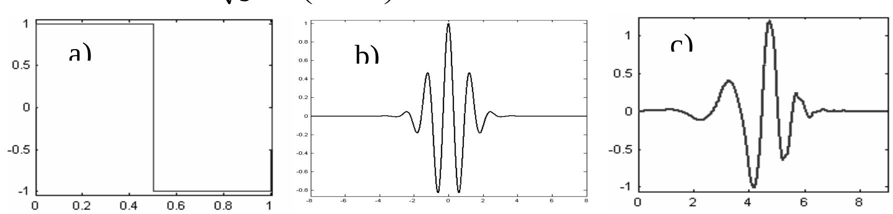
Hình 1.2 đồ thị của ba hàm wavelet là hàm wavelet Harr, hàm wavelet Daubechies-5 và hàm wavelet Morlet.

Biểu thức (1.1) có thể viết lại dưới dạng tích trong (inner product) như sau:

$$W(s,b) = \left\langle f(x), \psi_{0(s,b)}(x) \right\rangle \qquad (1.2)$$

trong đó:

$$\psi_{0(s,b)}(x) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi_0\left(\frac{x-b}{s}\right) \qquad (1.3)$$



Hình 1.2: Ba dạng hàm wavelet

a) Wavelet Harr, b) Wavelet Daubechies 5, c) Wavelet

2. Các tính chất của hàm wavelet

Tính chất sóng

Hàm wavelet phức (tổng quát) ψ_0 được định xứ hoàn toàn trong cả hai miền: miền không gian và miền tỉ lệ (nghịch đảo tần số) và đồng thời phải thỏa mãn tính chất sóng, nghĩa là dao động với giá trị trung bình của hàm wavelet bằng không:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_0(y)dy = 0 \qquad (1.4)$$

Như vậy, wavelet là dạng sóng nhỏ có không gian tồn tại hữu hạn và có giá trị trung bình bằng không. Hệ quả từ tính chất sóng của hàm wavelet dẫn đến sự độc lập của phép biến đổi wavelet đối với tất cả các hàm được phân tích.

Lưu ý rằng khi sử dụng phép biến đổi wavelet liên tục, phải chuẩn hóa phiên bản của hàm wavelet là $\psi_0(\frac{x-b}{s})$ trong một vùng không gian giới hạn được qui định bởi kích thước cửa sổ; bên ngoài vùng giới hạn hàm wavelet triệt tiêu. Vậy phép biến đổi wavelet liên tục cung cấp những thông tin về sự thay đổi cục bộ ở vùng đang khảo sát mà không cần quan tâm đến biến đổi toàn cục của hàm wavelet.

Đặc trưng về năng lượng

Năng lượng tổng của tín hiệu f(x) được định nghĩa bởi biểu thức sau:

$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)|^2 dx = \|f(x)\|^2 \quad (1.5)$$

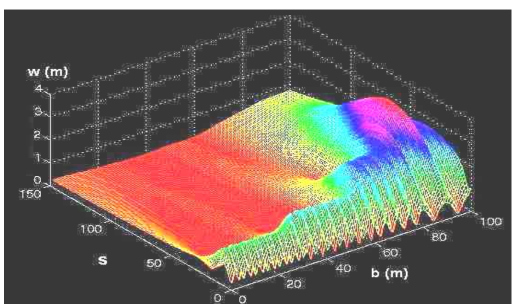
Tín hiệu có năng lượng xác định khi biểu thức (1.5) nhận giá trị xác định.

Hàm sóng wavelet có đặc trưng về năng lượng được chuẩn hóa bằng đơn vị cho mọi tỉ lệ s. Vậy, tính chất thứ hai của hàm wavelet là:

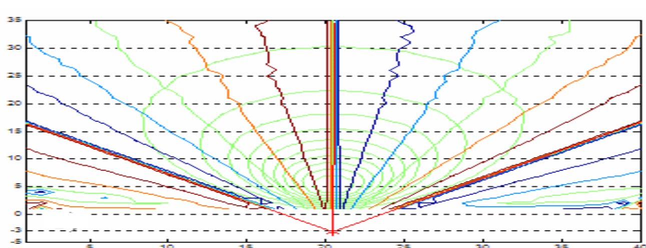
$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi_0(y)|^2 dy = 1 \quad (1.6)$$

