Tạp chí ĐỊA CHẤT, loạt A, số 361-362, 11-12/2016, tr. 52-66

ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT KHU VỰC BẬC THANG THỦY ĐIỆN SÔNG ĐÀ

NGUYỄN ĐẮC CƯỜNG, ĐẶNG THANH HẢI, CAO ĐÌNH TRỌNG, THÁI ANH TUẤN
Viện Vật lý Địa cầu, Viện HL KH&CN Việt Nam

Tóm tắt: *Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sử dụng đồng thời hai tiếp cận: xác suất và tất định mới trong tính toán độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà. Kết quả cho thấy theo tiếp cận xác suất thì khu vực huyện Tuần Giáo (Điện Biên) là nơi có gia tốc rung động nền lớn nhất đối với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm (84 cm/s^2); 100 năm (114 cm/s^2); 200 năm (150 cm/s^2); 500 năm (195 cm/s^2); và 10.000 năm (395 cm/s^2). Trong khi đó, theo tiếp cận tất định mới cũng cho thấy, khu vực huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên có giá trị dịch chuyển ngang cực đại (D_{max}) của nền có thể đạt 21÷23 cm, vận tốc dịch chuyển ngang cực đại (V_{max}) nằm trong khoảng 22÷25 cm/s và gia tốc dao động nền cực đại (A_{max}) thay đổi từ 200÷250 cm/s^2. Trong điều kiện số liệu động đất quan sát còn kém đầy đủ thì việc kết hợp đồng thời cả hai tiếp cận: xác suất và tất định mới sẽ góp phần nâng cao hiệu quả nghiên cứu đánh giá, dự báo độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà.*

I. MỞ ĐẦU

Lưu vực Sông Đà là nơi có biểu hiện hoạt động động đất mạnh nhất Việt Nam [1-7]. Động đất Tuần Giáo, M= 6,7 năm 1983 là minh chứng rõ ràng nhất cho nhận định này. Trong khi đó, chỉ riêng trên dòng chính Sông Đà đã có ba nhà máy thủy điện lớn được xây dựng là: Lai Châu (1.200 MW), Sơn La (2.400 MW) và Hòa Bình (1.920 MW). Trên dòng nhánh sông Nận Mu chảy vào lòng hồ Sơn La là hai nhà máy thủy điện có công suất không nhỏ: Bản Chát (220 MW) và Huội Quảng (520 MW). Với mật độ dày đặc các nhà máy thủy điện có công suất lớn xuất hiện trong phạm vi nhỏ lưu vực sông Đà như vậy gây nên lo ngại về an toàn hoạt động của liên hồ thủy điện. Chính vì lẽ đó, việc đánh giá độ nguy hiểm động đất một cách cẩn thận và có tính cập nhật cao là cần thiết và có ý nghĩa khoa học.

Có hai cách tiếp cận trong đánh giá độ nguy hiểm động đất là: tiếp cận xác suất và tiếp cận tất định mới.

Đánh giá độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận xác suất được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam trong phân vùng và vi phân vùng động đất tỷ lệ khác nhau [6, 11-18]. Các nghiên cứu này sử dụng phương trình tắt dần rung động nền thông dụng như của: Cornell, Campbell 97... và các phần mềm chuyên dụng CRISISS99, EQRISK để tính toán, xây dựng bản đồ gia tốc nền với các chu kỳ lặp lại khác nhau (500 năm, 1.000 năm, 2.500 năm...). Phương trình tắt dần rung động nền mang đậm tính địa phương và phụ thuộc nhiều vào đặc điểm động lực của chấn tiêu động đất, tính chất vùng nguồn và môi trường sóng địa chấn truyền qua. Lưu vực sông Đà là nơi có cấu trúc địa chất và biểu hiện hoạt động kiến tạo phức tạp nên việc lựa chọn áp dụng công thức phù hợp còn gặp nhiều khó khăn và khó đưa ra được những kết quả có độ tin cậy cao.

Nhằm khắc phục những hạn chế về hiệu quả của tiếp cận thống kê, trong thời gian gần đây, một nhóm cán bộ khoa học Viện Vật lý Địa cầu đã tiến hành áp dụng tiếp cận tất định mới và bộ chương trình GNDT [1-7, 20] để tính toán độ nguy hiểm động đất. Ưu điểm của tiếp cận tất

định mới có thể tính toán độ nguy hiểm động đất ở những vùng thiếu số liệu hoặc bị hạn chế về độ dài thời gian của danh mục động đất như ở nước ta. Bắt đầu từ những thông tin có sẵn về cấu trúc vỏ Trái đất, vùng nguồn và mức độ sinh chấn của khu vực điều tra, có thể xác định gia tốc nền cực đại (A_{max}), vận tốc nền cực đại (V_{max}) và dịch chuyển nền cực đại (D_{max}).

