BẢN ĐỒ GIA TỐC DAO ĐỘNG NỀN KHU VỰC VIỆT NAM VÀ LÂN CẬN

TRẦN THỊ MỸ THÀNH, NGUYỄN ĐÌNH XUYÊN, HOÀNG TRỌNG PHỐ

I. MỞ ĐẦU

Độ nguy hiểm địa chấn (ĐNHĐC) đặc trưng bởi cường độ chấn động (cấp chấn động, gia tốc nền, vận tốc dao động nền) xuất hiện với xác suất nhất định trong các khoảng thời gian nhất định. Bài báo này nhằm mục đích đánh giá gia tốc dao động nền với xác suất vượt quá 10 % trong thời gian 50 và 100 năm. Trước đây cũng đã có một số tác giả nghiên cứu đánh giá ĐNHĐC cho khu vực này [16] nhưng kết quả còn bị hạn chế và thiếu tin cậy bởi nhiều lý do : 1) Các vùng nguồn và đặc trưng địa chấn của chúng chưa được nghiên cứu xác định chi tiết mà chỉ được phân chia thô sơ theo phân bố chấn tâm động đất [13, 14] ; 2) Phương trình tắt dần chấn động được chọn theo ý chủ quan của tác giả ; 3) Chưa tính đến gia tốc dao động nền cực đại (PGA), chính vì vậy vẫn chưa có bản đồ PGA phản ánh đúng đắn ĐNHĐC khu vực nghiên cứu. Để khắc phục những nhược điểm đó trong công trình này chúng tôi đã nghiên cứu điều kiện địa chấn kiến tạo, cập nhật và bổ sung số liệu địa chấn để trên cơ sở đó xác định các vùng nguồn và các đặc trưng của chúng. Chúng tôi cũng sử dụng các kết quả nghiên cứu kiểm tra các phương trình tắt dần, chọn cho khu vực một phương trình phù hợp. Phương pháp phân tích xác suất Cornell và chương trình McGuire đã được áp dụng để đánh giá ĐNHĐC.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP CORNELL C. ALLIN

Theo phương pháp Cornell (1968) độ nguy hiểm địa chấn là độ rung động địa chấn ≥ I (hoặc tham số dao động nền cực đại như gia tốc, dịch chuyển, vận tốc) vượt quá xác suất P nào đó do động đất gây ra tại một điểm bất kỳ trong một khoảng thời gian cho trước. Lý thuyết được xây dựng trên những quan điểm sau :

- Coi mỗi đứt gẫy phát sinh động đất là một nguồn động đất có magnitut động đất cực đại M_{max} riêng. Chấn động lan truyền từ những động đất xẩy ra trong nguồn ra không gian xung quanh xem như phụ thuộc vào magnitut M và khoảng cách chấn tiêu R [5, 8, 9, 18] theo quy luật tắt dần chấn động :

$$I = c_1 + c_2M - c_3\ln R$$

trong đó c_i, i = 1, 2, 3 là các hằng số.

- Phương trình biểu diễn quan hệ giữa tần suất xuất hiện độngđất N_M và magnitut M là phương trình nổi tiếng Gutenberg - Richter :

$$\lg N_M = a - bM \qquad (1)$$

Xác suất để cường độ chấn động I tại điểm xẩy ra động đất với khoảng cách chấn tiêu R = r, lớn hơn một giá trị i bất kỳ nào đó là :

$$P[I \geq i \mid R = r] = P[c_1 + c_2M - c_3\ln r \geq i \mid R = r]$$

trong đó P[A | B] là xác suất xẩy ra sự kiện A với điều kiện B đã xẩy ra (xác suất có điều kiện). Giả sử rằng xác suất không phụ thuộc M và R thì:

$$P[I \geq i \mid R = r] = P\left[M \geq \frac{i + c_3\ln r + c_1}{c_2}\right] = 1 - F_M\left[M \geq \frac{i + c_3\ln r + c_1}{c_2}\right] \qquad (2)$$

Với hàm $F_M(m)$ là hàm phân bố của magnitut động đất, theo tương quan Gutenberg-Richter (1) thì :

$$1 - F_M(m) = e^{-\beta(m-m_o)} \qquad (3)$$

$\beta = b\ln 10$, $m \geq m_o$, m_o - magnitut nhỏ nhất của động đất cần quan tâm. Từ phương trình (2) và (3) ta có :

$$P[I \geq i \mid R = r] = \exp\left[-\beta\left[\frac{i + c_3 \ln r + c_1}{c_2} - m_0\right]\right] \quad (4)$$

Giới hạn của hàm $F_M(m)$ được xác định khi m rất gần với m_0, tức là :

$$\frac{i + c_3 \ln r + c_1}{c_2} \geq m_0$$

$$i \geq c_2 m_0 - c_1 c_3 \ln r$$

Để xem xét liên tục các giá trị đối với mọi khoảng cách chấn tiêu lấy tích phân phương trình (4), tính phân bố của I, $F_I(i)$ gây ra bởi sự kiện $M \geq m_0$

$$1 - F_I(i) = \int P[I = i \mid R = r] f_R(r) dr$$

$f_R(r)$ - là hàm mật độ xác suất của khoảng cách, ở đây chính là khoảng cách chấn tiêu,

$$f_R(r) = \frac{2r}{l\sqrt{r^2 - d^2}}$$

d là khoảng cách chấn tâm. Từ đó ta có :

$$1 - F_I(i) = P[i' \geq i] = \frac{1}{l} CG \exp\left[-\frac{\beta}{c_2} i\right] \quad i \geq i' \qquad (5)$$

trong đó $i' = c_1 + c_2 m_0 - c_1 c_3 \ln d$; C, G là các hằng số.

$$C = \exp\left[\beta\left(\frac{c_1}{c_2} + m_0\right)\right]$$

$$G = 2\int_d^{r_0} \frac{dr}{r^\gamma \sqrt{r^2 - d^2}} \qquad \gamma = \beta \frac{c_3}{c_2} - 1$$

- Xem quy luật xuất hiện động đất tuân theo quy luật phân bố Poisson. Trong mỗi vùng nguồn, coi động đất là các sự kiện độc lập (loại bỏ tiền chấn và dư chấn), xác suất P_N để xảy ra N trận động đất có magnitut $M \geq m_0$, gây ra cường độ chấn động I lớn hơn mức i nào đó, trên toàn vùng nguồn trong khoảng thời gian t năm thỏa mãn phương trình:

$$P\overline{N} = P[\overline{N} = n] = \frac{e^{-\nu}(1 \cdot)^n}{n!} \qquad n = 0, 1, 2 \ldots$$

Trong đó ν là vận tốc trung bình xuất hiện động đất có magnitut $M \geq m_0$. Phương trình (5) là xác suất p_i xuất hiện một sự kiện có magnitut $M \geq m_0$, như vậy xác suất để xuất hiện N sự kiện sẽ là :

$$P\overline{N} = P[\overline{N} = n] = \frac{e^{-p_i} (p_i \nu)^n}{n!}$$

$n = 0, 1, 2 \ldots$

Trong trường hợp đặc biệt phân bố xác suất của cường độ chấn động cực đại trong khoảng thời gian t năm được xem như :

$$P[I^{(i)}_{max} \leq i] = P[N = 0] = e^{-p_i \nu}$$

$I^{(i)}_{max}$ - cường độ chấn động cực đại trong khoảng thời gian t năm đối với vùng nguồn.

- Thông số cực đại của chuyển động nền được xem như là các hàm phụ thuộc vào độ lớn magnitut, khoảng cách chấn tiêu của động đất dưới dạng :

$$Y = b_1 e^{b_2 M} R^{-b_3}$$

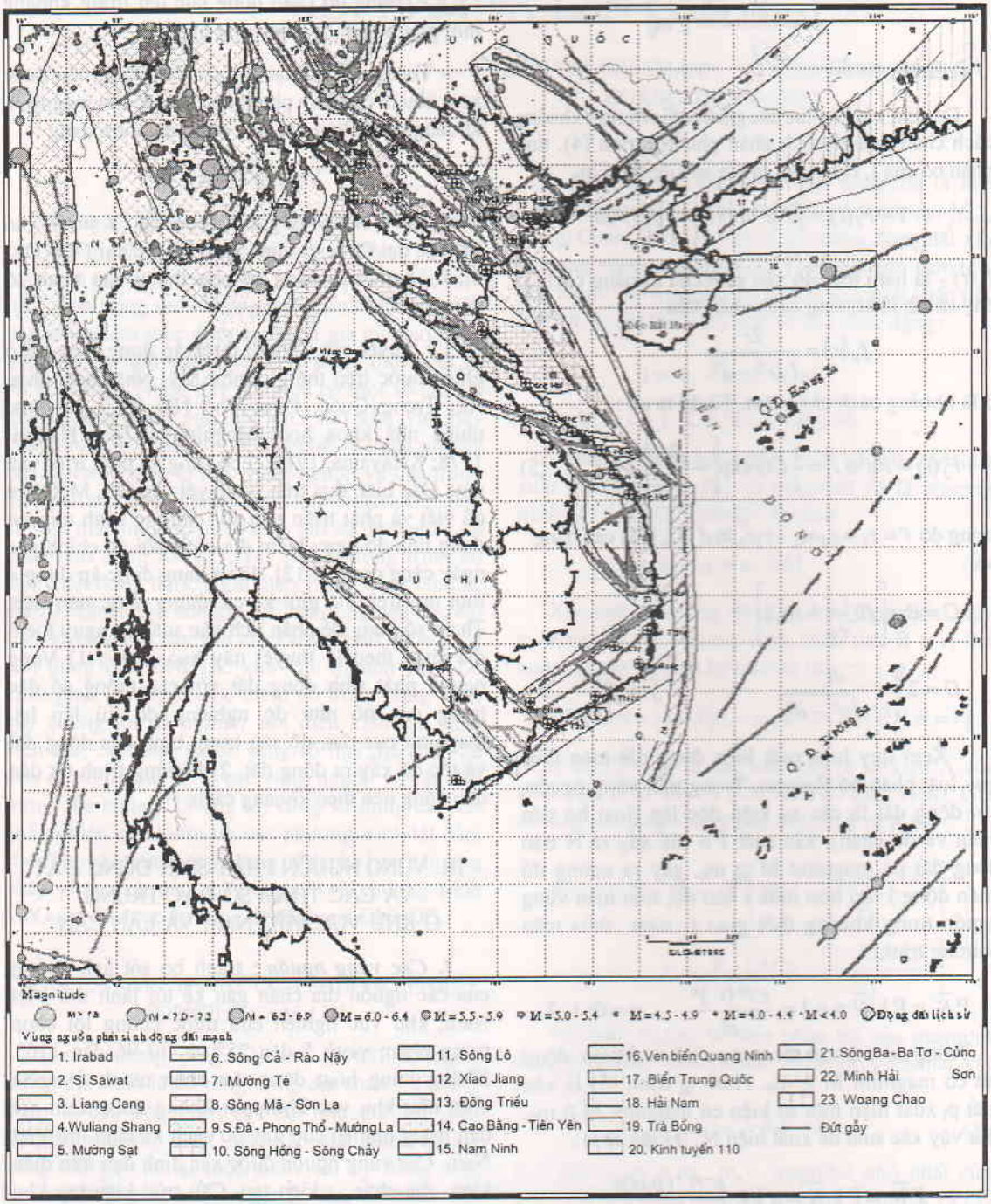
trong đó Y có thể là gia tốc cực đại (Y = A), vận tốc cực đại (Y = V), dịch chuyển cực đại (Y = D) ; b_1, b_2, b_3 là các hằng số phụ thuộc vào tham số vùng nguồn.

