

# THANG NĂNG LƯỢNG ĐỘNG ĐẤT ĐỊA PHƯƠNG ( $M_L$ ) KHU VỰC TÂY BẮC VIỆT NAM

LÊ TỬ SƠN, ĐINH QUỐC VĂN

## I. GIỚI THIỆU

Trong các nghiên cứu trước đây về thang năng lượng động đất của Việt Nam, do hạn chế về thiết bị quan sát động đất, phần lớn các tác giả (Nguyễn Đình Xuyên, Nguyễn Văn Yêm, Lê Tử Sơn) đều dừng lại ở việc tính toán năng lượng động đất ở Việt Nam theo độ dài dao động đất. Ngay cả nghiên cứu gần đây nhất, khi sử dụng số liệu ghi số của máy địa chấn chu kỳ ngắn ở miền bắc Việt Nam, chúng tôi cũng chỉ sử dụng các công thức xác định magnitud tiêu chuẩn do nhóm làm việc về magnitud (*Magnitude WG*) của hội địa chấn và vật lý bên trong Trái Đất (IASPEI) kiến nghị để đánh giá magnitud địa phương ( $M_L$ ) đối với các động đất ghi tại trạm động đất Hà Nội và Điện Biên, đánh giá về tính phù hợp của chúng với các số liệu quốc tế. Trên thực tế, nếu chúng ta vẫn quan sát động đất bằng hệ máy hiện có, việc xây dựng thang năng lượng động đất ở Việt Nam vẫn là một bài toán khó.

Trong khuôn khổ hợp tác giữa Viện Vật lý Địa cầu (Việt Nam) và Viện Các Khoa học Trái Đất (Đài Loan), bắt đầu từ 12/2005 một mạng lưới quan sát động đất với 24 máy địa chấn dải rộng phân bố đều trên miền bắc đã thu thập được những số liệu địa chấn chất lượng cao. Mặc dù thời gian quan sát còn rất ngắn, tập hợp các số liệu này cho phép chúng tôi tiến hành các nghiên cứu định lượng hơn về thang năng lượng động đất địa phương tại khu vực miền bắc Việt Nam bằng các cách tiếp cận tiên tiến.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thang magnitud địa phương  $M_L$  được Richter [4] đưa ra dựa trên các nghiên cứu động đất địa phương (khoảng cách chấn tâm < 1.000 km) tại miền Tây nước Mỹ. Giá trị  $M_L$  được xác định bằng công thức :

$$M_L = \log_{10}(\Delta) - \log_{10} Ao(\Delta) \quad (1)$$

trong đó  $A(\Delta)$  là biên độ cực đại trung bình 2 thành phần nằm ngang (tính bằng mm) của sóng động đất ghi trên máy địa chấn Wood-Anderson (WA).  $\log_{10} Ao(\Delta)$  là hàm hiệu chỉnh khoảng cách có giá trị là 3 tại 100 km và  $\Delta$  là khoảng cách chấn tâm. Hàm hiệu chỉnh khoảng cách  $\log_{10} Ao(\Delta)$  được xây dựng bằng thực nghiệm, có tính địa phương và có tính chất quyết định trong việc xác định thang  $M_L$ .

Gần đây nhất, các nghiên cứu của nhóm làm việc về magnitud của Hội Địa chấn và Vật lý bên trong Trái Đất quốc tế (IASPEI) và Hội đồng Quan sát và minh giải địa chấn (CoSOI) đã kiến nghị sử dụng công thức [6] :

$$M_L = \log_{10}(A) + 1,11 \log_{10}R + 0,00189 * R - 2,09 \quad (2)$$

trong đó :  $A$  là biên độ cực đại tính bằng nm đo trên thành phần nằm ngang đã được lọc sao cho đáp ứng của hệ thống máy địa chấn tương ứng với máy địa chấn Wood-Anderson tiêu chuẩn với hệ số khuếch đại tính bằng 1.  $R$  là khoảng cách chấn tiêu tính bằng kilomet và thường nhỏ hơn 1.000 km. Công thức này được kiến nghị áp dụng đối với các động đất trong vỏ (chiều sâu không quá 40 km), tại các vùng vỏ tính chất suy giảm chấn động tương tự như vùng Nam California. Các kiến nghị này nhằm làm cho các thang năng lượng động đất của các địa phương khác nhau phù hợp hơn với thang magnitud của Richter [4]. Các hệ số trong (2) rút ra từ nghiên cứu cho vùng Nam California của L.K. Hutton & D.M. Boore [2].

