

# TÁCH CÁC NHÓM TIỀN CHẤN, DƯ CHẤN TỪ DANH MỤC ĐỘNG ĐẤT KHU VỰC ĐÔNG NAM Á (CHU KỲ 1278-2008) BẰNG PHƯƠNG PHÁP CỦA SỔ KHÔNG GIAN - THỜI GIAN

NGÔ THI LƯ, TRẦN VIỆT PHƯƠNG

## I. MỞ ĐẦU

Như đã chỉ ra trong [11], một trong những nhiệm vụ quan trọng khi nghiên cứu các hiện tượng địa chấn là xác định cơ cấu bên trong của chính quá trình địa chấn không phụ thuộc vào các tài liệu khác như kiến tạo, địa chất,... Do đó vấn đề được nhiều nhà địa chấn dành sự quan tâm đặc biệt là khởi thảo các phương pháp phân tích tập hợp các trận động đất liên quan lẫn nhau như tiền chấn, dư chấn, nhất là vấn đề tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất.

Có rất nhiều phương pháp tách tiền chấn và dư chấn, một số phương pháp đã được giới thiệu và thảo luận trong [1-7, 10, 11, 15-18]. Trong số các phương pháp đã biết, phương pháp cửa sổ không gian, thời gian (phương pháp "cửa sổ") được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm hơn cả.

Trong bài báo này chúng tôi áp dụng phương pháp cửa sổ không gian, thời gian để tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất khu vực Đông Nam Á (ĐNA) giai đoạn 1278-2008 nhằm thành lập danh mục động đất độc lập (không chứa các tiền chấn và dư chấn), phục vụ đánh giá tổng quan tính địa chấn khu vực và các nhiệm vụ khác liên quan đến nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần ở vùng ven biển và hải đảo Việt Nam.

$$\mathbf{R}(\lambda_1, \varphi_1, \lambda_2, \varphi_2) \leq \mathbf{DD}(\mathbf{MM}) \& \mathbf{ABS}(T_2 - T_1) \leq \mathbf{TP}(\mathbf{MM}) \quad (1)$$

trong đó,  $\mathbf{MM} = \max \{M_1, M_2\}$ ,  $\lambda, \varphi$  - các tọa độ chấn tâm động đất,  $M$  - magnitud động đất,  $T$  - thời gian nảy sinh động đất.

Các giá trị bằng số của các ranh giới cửa sổ không gian  $\mathbf{DD}(\mathbf{MM})$  và thời gian  $\mathbf{TP}(\mathbf{MM})$  trong biểu thức logic (1) đối với các phương pháp "cửa

## II. HỆ PHƯƠNG PHÁP VÀ THUẬT TOÁN TÁCH CÁC NHÓM TIỀN CHẤN VÀ DƯ CHẤN

### 1. Phương pháp

Phần lớn các phương pháp đã biết dựa trên ưu thế của các trận động đất với magnitud lớn, vì vậy có cả sự phụ thuộc của các kết quả vào mức đại diện của danh mục động đất. Để khắc phục hạn chế này, chúng tôi áp dụng phương pháp được A.P. Grishin và N.V. Kondorskaya đề xuất năm 1997 [4] để tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất đối với khu vực ĐNA; như vậy cho phép khắc phục hạn chế nêu trên và được xem như một trong các phương pháp có hiệu quả khi phân tích các danh mục động đất với khả năng tiếp tục chính xác các ranh giới cửa sổ không gian, thời gian trong quá trình tách các nhóm tiền chấn, dư chấn. Bản chất của phương pháp này là lựa chọn tiêu chuẩn phụ thuộc của một cặp động đất vào một nhóm tiền chấn, dư chấn. Theo cách tiếp cận này, hai động đất thuộc vào một nhóm động đất liên quan lẫn nhau nếu khoảng cách giữa các chấn tâm và đồng thời cả hiệu giữa các thời điểm nảy sinh không vượt quá các giới hạn xác định trong sự phụ thuộc vào magnitud của động đất mạnh nhất trong nhóm. Điều kiện liên quan của hai trận động đất ( $\lambda_1, \varphi_1, M_1, T_1$ ) và ( $\lambda_2, \varphi_2, M_2, T_2$ ) được biểu diễn bởi biểu thức (1).

sổ" tách tiền chấn và dư chấn đã được thảo luận trong hàng loạt các công trình [1-7, 10, 11, 15-18].

Hàm  $\mathbf{R}(\lambda_1, \varphi_1, \lambda_2, \varphi_2)$  trong biểu thức (1) có ý nghĩa khoảng cách giữa chấn tâm (km) của các cặp động đất ( $\lambda_1, \varphi_1$ ) và ( $\lambda_2, \varphi_2$ ).

Mỗi nhóm động đất liên quan lẫn nhau bởi biểu thức (1) và được tách ra bởi thuật toán đề nghị bao gồm kích động chính (động đất trong thành phần của nhóm với magnitud lớn nhất), các tiền chấn (động đất trong thành phần của nhóm xuất hiện trước kích động chính) và dư chấn (động đất trong thành phần của nhóm xuất hiện sau kích động chính).

Với cách giải thích về thành phần của nhóm như vậy, khái niệm về các tiền chấn và dư chấn trở nên rõ ràng và đơn nghĩa hơn.