Lý thuyết của Cornell được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản, châu Âu, Trung Quốc, Peru, Thổ Nhĩ Kỳ... và được nhiều nhà khoa học (Mcguire, 1974 ; Hattori, 1978; Katayama, 1979...) bổ sung và phát triển sau này. Đặc biệt, dựa trên lý thuyết Cornell, McGuire đã viết và phát triển một số chương trình chuyên dụng tính độ nguy hiểm địa chấn với độ chính xác ngày càng cao [10-12], đã và đang được áp dụng ở mọi nơi trên thế giới kể cả những nước tiên tiến. Tham số dùng để phân tích xác suất độ nguy hiểm địa chấn theo lý thuyết này bao gồm : 1) Vùng nguồn phát sinh động đất với các thông số đặc trưng của nó như độ nghiêng đồ thị lặp lại, magnitut cực đại, độ sâu trung bình của động đất và tốc độ xảy ra động đất. 2) Phương trình tắt dần dao động nền theo khoảng cách.

III. VÙNG NGUỒN PHÁT SINH ĐỘNG ĐẤT VÀ CÁC THAM SỐ ĐẶC TRƯNG Ở KHU VỰC VIỆT NAM VÀ LÂN CẬN

1. Các vùng nguồn : tránh bỏ sót ảnh hưởng của các nguồn địa chấn gần kề tới lãnh thổ Việt Nam, khu vực nghiên cứu được chúng tôi chọn trong phạm vi từ 5 đến 25° và từ 96 đến 116°. Những vùng hoạt động địa chấn mạnh ở ngoài khơi như khu vực Philippin không được xem xét đến trong nghiên cứu này do cách xa lãnh thổ Việt Nam. Các vùng nguồn được xác định dựa trên điều kiện địa chấn - kiến tạo. Cấu trúc kiến tạo khu vực và bản đồ đứt gẫy đã được nghiên cứu. Số liệu địa chấn được tập hợp đầy đủ. Việc phân tích hoạt

động địa chấn và mối liên quan của nó đối với bình đồ đứt gãy kiến tạo đã giúp vạch ra các đứt gãy sinh chấn và khoanh định được 23 vùng nguồn phát sinh động đất trong khu vực nghiên cứu (*hình 1*). Mỗi vùng nguồn gắn liền với một đứt gãy hoặc một hệ đứt gãy sinh chấn, mà bề rộng của các



Hình 1. Bản đồ vùng nguồn phát sinh động đất mạnh khu vực Việt Nam và lân cận

vùng nguồn được lấy xấp xỉ 10 km về hai phía của các đứt gẫy xác định. Để tiện cho việc phân biệt các vùng nguồn với nhau chúng tôi đặt tên cho vùng là tên đứt gẫy mà nó liên quan tới. Hai mươi ba vùng nguồn trong khu vực nghiên cứu đó là : Võng Irabad, Si Sawat, Liang Cang, Wuliang Shan, Mường Sạt, Sông Cả - Rào Nậy, Mường Tè, Sông Hồng - Sông Chảy, Sông Mã - Sơn La, Sông Đà - Phong Thổ - Mường La, Sông Lô, Xiao Jiang, Đông Triều, Cao bằng - Tiên Yên, Nam Ninh, Ven biển Quảng Ninh, Ven biển Trung Quốc, Hải Nam, Trà Bồng, Kinh Tuyến 110°, Sông Ba - Ba Tơ - Củng Sơn, Minh Hải và Woang Chao. Phương pháp và kết quả xác định những tham số đặc trưng của các vùng nguồn nói trên như sau :

2. Quan hệ tần suất - magnitut

Phương trình Gutenberg - Richter :

$$\lg N^*(M) = a - bM \qquad (6)$$

trong đó $N^*(M > m)$ là số trận động đất có magnitut $M > m$ trong một năm, được áp dụng để thiết lập mối quan hệ tần suất - magnitut cho từng vùng kiến tạo. Những vùng phát sinh động đất đã vạch ra nếu có chung điều kiện kiến tạo được gộp chung lại với nhau, để làm tăng thêm số liệu động đất đảm bảo độ tin cậy cao của phương trình. Danh mục động đất (1900 - 1999) với magnitut từ 4,5 trở lên sau khi loại bỏ dư chấn được dùng để tính toán. Việc phân chia động đất theo miền kiến tạo được thực hiện trên máy tính nhờ phần mềm ARC/INFO. Kết quả nhận được như sau :

• Vùng nền Hoa Nam (bao gồm các vùng phát sinh động đất : Sông Lô, Đông Triều, Cao bằng - Tiên Yên, Nam Ninh, Ven biển Quảng Ninh, Ven biển Trung Quốc, Hải Nam) :

$$\lg N^* = 3{,}6 - 0{,}89M$$

(với hệ số tương quan 0,97 và độ lệch chuẩn 0,20).

• Vùng nền Dương Tử (kinh tuyến Xiao Jiang) :

$$\lg N^* = 3.7 - 0.89M$$

(với hệ số tương quan 0,97 và độ lệch chuẩn 0,15).

• Địa khối Indosini (Trà Bồng, Kinh Tuyến 110°, Ba Tơ - Củng Sơn, Thuận Hải - Minh Hải, Woang Chao) :

$$\lg N^* = 3{,}78 - 1{,}00M$$

(riêng với khu vực này số liệu động đất lớn ít, động đất nhỏ không đủ nên chúng tôi tạm dựng đồ thị trên hai mức magnitut M = 4,5 và M = 5,0, nên không tính được sai số).

• Miền uốn nếp Myanma (Võng Irabad) :

$$\lg N^* = 3{,}35 - 0{,}74M$$

(với hệ số tương quan 0,99 và độ lệch chuẩn 0,04).

• Miền uốn nếp Shan Thai (Si Sawat, Liang Cang, Wuliang Shan, Mường Sạt) :

$$\lg N^* = 4{,}61 - 0{,}86M$$

(với hệ số tương quan 0,97 và độ lệch chuẩn 0,17).

