

# VỀ MỘT CÁCH TIẾP CẬN MỚI ĐỂ XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ QUY TRÌNH DỰ BÁO ĐỘNG ĐẤT THEO MÔ HÌNH THỐNG KÊ

NGÔ THỊ LƯ, TRẦN VIỆT PHƯƠNG

E-mail: ngothilu@yahoo.com

*Viện Vật lý Địa cầu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Ngày nhận bài: 16 - 12 - 2011

## 1. Mở đầu

Trên thế giới, người ta đã và đang sử dụng hàng loạt các phương pháp nghiên cứu dự báo động đất khác nhau như dựa trên việc làm sáng tỏ các dấu hiệu về dị thường mật độ các đứt gãy sinh chấn [5]; quan hệ giữa vận tốc lan truyền sóng dọc và sóng ngang [9]; năng lượng giải phóng từ chuỗi các trận động đất [4], cũng như hàng loạt các dấu hiệu khác có đặc trưng báo trước các động đất tương lai và sử dụng cả các bất thường đồng thời trong diễn biến của một số các dấu hiệu có bản chất vật lý khác nhau [1, 7, 10, 11]. Một số công trình theo hướng này chứa các công thức thuật toán dự báo động đất như các thuật toán dự báo động đất KH và M8 [4, 6, 8]. Kết quả dự báo động đất theo các phương pháp này là chỉ ra vùng động đất mạnh trong tương lai, mà ở đó trong một khoảng thời gian nào đó (thường là nhiều năm, và gọi là dự báo trung hạn) sẽ xảy ra động đất. Các phương pháp và thuật toán dự báo trung hạn có ưu điểm là làm sáng tỏ được các dấu hiệu của động đất tương lai, có ý nghĩa vật lý và cho phép đánh giá chúng bằng các phương pháp thống kê trên cơ sở các thông tin địa chấn có được. Tuy nhiên, các phương pháp này lại có nhược điểm chính là không xác định được độ chính xác của các kết quả dự báo và không xác định được thời gian và magnitude của sự kiện dự báo. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ áp dụng cách tiếp cận mới, được đề xuất bởi A.P. Grishin [2, 3] trên cơ sở ứng dụng mô hình thống kê để xây dựng thuật toán và qui trình dự báo động đất theo mô hình thống kê. Cách tiếp cận này vừa đơn giản hơn mà lại có khả năng loại bỏ được các nhược điểm của các phương pháp dự báo trung hạn nói trên [2, 3].

## 2. Cơ sở lý thuyết của phương pháp

Bản chất của phương pháp là dựa trên ý tưởng về khái niệm tập hợp các trận động đất với chấn tâm trong một tiểu vùng S nào đó ở dạng chuỗi thời gian của các tham số ngẫu nhiên (thời điểm xảy ra động đất  $T_i$ , độ lớn của trận động đất (magnitude)  $M_i$ ) với các khoảng cách thời gian ngẫu nhiên giữa chúng ( $\Delta t_i$ ).

Như vậy nhiệm vụ của mô hình thống kê là dự báo thời điểm xảy ra động đất  $T_i$  tại tiểu vùng S và magnitude  $M_i$  của nó. Khi đó, thời điểm xảy ra động đất  $T_i$  và magnitude  $M_i$  của động đất dự báo được coi là sự kiện ngẫu nhiên. Bài toán dự báo thời điểm xảy ra động đất  $T_i$  và magnitude  $M_i$  của nó chính là bài toán xác định kỳ vọng toán học và các khoảng tin cậy của chúng với xác suất bảo đảm  $P_g$  đặc trưng cho độ chính xác của dự báo.

Với ý nghĩa đó, nguồn số liệu ban đầu duy nhất để làm việc theo mô hình thống kê là danh mục (hay đoạn danh mục) động đất đối với khu vực chứa tiểu vùng dự báo S. Mô hình dự báo sẽ cho các khoảng tin cậy đối với thời gian và magnitude của trận động đất với chấn tâm thuộc giới hạn của tiểu vùng đó, mà nó sẽ xảy ra sau sự kiện cuối cùng trong khu vực với danh mục động đất nêu trên.