Phù hợp với kiến nghị này, chúng tôi sử dụng dạng của công thức (2) để xác định các hệ số của phương trình nhằm tính đến sự khác biệt về cấu trúc và tính chất vỏ Quả Đất ở Việt Nam so với Nam California. Bài toán này được đặt ra như sau :

Với động đất  $E_i$  tại trạm địa chấn  $S_j$  có khoảng cách chấn tiêu  $R_{ij}$ , quan sát thấy biên độ sóng địa chấn cực đại  $A_{ij}$ , giá trị magnitud địa phương  $M_i$  ứng với động đất này sẽ được xác định theo công thức :

$$M_i = \log_{10}(A_{ij}) + a \log_{10}R_{ij} + bR_{ij} - 2,09 - s_j \quad (3)$$

trong đó  $a, b$  là các hệ số đặc trưng cho đường tắt dẫn biên độ sóng địa chấn khu vực nghiên cứu. So với phương trình (2), ở đây còn xuất hiện hệ số  $s_j$  tính đến hiệu ứng của tầng hoặc giảm biên độ do điều kiện nền đất tại trạm  $S_j$  (hiệu chỉnh trạm). Hiệu chỉnh trạm  $s_j$  được xem như thông số không phụ thuộc vào giá trị của magnitud động đất cũng như độc lập với khoảng cách chấn tiêu. Chuyển về, đổi dấu ta có thể thấy rõ công thức (3) trở thành một hệ phương trình đại số tuyến tính với các ẩn số  $a, b, M_i$  và  $s_j$  có dạng :

$$M_i - a \log_{10} R_{ij} - b R_{ij} - s_j = \log_{10}(A_{ij}) - 2,09 \quad (4)$$

Với tập hợp số liệu  $m$  trận động đất, ghi được tại  $n$  trạm, ta sẽ có một hệ gồm  $n \cdot m$  phương trình với  $n+m+2$  ẩn số. Đây là dạng phương trình có ma trận hệ số thưa (có chứa nhiều phần tử bằng 0) có thể giải theo phương pháp bình phương tối thiểu. Điều đáng chú ý ở đây cần dùng các kỹ thuật tính toán thích hợp với bài toán giải phương trình đại số tuyến tính với ma trận lớn và thưa. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng thuật toán LSQR do PAIGE và SAUNDERS đưa ra [3].

### III. SỐ LIỆU

Nguồn số liệu sử dụng trong nghiên cứu này là các băng động đất của máy địa chấn ghi số dài rộng tại các trạm miền bắc Việt Nam trong thời gian từ 12/2005 đến 12/2007. Trong thời gian này, toàn bộ mạng trạm đều được trang bị thống nhất và đồng bộ gồm : máy thu chấn Trillium-40 (Canada), máy ghi số liệu Q330HR và bộ lưu số liệu Baler (Kinematics, Mỹ). Số liệu biên độ của dao động động đất ghi bằng hệ thống trên được tính chuyển về biên độ của máy Wood-Anderson tiêu chuẩn dựa trên thuật toán R.A. Uhrhammer & E.R. Collins [5] và được thực hiện trên phần mềm phân tích số liệu địa chấn SEISAN8.1.1 [1].

Trong 2 năm quan sát, với giới hạn khoảng cách chấn tâm từ 10 đến 700 km, mạng lưới 24 trạm máy địa chấn dài rộng khu vực miền bắc Việt Nam ghi được hơn 150 trận động đất có magnitud 2,5-6,0. Tuy nhiên, số liệu và số lượng trạm sử dụng trong nghiên cứu cần lựa chọn theo các tiêu chuẩn thích hợp nhằm đảm bảo tính khách quan và độ tin cậy cần thiết. Chúng tôi đưa ra các tiêu chuẩn lựa chọn dưới đây :

- Các động đất cần được ghi ít nhất bởi 5 trạm động đất. Trong trường hợp động đất địa phương với khoảng cách chấn tiêu < 20 km, cần ít nhất 3

trạm. Điều kiện này đặt ra nhằm tăng cao độ chính xác của việc xác định tọa độ chấn tâm động đất.