Khi áp dụng thuật toán tách tiền chấn và dư chấn, các tác giả của công trình [4] đã chọn các ranh giới của số **DD**(MM) và **TP**(MM) trong sự phù hợp với các tài liệu về động đất trong các niên san động đất và trong các danh mục động đất ở Liên Xô (cũ) [8, 9] trên cơ sở phân tích hàng loạt ranh giới của số không gian, thời gian của nhiều tác giả khác nhau [15-17]. Trong bài báo này, việc phân chia các của số không gian **DD**(MM) và thời gian **TP**(MM) được xem xét tương tự trên cơ sở số liệu của danh mục động đất ĐNA giai đoạn 1278-2008 (do chúng tôi thành lập) với việc sử dụng các ranh giới của số, được đề nghị trong các công trình [10, 11].

## 2. Thuật toán tách tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất

Mỗi danh mục động đất bất kỳ, chứa thông tin về N trận động đất, là một bảng bao gồm N dòng và một số cột; mỗi cột như vậy chứa một đặc trưng nhất định của động đất với số thứ tự i (i = 1, 2, ..., N).

Tài liệu ban đầu đối với thuật toán tách tiền chấn và dư chấn trong sự phù hợp với cấu trúc của tiêu chuẩn (1) là các cột của danh mục động đất chứa các đặc trưng  $\lambda(i)$ ,  $\varphi(i)$ ,  $M(i)$ ,  $T(i)$ , với i = 1, 2, ..., N.

Kết quả của thuật toán sẽ là các cột ghi dấu Đ(i), (i = 1, 2, ..., N), đánh dấu sự phụ thuộc của một trận động đất với số thứ tự "i" vào một trong 5 lớp sau:

Đ(i) = 0 - các trận động đất chưa được đánh dấu (chưa được xử lý bởi thuật toán);

Đ(i) =  $\alpha$  - các trận động đất không phụ thuộc, không thuộc vào một nhóm tiền chấn, dư chấn nào ( $|\alpha| < 1$ );  $\alpha$  - một số thực nào đó;

Đ(i) = k - các trận động đất thuộc vào một nhóm tiền chấn, dư chấn với số thứ tự k (k = 1, 2, ... - số nguyên), nhưng không phải là kích động chính trong nhóm; dấu hiệu của kích động chính là giá trị magnitud M lớn hơn cả trong nhóm;

Đ(i) = k +  $\beta$  - các trận động đất là kích động chính trong nhóm tiền chấn, dư chấn với số thứ tự k ( $|\beta| < 1$  và  $\beta \neq \alpha$  - số thực nào đó);

Đ(i) = N+1 - các trận động đất còn đang ở trong quá trình chỉnh lý bằng thuật toán, tuy nhiên việc chỉnh lý chưa được hoàn thành.

Dấu hiệu  $\alpha$ , k và (k +  $\beta$ ) là các dấu hiệu cuối cùng. Sau khi gán chúng, thuật toán không chỉnh lý tiếp các trận động đất đã được đánh dấu bằng các dấu hiệu này.

Các dấu hiệu 0 và N+1 là sơ bộ. Thuật toán làm việc chỉ với những trận động đất đã được đánh dấu bằng các dấu hiệu sơ bộ khi thay chúng bằng các dấu hiệu cuối cùng ở cuối chu trình làm việc.

Thuật ngữ "động đất không được đánh dấu" có ý nghĩa Đ(i) = N + 1. Động đất của danh mục với số thứ tự "i" sẽ tiếp tục được ký hiệu bằng Q(i). Sơ đồ khối của chu trình chính (chu trình ngoài) của thuật toán tách tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất được chỉ ra trên hình 1.

Trong khối 1 khi làm việc chỉ với nhóm  $G_0\{Q_i | P(i) = 0\}$  các trận động đất chưa được đánh dấu của danh mục, thuật toán tìm động đất Q(Im) với giá trị magnitud cực đại (kích động chính của nhóm).

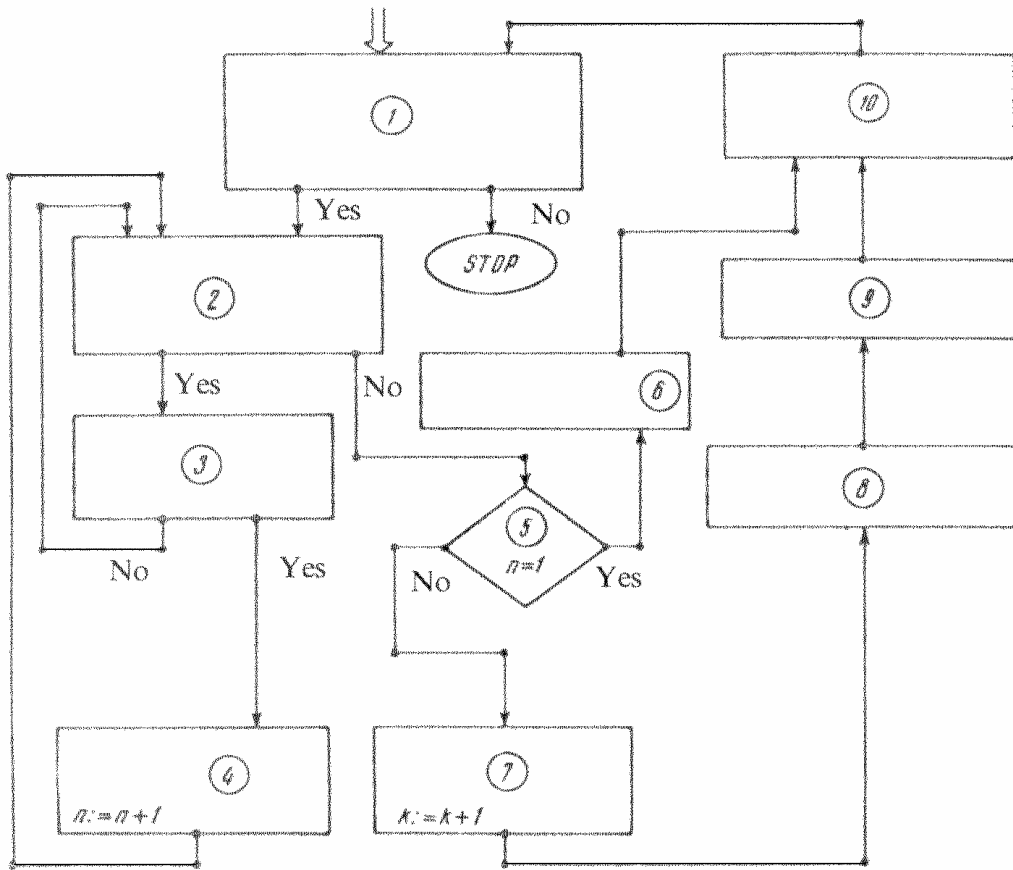
Các khối 2-4 tạo chu trình trong của thuật toán, có nhiệm vụ cấu tạo nên thành phần của nhóm tiền chấn và dư chấn mới  $G_k$  với kích động chính Q(Im).