Khoảng tin cậy thỏa mãn xác suất  $P_g$  thường được hiểu là đoạn  $\Delta x(P_g)$  trên trục của tham số dự báo  $\xi$ , mà đối với nó xác suất để cho giá trị ngẫu nhiên  $\xi$  rơi vào đoạn  $\Delta x(P_g)$  bằng  $P_g$  ( $SX\{\xi \in \Delta x(P_g)\} = P_g$ ).

Mô hình này đưa ra giả định đơn giản về khả năng sử dụng trong đoạn danh mục xử lý một giới

hạn về magnitude của các sự kiện theo một dải đã cho, giả định về khả năng suy giảm cực đại mật độ phân bố đối với các tham số ngẫu nhiên của tập hợp và về tính độc lập thống kê của tập hợp các số gia ngẫu nhiên  $\Delta M_i$  từ tập hợp các khoảng thời gian ngẫu nhiên  $\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$ .

Các giả định như trên đã được kiểm chứng trên các ví dụ về tính toán các hệ số tương quan giữa chúng và có thể coi là chấp nhận được [2, 3].

Theo đó, có thể mô tả mô hình và thuật toán dự báo như sau:

Giả sử có một tiểu vùng S trong khu vực nguy hiểm địa chấn có danh mục động đất độc lập (đã loại bỏ các tiền chấn và dư chấn). Giả sử đã biết thời điểm xảy ra động đất và magnitude của trận động đất sau cùng trong tiểu vùng S với magnitude M không nhỏ hơn ngưỡng  $M_{\min}$  cho trước. Ngưỡng  $M_{\min}$  được xác định tùy theo mục đích dự báo. Trận động đất sau cùng này được gọi là trận động đất tựa (hay là sự kiện tựa) và được ký hiệu là  $Z_{\text{op}}$ . Khi dự báo động đất mạnh, thường thường magnitude cực tiểu  $M_{\min} = 4-5$ . Trong các trường hợp còn lại, giá trị  $M_{\min}$  được xác định bởi mức đại diện của danh mục động đất theo ngưỡng magnitude.

Nhiệm vụ của mô hình là dự báo thời điểm xảy ra động đất và magnitude của trận động đất với chấn tâm trong tiểu vùng S, xảy ra ngay sau sự kiện tựa. Trận động đất đó được gọi là trận động đất dự báo. Thời điểm xảy ra và magnitude của trận động đất dự báo được coi là các đại lượng ngẫu nhiên. Khi đó, khái niệm dự báo động đất được hiểu là xác định kỳ vọng toán học và khoảng tin cậy của chúng khi cho trước xác suất đảm bảo Pg, đặc trưng cho độ chính xác của dự báo.

Thuật toán dự báo gồm các bước sau:

Bước 1: Tiến hành phép chọn  $V_b$  từ danh mục động đất (DMĐĐ) tất cả những trận động đất với chấn tâm thuộc tiểu vùng S có magnitude  $M \geq M_{\min}$  và với thời điểm xảy ra chúng thuộc khoảng thời gian nào đó ( $T_{\text{vb}}, T_{\text{cat}}$ ).

- Ranh giới dưới  $T_{\text{vb}}$  của nó được chọn sao cho phép chọn  $V_b$  lấy được hết những trận động đất từ DMĐĐ thuộc chu kỳ số liệu quan sát nào đó (nếu trong danh mục có các sự kiện đó) và những trận động đất từ một phần của DMĐĐ mà đối với nó  $M_{\min}$  không phải là mức đại diện.

- Ranh giới trên  $T_{\text{cat}}$  là ranh giới thời gian trên của DMĐĐ.

Phép chọn  $V_b$  nhận được có nghĩa đối với đoạn danh mục mà mô hình sẽ xử lý nó.

Giả sử phép chọn  $V_b$  là tuần tự theo thời gian và trong đó:

$T_1$  và  $T_{\text{op}}$  là các thời điểm xảy ra sự kiện đầu tiên và sự kiện cuối cùng.

Còn sự kiện j xảy ra ở thời điểm  $T_j$  với magnitude  $M_j$ .

