

CHẾ ĐỘ ĐỊA CHẤN KHU VỰC BẠC THANG THỦY ĐIỆN SÔNG ĐÀ

LÊ VĂN DŨNG¹, CAO ĐÌNH TRIỀU², CAO ĐÌNH TRỌNG¹, NGUYỄN ĐẮC CƯỜNG¹

¹Viện Vật lý Địa cầu, Viện HL KH&CN Việt Nam,

²Viện Địa vật lý ứng dụng, Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam

Tóm tắt: Trong khuôn khổ công trình này các tác giả tiến hành tìm hiểu chế độ hoạt động động đất tự nhiên khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà là nơi có biểu hiện hoạt động động đất tự nhiên mạnh nhất ở Việt Nam. Tại đây đã quan sát thấy động đất cấp độ mạnh $M=6,7\pm0,2$ tại Tuần Giáo và Lai Châu. Hệ số b của hàm phân bố Gutenberg-Richter có giá trị $-0,935$; Động đất tự nhiên cấp độ mạnh $M_{max}=6,0-6,9$ có thể xảy ra tại 13 nguồn phát sinh: Mường Tè, Nậm Nhé, Mường Nhé, Lai Châu - Điện Biên, Sơn La, Tuần Giáo, Phong Thổ, Mường La - Bắc Yên, Sông Đà, Nậm Tông, Mù Cang Chải, Lào Cai - Ninh Bình (Phan Si Pan) và Mai Châu. Trong đó, nguy cơ xuất hiện động đất mạnh ($M6,9$) tại Mường Tè, Lai Châu, Tuần Giáo, Yên Châu và Mai Châu.

I. MỞ ĐẦU

Tháng 6 năm 1983, một trận động đất cấp độ mạnh $M=6,7$ đã xảy ra tại khu vực huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên. Đây là động đất mạnh đầu tiên ghi nhận được bằng hệ thống trạm địa chấn của nước ta. Và cũng là động đất mạnh nhất ghi nhận được trong phạm vi khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà, nơi có tới 5 nhà máy thủy điện lớn nhất Việt Nam đang vận hành gồm Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu, Huội Quảng và Bản Chát.

Nhằm đảm bảo hoạt động an toàn của hệ thống thủy điện bắc thang trên sông Đà, đề tài: “Nghiên cứu thiết lập mạng trạm quan trắc động đất và đánh giá động đất kích thích hồ chứa trên hệ thống bắc thang thủy điện Sông Đà” được tiến hành trong giai đoạn 2015-2018. Đề tài được định hướng với hai mục tiêu: Thiết lập, vận hành được mạng trạm quan trắc động đất trên khu vực các hồ chứa hệ thống bắc thang thủy điện Sông Đà; Đánh giá, theo dõi, dự báo động đất nhằm chủ động ứng phó và đảm bảo an toàn vận hành các hồ chứa trên hệ thống bắc thang thủy điện Sông Đà.

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành đánh giá tình hình hoạt động động đất khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà phục vụ nghiên cứu triển khai mục tiêu thứ hai của đề tài.

Danh mục động đất đầy đủ khu vực nghiên cứu này được thiết lập cho đến hết năm 2015 trên cơ sở thuật toán CN và các nguồn số liệu [2-9, 12, 14, 15, 16]: 1) Kết quả nghiên cứu điều tra về cổ động đất; 2) Danh mục động đất lịch sử và động đất điều tra trong nhân dân; 3) Danh mục động đất của Viện Vật lý Địa cầu; 4) Danh mục động đất bổ sung, cập nhật từ công bố của ISC; 5) Danh mục động đất bổ sung, cập nhật từ công bố của NOAA; và 6) Danh mục động đất bổ sung, cập nhật từ công bố của NEIC.

Tổng cộng có 326 trận động đất đã ghi nhận được tại khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà, trong đó có 02 cổ động đất, 36 động đất trước năm 1976 (chủ yếu là theo tài liệu lịch sử và điều tra trong nhân dân với magnitud lớn hơn 4,0); 288 động đất xảy ra từ năm 1976 đến 2015 (với magnitud lớn hơn 3,0). Đáng chú ý nhất là các động đất cấp độ mạnh đạt xấp xỉ 7,0 đã được phát hiện trong phạm vi khu vực nghiên cứu [5]. Đó là:

1. Một trận động đất cổ có thể đã xảy ra tại vùng chấn tâm động đất Tuần Giáo cách đây 420 năm về trước

Theo kết quả điều tra nghiên cứu cổ động đất khu vực Tây Bắc của Cao Đình Triều và đồng nghiệp thì tại khu vực động đất Tuần Giáo năm 1983 (có tọa độ: Vĩ độ bắc $21^{\circ}41'20,4''$; Kinh độ đông $103^{\circ}27'12,3''$) đã phát hiện được đới khe nứt phương đông bắc, gần vuông góc với đới đứt gãy Sơn La. Đới khe nứt này được hình thành trong điều kiện bị tác động nội lực đột ngột và được lấp đầy bởi đất trồng cỏ. Sự dịch trượt, chồm nghịch của đới khe nứt cũng như biểu hiện của cấu trúc địa hình, địa mạo tại khu vực khảo sát cho phép nhận định về khả năng đã xuất hiện một động đất cổ tại khu vực Tuần Giáo. Kết quả phân tích tuổi tuyệt đối cho thấy thời gian xảy ra động đất này là cách đây khoảng 420 năm và có cấp độ mạnh tương đương với động đất Tuần Giáo năm 1983 [5].

2. Khả năng xảy ra cổ động đất tại Bình Lư (thị xã Lai Châu hiện nay cách đây khoảng 480 năm về trước)

Trong phạm vi khu vực Bình Lư (cũ) đã quan sát thấy dấu hiệu của các khối trượt lớn (có tọa độ: Vĩ độ bắc $22^{\circ}23'27,8''$; Kinh độ đông $103^{\circ}30'23,9''$) mà có thể xảy ra trong trạng thái bị tác động đột ngột, mạnh của những dao động bề mặt Trái đất. Các dao động như vậy thông thường chỉ có thể được gây nên bởi một trận động đất mạnh [5]. Với những quan sát được ngoài thực địa, trên cơ sở kết quả phân tích tuổi tuyệt đối, Cao Đình Triều và các đồng nghiệp đã dự đoán về khả năng một trận động đất mạnh đã xảy ra tại khu vực thị xã Lai Châu hiện nay vào thời gian cách đây khoảng 480 năm và với cấp độ mạnh tương đương động đất cổ Tuần Giáo.

3. Động đất Tuần Giáo

Xảy ra vào hồi 14 giờ 18 phút (giờ Hà Nội) ngày 24 tháng 6 năm 1983 trong vùng núi cách thị trấn Tuần Giáo về phía bắc khoảng 11 km. Cấp độ mạnh của động đất

được xác định là $M_s=6,7\pm0,2$. Cường độ chấn động trong vùng cực động $I_0=8-9$ (thang MSK). Các thông số vùng nguồn được xác định như sau: chiều dài $L=33,1$ km; chiều rộng $W=21,2$ km; diện tích vùng nguồn $S=21,2 \times 33,1=686,2$ km² và chiều cao vùng nguồn là $20-3=17$ km [3-5].

