

# THIẾT LẬP CHƯƠNG TRÌNH DỰ BÁO ĐỘNG ĐẤT THEO MÔ HÌNH THỐNG KÊ

NGÔ THỊ LƯ, TRẦN VIỆT PHƯƠNG

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

**Tóm tắt:** Trên cơ sở cách tiếp cận mới, các tác giả đã xây dựng thuật toán và chương trình dự báo động đất theo mô hình thống kê. Điểm khác biệt so với một số sơ đồ tính toán trước đây trong thuật toán được đề xuất là, thay vì sử dụng các thời điểm xảy ra các trận động đất kế tiếp, đã sử dụng điểm giữa của khoảng thời gian trên  $[t_{si} = 1/2(t_i + t_{i+1})]$ . Thuật toán còn cho phép đánh giá khoảng tin cậy của các thông số khi cho trước xác suất xảy ra sự kiện. Đây là một hướng đi mới trong dự báo động đất ở Việt Nam. Thuật toán được đề xuất cho khả năng dự báo động đất với chấn cấp nào đó sẽ xảy trong một khoảng thời gian xác định trong tương lai.

Áp dụng thử nghiệm chương trình được thiết lập để dự báo động đất đối với khu vực Tây Bắc Bộ đã cho một số kết quả đáng để xem xét. Kiểm tra tính đúng đắn của chương trình bằng cách lùi về quá khứ cho thấy các kết quả tỏ ra khá phù hợp với các sự kiện đã từng xảy ra trong thực tế. Điều đó cho thấy, mặc dù đây là một chương trình mới, lần đầu tiên được thiết lập ở Việt Nam, nhưng có thể coi chương trình này như là một công cụ hỗ trợ với các công cụ khác hiện có, phục vụ nghiên cứu dự báo ngắn hạn động đất một cách hiệu quả nhất. Đặc biệt, nếu áp dụng chương trình này phối hợp với các chương trình được xây dựng theo các cách tiếp cận khác có các đặc trưng vật lý kiến tạo, chắc chắn sẽ cho kết quả hữu hiệu trong nghiên cứu dự báo động đất.

## 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 [12]; hay quan hệ giữa vận tốc lan truyền sóng dọc và sóng ngang [8]; năng lượng giải phóng từ chuỗi các trận động đất [2]; các dấu hiệu dị thường của các thông số vật lý cũng như hàng loạt các dấu hiệu khác có đặc trưng báo trước các động đất [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 (chi tiết về các thuật toán dự báo KH và M8 có thể tìm hiểu trong các công trình [2, 5, 6]). Kết quả dự báo động đất theo các phương pháp này là chỉ ra vùng sẽ có động đất mạnh trong một khoảng thời gian nào đó (thường là nhiều năm và gọi là dự báo trung hạn) trong tương lai. Các phương pháp và thuật toán dự báo trung hạn như trên có ưu điểm là có ý nghĩa vật lý, làm sáng tỏ được các dấu hiệu của động đất tương lai, 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 là không xác định được độ chính xác của các kết quả dự báo và không xác định được thời gian và chấn cấp của động đất dự báo. Vì vậy, trong bài báo này, chúng tôi sẽ áp dụng một cách tiếp cận mới do Grishin [3, 4] đề xuất, trên cơ sở ứng dụng mô hình thống kê để xây dựng chương trình dự báo động đất. Cách tiếp cận này vừa đơn giản mà lại có khả năng loại bỏ được các nhược điểm của các phương pháp dự báo trung hạn nói trên. Chi tiết về cơ sở lý thuyết của phương pháp này có thể tìm hiểu trong [3, 4, 9]. Dưới đây sẽ trình bày các bước cơ bản của quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê.

## I. QUY TRÌNH DỰ BÁO ĐỘNG ĐẤT THEO MÔ HÌNH THỐNG KÊ

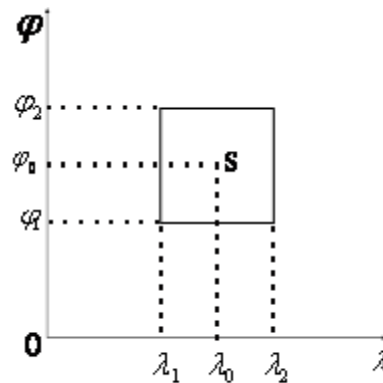
Dựa trên cơ sở lý thuyết của phương pháp và các đặc điểm của mô hình thống kê [3, 4] có thể biểu diễn một cách tóm lược các bước cơ bản của quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê như sau:

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  $S$ ; với  $T_s, M_s, \varphi_s, \lambda_s$  lần lượt là thời điểm xảy sinh, chấn cấp và tọa độ của các trận động đất trong vùng  $S$ .

2/ Tách các nhóm tiền chấn và dư chấn khỏi DMĐĐ.