Bước 2: Từ lựa chọn  $V_b$  xác định sự kiện tựa  $Z_{\text{op}}$  (nó xảy ra tại thời điểm  $T_{\text{op}}$ ).

Bước 3: Thành lập từ phép chọn chuỗi các khoảng thời gian ngẫu nhiên  $\Delta t_j = t_{j+1} - t_j$  và chuỗi các số gia:  $\Delta m_j = m_{j+1} - m_j$  giữa các trận động đất liền nhau trong phép chọn.

Bước 4: Xác định trong khoảng thời gian đã chọn ( $T_{\text{vb}}, T_{\text{cat}}$ ) nhóm các khoảng thời gian chạy  $\{t_i, t_{i+1}\}$  với  $i=1,2,..,k$ ,  $T_i \geq T_{\text{vb}}$ ,  $T_{k+1} \leq T_{\text{cat}}$ , sao cho trong mỗi khoảng chạy có từ 10 đến 20 sự kiện. Những khoảng này sẽ được coi là ngẫu nhiên bởi vì chúng ta chưa biết tất cả nguyên nhân gây ra sự thay đổi của chúng.

$$\text{Tính } t_{si} = \frac{t_i + t_{i+1}}{2}.$$

Bước 5: Theo công thức toán học thống kê tính:

- Kỳ vọng toán học  $MO(\Delta t_j)$ ;  $MO(\Delta m_j)$ ;

- Độ lệch bình phương trung bình  $\sigma(\Delta t_j)$  và  $\sigma(\Delta m_j)$ , khi giả thiết rằng chúng ta hoàn toàn không biết nguyên nhân vật lý gây ra trận động đất tiếp theo, và coi chúng là hằng số trong mỗi khoảng chạy  $\{t_i, t_{i+1}\}$ . Các giá trị  $MO(\Delta t_i)$ ;  $MO(\Delta m_i)$  và  $\sigma(\Delta t_i)$  và  $\sigma(\Delta m_i)$  được đưa vào điểm giữa  $T_{si} \in \{t_i, t_{i+1}\}$ . Sau đó xác định giá trị các hàm số  $MO\Delta t(T_{si})$ ;  $MO\Delta m(T_{si})$ ,  $\sigma(\Delta t_{si})$  và  $\sigma(\Delta m_{si})$ .

Bước 6: Xác định các giá trị trung bình và độ lệch bình phương trung bình đối với thời gian phát sinh và magnitude của trận động đất tiếp theo (động đất dự báo), xảy ra tiếp sau sự kiện tựa, mà

các số liệu của nó chưa có trong danh mục động đất ban đầu, theo các công thức sau:

$$T_{pr} = t_{op} + MO\Delta t(T_{op}); \quad (1)$$

$$m_{pr} = m_{op} + MO\Delta m(T_{op}); \quad (2)$$

$$\sigma t_{pr} = \sigma\Delta t(T_{op}); \quad (3)$$

$$\sigma m_{pr} = \sigma\Delta m(T_{op}); \quad (4)$$

Thay cho các giá trị  $\sigma t_{pr}$  và  $\sigma m_{pr}$  với tư cách đặc trưng của độ chính xác dự báo có thể sử dụng các ranh giới dưới và các ranh giới trên của các khoảng tin tưởng đối với thời điểm phát sinh và magnitude của trận động đất tựa (sự kiện tựa) như sau:

- Các ranh giới dưới:

$$T_{\min}^{pr} = T_{pr} - \min\{\delta T, T_{pr} - T_{op}\} \quad (5)$$

$$m_{\min}^{pr} = m_{pr} - \min\{\delta m, m_{pr} - m_{op}\}$$

- và các ranh giới trên:

$$T_{\max}^{pr} = T_{pr} + \delta T \quad (6)$$

$$m_{\max}^{pr} = m_{pr} + \delta m$$

Các giá trị  $\delta T$  và  $\delta m$  là một nửa giá trị độ lớn của các khoảng tin cậy đối với các giá trị ngẫu nhiên  $T$  và  $m$ .

Khi cho trước xác suất dự báo  $P_g$  và quy luật phân bố chuẩn đã biết (ví dụ phân bố Gauss) đối với các giá trị ngẫu nhiên  $\Delta t$  và  $\Delta m$  để dàng tính được  $\sigma T_{pr}$ ,  $\sigma m_{pr}$ ,  $\delta T$  và  $\delta m$ .