II. VỀ QUY LUẬT BIỂU HIỆN HOẠT ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT KHU VỰC BẠC THANG THỦY ĐIỆN SÔNG ĐÀ

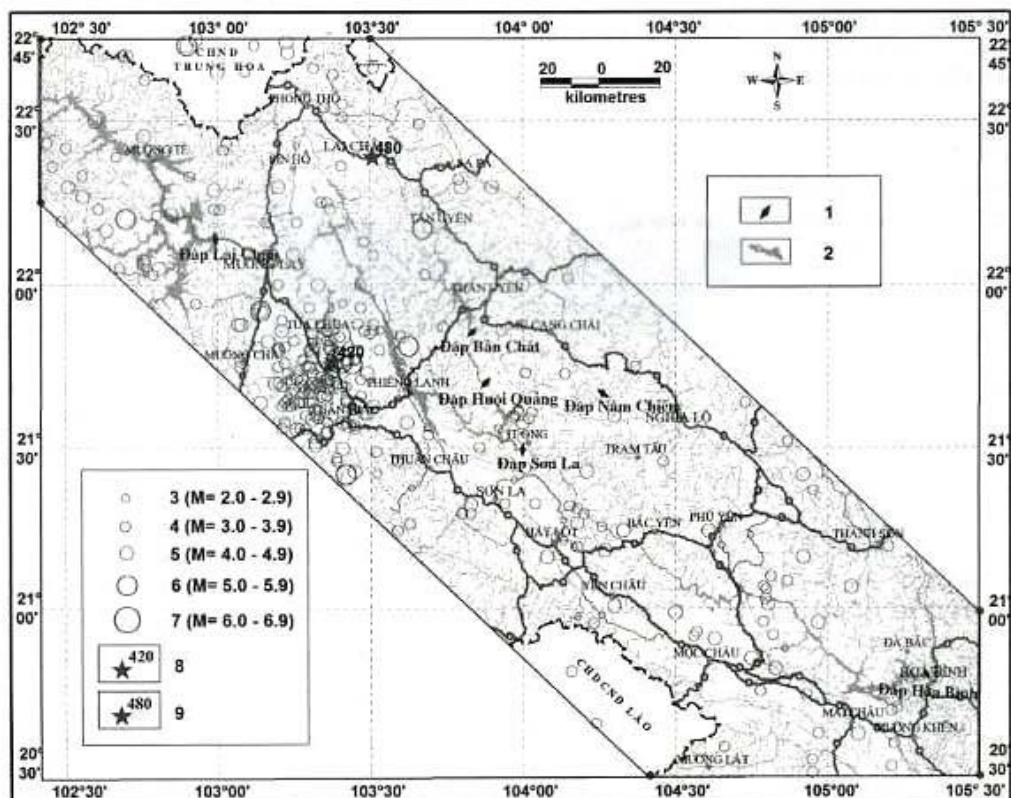
1. Quy luật phân bố động đất theo thời gian (Hàm phân bố Gutenberg-Richter)

Hàm Gutenberg-Richter phân bố động đất khu vực nghiên cứu được biểu thị trong Hình 2. Theo đó, hệ số $b=-0,935$ và hàm có dạng: $\log(N(M)/T)=-0,935M_s+3,923$. Số liệu động đất sử dụng trong tính toán hàm phân bố này là danh mục động đất khu vực nghiên cứu từ năm 1976 đến 2010. Sở dĩ lấy đoạn danh mục động đất này vì theo Cao Đình Triều (2010) [6] thì từ năm 1976 số liệu động đất Việt Nam khá tốt, với động đất đại diện nhỏ nhất ở Tây Bắc có thể có $M_0=3,5$. Nếu cho rằng chu kỳ lặp lại động đất Tuần Giáo và Bình Lư là khoảng 420-480 năm thì 02 trận động đất cổ Tuần Giáo và Bình Lư có cấp độ mạnh xấp xỉ động đất Tuần Giáo năm 1983 ($M=6,7$). Và cũng với $b=0,935$ thì chu kỳ lặp lại động đất Tuần Giáo được xác định là 418 năm, gần với tuổi của cổ động đất Tuần Giáo [5, 6].

2. Tầng phát sinh động đất

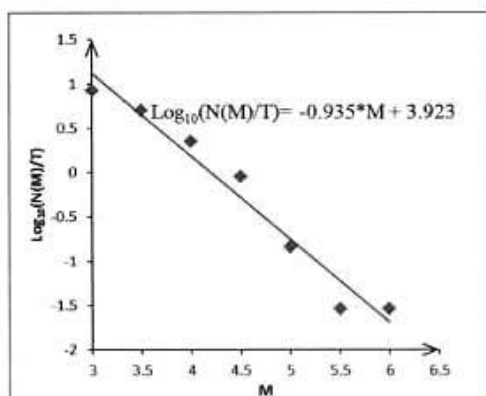
Tầng phát sinh động đất khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà được thiết lập trên cơ sở xác lập mật độ giải phóng năng lượng thông qua động đất [5]. Quá trình thiết lập bề dày tầng hoạt động động đất được tiến hành như sau:

1) Tính toán mật độ giải tỏa năng lượng động đất theo tuyến trên cơ sở công thức Gutenberg - Richter: $\log E=1,5 M_s+4,2$ (E tính bằng Joule). Đối với khu vực nghiên cứu chúng tôi tiến hành tính toán năng lượng giải tỏa theo 7 tuyến ở các độ sâu chấn tiêu từ 2 km, 4 km, 6 km,... (cách nhau 2 km)... cho đến độ sâu 24 km.



Hình 1. Bản đồ chấn tâm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà và các tuyến phân tích năng lượng giải phóng.

Chú giải Hình 1: 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ thủy điện; 3,4,5,6,7/ Chấn tâm động đất và magnitude; 8/ Cỗ động đất Tuần Giáo và tuổi xác định; 9/ Cỗ động đất Phong Thổ và tuổi xác định.



