

BẢN ĐỒ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT VIỆT NAM VÀ BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG

I. MỞ ĐẦU

Việt Nam được biết đến như một đất nước có mối hiểm họa động đất khá cao. Những trận động đất mạnh nhất với magnitud đạt tới 6,7-6,8 độ Richter và tương đương đã được ghi nhận trong lịch sử (1 trận vào thế kỷ 14) và bằng máy (2 trận vào thế kỷ 20) trên phần Tây Bắc lãnh thổ, trong khi ở ngoài khơi, trên vùng thềm lục địa đông nam đất nước, động đất ghi nhận được cũng đã đạt tới magnitud 6,1 (động đất Hòn Tro năm 1923).

Hiện nay, sự tăng trưởng nhanh về dân số và kinh tế đòi hỏi phải có những kết quả đánh giá định lượng về độ nguy hiểm động đất trên toàn bộ lãnh thổ cũng như trên các dải ven biển và vùng biển nước ta. Hơn nữa, các kết quả này phải có tính xác thực và độ tin cậy cao để có thể sử dụng một cách có hiệu quả vào các lĩnh vực phát triển kinh tế, quốc phòng và dân sinh.

Quá trình đánh giá độ nguy hiểm động đất cho một khu vực về thực chất là quá trình áp dụng các phương pháp và công cụ khác nhau để xác định các hiệu ứng chấn động động đất (chẳng hạn độ lớn, tần suất hay chu kỳ lặp lại) tại khu vực đã cho trong một khoảng thời gian cho trước nào đó. Hiện nay, trên thế giới và ở nước ta, cách tiếp cận xác suất để đánh giá độ nguy hiểm động đất đã chiếm ưu thế tuyệt đối trước các mô hình tất định của Liên Xô (cũ) vẫn thường được áp dụng ở nước ta khá phổ biến vào những năm 80 của thế kỷ trước. Các kết quả đánh giá độ nguy hiểm động đất thường được thể hiện dưới dạng tập bản đồ biểu diễn phân bố theo không gian và thời gian của các thông số nguy hiểm động đất khác nhau. Trước đây, vào thời kỳ những năm 70-80 của thế kỷ 20, khi các phương pháp tất định vẫn còn được sử dụng khá phổ biến, người ta thường hay chọn cường độ chấn động trên bề mặt (giá trị I tính theo các thang MMI và MSK-64) làm thông số biểu diễn

trên các bản đồ phân vùng động đất. Tuy nhiên, càng về sau, các nhà địa chấn càng có xu thế chọn một trong những thông số rung động nền như gia tốc, vận tốc hay dịch chuyển nền làm đơn vị biểu thị trên bản đồ. Giá trị thực tiễn của các thông số này ở chỗ, chúng có thể được dùng trực tiếp làm đầu vào cho các tính toán tải trọng công trình và thiết kế kháng chấn. Một trong những thông số quan trọng đặc trưng cho độ nguy hiểm động đất thường được chọn làm thông số biểu thị trên bản đồ độ nguy hiểm động đất là đại lượng gia tốc cực đại nền, đo bằng đơn vị gal hay cm/s^2 .

Tập bản đồ độ nguy hiểm động đất đầu tiên thành lập cho lãnh thổ Việt Nam áp dụng phương pháp xác suất ra đời năm 1993 [11]. Dựa trên bản đồ phân vùng địa chấn kiến tạo, thuật toán của A. C. Cornell và chương trình *EQRISK* của R.K. McGuire được sử dụng để tính toán và lập bản đồ gia tốc cực đại nền cho lãnh thổ Việt Nam. Đây là lần đầu tiên các mô hình xác suất được áp dụng trong toàn bộ quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất lãnh thổ Việt Nam, từ khâu xử lý thống kê các tài liệu động đất, ước lượng các tham số cho các vùng nguồn đến tính toán và thành lập các bản đồ gia tốc cực đại nền. Tuy nhiên, do số liệu còn ít, trên các bản đồ này, toàn bộ phần lãnh thổ miền nam Việt Nam được xác định như một vùng nguồn đơn lẻ. Ngoài ra, ảnh hưởng của các chấn động từ phía Biển Đông cũng chưa được xét đến trong công trình này. Nhược điểm nêu trên đã được khắc phục trong các bản đồ gia tốc cực đại nền thành lập cho lãnh thổ Việt Nam và các vùng biển lân cận, công bố năm 1997 [12]. Trong công trình này, 6 vùng nguồn mới được xác định thêm trên khu vực Biển Đông, nhờ đó các ảnh hưởng của chấn động từ phía đông lãnh thổ Việt Nam được tính đến và phản ánh trên các bản đồ.

Hưởng ứng thập kỷ giảm nhẹ thiên tai toàn thế giới (*IDNDR*), năm 1998, Chương trình đánh giá



độ nguy hiểm động đất toàn cầu của Liên hợp quốc (GSHAP) cho ra đời bản đồ phân bố gia tốc nền thành lập cho phạm vi toàn thế giới [18]; khu vực Việt Nam chỉ chiếm một vị trí rất không đáng kể, hơn nữa các vùng nguồn chấn động có ảnh hưởng tới Việt Nam lại không phải do các nhà địa chấn Việt Nam thành lập. Cũng cần nói thêm, các hiệu ứng chấn động trên biển đối với lãnh thổ Việt Nam không được tính đến trong công trình này.

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá và thành lập tập bản đồ độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ Việt Nam và toàn bộ Biển Đông, trên cơ sở cập nhật các số liệu động đất và hiệu chỉnh ranh giới các vùng nguồn chấn động; có lưu ý tới các tài liệu mới nhất về địa chấn kiến tạo khu vực. Có thể coi công trình này như sự hiệu chỉnh tập bản đồ độ nguy hiểm động đất đã được công bố năm 1997 của tác giả [12]; để tránh lặp lại những thông tin đã công bố, trong bài này sẽ chỉ tập trung mô tả những thay đổi và hiệu chỉnh được áp dụng cho bản đồ độ nguy hiểm động đất mới thành lập.

II. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ XÁC SUẤT ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT

1. Quy trình chung

Việc đánh giá và thành lập tập bản đồ độ nguy hiểm động đất cho Việt Nam và khu vực Biển Đông được thực hiện theo quy trình sau:

- Xác định các vùng nguồn chấn động trong khu vực nghiên cứu;
- Ước lượng các tham số nguy hiểm động đất cho từng vùng nguồn;
- Thiết lập quy luật tắt dần chấn động cho khu vực nghiên cứu;
- Tính toán, vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất.

2. Cơ sở lý thuyết

Phương pháp giải tích đánh giá độ nguy hiểm động đất được A.C. Cornell công bố lần đầu tiên năm 1968 [2]. Độ nguy hiểm động đất được định nghĩa là xác suất P_a để cường độ rung động nền Y tại một điểm sẽ bị vượt quá trong vòng T năm do ảnh hưởng của tất cả các nguồn thể động đất ở xung quanh điểm đó gây ra. Ở đây cường độ rung động được biểu thị bằng các thông số rung động nền như gia tốc A , vận tốc V hay dịch chuyển nền D . Phương pháp Cornell dựa trên những giả thiết cơ sở sau đây:

a) Độ lặp lại các động đất có magnitud vượt quá một cận dưới M_{min} cho trước tuân theo luật phân bố Poát xông thuận nhất theo thời gian với tần suất trung bình là λ ;

b) Tương quan giữa magnitud và tần suất lặp lại động đất là một hàm tuyến tính cut:

$$\log_{10}N(M) = \begin{cases} a & M < M_{min} \\ a-b(M-M_{min}) & M_{min} \leq M \leq M_{max} \\ 0 & M > M_{max} \end{cases} \quad (1)$$

ở đây M_{min} và M_{max} - các cận trên và dưới của magnitud, $N(M)$ - số động đất có magnitud lớn hơn M xảy ra trong khu vực nghiên cứu, a và b - các hằng số của biểu thức Gutenberg-Richter xét trong khoảng (M_{min}, M_{max}) . Hàm phân bố xác suất tích lũy của magnitud có dạng:

$$F_M(m) = \begin{cases} 0 & M < M_{min} \\ k[1-\exp(-\beta(M_{max}-M_{min}))] & M_{min} \leq M \leq M_{max} \\ 1 & M > M_{max} \end{cases} \quad (2)$$

ở đây $k = [1-\exp(-\beta(M_{max}-M_{min}))]^{-1}$, $\beta = b \ln 10$.

c) Tương quan giữa magnitud M , cường độ rung động (gia tốc cực đại) nền Y tại điểm đang xét và khoảng cách R từ điểm đó tới nguồn thể do động đất gây ra có dạng:

$$Y = c_1 e^{c_2 M} R^{-c_3} \varepsilon \quad (3)$$

ở đây ε - sai số của quy luật tắt dần chấn động, c_1 , c_2 và c_3 - các hằng số đặc trưng cho từng khu vực.