3/ Chọn vùng nghiên cứu  $S$  giới hạn bởi các tọa độ như sau (Hình 1):

$$S \{ \lambda, \varphi \mid \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2, \varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2 \}$$



Hình 1. Sơ đồ chọn vùng nghiên cứu  $S$ .

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 (DMĐĐDL) (đã loại tiền chấn, dư chấn) và lọc DMĐĐDL 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 chấn cấp 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.

- Sự kiện cuối cùng trong tập hợp gọi là sự kiện tựa, thời điểm xảy ra nó sẽ ký 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  $\{t_1, t_{i+1}\}$  với  $i = 1, 2, \dots, n$ , sao cho trong mỗi khoảng có từ 10 đến 20 sự kiện.

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

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 thời gian xảy ra (ngày) và chấn cấp của động đất dự báo tiếp sau động đất tựa theo các công thức sau:

$$\begin{aligned} T_{pr} &= t_{op} + MO\Delta t (T_{op}); \\ m_{pr} &= m_{op} + MO\Delta m (T_{op}); \\ \sigma_{t_{pr}} &= \sigma\Delta t (T_{op}); \\ \sigma_{m_{pr}} &= \sigma\Delta m (T_{op}); \end{aligned}$$

Thay cho các giá trị  $\sigma_{t_{pr}}$  và  $\sigma_{m_{pr}}$  là các đại lượng đặc trưng cho độ chính xác dự báo có thể sử dụng các ranh giới sau:

$$\begin{aligned} t_{\min}^{pr} &= t_{pr} - \min\{\delta t, t_{pr} - t_{op}\} & m_{\min}^{pr} &= m_{pr} - \min\{\delta m, m_{pr} - m_{op}\} \\ t_{\max}^{pr} &= t_{pr} + \delta t & m_{\max}^{pr} &= m_{pr} + \delta m \end{aligned}$$

$\delta t$  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  $P_g$  và quy luật phân bố chuẩn với các giá trị ngẫu nhiên  $\Delta t$  và  $\Delta m$  để dàng tính được  $\sigma_{t_{pr}}$  và  $\sigma_{m_{pr}}$ .

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

10/ Thành lập danh mục các sự kiện dự báo chứa các tham số cơ bản sau đây của chúng: ngày, tháng, năm, giờ phút giây, tọa độ địa lý (kinh độ, vĩ độ) và chấn cấp (magnitude).

## II. THUẬT TOÁN

Dựa trên cơ sở lý thuyết và quy trình nêu trên, thuật toán của chương trình dự báo động đất theo mô hình thống kê được xây dựng với các bước cơ bản như sau:

1/ Tạo mảng "dd" chứa tất cả các trận động đất có thời gian xảy ra trước ngày  $t_{opmax}$  ( $t_{opmax}$  là thời điểm tựa, do người dùng chọn, tức là thời điểm được chọn làm mốc hiện tại, các trận động đất sẽ được dự báo sau thời điểm  $t_{opmax}$ ).

2/ Tìm max và min tọa độ của tất cả các trận động đất ( $\varphi_{\max}$ ,  $\varphi_{\min}$ ,  $\lambda_{\max}$ ,  $\lambda_{\min}$ ) ở vùng khảo sát.

3/ Ứng với mỗi trận trong "dd", sẽ là thứ tự hàng cột  $x, y$  (là các số nguyên) trong vùng khảo sát được chia theo  $d\varphi$  (kích thước cạnh của cửa sổ ô lưới, do người dùng thiết lập) cho mỗi một đơn vị.

4/ Tạo mảng sotrantrongoluoai[x][y] chứa số lượng trận động đất trong ô (x, y): ví dụ ô cửa sổ  $x = 2, y = 3$  có 7 trận động đất thì sotrantrongoluoai[2][3] = 7.

5/ Dựa vào mảng sotrantrongoluoai, tạo được mảng tran[x][y][i] với x, y là cột, hàng ô lưới, i chạy từ 1  $\rightarrow$  n = số trận trong ô x,y; mảng tran[x][y][i] chứa các thông tin mô tả trận động đất thứ i trong ô lưới x,y;

Ví dụ tại lưới tọa độ cột 3, hàng 2, có 5 trận động đất thì ta có tran[3][2][i = 1 đến 5]

6/ Loại các nhóm có số trận động đất trong nó nhỏ hơn  $n_{\min}$  (số trận tối thiểu được dự báo, nhập vào từ giao diện chương trình).

7/ Với các nhóm còn lại, tạo mảng dubao[i] với  $i = 1 \rightarrow n$ , n là số nhóm thỏa mãn số trận động đất đạt đến  $n_{\min}$ .

8/ Ứng với mỗi nhóm [x][y] thỏa mãn  $n_{\min}$ :

+ Mỗi trận dubao[i] (ứng với 1 nhóm [x][y]) sẽ tính ra  $t_{pr}, t_{prmin}, t_{prmax}; m_{pr}, m_{prmin}, m_{prmax}$ .