Hình 2. Đồ thị hàm phân bố Gutenberg-Richter động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà

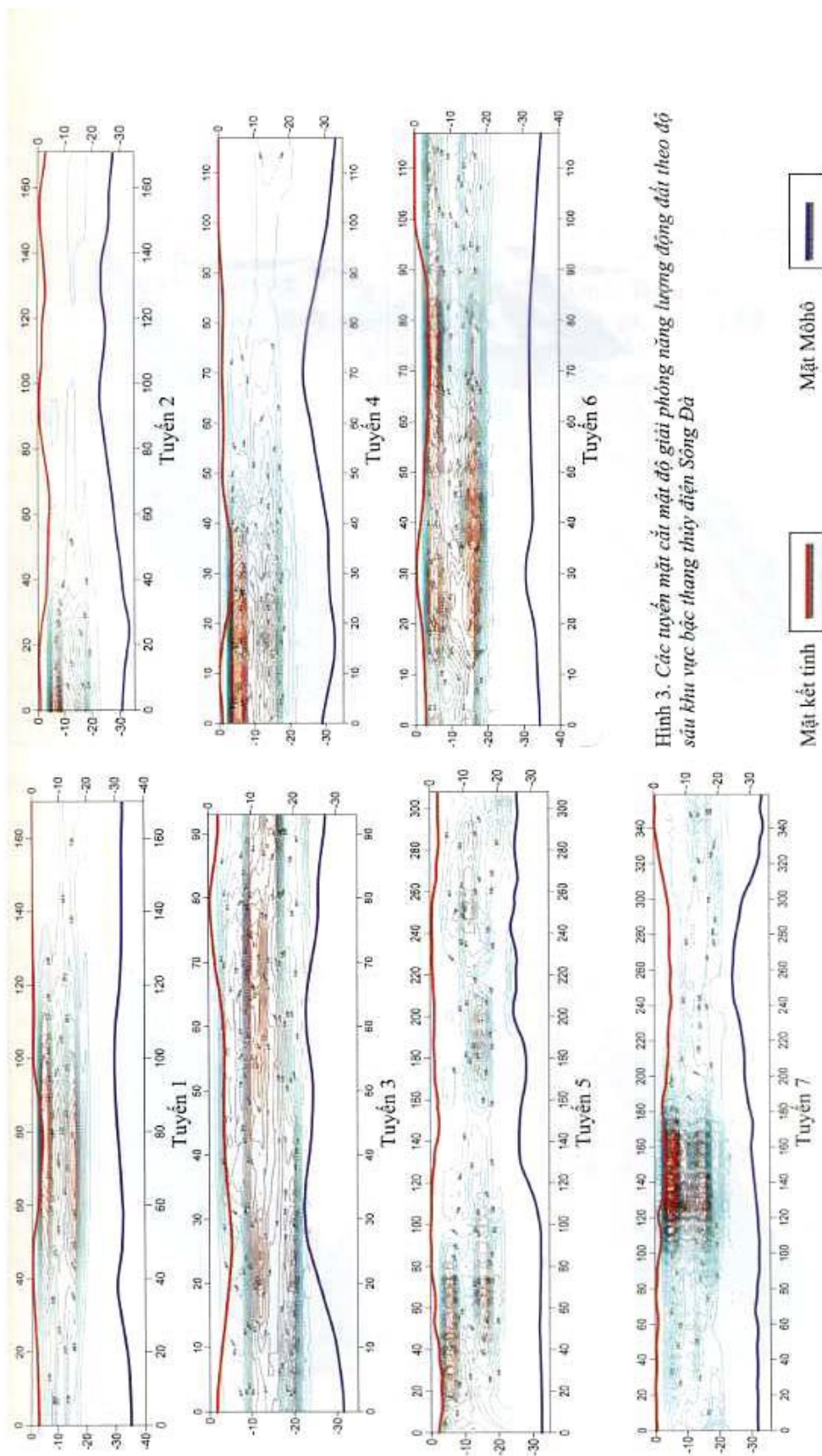
2) Trên cơ sở mặt cắt mật độ giải phóng năng lượng thông qua động đất ta có thể xác lập được ranh giới trên và dưới của tầng phát sinh động đất (trùng với ranh giới mức không của năng lượng giải phóng). Từ kết quả theo tuyến này

chúng ta có thể thiết lập bản đồ ranh giới trên, ranh giới dưới và bề dày tầng hoạt động động đất khu vực nghiên cứu.

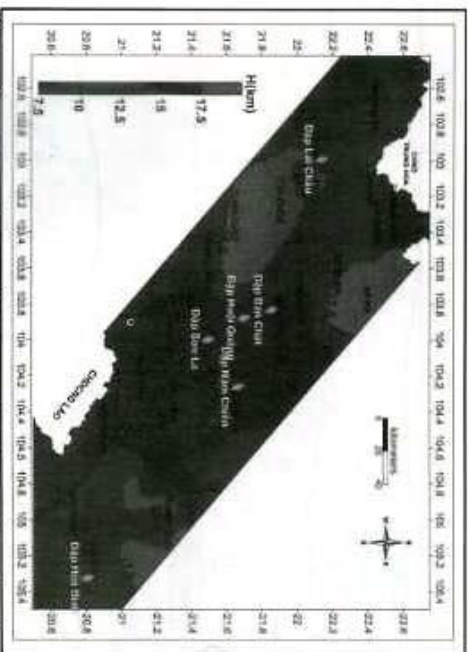
Chúng ta cũng có thể ước lượng tầng hoạt động động đất trên cơ sở đặc điểm phân bố chấn tiêu động đất [5].

Kết quả tính toán xác định tầng hoạt động động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà được đề cập trong Hình 3-6. Trên cơ sở nghiên cứu này cho thấy:

Trong phạm vi khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà tầng phát sinh động đất có bề dày nằm trong giới hạn từ 9 km đến 18,5 km. Động đất nông nhất có thể quan sát được trong khu vực này có độ sâu khoảng 2-3 km. Độ sâu chấn tiêu động đất Tuần Giáo (1983, M6,7) là 20-22 km và đây cũng là động đất có độ sâu chấn tiêu sâu nhất khu vực nghiên cứu.



Hình 3. Các tuyến mặt cắt mật độ giải phóng năng lượng động đất theo độ sâu khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà



Độ sâu chấn tiêu động đất tại các hồ thủy điện trên bậc thang Sông Đà có giá trị tương ứng như sau: Hòa Bình 4-22 km; Sơn La 2-20 km; Lai Châu 2,5-18 km; Bản Chát 2,5-19 km; Huội Quảng 3-18 km và Nậm Chiến 3,5-18 km.

3. Nguồn phát sinh động đất

a) Phương pháp xác định nguồn phát sinh động đất

Trong nghiên cứu này, nguồn phát sinh động đất được các tác giả sử dụng là nguồn đường. Chính vì vậy, các đứt gãy hoạt động có nguy cơ phát sinh động đất được chấp nhận là vùng nguồn phát sinh động đất. Quy trình xác định nguồn và đặc trưng nguồn phát sinh động đất được tiến hành theo tuần tự sau:

1. Xác định đứt gãy hoạt động phục vụ xác định nguồn: Đứt gãy hoạt động có biểu hiện hoạt động động đất được xem là nguồn động đất.

2. Phân đoạn vùng nguồn và đánh giá bề rộng nguồn động đất.

b) Nghiên cứu xác định đứt gãy hoạt động

Xác lập hệ tiêu chí nhận dạng đứt gãy hoạt động: Bài toán nhận dạng sử dụng mẫu chuẩn là đoạn đứt gãy Sơn La, nơi đã xảy ra động đất Tuần Giáo năm 1983 [3-6]. Cao Đình Triều đưa ra 9 tiêu chí nhận dạng đứt gãy hoạt động cho Việt Nam [5]. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả đưa ra được 06 tiêu chí tiêu biểu nhận dạng đứt gãy hoạt động cho khu vực thủy điện sông Đà như sau: Mật độ lineament (DH1), mật độ đứt gãy địa chất (DH2), năng lượng giải tỏa động đất (DH3), mật độ các điểm nước nóng (DH4), mật độ các điểm trượt lở đất (DH5), giá trị phân cắt địa hình (DH6).

