

# ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG PHÁT SINH ĐỘNG ĐẤT MẠNH Ở MIỀN BẮC VIỆT NAM

ĐẶNG THANH HẢI

## I. MỞ ĐẦU

Nghiên cứu phân định các đới phát sinh động đất, cũng như đánh giá khả năng phát sinh động đất là nhiệm vụ quan trọng trong việc đánh giá độ nguy hiểm và dự báo động đất. Phân định các đới phát sinh động đất phải dựa vào đặc điểm cấu trúc, kiến tạo và địa động lực vùng nghiên cứu. Các đặc điểm đó được xác định trên cơ sở kết quả phân tích tài liệu địa chất, địa vật lý. Vị trí có thể phát sinh động đất thường là nơi xung yếu của Trái Đất như ranh giới kiến tạo, ranh giới phân chia giữa các mảng, các khối cấu trúc vỏ Trái Đất. Do đó nghiên cứu đứt gãy, cấu trúc địa chất, kiến tạo, địa động lực là cơ sở khoa học nhằm phân chia đới phát sinh động đất mạnh. Từ vùng nguồn được phân chia, sẽ đánh giá các đặc trưng của hoạt động động đất trong vùng như khả năng xảy ra động đất với magnitud cực đại ( $M_{max}$ ) và sự xuất hiện động đất mạnh theo thời gian cho trước. Phạm vi nghiên cứu của công trình này bao gồm toàn bộ phần đất liền phía Bắc lãnh thổ Việt Nam, có giới hạn theo tọa độ địa lý:  $\varphi = 17^{\circ}00' \div 23^{\circ}25'$  Bắc,  $\lambda = 102^{\circ}07' \div 108^{\circ}00'$  Đông

Phân chia vùng nguồn phát sinh động đất ở miền Bắc (và cho cả Việt Nam) đã được nhiều tác giả quan tâm và cũng có nhiều quan điểm về mô hình vùng nguồn (nguồn điểm, nguồn đường và nguồn diện), nhưng nguyên tắc chủ yếu vẫn là dựa trên các cơ sở của địa chấn kiến tạo và địa chấn thống kê. Các ranh giới vùng nguồn đã phân chia trong [12, 14, 16, 18, 20, 21] cho thấy có nhiều sự khác nhau, cần được xem xét với những tài liệu địa chất, kiến tạo mới đây. Đánh giá  $M_{max}$  ở Việt Nam theo phương pháp thống kê thường sử dụng hàm phân bố cực trị Gumbel loại I và loại III [6, 12, 16, 21...] đều cho thấy việc áp dụng hàm phân bố cực trị của Gumbel để đánh giá  $M_{max}$  là phù hợp trong nghiên cứu địa chấn. Gần đây So Gu Kim [10] sử dụng hàm Gumbel loại I cải tiến của Chen và Lin

[3] và cả hàm Gumbel loại III để tính  $M_{max}$  cho nhiều vùng phát sinh động đất trên thế giới. Kết quả được đánh giá là tốt và khi so sánh thì "đường cong tiệm cận loại I cải tiến có độ cong tốt hơn" [10].

Tại Việt Nam, khả năng xuất hiện động đất theo thời gian cũng đã được nghiên cứu [14, 18, 21]. Các công trình trên chưa xác định được thời gian xuất hiện cho trận động đất với năm căn tính cụ thể, mà chỉ tính thời gian lặp lại của một trận động đất có magnitud cấp M cân quan tâm. Gần đây bài toán mô hình Thời gian - Magnitud được G.F. Karakaisis [8], B.C. Papazachos [11]... dùng để đánh giá khả năng phát sinh động đất, nó được áp dụng cho những vùng động đất nông, chấn tiêu nằm trong vỏ Trái Đất với các nguồn phát sinh theo đới hoặc theo diện.

Trong công trình này, chúng tôi xác định vùng nguồn phát sinh động đất theo nguyên tắc địa chấn kiến tạo, trên cơ sở sử dụng các loại tài liệu địa chất, địa vật lý. Từ đó áp dụng bài toán mô hình Thời gian - Magnitud để tính xác suất xuất hiện các trận động đất mạnh tại từng đới phát sinh động đất. Đồng thời, chúng tôi sẽ đánh giá  $M_{max}$  cho các vùng nguồn theo hàm Gumbel loại I cải tiến.

## II. PHÂN VÙNG CÁC ĐỚI PHÁT SINH ĐỘNG ĐẤT Ở MIỀN BẮC VIỆT NAM

Giữa hoạt động động đất và các yếu tố địa chất kiến tạo tại một lãnh thổ nào đó đều có mối quan hệ bản chất và trực tiếp. Thông qua nghiên cứu đặc điểm kiến tạo và đặc điểm hoạt động động đất, phân chia được các đới phát sinh động đất mạnh; các đới này có sự khác nhau rõ rệt về: đặc trưng cấu trúc-kiến tạo, hoạt động địa động lực hiện đại, đứt gãy hoạt động và đứt gãy sinh chấn, đặc biệt là khác nhau về hoạt động động đất. Như vậy, nguyên tắc phân vùng nguồn phát sinh động đất của chúng tôi ở đây dựa trên cơ sở của địa chấn kiến tạo và quan điểm mô hình vùng nguồn là theo diện.



## 1. Đới phát sinh động đất mạnh

Việt Nam nằm trong khu vực Đông Nam Á, nơi vỏ Trái Đất trải qua quá trình tiến hóa lâu dài, đã sản sinh ra nhiều kiểu kiến trúc kiến tạo phức tạp và đa dạng. Dựa vào các pha hoạt động kiến tạo kích phát, các phức hệ, thành hệ địa chất cũng như tuổi các đá móng... [1, 2, 17] hay theo các tài liệu về trường ứng suất kiến tạo hiện đại (Pliocen - Đệ Tứ) và vận tốc chuyển động thẳng đứng hiện đại vỏ Trái Đất [22,...], khi nghiên cứu chúng tôi nhận thấy có sự biểu hiện phân chia vỏ Trái Đất ở miền Bắc Việt Nam thành 6 đới chính với các đặc trưng cấu trúc khác biệt. Đó là các đới : Việt Bắc, Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên và Sông Cả - Rào Nạy (hình 1). Chi tiết hơn về sự khác biệt theo 6 đới trên có thể tham khảo trong [7].

