

# XÁC ĐỊNH CƠ CẤU CHẤN TIÊU ĐỘNG ĐẤT TỪ BẢNG GHI ĐỘNG ĐẤT CỦA MỘT TRẠM BA THÀNH PHẦN

TRẦN THỊ MỸ THÀNH, NGUYỄN LÊ MINH

## I. LÝ THUYẾT VÀ THUẬT TOÁN

Theo P. Aki và P.G. Richards [1], dịch chuyển ở vị trí  $x$  bất kỳ tại thời điểm  $t$  có thể tính được theo công thức :

$$U_n(x, t) = \iint G_{nk}(x, t, r, t') f_k(r, t') dV(r) dt' \quad (1)$$

$G_{nk}$  - những thành phần của hàm Green phản ánh hiệu ứng lan truyền,  $V$  - thể tích vùng nguồn,  $f_k(\neq 0)$  - lực khối tác động lên vùng nguồn. Giả thiết hàm Green ít biến đổi trong thể tích vùng nguồn trong khoảng tần số trung bình, có thể phân tích hàm Green thành chuỗi Taylor trong lân cận điểm tham chiếu thường đó là trọng tâm  $r = \xi$  :

$$G_{nk}(x, t, r, t') = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{m!} (r_{j1} - \xi_{j1}) \dots (r_{jm} - \xi_{jm}) G_{nk, j1 \dots jm}(x, t, \xi, t') \quad (2)$$

Moment của các lực khối tương đương được xác định như moment tensor lực :

$$M_{kj1 \dots jm}(\xi, t) = \int (r_{j1} - \xi_{j1}) \dots (r_{jm} - \xi_{jm}) f_k(r, t') dV \quad (3)$$

Theo M.L. Jost và R.B. Herrmann, 1989 [7] nếu moment của các lực khối tương đương bảo toàn tuyến tính, số hạng  $M_k$  không tồn tại trong (3) và chỉ tồn tại số hạng với  $m = 1$ , khi đó (1) trở thành :

$$U_n(x, t) = G_{nk,j}(x, t, \xi, t') * M_{kj}(\xi, t') \quad (4)$$

Ở đây dấu  $*$  biểu diễn tích chập theo thời gian. Giả sử tất cả các thành phần moment tensor địa chấn trong (4) có cùng một hàm nguồn phụ thuộc thời gian  $s(t')$  (nguồn đồng bộ), công thức (4) được biểu diễn dưới dạng :

$$U_n(x, t) = M_{kj} [G_{nk,j} * s(t')] \quad (5)$$

Ở đây  $M_{kj}$  - các hằng số và chúng biểu diễn lại các thành phần của moment tensor địa chấn bậc 2. Điểm quan trọng của công thức (5) là độ dịch chuyển  $U_n$  có thể biểu diễn như hàm tuyến tính của các thành phần moment và hàm Green. Có thể biểu diễn (5) dưới dạng ma trận :

$$U = Gm \quad (6)$$

Ở đây vector  $U$  bao hàm  $n$  giá trị của bảng ghi dao động nền tại các thời điểm, các trạm, azimuth và các thành phần khác nhau.  $G$  - ma trận  $n \times 6$  bao gồm hàm Green và mô hình Quả Đất - ví dụ như hàm Green nửa không gian của L.R. Johnson 1974 [6]. Thông thường số liệu quan sát được đưa về dạng vector. Hàm Green quy về 6 thành phần  $G_{xx}, G_{yy}, G_{zz}, G_{xy}, G_{xz}, G_{yz}$ . Mỗi thành phần có  $n$  điểm tương ứng với các phần tử của dịch chuyển. Có thể dễ dàng nhận thấy đây là một dạng của bài toán ngược tổng quát với  $d$  là một vector  $n$  chiều,  $G$  là ma trận hàm Green kích thước  $n \times 6$  và  $m$  là vector gồm 6 thành phần moment tensor. Để giải hệ phương trình (6) theo phương pháp bình phương tối thiểu ta giải hệ phương trình thông thường sau :

$$[G^T W_e G] m = G^T W_e u \quad (7)$$

Các tham số của mô hình cần ước lượng có thể biểu diễn lại như sau :

$$m = [G^T W_e G]^{-1} G^T W_e u \quad (8)$$

trong đó  $G^T$  - ma trận nghịch đảo của ma trận  $G$  và  $W_e$  - các sai số.