• Miền uốn nếp Bắc Việt Nam (Sông Hồng - Sông Chảy, Sông Mã - Sơn La, Sông Đà - Phong Thổ - Mường La, Sông Lô, Sông Cả - Rào Nậy, Mường Tè) :

$$\lg N^* = 3.69 - 0.84M$$

(với hệ số tương quan 0,98 và độ lệch chuẩn 0,11).

Các kết quả được trình bầy ở *bảng 1*.

3. Magnitut cực đại

Việc đánh giá magnitut cực đại phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm cũng như phương pháp phân tích của các nhà chuyên môn. Có 6 phương pháp chính thường được dùng để tính magnitut cực đại [1] đó là : 1) cộng thêm một số gia nào đó vào động đất cực đại trong quá khứ, 2) ngoại suy từ phương trình liên hệ tần suất - magnitut, 3) Dựa vào quy mô của nguồn phát sinh động đất, 4) xấp xỉ thống kê, 5) từ sức căng hoặc mức độ giải phóng moment, 6) tham khảo số liệu toàn cầu.

Trong số những phương pháp xác định M_{max} bằng thống kê thì phân bố tiệm cận của Gumbel đã được sử dụng rộng rãi nhất. Lý thuyết cực trị của Gumbel [6, 7] được áp dụng rộng rãi khi quá trình phát sinh động đất được xem là ngẫu nhiên và động đất cực đại quan sát được hàng năm (bỏ qua tiền chấn và dư chấn) là tập hợp các biến ngẫu nhiên X có hàm phân bố F(X) :

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

Xác suất để cho x là lớn nhất trong n trận động đất độc lập từ cùng một phân bố F(X) sẽ là :

$$G(X) = P\{ X_1 \le x, X_2 \le x, \ldots\ldots X_n \le x \} = F^n(X)$$

G(X) chính là hàm phân bố các cực trị X_i, $i = 1 \div n$

Nếu như biết được hàm phân bố ban đầu F(X) thì dễ dàng nhận được hàm phân bố các cực trị.

Bảng 1. **Tham số vùng nguồn phát sinh động đất mạnh khu vực nghiên cứu**

Stt	Vùng nguồn	b	Mmax	H	ν
1	Võng Irabad	0,74	7,6	30	0,75
2	Si Sawat	0,86	6,2	30	0,67
3	Liang - Cang	0,86	7,8	30	1,00
4	Wuliang Shan	0,86	6,1	25	0,32
5	Mường Sạt	0,86	7,2	25	0,20
6	Sông Cả - Rào Nậy	0,84	6,1	17	0,32
7	Sông Hồng - Sông Chảy	0,84	5,4	17	0,22
8	Sông Mã - Sơn La	0,84	7,3	25	0,38
9	Mường Tè	0,84		15	0,01
10	Sông Đà - Thong Thổ - Mường La	0,84	5,2	15	0,08
11	Sông Lô	0,89	5,5	15	0,08
12	Cao Bằng - Tiên Yên	0,89	5,8	15	0,03
13	Nam Ninh	0,89		15	0,04
14	Ven biển Quảng Ninh	0,89	5,8	15	0,03
15	Đông Triều	0,89		25	0,08
16	Kinh tuyến Xiao Jiang	0,89	6,5	30	0,30
17	Ven biển Trung Quốc	0,89	5,9	15	0,13
18	Hải Nam	0,89		25	0,02
19	Đứt gãy Kinh Tuyến 110	1,00	5,6	15	0,009
20	Ba Tơ Củng Sơn	1,00	5,6	15	0,05
21	Minh Hải	1,00	5,6	12	0,006
22	Trà Bồng	1,00	5,6	12	0,01
23	Woang Chao	1,00	5,6	30	0,022

Tuy nhiên thường là không biết trước hàm F(X). Gumbel đã đưa ra các cực trị bằng cách chia đều thời gian quan sát ra thành những khoảng bằng nhau sau đó lấy giá trị lớn nhất trong mỗi khoảng đó. Hàm phân bố các cực trị nhận được từ việc khảo sát đường tiệm cận của phân bố các cực trị. Lý thuyết phân bố các cực trị của Gumbel dựa trên những giả thuyết sau :

- Các sự kiện đã xảy ra trong quá khứ vẫn có thể xảy ra ở tương lai.

- Các giá trị cực đại quan sát được trong một khoảng thời gian cho trước là độc lập với nhau.

Gumbel đã đưa ra 3 hàm phân bố tiệm cận :

a) Phân bố tiệm cận loại I có dạng :

$$G^1(x) = \exp[-e^{-\beta(x-u)}] \qquad \text{với } \beta > 0$$

Trong đó u là đặc trưng các cực trị, β là hàm cấp độ cực trị, cả u và β đều là các tham số cần xác định.

b) Phân bố tiệm cận loại II có dạng :

$$G^2(x) = \exp[-(\frac{u-\varepsilon}{x-\varepsilon})^k]$$

với $k > 0$, $x \geq \varepsilon$, $u > \varepsilon \geq 0$.

Trong đó k là đại lượng hình dạng, ε là giá trị cận dưới của các cực trị, u, k và ε là các tham số cần xác định.

c) Phân bố tiệm cận loại III có dạng :

$$G^3(x) = \exp[-(\frac{\omega-x}{\omega-u})^k]$$

$\beta > 0$, $x \leq \varpi$, $u < \varpi$

ϖ là cận trên của các cực trị, trong động đất là M_{max}, β và u là các tham số cần xác định.