Theo tài liệu trường địa vật lý (trọng lực, từ) [23, 24] và đặc trưng cấu trúc sâu vỏ Trái Đất cũng thấy có sự khác biệt theo 6 đới nói trên. Để nghiên cứu đặc trưng cấu trúc sâu vỏ Trái Đất, chúng tôi đã tiến hành lựa chọn một tổ hợp các phương pháp :

- Nhận biết đứt gãy theo tài liệu địa vật lý, địa chất.

- Biến đổi trường dị thường trọng lực : nâng trường lên nửa không gian phía trên, hạ trường xuống nửa không gian phía dưới.

- Tính đạo hàm bậc cao : phương pháp tính gradient ngang, gradient thẳng đứng và gradient chuẩn hóa toàn phần trường trọng lực.

- Bài toán mô hình trường trọng lực : mô hình đa giác nhiều cạnh và mô hình lăng trụ tròn nằm ngang.

- Xác định góc cắm của đứt gãy : dựa vào dịch chuyển nằm ngang vị trí cực đại gradient trường trọng lực ở mức 0 và độ cao h.

Các phương pháp này được trình bày chi tiết trong các công trình [7, 19]. Kết quả chúng tôi đã xây dựng được sơ đồ đẳng sâu các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái Đất (mặt móng kết tinh, mặt Conrad và mặt Moho) cùng sơ đồ hệ thống 45 đứt gãy chính ở miền Bắc Việt Nam. Vỏ Trái Đất ở miền Bắc Việt Nam có cấu trúc phức tạp. Mặt Moho biến đổi trong phạm vi 20 - 38 km, bề mặt Conrad nằm ở độ sâu 10 - 20 km và mặt móng kết tinh có độ sâu từ 8 - 9 km đến lộ ra trên bề mặt với một phạm vi rộng (tại khu vực núi Con Voi thuộc đới sông

Hồng...). Hệ thống đứt gãy chính trong phạm vi nghiên cứu được chia thành 4 nhóm theo phương phát triển : tây bắc - đông nam, đông bắc - tây nam, á kinh tuyến và á vĩ tuyến. Trong đó, nhóm đứt gãy tây bắc - đông nam chiếm phần chủ đạo cả về số lượng và tính phức tạp của đứt gãy. Đông thời tại [7] cũng đã đưa ra các tiêu chí xác định đứt gãy hoạt động và đứt gãy phát sinh động đất. Trong số 45 đứt gãy nói trên có 28 đứt gãy đã được xếp vào đang hoạt động và 25 đứt gãy trong số đó được đánh giá là có khả năng phát sinh động đất.

Như vậy diện tích phân phía Bắc Việt Nam được phân chia thành 6 đới phát sinh động đất mạnh, đó là : Việt Bắc, Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên và Sông Cả - Rào Nạy.

## 2. Đặc trưng hoạt động động đất

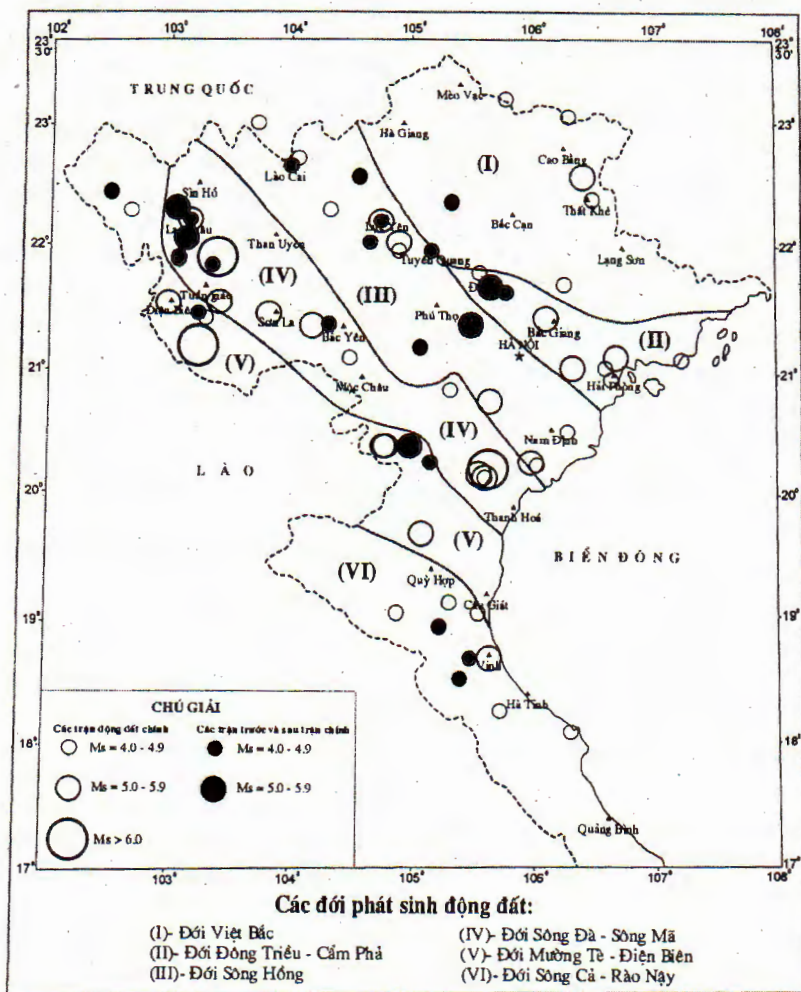
### a. Số liệu động đất

Theo Lê Tử Sơn [14] và Nguyễn Đình Xuyên [21] thì trước năm 1975, chỉ có động đất với  $M_s \geq 4,5$  là đáng tin cậy, từ năm 1976 đến nay, magnitud động đất đủ tin cậy là  $M_s \geq 3,0$ . Lê Tử Sơn [15] đã hiệu chỉnh giá trị độ sâu, magnitud của 77 trận động đất đủ thông tin ở thời kỳ 1903 - 1962. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng số liệu động đất theo tài liệu [15, 21] và các báo cáo hàng năm của phòng Quan sát Động đất - Viện Vật lý Địa cầu. Với nguồn tài liệu trên, nhằm tìm hiểu những quy luật của động đất, chúng tôi sử dụng thống kê các trận động đất xảy ra theo độ sâu của chấn tiêu và theo tần suất xuất hiện.