Khối 2 tiến hành tìm động đất thứ nhất trong số động đất chưa đánh dấu đã gặp. Chúng ta gọi động đất này là động đất kiểm tra Q(j).

Khối 3 là chìa khoá đối với toàn bộ thuật toán. Nó tiến hành kiểm tra theo tiêu chuẩn (1) xem các trận động đất Q(j) và Q(Im) có thuộc cùng một nhóm tiền chấn và dư chấn không.

Khối 4 cho sự gia tăng đơn vị của chỉ số n trận động đất trong nhóm  $G_k$  sau khi hoàn thành chu trình trong và thuật toán chuyển sang lối vào của khối 2 để tìm động đất kiểm tra tiếp theo.

Khối 5 tiến hành kiểm tra điều kiện "n = 1"; nếu đúng thì không có nhóm tiền chấn, dư chấn nào liên quan với kích động chính Q(Im) và động đất Q(Im) là động đất không phụ thuộc. Khi đó theo lối ra của khối 5 thuật toán chuyển vào khối 6, ở đây động đất Q(Im) nhận được dấu hiệu cuối cùng P(Im) =  $\alpha$ . Nếu n  $\neq$  1 thì có một nhóm tiền chấn, dư chấn nào đó liên quan với động đất Q(Im) và thuật toán theo lối ra "Sai" chuyển đến các khối 7-10.



Hình 1. Sơ đồ khối chu trình cơ bản của thuật toán tách các nhóm tiên chấn và dư chấn

Trong khối 7 chỉ số "k" của số nhóm nhận được sự gia tăng đơn vị.

Trong khối 8 tất cả các trận động đất  $Q(j) \subset G_k$  sẽ nhận được dấu hiệu cuối cùng ( $P(Im) = k + \beta$ ,  $P(j) = k$ , nếu  $j \neq i$ ).

Khối 9 đưa ra trên màn hình thành phần của nhóm tuân tự với dấu hiệu "k".

Trong khối 10 các dấu hiệu sơ bộ đối với tất cả các trận động đất sẽ bị loại bỏ. Chu trình ngoài (chu trình chính) của thuật toán được hoàn thành bởi việc thực hiện khối 10.

### III. SỐ LIỆU SỬ DỤNG

Như đã dẫn trong các công trình [12-14], trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đặc điểm tính địa chấn và các đặc trưng cơ bản của động đất khu vực ĐNA, kết hợp phân tích so sánh với nhiều kết quả nghiên

cứu khác về kiến tạo, về các điều kiện địa động lực và các tài liệu địa hình, độ sâu vùng ven biển cho thấy: mặc dù phía tây nam Việt Nam tồn tại một vành đai động đất hoạt động rất tích cực, liên quan với chuyển động của mảng thạch quyển Ấn Độ và đới hút chìm lớn trong khu vực, nhưng ảnh hưởng của động đất gây sóng thần (nếu có) đối với vùng bờ biển Việt Nam có thể bị hạn chế bởi bức tường chắn Thái Lan, Malaysia, Singapor. Vì thế, vùng động đất hoạt động mạnh, có khả năng gây sóng thần ảnh hưởng đến bờ biển Việt Nam chủ yếu từ phía biển Đông thuộc khu vực bờ tây Philippin, bờ tây Indonesia và bắc, tây-bắc Malaysia. Mặc dù số lượng chấn tâm động đất đã xảy ra ở khu vực này (giai đoạn 1970-1996) ít hơn hẳn so với khu vực phía tây, tây nam và toàn khu vực ĐNA (454/6.315), nhưng đã có động đất mạnh với magnitud  $M = 7,6$  xảy ra từ phía này. Mặt khác, do khu vực nghiên cứu trong các công trình [12-14] giới hạn bởi kinh độ  $\lambda = 90-120^\circ E$ , nên còn khá nhiều các trận động đất