- Đối với các động đất lớn, thường có rất nhiều dư chấn xảy ra tạo thành từng nhóm. Trong trường hợp này, sẽ không chọn quá 3 động đất trong nhóm nhằm tránh ảnh hưởng của một nhóm động đất lên kết quả nghiên cứu.

- Trong tập hợp số liệu động đất, các trạm có quá ít số liệu (ít hơn 20 số liệu ghi) cũng tạm loại bỏ trong nghiên cứu nhằm tăng tính độc lập của các trạm trong kết quả nghiên cứu.

Mặc dù, mục tiêu ban đầu nhằm nghiên cứu về thang năng lượng cho toàn bộ miền bắc, nhưng với các số liệu đã có, chỉ có các trạm địa chấn vùng Tây Bắc Việt Nam gồm : Sapa, Lai Châu, Điện Biên, Tuần Giáo, Sơn La, Trạm Tấu, Mộc Châu và Hoà Bình là có đủ chất lượng và số lượng đáp ứng các điều kiện của nghiên cứu. Điều này cũng phản ánh một thực tế là tính địa chấn vùng Tây Bắc Việt Nam cao hơn các vùng còn lại. Hơn nữa, sự khác biệt về địa chất, kiến tạo và cấu trúc vỏ Quả Đất cũng như tính chất vật lý giữa vùng Tây Bắc và Đông Bắc Việt Nam đã được nhiều nghiên cứu đề cập đến cho nên việc xác định thang năng lượng động đất địa phương cũng cần phải tính đến đặc điểm này. Với các điều kiện như trên, tập hợp của 50 động đất sử dụng trong nghiên cứu được ghi trong *bảng 1*. Bảng 1 còn đưa ra các ước lượng về magnitud địa phương tính theo công thức (3) do ISC kiến nghị, các tính toán về magnitud địa phương nhận được theo kết quả của nghiên cứu này và các số liệu ước lượng về magnitud do các tổ chức quốc tế khác đưa ra. Số liệu của các tổ chức quốc tế được tham khảo trên trang web của Trung tâm Địa chấn Quốc tế [6].

### IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Phương trình (4) được giải với tập hợp các số liệu từ 50 trận động đất (*bảng 1*) ghi tại 8 trạm động

Ghi chú *bảng 1* →

$M_L$ -ISC : số liệu magnitud địa phương tính theo công thức (2),  $M_L$ -TB : số liệu magnitud địa phương tính theo các trạm vùng Tây Bắc (nghiên cứu này),  $M_L$ -BJI : số liệu magnitud địa phương theo Viện Vật lý Địa cầu Bắc Kinh,  $M_s$ -TB : số liệu magnitud sóng mặt theo Viện Vật lý Địa cầu Bắc Kinh,  $M_w$  : số liệu moment magnitud địa phương trung tâm địa chấn quốc tế (ISC)