### b. Đặc trưng hoạt động động đất

Tại miền Bắc Việt Nam, chấn tiêu của động đất có  $M_s \geq 3,1$  độ Richter đã xảy ở độ sâu  $2 \div 28$  km, tập trung nhất là từ  $8 \div 20$  km. Như vậy chấn tiêu các trận động đất đã xảy ra có độ sâu nông, hoàn toàn trong lớp vỏ Trái Đất. Trong phạm vi nghiên cứu, từ năm 1900 đến 2000, động đất đã từng hoạt động mạnh với 2 thời kỳ. Thời kỳ đầu từ năm 1903 ÷ 1945 và thời kỳ thứ hai từ 1976 đến nay. Ngoài ra còn có một thời gian phụ từ 1958 ÷ 1968, động đất cũng hoạt động mạnh. Qua thống kê độ sâu chấn tiêu cũng như thời kỳ hoạt động động đất mạnh cho thấy có sự khác biệt rõ ràng theo 6 đới :

- Đới Việt Bắc : độ sâu chấn tiêu chủ yếu từ 7 đến 19 km, nên bề dày tầng tập trung chấn tiêu động đất ở đây là  $19 - 7 = 12$  km, nằm trong lớp granit



Hình 1. Vị trí các vùng nguồn phát sinh động đất và các chấn tâm động đất sử dụng trong bài toán theo mô hình Thời gian - Magnitud ở miền Bắc Việt Nam

của vỏ Trái Đất. Theo thời gian cho thấy có lẽ chỉ từ năm 1985 đến nay là bắt đầu hoạt động mạnh, năm 1996 - 1997 là thời kỳ hoạt động mạnh nhất trong đới, nhiều trận động đất nhỏ  $M_s < 4,0$  liên tục xảy ra.

- Đới Đông Triều - Cẩm Phả : độ sâu chấn tiêu tập trung từ 9 đến 21 km, bề dày tầng tập trung chấn tiêu  $21 - 9 = 12$  km, thuộc lớp bazan của vỏ Trái Đất trong đới. Các năm 1961-1962, 1979 và 1997 là những năm động đất xảy ra nhiều trong đới.

- Đới Sông Hồng : động đất có  $M_s < 4,9$  độ Richter, chấn tiêu tập trung từ 5 km đến 15 km thuộc phần trên đến hết lớp granit. Còn động đất có  $M_s \geq 5,0$  chủ yếu ở độ sâu 15 - 20 km, thuộc

phần dưới lớp granit và trong lớp bazan vỏ Trái Đất. Trong đới nhận thấy động đất hoạt động theo 2 thời kỳ. Thời kỳ đầu từ năm 1923 đến 1964 và thời kỳ sau từ 1976 đến nay.

- Đới Sông Mã - Sông Đà : độ sâu chấn tiêu động đất trong đới từ 3 đến 20 km, nên tầng tập trung chấn tiêu trong đới là 17 km. Các trận động đất mạnh với  $M_s \geq 5,0$  có chấn tiêu nằm trong giới hạn 10-20 km, đến độ sâu phần trên của lớp bazan. Trong đới cũng thấy 2 thời kỳ hoạt động động đất mạnh là 1910 ÷ 1943 và 1974 đến nay.

- Đới Mường Tè - Điện Biên : bề dày tầng tập trung chấn tiêu ở đây là 23 km (từ 2 đến 25 km). Động đất trong đới phân chia rõ rệt với trận mạnh



chủ yếu ở phần dưới lớp granit và nửa trên của lớp bazan. Trong đời các thời điểm hoạt động mạnh của động đất là 1920 ÷ 1924, 1933 ÷ 1940. Từ năm 1976 đến nay đang là thời kỳ hoạt động động đất mạnh trong đời.

- *Đới Sông Cả - Rào Nậy* : chấn tiêu tập trung ở độ sâu 7 ÷ 20 km, (nền tầng tập trung chấn tiêu động đất ở đây là 13 km), và chúng nằm hoàn toàn trong lớp granit và phần trên lớp bazan. Trong đời thấy rõ động đất hoạt động mạnh vào thời kỳ từ năm 1915 đến 1945 với giai đoạn mạnh nhất năm 1928 ÷ 1930 và thời kỳ 1965 ÷ 1995.

Như vậy đặc trưng hoạt động động đất trong mỗi đới có sự hoạt động khác biệt nhau rõ rệt. Điều này chứng tỏ việc phân chia miền Bắc Việt Nam gồm 6 đới phát sinh động đất như chúng tôi đã xác định là hợp lý.