Trên cơ sở thuật toán của phương pháp Cornell, năm 1976, R.K. McGuire đã xây dựng chương trình EQRISK làm công cụ tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất, theo đó độ nguy hiểm động đất được tính bởi công thức [9]:

$$P[A] = \int_r \int_M P[A|M, r] f_M(m) f_R(r) dM dr \quad (4)$$

trong đó P - ký hiệu chỉ xác suất, A - biến cố có xác suất cần tìm và M, r - các biến ngẫu nhiên liên tục có ảnh hưởng tới biến cố A . Như vậy, nếu coi A là giá trị cường độ chấn động tại điểm đang xét, M là số đo kích thước động đất (magnitud hay chấn cấp), và r là khoảng cách từ nguồn tới điểm đang xét, thì từ (4) ta có xác suất để cho chấn động tại điểm đang xét đạt cường độ bằng A khi động đất xảy ra, tính được bằng phép tích phân theo M và r

của tích giữa xác suất có điều kiện của A (khi cho trước M và r) với các xác suất độc lập của M và r. Phép tích phân theo magnitud được đưa về dạng giải tích, còn hàm mật độ xác suất của khoảng cách $f_R(r)$ được cho bởi biểu thức lan truyền chấn động giữa nguồn và điểm đang xét (3).

3. Tương quan giữa gia tốc cực đại nền và chu kỳ lặp lại

Giá trị cường độ chấn động được chọn để tính toán và thành lập bản đồ là gia tốc cực đại nền và được đo bằng đơn vị gal. Để tìm mối liên hệ giữa chu kỳ lặp lại và gia tốc, ta xét ví dụ về phân bố cực trị của các sự kiện ngẫu nhiên.

Gọi $F(a) = P[A \leq a | M \geq M_{min}]$ là xác suất để cho mỗi khi xảy ra một trận động đất có magnitud M lớn hơn một giá trị M_{min} cho trước, giá trị gia tốc A quan sát được tại điểm đang xét luôn nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị a cho trước. Xác suất này được tính bởi công thức :

$$F(a) = \frac{\text{Số động đất dự báo xảy ra với } A \leq a \text{ và } M \geq M_{min}}{\text{Tổng số động đất dự báo xảy ra với } M \geq M_{min}} \quad (5)$$

Chu kỳ lặp lại là một đại lượng quen biết được tính từ công thức :

$$R(a) = \frac{1}{1 - F(a)} \quad (6)$$

với $R(a)$ - tần suất trung bình các trận động đất xảy ra với gia tốc vượt quá đại lượng a. Chu kỳ lặp lại tính bằng năm được xác định bởi :

$$R_Y(a) = R(a) / \text{Số động đất dự báo xảy ra hàng năm với } M \geq M_{min} \quad (7)$$

Giả sử có N trận động đất chính (các sự kiện độc lập về mặt thống kê) xảy ra với các giá trị gia tốc tương ứng là A_i . Hàm phân bố tích lũy của các giá trị cực đại trong số N giá trị gia tốc này được xác định bởi :

$$\begin{aligned} F_{max}(a) &= P[\text{Giá trị lớn nhất trong số } N \text{ giá trị gia tốc sẽ nhỏ hơn hay bằng } a] \\ &= P[\text{mỗi giá trị trong số } N \text{ giá trị gia tốc sẽ nhỏ hơn hay bằng } a] \\ &= P[A_1 \leq a] P[A_2 \leq a] \dots P[A_N \leq a] \text{ (vì các sự kiện độc lập thống kê với nhau)} \\ &= F(A)^N, \text{ nếu các sự kiện phân bố đều} \quad (8) \end{aligned}$$

Nếu bản thân N cũng là một biến ngẫu nhiên thì :

$$\begin{aligned} F_{max}(a) &= F(a)^0 \cdot P(N=0) + F(a)^1 \cdot P(N=1) + \dots \\ &\quad + F(a)^j \cdot P(N=j) + \dots \\ &= \sum F(a)^j \cdot P(N=j); \quad j=0 \div \infty \quad (9) \end{aligned}$$

Nếu N có phân bố Poisson với số trung bình λ thì :

$$F_{max}(a) = F(a) = e^{-\lambda(1-F(a))} \quad (10)$$

Bây giờ nếu ta có $\lambda = \Phi t$, với Φ là tần suất trung bình hàng năm và t là số năm quan tâm trong toàn bộ chu kỳ quan sát thì :

$$F_{max,t}(a) = e^{-\Phi t(1-F(a))}$$

Từ (6) và (7) ta có :

$$1 - F(a) = 1/R(a) \quad \text{và} \quad \Phi = R(a)/R_Y(a)$$

Suy ra :

$$\Phi t(1-F(a)) = t/R_Y(a)$$

và

$$F_{max,t}(a) = \exp[-t/R_Y(a)] \quad (11)$$

Từ đây ta có :

$$\ln(F_{max,t}(a)) = -t/R_Y(a) \quad (12)$$

Chẳng hạn, nếu trong khoảng thời gian 50 năm, xác suất xuất hiện giá trị gia tốc cực đại nền 0,15 gal là 90% thì ta có :