II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT

1. Đặc điểm địa tầng

Khu vực bậc thang thủy điện sông Đà nằm trong đới cấu trúc Mường Tè, Phong Thổ - Tú Lệ, Sơn La - Sông Đà, Sông Mã - Thanh Hóa thuộc miền kiến tạo Tây Bắc Bộ. Trên cơ sở tổng hợp từ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 đã xác định trên diện tích điều tra có gần 70 phân vị địa chất tuổi từ Proterozoi muộn đến Đệ tứ thành phần gồm các đá trầm tích, magma, biến chất.

Các đá trầm tích lục nguyên, lục nguyên - carbonat chiếm phần lớn diện tích vùng nghiên cứu, thành phần chủ yếu gồm cát kết, bột kết, đá phiến sét, xen đá vôi, sét vôi thuộc các hệ tầng: Cam Đường, Bến Khế, Hàm Rồng, Đồng Sơn, Sinh Vinh, Nậm Cười, Bó Hiềng, Sông Mú, Nậm Pìa, Bản Páp, Bản Nguồn, Bản Cải, Đa Niêng, Bắc Sơn, Si Phay, Na Vang, Yên Duyệt, Tân Lạc, Cò Nòi, Nghĩa Lộ, Đồng Giao, Mường Trai, Lai Châu, Sông Bôi, Nậm Mu, Suối Bàng, Trạm Tấu, Suối Bé, Nậm Thếp, Nậm Pô, Văn Chấn, Nậm Ma và Yên Châu có tuổi từ Cambri đến Creta, các hệ tầng này thường có chiều dày thay đổi từ 100 m đến 1.400 m.

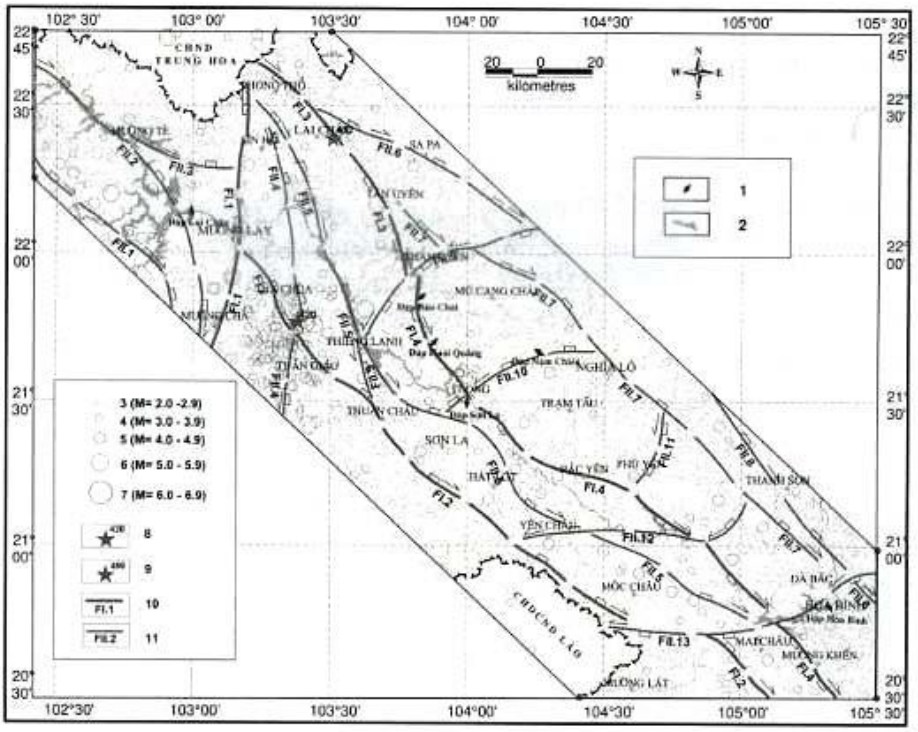
Các trầm tích Kainozoi (Paleogen, Neogen, Đệ tứ) có diện phân bố nhỏ hẹp, thành phần trầm tích chủ yếu là cuội tảng, cuội kết, cát kết, aglomerat gồm các hệ tầng: Nậm Pay, Pu Tra, Văn Yên, Hang Mon, Vĩnh Phúc, Hà Nội, Thái Bình, Pleistocen thượng, Holocen hạ-trung, Holocen thượng, Đệ tứ không phân chia. Các hệ tầng này có chiều dày thay đổi từ 1 m đến 320 m.