Biểu diễn các hệ số wavelet

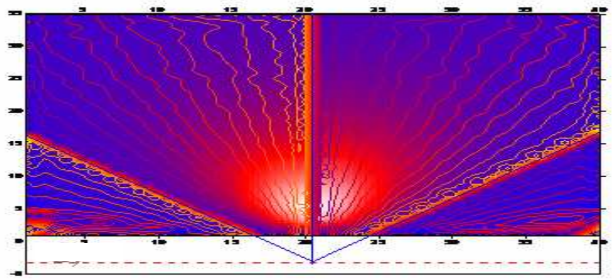
Có hai cách biểu diễn các hệ số wavelet. Thứ nhất, biểu diễn các hệ số wavelet W(s, b) trong hệ tọa độ ba trục vuông góc (x, y, z) với trục x biểu diễn tham số dịch chuyển (vị trí) b, trục y biểu diễn tham số tỉ lệ (là nghịch đảo tần số) s và trục thẳng đứng z biểu diễn hệ số wavelet W. Hình a mô tả cách biểu diễn các hệ số W(s, b) trong hệ tọa độ ba trục vuông góc, trên hình này, dễ dàng xác định vị trí hiện diện của các thành phần tần số (nghịch đảo của tỉ lệ). Thứ hai, biểu diễn các hệ số W(s, b) trong mặt phẳng không gian – tỉ lệ (x, s) (gọi là tỉ lệ đồ) ở dạng các đường đẳng trị hay ở dạng ảnh; cách biểu diễn này thông dụng trong xử lý ảnh. Hình b mô tả cách biểu diễn các hệ số W(s, b) trong tỉ lệ đồ ở dạng các đường đẳng trị modun và pha. Hình c mô tả cách biểu diễn các hệ số W(s, b) trong tỉ lệ đồ ở dạng ảnh.



Hình a: Biểu diễn hệ số wavelet trong hệ tọa độ ba trục vuông



<u>Hình b</u>: Biểu diễn hệ số wavelet trong tỉ lệ đồ ở dạng các đường đẳng trị



<u>Hình c</u>: Biểu diễn hệ số wavelet trong tỉ lệ đồ ở dạng ảnh

3. Các ứng dụng của biến đổi wavelet

1- Xử lý tín hiệu âm thanh (phân biệt giọng nói), âm thanh trong các chuẩn đoán Y khoa…

2- Xử lý tín hiệu hình ảnh (đồ họa, dấu vân tay), ảnh Y khoa chụp não, ngực, tim, võng mạc…

3- Xử lý tín hiệu điện tử, điện tim, điện não…

4- Xử lý tín hiệu đo Địa vật lý: Trọng lực, từ trường, phóng xạ, sóng địa chấn…

(Phần này chúng tôi sẽ trình bày chi tiết trong bài thuyết trỉnh, mong được sự ủng hộ của quí Thầy Cô và các bạn)

4. Kết luận

Phương pháp phân tích wavelet đa tỉ lệ trên tín hiệu có thể sử dụng để xác định các biên nguồn trọng lực, từ trường, địa điện, phóng xạ, địa nhiệt, các lớp địa chất môi trường … Phương pháp còn dùng trong xử lý ảnh, ảnh điện và ảnh y sinh học…Ảnh phổ hồng ngoại…Phân tích wavelet đa tỉ lệ còn sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác

Tài liệu tham khảo

1-Meyer, *Wavelets: Algorithms and Applications*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1993, pp. 13-31, 101-105.

2- G. Kaiser, *A Friendly Guide to Wavelets*, Birkhauser, Boston, 1994, pp. 44-45.

3- Nguyễn Hòang Hải, *Công cụ phân tích Wavelet và ứng dụng trong Matlab*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.

4- I. Daubechies, "Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets," *Comm. Pure Appl. Math.*, Vol 41, 1988, pp. 906-966.

5- M.A. Cody, "The Wavelet Packet Transform," *Dr. Dobb's Journal*, Vol 19, Apr. 1994, pp. 44-46, 50-54.

6- Daubechies ed. Amer *Perspectives on Wavelets, Proceeding of Symposia in Applied Mathematics*, Vol 47, Math. Soc., Providence, R.I., 1993, pp. 173-205.