Theo phương pháp Jost và Herrmann [6] chỉ sử dụng đỉnh biên độ của sóng SH trong bài toán ngược, cần ít nhất 5 trạm quan sát riêng biệt xung quanh nguồn động đất để xác định moment tensor. Năm 1994, bằng phương pháp số, B.S. Huang [5]

đã dùng công thức (5) để tính và chỉ cần với số liệu của 1 trạm ghi 3 thành phần cùng đầy đủ thông tin về biên độ, thời gian truyền, hướng phân cực. Số trạm quan sát cần thiết được giảm xuống, thực tế xác định moment tensor chỉ cần sử dụng băng sóng

$$s(t) = \begin{matrix} 0 \\ 1/2(t/\tau)^2 \\ -1/2(t/\tau)^2 + 2(t/\tau) - 1 \\ 1/2(t/\tau)^2 - 4(t/\tau) - 8 \\ 0 \end{matrix} \quad \text{với}$$

## II. SỐ LIỆU ĐỘNG ĐẤT ĐIỆN BIÊN VÀ CÁC DƯ CHẤN

Từ năm 2000, Viện Vật lý Địa cầu đã thiết lập một mạng lưới trạm quan sát dao động động đất mạnh SSA-1, SSA-2, đây là các máy ghi gia tốc dao động nền của Mỹ. Các trạm này đặt trên nền đá sét kết, bột kết tại Điện Biên, Tuần Giáo, Lai Châu, Sơn La, Hoà Bình và Sapa, chủ yếu tập trung trong vùng Tây Bắc. Đến đầu năm 2001, vào lúc 22 giờ 51 phút ngày 19-02, một trận động đất có magnitud  $M_s = 5,3$  độ Richter đã xảy ra trên đứt gãy Lai Châu - Điện Biên (đứt gãy kiểu trượt bằng), cách thị xã Điện Biên 20 km về phía tây nam. Cường độ chấn động ở vùng chấn tâm động

3 thành phần của 1 trạm. B.S. Huang [5] cũng sử dụng hàm Green nửa không gian của L. R. Johnson [6] trong chương trình. Để tính toán bằng địa chấn lý thuyết, ông sử dụng hàm nguồn phụ thuộc vào thời gian có dạng :

$$\begin{matrix} t \leq 0 \\ 0 \leq t \leq \tau \\ \tau \leq t \leq 3\tau \\ 3\tau \leq t \leq 4\tau \\ t \geq 4\tau \end{matrix} \quad (9)$$

đất Điện Biên kéo dài chừng 15-20 km theo hướng bắc đông bắc - nam tây nam, có thể đạt tới cấp VII-VIII (theo thang MSK 64), gây ra trượt lở đá trong núi, nhà sàn rung chuyển mạnh, nhà xây bị hư hại nặng. Sau kích động chính đã xảy ra rất nhiều dư chấn, trong đó, nhiều trận mạnh từ 4,1 đến 4,8 độ Richter gây chấn động cấp V, cấp VI ở thị xã Điện Biên, như các dư chấn 4,2 và 4,8 độ Richter ngay trong đêm 19-02-2001. Với mục đích áp dụng chương trình xác định cơ cấu chấn tiêu động đất bằng nghịch đảo dạng sóng gần nguồn cho thực tiễn quan sát động đất ở Việt Nam, chúng tôi đã lựa chọn năm trận động đất có magnitud lớn hơn 4,0 để xử lý. Danh sách năm trận động đất liệt kê trong *bảng 1*.