$$\ln(0,90) = -50/R_Y(a)$$

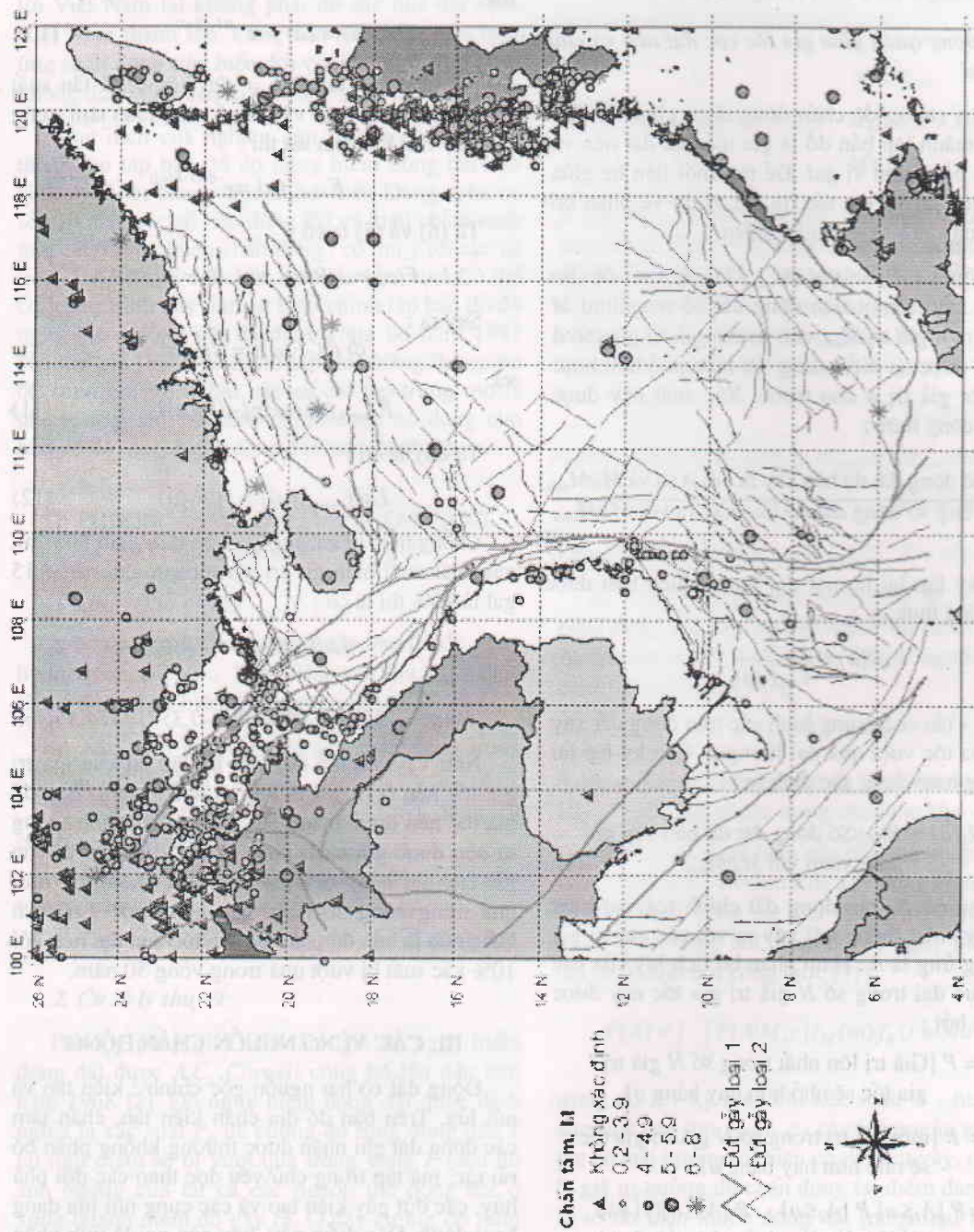
hay

$$R_Y(a) = -50/\ln(0,90) = -50/(-0,357) = 474,5 \text{ năm}$$

Như vậy, có thể nói chu kỳ lặp lại của giá trị gia tốc nền 0,15 gal là xấp xỉ 475,5 năm. Bản đồ gia tốc nền được thành lập từ các điểm tính tương tự còn được gọi cách khác là bản đồ phân bố gia tốc cực đại nền với 90% xác suất không bị vượt quá trong vòng 50 năm, hay còn được gọi cách khác nữa là bản đồ phân bố gia tốc cực đại nền với 10% xác suất bị vượt quá trong vòng 50 năm.

III. CÁC VÙNG NGUỒN CHẤN ĐỘNG

Động đất có hai nguồn gốc chính : kiến tạo và núi lửa. Trên bản đồ địa chấn kiến tạo, chấn tâm các động đất ghi nhận được thường không phân bố rải rác, mà tập trung chủ yếu dọc theo các đới phá hủy, các đứt gãy kiến tạo và các cung núi lửa đang hoạt động. Đặc điểm này, hay còn gọi là tính phân đới của các chấn tâm động đất, cũng được phản ánh rõ nét trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và trong khu vực Biển Đông (hình 1).



Hình 1. Bản đồ địa chấn kiến tạo lãnh thổ Việt Nam và khu vực Biển Đông

Một trong những khâu đầu tiên và quan trọng của toàn bộ quy trình đánh giá và thành lập bản đồ độ nguy hiểm động đất là việc phân định ranh giới các vùng nguồn chấn động trong khu vực nghiên cứu. Các vùng nguồn chấn động được xác định trên cơ sở nghiên cứu các quy luật hoạt động động đất, tức là mối liên quan giữa động đất và các yếu tố địa chất kiến tạo và địa động lực trong khu vực nghiên cứu. Đầu tiên, ranh giới các vùng phát sinh động đất mạnh được vạch ra dọc theo các đứt gãy hoạt động liên quan theo nguyên tắc : các vùng phát sinh động đất được coi là tổng cộng các vùng cực động của tất cả các trận động đất cực đại có khả năng xảy ra trong mỗi đới phá hủy kiến tạo. Đó chính là hình chiếu của các mặt đứt gãy kiến tạo (kể từ ranh giới bên dưới của tầng hoạt động) lên mặt đất. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, do điều kiện số liệu địa chất, địa vật lý và động đất còn ít, ranh giới xác định theo nguyên tắc trên được mở rộng ra tùy theo mật độ phân bố các chấn tâm quan sát được, hay căn cứ vào tổ hợp phân bố của các đứt gãy, các cung núi lửa liên quan. Ranh giới cuối cùng nhận được, vẫn phản ánh trung thực các đặc trưng địa chấn kiến tạo cơ bản của đới như thế nằm, phương của các cấu trúc chính và phân bố không gian của các chấn tâm, sẽ xác định các vùng nguồn động đất trong khu vực nghiên cứu.

Áp dụng nguyên tắc trên, ranh giới của 16 vùng nguồn chấn động được vạch ra trên toàn bộ khu vực nghiên cứu, trong đó có 7 vùng nguồn nằm trên lãnh thổ Việt Nam và 9 vùng nguồn nằm trong khu vực Biển Đông và lân cận. Các vùng nguồn nằm trên phần lãnh thổ Việt Nam gồm :

- 1) Vùng nguồn Đông Bắc,
- 2) Vùng nguồn Bắc trung Hà Nội,
- 3) Vùng nguồn Sông Hồng,
- 4) Vùng nguồn Sông Đà,
- 5) Vùng nguồn Sông Mã,
- 6) Vùng nguồn Sông Cả - Bắc Lào,
- 7) Vùng nguồn Ven biển Nam Trung Bộ.

Cần lưu ý, về cơ bản, ranh giới các vùng nguồn trên lãnh thổ Việt Nam vẫn được giữ nguyên như đã công bố trong một số công trình trước đây [10, 11]. Trong công trình này, chỉ có ba vùng nguồn được chỉnh lại ranh giới cho phù hợp với các số liệu mới được cập nhật, đó là các vùng nguồn 1, 6 và 7. Cụ thể, vùng nguồn Đông Bắc được thu hẹp lại cho gọn hơn, phản ánh rõ đứt gãy sinh chấn Đông Triều ; vùng nguồn Sông Cả trước đây được phát triển thêm sang phía tây, gộp thêm các đứt gãy thuộc hệ đứt

gãy sinh chấn Điện Biên - Lai Châu trên lãnh thổ phía bắc nước Lào và được đổi tên thành vùng nguồn Sông Cả - Bắc Lào ; vùng nguồn miền Nam Việt Nam được thay thế bởi vùng nguồn Ven biển Nam Trung Bộ chứa đới đứt gãy sinh chấn nằm trên dải ven biển miền Trung nước ta.

Các vùng nguồn nằm trong khu vực Biển Đông được đánh số từ 8 đến 16 trên (hình 2), bao gồm :

- 8) Vùng nguồn kinh tuyến 109°,
- 9) Vùng nguồn Hòn Tro,
- 10) Vùng nguồn Hoàng Sa,
- 11) Vùng nguồn Trường Sa - Kinh tuyến 114°,
- 12) Vùng nguồn đứt gãy Ba Chùa,
- 13) Vùng nguồn Hải Nam - Hồng Kông,
- 14) Vùng nguồn Đông Hải Nam,
- 15) Vùng nguồn Đài Loan - Luzon,
- 16) Vùng nguồn Palaoan - Bắc Kalimantan.

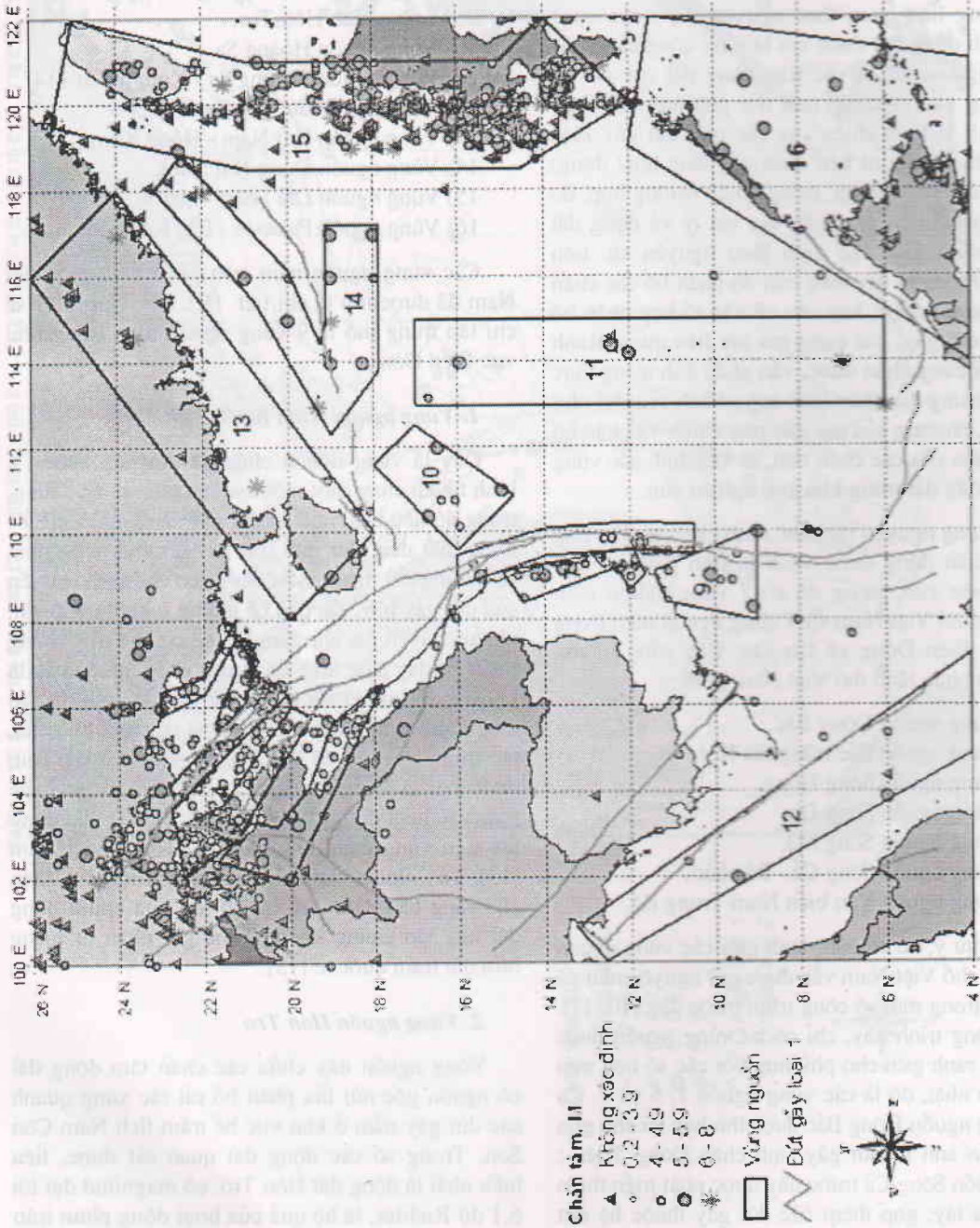
Các vùng nguồn nằm trên phần lãnh thổ Việt Nam đã được mô tả chi tiết [10, 11]. Dưới đây sẽ chỉ tập trung mô tả 9 vùng nguồn nằm trong khu vực Biển Đông.

1. Vùng nguồn Kinh tuyến 109°

Đây là vùng nguồn chứa hệ đứt gãy hướng á kinh tuyến chạy suốt một dải ven biển miền Trung, trong đó tiêu biểu nhất là đứt gãy sâu kinh độ 109°, được biết đến như một đứt gãy có khả năng phát sinh động đất mạnh. Mặc dù về cơ chế dịch chuyển của đứt gãy này vẫn còn có những ý kiến tranh cãi, nhiều chuyên gia cho rằng nó có cơ chế trượt bằng phải. Bề dày tầng hoạt động của vùng nguồn này là khoảng 15 km. Động đất trong vùng nguồn này có magnitud trung bình ($M=4,8$) và tần suất khá cao, tập trung chủ yếu tại khu vực địa khối Cù lao Thu, được coi là vùng "bản lề" chi phối mối quan hệ giữa các hoạt động động đất và địa chất - địa động lực trên vùng thềm lục địa miền Trung Việt Nam [13]. Tuy nhiên, cho đến nay lại có một số ý kiến cho rằng cần đánh giá lại độ lớn của chuỗi động đất này, do chúng không được ghi nhận từ mạng lưới đài trạm quốc tế [15].

2. Vùng nguồn Hòn Tro

Vùng nguồn này chứa các chấn tâm động đất có nguồn gốc núi lửa phân bố rải rác xung quanh các đứt gãy nằm ở khu vực bể trầm tích Nam Côn Sơn. Trong số các động đất quan sát được, tiêu biểu nhất là động đất Hòn Tro, có magnitud đạt tới 6,1 độ Richter, là hệ quả của hoạt động phun trào



← Hình 2. Bản đồ các vùng nguồn chấn động lãnh thổ Việt Nam và khu vực Biển Đông

1. Đông Bắc, 2. Bắc trung Hà Nội, 3. sông Hồng, 4. sông Đà, 5. sông Mã, 6. sông Cả - Bắc Lào, 7. Ven biển Nam Trung Bộ, 8. kinh tuyến 109°, 9. Hòn Trơ, 10. Hoàng Sa, 11. Trường Sa - kinh tuyến 114°, 12. đứt gãy Ba Chúa, 13. Hải Nam - Hồng Kông, 14. Đài Loan - Luzon, 16. Palaoan - Bắc Kalimantan

núi lửa tại vùng biển Thuận Hải vào năm 1923. Độ sâu chấn tiêu các động đất trong vùng nguồn dao động trong một dải khá rộng, từ 32 đến 163 km.

3. Vùng nguồn Hoàng Sa

Chứa hệ đứt gãy Hoàng Sa - Maclesfield bao gồm 3 đứt gãy chính có phương chủ đạo đông bắc - tây nam, ngăn cách khối Hoàng Sa và trũng Nam Hải Nam. Các chấn tâm nằm trong vùng nguồn có mật độ không cao, magnitud cực đại đạt tới 5,6 độ Richter và độ sâu chấn tiêu trung bình 15 km.

4. Vùng nguồn Trường Sa-Kinh tuyến 114°

Chấn tâm động đất tập trung dọc theo hai đứt gãy sâu gắn trùng với các kinh tuyến 114 và 115 °E chạy dọc theo quần đảo Trường Sa. Các đứt gãy này thể hiện rõ trên bản đồ dị thường trọng lực, từ và độ sâu đáy biển. Kết quả xác định cơ cấu chấn tiêu và ứng suất trên các đứt gãy cho thấy dọc theo chúng có sự dịch chuyển ngang giữa các mảng vỏ theo hướng á kinh tuyến và là phay thuận. Đứt gãy kinh độ 114 còn là ranh giới phân chia quần đảo Trường Sa thành hai phần có đặc điểm cấu trúc và đặc trưng các trường địa vật lý khá tương phản. Có lẽ do vị trí địa lý mà số liệu động đất ghi nhận được ở vùng này rất ít ỏi. Trong vòng 20 năm kể từ 1965 đến 1984, tại đây chỉ ghi nhận được 8 trận động đất có magnitud trên 4,0; trong đó động đất cực đại có magnitud 5,9.

5. Vùng nguồn đứt gãy Ba Chùa

Vùng nguồn này chứa các chấn tâm có magnitud trung bình phân bố rải rác xung quanh đứt gãy Ba Chùa chạy dài theo hướng tây bắc - đông nam từ vịnh Thái Lan xuống tận vùng biển đông bắc Malaysia. Phân bố chấn tâm trong vùng nguồn khá thưa thớt, với magnitud cực đại quan sát được đạt tới giá trị $M = 5,0$ và bề dày tầng hoạt động là 15 km.

6. Vùng nguồn Đông Hải Nam

Nằm về phía đông đảo Hải Nam, trên khu vực oằn võng sâu dạng địa hào giáp với thềm lục địa nam Trung Quốc. Chấn tâm động đất trong vùng này không nhiều (11 trận có magnitud lớn hơn 4,0), ghi nhận được trong khoảng thời gian từ 1931 đến 1967, nhưng động đất cực đại quan sát được tại đây có magnitud đạt tới 6,7. Độ sâu chấn tiêu lớn nhất trong vùng là 68 km.

7. Vùng nguồn Hải Nam - Hồng Kông

Kéo dài từ đảo Hải Nam, chạy qua Hồng Kông về phía đông bắc, bao trùm lên hệ đứt gãy thường chạy song song trên thềm lục địa đông nam Trung Quốc. Tính phân đới của chấn tâm động đất trong vùng này không rõ lắm, mật độ chấn tâm cũng không cao, mặc dù magnitud động đất cực đại lên tới 7,3 độ Richter. Độ sâu chấn tiêu các động đất ghi nhận được trong khoảng từ 10 đến 33 km.

8. Vùng nguồn Đài Loan - Luzon

Đây là vùng xảy ra động đất mạnh nhất trong khu vực Biển Đông. Động đất rất mạnh ($M = 7,7$) đã xảy ra với tần suất cao dọc theo ranh giới vùng cuốn hút, nơi có tác động của các lực nén ép theo phương nằm ngang từ hai phía ngược chiều nhau khiến cho mảng Palaoan và bờ tây đảo Luzon chồm lên phía trên mảng vỏ Trái Đất đông nam Biển Đông. Trong vùng cũng tồn tại một số cung núi lửa đang hoạt động, góp phần tích cực vào các biểu hiện của tính địa chấn. Vùng này đặc trưng bởi bề dày tầng hoạt động rất lớn, độ sâu chấn tiêu cực đại ghi nhận được đạt 200 km.

9. Vùng nguồn Palaoan - bắc Kalimantan

Nhìn chung, chế độ vận động kiến tạo của vùng nguồn này cũng giống như vùng Đài loan - Luzon, do trong vùng cũng tồn tại ranh giới cuốn hút ở phía tây đảo Palaoan và hệ cung núi lửa trong khu vực biển Sulu, đều chạy theo hướng đông bắc - tây nam. Tuy nhiên, mức độ hoạt động địa chấn của vùng này thấp hơn so với vùng Đài loan - Luzon. Phần lớn động đất trong vùng có magnitud nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,5 ; magnitud cực đại quan sát được là 6,1. Bề dày tầng hoạt động cũng thấp hơn so với vùng Đài Loan - Luzon : độ sâu chấn tiêu cực đại ghi nhận được đạt 105 km.

IV. XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐỘNG ĐẤT

Danh mục động đất được thành lập cho khu vực nghiên cứu trên cơ sở tập hợp các số liệu gốc từ nhiều nguồn khác nhau, chủ yếu là từ các trung tâm địa chấn quốc tế và mạng lưới đài trạm nước ta. Các nguồn số liệu chính gồm :

- Danh mục động đất Việt Nam thời kỳ 114-2002 gồm 2.981 trận do Viện Vật lý Địa cầu, Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia cung cấp. Danh mục này bao gồm cả các số

liệu động đất lịch sử và các số liệu đo được bằng máy, thu thập từ mạng lưới đài trạm quan trắc động đất của Việt Nam và các trung tâm địa chấn thế giới như *ISC, USGS, NEIS, BEJ*.

- Danh mục động đất vùng biển Việt Nam và ven bờ thời kỳ 1524-2001 (giới hạn trong phạm vi $\varphi = 4,5-23,5^\circ\text{N}$, $\lambda = 100-118^\circ\text{E}$) gồm 231 trận do Phạm Văn Thục cung cấp [16].

Việc xử lý các số liệu động đất đóng một vai trò rất quan trọng trong quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất, đặc biệt là trong trường hợp áp dụng các phương pháp xác suất, bởi một trong những nguyên lý cơ bản và quan trọng của phương pháp đánh giá độ nguy hiểm động đất theo cách tiếp cận xác suất là các trận động đất sử dụng vào việc tính toán phải là các sự kiện độc lập với nhau về mặt thống kê. Vì thế, các số liệu động đất sau khi đã được nhóm theo từng vùng nguồn phải được tiếp tục xử lý để loại bỏ tất cả các tiền chấn và dư chấn, chỉ giữ lại các rung động chính trong chuỗi số liệu động đất.

Nguyên lý loại bỏ dư chấn (hoặc tiền chấn) đã được biết đến rộng rãi. Giả sử t là thời điểm xảy ra động đất, h là độ sâu chấn tiêu, M là magnitud, i và j là số thứ tự của hai trận động đất trong danh mục, $j > i$. Trận động đất thứ hai được coi là dư chấn của trận động đất thứ nhất nếu các điều kiện sau đây được thoả mãn: khoảng cách chấn tâm giữa hai trận động đất này nhỏ hơn giá trị cho trước $R(M_i)$, $h_j - h_i \leq H(M)$ và $M_j \leq M_i$, với $T(M)$, $R(M)$ và $H(M)$ là các hàm thực nghiệm [6]. Thuật toán loại bỏ tiền chấn cũng hoàn toàn tương tự.

Trong công trình này, phần mềm *Main.exe* được sử dụng để loại bỏ tự động các tiền chấn - dư chấn của mỗi chuỗi số liệu động đất ứng với từng vùng nguồn chấn động. Các chuỗi số liệu đưa vào tính toán chỉ chứa toàn bộ các động đất chính để đảm bảo độ tin cậy cho các kết quả tính toán.

V. ƯỚC LƯỢNG CÁC THAM SỐ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT

Để phục vụ tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất, các tham số sau đây được ước lượng cho mỗi vùng nguồn:

- Magnitud động đất cực đại dự báo M_{max} ;
- Các tham số a và b trong biểu thức phân bố động đất theo magnitud của *Gutenberg-Richter* và

các đại lượng suy diễn tương ứng λ và β . Các tham số này phản ánh tần suất xảy ra động đất trong vùng;

- Chu kỳ lặp lại dự báo $T(M)$ của các động đất mạnh trong vùng.

Các phương pháp hợp lý cực đại và cực trị được áp dụng đồng thời để ước lượng các tham số nguy hiểm động đất. Các nghiên cứu trước đây cho thấy phương pháp hợp lý cực đại cho các kết quả ước lượng tham số nguy hiểm động đất xác thực hơn so với phương pháp cực trị, đặc biệt là các giá trị M_{max} [11, 13]. Trong nghiên cứu này, phương pháp hợp lý cực đại được ưu tiên áp dụng cho các vùng nguồn chấn động. Tuy nhiên, do đặc điểm của số liệu, tại vùng nguồn Sông Cả - Bắc Lào, phương pháp cực trị được áp dụng thay vì phương pháp hợp lý cực đại. Kết quả ước lượng các tham số động đất cho các vùng nguồn minh hoạ trong *bảng 1*. Các phương pháp ước lượng tham số nguy hiểm động đất cho các vùng nguồn được mô tả chi tiết dưới đây.

1. Ước lượng các tham số nguy hiểm động đất bằng phương pháp cực trị

Lý thuyết cực trị được áp dụng lần đầu tiên ở Việt Nam từ năm 1991 để ước lượng các tham số nguy hiểm động đất cho các vùng nguồn chấn động trên lãnh thổ Việt Nam [10]. Lý thuyết này do *F.J. Gumbel* đề xuất [4] và dựa trên những giả thiết cơ sở sau:

- Các điều kiện tồn tại trong quá khứ vẫn còn có hiệu lực trong tương lai;
- Các giá trị cực đại quan sát được trong khoảng thời gian cho trước là độc lập về mặt thống kê.

Giả sử X là một biến ngẫu nhiên có phân bố $F(x)$:

$$F(x) = P\{X \leq x\}$$

Xác suất để cho x là giá trị cực đại trong số n mẫu độc lập có cùng phân bố $F(x)$ sẽ bằng:

$$G(x) = P\{X_1 \leq x, X_2 \leq x, \dots, X_n \leq x\} = F^n(x),$$

với $G(x)$ là hàm phân bố các cực trị X_i , $i = 1, n$. Trong phần lớn trường hợp, hàm phân bố ban đầu $F(x)$ không được biết trước. Tuy nhiên, có thể tính được các hàm phân bố tiệm cận của nó dưới dạng các hàm phân bố cực trị.