Trên cơ sở danh mục động đất đã thành lập (bỏ qua động đất lịch sử và dư chấn), sử dụng phần mềm ARC/INFO chúng tôi đã phân chia động đất theo từng vùng phát sinh động đất riêng biệt và ứng dụng phân bố cực trị Gumbel III để đánh giá M_{max} cho từng vùng. Kết quả đánh giá M_{max} như sau : Võng irabad (M_{max} = 7,6), Si Sawat (M_{max} = 6,2), Liang Cang (M_{max} = 7,8), Wuliang Shan (M_{max} = 6,1), Mường Sạt (M_{max} = 7,2), Sông Cả - Rào Nậy (M_{max} = 6,1), Sông Hồng - Sông Chảy (M_{max} = 5,4), Sông Mã - Sơn La (M_{max} = 7,3), Sông Đà -

Phong Thổ (M_{max} = 5,2), Sông Lô (M_{max} = 5,5), Cao Bằng - Tiên Yên (M_{max} = 5,8), Dương Tử (hay kinh tuyến Xiao Jiang) (M_{max} = 6,5), Biển Trung Quốc (M_{max} = 5,9), và phần Miền Nam (M_{max} = 5,6). Các vùng Đông Triều (M_{max} = 6,6), ven biển Quảng Ninh (M_{max} = 5,8), tính với chu kỳ 2 năm. Riêng một số vùng số liệu ít không đảm bảo tin cậy cho phép tính thống kê chúng tôi đã cộng số liệu lại dựa trên cơ sở có cùng điều kiện địa chất, kiến tạo và đặc biệt là độ hoạt động động đất. Ví dụ như vùng Miền Nam bao gồm những vùng nguồn như : Kinh Tuyến 110, Ba Tơ - Củng Sơn, Thuận Hải - Minh Hải, Trà Bồng và Wang Chao. M_{max} của các vùng này được lấy chung là giá trị magnitut cực đại của Miền Nam, bằng 5,6. Nguồn Mường Tè duy nhất chỉ ghi được 1 trận động đất M > 4,5, và động đất nhỏ cũng thưa thớt nên magnitut cực đại được gán bằng nguồn Sông Đà - Phong Thổ (M_{max} = 5,2).

Tổng hợp các kết quả đánh giá động đất cực đại cho thấy động đất mạnh nhất trên lãnh thổ Việt Nam là 7,3 ở vùng Sông Mã - Sơn La. Trận động đất lớn nhất quan sát thấy ở vùng này là động đất Tuần Giáo (24-6-1983) với M_s = 6,7. Vùng Sông Đà - Phong Thổ - Mường La có động đất cực đại là nhỏ nhất M_{max} = 5,2 và động đất lớn nhất đã quan sát được là M_s = 5,0. Kết quả đánh giá M_{max} thu được cũng được so sánh với M_{max} mà Viện Vật lý Địa cầu đang áp dụng trong tính toán. Để đảm bảo an toàn khi dự báo gia tốc dao động nền, chúng tôi chọn M_{max} đang dùng nếu như số này lớn hơn giá trị tính toán ở một vài vùng số liệu động đất chưa thật đầy đủ ví dụ như vùng Dương Tử. Giá trị M_{max} dùng để tính gia tốc dao động nền trong nghiên cứu này được trình bầy ở bảng 1.

4. Tốc độ xảy ra động đất

Tốc độ xảy ra động đất là tổng số trận động đất có magnitut bằng và lớn hơn mức đại diện, thường chọn M ≥ 4,5 khi tính toán độ nguy hiểm địa chấn, xảy ra trong khu vực nghiên cứu trong thời gian một năm. Số liệu động đất được chúng tôi chọn tự động từ danh mục động đất (để ý đến những trận M ≥ 4,5) theo giới hạn các vùng nguồn. Riêng đối với một vài vùng tuy chưa quan sát được động đất mạnh (do thời gian quan trắc ngắn), nhưng theo các tài liệu địa chấn kiến tạo, và các kết quả nghiên cứu trước đây được đánh giá là vùng phát sinh động đất thì chúng tôi dùng phương pháp ngoại suy địa chấn, tức là gán nó bằng một vùng tương đương đã biết để tính tốc độ động đất. Ví dụ như vùng ven biển Quảng Ninh được gán bằng vùng nguồn Cao Bằng - Tiên Yên. Phần miền Nam lãnh thổ Việt Nam được tính chung cho toàn vùng, sau đó tốc độ động đất của từng nguồn được lấy theo tỷ lệ hệ thống đứt gãy. Nguồn Ba Tơ - Củng Sơn và Trà Bồng được lấy theo số liệu thực tế như các nguồn khác, kết quả được ghi ở bảng 1.

5. Độ sâu trung bình của động đất

Tham khảo những kết quả nghiên cứu trước [16] và dựa trên danh mục động đất khu vực nghiên cứu chúng tôi chọn độ sâu động đất trung bình cho từng vùng phát sinh động đất. Kết quả được nêu chi tiết trong bảng 1.

IV. PHƯƠNG TRÌNH TẮT DẦN DAO ĐỘNG NỀN

Đối với khu vực nghiên cứu bao gồm lãnh thổ Việt Nam, một phần Trung Quốc, Lào, Campuchia, Thái Lan và Myanma thì chưa có một công thức thực nghiệm riêng nào cho vùng. Trong nghiên cứu trước [13, 17] chúng tôi đã chứng minh công thức Cornell (1979) [2] :

$$A(cm/s^2) = 0{,}863\, e^{0{,}86M} (R + 25)^{-1{,}8} g \qquad (8)$$

g : gia tốc trọng trường

là phù hợp hơn cả với khu vực nghiên cứu. Trong bài này công thức ấy được được sử dụng để tính bản đồ PGA.