\* pr được tính như sau:  $x_{pr} = x_{op} + \left( \sum_{i=2}^n x_i - x_{i-1} \right) / (n - 1)$  (x là các giá trị đo được, ví dụ như t, hay m).

\*  $x_{\max, \min} = x_{pr} \pm kxichma * \left( \overline{x^2} - \bar{x}^2 \right)$ . (kxichma giúp ước lượng độ lệch dự báo dựa trên độ lệch trung bình thống kê trước đó, kxichma được tính theo phân bố Gauss, với tham số đầu vào là % đoán đúng mong muốn, tỷ lệ % mong muốn càng cao, thì kxichma càng bị nới rộng, phần mềm sẽ tự động xác định kxichma dựa theo % mong muốn trên).

- Kiểm tra mức độ đúng đắn của kết quả dự báo = cách so sánh với các trận thực xảy ra sau thời điểm  $t_{opmax}$ .

### III. SƠ ĐỒ KHỎI

Sơ đồ khối của chương trình được trình bày tại Hình 2.

### IV. NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH

Trong quá trình xây dựng chương trình dự báo động đất theo mô hình thống kê, tập thể tác giả đã sử dụng ngôn ngữ lập trình C#, một trong những ngôn ngữ phổ biến nhất hiện nay. Ngôn ngữ C# có một số ưu nhược điểm sau:

#### 1. Ưu điểm

1/ Là ngôn ngữ bậc cao, được chạy trên nền tảng .net framework, hiện nay càng ngày càng được ứng dụng rộng rãi do dễ viết, mạnh, tính ứng dụng cao, giao diện đồ họa đa dạng, và liên tục được phát triển trên cơ sở kế thừa những điểm ưu việt trước đó.

2/ Rất nhiều lập trình viên được học về ngôn ngữ này, do đó sử dụng C# sẽ có ưu thế cho việc chuyển giao, phát triển và ứng dụng theo nhóm tập thể (chứ không phải chỉ sử dụng và phát triển trong phạm vi hẹp, đơn lẻ).

3/ Là ngôn ngữ hướng đối tượng, các câu lệnh hầu hết được tổ chức theo các lớp, dễ đọc, dễ hiểu và rất chặt chẽ. Ngoài ra ngôn ngữ C# có cơ chế kiểm soát lỗi rất tốt, do đó sử dụng ngôn ngữ kiểu C# sẽ là sự lựa chọn hợp lý.

## 2. Nhược điểm

1/ C# không phải là ngôn ngữ chuyên dùng cho khoa học, do đó sẽ phải mất nhiều công để lập trình trong các trường hợp phải xử lý nhiều với số phức, hay ma trận, v.v...

2/ Vì C# là ngôn ngữ bậc cao, nên sẽ chậm hơn một số ngôn ngữ khác, ví dụ như C++ hoặc các ngôn ngữ khác theo nền tảng của ngôn ngữ C++ như Matlab v.v... Tuy nhiên, những nhược điểm của ngôn ngữ C# chỉ ảnh hưởng đến người lập trình, chứ không gây khó khăn cho người sử dụng, và có thể khắc phục được vì C# có thể kết nối với các hàm do Matlab tạo ra. Trong trường hợp giải quyết nhiệm vụ cụ thể của công trình này, thì ngôn ngữ C# hoàn toàn không gặp trở ngại nào phải cần đến sự hỗ trợ của các ngôn ngữ khác. Đó là lý do ngôn ngữ C# được chọn để viết chương trình.

## V. CHƯƠNG TRÌNH

Trên cơ sở sơ đồ khối (Hình 2) với các bước trong thuật toán đã được xây dựng, chương trình được thiết lập gồm 3 bước với các nội dung chính như sau: chuẩn bị dữ liệu đầu vào; xử lý dữ liệu; xuất kết quả ra màn hình và lưu kết quả vào ổ cứng.

### 1. Bước 1. Chuẩn bị dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào chính là DMĐĐ của khu vực cần dự báo, đã loại bỏ các tiền chấn, dư chấn. và chứa đầy đủ các thông tin về thời điểm xảy ra trận động đất, tọa độ chấn tâm, chấn cấp của các trận động đất đó.

Một số dữ liệu khác để tùy biến tham số dùng cho việc xử lý tính toán như sau:

*a/  $D_{fi}$* : là kích thước cửa sổ của ô lưới phân chia, tính theo đơn vị độ (1 độ bằng 111 km), các ô lưới này được chia ra tùy theo đặc trưng và quy mô của khu vực nghiên cứu. Ô lưới không được quá lớn để tránh việc chứa các trận động đất không liên quan đến tính địa chấn của khu vực đó, đồng thời cũng không quá nhỏ dẫn đến thiếu dữ liệu dự báo.