### III. ĐÁNH GIÁ MAGNITUD CỰC ĐẠI VÀ KHẢ NĂNG PHÁT SINH ĐỘNG ĐẤT

#### 1. Đánh giá magnitud cực đại động đất

a. Cơ sở lý thuyết hàm tiệm cận phân bố các cực trị Gumbel

Nếu coi X là các biến ngẫu nhiên có hàm phân bố là F(X)

$$F(X) = P\{X \leq x\} \quad (1)$$

thì xác suất để cho x là lớn nhất trong n mẫu độc lập của phân bố F(X) sẽ là :

$$G(x) = P\{X_1 \leq x, X_2 \leq x, \dots, X_n \leq x\} = F^n(x) \quad (2)$$

và đó chính là hàm phân bố của các cực trị. Thông thường vì không biết được hàm phân bố ban đầu, nên cần phải xem đến dạng đường tiệm cận của phân bố các cực trị. E.J. Gumbel [5] đã xây dựng 3 loại hàm phân bố tiệm cận các cực trị (loại I, loại II và loại III). Trong đó hàm phân bố tiệm cận loại I có dạng :

$$G^1(x) = \exp[-e^{-\beta(x-u)}] \quad \text{với } \beta > 0 \quad (3)$$

với u và  $\beta$  là các tham số của hàm phân bố và cần xác định.

Chuỗi thời gian đã quan sát được chia thành N khoảng bằng nhau và lấy các giá trị x lớn nhất trong mỗi khoảng, rồi xếp các cực trị đó theo thứ tự tăng dần :  $x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_N$ . Như vậy đời với vị trí thứ j có giá trị  $x_j$  và tương ứng giá trị  $G(x_j)$  :

$$G(x_j) = \frac{j}{N+1} \quad \text{với } j=1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Nhưng trong nhiều trường hợp không có được số liệu trong n khoảng thời gian thuộc N khoảng đã chia, lúc này  $G(x_j)$  sẽ là :

$$G(x_j) = \frac{j+n}{N+1} \quad \text{với } j=1, 2, \dots, N-n \quad (5)$$

Hiện nay ở Việt Nam và nhiều nơi trên thế giới sử dụng hàm phân bố tiệm cận các cực trị Gumbel loại I và III để đánh giá magnitud cực đại động đất (do hàm phân bố tiệm cận loại II chỉ tồn tại giá trị để xác định cận dưới). Trong công trình này, chúng tôi đánh giá  $M_{max}$  động đất cho các đới phát sinh phần phía Bắc Việt Nam theo hàm phân bố cực trị Gumbel loại I cải tiến.

Năm 1973, P'ei-shan Ch'en và Pang-hui Lin [4] đã áp dụng và cải tiến hàm phân bố tiệm cận cực trị loại I trở thành có giới hạn trên :

$$G(x) = \exp\left(-e^{\beta x} \cdot \frac{e^{-\beta x} - e^{-\beta v}}{1 - e^{-\beta v}}\right) \quad \text{với } \beta > 0; v > u > 0 \quad (6)$$

$$G(x) = \exp\{-e^{-\beta(x-u)}[1 - e^{-\beta(v-x)}]\}, \quad e^{-\beta v} \ll 1 \quad (7)$$

ở đây, v - giới hạn trên của magnitud các động đất xảy ra, còn  $\beta$  và u là các tham số của hàm phân bố.

Sử dụng khai triển chuỗi Taylo [10] sẽ ước lượng được các tham số  $\beta$ , u, v cần tìm.

#### b. Đánh giá magnitud cực đại

Với nguồn số liệu động đất từ năm 1900 đến năm 2000 được chia thành 51 khoảng thời gian đều nhau với mỗi khoảng là 2 năm. Các giá trị magnitud lớn nhất trong mỗi khoảng đó được xác định theo các danh mục và ngưỡng tin tưởng như đã trình bày ở phần II.2. Sử dụng bài toán hàm phân bố cực trị Gumbel loại I cải tiến, qua các phép lập tính toán, các thông số  $\beta$ , u và v được ước lượng cũng như giá trị  $M_{max}$  trong từng đới được xác định. Kết quả trình bày trong *bảng 1*.

Như vậy magnitud động đất cực đại được tính theo hàm phân bố cực trị Gumbel loại I cải tiến trong khoảng thời gian 1900 - 2000 cho ba đới Việt Bắc, Sông Hồng và Sông Cả - Rào Nậy tương ứng  $M_{max} = 5,2, 5,4, \text{ và } 5,3$  đã gần xấp xỉ bằng magnitud lớn nhất của từng đới quan sát được trong thời gian qua. Đối với ba đới Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Đà - Sông Mã và Mường Tè - Điện Biên, những trận động đất xảy ra từ trước đến nay

**Bảng 1. Kết quả ước lượng thông số theo hàm phân bố cực trị Gumbel loại I cải tiến, giai đoạn 1900 - 2000 cho các đới phát sinh động đất ở miền Bắc Việt Nam**

Đới nghiên cứu	Giá trị thông số tính toán được			Magnitud lớn nhất đã quan sát ( $M_{max\ qs}$ )
	$\beta$	U	$V=M_{max}$	
Đới 1 : Việt Bắc	0,219	1,296	5,2	5,0
Đới 2 : Đông Triều - Cẩm Phả	0,585	1,669	6,3	5,9
Đới 3 : Sông Hồng	0,438	4,460	5,4	5,3
Đới 4 : Sông Đà - Sông Mã	1,470	3,800	7,3	6,7
Đới 5 : Mường Tè - Điện Biên	1,050	3,255	7,1	6,8
Đới 6 : Sông Cả - Rào Nạy	0,386	2,185	5,3	5,2

trong mỗi đới chưa đến ngưỡng có thể của chúng. Theo tính toán  $M_{max}$  sẽ còn lớn hơn và tương ứng là  $M_{max} = 6,3, 7,3$  và  $7,1$ . Kết quả này cũng phù hợp với tính toán theo hàm Gumbel loại III của Nguyễn Hồng Phương [12], điều này cho thấy việc đánh giá  $M_{max}$  ở Việt Nam bằng hàm Gumbel loại I cải tiến cũng cho kết quả tốt và hoàn toàn có thể dùng để đánh giá cho các vùng nguồn phát sinh động đất ở Việt Nam.

## 2. Bài toán đánh giá khả năng phát sinh động đất theo mô hình Thời gian - Magnitud

### a. Cơ sở lý thuyết của bài toán

Khi thống kê các trận động đất nông tại Hy Lạp, Thổ Nhĩ Kỳ [8, 11] cho thấy rằng, thời gian và magnitud của động đất chính có mối quan hệ:

$$\log T = bM_{\min} + cM_p + a \quad (8)$$

trong đó,  $T$  - khoảng thời giữa các trận động đất của  $M_p$  - magnitud trận động đất chính xảy ra trước đó còn  $M_{\min}$  là ngưỡng magnitud của trận động đất dùng trong thống kê xảy ra tại nguồn sinh chấn.

Dựa vào các giá trị  $T_i$ ,  $M_p$  và  $M_{\min}$  sẽ tính hệ số  $b, c$  (của phương trình 8) theo thuật toán phương trình hồi quy bội [8, 9, 13]. Đồng thời các giá trị  $a_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) cũng được xác định bằng việc thay các hệ số  $b, c$  mới tìm được vào phương trình (8) tương ứng. Lúc này, mỗi phương trình (8) được trừ đi giá trị  $\bar{a}_i$  ( $\bar{a}_i$  - giá trị trung bình từ các giá trị  $a_i$  của mỗi vùng), phương trình (8) trước đây trở thành :

$$y = \log T_i - \bar{a}_i = bM_{\min} + cM_p \quad (9)$$

Theo phương pháp bình phương tối thiểu và hồi quy dựa trên độ lớn các giá trị  $y, bM_{\min}$  và  $cM_p$  cho tất cả các nguồn của khu vực nghiên cứu, một lần nữa giá trị  $b$  và  $c$  mới của toàn khu vực lại được tìm thấy. Cứ tiếp tục tính toán cho đến khi các giá trị  $\bar{a}_i$  của từng vùng và giá trị  $b, c$  của toàn khu vực nghiên cứu không đổi. Hệ số tương quan bội cũng như độ lệch chuẩn cho toàn khu vực nghiên cứu qua đó được xác định.

Trong các công trình [8, 11...] đã chỉ ra phân bố loga chuẩn của tỉ số  $T/T_h$  trong đó  $T$  là các khoảng thời gian thực tế đã xác định và  $T_h$  - giá trị thời gian theo lý thuyết tính từ công thức (8) cho thấy sự phù hợp tốt hơn các phân bố chuẩn, phân bố Gauss hay phân bố Weibull. Phép thử tính phù hợp theo tiêu chuẩn Kolmogorov đã được tiến hành [3] :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left[\sqrt{n} \cdot D_n(x) < x\right] = \sum_{-\infty}^{+\infty} (-1)^k e^{-2k^2 x^2} \quad (10)$$

$$K = (x)$$

trong đó  $D_n = \sup_{-\infty < x < +\infty} |F_n(x) - F_0(x)|$  và  $\lambda = D_n \cdot \sqrt{n}$ , đại lượng  $D_n$  chính là độ lệch lớn nhất giữa  $F_n(x)$  - phân bố thực nghiệm và  $F_0(x)$  - phân bố theo lý thuyết với  $n$  - tổng các mẫu quan sát. Hàm  $K(x)$  - là hàm Kolmogorov. Giá trị xác suất  $P(\lambda)$  được tra từ bảng có sẵn trong các sách xác suất thống kê [3, 9].

Bài toán dùng để tính xác suất chắc chắn xảy ra trận động đất cấp  $M$  trong khoảng thời gian từ năm thứ  $T$  cho đến năm thứ  $T^*$  tương tự như bài toán tính xác suất có điều kiện trong lý thuyết xác suất thống kê [13] :

$$P(T^*/T) = \frac{P(TT^*)}{P(T)} \quad (11)$$

với  $P(TT^*) = P(T \leq t \leq T^*)$  và  $P(t) = P(t \geq T) = 1 - P(t < T)$

ở đây  $t$  là khoảng thời gian tính từ năm cuối cùng mà ở nguồn đó không còn xảy ra trận động đất nào lớn hơn trận cấp  $M$  cần quan tâm đến nay. Để tính xác suất  $P(\alpha \leq X < \beta)$  biết rằng biến ngẫu nhiên  $X$  tuân theo luật phân bố chuẩn  $N(a; \sigma^2)$ , sử dụng các phép biến đổi [3] công thức (11) trở thành:

$$P = \left[ \Phi\left(\frac{T^* - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T - a}{\sigma}\right) \right] / \left[ 1 - \Phi\left(\frac{T - a}{\sigma}\right) \right] \quad (12)$$



trong đó :  $T^* = \lg[(t + \Delta t)/T_n]$  còn  $T = \lg[t/T_n]$  và  $\phi$  - là hàm Laplatxơ :

Với công thức (12) sẽ đánh giá được khả năng phát sinh động đất theo thời gian cho từng vùng nguồn phát sinh. Kết quả nhận được xác suất trận động đất cấp  $M$  cần tính xảy ra sau khoảng thời gian  $\Delta t$  năm, tính từ năm hiện tại làm mốc.

### b. Đánh giá khả năng phát sinh động đất

Bài toán mô hình Thời gian - Magnitud đã được áp dụng để đánh giá khả năng phát sinh động đất mạnh ở miền Bắc Việt Nam. Thông số cơ bản của các trận động đất mạnh trong 6 đới phát sinh động đất được lấy trong các công trình [15, 21]. Xem xét sơ bộ số liệu chúng tôi nhận thấy : cần loại bỏ những trận động đất trước trận chính trong khoảng thời gian là 3 - 4 năm. Còn khoảng thời gian hợp lý để loại bỏ các trận sau trận chính : với  $M_s < 4,6$  là 2 - 3 năm,  $M_s = 4,7 \div 5,2$  là 5 năm,  $M_s = 5,3 \div 6,0$  là 6 - 7 năm,  $M_s = 6,1 \div 7,0$  là 9 năm.

Với nguyên tắc lựa chọn số liệu như vậy, trong đới Việt Bắc sẽ có 5 trận chính được sử dụng vào bài toán Thời gian - Magnitud, số trận chính như thế tương ứng ở các đới Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên, Sông Cả - Rào Nậy là 7, 10, 11, 7 và 7 trận (bảng 2).