mạnh khác nằm trong khoảng kinh độ 120- 145 °E chưa được xem xét. Vì vậy, để nghiên cứu tổng quan về tính địa chấn khu vực ĐNA, phục vụ đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần ở vùng ven biển và hải đảo Việt Nam, chúng tôi đã mở rộng phạm vi nghiên cứu trên diện tích giới hạn bởi các tọa độ  $\varphi = 10^{\circ}\text{S} - 30^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda = 90-140^{\circ}\text{E}$ . Thu thập và chỉnh lý số liệu về động đất từ các nguồn khác nhau cho phép xây dựng danh mục động đất khu vực ĐNA giai đoạn 1278-2008. Cần thấy danh mục động đất này thành lập trên cơ sở phân tích hàng loạt các tài liệu địa chấn, nhận được từ các thông báo của các tổ chức địa chấn quốc tế và khu vực, với việc áp dụng cách tiếp cận duy nhất theo [10] khi chỉnh lý, phân tích và liên kết các số liệu thu thập được. Danh mục động đất như vậy có thể coi là cơ sở dữ liệu địa chấn đối với khu vực ĐNA phục vụ nhiều nghiên cứu khác nhau trong lĩnh vực các khoa học về Trái Đất.

Danh mục động đất ĐNA (1278-2008) bao gồm 87.569 động đất với magnitud  $M \geq 3,0$ . Phân bố số lượng động đất theo magnitud được trình bày tại *bảng 1* và thể hiện trên *hình 2*.

**Bảng 1. Phân bố động đất theo magnitud**

Magnitud M	Số trận động đất	Tỷ lệ (%)
3,0-3,5	12383	14,141
3,6-4,0	17706	20,219
4,1-4,5	21681	24,759
4,6-5,0	22591	25,798
5,1-5,5	10156	11,598
5,6-6,0	2341	2,673
6,1- 6,5	537	0,613
6,6-7,0	115	0,131
7,1-7,5	35	0,040
7,6-8,0	18	0,021
8,1-8,5	3	0,003
8,6- 9,0	3	0,003

Từ các số liệu tại *bảng 1* và đặc điểm phân bố động đất ĐNA (1278-2008) trên *hình 2*, có thể thấy phần lớn động đất khu vực ĐNA (trên 50%) có magnitud trong khoảng  $M = 4,0-5,0$ . Một phần không nhỏ động đất với magnitud  $M < 4,0$  (34,3%). Số lượng động đất với Magnitud  $M \geq 5$  chiếm tỷ lệ nhỏ (chỉ khoảng trên 14%), trong đó số lượng động đất với Magnitud  $M \geq 7$  chiếm tỷ lệ chưa được 0,1%. Phân bố số lượng động đất theo magnitud được trình bày tại *bảng 2* và thể hiện trên *hình 3*.

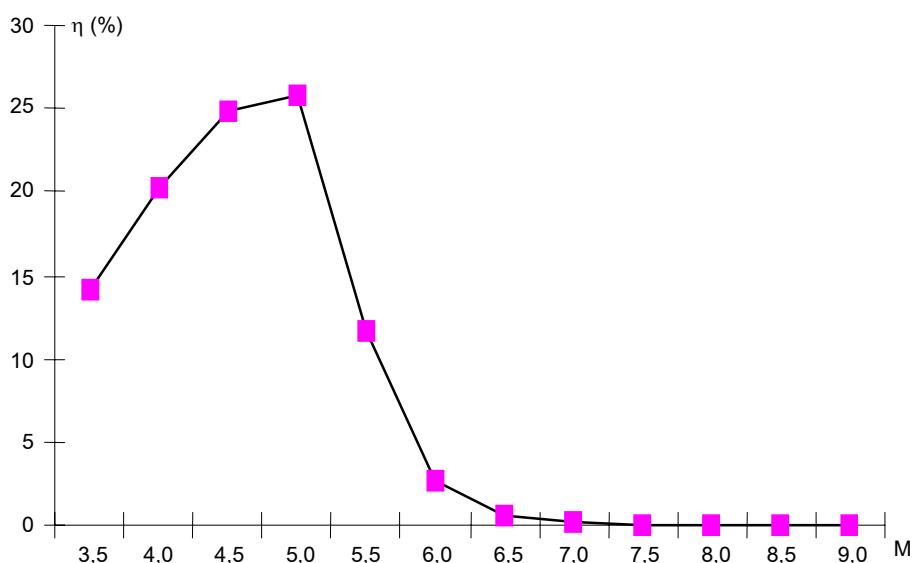
Các số liệu tại *bảng 2* và đặc điểm phân bố động đất khu vực ĐNA trên *hình 3* cho thấy phần lớn

động đất khu vực ĐNA (gần 65,24%) có độ sâu chấn tiêu trong khoảng  $H \leq 50$  km (thuộc vỏ Trái Đất). Số lượng động đất có độ sâu chấn tiêu  $H \geq 300$  km không nhiều. Vì thế, trên đồ thị *hình 3* chỉ biểu diễn đến độ sâu 300 km.

**Bảng 2. Phân bố động đất theo độ sâu chấn tiêu (km)**

Độ sâu chấn tiêu H (km)	Số trận động đất	Tỷ lệ (%)
0-10	11.993	13,70
11-20	7.845	8,96
21-30	6.630	7,57
31-40	25.629	29,27
41-50	5.024	5,74
51-60	4.320	4,93
61-70	3.978	4,54
71-80	3.114	3,56
81-90	2.638	3,01
91-100	1.806	2,06
100-110	2.021	2,31
111-120	1.460	1,67
121-130	1.245	1,42
131-140	1.061	1,21
141-150	899	1,03
151-160	1.056	1,21
161-170	859	0,98
171-180	660	0,75
181-190	528	0,60
191-200	428	0,49
201-210	490	0,56
211-220	326	0,37
221-230	260	0,30
231-240	222	0,25
241-250	231	0,26
251-260	185	0,21
261-270	134	0,15
271-280	122	0,14
281-290	128	0,15
291-300	119	0,14
301-310	2.158	2,46
<b>Tổng cộng</b>	<b>87.569</b>	<b>100,00</b>

Trong bài báo này chúng tôi áp dụng chương trình "Aftershock-LP08", được thiết lập trên cơ sở phương pháp của sổ không gian - thời gian để tách các nhóm tiền chấn - dư chấn từ danh mục động đất nêu trên.