Bảng 1. Các động đất sử dụng trong nghiên cứu

Thời gian phát sinh động đất		Toạ độ chấn tiêu			Việt Nam		Trung Quốc		ISC
		Vĩ độ	Kinh độ	Độ sâu	M <sub>L</sub> -ISC	M <sub>L</sub> -TB	M <sub>L</sub> -BJI	Ms-BJI	Mw
2005/12/31	17:22:05.5	23.422	104.074	10.0	3,2	3,06			
2006/01/06	11:50:01.8	23.166	104.164	10.0	3,9	3,83	3,7	3,9	
2006/01/06	18:28:09.1	22.082	102.449	15.5	3,7	3,63			
2006/01/06	18:43:04.1	22.063	102.450	9.0	3,5	3,30			
2006/01/12	01:05:28.1	23.363	101.650	10.0	4,8	4,73	5,1	5,2	
2006/01/15	14:29:47.4	21.742	103.258	5.1	3,0	2,94			
2006/01/16	17:58:02.1	22.635	103.401	9.2	2,9	2,83			
2006/01/23	21:09:19.9	22.285	103.186	11.8	2,3	2,11			
2006/02/19	13:16:51.7	21.703	103.407	5.1	2,5	2,45			
2006/02/26	16:12:37.0	21.245	103.340	13.2	3,5	3,45			
2006/03/16	16:22:30.7	22.355	104.258	11.7	3,1	2,73			
2006/03/18	20:18:04.0	21.260	103.339	5.0	2,0	2,30			
2006/04/03	17:06:57.4	19.741	107.018	10.0	3,6	3,67			
2006/04/13	13:24:57.0	21.392	102.998	9.5	2,3	1,88			
2006/04/27	17:24:29.9	22.478	101.941	5.1	2,7	2,54			
2006/06/23	17:22:08.0	24.261	102.498	10.0	4,1	3,82	3,9	3,8	
2006/07/15	16:17:32.9	24.230	101.288	9.4	4,6	4,48	5,0	4,5	4,3
2006/08/15	20:49:05.2	21.701	103.365	10.0	1,8	1,75			
2006/08/26	04:20:40.9	21.339	102.933	11.0	2,6	2,45			
2006/09/02	18:16:53.9	22.335	102.216	10.3	2,8	2,58			
2006/09/04	22:07:04.6	24.281	102.940	10.0	3,3	3,27	3,1		
2006/09/06	19:24:17.2	23.028	102.331	5.1	3,0	2,63			
2006/09/16	17:12:30.8	21.356	109.441	10.0	4,5	4,42	4,9	4,2	
2006/09/17	06:10:36.6	20.973	103.283	10.0	3,4	2,22			
2006/09/23	20:07:12.6	21.395	102.952	5.0	1,8	1,56			
2006/10/31	10:37:25.5	22.353	101.055	10.0	4,3	4,13	4,6	4,4	
2006/11/11	18:45:59.51	23.850	102.797	14.0	4,0	3,78	3,9	4,3	
2006/11/23	16:30:00.8	22.763	102.348	9.1	4,4	3,92	4,3	4,4	4,5
2006/11/24	12:05:20.6	23.011	104.144	5.1	4,0	3,76	3,9	3,6	
2007/01/26	18:45:27.1	22.794	102.731	23.1	2,7	2,74			
2007/03/03	19:12:27.2	23.497	102.200	10.0	2,9	2,79			
2007/03/23	18:45:00.8	25.251	106.137	10.0	3,9	3,87	3,3		
2007/03/31	03:15:53.1	22.411	102.356	17.5	3,5	3,48			
2007/03/31	10:03:48.3	22.342	102.367	5.3	3,3	2,16			
2007/05/02	02:02:11.7	20.761	103.143	10.0	4,5	4,26	4,2	4,4	
2007/05/02	04:01:51.7	20.738	103.143	10.0	3,7	3,49			
2007/05/13	10:04:37.3	20.585	100.792	10.0	4,0	4,02			
2007/05/15	14:35:47.9	20.514	100.781	10.0	4,6	4,54	4,1	4,6	
2007/05/16	08:56:12.4	20.514	100.754	10.0	5,9	5,84	6,2	6,9	6,3
2007/05/31	15:44:27.2	22.538	102.671	10.0	3,0	2,92			
2007/06/02	21:34:54.3	23.273	100.858	9.3	5,6	5,85	6,4	6,0	6,1
2007/06/03	02:49:00.3	23.250	101.042	10.0	4,6	4,58	4,7	4,9	4,9
2007/06/07	05:31:15.4	21.909	103.065	10.0	3,3	3,01			
2007/06/09	12:16:39.2	23.870	103.281	5.1	4,3	4,29			
2007/06/09	23:28:28.8	21.922	103.051	11.4	2,6	2,43			
2007/06/22	16:52:43.2	21.646	103.370	10.0	2,2	2,15			
2007/07/21	08:47:12.3	21.312	104.070	10.0	3,1	2,92			
2007/07/26	07:14:39.0	20.769	103.119	6.0	2,8	2,67			
2007/09/06	18:51:46.8	23.253	105.553	5.1	4,4	4,43	4,4	4,4	
2007/09/09	16:35:57.1	24.199	103.977	5.0	4,1	3,97	3,6		