*b/ Xác định số sự kiện tối thiểu phục vụ dự báo*: số lượng tối thiểu các trận động đất xuất hiện trong 1 ô lưới, nếu một ô lưới chưa đạt đủ số trận động đất được điền ở ô này, ô đó sẽ không được dự báo;

*c/  $T_{opmax}$* : thời gian tựa cực đại là thời điểm xuất hiện một sự kiện sau cùng trong DMĐĐ. Các sự kiện xuất hiện sau thời điểm đó sẽ là sự kiện dự báo có khả năng xảy ra trong tương lai. Trong thực tế nghiên cứu dự báo động đất, thời gian tựa tối đa luôn là thời điểm hiện tại. Nhưng việc dự báo động đất chỉ mang tính xác suất, vì nó là dự báo các hiện tượng xảy ra một cách ngẫu nhiên, khó có thể lường trước. Vì thế, cần có nhiều lần thử nghiệm phương pháp dự báo với dữ liệu tựa lùi về quá khứ để so sánh và kiểm tra mức độ đúng đắn của sự kiện dự báo so với các sự kiện đã từng thực sự xảy ra sau thời điểm tựa đã xác định.

Sau khi chuẩn bị dữ liệu, sẽ nạp vào chương trình nhờ chức năng “Nhập” trên giao diện của chương trình (Hình 3).

### 2. Bước 2. Xử lý dữ liệu

Nội dung xử lý dữ liệu đã được mô tả khái quát ở mục “Thuật toán”. Chi tiết của việc xử lý dữ liệu sẽ được thể hiện trong phần code của chương trình.

Sau khi nhập dữ liệu vào chương trình, chương trình ở trạng thái sẵn sàng chờ xử lý. Thực hiện xử lý số liệu nhờ chức năng “xử lý” trên giao diện chương trình (Hình 3).

### 3. Bước 3. Xuất kết quả ở đầu ra của chương trình

Sau khi chương trình đã xử lý xong, sử dụng chức năng “xuất dạng bảng” để hiển thị các kết quả ở dạng bảng (Hình 4). Ngoài ra, cũng có thể thống kê các kết quả dự báo bằng cách nhấn nút “thống kê” trên giao diện.

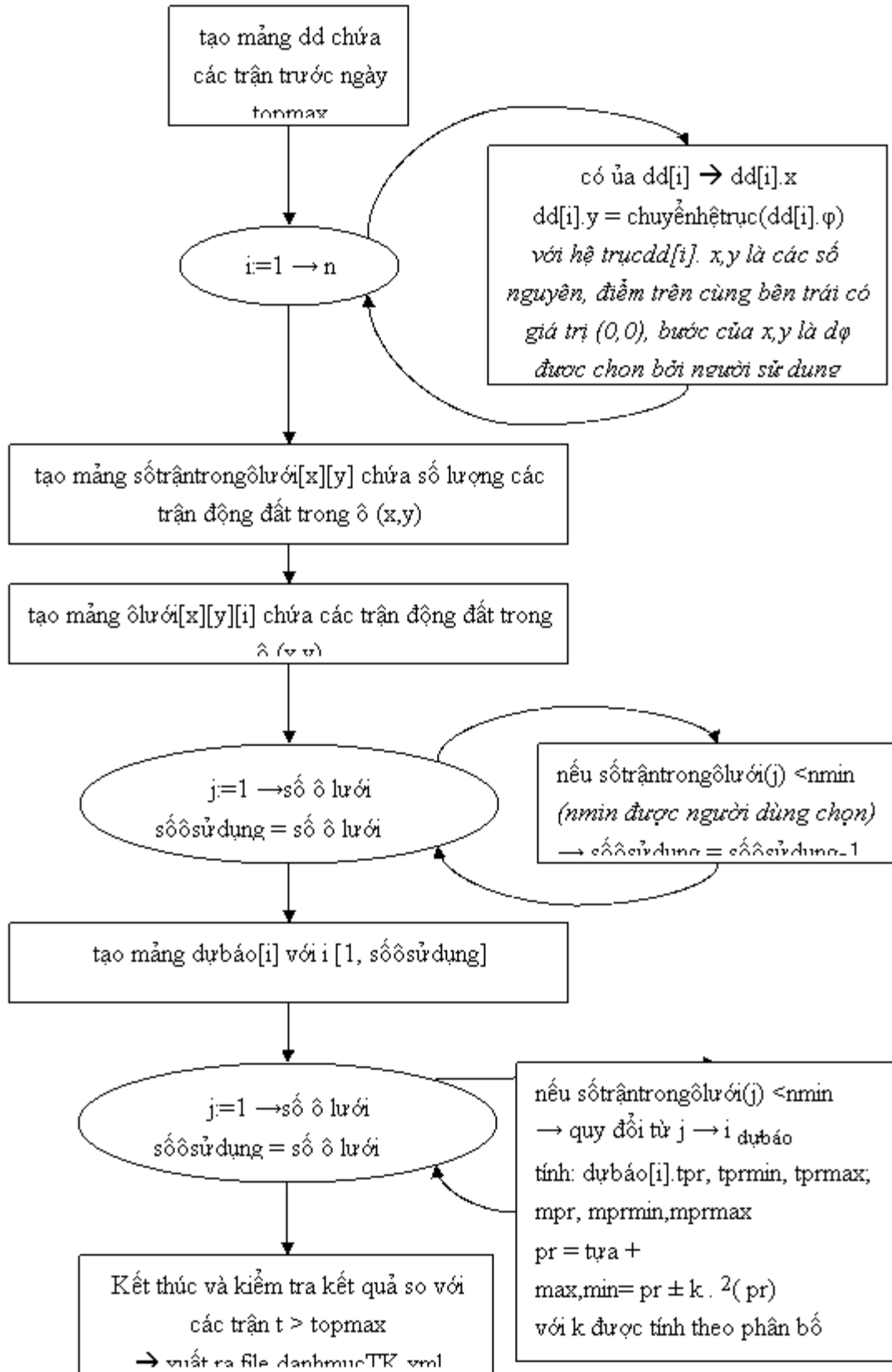
Kết quả xử lý của chương trình sẽ được hiển thị trên màn hình theo dạng bảng số liệu (Hình 4). Có thể copy thẳng bảng này vào Excel để thực hiện các thao tác thống kê tùy mục đích nghiên cứu khác nhau dựa theo các tính năng của Excel. Bảng kết quả bao gồm các thông tin về tọa độ của ô lưới chứa trận động đất dự báo, Dfi được sử dụng, tọa độ trận động đất tựa (sự kiện tựa), thời gian tựa, thời điểm xảy ra sự kiện dự báo và giới hạn trên, giới hạn dưới của thời điểm đó. Trận động đất được dự báo sẽ xảy ra trong phạm vi giới hạn (trên/dưới) này với xác suất đúng (tính bằng tỷ lệ phần trăm) được điền vào lúc nhập dữ liệu tùy theo yêu cầu của bài toán dự báo. Xác suất cực đại tương ứng với thời điểm giữa của giới hạn này, và đây chính là thời điểm dự báo.