2. Magma xâm nhập

Các thành tạo xâm nhập có diện lộ khá lớn, có diện tích vài trăm kilômét vuông, phân bố ở phía bắc và đông bắc khu vực nghiên cứu. Các khối lớn có thể kể đến như: Phu Si Lung, Nậm Xe - Tam Đường, Ye Yên Sun, Tú Lệ, Ngòi Thia, thành phần thay đổi từ bazơ đến acid, kiềm. Các đá granit, granodiorit chiếm khối lượng chủ yếu gồm các phức hệ Điện Biên, Ye Yên Sun, Phu Si Lung, các đá syenit, granit kiềm phức hệ Phu Sa Phìn, Nậm Xe - Tam Đường, Pu Sam Cáp, Po Sen, Mường Hum và các đai mạch aplit, pegmatit. Các đá magma phun trào phân bố thành dải hẹp thuộc thành phần của các hệ tầng Viên Nam, Cẩm Thủy và Suối Bé. Thành phần là các đá phun trào bazơ và acit (chủ yếu là ryolit) và tuf của chúng.

3. Đặc điểm các đới đứt gãy hoạt động

Xác định các đới đứt gãy hoạt động là việc làm có ý nghĩa quan trọng trong công tác nghiên cứu tai biến địa chất (động đất, núi lửa, sạt lở...). Các đứt gãy kiến tạo trong khu vực nghiên cứu có biểu hiện hoạt động được phân cấp theo vai trò cấu trúc và dựa trên luận thuyết kiến tạo mảng (mảng, vi mảng, khối cấu trúc...), tiến hóa địa động lực (ép, tách, trượt bằng) của đứt gãy theo thời gian, độ sâu ảnh hưởng của đứt gãy (vỏ, xuyên vỏ). Trong vùng nghiên cứu các đứt gãy cấp I đóng vai trò là ranh giới các khối cấu trúc - địa động lực. Các đứt gãy cấp II là các đứt gãy sinh kèm hoặc lông chim của đứt gãy cấp I, đóng vai trò là ranh giới phụ khối cấu trúc - địa động lực, thường bị khống chế hoặc giới hạn trong các khối cấu trúc - địa động lực. Tại bậc thang thủy điện sông Đà tồn tại 4 đứt gãy cấp I: Lai Châu - Điện Biên, Phong Thổ, Sơn La, Mường La - Bắc Yên và 13 đứt gãy cấp II : Mường Tè, Nậm Nhé, Mường Nhé, Tuần Giáo, Sông Đà, Nậm Tống, Mù Cang Chải, Phan Si Pan, Than Uyên, Nậm Khát, Phù Yên, Yên Châu và Mai Châu (Hình 1).


102° 30'
103° 00'
103°30'
104° 00'
104°30'
105°00'
105° 30'
22° 45'
22° 30'
22° 00'
21° 30'
21° 00'
20° 30'
20 0 20
kilometres
N
W E
S
1
2
3 (M= 2.0 -2.9)
4 (M= 3.0 - 3.9)
5 (M= 4.0 - 4.9)
6 (M= 5.0 - 5.9)
7 (M= 6.0 - 6.9)
8
9
10
11
CHDCND LÀO
MƯỜNG TÈ
MƯỜNG LAY
MƯỜNG CHÀ
TUẦN GIÁO
THUẬN CHÂU
SƠN LA
MỘC CHÂU
MAI CHÂU
MƯỜNG KHIÊN
MƯỜNG LÁT
NGHĨA LỘ
TRẠM TẤU
THANH SƠN
YÊN CHÂU
PHÙ YÊN
BẮC YÊN
TÂN UYÊN
SA PA
LAI CHÂU
HỒNG THỔ
THỊ TRẤN LANH
MÙ CANG CHẢI
ĐÀ BẮC
HÒA BÌNH
Thủy điện Hòa Bình
Thủy điện Sơn La
Thủy điện Lai Châu
Thủy điện Bản Chát
Thủy điện Huội Quảng
Thủy điện Nậm Chiến
Thủy điện Nậm Chiến
Thủy điện Bản Chát
Thủy điện Huội Quảng

tuân theo luật phân bố Poát xông thuần nhất theo thời gian với tần suất trung bình là λ;

2) Tương quan giữa độ lớn (magnitud) và tần suất lặp lại động đất là một hàm tuyến tính cụt:

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

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

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

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

3) Tương quan giữa độ lớn M, cường độ rung động (gia tốc cực đại) nền Y tại điểm đang xét và khoảng cách R từ điểm đó tới nguồn thế 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 lần lượt là 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 (McGuire, 1976):

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

trong đó: P: ký hiệu chỉ xác suất; A: biến cố có xác suất cần tìm; 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 giá trị độ lớn động đất (hay cường độ chấn động trên mặt), 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 độ lớn 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)*.

Quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận xác suất được tiến hành theo các bước sau [10-18]:

Bước 1: dựa trên các số liệu địa chất, kiến tạo, địa vật lý, hoạt động động đất để xác định các vùng nguồn phát sinh động đất.

Bước 2: xác định đặc trưng của mỗi vùng nguồn thông qua các giá trị như magnitud cực đại (M_{max}), giá trị b trong hàm Guntenberg - Richter, tốc độ hoạt động động đất.

Bước 3: đánh giá tác động của động đất thông qua các quy luật lan truyền chấn động.

Bước 4: tính toán độ nguy hiểm động đất với các thông số của những vùng nguồn trong khu vực nghiên cứu.

2. Tiếp cận tất định mới

Độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận tất định mới tại một điểm là xác định cường độ I tại điểm đó theo kịch bản động đất lớn nhất có nguy cơ xảy ra trong vùng nghiên cứu: Gia tốc rung động nền thiết kế cực đại (Amax); Vận tốc rung động nền cực đại (Vmax); hoặc dịch chuyển nền cực đại (Dmax). Nguyên lý cơ bản của tiếp cận này là đồng nhất đặc trưng hoạt động động đất của vùng khi có chung đặc điểm về cấu trúc địa chất, hoạt động kiến tạo và địa động lực. Tiếp cận tất định mới thiên về định hướng giải bài toán mô hình. Tổ hợp các phương pháp cộng phương thức và sai phân hữu hạn chủ yếu được sử dụng để xây dựng mô hình kịch bản rung động nền trong phân vùng động đất. Giá trị của các tham số rung động nền bao gồm: gia tốc, vận tốc và dịch chuyển ở cả 3 thành phần được xác định trong miền tần số mở rộng lên tới 10 Hz, có lưu ý tới ảnh hưởng của bất đồng nhất ngang do các lớp trầm tích trên mặt gây ra.

Quy luật tắt dần của các thông số rung động nền (PGA, PGV...) được mô tả bằng hàm tượng trưng dưới đây:

$$\text{Log } Y = a + b*M + c* \log *r_f + d*D_f + e*S$$

Trong đó: Y: các thông số của rung động nền; a, b, c, d, e: các hệ số được xác định thực nghiệm; r_f, D_f: các giá trị khác nhau của khoảng cách từ vùng nguồn; S: biến nhị phân (0, 1) phụ thuộc vào dạng của nền đất.

Khoảng cách gần nhất của công trình đến đường đứt gãy trên bề mặt địa hình (D_f) được xác định theo công thức:

$$r^2_f = D^2_f + h_0^2$$

Trong đó: h_0 đại diện cho một số giá trị độ sâu; khoảng cách từ 5 đến 10 cho PGA và 3 đến 10 cho PGV.

Tiếp cận tất định mới đã được các nước châu Âu sử dụng rộng rãi trong thời gian gần đây [1-7]. Quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất theo tiếp cận tất định mới bao gồm các bước thực hiện cơ bản sau [20]:

Bước 1: xác định vùng nguồn phát sinh động đất với các tham số về cơ cấu chấn tiêu vùng nguồn, đánh giá cực đại động đất có thể xảy ra tại mỗi vùng nguồn.

Bước 2: xác định các đới cấu trúc và các tham số về mật độ cũng như vận tốc sóng địa chấn tại các lớp của mỗi vùng.

Bước 3: xác định quy luật tắt dần chấn động.

Bước 4: tính toán độ nguy hiểm động đất.

Bộ chương trình GNDT được sử dụng trong tính toán độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà [20].

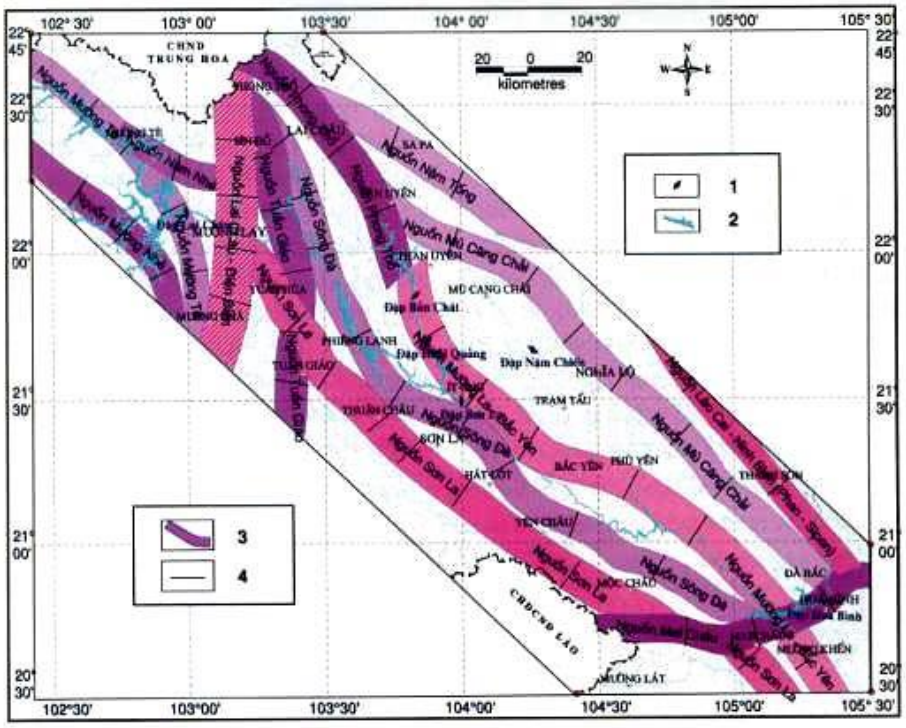
IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Tập bản đồ độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà trên cơ sở tiếp cận xác suất

a) Các vùng nguồn chấn động

Một trong những khâu đầu tiên và quan trọng của toàn bộ quy trình tính toán 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 sau: 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 nghèo, ranh giới xác định theo nguyên tắc nêu trên sau đó 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 này 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 đây, ranh giới của 13 vùng nguồn chấn động được vạch ra trên toàn bộ lãnh thổ khu vực nghiên cứu (Hình 2).



Hình 2. *Bản đồ vùng nguồn phát sinh động đất khu vực bậc thang thủy điện sông Đà*

Chú giải: *1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ thủy điện; 3/ Vùng nguồn phát sinh động đất; 4/ Ranh giới phân đoạn nguồn*

b) Ước lượng các tham số nguy hiểm động đất cho các vùng nguồn chấn động

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 đồng nhất đơn vị đo độ lớn và 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. Ở đây các động đất có độ lớn từ 3,0 (giá trị độ lớn M nhỏ nhất đại diện đặc trưng cho khu vực nghiên cứu [7]) trở lên được sử dụng cho các tính toán.

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 độ lớn động đất, 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 [10]. 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.

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: Độ lớn động đất cực đại dự báo M_{max}; Các tham số a và b trong biểu thức tương quan giữa độ lớn và tần suất động đất (biểu thức *Gutenberg-Richter*) và các đại lượng suy diễn tương ứng λ và β; 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. Cơ sở lý thuyết của hai phương pháp này đã được mô tả chi tiết trong nhiều công trình trước đây [13-15]. 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}. Vì vậy, trong nghiên cứu này, phương pháp hợp lý cực đại được ưu tiên áp dụng cho các vùng nguồn chấn động. Kết quả ước lượng các tham số động đất cho các vùng nguồn minh họa trong Bảng 1.

Bảng 1. *Tham số nguy hiểm động đất của các vùng nguồn chấn động tại khu vực bậc thang thủy điện sông Đà*

STT	Tên vùng nguồn	λ_0	M_{max} obs.	M_{max} HLCD	M_0	b_{HLCD}	H (km)
1	Mường Nhé	0,026	5,3	6,4 ±0,51	3,0	0,935	12
2	Mường Tè	0,028	4,7	6,5±0,31	3,0	0,935	12
3	Nậm Tống	0,029	4,7	6,3±0,16	3,0	0,935	12
4	Lai Châu - Điện Biên	0,090	5,2	6,3±0,13	3,0	0,935	17
5	Tuần Giáo	0,096	5,1	6,4 ±0,63	3,0	0,935	12
6	Sơn La	0,102	6,7	6,7±0,77	3,0	0,935	17
7	Sông Đà	0,075	5,3	6,7±0,68	3,0	0,935	12
8	Phong Thổ	0,085	6,4	6,5±0,19	3,0	0,935	17
9	Nậm Nhé	0,027	4,1	6,6±0,17	3,0	0,935	12
10	Mù Cang Chải	0,029	4,9	6,8±0,54	3,0	0,935	12
11	Mường La - Bắc Yên	0,098	4,8	6,8±0,48	3,0	0,935	17
12	Lào Cai - Ninh Bình	0,025	4,0	6,9±0,92	3,0	0,935	12
13	Mai Châu	0,03	4,9	6,6±0,31	3,0	0,935	12

Chú giải: *λ_0: tần suất động đất có độ lớn M_0 bị vượt quá hàng năm; M_{max_obs}: giá trị độ lớn động đất cực đại quan sát; M_{max_HLCD} - giá trị độ lớn động đất cực đại tính bằng phương pháp hợp lý cực đại; M_0: cận dưới giá trị độ lớn động đất; b_{HLCD}: giá trị b suy diễn từ kết quả của phương pháp hợp lý cực đại; H: bề dày tầng hoạt động của mỗi vùng nguồn chấn động.*

c) Tập bản đồ gia tốc cực đại nền

Chương trình CRISIS2007 của Ordaz và cộng sự được áp dụng để tính toán độ nguy hiểm động đất cho khu vực nghiên cứu với các số liệu đầu vào sau đây [19]:

- Bản đồ các vùng nguồn chấn động trong khu vực nghiên cứu (Hình 2).

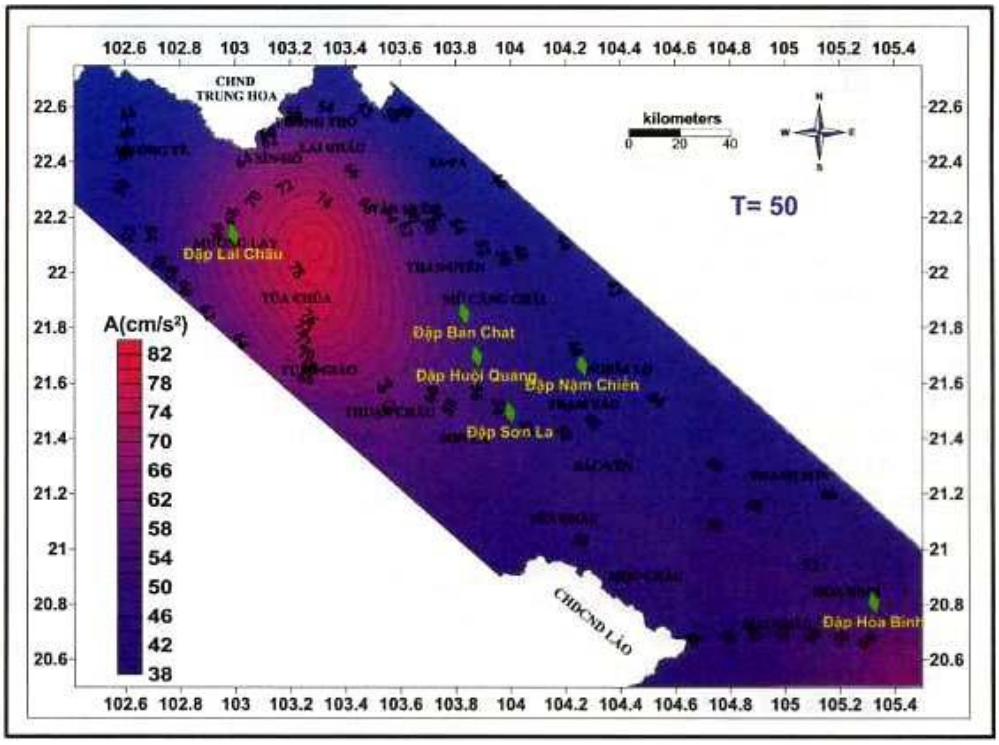
- Các tham số nguy hiểm động đất và các tham số phục vụ tính toán độ nguy hiểm động đất xác định cho từng vùng nguồn (Bảng 1).

Bảng 1 liệt kê toàn bộ 13 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 cho khu vực nghiên cứu. Đối với tất cả các vùng nguồn, giá trị cận dưới độ lớn động đất được chọn là M_0=3,0. Gia tốc cực đại nền (đo bằng đơn vị % gal) được tính tại mỗi điểm của mạng lưới 0,20x0,20 phủ lên toàn vùng nghiên cứu và được sử dụng để xây dựng các bản đồ độ nguy hiểm động đất.

Dựa vào bản đồ vùng nguồn phát sinh động đất và các thông số đã được xác định [4, 5], tập thể tác giả đã tiến hành tính toán gia tốc rung động nền tương ứng với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm, 100 năm, 200 năm, 500 năm, 1.000 năm, 5.000 năm và 10.000 năm.