Hình 2. Phân bố số lượng động đất khu vực ĐNA (1278-2008) theo magnitud

#### IV. KẾT QUẢ TÁCH TIỀN CHẤN VÀ ĐƯ CHẤN TỪ DANH MỤC ĐỘNG ĐẤT ĐÔNG NAM Á

Trên cơ sở phương pháp "cửa sổ" và thuật toán đã miêu tả chúng tôi xây dựng chương trình tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất khu vực ĐNA (DMĐĐ-ĐNA) giai đoạn (1278-2008).

Cần chú ý, trong các công trình [10, 11], thuật toán tách tiền chấn và dư chấn miêu tả trên đây được thực hiện bằng ngôn ngữ Turbo-Pascal version 6.0 (chương trình "Aftershock-2"). Còn khi thực hiện công trình nghiên cứu này, do phải xử lý lượng số liệu khổng lồ (lớn gấp gần 14 lần số liệu cần xử lý trong [10, 11]), chương trình "Aftershock-2" không thích ứng và kém hiệu quả do ngôn ngữ Pascal bị giới hạn bộ nhớ khi xử lý số liệu dạng bảng và ma trận. Vì vậy, chúng tôi đã thiết lập một chương trình mới, thực hiện thuật toán trên bằng ngôn ngữ C# (Si sap). Ngôn ngữ lập trình C# ngoài ưu điểm cho phép xử lý các mảng số liệu không giới hạn về bộ nhớ, còn có khả năng thiết lập giao diện tương tác với người sử dụng thân thiện, tiện ích và đơn giản hơn. Chương trình mới được lấy tên các tác giả Ngô Thị Lư và Trần Việt Phương, gọi tắt là chương trình "Aftershock-LP08". Chương trình mới "Aftershock-LP08" có các ưu điểm sau đây :

- Khi thiết lập chương trình, mặc dù các bước trong thuật toán và sơ đồ khối vẫn được tuân thủ, tuy nhiên chương trình "Aftershock-LP08" được thiết kế linh hoạt hơn "Aftershock-2" bằng cách bỏ qua các bước hiển thị các bảng số liệu trung gian và thiết kế

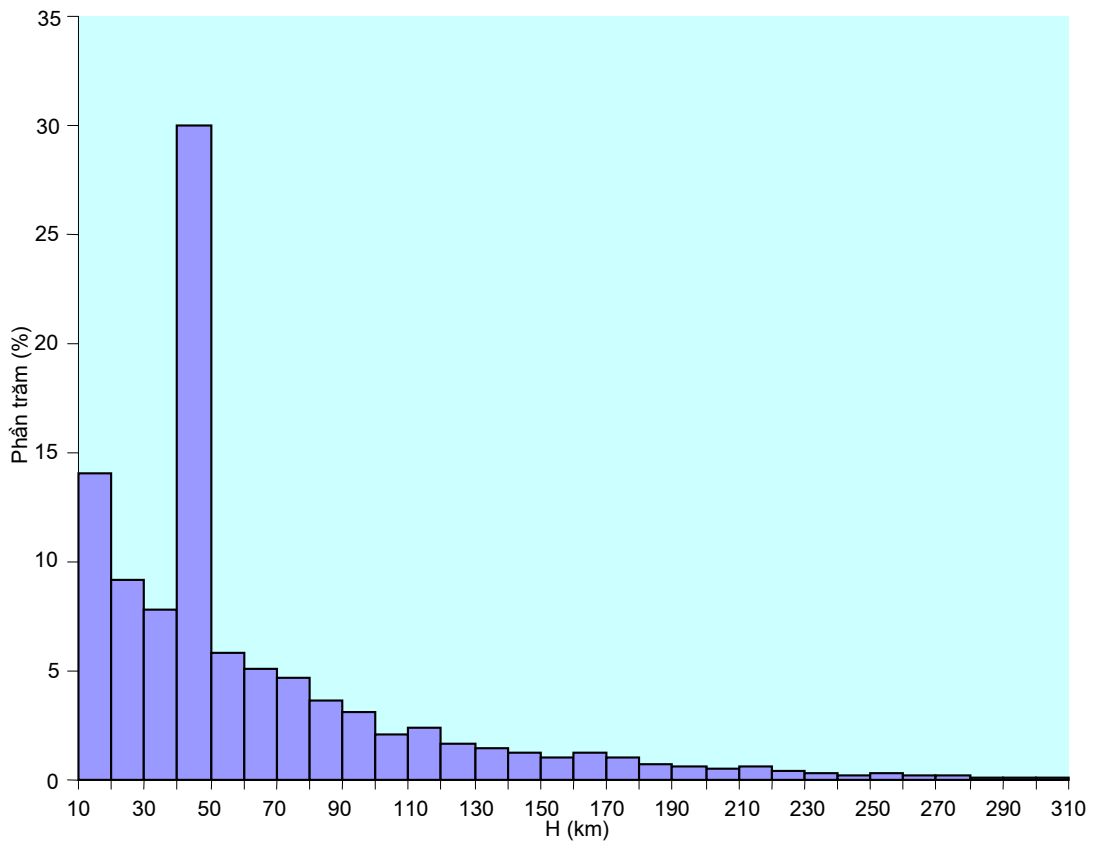
bổ sung luôn các cột thông tin cần thiết trong bảng kết quả hiển thị để tiện xử lý bằng Excel trong các nghiên cứu tiếp theo.