Với các bước cơ bản như trên, chương trình sẵn sàng làm việc với các giao diện dưới đây:

a/ Giao diện nhập dữ liệu đầu vào được trình bày trên Hình 3 với trạng thái đã nạp dữ liệu và đang sẵn sàng chờ xử lý.

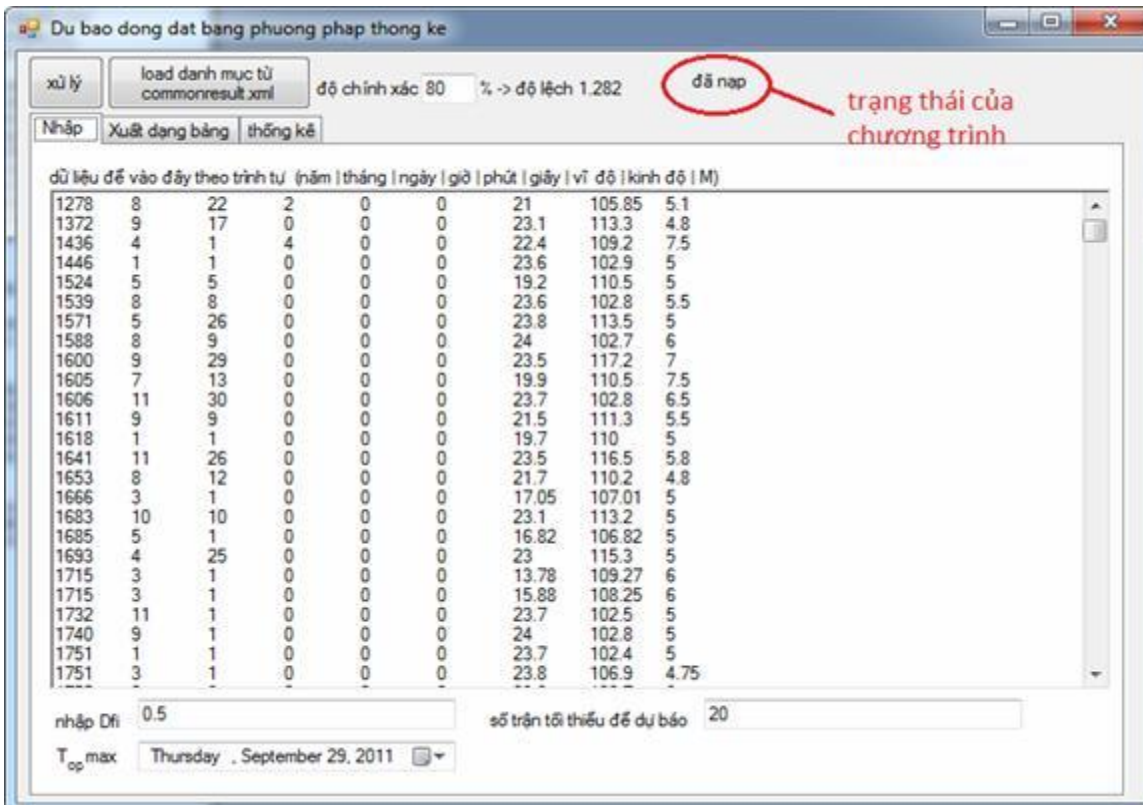
b/ Giao diện hiển thị kết quả được trình bày trên Hình 4

Cần lưu ý rằng phần hướng dẫn sử dụng và phần code chính của chương trình sẽ không được trình bày để phù hợp với khuôn khổ của bài báo.