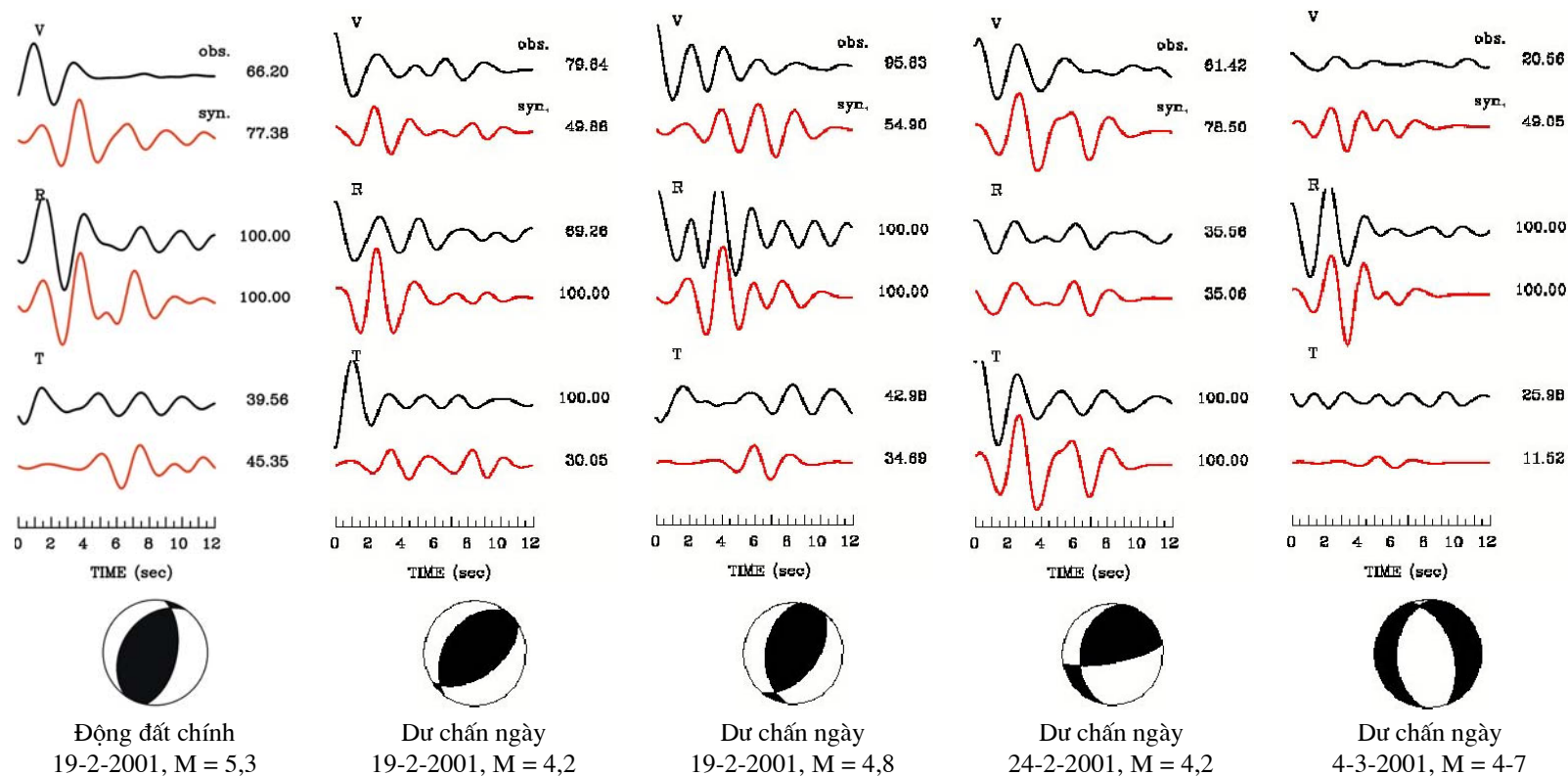
*Bảng 1. Kích động chính và bốn dư chấn có  $M > 4,0$  của trận động đất Điện Biên*

Tên động đất	Ngày tháng năm	Giờ phút giây (GMT)	Vĩ độ	Kinh độ	M	Khoảng cách (km)
Điện Biên	19 02 2001	15h51'34"	21.34	102.85	5,3	19
Dư chấn	19 02 2001	16h40'17"	21.42	102.9	4,2	13
Dư chấn	19 02 2001	19h02'49"	21.4	102.88	4,8	14
Dư chấn	24 02 2001	22h14'31"	21.36	102.92	4,2	10
Dư chấn	04 03 2001	20h18'49"	21.39	102.86	4,7	17