đất vùng Tây Bắc Việt Nam. Tập hợp nghiệm của phương trình này cho các giá trị hệ số a, b, giá trị magnitud của 50 trận động đất và 8 số hiệu chỉnh trạm vùng Tây Bắc và độ lệch chuẩn của chúng. Giá trị magnitud của các động đất được đưa trong bảng 1. Độ lệch chuẩn khi xác định magnitud của các động đất này nằm trong khoảng 0,2 đơn vị. Thông số a và b xác định số hiệu chỉnh đường tắt dần biên độ sóng địa chấn theo khoảng cách xác định từ nghiên cứu này là :

$$a = 1,018 \quad (\sigma = 0,1211)$$

$$b = 0,00232 \quad (\sigma = 0,00039)$$

Kết quả này xác định công thức đánh giá magnitud địa phương đối với khu vực Tây Bắc Việt Nam :

$$M_L = \log_{10}(A) + 1,018 \log_{10}R + 0,00232 * R - 2,09 \quad (4)$$

So sánh (4) với (2), thấy các hệ số của các phương trình này khác nhau không nhiều, nằm trong khoảng  $\pm\sigma$ . Điều này cũng thể hiện trên kết quả tính giá trị

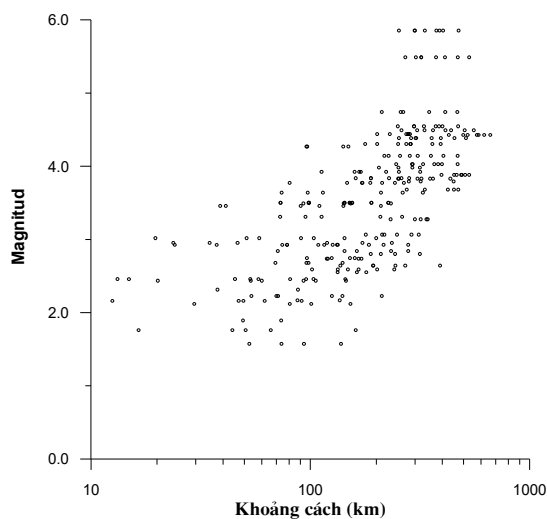
magnitud địa phương  $M_L$  theo công thức (2) và theo công thức (4) cho trên cột 3 và cột 4 của bảng 1.

Các hệ số hiệu chỉnh trạm cùng với các thông số của nó được trình bày trong *bảng 2*. Số liệu *bảng 2* cho số hiệu chỉnh dương lớn nhất tại trạm Hoà Bình (HBVB) là 0,31 và hiệu chỉnh âm lớn nhất tại trạm Sơn La (SLVB) là -0,23. Số hiệu chỉnh trạm, ngoài việc sử dụng hiệu chỉnh giá trị magnitud tính theo số liệu của trạm còn phản ánh điều kiện nền đất thực tế tại các trạm này. Với các trạm đặt trên nền đá cứng như Sơn La, Tuần Giáo, Trạm Tấu, Mộc Châu, số hiệu chỉnh có giá trị < 0. Trên thực tế, đường ghi động đất của các trạm này cũng tốt hơn do không bị khuếch đại bởi các lớp đất yếu phía trên. Theo kết quả này cũng có thể kết luận, nền đất của trạm Hoà Bình là xấu nhất và trên thực tế, các đường ghi tại trạm này cũng thể hiện như vậy.

Cũng cần nói, tập hợp số liệu vào vẫn còn chưa được đầy đủ. Trên *hình 1* biểu diễn phân bố của số

*Bảng 2. Thông số các trạm địa chấn vùng Tây Bắc và số hiệu chỉnh trạm*

Trạm địa chấn	Kinh độ (N°)	Vĩ độ E (E°)	Độcao (m)	Số hiệu chỉnh trạm	Độ lệch chuẩn	Số phép đọc
SPVB	22.336	103.831	1.550	0,18	0,21	24
LCVB	22.052	103.159	1.100	0,10	0,24	47
DBVB	21.390	103.025	480	0,11	0,18	43
TGVB	21.590	103.430	250	-0,13	0,2	50
SLVB	21.315	103.942	700	-0,23	0,16	32
TTVB	21.460	105.800	50	-0,11	0,16	32
MCVB	20.800	104.650	800	-0,17	0,15	40
HBVB	20.842	105.328	20	0,31	0,18	32