- Trong chương trình "Aftershock-LP08", có thể thay đổi các dữ liệu đầu vào về ranh giới cửa sổ không gian, thời gian và yêu cầu thống kê về kích thước các nhóm tiền chấn, dư chấn tại mục "thiết đặt ban đầu".

Nhiệm vụ quan trọng khi áp dụng phương pháp "cửa sổ không gian, thời gian" là xác định ranh giới cửa sổ không gian, thời gian phù hợp với các tài liệu địa chấn khu vực xem xét. Để làm điều đó, chúng tôi lần lượt sử dụng các ranh giới cửa sổ không gian DD(MM) và thời gian TP(MM) theo tiêu chuẩn đề nghị trong [4, 10] để tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất khu vực ĐNA (bảng 3).

Bảng 3. Các giá trị ranh giới cửa sổ dd(MM) và TP(MM)

MM	Theo tác giả [10]		Tiêu chuẩn đề nghị [4]	
	DD(MM) (km)	TP(MM) (ngày)	DD(MM) (km)	TP(MM) (ngày)
3,5	30	15	28	10
4,0	35	30	32	22
4,5	40	60	35	48
5,0	45	120	40	104
5,5	50	224	45	224
6,0	58	224	58	224
6,5	76	224	76	224
7,0	100	359	100	359
7,5	131	574	131	574
8,0	171	1.000	171	1.000



Hình 3. Phân bố số lượng động đất khu vực ĐNA theo độ sâu chấn tiêu H (km)

Việc áp dụng các ranh giới cửa sổ không gian thời gian theo các tiêu chuẩn [4, 10] đã cho phép nhận được các phương án kết quả khác nhau.

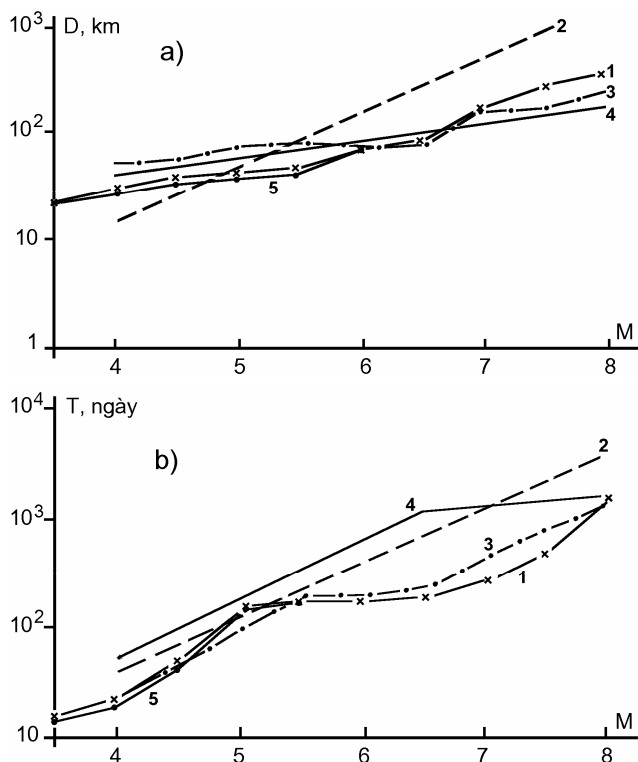
Phân tích các kết quả nhận được chúng tôi thấy khi tách tiền chấn và dư chấn theo tiêu chuẩn ranh giới cửa sổ không gian thời gian, được đề nghị trong [4, 10], chương trình "Aftershock-LP08" đã bỏ sót một số dư chấn với magnitud  $M_s \leq 5,0$  so với các kết quả chỉnh lý bằng tay đối với DMĐĐ-ĐNA. Vì vậy, tiếp theo trên cơ sở các kết quả nhận được với việc tính đến kinh nghiệm chỉnh lý bằng tay các số liệu địa chấn trong sự phù hợp với tài liệu của DMĐĐ-ĐNA chúng tôi tiến hành lựa chọn lập nhiều lần và đã xác định chính xác hơn tiêu chuẩn ranh giới cửa sổ không gian, thời gian đối với các tiền chấn và dư chấn với magnitud  $M_s \leq 5,0$ . Kết quả nhận được là các giá trị bằng số của các ranh giới cửa sổ không gian DD(MM) và thời gian TP(MM) có sự phù hợp tốt với các số liệu của DMĐĐ-ĐNA (bảng 4). Trên hình 4 trình bày kết quả so sánh các ranh giới cửa sổ không gian, thời gian để tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất theo tài liệu của các tác giả khác nhau. So sánh các kết quả nhận

được bởi chúng tôi (bảng 4) với các ranh giới cửa sổ không gian, thời gian, được đề nghị trong [4] (bảng 3), đã chỉ ra sự phù hợp tốt đối với các trận động đất với  $M_s > 5,0$  và sự khác biệt đối với các trận động đất với  $M_s \leq 5,0$  (hình 4).