## III. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Như trên đã trình bày, chúng tôi dùng chương trình của B.S. Huang [5] để xác định cơ cấu chấn tiêu động đất bằng nghịch đảo dạng sóng gần nguồn "Moment Tensor Inversion" ; viết bằng ngôn ngữ Fortran và chạy trên hệ điều hành Linux, trên cơ sở tìm sự trùng khớp của biên độ sóng chu kỳ ngắn SH lý thuyết với ba thành phần sóng quan trắc. Bản chất của chương trình là tìm kiếm các thông số của cơ cấu chấn tiêu cho dạng sóng tính toán (bằng địa chấn quan sát) từ động đất gần (có khoảng cách từ chấn tâm đến trạm  $\Delta < 80$  km). Trong giới hạn này, đối với sóng khối, mô hình lan truyền sóng xem như môi trường nửa không gian đàn hồi. Bằng địa chấn tính toán được tính dựa trên việc nhân

chập các hàm Green và hàm nguồn. Moment tensor xác định bằng kỹ thuật nghịch đảo tổng quát. Dạng sóng đầy đủ ba thành phần của một trận động đất bao gồm cả biên độ, thời gian truyền sóng và hướng phân cực sẽ được sử dụng như số liệu đầu vào của bài toán. Chương trình gồm hai phần chính, phần đầu dùng để xác định hàm Green theo mô hình nửa không gian với môi trường đồng nhất, phần thứ hai dùng hàm Green tính được trong phần đầu kết hợp với băng sóng ghi được, từ đó xác định cơ cấu chấn tiêu và năng lượng của trận động đất. Kết quả so sánh dạng sóng tính toán (bằng địa chấn tính toán) phù hợp nhất với dạng sóng quan sát (bằng địa chấn quan sát) của các trận động đất trình bày ở *hình 1*. Mô hình cơ cấu chấn tiêu các trận động đất này trình bày ở *bảng 2*.

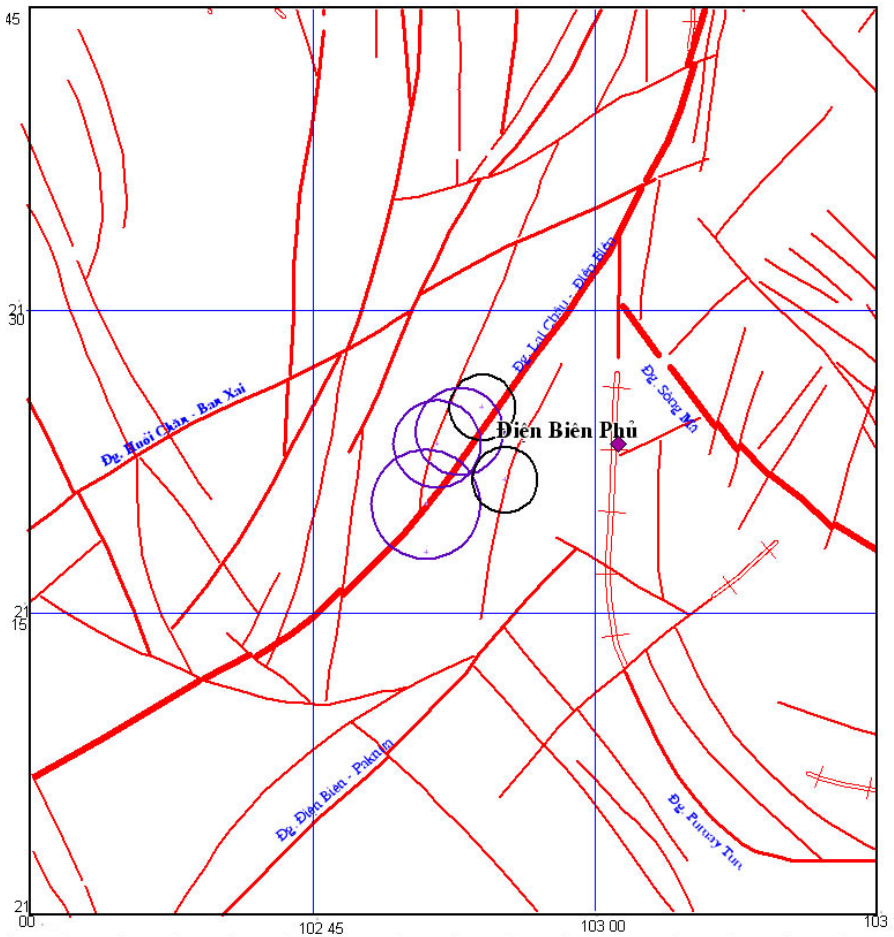


Hình 1. So sánh băng ghi động đất 3 thành phần và băng tính toán ; mô hình cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất

### MINH GIẢI VÀ KẾT LUẬN

Các động đất thử nghiệm xảy ra trên đới đứt gãy Điện Biên - Lai Châu nằm ở khu vực Tây Bắc Việt Nam (hình 2). Đới đứt gãy này là một phần của đứt gãy lớn dài 1.200 km và rộng 40-50 km kéo dài từ lãnh thổ Trung Quốc tới tận vịnh Thái Lan cắt qua Lào và Việt Nam. Trong lãnh thổ Việt Nam, đứt gãy phân bố trong phạm vi tỉnh Lai Châu, từ bản Chiềng Mai biên giới Việt Trung đến biên giới Việt Lào với chiều dài 160 km, rộng

6-10 km. Đây là một đới bao gồm một đứt gãy chính và nhiều đứt gãy phụ phân bố ở hai bên. Có rất nhiều phương pháp đã được triển khai áp dụng để nghiên cứu đới đứt gãy này như các phương pháp kiến tạo động lực, phương pháp 3 hệ khe nứt cộng ứng, phương pháp địa vật lý, phương pháp địa hoá - địa nhiệt... Các kết quả nghiên cứu từ những phương pháp này đã chỉ ra đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên từ Pliocen trở lại đây hoạt động như một đứt gãy trượt bằng trái, với phương chủ yếu là á kinh tuyến và bắc đông bắc - nam tây nam [10].



Hình 2. Vị trí 5 trạm động đất dùng trong nghiên cứu

Do các phương pháp xác định cơ cấu chấn tiêu động đất, kể cả phương pháp nghịch đảo dạng sóng gần nguồn đều không chỉ rõ được mặt đứt chính trong cơ cấu chấn tiêu. Việc lựa chọn mặt đứt gãy trong hai mặt nodal cần được dựa vào khung cảnh hoạt động kiến tạo của khu vực. Như vậy, từ hình vẽ cơ cấu chấn tiêu của năm trận ở trên, kết hợp với khung cảnh kiến tạo ta có thể thấy mặt nodal thứ nhất trong cơ cấu chấn tiêu đã tính toán phản ánh mặt đứt đoạn trong động đất (bảng 2).

Từ bảng 2, kết hợp với khung cảnh hoạt động kiến tạo của khu vực, ta có thể nhận thấy các trận động đất thứ 3, 4 với việc lựa chọn

Bảng 2. Mô hình cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất thử nghiệm

Động đất	Mặt nodal 1			Mặt nodal 2		
	Phương đứt gãy	Góc nghiêng	Vector dịch trượt	Phương đứt gãy	Góc nghiêng	Vector dịch trượt
Động đất chính 19-2-2001, M=5,3	215.08	36.49	110.02	10.70	56.03	75.79
Dư chấn ngày 19-2-2001, M=4,2	216.58	39.58	74.52	56.35	52.12	102.44
Dư chấn ngày 19-2-2001 M=4,8	186.87	43.52	65.95	38.48	51.04	116.16
Dư chấn ngày 24-2-2001, M = 4,2	189.72	35.12	24.14	79.59	76.39	122.69
Dư chấn ngày 4-3-2001, M = 4,7	183.61	41.12	-71.96	340.24	51.3	-105.12

mặt **nodal 1** làm mặt chính phản ánh tương đối chính xác đứt gãy Điện Biên - Lai Châu, các trận thứ 2 và thứ 5 có **nodal 1** phản ánh đúng phương và loại của đứt gãy tuy nhiên không được rõ ràng.