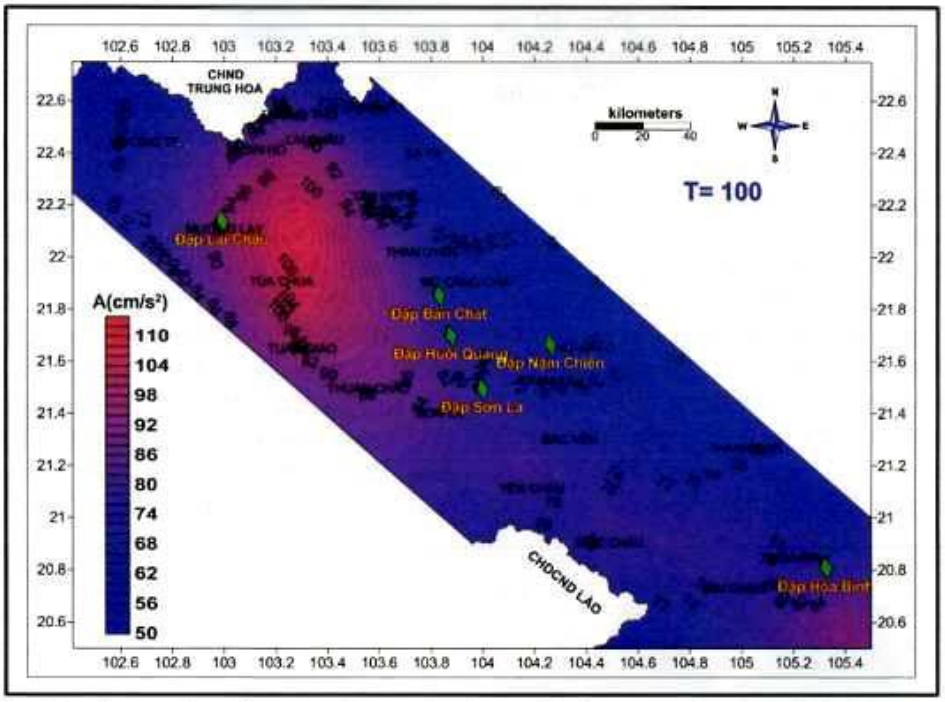
Thông thường, giá trị gia tốc rung động nền với chu kỳ lặp lại 50 năm hoặc 100 năm được sử dụng trong tính toán xây dựng các công trình dân sinh.

- Đối với chu kỳ lặp lại động đất 50 năm (Hình 3), gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà biến đổi trong giới hạn từ 38 cm/s^2 đến 84 cm/s^2 (cấp VI theo thang MSK-64). Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng Mường Tè - Mường Nhé, Tú Lệ - Mù Cang Chải - Mộc Châu - Mường Lát (PGA < 60 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc rung động nền (PGA=84 cm/s^2) bao phủ toàn bộ huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên.



Hình 3. *Gia tốc rung động nền (PGA) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại 50 năm.*

- Với chu kỳ lặp lại động đất trong khoảng thời gian 100 năm (Hình 4), gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà biến đổi trong giới hạn từ 50 cm/s^2 đến 114 cm/s^2 (cấp VI-VII theo thang MSK-64). Cường độ chấn động cấp VI, thang MSK-64 bao trùm toàn bộ diện tích vùng Mường Tè - Mường Nhé, Tủ Lệ - Mù Cang Chải - Mộc Châu - Mường Lát (PGA < 60 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc rung động nền cấp VII (thang cấp chấn động MSK-64) bao phủ toàn bộ huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên.



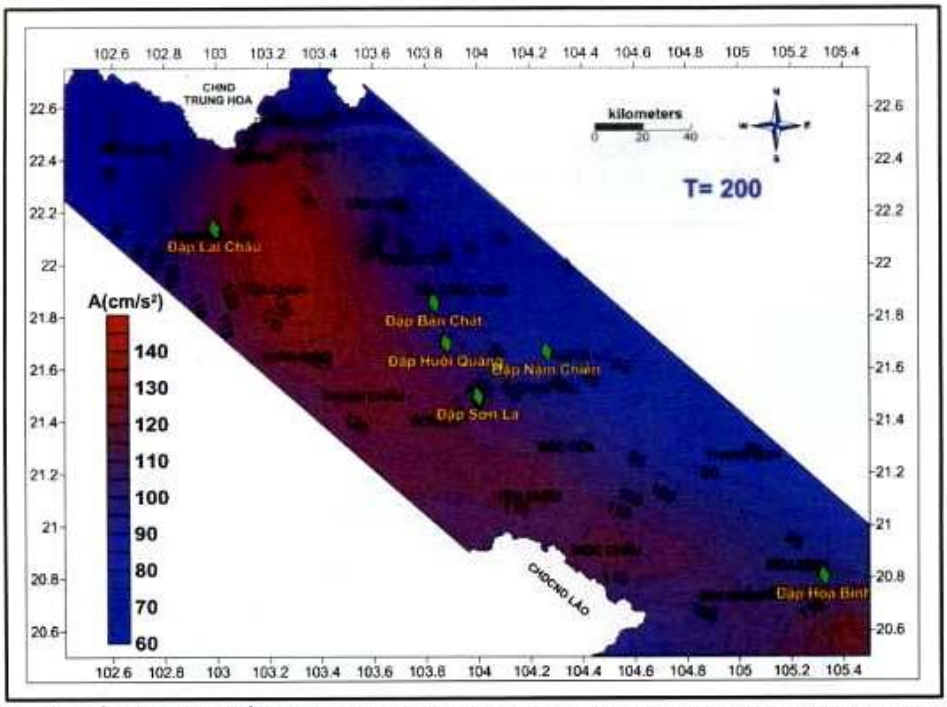
Hình 4. *Gia tốc rung động nền (PGA) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại 100 năm.*