Như vậy, nếu xét đến tính ngẫu nhiên của quá trình phát sinh động đất, có thể coi magnitud của các động đất cực đại hàng năm quan sát được trong

Bảng 1. Các tham số đầu vào sử dụng để tính bản đồ độ nguy hiểm động đất

Vùng nguồn	M_{\min}	$M_{\max QS}$	$M_{\max TT}$	β	Rate	H, km
1. Đông Bắc	4,0	4,9	5,2	1,05	0,14	15
2. Bắc trũng Hà Nội	4,0	5,9	6,4	1,56	0,11	25
3. Sông Hồng	4,0	5,3	5,7	0,8	0,51	15
4. Sông Đà	4,0	4,8	5,1	1,29	0,38	15
5. Sông Mã	4,0	6,8	7,3	1,02	1,13	25
6. Sông Cả - Bắc Lào	4,0	6,0	6,1	1,53	0,43	15
7. Ven biển Nam Trung Bộ	4,0	5,3	5,8	0,56	0,37	15
8. Kinh tuyến 110°	4,0	5,0	5,1	1,93	0,16	15
9. Hòn Tro	4,0	6,1	6,6	0,59	0,17	15
10. Hoàng Sa	4,0	5,6	5,7	0,91	0,14	15
11. Trường Sa - Kinh tuyến 114°	4,0	6,1	6,2	0,88	0,17	68
12. Đứt gãy Ba Chùa	4,0	5,0	5,1	0,81	0,10	30
13. Hải Nam - Hồng Kông	4,0	7,3	7,8	1,18	0,43	33
14. Đông Hải Nam	4,0	6,7	6,8	0,91	0,29	115
15. Đài Loan - Luzon	4,0	7,7	8,2	0,34	7,33	220
16. Palaoan - Bắc Calimantan	4,0	5,9	6,4	0,38	0,83	105
Toàn vùng	4,0	7,7	5,0	1,75	0,023	30

một khoảng thời gian cho trước là tập hợp các cực trị có phân bố $G(x)$. Gumbel đã đưa ra ba loại hàm phân bố tiệm cận cực trị, trong đó các hàm loại I và loại III được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực nghiên cứu động đất.

Phân bố cực trị loại I của Gumbel có dạng 33 :

$$G1(x) = \exp[-\exp(-\beta_1(x-u))] \quad (13)$$

ở đây β_1 và u là các tham số cần xác định của hàm phân bố, $\beta_1 > 0$. Nếu đặt $\ln \alpha_1 = \beta_1 u$ và lấy logarit tự nhiên hai vế biểu thức (13) hai lần, ta được :

$$\ln[-\ln G1(x)] = \ln \alpha_1 - \ln \beta_1 x \quad (14)$$

Phân bố cực trị loại III của Gumbel có dạng :

$$G3(x) = \exp\left[-\left(\frac{\omega-x}{\omega-u}\right)^{\beta_3}\right], \beta_3 > 0, x < \omega, u < \omega \quad (15)$$

ở đây ω là cận trên của các cực trị x , β_3 và u là các tham số cần xác định của hàm phân bố. Nếu đặt $\alpha_3 = (\omega-u)^{\beta_3}$ và lấy logarit tự nhiên hai vế biểu thức (15) hai lần, ta được :

$$\ln[-\ln G3(x)] = \ln \alpha_3 + \beta_3 \ln(\omega-x) \quad (16)$$

Để tìm các hàm phân bố cực trị $G1(x)$ và $G3(x)$, các tham số $\alpha_i, \beta_i, i=1,3$ và ω được ước lượng bằng phương pháp bình phương tối thiểu, sử dụng các công thức (14) và (15).

2. Ước lượng các tham số nguy hiểm động đất bằng phương pháp hợp lý cực đại

a) Hàm hợp lý cực đại của các tham số nguy hiểm động đất cho phân số liệu cực trị (không đầy đủ) của các danh mục động đất

Mỗi danh mục động đất thường chứa đựng hai mảng số liệu có mức độ thông tin về động đất rất khác nhau. Mảng thứ nhất bao gồm các động đất ghi nhận được trong lịch sử, từ các kết quả điều tra thực địa, ..., thường bao quát một chu kỳ quan trắc rất dài, có khi tới vài thế kỷ, nhưng với số lượng động đất rất ít ỏi và độ tin cậy rất thấp. Mảng thứ hai là tất cả các số liệu động đất được ghi bằng máy, ngược lại, chỉ có bề dày thời gian khoảng vài chục năm trở lại đây, nhưng với độ thông tin đầy đủ hơn rất nhiều về các trận động đất ghi nhận được. Ta sẽ quy ước gọi mảng thứ nhất là phần không đầy đủ (hay phần cực trị) của danh mục, còn mảng thứ hai là phần đầy đủ của danh mục động đất.

Thuật toán ước lượng các tham số độ nguy hiểm động đất sử dụng cả hai phần số liệu của danh mục động đất, với giả thiết là sự phát sinh các động đất tuân theo luật phân bố Poisson, có chỉ số hoạt động λ và phân bố bị chặn hai đầu $F(x)$ của các magnitud động đất x , một dạng khác của biểu thức Gutenberg-Richter :

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{A_1 - A_x}{A_1 - A_2}; M_{\min} \leq x \leq M_{\max} \quad (17)$$

ở đây $A_1 = \exp(\beta M_{\min})$, $A_2 = \exp(\beta M_{\max})$, $A_x = \exp(\beta M_x)$, M_{\max} là magnitud cực đại của vùng nguồn đang xét, M_{\min} là cận dưới magnitud và β là tham số độ nguy hiểm động đất. Nói cách khác, các động đất có magnitud vượt quá giá trị cho trước có thể được coi là một quá trình Poisson với độ lặp lại trung bình là $\lambda[1 - F(x)]$ [1]. Từ đây ta có xác suất để cho giá trị magnitud lớn nhất X nhỏ hơn một giá trị x nào đó cho trước trong suốt khoảng thời gian quan sát t là:

$$G(x|t) = P(X \leq x) = \exp\left\{-\nu_0 t \left[\frac{A_2 - A_x}{A_2 - A_{10}} \right]\right\} \quad (18)$$

ở đây $\nu = \lambda[1 - F(M_0)]$, $A_{10} = \exp(\beta M_0)$ và M_0 là cận dưới magnitud của toàn bộ số liệu phân cực trị của danh mục động đất, ($M \geq M_{\min}$).

Trong trường hợp đặc biệt, khi $M_{\max} \rightarrow \infty$, $M_0 = M_{\min} = 0$ và $t = 1$, ta có $A_{10} = 1$, $A_2 = 0$ và biểu thức (18) sẽ có dạng:

$$G(x) = \exp[-\lambda \exp(-\beta x)] \quad (19)$$

Để thấy (19) chính là phân bố tiệm cận cực trị loại I của Gumbel, đã xét đến ở trên và được sử dụng rộng rãi trong địa chấn học [10, 17].

Trong trường hợp đang xét, số liệu sử dụng để ước lượng các tham số nguy hiểm động đất là các cực trị magnitud $X_0 = (X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n})$, được chọn trong các khoảng thời gian $t = (t_1, t_2, \dots, t_{n_0})$ bao trùm phân cực trị của danh mục động đất. Các tham số cần tìm là $\theta = (\beta, \lambda)$ và M_{\max} . Từ biểu thức (18) ta có hàm hợp lý cực đại của θ là [8]:

$$L_0(\theta|X_0) = \prod_{i=1}^{n_0} g(X_{0i}, t_i|\theta) \quad (20)$$

trong đó

$$\ln g(x, t|\theta) = \frac{A_2 - A(x)}{A_{10} - A_2} + \ln \frac{\nu_0 \beta t}{A_{10} - A_2} - \beta x \quad (21)$$

b) Hàm hợp lý cực đại của các tham số nguy hiểm động đất cho phân số liệu đầy đủ của danh mục động đất

Giả sử phân thứ hai của danh mục động đất có thể chia thành s danh mục động đất nhỏ, và mỗi danh mục động đất nhỏ này có chu kỳ quan trắc T_i và được coi là đầy đủ kể từ một cận dưới magnitud

xác định M_i nào đó, $i = 1, 2, \dots, s$. Gọi $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ini})$ là các giá trị magnitud lấy từ danh mục nhỏ thứ i . Theo định nghĩa này ta có $X_{ij} \geq M_i$, $i = 1, 2, \dots, s$; $j = 1, 2, \dots, n_i$.