- Ví dụ: với  $P_g = 0.8$  và theo quy luật phân bố chuẩn (Gauss) của các đại lượng ngẫu nhiên  $\Delta t_i$  và  $\Delta m_i$  ta có:

$$\delta t \approx 1.282\sigma t_{pr} \quad \delta m \approx 1.282\sigma m_{pr}$$

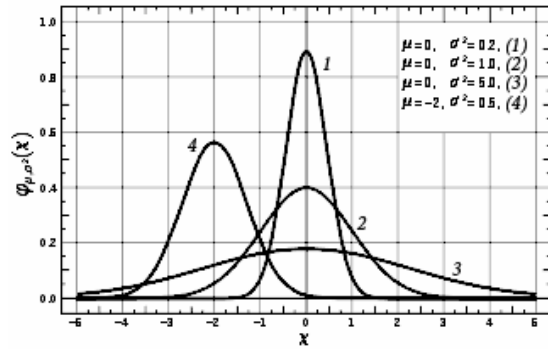
Các công thức (1), (2), (3), (4), (5), (6) hoàn thành thuật toán dự báo thời gian và magnitude của trận động đất xảy ra tiếp theo sự kiện tựa. Các đại lượng  $\sigma T_{pr}$  và  $\sigma m_{pr}$  đặc trưng cho độ chính xác của việc dự báo trận động đất tiếp theo. Dấu hiệu của độ tin cậy của dự báo động đất tiếp theo sau sự kiện tựa là các sự phụ thuộc sau:

$$T \in (T_{\min}^{pr}, T_{\max}^{pr}); \quad m \in (m_{\min}^{pr}, m_{\max}^{pr}),$$

Trong đó,  $T$ ,  $m$  là thời điểm phát sinh và magnitude của động đất thực tế xảy ra tiếp theo sau sự kiện tựa.

Nếu có cơ sở để giả thiết rằng một số nguyên nhân vật lý ảnh hưởng đến thời điểm phát sinh và magnitude của sự kiện tiếp theo, và trong đó không có một nguyên nhân nào là phổ biến, thì với tư cách là quy luật phân bố của các đại lượng  $\Delta T_j$ ,  $\Delta M_j$  có thể dựa trên cơ sở của lý thuyết giới hạn để sử dụng quy luật phân bố chuẩn.

Trên hình 1 biểu diễn các hàm mật độ xác suất cho phân phối chuẩn với các tham số khác nhau [12].



Hình 1. Hàm mật độ xác suất

Chú thích: Điểm uốn của đường cong xảy ra tại độ lệch chuẩn 1 tính từ trị trung bình; Đường (2) là phân phối chuẩn chuẩn hóa

Một số tính chất đặc trưng sau đây của phân phối chuẩn sẽ được sử dụng trong mô hình thống kê để xác định xác suất tin cậy của các dự báo:

- Hàm mật độ là đối xứng qua giá trị trung bình
- Trị trung bình cũng là mode (giá trị đại diện nhất cho phân bố) và trung vị của nó.
- 68.26894921371% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 1 tính từ trị trung bình;
- 95.44997361036% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 2;
- 99.73002039367% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 3;
- 99.99366575163% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 4;

- 99.99994266969% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 5;

- 99.9999980268% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 6;

- 99.999999974% của diện tích dưới đường cong là nằm trong độ lệch chuẩn 7;

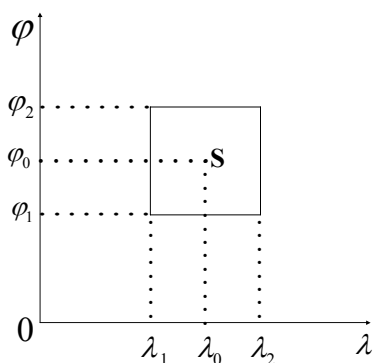
### 3. Quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê

Như vậy, dựa trên cơ sở lý thuyết về cách tiếp cận, phương pháp nghiên cứu và các đặc điểm của mô hình thống kê và thuật toán như đã trình bày ở trên, có thể biểu diễn một cách tóm lược các bước cơ bản của quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê như sau:

(1) Thành lập danh mục động đất (DMĐĐ) chứa  $T_S$ ,  $M_S$ ,  $\varphi_S$ ,  $\lambda_S$  ( $s=1,2,\dots,n$ ) đối với một vùng nguy hiểm động đất S.