V. CHƯƠNG TRÌNH EQRISK

Chương trình đánh giá độ nguy hiểm địa chấn cho một điểm hay nhiều điểm quan sát của R.K. McGuire, xây dựng trên giả thiết động đất xuất hiện như một hiện tượng ngẫu nhiên tuân theo phân bố Poisson [10], theo quan điểm của Cornell [3, 4], đã trình bầy ở trên. Các giá trị của dao động nền cực đại (gia tốc, vận tốc hay dịch chuyển) được giả thiết là có phân phối chuẩn loga, ví dụ như dao động nền cực đại A là hàm phụ thuộc khoảng cách R và magnitut M thường được đưa dưới dạng :

$$mA(M,R) = c_1 e^{c_2 M} (R + r_0)^{c_3}$$

Diện tích nguồn phát sinh động đất mạnh được xác định theo các hình tứ giác tùy ý. Để dễ dàng, các nguồn lớn có thể chia thành những nguồn tứ giác nhỏ hơn, mà mỗi cặp nguồn nhỏ sẽ có hai cặp

đỉnh chung. Đối với mỗi điểm và mỗi nguồn tứ giác, chương trình tính khoảng cách gần nhất và xa nhất từ nguồn tới điểm khảo sát. Khoảng cách gần nhất (R_0) và xa nhất (R_1) được giới hạn trong chương trình là 1 km và 500 km. Giá trị ĐHNĐC tại mỗi điểm được tính bằng cách thay đổi khoảng cách từ $R = R_0 - R_1$/ số bước tính, một cách tuần tự. Điểm cắt của R với các cạnh tứ giác tạo nên một bán kính cung không đổi. Tính địa chấn của mỗi cung được gán cho tỷ lệ diện tích của nó với tổng diện tích của tứ giác. Điểm khảo sát được đưa vào dưới dạng tọa độ Đề Các. Các thông số của nguồn phát sinh động đất như M_{max}, độ nghiêng đồ thị lặp lại, tốc độ động đất, độ sâu trung bình của động đất, như đã tính ở trên là các số liệu đầu vào của chương trình. Tọa độ các điểm khảo sát, các đỉnh tứ giác dùng xác định diện tích nguồn cũng được dùng để tính toán trong chương trình.

Sau này R.K McGuire, phát triển và bổ sung EQRISK thành các phần mềm tiện lợi hơn và hiện đại hơn như FRISK, FRISK88M nhưng nhìn chung tư tưởng chỉ đạo không thay đổi. Phần mềm EQRISK có những ưu điểm sau :

- Xác định vùng nguồn rất tổng quát, hầu như tất cả hình dạng của nguồn đều có thể tính diện tích bằng các tứ giác.

- Các điểm khảo sát và nguồn là độc lập nên có thể tính ĐNHĐC cho một điểm hay một lưới các điểm.

- Chương trình có thể làm việc với tọa độ địa lý và tọa độ Đề Các.

- Chương trình cho phép dùng dạng bất kỳ các hàm suy giảm chấn động.

- Kích thước chương trình nhỏ, dễ dàng thay đổi một số giới hạn trong chương trình như số nguồn, số điểm khảo sát bằng cách sửa đổi chương trình.

Số liệu đầu vào của chương trình chính là phương trình tắt dần dao động, vùng nguồn phát sinh động đất mạnh khu vực nghiên cứu và các đặc trưng của nó.

VI. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẢN ĐỒ PGA LÃNH THỔ VIỆT NAM VÀ LÂN CẬN

Áp dụng phần mềm EQRISK chúng tôi tính ĐNHĐC cho lãnh thổ Việt Nam và lân cận với chu kỳ lặp lại chấn động được chọn 475 và 950 năm. Kết quả tính toán được biểu diễn dưới dạng các bản đồ gia tốc dao động nền cực đại xác suất xuất hiện chấn động vượt quá 10 % trong thời gian 50 và 100 năm.

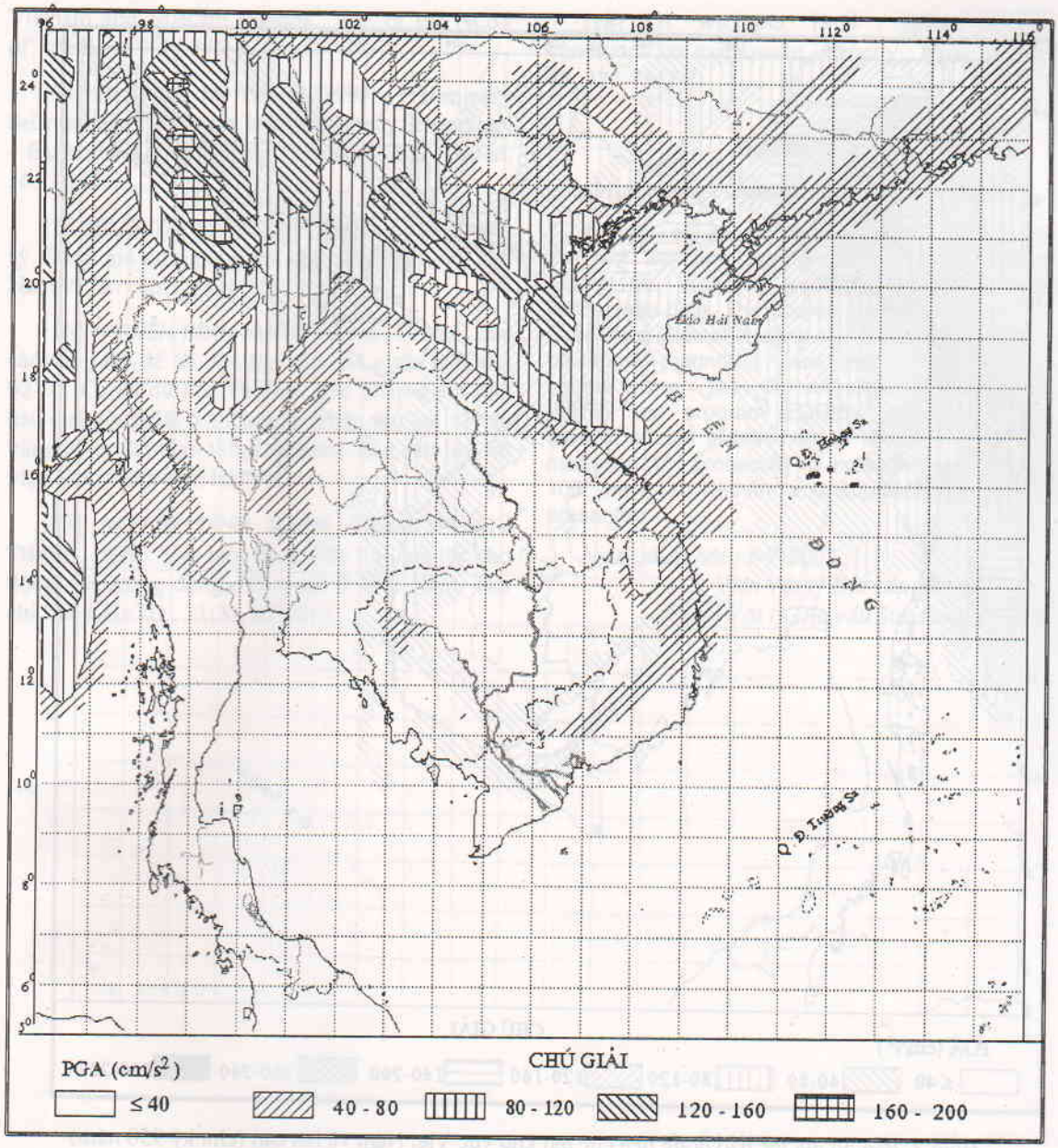
Như đã trình bầy, tham số dùng trong tính toán bao gồm : 1) vị trí các vùng nguồn phát sinh động đất (23 vùng), cùng các tham số đặc trưng của chúng được trình bầy ở bảng 1 ; 2) phương trình dao động Cornell, 1979, công thức (8). Mỗi vùng nguồn được chia ra thành nhiều tứ giác nhỏ sao cho tổng diện tích các tứ giác này phủ kín vùng nguồn. Tọa độ các đỉnh tứ giác dùng để tính diện tích vùng phát sinh động đất được đo tự động trên máy tính nhờ phần mềm MapInfo và ARC. Khu vực nghiên cứu, từ 5 đến 25° và từ 96 đến 116°, được chia theo lưới các điểm, mỗi điểm cách nhau đều đặn 0.2 độ, tổng cộng cỡ 10.000 điểm, để khảo sát. Việc đưa các điểm khảo sát, các điểm xác định diện tích nguồn cùng các tham số đặc trưng vào chương trình tính, cũng như thể hiện kết quả cuối cùng được thực hiện tự động nhờ một số chương trình con liên kết do chúng tôi viết trên ngôn ngữ Fortran. *Hình 2* và *3* biểu diễn kết quả thu được.