Phân cấp các nhân tố: Mức độ biểu hiện đặc trưng vùng đứt gãy hoạt động được phân loại theo ba cấp: 1) Không có và có đứt gãy hoạt động yếu; 2) Đứt gãy hoạt động trung bình; 3) Đứt gãy hoạt động mạnh (Bảng 1).

Bảng 1. Phân cấp mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đối với đứt gãy hoạt động

Tên yếu tố	Ký hiệu	I _i	Biểu hiện	Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố	M _{ij}
1. Mật độ độ dài lineament km/km ²	DH1	9	Không liên tục và mờ	< 0,3 km/km ²	1
			Biểu hiện rõ	0,31-0,6 km/km ²	2
			Biểu hiện rất rõ và liên tục	> 0,60 km/km ²	3
2. Mật độ độ dài đứt gãy địa chất km/km ²	DH2	7	Không biểu hiện	< 0,3 km/km ²	1
			Kém rõ	0,31-0,6 km/km ²	2
			Rất rõ	> 0,60 km/km ²	3
3. Độ lớn động đất (Tính theo mức năng lượng giải tỏa)	DH3	5	Yếu	K = 9,4-11 J	2
			Vừa	K = 11-13 J	3
			Mạnh	K > 13 J	4
4. Mật độ điểm nước nóng	DH4	5	Không có	< 30	1
			Rời rạc	31-100	2
			Mạnh, tập trung	>100	3
5. Mật độ điểm trượt lở đất	DH5	3	Không có	0-50	1
			Rời rạc	50-100	2
			Mạnh, tập trung	>100	3
6. Giá trị phân cắt địa hình	DH6	1	Rất rõ	E _d < 50 km	1
			Không rõ	E _d > 450 km	2
			Rõ	E _d = 50-450 km	3

Tính trọng số dựa trên phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (Analytic Hierarchy Process - AHP): Trọng số của các nhân tố ảnh hưởng được xác định thông qua việc lập ma trận so sánh tương quan giữa các nhân tố và tính được trọng số tương ứng của từng nhân

tố theo Bảng 2. Trong ma trận này, mỗi phần tử đại diện cho một cặp sánh cặp, các phần tử ở phía trên và phía dưới đường chéo có giá trị nghịch đảo nhau. Bước này nhằm xác định nhân tố này gấp bao nhiêu lần so với nhân tố kia.

Bảng 2. Ma trận so sánh các nhân tố thành phần

Yếu tố	DH1	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6
DH1	1	3	5	7	7	9
DH2	1/3	1	3	5	5	7
DH3	1/5	1/3	1	3	3	5
DH4	1/7	1/5	1/3	1	1	3
DH5	1/7	1/5	1/3	1	1	1
DH6	1/9	1/7	1/5	1/3	1/3	1
Σ	1,93	4,88	9,87	17,33	17,33	26,00

Để tính trọng số cho các thành phần sử dụng vector nguyên lý Eigen. Giá trị trung bình của hàng là trọng số cho mỗi yếu tố: $W_{ij} = a_{ij} / \sum_j a_{ij}$. Giá trị này cho phép so

sánh tỷ lệ thành phần của các phương án, xem các nhân tố chiếm tỷ lệ bao nhiêu phần trăm trong tổng các thành phần, ta có được ma trận trọng số P (Bảng 3).

Bảng 3. Ma trận trọng số các yếu tố biểu hiện đứt gãy hoạt động

Yếu tố	DH1	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6	Trọng số (Wi)
DH1	0,52	0,62	0,51	0,40	0,40	0,35	0,46
DH2	0,17	0,21	0,30	0,29	0,29	0,27	0,25
DH3	0,10	0,07	0,10	0,17	0,17	0,19	0,13
DH4	0,07	0,04	0,03	0,06	0,06	0,12	0,06
DH5	0,07	0,04	0,03	0,06	0,06	0,04	0,06
DH6	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03

Sau khi đã phân cấp và tính trọng số của các chỉ tiêu thì việc tích hợp chúng cho ta chỉ số nhạy cảm đứt gãy hoạt động:

$$LSI = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij}$$

Trong đó: LSI (Landslide Susceptibility Index): chỉ số nhạy cảm biểu thị mức độ hoạt động của đứt gãy; W_j : trọng số của nhân tố thứ j ; X_{ij} : điểm số của lớp thứ i trong nhân tố biểu hiện.

Đới đứt gãy hoạt động khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà: Sau khi đã phân

cấp và tính trọng số của các chỉ tiêu thì việc tích hợp chúng sẽ cho ta chỉ số xác định vị trí đứt gãy hoạt động. Việc tích hợp AHP vào GIS thông qua công thức W_{ij} được tiến hành bằng công cụ Raster Calculator của phần mềm ArcGis 10.0. Kết quả xác định được các đới đứt gãy khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà bao gồm Lai Châu - Điện Biên, Phong Thổ - Than Uyên, Mường La - Bắc Yên, Sông Đà, Tuần Giáo, Mai Châu, Mù Cang Chải, Lào Cai - Ninh Bình, Mường Tè - Nậm Nhé, Nậm Tổng và Mường Nhé (Hình 7).

c) Phân đoạn vùng nguồn và xác định bề rộng nguồn

Việc xác định động đất lớn nhất có nguy cơ phát sinh tại vùng nguồn ở Việt Nam rất khó khăn vì hạn chế về số liệu động đất. Chính vì vậy tiếp cận xác suất gặp nhiều khó khăn trong xác định M_{max} cho từng vùng nguồn. Cách xác định M_{max} theo công thức thực nghiệm được đề cập nhiều trên thế giới [17]. Có rất nhiều công thức song lựa chọn công thức nhằm sử dụng cho Việt Nam là cần thiết. Các tác giả ủng hộ cách tiếp cận của Cao Đình Triều, 2012 [8] về cách thức lựa chọn công thức thực nghiệm phục vụ tính toán động đất cực đại cho các vùng nguồn. Qua việc kiểm chứng động đất lớn nhất tại đoạn Tuần Giáo của đứt gãy Sơn La là 6,7 (đã phát hiện cổ động đất tại đây có $M_{6,7}$ vào khoảng 420 năm trước và có chiều dài phá hủy trong chấn tiêu động đất Tuần Giáo), các tác giả này đã đưa ra chỉ tiêu phân đoạn nguồn (đoạn đứt gãy hình thành trong động đất) theo lý luận sau: Việc phân đoạn đứt gãy phải được thực hiện trên cơ sở tổ hợp các dấu hiệu về địa chất, địa vật lý và địa hình; Đoạn đứt gãy được phân định phải đóng vai trò là ranh giới các khối cấu trúc vỏ Trái đất có biểu hiện khác biệt về thành phần, đặc tính vật lý và khác biệt về mức độ và hướng vận động địa động lực hiện đại; Đoạn đứt gãy được biểu hiện rõ nét bởi hàng loạt dấu hiệu địa chất, địa vật lý và địa hình như là ranh giới phân chia các trường trọng lực và từ có biên độ khác nhau; là ranh giới của sự thay đổi đột ngột về độ sâu và thể nằm của các mặt ranh giới cơ bản trong vỏ Trái đất và các lớp trầm tích, đặc biệt là trầm tích trẻ; thể hiện rõ nét trên địa hình hiện đại, trên ảnh vệ tinh hoặc bản đồ DEM; gây ra sự biến đổi các yếu tố địa hình, địa mạo hoặc không chế sự phân bố và hình thái các thung lũng, trũng tích tụ trầm tích Đệ tứ hoặc trầm

tích hiện đại; và có các biểu hiện biến dạng Tân kiến tạo và Hiện đại dọc theo đới đứt gãy.