Nếu các giá trị magnitud và số động đất là các đại lượng độc lập thì hàm hợp lý cực đại của θ ứng với mỗi danh mục nhỏ có thể biểu diễn dưới dạng tích của hai hàm thành phần:

$$L_i(\theta X_i) = L_{i\beta} \cdot L_{i\lambda} \quad (22)$$

Theo nguyên lý tổng hợp số liệu [14], hợp lý cực đại tổng hợp trên cơ sở tất cả các số liệu, tức là hàm hợp lý cực đại ứng với toàn bộ chu kỳ quan trắc của danh mục động đất lớn sẽ có dạng:

$$L(\theta X) = \prod_0^s L_i(\theta X_i) \quad (23)$$

c) Ước lượng các tham số

Phương pháp hợp lý cực đại được áp dụng để đánh giá các tham số $\hat{\theta} = (\hat{\beta}, \hat{\lambda})$. Các ước lượng $\hat{\beta}$ và $\hat{\lambda}$ tìm được bằng cách giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{\delta \ln L(\theta X)}{\delta \lambda} = 0 \\ \frac{\delta \ln L(\theta X)}{\delta \beta} = 0 \end{cases} \quad (24)$$

theo λ và β .

Với mỗi giá trị xác định của M_{\max} , dễ dàng tìm được cặp ước lượng $\hat{\beta}$ và $\hat{\lambda}$ bằng các phép lặp. Tuy nhiên, do hàm hợp lý cực đại L là một hàm đơn điệu giảm khi $M_{\max} \rightarrow \infty$ [3], phép ước lượng M_{\max} đòi hỏi điều kiện bổ sung. A. Kijko đã thỏa mãn được điều kiện cho phép tính M_{\max} bằng cách giả thiết:

$$X_{\max} = \text{EXPECT}(x_{\max} | T) \quad (25)$$

Với X_{\max} là magnitud cực đại quan sát được trong phạm vi vùng nguồn đang xét, còn $\text{EXPECT}(x_{\max} | T)$ là giá trị magnitud cực đại dự báo cho toàn bộ chu kỳ quan trắc của danh mục động đất lớn, được tính bởi công thức [7]:

$$\begin{aligned} \text{EXPECT}(x_{\max} | T) = M_{\max} - \frac{E_1(TZ - E_1(TZ_1))}{\beta \exp(-TZ_2)} - \\ - M_{\min} \exp(-\lambda t) \end{aligned} \quad (26)$$

ở đây $Z_i = \lambda A_i / (A_2 - A_1), i = 1, 2$ và $E(\cdot)$ là hàm tích phân mũ áp dụng cho trường hợp chu kỳ quan trắc của danh mục động đất lớn chứa khoảng thời gian

quan trắc các số liệu cực trị $T_0 = \sum_{i=1}^{n_0} T_i$ và thời gian quan trắc các số liệu đầy đủ $\sum_{i=1}^S T_i$.

VI. QUY LUẬT TẮT DẦN CHẤN ĐỘNG

Việc xác lập biểu thức tắt dần chấn động cho khu vực nghiên cứu đóng vai trò quan trọng và thường được xem xét như là một bước độc lập của quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất. Tuy nhiên, cho đến nay, một thực tế khách quan vẫn khiến cho Việt Nam cũng như nhiều quốc gia khác trên thế giới gặp phải những khó khăn nghiêm trọng trong khâu này. Mặc dù đã quan trắc được cả những trận động đất mạnh nhất trên lãnh thổ, mãi tới năm 2000, Việt Nam mới ghi được số liệu gia tốc nền trên lãnh thổ của mình. Cho đến nay, vẫn chưa có một biểu thức tắt dần chấn động nào được xây dựng cho lãnh thổ Việt Nam trên cơ sở tổng hợp các băng gia tốc nền ghi nhận được từ các trận động đất.

Trong nghiên cứu này, phương trình tắt dần chấn động xây dựng cho khu vực Vân Nam (Trung Quốc) được lựa chọn để áp dụng cho lãnh thổ Việt Nam. Biểu thức này được xây dựng trên cơ sở phân tích các băng gia tốc đo được tại trận động đất mạnh Langcang - Gengma (Trung Quốc) [5]. Năm 1997, biểu thức này đã được biến đổi về dạng thuận tiện cho việc sử dụng với chương trình *EQRISK* và áp dụng cho lãnh thổ Việt Nam và lân cận [12]:

$$a_{\max} = 252,9e^{0,5155M_s} (R + 10)^{-1,1516} \quad (26)$$

ở đây: a_{\max} - giá trị gia tốc cực đại nền (đo bằng gal), M_s - magnitud động đất xác định bằng sóng mặt, và R - khoảng cách chấn tiêu, đo bằng km.

Cũng cần lưu ý, việc áp dụng một biểu thức tắt dần chấn động duy nhất cho một khu vực rộng lớn sẽ dẫn đến những sai số trong các kết quả ước lượng độ nguy hiểm động đất. Trong thực tế, độ tin cậy của các kết quả sẽ càng giảm đi khi điểm tính nằm càng xa khu vực có quy luật tắt dần chấn động được xác lập. Do vậy, các kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất sẽ có độ tin cậy cao nhất đối với lãnh thổ Việt Nam, đặc biệt là miền Bắc Việt

Nam, và có độ tin cậy thấp nhất đối với những khu vực như Đài Loan và Philippin.

VII. THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT LÃNH THỔ VIỆT NAM VÀ BIỂN ĐÔNG

Chương trình *EQRISK* của *McGuire* được áp dụng để tính toán độ nguy hiểm động đất cho khu vực nghiên cứu, với các số liệu đầu vào sau đây:

1) Sơ đồ các vùng nguồn chấn động trong khu vực nghiên cứu (hình 2).

2) Các tham số nguy hiểm động đất và các tham số phục vụ tính toán độ nguy hiểm động đất xác định cho từng vùng nguồn (bảng 1).

Bảng 1 liệt kê toàn bộ các vùng nguồn chấn động và các tham số tương ứng được sử dụng trong việc tính toán và thành lập bản đồ độ nguy hiểm động đất khu vực nghiên cứu. Đối với tất cả các vùng nguồn, giá trị cận dưới magnitud được chọn là $M_0 = 4,0$. Gia tốc cực đại nền (đo bằng đơn vị % gal) được tính tại mỗi điểm của mạng lưới $0,20 \times 0,20$ phủ lên toàn vùng nghiên cứu và được sử dụng để xây dựng các bản đồ độ nguy hiểm động đất. Do những lý do về độ tin cậy của các giá trị tính toán đã phân tích ở mục VI, khuôn khổ của các bản đồ kết quả được thu hẹp lại và được giới hạn bởi kinh tuyến 115° về phía đông.