Bảng 4. Các giá trị ranh giới cửa sổ dd(MM) và TP(MM)

MM (magnitud)	DD (MM) (km)	TP (MM) (ngày)	MM (magnitud)	DD (MM) (km)	TP (MM) (ngày)
3,0	27	10	6,5	76	224
3,5	30	15	7,0	100	359
4,0	35	30	7,5	131	574
4,5	40	60	8,0	171	1000
5,0	45	120	8,5	185	1000
5,5	50	224	9,0	200	1000
6,0	58	224			

Phân tích các kết quả nhận được cho thấy trong DMĐĐ-ĐNA có trên 30 % động đất với magnitud  $M < 4$ . Mặt khác, qua phân tích kết quả xử lý lập, phần lớn các trận động đất với  $M < 4$  là các động đất độc lập, chỉ một phần là dư chấn của những trận



← Hình 4.

Cửa sổ không gian (a) và thời gian (b) để tách tiên chấn và dư chấn theo kết quả của các nghiên cứu khác nhau

Ghi chú :

1. Theo các tác giả bài báo này,
2. L. Knopoff et al, 1982,
3. V. Keilis Borok et al, 1980,
4. J. Gardner, L. Knopoff, 1974,
5. A.P. Grishin, N.V. Kondorskaya, 1997

động đất với  $M > 7,0$ . Nhiệm vụ đặt ra khi đánh giá tổng quan tính địa chấn khu vực ĐNA là nghiên cứu các trận động đất mạnh với magnitud  $M \geq 5,5$ . Vì vậy, trong quá trình xử lý tiếp theo, chúng tôi chỉ xem xét các trận động đất với magnitud  $M \geq 4,0$ . Do đó, trên cơ sở các ranh giới cửa sổ không gian, thời gian đã được chính xác hóa (bảng 4) chúng tôi lại tiến hành tách tiên chấn, dư chấn từ DMĐĐA với tổng số 57.480 động đất với magnitud  $M \geq 4,0$ .

Sau khi chỉnh lý toàn bộ DMĐĐ theo tiêu chuẩn đã xác định ở bảng 4, chương trình "Aftershock-LP08" đã tách được 7.969 nhóm tiên chấn và dư chấn. Phân bố của các nhóm này theo magnitud của các kích động chính như sau :

Magnitud	Số lượng các kích động chính
$M \geq 8,5$	3
$8,0 \leq M < 8,5$	3
$7,5 \leq M < 8,0$	17
$7,0 \leq M < 7,5$	27
$6,5 \leq M < 7,0$	70
$6,0 \leq M < 6,5$	346
$5,5 \leq M < 6,0$	1.157
$5,0 \leq M < 5,5$	2.689
$4,5 \leq M < 5,0$	2.169
$4,0 \leq M < 4,5$	1.488

Phân bố của các nhóm này theo kích thước nhóm, nghĩa là theo số lượng Ne động đất chứa trong chúng (bao gồm cả các kích động chính) như sau :

Kích thước nhóm	Số lượng nhóm
$Ne \leq 5$	6.353
$5 < Ne \leq 10$	931
$10 < Ne \leq 20$	416
$20 < Ne \leq 30$	111
$30 < Ne \leq 40$	61
$40 < Ne \leq 50$	17
$50 < Ne \leq 60$	27
$60 < Ne \leq 70$	15
$70 < Ne \leq 80$	10
$Ne > 80$	28

Như vậy, sau khi loại trừ khỏi DMĐĐ tất cả các tiên chấn và các dư chấn, trong nó còn lại 22.542 động đất, trong số đó 14.573 động đất độc lập và 7.969 kích động chính trong các nhóm đã được tách ra. Từ 34.938 động đất đã được loại khỏi danh mục, 14.492 là tiên chấn và 20.446 dư chấn.

## KẾT LUẬN

Trên cơ sở phương pháp "cửa sổ không gian - thời gian", đã xây dựng thuật toán và thiết lập chương

trình "Aftershock-LP08" tách các nhóm tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất. áp dụng chương trình được thiết lập đối với DMĐĐ-ĐNA cho phép nhận được kết quả là các danh mục động đất độc lập và danh mục các nhóm tiền chấn - dư chấn cho khu vực ĐNA giai đoạn 1278-2008.

Do số lượng động đất rất lớn nên trong bài báo này, chúng tôi không dẫn ra các danh mục động đất. Phân tích các kết quả nhận được cho thấy các ranh giới cửa sổ không gian DD(MM) và thời gian TP(MM) theo tiêu chuẩn, mà chúng tôi đề xuất mang các đặc trưng khu vực rõ rệt và các giá trị bằng số của chúng (bảng 4) có thể sử dụng với ý nghĩa là ranh giới chuẩn của các cửa sổ không gian DD(MM) và thời gian TP(MM) trong các nghiên cứu tiếp theo khi tách các nhóm tiền chấn và dư chấn đối với danh mục động đất khu vực ĐNA.

Danh mục động đất độc lập nhận được bao gồm 22.542 trận động đất là cơ sở dữ liệu quan trọng, đầy đủ để xây dựng bản đồ chấn tâm động đất, phục vụ đánh giá tính địa chấn, phân vùng địa chấn và nhiều nghiên cứu khác đối với khu vực ĐNA, vừa đảm bảo tính độc lập của các sự kiện, vừa đảm bảo tính đúng đắn của các kết quả nghiên cứu.

Còn các tài liệu và danh mục các nhóm tiền chấn và dư chấn đã tách ra có thể sử dụng khi nghiên cứu chi tiết các trận động đất mạnh và các quá trình trong vùng chấn tiêu của chúng trên cơ sở xem xét, phân tích phân bố không gian và tiến trình theo thời gian của các nhóm tiền chấn và dư chấn.