Từ những lý luận trên, trong bài báo này các tác giả tiến hành phân đoạn nguồn, đánh giá M_{max} và bề rộng của nguồn phát sinh động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà như sau:

Phân đoạn nguồn phát sinh động đất được tiến hành trên cơ sở dấu hiệu: Có biểu hiện rõ nét là ranh giới phân chia trường trọng lực và từ; Có sự thay đổi đột ngột về độ sâu và thể nằm của các mặt ranh giới trong vỏ Trái đất (như mặt Moho, mặt Conrad, mặt kết tinh, các lớp trầm tích, đặc biệt là trầm tích trẻ); Thể hiện rõ nét trên địa hình hiện đại (các vách địa hình kéo dài theo tuyến, chuỗi các thung lũng hoặc thung lũng hẹp kéo dài, sự định hướng kéo dài theo một phương của các dòng chảy); Thể hiện rõ nét trên DEM dưới dạng các cấu trúc dạng tuyến (lineament) kéo dài liên tục hoặc đứt đoạn trên một chiều dài lớn đi qua các cấu trúc khác nhau; Sự biến đổi các yếu tố địa hình, địa mạo như sự dịch chuyển đột ngột của các dạng địa hình (chẳng hạn núi sang thung lũng), thay đổi đột ngột hướng dòng chảy sông suối, hướng kéo các dãy núi, sự dịch chuyển đột ngột hướng dòng chảy (các suối, khe bậc 1, 2 theo cùng một hướng), sự chia cắt và dịch chuyển đột ngột các dãy núi, sự dịch chuyển hoặc phá hủy các bậc thềm, nón phóng vật, các bậc địa hình hoặc sự biến đổi đột ngột các độ dốc sườn; Không chế hình thái và sự phát triển của các thung lũng, trũng tích tụ trầm tích Đệ tứ, trầm tích hiện đại; Có các biểu hiện hoạt động xuất lộ nước nóng, trượt-lở đất hoặc nứt-sụt đất tự nhiên, biến dạng Tân kiến tạo và kiến tạo Hiện đại dọc theo đới đứt gãy.

Xác định bề rộng của vùng nguồn trên cơ sở công thức: Trên cơ sở bề rộng của

đứt gãy hoạt động (Hình 7) trong tương quan với công thức:

$$W \text{ (km)} = H \cdot \tan \alpha + w$$

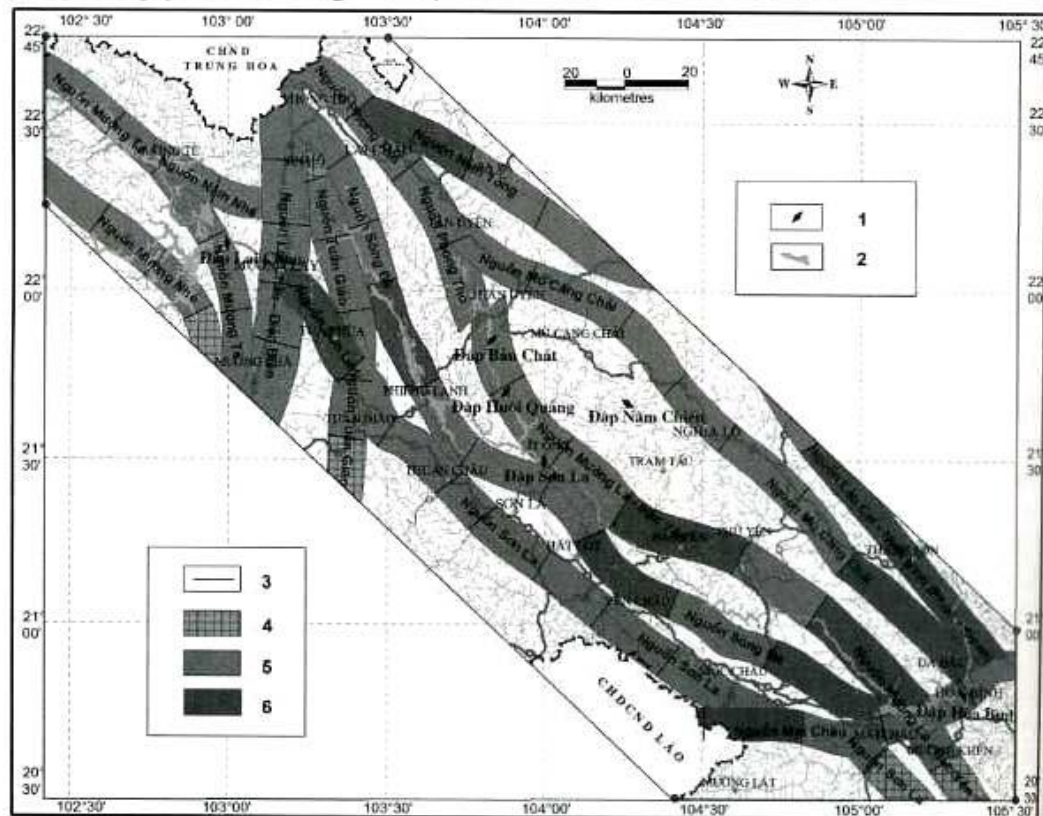
và công thức:

$$\log W \text{ (km)} = 0,25 M_{s\max} - 0,35 \text{ [3]}.$$

trong đó: W (km): bề rộng vùng nguồn chấn tiêu, $M_{s\max}$: cấp độ mạnh động đất, H : độ sâu của đứt gãy và α : góc cắm của đứt gãy, w : đới động lực đứt gãy.