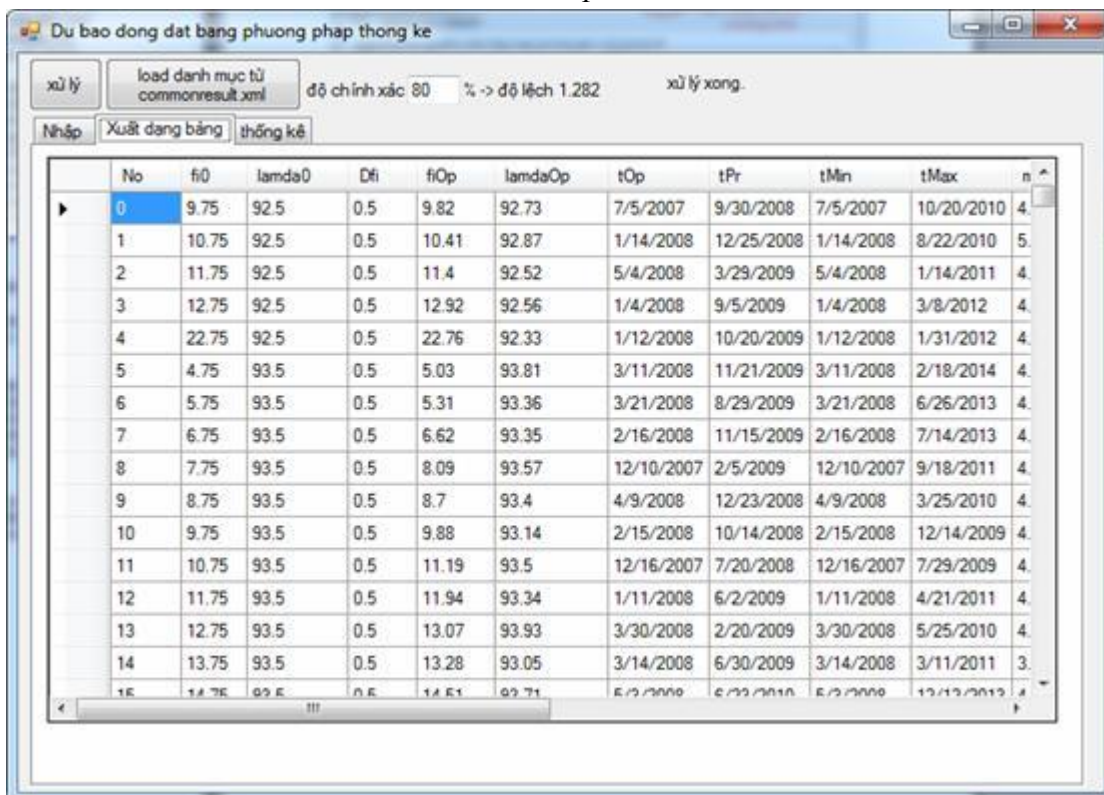


Hình 2. Sơ đồ khối của chương trình dự báo động đất bằng mô hình thống kê.





Hình 3. Giao diện nhập dữ liệu đầu vào.



Hình 4. Giao diện hiển thị kết quả.