(2) Tách các nhóm tiên chấn và dư chấn khỏi DMĐĐ.

(3) Chọn tiểu vùng nghiên cứu S giới hạn bởi các tọa độ như sau (hình 2):



Hình 2. Giới hạn tiểu vùng nghiên cứu S

$$S\{\lambda, \varphi \mid \lambda_1 \leq \lambda(^0E) \leq \lambda_2, \varphi_1 \leq \varphi(^0N) \leq \varphi_2\}$$

Trong ô lưới không lớn:  $\lambda_2 - \lambda_0 = \lambda_0 - \lambda_1 = \Delta$   $\varphi_2 - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_1 = \Delta$  ( $\Delta=0,5 - 1,5$ )

(4) Thành lập danh mục động đất độc lập (DMĐĐĐL), là danh mục đã được loại tiên chấn, dư chấn và lọc DMĐĐĐL theo các điều kiện:

$$\lambda_1 \leq \lambda_s \leq \lambda_2 \ \& \ \varphi_1 \leq \varphi_s \leq \varphi_2 \ \& \ T_0 \leq T_s \leq T_k \ \& \ M_0 \leq M_s$$

Với  $T_0, T_k$ : các ranh giới đối với ngày xảy ra động đất thuộc DMĐĐ.

$M_0$ : ranh giới dưới của magnitude của động đất trong khoảng thời gian từ  $T_0$  đến  $T_k$ .  $M$  không nhỏ hơn  $M_0$  ( $M \geq M_0$ ).

Tập hợp các trận động đất này được gọi là tập hợp chạy. Sơ đồ miêu tả chuỗi các sự kiện trong DMĐĐ và các khái niệm dùng trong thuật toán được trình bày trên hình 3.

- Sự kiện cuối cùng trong tập hợp gọi là sự kiện tựa, ngày xảy ra nó sẽ kí hiệu là  $t_{op} = t_n$ .

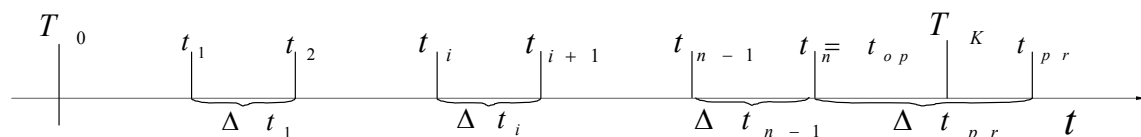
- Động đất xảy ra ngay sau sự kiện tựa là động đất dự báo, xảy ra ở thời điểm  $T_k$  với  $M \geq M_0$ . Tất cả các sự kiện của tập hợp chạy sẽ có  $M \geq M_0$ .

Nhiệm vụ của mô hình là đánh giá các đại lượng  $T_{pr}$  và  $M_{pr}$ . Để làm điều đó cần:

(5) Thành lập chuỗi các khoảng thời gian ngẫu nhiên:  $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$  và các số gia  $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$  giữa các trận động đất liên nhau trong phép chọn.

(6) Xác định trên khoảng thời gian đã chọn ( $[T_0, T_k]$ ) các khoảng thời gian chạy  $\{t_i, t_{i+1}\}$  với  $i = 1, 2, \dots, n$ , sao cho trong mỗi khoảng có từ 10 đến 20 sự kiện.

$$\text{Tính } t_{si} = \frac{t_i + t_{i+1}}{2}$$



Hình 3. Sơ đồ miêu tả chuỗi các sự kiện trong DMĐĐ và các khái niệm dùng trong thuật toán

(7) Theo công thức toán học thống kê tìm:

- Kỳ vọng toán học  $M_0(\Delta t_i)$ ;  $M_0(\Delta m_i)$ ;

- Độ lệch bình phương trung bình  $\sigma(\Delta t_i)$  và  $\sigma(\Delta m_i)$ .