VIII. THẢO LUẬN

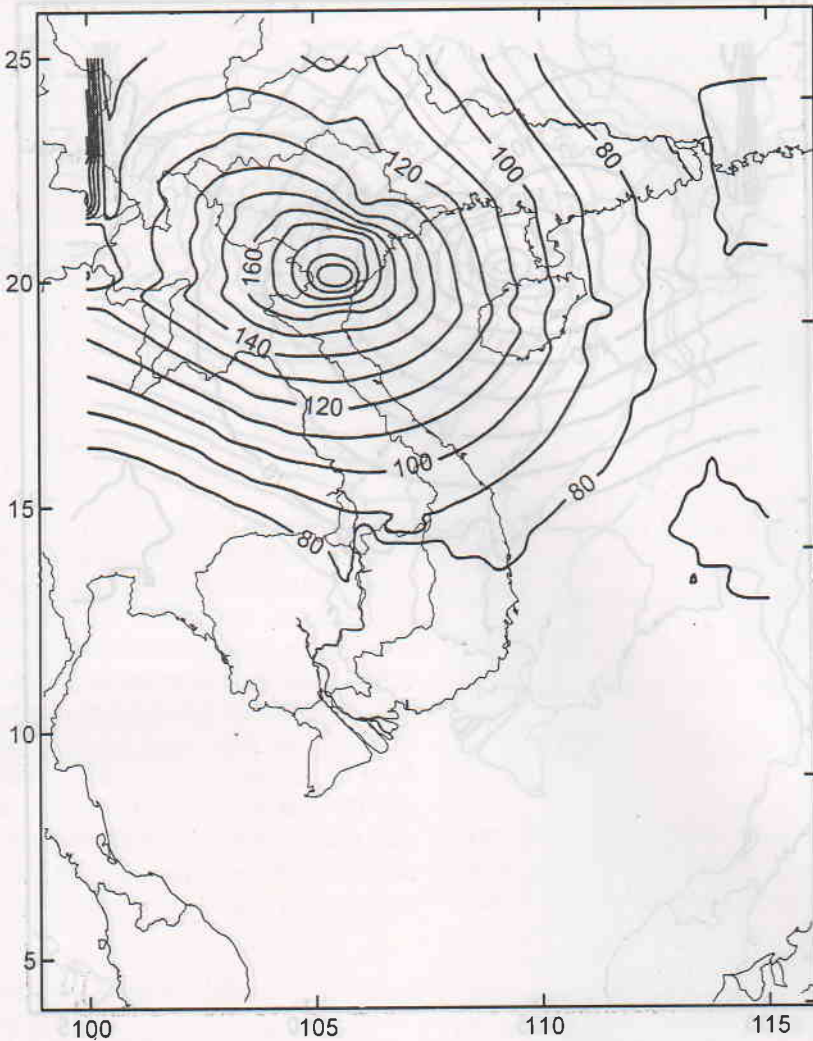
Tập bản đồ độ nguy hiểm động đất thành lập cho lãnh thổ Việt Nam và khu vực Biển Đông được xây dựng trên bản đồ nền tỷ lệ 1:500 000 và được minh hoạ trên các hình 3, 4 và 5 bao gồm:

- 1) Bản đồ gia tốc cực đại nền (a_{\max}) với 10% xác suất bị vượt quá trong vòng 25 năm;
- 2) Bản đồ gia tốc cực đại nền (a_{\max}) với 10% xác suất bị vượt quá trong vòng 50 năm;
- 3) Bản đồ gia tốc cực đại nền (a_{\max}) với 10% xác suất bị vượt quá trong vòng 100 năm.

Từ các bản đồ này, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

- Trên toàn bộ khu vực nghiên cứu, giá trị gia tốc cực đại nền lớn nhất tập trung tại phần lục địa miền Bắc Việt Nam. Ngoài ra, một vùng dị thường khác, yếu hơn, cũng xuất hiện tại vùng duyên hải miền Trung và thềm lục địa đông nam Việt Nam.

T = 100



Hình 5. Bản đồ gia tốc cực đại nền lãnh thổ Việt Nam và khu vực Biển Đông với 10% xác suất bị vượt quá trong vòng 100 năm (PGA tính bằng phân nghìn gal)

cuối cùng và tính thực tiễn trong việc thể hiện các kết quả. Một trong những ưu điểm quan trọng của việc đánh giá độ nguy hiểm động đất theo cách tiếp cận xác suất là nó cho phép thành lập các bản đồ dự báo các thông số rung động nền như gia tốc cực đại, vận tốc cực đại, dịch chuyển cực đại.... Các thông số này đặc trưng cho chế độ địa động lực của khu vực nghiên cứu và đóng vai trò rất quan trọng trong thực tiễn, vì chúng là dữ liệu đầu vào trực tiếp cho các tính toán về tải trọng công trình, thiết kế kháng chấn và bảo hiểm.

2. Các kết quả đánh giá xác suất độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ Việt Nam và khu vực Biển

Đông được trình bày dưới dạng tập bản đồ biểu thị phân bố không gian của giá trị gia tốc cực đại nền (a_{max}) dự báo cho các khoảng thời gian lần lượt bằng $t = 25, 50$ và 100 năm với xác suất không bị vượt quá bằng 90%. Tập bản đồ gia tốc cực đại nền có thể coi như kết quả dự báo ngắn hạn, trung bình và dài hạn về độ nguy hiểm động đất trên lãnh thổ Việt Nam và toàn bộ khu vực Biển Đông. Giá trị a_{max} nhận được từ các bản đồ này có thể sử dụng trực tiếp trong các tính toán thiết kế kháng chấn cho các công trình xây dựng dưới tải trọng của động đất và các nghiên cứu phân vùng động đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] R.J. BENJAMIN, C.A. CORNELL, 1970 : Probability, Statistics and Decisions for Civil Engineers, McGraw Hill.

[2] C.A. CORNELL, 1968 : Engineering Seismic Risk Analysis, Bull. Seim. Soc. Am., **58**, 1583-1606.

[3] P. COSENTINO et al, 1977 : Truncated exponential frequency-magnitude relationship in earthquake statistics, Bull. Seis. Soc. Am. **67**, 1615-1623.

[4] E.J. GUMBEL, 1958 : Statistics of Extremes, Columbia University Press.

[5] XIANGJIANGUANG, GAO DONG, 1994 : The strong ground motion records obtained in Lancang-Gengma earthquake in 1988, China and their application, Rept. at International Workshop on Seismotectonics and Seismic Hazard in Southeast Asia, Hanoi.

[6] V.I. KEILIS-BOROK et al, 1980 : Burst of aftershocks, long-term precursors of strong earthquakes, Nature, Vol. 283, 259-263.

[7] KIJKO A., 1984 : Maximum likelihood estimation of Gutenberg-Richter b parameter for uncertain magnitude values, Pageoph, **127**, 573-579.

[8] A. KIJKO, M. DESSOKEY, 1987 : Application of extreme magnitude distribution to incomplete earthquake files, Bull. Seis. Soc. Am. **77**, 1429-1436.

[9] R.K. McGUIRE, 1976 : FORTRAN computer program for seismic risk analysis, U.S. Geol. Survey Open - File Rept. 76-67, 89.

[10] NGUYEN HONG PHUONG, 1991 : Probabilistic Assessment of Earthquake Hazard in Vietnam based on Seismotectonic Regionalization, Tectonophysics, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, **198**, 81-93.

[11] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 1993 : Đánh giá xác suất độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ Việt Nam, Luận án tiến sỹ, Viện Vật lý Trái Đất, Viện HLKH Liên bang Nga, Moskva (Tiếng Nga).

[12] NGUYEN HONG PHUONG, 1997 : Probabilistic Earthquake Hazard Assessment for Vietnam and adjacent regions. Proceedings of the National Centre for Science and Technology of Vietnam, Vol. 9, 1.

[13] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 1998 : Khảo sát mối liên quan giữa tính địa chấn và một vài yếu tố địa động lực tại vùng ven biển và thềm lục địa đông nam Việt Nam, Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, **20**, 3, 167-182, Hà Nội.

[14] C.R. RAO, 1973 : Linear statistical inference and its applications, Edit. 2, John Wiley and Sons, N.Y., p. 625.

[15] LÊ TỬ SON, 1997 : Độ nguy hiểm động đất khu vực miền Nam Trung Bộ, Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, **19**, 4, 256-263. Hà Nội.

[16] PHẠM VĂN THỰC, 2003 : Phân vùng động đất khu vực Biển Đông Việt Nam và ven bờ, Báo cáo thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ của Chương trình Biển quốc gia KC-09-02, Hà Nội.

[17] S. TINTI, F. MULARGIA, 1985 : Application of extreme value approaches to the apparent magnitude distribution of earthquakes, Pageoph, **123**, 199-220.

[18] GSHAP Final Report, 1997.

SUMMARY

Probabilistic seismic hazard maps of Vietnam and the East Vietnam sea

New seismic hazard maps have been prepared for the territory of Vietnam and the East Vietnam sea, based on the Cornell-McGuire methodology. The hazard is depicted in terms of peak ground acceleration with a 10% probability of being exceeded in 25, 50 and 100 years, respectively. The earthquake process was assumed to be Poissonian and consequently foreshocks and aftershocks were eliminated.

These PGA maps present both short-term and long-term forecasts of seismic hazard in Vietnam and the East Vietnam sea and can be used as the basis for antiseismic design as well as engineering purpose.

Ngày nhận bài : 19-5-2004

Phân viện Hải dương học Hà Nội