**Bảng 1. Kết quả dự báo động đất trong 2 trường hợp**

$\varphi$	$\lambda$	$\varphi$ (db)	$\lambda$ (db)	T(tựa)	T(dự báo)	tmin	tmax	Mdb	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	TThực	$\varphi$ Thực	$\lambda$ Thực	M <sub>Thực</sub>	?T
Trường hợp 1															
20,98	102	21,45	102,36	19/08/2009	12/06/2011	19/08/2009	24/10/2014	3,93	2,9	4,95	err	0	0	0	-
21,98	102	22,36	102,87	23/11/2011	02/08/2011	23/11/2011	06/09/2012	2,89	1,9	3,88	err	0	0	0	-
22,98	102	22,75	101,98	13/02/2011	16/06/2012	13/02/2011	15/04/2014	2,86	1,75	3,97	err	0	0	0	-
20,98	103	20,933	103,511	29/06/2011	16/12/2011	29/06/2011	16/02/2013	3,61	2,58	4,65	err	0	0	0	-
21,98	103	22,42	103,3	04/11/2010	24/08/2010	04/11/2010	18/07/2011	2,89	1,81	3,97	err	0	0	0	-
22,98	103	22,87	103,59	21/05/2011	02/03/2012	21/05/2011	09/05/2014	2,03	1,1	2,96	err	0	0	0	-
20,98	104	20,891	104,751	23/02/2010	26/10/2010	23/02/2010	22/01/2012	2,5	1,63	3,37	err	0	0	0	-
21,98	104	22,187	103,997	26/02/2006	30/04/2008	26/02/2006	15/06/2012	3,41	1,98	4,85	err	0	0	0	-
20,98	105	20,861	105,358	20/06/2005	30/08/2006	20/06/2005	27/02/2009	2,44	1,58	3,3	err	0	0	0	-
Trường hợp 2															
21,98	102	22,47	102,6	28/11/2001	16/01/2002	28/11/2001	21/03/2003	4,11	3,24	4,98	15/03/2002	21,84	102,305	3,01	+
22,98	102	22,81	102	01/11/2000	30/03/2002	01/11/2000	22/04/2004	2,94	2,04	3,84	24/02/2002	22,62	102,332	3,01	+
20,98	103	21,39	103,046	13/11/2001	15/03/2002	13/11/2001	23/05/2003	3,02	1,92	4,12	22/01/2002	20,79	103,69	3,9	+
21,98	103	22,45	103,03	28/11/2001	30/05/2001	28/11/2001	27/03/2002	2,99	1,85	4,14	14/04/2002	21,766	103,59	2,3	-
22,98	103	22,65	103,678	15/08/2001	26/02/2003	15/08/2001	20/11/2005	2,93	1,95	3,91	02/07/2002	22,796	103,639	3,3	+
20,98	104	20,93	104,11	12/11/2001	29/03/2002	12/11/2001	16/07/2003	3,01	2,15	3,88	23/06/2002	21,13	104,525	3,01	+
20,98	105	20,78	105,309	20/11/2001	05/04/2003	20/11/2001	19/01/2006	2,96	2	3,91	20/12/2001	20,8	105,326	3,01	+

**Chú thích:**

$\varphi, \lambda$  - là tọa độ của trận động đất trong danh mục;  $\varphi(db), \lambda(db)$  - 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 - chấn cấp của sự kiện dự báo.

Mmin, Mmax - chấn cấp nhỏ nhất và lớn nhất có thể của sự kiện dự báo

Tthực,  $\varphi$ Thực,  $\lambda$ Thực, M thực- tương ứng là thời gian, tọa độ, chấn cấp của sự kiện đã xảy ra trong thực tế.

?T - thời gian dự báo có đúng hay không; ?M - chấn cấp dự báo có đúng hay không.

“ + ” : đúng; “ - ” : không đúng

**VI. ÁP DỤNG CHƯƠNG TRÌNH THỬ NGHIỆM DỰ BÁO ĐỘNG ĐẤT KHU VỰC TÂY BẮC BỘ**

Để kiểm tra khả năng làm việc của chương trình, chúng tôi đã áp dụng nó thử nghiệm dự báo động đất cho khu vực Tây Bắc Bộ. Với mục tiêu này, đã sử dụng Danh mục động đất Tây Bắc Bộ giai đoạn từ 1970 đến 2011, bao gồm 1020 sự kiện. Sau khi tách tiền chấn, dư chấn khỏi danh mục thì còn lại 442 trận động đất độc lập.

Sử dụng 442 trận động đất độc lập này cho chương trình dự báo thống kê với các thông tin thiết đặt ban đầu như sau :

Độ chính xác của dự báo: 80%

Kích thước của tiểu vùng S:  $D_{fi} = 0,5$  độ; Số trận động đất tối thiểu trong mỗi ô là 15 trận.

**1/ Trường hợp 1:** Nếu sử dụng số liệu đến tận ngày cuối cùng được ghi trong DMĐĐ, thì kết quả cho được 9 sự kiện dự báo.

**2/ Trường hợp 2:** Lùi danh mục vào một thời điểm trong quá khứ để kiểm tra tính đúng đắn của các sự kiện dự báo. Ở đây giả sử ta lùi lại 10 năm, nghĩa là coi sự kiện cuối cùng trong danh mục là xảy ra vào ngày 30/11/2001. Khi đó chương trình dự báo được 7 trận động đất. Kiểm tra và so sánh các số liệu của 7 trận này với những trận đã thực sự xảy ra sau thời điểm 30/11/2001 cho thấy trong số 7 trận đó có 6 trận được dự báo với kết quả đúng (tức là đúng với các sự kiện thực xảy ra trong khoảng thời gian dự báo (Các sự kiện tương ứng với dấu (+) ở cột cuối cùng của Bảng 1 trong trường hợp 2.