KẾT LUẬN

Các bản đồ PGA khu vực Việt Nam và lân cận cho thấy nhiều vùng rộng trong khu vực có ĐNHĐC trung bình và cao (PGA 0,1g) cần được tính tới các giải pháp kháng chấn trong quy hoạch và xây dựng ở Việt Nam. Độ hoạt động động đất ở phần miền Nam Việt Nam yếu hơn so với phía Bắc. Khu vực Điện Biên, Lai Châu, là những nơi độ nguy hiểm địa chấn lớn nhất lãnh thổ. Cần lưu ý, các bản đồ gia tốc nền vừa tính được dựa trên công thức thực nghiệm, cho các kết quả tương đương với giá trị PGA mà máy ghi gia tốc đo được tại các vị trí đặt máy thường tại nền đất bền vững như nền đá gốc. Khi sử dụng các bản đồ này vào mục đích quy hoạch và thiết kế xây dựng cần tính tới ảnh hưởng của nền đất ở các địa điểm cụ thể tới gia tốc nền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] K.J. COPPERSMITH, A.C. JOHNSTON and W.J. ARABARZ, 1987 : Estimating maximum magnitut earthquakes in the central and eastern U.S, A progress report. in Jacob, K.H., ed., Pratical in E. No. Am., Sterling Forest, NY. 217-223, Oct. 20-22, 1987.



Hình 2. Bản đồ gia tốc dao động nền cực đại khu vực Việt Nam và lân cận (chu kỳ 475 năm)