(8) Xác định ngày và magnitude của động đất dự báo tiếp sau động đất tựa theo các công thức từ (1-6).

(9) Lập bản đồ dự báo thống kê động đất chứa họ các đường đồng mức magnitude (mặt  $M_{max}(\varphi, \lambda)$ ,  $M_{min}(\varphi, \lambda)$ ).

(10) Thành lập danh mục các sự kiện dự báo chứa các tham số cơ bản sau đây của các sự kiện (ngày, tháng, năm, giờ phút giây, tọa độ địa lý (kinh độ, vĩ độ), độ lớn động đất (magnitude)).

#### 4. Áp dụng thử nghiệm dự báo đối với danh mục động đất Đông Nam Á

Để kiểm nghiệm khả năng áp dụng của phương pháp, chúng tôi thử nghiệm dự báo động đất theo mô hình thống kê đối với khu vực Đông Nam Á (ĐNA). Danh mục sử dụng bao gồm 37194 sự kiện giai đoạn từ 1/1/1997 đến 30/12/2007 (bảng 1). Sau khi tách các nhóm tiền chấn và dư chấn đi, trong danh mục còn lại 12504 trận động đất độc lập.

**Bảng 1. Ví dụ về kết quả dự báo đối với một số trận động đất**

TT	$\varphi$	$\lambda$	$\varphi(\text{db})$	$\lambda(\text{db})$	T(tựa)	T(dự báo)	tmin	tmax	Mdb	Mmin	Mmax	TThực	$\varphi$ Thực	$\lambda$ Thực	MThực	?T	?M
1	9.6	92.67	9.11	92.61	12/9/2005	4/11/2006	12/9/2005	1/3/2007	4.32	3.65	4.98	3/10/2006	9.98	92.94	4.2	+	+
2	10.6	92.67	10.89	92.3	10/11/2005	3/20/2006	10/11/2005	2/14/2007	5.56	4.26	6.85	1/16/2006	10.39	92.31	4.1	+	-
3	12.6	92.67	12.16	92.91	12/27/2005	5/5/2006	12/27/2005	3/8/2007	4.11	3.4	4.83	1/2/2006	12.44	92.63	4.6	+	+
4	8.6	93.67	8.3	93.56	7/17/2005	10/28/2005	7/17/2005	7/23/2006	4.19	3.51	4.86	1/20/2006	9.06	93.86	4.5	+	+
5	10.6	93.67	10.25	93.58	7/4/2005	12/5/2005	7/4/2005	10/3/2006	5.36	4.62	6.11	3/9/2006	10.7	93.9	5.1	+	+
6	4.6	94.67	5.01	94.58	10/5/2005	1/10/2006	10/5/2005	9/15/2006	4.71	3.87	5.55	3/2/2006	4.96	94.49	5.2	+	+
7	22.6	94.67	22.16	94.24	7/11/2005	11/2/2005	7/11/2005	8/4/2006	4.09	3.6	4.58	6/19/2006	22.25	94.55	4.7	+	-
8	23.6	94.67	23.76	94.24	9/2/2005	12/12/2005	9/2/2005	9/24/2006	3.79	2.97	4.61	1/21/2006	23.85	94.91	3.7	+	+
9	24.6	94.67	24.56	94.78	9/18/2005	1/24/2006	9/18/2005	12/7/2006	5.77	5.01	6.52	2/16/2006	24.36	94.2	4.5	+	-
10	3.6	95.67	3.3	95.98	12/26/2004	3/30/2005	12/26/2004	12/11/2005	9.17	7.72	10.62	err	0	0	0	-	-

Chú thích cho bảng 1:  $\varphi, \lambda$  - là tọa độ của trận động đất trong danh mục;  $\varphi(\text{db}), \lambda(\text{db})$  - là tọa độ của sự kiện dự báo; tmin - thời gian có thể xảy ra sớm nhất; tmax - thời gian có thể xảy ra muộn nhất; Mdb - magnitude của sự kiện dự báo; Mmin - magnitude nhỏ nhất có thể của sự kiện dự báo; Mmax - magnitude lớn nhất có thể của sự kiện dự báo; Tthực,  $\varphi$ Thực,  $\lambda$ Thực, M thực- tương ứng là thời gian, tọa độ, magnitude của sự kiện đã xảy ra trong thực tế; "?T" - thời gian dự báo có đúng hay không; ?M - magnitude dự báo có đúng hay không; "+" : đúng; "-" : không đúng