### **NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN**

Như vậy, trên cơ sở cách tiếp cận mới đã xây chương trình dự báo động đất theo mô hình thống kê. Áp dụng thử nghiệm chương trình được thiết lập để dự báo động đất đối với khu vực Tây Bắc Bộ đã cho một số kết quả đáng để xem xét. Kiểm tra tính đúng đắn của chương trình bằng cách lùi về quá khứ với các khoảng thời gian khác nhau cho thấy các kết quả dự báo khá phù hợp với các sự kiện đã từng xảy ra trong thực tế. Điều đó cho thấy, mặc dù đây là một chương trình mới, lần đầu tiên được thiết lập ở Việt Nam, nhưng có thể sử dụng nó kết hợp với các chương trình hiện có khác phục vụ công tác nghiên cứu dự báo ngắn hạn động đất một cách hiệu quả. Do bản chất của phương pháp chỉ mang đặc trưng thống kê, nên các tác giả cho rằng nếu áp dụng chương trình này phối hợp với các chương trình khác được xây dựng theo cách tiếp cận mang đặc trưng vật lý kiến tạo chắc chắn sẽ cho kết quả khả quan hơn trong nghiên cứu dự báo động đất.

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”.

### **VĂN LIỆU**

**1. Allen K., Keilis-Borok V.I., Rotvain I.M. và nnk., 1986.** Tập hợp các tiền đề địa chấn dài hạn. California và một số khu vực khác. Các phương pháp toán trong địa chấn và địa động lực. *Địa chấn tính toán. V/19 : 23-37. Nauka, Moskva (tiếng Nga).*

**2. Dmitrieva O.E., Keilis-Borok V.I., Kosobokov V.G. và nnk, 1987.** Chẩn đoán chu kỳ xác suất cao của động đất mạnh trong các vùng nguy hiểm địa chấn ở Liên Xô (cũ) và ở một loạt nước khác. *Địa chấn tính toán. V/20 : 99-111. Nauka, Moskva (tiếng Nga).*

**3. Grishin A.P., 2001.** Mô hình thống kê dự báo thời gian và chấn cấp động đất. *TC Địa chấn và Núi lửa. 4 : 60-65. Moskva (tiếng Nga).*

**4. Grishin A.P., Kondorskaya N.V., Levin L. E., Solodinov L.N., Petrov A.L., Petrov O.M., 2001.** Thử nghiệm dự báo thống kê ở vùng Kaspi (dự báo thời gian, tọa độ chấn tâm và chấn cấp động đất). *Địa vật lý thế kỷ XXI. Tuyển tập các tài liệu đọc về địa vật lý lần thứ 3 mang tên Pheđynski V.V. Tr. 149-156. Moskva.*

**5. Keilis-Borok V.I., Kosobokov V.G., 1986.** Các chu kỳ xác suất cao nảy sinh động đất mạnh thế giới. *Địa chấn tính toán. V/19 : 48-58. Nauka, Moskva.*

**6. Kosobokov V.G., Khili Dz., Dziuy Dz. U.I. và nnk., 1995.** Dự báo trung hạn sớm động đất Kurill ngày 04/10/1994 và ngày 3/12/1995. *Địa chấn tính toán. V/28 : 46-55. Nauka, Moskva.*

**7. Kosobokov V.G., Mazhenkov S.A., 1989.** Chẩn đoán chu kỳ độ nguy hiểm cao của động đất mạnh ở Thiên Sơn theo thuật toán M8. *Địa chấn tính toán. V/22 : 41-46. Nauka, Moskva.*

**8. Luikov V.I., Soboliev G.Ph., Slavina L.B. và nnk., 1988.** Hệ phương pháp dự báo dài hạn động đất với việc sử dụng tập hợp các tham số của chế độ địa chấn. *Trạng thái hiện đại của các nghiên cứu địa chấn ở Châu Âu. Tr. 149-157. Nauka, Moskva.*

**9. Ngô Thị Lu, Trần Việt Phương, 2011.** Về một cách tiếp cận mới để xây dựng thuật toán và quy trình dự báo động đất theo mô hình thống kê

**10. Soboliev G.F., 1998.** Các giai đoạn phát triển của chấn tiêu và dự báo động đất. Địa chấn học hiện đại: Các thành tựu và những vấn đề tồn tại. *Ủy ban liên ngành ĐVL. Tr. 35. Moskva.*

**11. Soboliev G.Ph., Chelidzhe N.L., Zavalov A.D. và nnk., 1990.** Bản đồ động đất chờ đợi trên cơ sở tổ hợp các dấu hiệu địa chấn. *Tin tức AN. SSSR. Vật lý địa cầu, 11 : 45-56. Moskva.*

**12. Zavalov A.D., 1984.** Độ nghiêng của đồ thị lặp lại động đất  $\gamma$  như là một dấu hiệu báo trước động đất mạnh. *Dự báo động đất  $M \geq 5$ , 173-184. Nxb Dolgin - Dushanbe, Moskva.*