Tại từng đới phát sinh, khi lần lượt xem xét  $T_i$  - khoảng thời gian xảy ra giữa các trận động đất chính, cho thấy trong đới Việt Bắc có 11 khoảng thời gian  $T_i$ , số khoảng thời gian tương ứng ở các đới Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên, Sông Cả - Rào Nậy là 17, 48, 49, 21 và 21 được xác định. Trong phạm vi nghiên cứu đã xác định được tổng số 167 khoảng thời gian  $T_i$ .

Từ các giá trị  $T_i$ ,  $M_{\min}$ ,  $M_p$  nhận được qua các bước trên, thông qua thuật toán đã trình bày trong phần II.2, tính toán cuối cùng đã xác định được các giá trị  $b = 0,58075$ ,  $c = 0,00938$  cho toàn miền Bắc. Hệ số tương quan nhận được  $r = 0,6220$  với độ lệch chuẩn  $\delta = 0,2502$ . Đồng thời nhận được từ tính toán cho các đới phát sinh động đất :  $\bar{a}_1 = -1,436$ ,  $\bar{a}_2 = -1,479$ ,  $\bar{a}_3 = -1,781$ ,  $\bar{a}_4 = -1,789$ ,  $\bar{a}_5 = -1,815$  và  $\bar{a}_6 = -1,728$ .

Phép thử tính phù hợp theo tiêu chuẩn Kolmogorov được xem xét. Kết quả ở mức giá trị trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 0.18 thì

$D_n = 0,0383$  nên  $K(x) = 0,4709$ . Tra bảng hàm Kolmogorov nhận được xác suất  $P = 0,98$  cho thấy giả thiết đã đặt ra là phù hợp.

Sử dụng công thức tính xác suất (12), lưu ý điều kiện đặt ra là trong đới đã xảy ra trận động đất, có magnitud  $M_s \geq$  cấp  $M$  cần xét và từ đó đến nay (đến thời điểm đứng để tính toán) không còn trận nào lớn hơn cấp đó nữa. Sau khi tính toán, kết quả đánh giá khả năng phát sinh động đất mạnh nhận được cho cả 6 đới phát sinh động đất với các cấp  $M = 5,0$ ,  $5,5$  và  $6,0$  sẽ xảy ra sau 10, 20, 30, 40 và 50 năm nữa tính từ năm 2002 được trình bày trong bảng 3.

Từ bảng 3 ta thấy, trận động đất cần đánh giá với magnitud  $M_s = 5,0$  thì xác suất xuất hiện trong tương lai ở đới Việt Bắc là thấp nhất, cao hơn một chút là đới Đông Triều - Cẩm Phả và đới Sông Cả - Rào Nậy. Còn tại 3 đới Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã và Mường Tè - Điện Biên thì khả năng xuất hiện tương đối bằng nhau. Ví dụ như sau 10 năm nữa tính từ năm 2002 (bảng 3) ở đới Việt Bắc xác suất xuất hiện chỉ là 0,367, của đới Đông Triều - Cẩm Phả là 0,400 và đới Sông Cả - Rào Nậy là 0,475. Giá trị đó của đới Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã và Mường Tè - Điện Biên lần lượt tương ứng là 0,596, 0,634, 0,608. Kết quả đánh giá khả năng phát sinh cho trận động đất có magnitud  $M_s = 5,5$  thì đới Việt Bắc, đới Sông Hồng và đới Sông Cả - Rào Nậy không thoả mãn điều kiện bài toán vì chưa có trận nào có magnitud  $\geq 5,5$  xảy ra từ trước đến nay. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp khi đánh giá magnitud cực đại ( $M_{\max}$ ) thì đới Việt Bắc chỉ có thể xảy ra  $M_{\max} = 5,2$ , đới Sông Hồng là 5,4 và đới Sông Cả - Rào Nậy chỉ có thể  $M_{\max} = 5,3$ . Xác suất xuất hiện trận động đất magnitud  $M_s = 5,5$  cho đới Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên sau 10 năm tương ứng là 0,194, 0,359, 0,434 và sau 20 năm giá trị đó lần lượt là 0,366, 0,618, 0,676, tính từ năm 2002.

Đánh giá khả năng phát sinh trận động đất với magnitud  $M_s = 6,0$  thì chỉ còn đới Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên là phù hợp điều kiện bài toán, do trong đới đã từng xảy ra trận động đất có magnitud  $\geq 6,0$ . Kết quả tính cho thấy xác suất xuất hiện trận động đất như thế trong khoảng thời gian từ 10 đến 50 năm nữa kể từ năm 2002 là không cao. Theo tính toán, sau 50 năm nữa (từ năm 2002) xác suất xuất hiện tại đới Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên cũng mới chỉ là 0,637 và 0,758.

**Bảng 2. Danh mục các trận động đất sử dụng để đánh giá khả năng phát sinh động đất mạnh ở miền Bắc Việt Nam (lựa chọn từ [15, 21])**