### TÀI LIỆU DẪN

[1] S.D. DAVIS, C. FROLICH, 1985 : Identification of aftershocks of deep earthquakes by a new ratios method. *Geoph. Res. Lett.* Vol. 12, **10**, 713-716.

[2] S.D. DAVIS, C. FROLICH, 1991 : Single-link cluster analysis of earthquake aftershocks : decay laws and regional variations. *J. Geophys. Res.* Vol. 96, 6335-6350.

[3] J. GARDNER, L. KNOPOFF, 1974 : Is the sequence of earthquakes in S. California with aftershocks removed Poissonian ? Yes. *Bull. Seismol. Soc. Amer.* Vol. 64, **5**, 1363-1367.

[4] A.P. GRISHIN, N.V. KONDORSKAYA, 1997 : Thuật toán tách tiền chấn và dư chấn từ danh mục

động đất. Tạp chí "Núi lửa và địa chấn". Viện Hàn lâm Khoa học Nga. Moskva. **6**, 65-71. (Nga văn).

[5] V. KEILIS-BOROK, L. KNOPOFF, I. ROTWAIN, 1980 : Bursts of aftershocks long term precursors of strong earthquakes. *Nature.* **283**, 259-263.

[6] V.I. KEILIS-BOROK, V.G. KOSOBOKOV, 1986 : Các thời kỳ xác suất cao nảy sinh động đất mạnh nhất trên thế giới. Các phương pháp toán trong địa chấn và địa động lực. Moskva. Nauka. 48-58. (Nga văn).

[7] L. KNOPOFF, Y. KAGAN, R. KNOPOFF, 1982 : b-values for foreshocks and aftershocks in real and simulated earthquake sequences. *Bull. Seismol. Soc. Amer.* Vol. 72, **5**, 1663-1675.

[8] N.V. KONDORSKAYA (chủ biên), 1989 : Niên san động đất ở Liên Xô (cũ) từ 1962 đến 1989. Moskva, Nauka. 1964-1993.

[9] N.V. KONDORSKAYA, N.V. SHEBALIN, 1977 : Danh mục mới các trận động đất mạnh trên lãnh thổ Liên Xô (cũ) từ xưa đến năm 1975. Moskva, Nauka, 534 tr. (Nga văn).

[10] NGÔ THỊ LƯU, 1999 : Các đặc điểm của tính địa chấn và các đặc trưng cơ bản của chấn tiêu động đất Đông Nam Á từ quan điểm làm sáng tỏ các cấu trúc kiến tạo mới. Luận án tiến sỹ các khoa học toán-lý. Viện Vật lý Trái Đất - Viện Hàn lâm Khoa học Nga. Moskva, 342 tr. (Nga văn).

[11] NGÔ THỊ LƯU, 2000 : Áp dụng thuật toán tách tiền chấn và dư chấn từ danh mục động đất Đông Nam Á. Tc Các Khoa học về Trái Đất. T. 22, **1**, 18-21. Hà Nội.

[12] NGO THI LU, 2003 : Strong earthquakes and features of tectonic activities in southeast Asia region. *Journal of Geology. Series B*, **22**, 54-60.

[13] NGÔ THỊ LƯU, 2005 : Đặc điểm hoạt động của động đất gây sóng thần Andaman - Nicobar (26-12-2004) và diễn biến dư chấn của nó. Tc Địa chất, **286**, 1-10.

[14] NGÔ THỊ LƯU, 2005 : Về việc nghiên cứu sóng thần, các đặc điểm hoạt động động đất có khả năng gây sóng thần và một số giải pháp xây dựng hệ thống cảnh báo sóng thần ở Việt Nam. Tc Địa chất, **289**, 28-34.

[15] G.M. MOLCHAN, O.E. DMITRIEVA, 1991 : Phân chia dư chấn và các cách tiếp cận mới. Các



phương pháp hiện đại giải thích các tài liệu địa chấn. (Địa chấn tính toán. Tập 23). Moskva, Nauka, 19-50. (Nga văn).

[16] G.M. MOLCHAN, O.E. DMITRIEVA, 1993 : Cách tiếp cận mục đích đối với vấn đề phân chia các dư chấn. Tính địa chấn và phân vùng địa chấn Bắc Âu - Á. (Địa chấn tính toán. Tập 1). Moskva, Nauka, 62-69. (Nga văn).

[17] A. PROZOROV, 1986 : Thuật toán động lực tách các dư chấn đối với danh mục động đất thế giới. Các phương pháp toán trong địa chấn và địa động lực. Địa chấn tính toán, Tập 19. Moskva, Nauka. 58-62. (Nga văn).

[18] T. UTSU, A. SEKI, 1954 : A relation between the area of aftershock region and the energy of main shock. J. Seismol. Soc. Jap. 7, 233-240.

## SUMMARY

### **The allocation of foreshocks and aftershocks from earthquake catalog of Southeast Asia (period 1278-2008) by method "space-time window"**

In this paper an algorithm and cardinal building principles of the program "Aftershock-LP08" for allocation of foreshocks and aftershocks by method "space-time window" are presented. A detailed description is provided for the main cycle of the algorithm. The borders of the space-time windows for allocation foreshocks and aftershocks for earthquakes of Southeast Asia (1278-2008) are established. The results of implementing the algorithm and program "Aftershock-LP08" for earthquake catalogue of Southeast Asia during the period 1278-2008 were broughted.

*Ngày nhận bài : 29-8-2008*

*Viện Vật lý Địa cầu*