Áp dụng chương trình dự báo thống kê cho danh mục 12504 trận động đất độc lập này với các thông tin thiết đặt ban đầu như sau :

Độ chính xác dự báo (hay là xác suất dự báo)  
 $P_g = 80\%$ .

$\Delta\varphi = 0,5$  độ; Số sự kiện tối thiểu chứa trong tiểu vùng S là 20 (trận).

Tính toán được tiến hành trong 2 trường hợp:

- Trường hợp 1: Khi sử dụng tất cả các sự kiện đến tận ngày cuối cùng được ghi trong danh mục động đất, thì chương trình cho kết quả là 237 sự kiện dự báo. Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi không dẫn ra danh mục 237 trận này.

- Trường hợp 2: Khi lùi danh mục lại 2 năm (so với ngày cuối cùng trong danh mục 30/12/2007) để kiểm tra các sự kiện đã được dự báo xem chúng có đúng với các sự kiện đã xảy ra trên thực tế không. Ở đây có nghĩa là chúng ta sử dụng danh mục chỉ đến ngày 31/12/2005. Chương trình dự báo được 215 trận động đất. Kiểm tra kết quả của 215 trận này, ứng với những trận đã ghi được trong thực tế từ sau thời điểm 31/12/05 đến 30/12/07 thì có 69 trận thực tế đã xảy ra trong khoảng thời gian nói trên. Trong đó có 20 trận dự báo đúng (nghĩa là thực tế đã rơi đúng vào khoảng thời gian dự báo).

Cần lưu ý rằng các sự kiện nói trên được chương trình dự báo trước khi thực sự xảy ra trong khoảng từ 224 ngày đến 591 ngày. Khoảng thời gian dự báo trung bình của 20 trận đúng nói trên là 413 ngày. Để phù hợp với khuôn khổ bài báo, chúng tôi chỉ xin dẫn ra các kết quả dự báo tương ứng với 10 trận động đất, trong đó có 9 dự báo đúng về thời gian và 6 dự báo đúng cả về thời gian lẫn magnitude (các trận tương ứng với dấu + tại 2 cột cuối cùng (bảng 1)).

## 5. Kết luận

Trên cơ sở cách tiếp cận mới, đã xây dựng thuật toán và quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê. Đây là cách tiếp cận mới mang đặc trưng thống kê. Kết quả áp dụng thử nghiệm mô hình thống kê đối với danh mục động đất khu vực Đông Nam Á giai đoạn 1997-2007 trong 2 trường hợp đã chỉ ra các sự kiện dự báo đúng. Điều đó cho thấy áp dụng phương pháp này phối hợp với các cách tiếp cận khác mang đặc trưng vật lý kiến tạo chắc chắn sẽ cho kết quả khả quan trong nghiên cứu dự báo động đất. Với các kết quả nhận được,

có thể thiết lập một bộ chương trình thử nghiệm dự báo ngắn hạn động đất trên cơ sở mô hình thống kê, kết hợp sử dụng các phương pháp vật lý kiến tạo. Nhiệm vụ như vậy sẽ được chúng tôi tiếp tục thực hiện trong các công trình tiếp theo.

Công trình này được hoàn thành với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài: VAST.ĐL.09/11-12 “Xây dựng bộ chương trình thử nghiệm dự báo ngắn hạn động đất trên cơ sở mô hình thống kê kết hợp sử dụng các phương pháp vật lý kiến tạo, áp dụng đối với lãnh thổ Việt Nam và các vùng lân cận”.

## TÀI LIỆU DẪN

[1] Аллен К., Кейлис-Борок В.И., Ротвайн И.М. и др., 1986: Комплекс долгосрочных сейсмологических предвестни-ков. Калифорния и некоторые другие регионы. //Математические методы в сейсмологии и геодинимике (Вычислительная сейсмология, Вып. 19). Москва, Наука, 1986. Стр. 23-37.