Tên đới nghiên cứu	Thời điểm			Thời gian			Toạ độ chấn tâm		Chấn cấp Ms
	Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Phút	Giây	Vĩ độ	Kinh độ	
Đới 1 : Việt Bắc	1933	11	10	22			22.42	106.42	5,0
	1940	10	10	Chiều			22.25	106.50	4,4
	1979	4	7	02	18	25.6	22.90	106.30	4,6
	1987	1	6	10	45	54.9	21.57	106.27	4,6
	1991	2	6	09	18	09.5	23.04	105.78	4,0
Đới 2: Đồng Triều - Cẩm Phả	1355	2		02			20.92	106.34	5,5
	1903	7	19	24			21.00	106.70	5,1
	1923	11	10	08			21.66	105.57	4,8
	1942	10	10	Chiều			20.83	106.66	4,6
	1957	10	10	Đêm			20.92	106.61	4,8
	1961	6	12	09	58	09	21.30	106.12	5,9
	1988	11	5	01	03	51.4	20.98	107.24	4,9
Đới 3 : Sông Hồng	1910	6	10	Chiều			20.42	106.30	4,5
	1914	2	10	18			20.17	106.00	5,0
	1923	6	10	Chiều	03		20.15	106.05	4,6
	1934	6	10	21	03		20.66	105.66	5,0
	1942	9	10	03			22.17	104.33	4,7
	1948	10	10	09			21.83	104.90	4,7
	1954	11	15	06			22.08	104.75	5,3
	1961	12	10	Chiều			21.90	104.90	5,2
	1973	7	22	09	06	00	22.84	103.72	4,8
1997	4	22	11	43	50.60	22.56	104.06	4,5	
Đới 4 : Sông Đà - sông Mã	1635	6	10	04			20.12	105.65	6,7
	1903	4	10	14			21.00	104.50	4,8
	1914	12	10	20			22.08	103.17	5,2
	1926	9	10	22	04		21.33	103.83	5,4
	1936	3	27	20	11		21.42	103.42	5,0
	1945	7	10				20.75	105.33	4,7
	1958	8	13	13	20		20.08	105.57	5,2
	1968	6	10	Trưa			20.05	105.62	5,1
	1977	1	5	Ngày			20.05	105.62	4,7
	1983	6	24	14	18	22.3	21.77	103.40	6,7
1991	10	06	17	50	44.7	21.24	104.19	5,0	
Đới 5 : Mường Tè - Điện Biên	1903	4	10	14			19.60	105.10	5,2
	1920	2	10	04			21.41	103.00	5,6
	1935	11	1	16	22	11.0	21.08	103.25	6,8
	1948	3	10	Chiều			20.30	104.80	5,5
	1958	6	10				20.30	104.78	5,7
	1985	8	19	20	41	18.8	22.15	102.68	4,7
	1996	6	22	18	39	27.3	21.29	103.31	4,8
Đới 6 : Sông Cả - Rào Nạy	1903	7	10	Sáng			18.66	105.66	5,2
	1913	3	10	01			18.25	105.75	4,5
	1923	6	10	05			18.66	105.50	4,8
	1930	4	8				19.08	105.33	4,6
	1933	4	10	Đêm	05		19.00	105.57	4,3
	1939	5	23	09	32		19.00	104.90	4,9
	1943	7	10	14			18.08	106.33	4,7



**Bảng 3. Kết quả đánh giá xác suất xuất hiện động đất mạnh (tính từ năm 2002) tại các đới phát sinh động đất ở miền Bắc Việt Nam**

Đới nghiên cứu	Magnitud dự báo (Ms)	Xác suất xuất hiện sau				
		10 (năm)	20 (năm)	30 (năm)	40 (năm)	50 (năm)
Đới 1: Việt Bắc	5,0	0,367	0,593	0,729	0,821	0,881
	5,5					
	6,0	Không có số liệu phù hợp để dự báo				
Đới 2: Đông Triều - Cẩm Phả	5,0	0,400	0,637	0,780	0,864	0,913
	5,5	0,194	0,366	0,505	0,619	0,709
	6,0	Không có số liệu phù hợp để dự báo				
Đới 3: Sông Hồng	5,0	0,596	0,826	0,920	0,962	0,982
	5,5					
	6,0	Không có số liệu phù hợp để dự báo				
Đới 4: Sông Đà - Sông Mã	5,0	0,634	0,873	0,952	0,981	0,992
	5,5	0,359	0,618	0,775	0,866	0,919
	6,0	0,102	0,244	0,394	0,529	0,637
Đới 5: Mường Tè - Điện Biên	5,0	0,608	0,831	0,927	0,966	0,984
	5,5	0,434	0,676	0,808	0,884	0,930
	6,0	0,246	0,432	0,573	0,678	0,758
Đới 6: Sông Cả - Rào Nạy	5,0	0,475	0,721	0,861	0,94	0,986
	5,5					
	6,0	Không có số liệu phù hợp để dự báo				

## KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, chúng tôi có một số nhận xét như sau :

1. Miền Bắc Việt Nam được chia thành 6 đới phát sinh động đất. Magnitud động đất cực đại có khả năng xảy ra trong các đới phát sinh Việt Bắc, Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên và Sông Cả - Rào Nạy tương ứng là 5,2, 6,3, 5,4, 7,3, 7,1 và 5,3 .

2. Sau 50 năm nữa (tính từ năm 2002), xác suất xuất hiện trận động đất có  $M_s = 5,0$  tại đới Việt Bắc, Đông Triều - Cẩm Phả, Sông Hồng, Sông Đà - Sông Mã, Mường Tè - Điện Biên và Sông Cả - Rào Nạy sẽ là 0,881, 0,913, 0,982, 0,992, 0,984, 0,986. Xác suất xuất hiện trận động đất có  $M_s = 5,5$  sau 50 năm nữa tại đới Đông Triều - Cẩm Phả là 0,709, tại đới Sông Đà - Sông Mã là 0,919 và ở đới Mường Tè - Điện Biên là 0,930. Khả năng trận động đất với  $M_s = 6,0$  có thể xảy ra sau 50 năm nữa ở đới Sông Đà - Sông Mã với xác suất là 0,637 và đới Mường Tè - Điện Biên là 0,758.