Phương pháp giải bài toán ngược xác định cơ cấu chấn tiêu động đất từ một trạm ghi 3 thành phần đã giải quyết phần rất khó khăn trong tìm hiểu các tham số động lực động đất khi thiếu số liệu quan trắc, đặc

biệt như ở Việt Nam. Phương pháp cho các kết quả tốt với những động đất có số liệu quan sát đạt chất lượng cao và ở gần trạm ghi. Bên cạnh đó các thông số ban đầu của động đất như vị trí, độ sâu, thời gian tới của sóng P, mô hình lát cắt vận tốc là những tham số ảnh hưởng nhiều tới kết quả cuối cùng. Trong nghiên cứu này chúng tôi đã sử dụng 2 lát cắt vận tốc phù hợp với điều kiện địa lý Việt Nam,

một là của miền tây bắc Đài Loan và một của Việt Nam để tính thử nghiệm. Việc xác định cơ cấu chấn tiêu cho các trận động đất Điện Biên ở trên cho thấy việc sử dụng phương pháp nghịch đảo Tensor moment địa chấn để xác định các thông số nguồn động đất là hoàn toàn có thể được, tuy nhiên cần có thêm nghiên cứu, hoàn thiện chương trình để cho kết quả tốt hơn.

Đề tài được hỗ trợ về kinh phí của chương trình NCCB mã số 711206.

### TÀI LIỆU DẪN

[1] K. AKI, P.G. RICHARDS, 1980 : Quantitative Seismology: Theory and Method. M. H. Freeman and Co., New york, San Francisco, 932pp.

[2] G. BACKUS, MYLCAHY, 1976 : Moment tensors and other phenomenological descriptions of seismic sources -I continuous displacements. Geophys. J. R. Astr. Soc., **46**, 341-361.

[3] F. GILBERT, 1970 : Excitation of the normal modes of the earth by earthquake sources. Geophys. J. R. Astr. Soc., **22**, 223-226.

[4] F. GILBERT, 1973 : Derivation of source parameters from low-frequency spectra. Phil. Trans. R. Astr. Soc., A **274**, 369-371.

[5] B.S. HUANG, 1994 : Estimation of source Parameters by the Inversion of near source strong motion wave forms. TAO, Vol. 5, **1**, 11-26.

[6] V. JONHSON, 1974 : Green's fuction for Lamb's problem. Geophys. J. R. Astr. Soc., **37**, 99-131.

[7] M.L. JOST, R.B. HERRMANN, 1989 : Astudent's guide and review of moment tensors. Seism. res. Lett., **60**, 36-57.

[8] LÊ TỬ SƠN, NGUYỄN QUỐC DŨNG, 2003 : Kết quả đầu tiên về quan sát gia tốc nền ở Việt Nam. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 25, **1**, 78-85.

[9] ĐÌNH VĂN TOÀN, Y-BEN TSAI, HSON HUY WU, TRỊNH VIỆT BẮC, 2003 : Về cơ cấu chấn tiêu

một số trận động đất nhỏ do mạng máy K2 ghi được ở miền Bắc Việt Nam. Tc CKHvTĐ, T. 25, **3**, 401-407.

[10] NGUYỄN ĐÌNH XUYÊN (chủ biên), 2005 : Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam. Báo cáo đề tài độc lập cấp Nhà nước. Thư viện Viện Vật lý Địa cầu.

### SUMMARY

#### Estimation the focal mechanism based on near source strong motion recored by 3 components single sation

Traditionally, earthquake mechanism is determined by the first motion of P wave. When the earthquake motion is recorded by many stations close to the earthquake sources then we can easily estimate the compression (up) and the dilatation (down) based on P wave first motion. However, in reality this is very difficult to achieve in Vietnam as we do not have enough seismic stations.

In 1970, 1973 for the first time Gilbert used the moment tensor to calculate the ground motion by solving the inversion equation. He demonstrated the displacement as the sum of moment tensor elements multiplied by the corresponding Green's function. The concept of seismic moment tensors inversion was further extended by Backus and Mulcahy (1976) [2] as they noted that the moment tensors forces in the first order approximation completely describe the equivalent forces of seismic point source. The equivalent forces can be correlated to physical source models such as shear dislocation and explosion.

B.S. Huang, 1994 [5] has developed a program to obtain the source mechanism from near source strong motion recorded by 3 component single station.

In this report we applied the method of moment tensors inversion [5] to estimate the source mechanism of the DienBien earthquake (19-2-2001) and some its after-shocks. The earthquake and its after-shocks were only recorded at one station with 3 north-south, east-west and vertical components [9].

Ngày nhận bài : 28-4-2008

Viện Vật lý Địa cầu  
(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam)