

## Xử lý số liệu địa vật lý

Lê Hải An.

Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

### Giới thiệu

Các phương pháp địa vật lý khảo sát trường địa vật lý của các đối tượng địa chất, trường đó là tổng, gồm các thành phần đóng góp của nhiều đối tượng, chúng tạo ra trường và được đo ở thời điểm  $j$  hay tại điểm  $j$  nào đó  $F_j = \sum_{i=0}^n f_i$  trong đó chỉ có một đối tượng cụ thể nào đó  $I = k$  là được quan tâm còn các đối tượng khác  $I \neq k$  là nhiễu  $F_j = f_k + \sum_{i \neq k} f_i$ . Nhiệm vụ của xử lý số liệu địa vật lý là (1) xác định sự có mặt phần trường có ích, tín hiệu có ích hay dị thường  $f_k$  và bóc tách nó ra khỏi giá trị trường quan sát và (2) hạn chế tối đa nhiễu  $f_N = \sum_{i \neq k} f_i$ . Trong Địa vật lý, tín hiệu có ích có thể là sóng phản xạ một lần, sóng khúc xạ từ các ranh giới địa chất hay các dị thường từ, điện, trọng lực, xạ, nhiệt, v.v.... liên quan đến các đối tượng địa chất cần khảo sát như các thân quặng, khối magma, túi nước, vỉa dầu khí, vòm nâng, đới sụt lún, đứt gãy phá hủy kiến tạo. Nhiễu có hai nguồn gốc: (1) nguồn gốc địa chất như sóng mặt, sóng phản xạ nhiều lần, v.v... và (2) nguồn gốc không địa chất như nhiễu vi địa chấn, biến thiên từ ngày đêm, sai số quan sát, v.v...

Xử lý số liệu địa vật lý được phát triển từ nửa đầu của thế kỷ 20 với các thuật toán đơn giản, với những công cụ toán học và trong một thập niên trở lại đây, với những phát triển của khoa học và công nghệ về chế tạo thiết bị địa vật lý ghi số, máy tính, phần mềm, v.v... cho phép xử lý số liệu địa vật lý nhanh, chính xác, nâng cao đáng kể hiệu quả của các khảo sát địa vật lý cả về độ tin cậy, chiều sâu nghiên cứu, độ phân giải và cách thể hiện các kết quả địa vật lý.

### Đặc trưng trường địa vật lý và phương pháp xác định

Trong xử lý số liệu địa vật lý, bốn đặc trưng chính của trường địa vật lý được nghiên cứu là (1) hình dạng hay phổ tần số, (2) các đặc trưng thống kê, (3) đặc trưng tương quan của trường trong

không gian cũng như tương quan giữa các trường địa vật lý với nhau và (4) gradient của trường.

Hình dạng của trường địa vật lý biểu diễn sự biến đổi trong không gian hay theo thời gian các giá trị của trường. Để đánh giá sự khác biệt về hình dạng của các trường địa vật lý thường dùng phép phân tích phổ. Mỗi quan hệ giữa phổ  $F(\omega)$  và hàm  $F(t)$  được thể hiện qua tích phân Fourier:

$$F(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega.$$

Trường địa vật lý có tính quy luật và tính ngẫu nhiên được xác định qua (1) các đặc trưng thống kê như kỳ vọng toán, mod, median, phương sai, độ lệch tâm, hệ số biến thiên, v.v... và (2) đặc trưng liên kết như hàm tự tương quan, hàm tương quan. Chúng được sử dụng để đánh giá độ liên kết giữa các tín hiệu, xác định đường phương các dị thường và đánh giá tỉ số tín hiệu trên nhiễu.

### Lọc trường địa vật lý

Trong xử lý số liệu địa vật lý, để hạn chế nhiễu và phân chia trường ra thành nhiều thành phần liên quan đến các đối tượng khác nhau, người ta sử dụng các phép lọc trường dựa trên sự khác biệt giữa tín hiệu và nhiễu về hình dạng phổ tần số, các đặc trưng thống kê và tính chất liên kết của trường, v.v... Quá trình lọc trường được thực hiện cả trên miền thời gian và miền tần số.

Có rất nhiều bộ lọc khác nhau được sử dụng dựa vào các chỉ tiêu và phân chia thành: (1) bộ lọc tối ưu bao gồm bộ lọc Wiener - Kolmogorov và bộ lọc năng lượng; (2) bộ lọc không tối ưu bao gồm bộ lọc entropi và bộ lọc đa thức; (3) bộ lọc thích nghi bao gồm bộ lọc năng lượng thích nghi, bộ lọc đa thức thích nghi và bộ lọc thích nghi với cửa sổ sóng hồi quy; (4) các bộ lọc tần số truyền thống không tối ưu bao gồm bộ lọc tần thấp, bộ lọc tần cao, bộ lọc dải; (5) các bộ lọc giải tích bao gồm bộ lọc Butterworth [H.1]  $\omega=11 + \omega 2v$ , bộ lọc Chebyshev; (6) bộ lọc tuyến tính trong miền không gian bao gồm thuật toán trung bình trường, thuật toán nâng hạ trường.