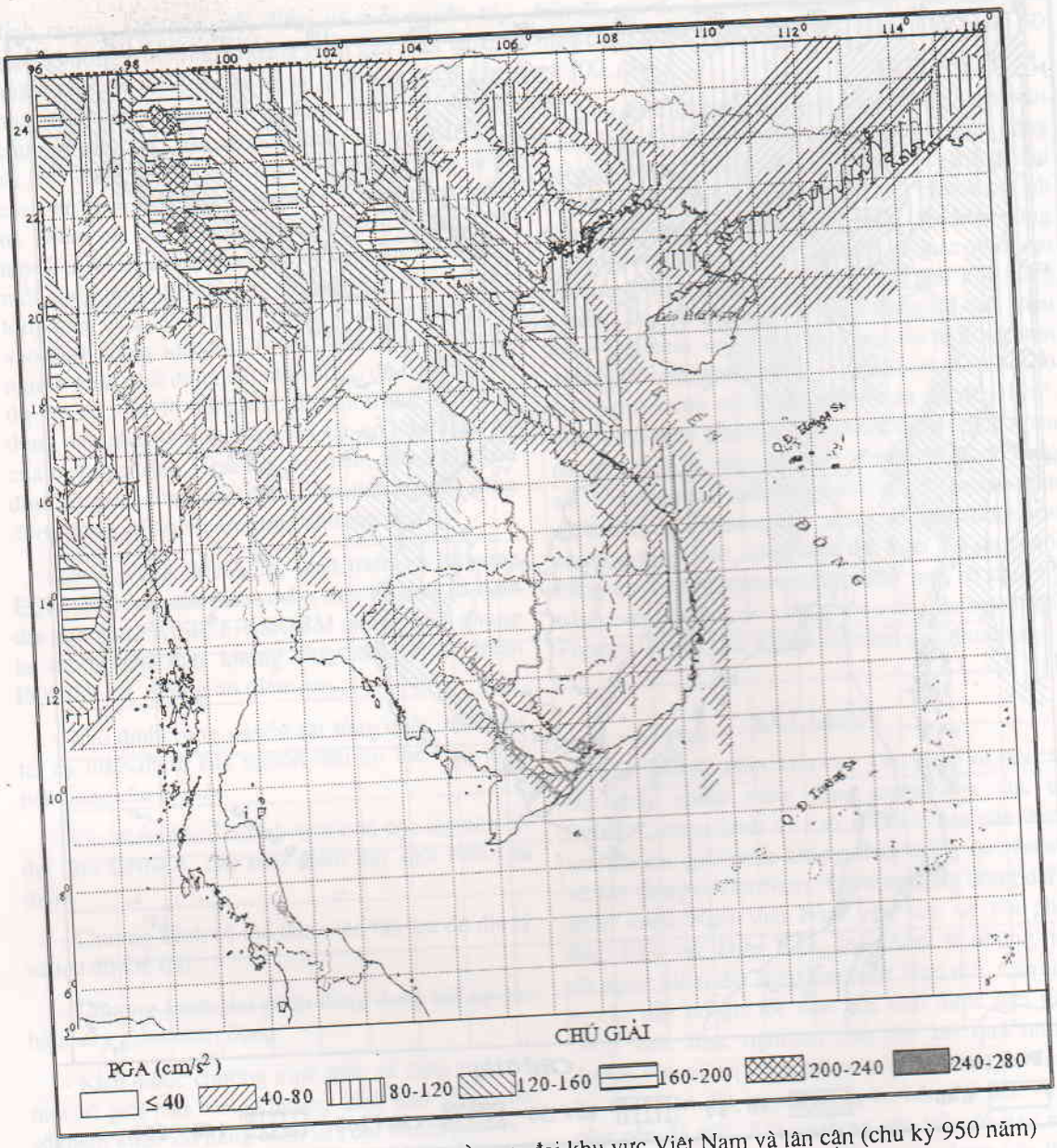
[2] A.C. CORNELL, HOOSHANG BANON and ANTHONY SHAKAL, 1979 : Seismic Motion and Response Prediction Alternatives. Earth. Eng. Struct. Dyn., 7, pp. 295-315.

[3] C.A.CORNELL,1968 :Engineering seismic risk analysis, Bull. Seism. Soc. Am., 58(5), *1583-1606.*

[4] C.A. CORNELL and H.A. MERZ, 1974 : Seismic risk analysis of Boston, Jour. Struc. Div., Procceedings, Am. Soc. Civil Engineers, 101(ST10), *2027 - 2043.*

[5] L. ESTEVA, E. ROSENBLUETH, 1964 : Spectra of earthquakes at moderate and large distances, Soc. Mex. de Ing. Sismaca, Mexico II, *1-18.*

[6] E.J. GUMBEL, 1954 : Statistical theory of extreme values and some practical applications, U.S. Department. Commerce Appl. Math. Ser. 3.



Hình 3. Bản đồ gia tốc dao động nền cực đại khu vực Việt Nam và lân cận (chu kỳ 950 năm)

[7] E.J. GUMBEL, 1960 : Statistics of Extremes, Columbia University Press.

[8] IPEK, 1985 : Earthquake zones of Turkey according to seismological data, Prof. Conf. Earthquake Resistant Construction Regulation, Ankana, Turkey.

[9] K. KANAI, 1961 : An empirical formula for the spectrum of strong motions, Bull. Eq. Res. Inst, **39**, *85 - 95*.

[10] R.K. McGUIRE, 1976 : EQRISK - Evaluation of earthquake risk to site, Open-file Report 76-67. United States Department of the Interior Geological Survey.

[11] R.K. McGUIRE, 1978 : FRISK : a computer program for seismic risk analysis using faults as earthquake sources, U. S. Geol. Surv. Open-File Report 76 - 67, *1 - 90*.

[12] R.K. McGUIRE, 1996 : FRISK88M : User's Manual, U. S. Geol. Surv.

[13] NGUYEN HONG PHUONG, 1997 : Probabilistic earthquake hazard assessment for the territory of

Vietnam and adjacent regions, Pro. of the NCST of Vietnam, 9(1), *115-130*.

[14] TRAN THI MY THANH, 1997 : Preliminary Seismic risk of Vietnam, Individaul study Seismology - Earthquake Enginnering Course. IISEE , Japan, *105 - 117*.

[15] TRẦN THỊ MỸ THÀNH, 2002 : Luận án tiến sỹ. Đánh giá độ nguy hiểm địa chấn lãnh thổ Việt Nam và lân cận.

[16] NGUYỄN ĐÌNH XUYÊN và nnk, 1996 : Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước ĐTĐL - 92-07. Cơ sở dữ liệu cho các giải pháp giảm nhẹ hậu quả động đất ở Việt Nam. Phần thứ hai : Phân vùng động đất lãnh thổ Việt Nam, Báo cáo lưu trữ viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

[17] NGUYỄN ĐÌNH XUYÊN, TRẦN THỊ MỸ THÀNH, 1999 : Tìm một công thức tính gia tốc dạo động nền trong động đất mạnh ở Việt Nam, Tạp chí Các KHvTĐ , 21(3), *207-213*.

[18] J.H. WIGGINS, 1964 : Effect of site conditions on earthquake intencity, Proc. ASCE, **90**, *279 - 312*.

SUMMARY

PGA maps of VietNam and adjacent regions

A total of 23 potential seismic sources in Vietnam and neighboring region are delineated based on available geological, tectonic and earthquake data. The source parameters, such as Gutenberg-Richter magnitut - frequency relation, maximum magnitut,... are estimated for each source zone. The Cornell attenuation relation (1979) and program EQRISK are applied for seismic hazard assessment of Vietnam. The PGA maps for 10% probability of exceedance in 50 and 100 years for Vietnam and adjacent regions are presented.

Ngày nhận bài : 1-7-2002

Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội
Viện Vật lý Địa cầu Strasbourg, Pháp