liệu theo không gian (khoảng cách chấn tiêu) và theo giá trị magnitud. Có thể thấy trong bán kính < 150 km, chỉ có các giá trị magnitud < 4,0. Phần lớn các động đất trong nghiên cứu có  $M < 5,0$ . Chỉ có hai nhóm động đất  $M > 5,0$  nằm ở các khoảng cách xa. Hơn thế nữa, số lượng các số liệu vẫn chưa đủ lớn, chỉ có 289 số liệu. Trong các nghiên cứu tương tự cho các vùng khác nhau trên thế giới, tập hợp số liệu lên tới hàng chục ngàn. Điều này nói lên giới hạn áp dụng tốt nhất cho công thức xác định magnitud địa phương  $M_L$  với các trạm khu vực Tây Bắc Việt Nam nằm trong khoảng  $M < 5,0$ .

← *Hình 1. Không gian phân bố số liệu theo khoảng cách chấn tiêu và magnitud*

## KẾT LUẬN

Việc nghiên cứu thang magnitud địa phương  $M_L$  ở Việt Nam lần đầu tiên tiến hành dựa trên số liệu đo biên độ thực của các băng ghi động đất. Số liệu này thực hiện trên hệ thống máy địa chấn dải rộng.

Dựa trên bài toán phương trình tuyến tính, với tập hợp số liệu có chất lượng trong thời gian quan sát từ 12/2005 đến 11/2007 đã xác lập công thức đánh giá thang magnitud địa phương  $M_L$  đối với khu vực Tây Bắc :

$$M_L = \log_{10}(A) + 1,018 \log_{10}R + 0,00232 * R - 2,09$$

Giới hạn tốt nhất cho việc áp dụng công thức này là đối với các động đất có  $M < 5,0$ . Phần lớn các động đất xảy ra ở Việt Nam nằm trong giới hạn này.

Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra hệ số hiệu chỉnh trạm cho các trạm địa chấn vùng Tây Bắc.

Do thời gian quan sát còn ít, việc nghiên cứu thang magnitud động đất cần được tiếp tục tiến hành nhằm tăng số lượng dữ liệu cũng như triển khai nghiên cứu trên khu vực rộng hơn.

Công trình này được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài cơ bản mã số 711.406. Trong khi viết bài, chúng tôi đã được sự quan tâm của lãnh đạo Viện Vật lý Địa cầu cũng như sự trao đổi góp ý của nhiều đồng nghiệp. Nhân dịp này các tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành tới ban lãnh đạo Viện Vật lý Địa cầu, các bạn đồng nghiệp.

## TÀI LIỆU DẪN

[1] J. HAVSKOV and L. OTTEMEJLLER, 2005 : SEISAN : The earthquake analysis software for Win-

dows, solaris, Linux and Macosx, Version 8.1, Uni-versity of Bergen, 255 pp.

[2] L.K. HUTTON and D.M. BOORE, 1987 : The  $M_L$  scale in southern California, Bull. Seism. Soc. Am. **77**, 2074-2094.

[3] C. PAIGE and SAUNDER, 1982 : LSQR : an algorithm for sparse linear Equations and Sparse Least Squares. Mathematical Software V. 18, 1.

[4] C.F. RICHTER, 1935 : An instrumental earthquake scale, Bull. Seism. Soc. Am. **25**, 1-32.

[5] R.A. UHRHAMMER and E.R. COLLINS, 1990: Synthesis of Wood-Anderson seismograms from broadband digital records, Bull. Seism. Soc. Am. **80**, 702-716.

[6] <http://www.isc.ac.uk/>

## SUMMARY

### The local magnitude scale $M_L$ in North Western Vietnam

The broad band digital seismic data recorded from 8 stations in North Western Vietnam and 50 events during 2005-2007 have been collected and analysed. From this data, a set of 289 linear equations have been established and solved by LSQR algorithm. As the result, the formular for determining the local magnitude  $M_L$  of crust earthquakes in the North Western Vietnam has been proposed as followed :

$$M_L = \log_{10}(A) + 1.018 \log_{10}R + 0.00232 * R - 2.09$$

The coefficients of this equation are similar to that of Southern California. The corrective factors for 8 stations have been founded.

Ngày nhận bài : 17-4-2008

Viện Vật lý Địa cầu