**Phát hiện tín hiệu yếu**

Trong Địa vật lý, rất nhiều trường dị thường liên quan đến các đối tượng cần khảo sát có biên độ xấp xỉ hoặc thậm chí nhỏ hơn biên độ các loại nhiễu. Để phát hiện các dị thường này cần phải xử lý các số liệu bằng các công cụ toán học như xác suất thống kê, thống kê toán học, thống kê mô tả, hàm ngẫu nhiên, luận giải Bayes, logic mờ, mạng neuron, v.v...

Các thuật toán lọc thống kê gồm phương pháp xác suất ngược, phương pháp liên kết giữa các tuyến, phương pháp lọc thích nghi tự điều chỉnh.

Trí tuệ nhân tạo bao gồm mạng neuron, giải thuật di truyền, logic mờ cũng được sử dụng trong khoảng một thập niên gần đây để nâng cao hiệu quả xử lý số liệu địa vật lý, đặc biệt là trong xử lý số liệu địa chấn và số liệu địa vật lý đo trong giếng khoan.

**Xử lý tổng hợp các tín hiệu địa vật lý**

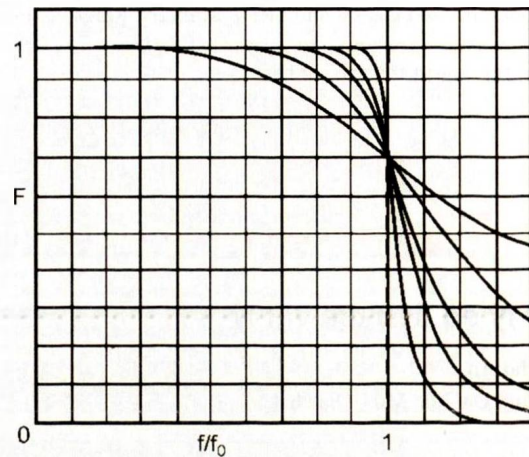
Việc phân tách và phát hiện tín hiệu trên nhiễu là bài toán cơ bản trong địa vật lý và chỉ đặt ra nhiệm vụ phát hiện một loại đối tượng địa chất cụ thể và lớp không liên quan với đối tượng khảo sát. Tuy nhiên, nhiệm vụ lớn đặt ra cho các khảo sát địa vật lý là phải phát hiện đồng thời nhiều đối tượng khác nhau. Do vậy mà phải khảo sát bằng tổ hợp nhiều phương pháp khác nhau, mỗi phương pháp sẽ có ưu thế trong việc phát hiện những loại đối tượng nhất định và kém ưu thế đối với các đối tượng khác. Đặc thù bài toán ngược của địa vật lý là bài toán đa trị, để có thể định nghiệm một cách tin cậy và đưa về bài toán đơn trị đòi hỏi phân tích tổng hợp các số liệu địa vật lý tuân thủ theo nguyên tắc cơ bản gồm 5 bước trong chu trình sau: (1) xây dựng mô hình trường và đặt nhiệm vụ nhận dạng, (2) ước lượng các đặc trưng thống kê, (3) chọn thuật toán xử lý số liệu và thực hiện quá trình xử lý, (4) định nghiệm về sự tồn tại các đối tượng, và (5) đánh giá chất lượng xử lý.

Xử lý tổng hợp các tín hiệu địa vật lý sử dụng các thuật toán nhận dạng có mẫu chuẩn để xác định bản chất địa chất của các đối tượng cần nghiên cứu dựa trên cơ sở so sánh các đặc trưng của trường địa vật lý xác định được trên các đối tượng chuẩn đã biết được bản chất địa chất với các trường địa vật lý quan sát được.

Các thuật toán khoảng cách chung, thuật toán K trung bình, thuật toán phân loại theo vector trung bình được sử dụng rộng rãi trong xử lý số liệu địa vật lý nhằm phân loại các trường địa vật lý để nhận dạng các đối tượng địa chất.

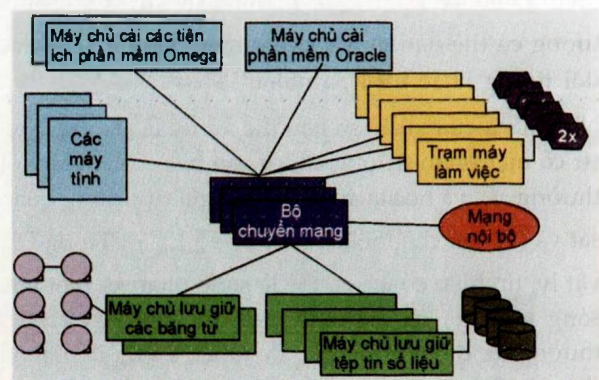
**Hệ tự động xử lý số liệu địa vật lý**

Hiện tại, các trung tâm xử lý số liệu địa vật lý, các công ty dịch vụ được trang bị các hệ thống tự động xử lý số liệu địa vật lý bao gồm phần cứng và các phần mềm chuyên dụng [H.2].