[2] Гришин А. П., 2001: Статическая модель прогноза даты и магнитуды землетрясений. //Вулканонология и сейсмология № 4. Москва.стр. 60-65.

[3] Гришин А. П., Кондорская Н.В., Левин Л.Э., Солодинов Л.Н., Петров А.Л., Петрова О.М., 2001: Опыт статистического прогноза землетрясений в Каспийском регионе (прогноз дат, координат эпицентров и магнитуд). //Геофизика XXI века, Сборник трудов Третьих геофизических чтений имени В.В. Федынского, Москва, Научный мир, стр. 149-156.

[4] Дмитриева О.Е., Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г. и др., 1987: Диагностика периодов повышенной вероятности сильных землетрясений в сейсмоопасных районах СССР и ряда других стран. //Вычислительная сейсмология, Вып. 20. Москва, Наука, Стр. 99-111.

[5] Завьялов А.Д., 1984: Наклон графика повторяемости  $\gamma$  как предвестник сильных землетрясений. //Прогноз землетрясений  $M \geq 5$ . Изд. Донгин. – Душанбе. Москва, стр173-184.

[6] Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г., 1986: Периоды повышенной вероятности возникновения сильных землетрясений мира.//Математические методы в сейсмологии

и геодинамике (Вычислительная сейсмология, Вып. 19. Москва, Наука, 1986. Стр. 48-58.

[7] *Кособоков В.Г., Маженков С.А.*, 1989: //Диагностика периодов повышенной опасности сильных землетрясений в восточном Тянь Шане по алгоритму М8. //(Вычислительная сейсмология, Вып. 22. Москва, Наука, Стр. 41-46.

[8] *Кособоков В.Г., Хили Дж.У. и др.*, 1996: Заблаговременный среднесрочный прогноз Курильских землетрясений 4 с октября 1994г. и 3 декабря 1995г. //Современные проблемы сейсмичности и динамики Земли, (Вычислительная сейсмология, Вып. 28). Москва, Наука, Стр.46-55.

[9] *Лыков В.И., Соболев Г.Ф. и др.*, 1988: Методика долгосрочного прогноза

землетрясений с использованием комплекса параметров сейсмического режима. //Современное состояние сейсмических исследований в Европе. Москва, Наука, стр.149-157.

[10] *Соболев Г.А.*, 1998: Стадийность развития очагов и прогноз землетрясений. //Современная сейсмология: Достижения и проблемы. Москва, Междугосударственный Геофизический Комитет, Стр.35.

[11] *Соболев Г.А., Челидзе Т.Л., Завьялов А. Д. и др.*, 1990: Карта ожидаемых землетрясений, основанная на комплексе сейсмологических признаков. //Известия АН. СССР, Физика Земли, № 11. Стр.45-56.

[12] [www.http://vi.wikipedia.org/wiki/phânphối\\_chuẩn](http://vi.wikipedia.org/wiki/phânphối_chuẩn).

## SUMMARY

### About the new approach to building algorithms and processes to predict earthquakes by statistical model

A new approach to building algorithms and processes to predict earthquakes by statistical model is presented in this paper.

The essence of this method is based on the idea about the concept of the set of earthquakes with sources in a certain subregion S in the form of time series of random parameters (time at earthquake sources  $T_i$ , magnitude of the earthquake  $M_i$ , with random intervals between them  $\Delta t_i$ ).

The task of the statistical model is predicted the time ( $T_i$ ) of the earthquake in region S and its intensity (magnitude  $M_i$ ). In this case the time  $T_i$  of prediction earthquake and its magnitude  $M_i$  are considered random events.

The prediction task time  $T_i$  of earthquake and its magnitude  $M_i$  just is problem for determination of the mathematical expectation and the confidence interval of them with probability  $P_g$  ensure the accuracy of forecasts.

This approach not only allows to determine the accuracy of the forecast results, but also allow to determine the time and magnitude of the predicted events. Applying this method in combination with other approaches that have physical characteristics will enhancing effective research earthquake prediction in Vietnam.