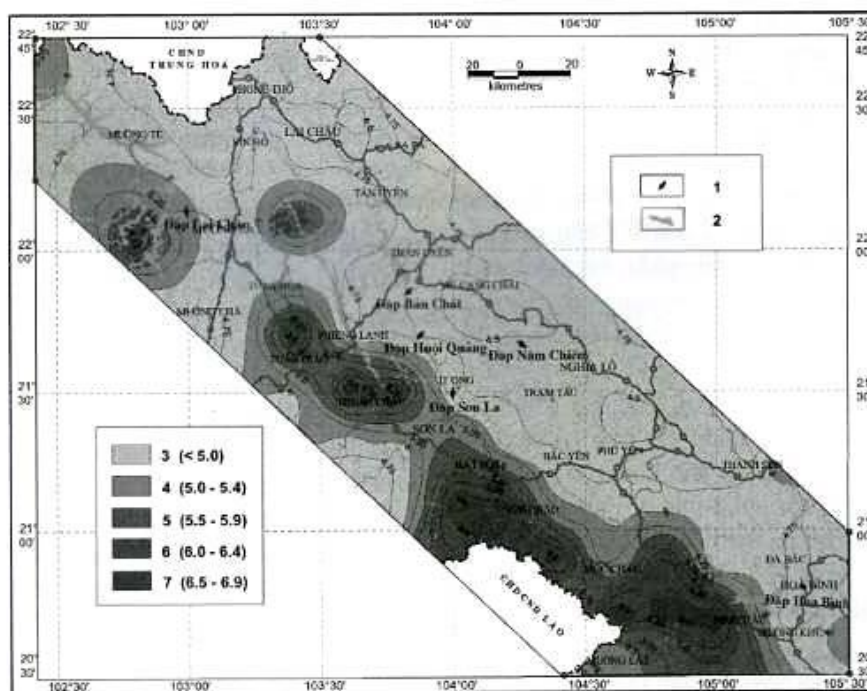
Nguồn phát sinh động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà: Cơ sở phương pháp luận phân định nguồn phát sinh động đất được mô tả chi tiết tại [5]. Trên cơ sở phân bố chấn tâm động đất, các hệ thống đứt gãy tồn tại trong khu vực với

đặc trưng hoạt động khác nhau và dựa theo nguyên lý kiến tạo địa chấn, chúng tôi xác định được 13 nguồn phát sinh động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà (Hình 8). Đó là: Mường Tè, Nậm Nhé, Mường Nhé, Lai Châu - Điện Biên, Sơn La, Tuần Giáo, Phong Thổ, Mường La - Bắc Yên, Sông Đà, Nậm Tổng, Mù Cang Chải, Lào Cai - Ninh Bình (Phan Si Pan) và Mai Châu. Rất nhiều đoạn của các vùng nguồn này liên thông với hồ thủy điện nên nguy cơ xảy ra động đất kích thích hồ chứa là lớn, cần được lưu ý. Trên thực tế thì động đất kích thích cũng đã xảy ra tại hồ thủy điện Hòa Bình, động đất năm 1989, sau khi thủy điện tích nước vào năm 1988 [5].

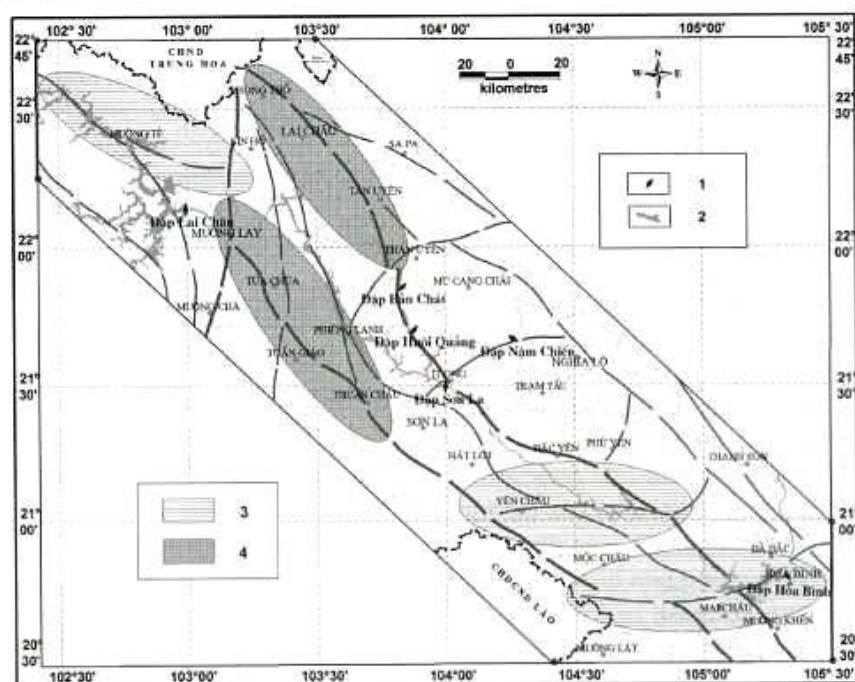


Hình 8. Nguồn phát sinh động đất và dự báo $M_{\max}$ theo phân đoạn đứt gãy khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà

Chú giải: 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ; 3/ Đường phân đoạn nguồn; 4/ Đoạn nguồn dự báo động đất với $M_{\max} = 5,5-5,9$; 5/ Đoạn nguồn dự báo động đất với $M_{\max} = 6,0-6,4$; và 6/ Đoạn nguồn dự báo động đất với $M_{\max} = 6,5-6,9$.



Chú giải: 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ; 3/ $M_{\max} < 5,0$; 4/ $M_{\max} = 5,0-5,4$; 5/ $M_{\max} = 5,5-5,9$; 6/ $M_{\max} = 6,0-6,4$; 7/ $M_{\max} = 6,5-6,9$.



Hình 10. Vùng có nguy cơ xảy ra động đất mạnh ($M_{max}=6,5-6,9$) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà.
 Chú giải: 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ; 3/ và 4/ Vùng có nguy cơ xảy ra động đất mạnh với $M_{max}=6,5-6,9$ (3/ Nguy cơ; 4/ Đã xảy ra).

III. ĐỘNG ĐẤT LỚN NHẤT CÓ NGUY CƠ PHÁT SINH TRONG KHU VỰC BẠC THANG THỦY ĐIỆN SÔNG ĐÀ

Dự báo M_{max} ở Việt Nam được tiến hành bằng nhiều phương pháp khác nhau như [2-9, 12-15]: trên cơ sở tổ hợp tài liệu địa chất - địa vật lý, đặc trưng cấu trúc vỏ Trái đất, sử dụng hàm phân bố tiệm cận Gumbel cải tiến, bài toán mạng nowtron và trên cơ sở hàm thực nghiệm về quan hệ giữa M_{max} và phân đoạn đứt gãy. Trong khuôn khổ bài báo này các tác giả tiến hành hai phương pháp dự báo M_{max} và một phương pháp dự báo khu vực có nguy cơ phát sinh động đất mạnh. Đây là những phương pháp mà theo chúng tôi là có cơ sở khoa học chặt chẽ nhất và có thể sử dụng có hiệu quả đối với khu vực nghiên cứu.

1. Dự báo động đất cực đại trên cơ sở bài toán mạng neuron nhân tạo

Trước hết, nhằm tìm hiểu khả năng ứng dụng mạng neuron nhân tạo trong nghiên cứu dự báo độ lớn động đất khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm sử dụng mạng neuron FeedForward với thuật toán lan truyền ngược nhằm đánh giá độ tin cậy của thuật toán đối với một số mẫu chuẩn [1, 9, 11, 16]. Tài liệu đầu vào cho tính toán là: 1) Giá trị mật độ lineament; 2) Giá trị Gradient trường trọng lực Bouguer; 3) Gradient dị thường từ hàng không; 4) Gradient dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất trong Tân kiến tạo; 5) Gradient bề dày vỏ trầm tích; 6) Gradient độ sâu mặt móng kết tinh; 7) Gradient bề dày vỏ Trái đất. Đây là những tài liệu được đánh giá là có liên quan trực tiếp với độ lớn động đất [9]. Mẫu chuẩn là các động đất đặc trưng có độ lớn lớn hơn hoặc bằng 4,5 và với danh mục động đất từ 1900 đến hết 2015. Kết quả nghiên cứu được biểu diễn trong Hình 7 và cho thấy: Động đất với M_{max} nằm trong giới hạn từ $M=6,5$ đến $M=6,9$ có nguy cơ xuất hiện chủ yếu dọc nguồn Sơn La và Mường Tè; Các nguồn

phát sinh động đất còn lại có nguy cơ phát sinh động đất với M_{max} nhỏ hơn 6,0.

2. Sử dụng công thức thực nghiệm trong đánh giá động đất lớn nhất có nguy cơ xảy ra trên cơ sở phân đoạn đứt gãy

Để thực hiện bài toán phân đoạn đứt gãy và áp dụng công thức thực nghiệm của các nhà địa chấn thế giới và Việt Nam, chúng tôi coi trận động đất Tuần Giáo năm 1983 ($M_{max}=6,7$) là hình mẫu. Phân đoạn đứt gãy được lấy đoạn đứt gãy Sơn La có biểu hiện tạo đới khe nứt trong trận động đất Tuần Giáo năm 1983 [8]. Từ đó, chèn ghép các tài liệu địa chất - địa vật lý nhằm tìm ra dấu hiệu của phân chia đứt đoạn đứt gãy. Nếu áp dụng công thức thực nghiệm của Coppersmith (1994: $M_{max} = 4,38 + 1,49 \cdot \lg L$), công thức Cao Đình Triều (2002: $M_{max} = 1,6 \cdot \lg L$ (km) + 4,15) thì độ lớn động đất Tuần Giáo năm 1983 tương đương với giá trị 6,66 và 6,70. Từ đó cho thấy đây là hai công thức có thể được áp dụng có hiệu quả trong đánh giá nguy cơ động đất mạnh xảy ra ở Việt Nam trên cơ sở phân đoạn đứt gãy theo tiêu chí của Cao Đình Triều năm 2012 [8].

Đối với khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà, kết quả nghiên cứu của chúng tôi (Hình 9) cho thấy:

- Động đất có cấp độ mạnh lớn nhất có nguy cơ xảy ra trong phạm vi khu vực bắc thang thủy điện Sông Đà (M_{max}) không vượt quá 6,9.

- Có biểu hiện rõ nét tính phân đoạn trong từng nguồn phát sinh động đất và với đặc điểm phân dị theo cấp độ mạnh trong cùng một nguồn phát sinh.

3. Xác định vị trí có nguy cơ xuất hiện động đất mạnh trên cơ sở quy luật phụ thuộc giữa khoảng cách chấn tâm - magnitude và nút giao đứt gãy hoạt động

Cao Đình Triều (2010) [5] đã tiến hành khảo sát quy luật phụ thuộc giữa khoảng cách chấn tâm (δ_m) và magnitude (M),

dùng 120 trận động đất với $M_s \geq 4,5$ tại khu vực phần phía Bắc lãnh thổ Việt Nam. Khoảng cách giữa các trận động đất có cùng mức cấp độ mạnh (M) trong giới hạn biến đổi 0,5 đơn vị ($M=4,5 \div 4,9$; $5,0 \div 5,4$; $5,5 \div 5,9$; $6,0 \div 6,9$ và $6,5 \div 6,9$) được đo đạc, lựa chọn, thống kê và xây dựng sơ đồ phân bố chúng. Sau đó thiết lập

khoảng cách trung bình cũng như sai số xác định giá trị khoảng cách (Bảng 4). Tiếp theo là việc xây dựng hàm phân bố khoảng cách trung bình giữa các chấn tâm cùng mức theo cấp độ mạnh (M). Hàm thực nghiệm biểu thị mối phụ thuộc giữa khoảng cách chấn tâm δ_m với magnitude M có dạng: $\lg \delta_m = 0,6 M_s - 1,976$.

Bảng 4. Phân bố khoảng cách trung bình chấn tâm động đất theo khoảng cấp độ mạnh (M)

Số TT	Mức cấp độ mạnh (M)	Khoảng cách trung bình chấn tâm (Km)	Sai số (Km)
1	4,5÷4,9	7,5	±3
2	5,0÷5,4	15	±6
3	5,5÷5,9	30	±10
4	6,0÷6,4	60	±14
5	6,5÷6,9	105	±18

Trong phạm vi nghiên cứu này các tác giả tiến hành kết hợp kết quả nghiên cứu mối quan hệ cấp độ mạnh - khoảng cách chấn tâm kết hợp với nguyên lý nút dao đứt gãy phát sinh - chấn tâm động đất [5] nhằm xác định vùng có nguy cơ xuất hiện động đất mạnh với $M_{\max}=6,5-6,9$ (Bảng 5, Hình 10). Trên cơ sở vị trí xuất hiện cổ động đất và động đất M6,7 năm 1983 tại Tuần Giáo và các quy luật: cấp độ mạnh - khoảng cách chấn tâm và nút dao đứt gãy phát sinh - chấn tâm động đất mạnh cho

phép dự báo 5 vùng có nguy cơ phát sinh động đất mạnh tại khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà bao gồm Mường Tè, Lai Châu, Tuần Giáo, Yên Châu và Mai Châu. Trong 5 vùng này thì đã có 2 vùng xảy ra động đất mạnh là Lai Châu và Tuần Giáo. Ba vùng còn lại: Mường Tè, Yên Châu và Mai Châu chỉ có động đất $M=4,5-4,9$ đã xảy ra, chưa đạt giá trị động đất cực đại ($M_{\max}=6,5-6,9$), nên nguy cơ xảy ra động đất mạnh tại các vùng này trong tương lai gần là rất lớn.

Bảng 5. Vùng có nguy cơ lớn xảy ra động đất cấp độ mạnh 6,5-6,9

STT	Tên vùng	$M_{\max}$ động đất đã quan sát được	$M_{\max}$ dự báo
1	Mường Tè	4,5-4,9	6,5-6,9
2	Lai Châu	6,5-6,9	6,5-6,9
3	Tuần Giáo	6,5-6,9	6,5-6,9
4	Yên Châu	4,5-4,9	6,5-6,9
5	Mai Châu	4,5-4,9	6,5-6,9

IV. KẾT LUẬN

Trên cơ sở đánh giá một cách toàn diện đặc điểm hoạt động động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà cho thấy:

Động đất lớn nhất đã xảy ra tại khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà là cổ

động đất Lai Châu (480 năm trước), cổ động đất Tuần Giáo (420 năm trước) và động đất Tuần Giáo năm 1983. Các động đất này có cấp độ mạnh tương đương động đất Tuần Giáo năm 1983, tức là có $M_s=6,7 \pm 0,2$.