3. Hai đới Sông Đà - Sông Mã và Mường Tè - Điện Biên có khả năng phát sinh động đất mạnh nhất trong phạm vi nghiên cứu. Xác suất xuất hiện

các trận động đất với  $M_s = 5,0, 5,5, 6,0$  trong thời gian 50 năm tới (tính từ năm 2002) luôn cao hơn các đới khác. Yếu hơn một chút là đới Đông Triều - Cẩm Phả. Các đới Việt Bắc, Sông Hồng, Sông Cả - Rào Nạy là những đới có khả năng phát sinh động đất yếu nhất tại phạm vi miền Bắc Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] LÊ DUY BÁCH, NGÔ GIA THẮNG, 1996 : Phân vùng kiến tạo Tây bắc Việt Nam, Tạp chí Địa chất và Khoáng sản, tập 5, 96 - 105. Hà Nội.
- [2] LÊ DUY BÁCH, NGÔ GIA THẮNG, 1997 : Mô hình phân vùng kiến tạo Đông Bắc Việt Nam, Tc CKHVTD, T.19, 3, 161- 168. Hà Nội.
- [3] A.I. CARAXEV, 1979 : Lý thuyết xác suất và thống kê toán học, 3-112. Nxb. Thống kê, Moskva, (Nga văn).
- [4] P'EI-SHAN CH'EN and PANG-HUI LIN, 1973 : An application of theory of extreme values to moderate and long-interval earthquake prediction, Acta geophys.,16, 6 - 24.
- [5] E.J. GUMBELL, 1958 : Statistics of Extremes, Columbia Univ. Press.



[6] ĐẶNG THANH HẢI, 2000 : Sử dụng hàm Gumbel tính động đất cực đại ở miền Bắc Việt Nam, Báo cáo Đề tài cơ sở Viện Vật lý địa cầu năm 2000, Viện Vật lý địa cầu, Hà Nội, 28 trang.

[7] ĐẶNG THANH HẢI, 2003 : Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái Đất và phân vùng địa chấn kiến tạo miền Bắc Việt Nam, Luận án Tiến sĩ Vật lý, Hà Nội, 170 tr.

[8] G.F. KARAKAISIS, 1994 : Long-term earthquake prediction along the North and East Anatolian Fault Zones based on the time - and magnitude - predictable model, Geophys. Jour. Int, **116**, 198 - 204.

[9] PHẠM VĂN KIỀU, 1998 : Lý thuyết xác suất và thống kê toán học, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 319 trang.

[10] SO GU KIM, 1983 : On the estimation of parameters in the statistical prediction of earthquakes, J. Phys. Earth, Vol. 31, 251 - 264.

[11] B.C. PAPAACHOS, 1989 : A Time - predictable model for Earthquake generation in Greece, Bull. Seismol. Soc. Am., V. 79, 1, 77 - 84.

[12] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 1997 : Đánh giá động đất cực đại cho các vùng nguồn chấn động ở Việt Nam bằng tổ hợp các phương pháp xác suất, Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, Tập III, Nxb KHvKT, Hà Nội, 48 - 65.

[13] TỐNG ĐÌNH QUỲ, 1999 : Giáo trình xác suất thống kê, Nxb Giáo dục, Hà Nội, 18 - 76.

[14] LÊ TỬ SƠN, 1996 : Hoàn thiện một bước cơ sở phương pháp xử lý số liệu động đất gần ở Việt Nam. Luận án Pts khoa học Toán - Lý, 166 tr. Hà Nội.

[15] LÊ TỬ SƠN, NGUYỄN THỊ CẨM, 2002 : Hiệu chỉnh giá trị độ sâu, magnitude của các trận động đất điều tra trong nhân dân (1903 - 1962), Tc Các khoa học về Trái Đất, T.24, 3, 227 - 232. Hà Nội.

[16] TRẦN THỊ MỸ THÀNH, 2002 : Đánh giá độ nguy hiểm địa chấn lãnh thổ Việt Nam và lân cận, Luận án Tiến sĩ Vật lý, 161 tr. Hà Nội.

[17] TRẦN VĂN TRỊ (chủ biên) và nnk, 1977 : Địa chất Việt Nam, phần miền Bắc, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 320 trang.

[18] CAO ĐÌNH TRIỀU, 1999 : Về một số quy luật hoạt động và khả năng dự báo khu vực phát

sinh động đất mạnh ở Việt Nam, Tc Địa chất, loạt A, **251**, 14 - 21. Hà Nội.

[19] CAO ĐÌNH TRIỀU, 2001 : Nghiên cứu điều kiện địa chất, địa động lực và Tân kiến tạo khu vực động đất Tuần Giáo, Đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ, Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Hà Nội, 78 tr.

[20] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN, 1989 : Phân vùng động đất lãnh thổ Việt Nam, Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, T. 11, 3-4, 40 - 50. Hà Nội.

[21] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN, NGUYỄN NGỌC THỦY và nnk, 1996 : Cơ sở dữ liệu cho các giải pháp giảm nhẹ hậu quả động đất ở Việt Nam, Báo cáo tổng kết Đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số KT-ĐL 92-07, 3 tập, Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

[22] NGUYỄN TRỌNG YÊM, 1996 : Các chế độ trường ứng suất kiến tạo trong Kainozoi ở lãnh thổ Việt Nam, Tc Địa chất, Loạt A, **236**, 1 - 6. Hà Nội.

[23] Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1995 : Bản đồ dị thường trọng lực toàn quốc tỷ lệ 1:500.000, Lưu trữ Liên đoàn Bản đồ Địa chất, HN.

[24] Liên đoàn Vật lý Địa chất, 1985 : Bản đồ dị thường từ hàng không thành phần  $\Delta T_a$  tỷ lệ 1:500.000, Lưu trữ Liên đoàn Địa vật lý, Hà Nội.

## SUMMARY

### To estimate the possibility of strong Earthquakes in Northern part of Vietnam

This paper presents 6 seismogenic zones in the Northern part of Vietnam, based on the viewpoint of seismotectonic and the combination of the recently interpreters of geological, geophysical and geodynamic data.

The modified first type Gumbel asymptotic distribution of extreme value can allow to issue the maximum magnitude preparedness earthquakes for each zone. In the other hand, the time - magnitude predictable model can allow to calculate the probabilities of occurrence of strong earthquakes in the six seismogenic zones (with magnitudes  $M_s = 5.0, 5.5$  and  $6.0$ ) for the next 10, 20, 30, 40 and 50 years (from 2002 year).

Ngày nhận bài : 15-02-2004

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