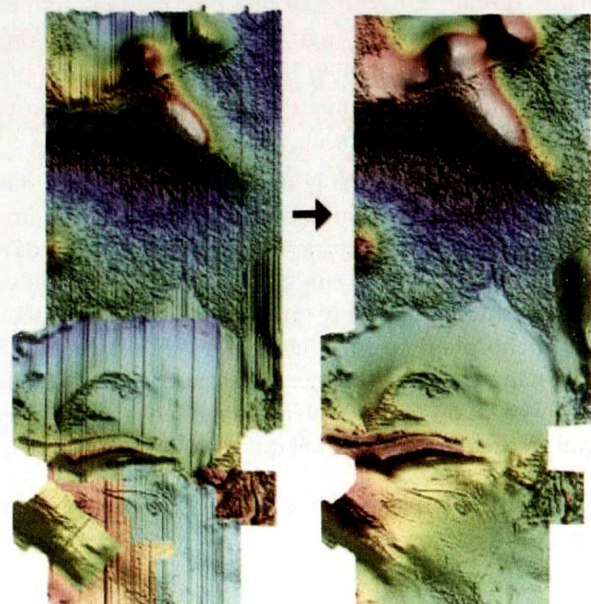


Hình 1. Đặc trưng tần số của bộ lọc Butterworth.

GEOSOURCE chuyên xử lý tài liệu địa vật lý hàng không và trên mặt đất với các phần mềm Intrepid, Geosoft, ERMapper, Geomatica, ArcGIS, và MapInfo [H.3].



Hình 2. Sơ đồ hệ thống xử lý số liệu địa vật lý (Western Geco).



Hình 3. Tài liệu đo từ hàng không trước (rất nhiễu, các sọc dọc) và sau xử lý (đã loại bỏ nhiễu, hình ảnh rõ nét và có độ phân giải tốt hơn).

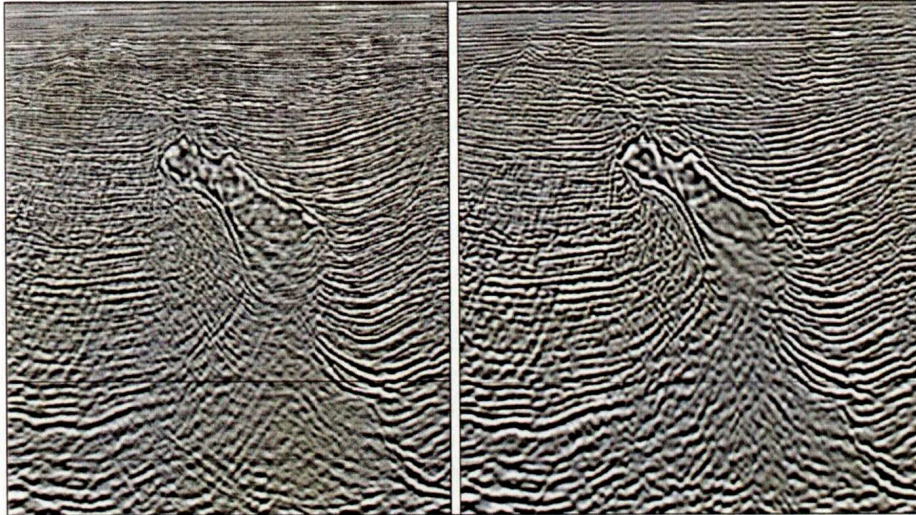


ION sử dụng công nghệ GXT thiết kế các tham số khảo sát, đo ghi và quy trình xử lý tài liệu địa vật lý ở cả trên biển và trên mặt đất.

Halliburton cung cấp giải pháp xử lý tài liệu địa chấn hoàn chỉnh qua tập hợp các môđun của phần mềm ProMAX®, bao gồm ProMAX® MVA™, ProMAX® 3DPSDM, ProMAX® VSP, ProMAX® 4D, ProMAGIC® Server và SeisSpace® [H.4].

WesternGeco cung cấp giải pháp toàn diện Omega xử lý tài liệu đo điện từ, hệ thống xử lý tài liệu địa chấn, đặc biệt là các ứng dụng và thuật toán như RTM, 3D GSMP, Adaptive Beam, WEM.

Petroleum Geo-Service cung cấp giải pháp GeoStreamer GS cho phép loại bỏ các điểm “ma” trong đo ghi và xử lý tài liệu địa chấn trên biển với các thuật toán xử lý mới hyperBeam, hyperQC, GeoStreamer-enhanced 3D SRME.



**Hình 4.** Sử dụng các thuật toán khác nhau khi xử lý dịch chuyển tài liệu địa chấn. Thuật toán Kirchhoff và thuật toán dịch chuyển phương trình sóng (WEM).

#### Tài liệu tham khảo

Claerbout J. F., 1976. Fundamentals of Geophysical Data Processing. McGraw- Hill. New York. 282 pgs.

Robinson E. A. and Treitel S., 1980. Geophysical Signal Analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall. 466 pgs.

Phạm Năng Vũ, 2000. Xử lý số liệu địa vật lý. Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội. 90 tr.