Hàm phân bố động đất theo quy luật Gutenberg-Richter khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà có hệ số $b = -0,935$. Đại lượng này phản ánh mức độ hoạt động động đất tích cực khu vực nghiên cứu. Đây cũng là đại lượng cần thiết được tính toán phục vụ phân định động đất tự nhiên và động đất kích thích các hồ chứa sau khi tích nước.

Tồn tại 13 nguồn phát sinh động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà được phát hiện bao gồm Mường Tè, Nậm Nhé, Mường Nhé, Lai Châu - Điện Biên, Sơn La, Tuần Giáo, Phong Thổ, Mường La - Bắc Yên, Sông Đà, Nậm Tồng, Mù Cang Chải, Lào Cai - Ninh Bình (Phan Sĩ Pan) và Mai Châu. Động đất lớn nhất có nguy cơ xuất hiện dọc theo các nguồn này không vượt quá cấp độ mạnh 6,9.

Các khu vực có nguy cơ xuất hiện lớn nhất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà, với M_{max} có thể đạt 6,9 là: Mường Tè, Lai Châu, Tuần Giáo, Yên Châu và Mai Châu. Tại Lai Châu và Tuần Giáo đã xảy ra động đất cực đại. Trong khi động đất lớn nhất quan sát được tại Mường Tè, Yên Châu và Mai Châu vẫn chưa xuất hiện động đất cực đại. Nếu quy luật khoảng cách, cấp độ mạnh và nút dao đứt gãy phát sinh động đất mạnh là đúng đắn thì nguy cơ xảy ra động đất mạnh tại Mường Tè, Yên Châu và Mai Châu trong thời gian tới là rất lớn.

Lời cảm ơn: Đây là một phần sản phẩm của đề tài khoa học công nghệ cấp quốc gia, mã số ĐTĐLCN.27/15. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sâu sắc Bộ Khoa học và Công nghệ đã cấp kinh phí thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu này.

VĂN LIỆU

1. Ashif Panakkat and Hojjat Adeli, 2007. Neural Network Model for Earthquake Magnitude Prediction using multiple seismicity indicator.

International Journal System. Vol. 17, No. 1, pp. 13-33.

2. Cao Đình Triều, 2001. Động đất Thín Túc (Biên giới Việt-Lào) $M_s=5,3$ ngày 19 tháng 2 năm 2001. *TC Địa chất, A/264:1-14. Hà Nội.*

3. Cao Đình Triều, 2002. Đặc trưng hoạt động động đất khu vực Tuần Giáo và kế cận. *TC Các khoa học và Công Nghệ, T24/5:40-51. Hà Nội.*

4. Cao Đình Triều, 2002. Some characteristic features of seismotectonic conditions and seismic regime of the Tuan Giao earthquake area. *J. of Geology, B/19-20:54-68. Hà Nội.*

5. Cao Đình Triều, 2010. Tai biến động đất ở Việt Nam. *Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 304 tr.*

6. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Thái Anh Tuấn, 2010. Độ nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận. *TC Địa chất, A/320:253-262. Hà Nội.*

7. Cao Đình Triều, Ngô Gia Thắng, Mai Xuân Bách, Phạm Nam Hưng, Bùi Anh Nam, 2010. Động đất Bắc Yên và động đất Mai Sơn ngày 26 tháng 11 năm 2009. *TC Địa chất, A/320:241-252. Hà Nội.*

8. Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh, 2012. Phân đoạn đứt gãy trong đánh giá động đất cực đại ở Việt Nam. *TC Địa chất, A/331-332:59-68. Hà Nội.*

9. Cao Đình Trọng, Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh, 2011. Ứng dụng mạng nơron trong dự báo độ lớn (magnitude) động đất khu vực Tây Bắc. *TC Các Khoa học về Trái đất, T33/2: 151-163. Hà Nội.*

10. Dieter H. Weichert, 1980. Estimation of earthquake recurrence parameters for unequal observation period

for different magnitude. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 70, No. 4, pp. 1337-1346.

11. Hojjat Adeli, Ashif Panakkat, 2009. A probabilistic neural network for earthquake magnitude prediction. *Neural Network* 22, pp. 1018-1024.

12. Lê Từ Sơn (Chủ nhiệm), 2012. Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La. Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước, mã số: ĐTDL.2009T/09. Lưu Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội, 271 tr.

13. Hagan M.T., Demuth H.B. and Beale M., 1996. Neural Network Design. PWS Publishing Company, Boston, MA.

14. Nguyễn Ngọc Thủy (Chủ nhiệm), 2005. Phân vùng dự báo chi tiết động đất ở vùng Tây Bắc (giai đoạn 2001-2005). Báo cáo tổng kết Đề tài Khoa học và công nghệ cấp Nhà Nước, MS: KC.08.10. Lưu Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội, 300 tr.

15. Nguyễn Đình Xuyên (Chủ biên), 2004. Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền lãnh thổ Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước. Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu. Hà Nội, 115 tr.

16. Nguyễn Hồng Phương, Phạm Thế Truyền, 2015. Tập bản đồ xác suất nguy hiểm động đất Việt Nam và Biển Đông. *TC Khoa học và Công nghệ Biển*, T15/1:77-90. Hà Nội.

17. Wang Ying, Chen Yi, Zhang Jinkui, 2009. The Application of RBF Neural Network in Earthquake Prediction. *Third International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*, pp. 465-468.

18. Wells D.L. and Coppersmith, K.J., 1994. "New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, and Surface Displacement", *Bulletin of the Seismological Society of America*, v 84, pp. 974-1002.

SUMMARY

A seismic regime of the Đà River hydroelectric ladder region

Lê Văn Dũng, Cao Đình Triều, Cao Đình Trọng, Nguyễn Đắc Cường

In this paper, the authors present some primary results of learning about the seismic regime of the Đà River ladder of hydroelectric plants. The following results have shown that natural earthquakes occurred in the Đà River ladder of hydroelectric plants are strongest in the Việt Nam territory. The largest earthquakes with the magnitude of 6.7 have been observed in Tuần Giáo and Lai Châu areas. The b coefficient of the Gutenberg - Richter function has the value of -0.935; The earthquake with the maximum magnitude in the range of 6.0-6.9 can be observed in 13 seismic sources: Mường Tè, Nậm Nhé, Mường Nhé, Lai Châu - Điện Biên, Sơn La, Tuần Giáo, Phong Thổ, Mường La - Bắc Yên, Sông Đà, Nậm Tồng, Mù Cang Chải, Lào Cai - Ninh Bình (Phan Sipan) and Mai Châu. In these sources, the danger of earthquake with the magnitude of 6.9 can be occurred on the areas of Mường Tè, Lai Châu, Tuần Giáo, Yên Châu and Mai Châu.

Người biên tập: TS. Lê Từ Sơn.