Trong nghiên cứu đánh giá tác động của động đất tới công trình thủy điện người ta sử dụng chu kỳ lặp lại động đất 500 năm đối với thiết kế đập và chu kỳ 200 năm đối với các công trình phụ trợ khác [17]. Đối với các công trình thủy điện khu vực bậc thang Sông Đà trước khi xây dựng đã được Viện Vật lý Địa cầu nghiên cứu đánh giá riêng rẽ phục vụ thiết kế xây dựng. Phương pháp luận và kết quả nghiên cứu lần này của chúng tôi cho giá trị không thay đổi so với các nghiên cứu trước đây. Chỉ khác là việc tính toán được tiến hành chung trên một diện tích bao phủ vùng lãnh thổ nghiên cứu.

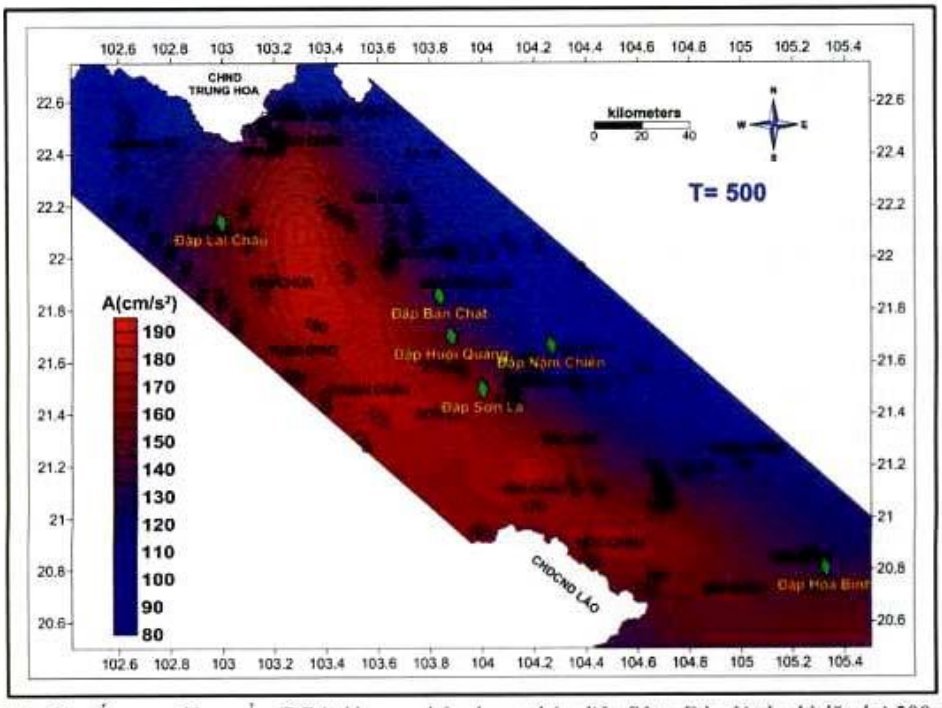
- Gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại động đất 200 năm (Hình 5) có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 60 cm/s^2 đến trên 150 cm/s^2 (cấp VII thang MSK-64). Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng Mường Tè - Mường Nhé, Tủ Lệ - Mù Cang Chải (PGA < 80 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc rung động nền (PGA=150 cm/s^2) bao phủ toàn bộ huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên.

- Gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại động đất 500 năm (Hình 6) có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 80 cm/s^2 đến trên 195 cm/s^2 (cấp VII-VIII theo thang MSK-64). Gia tốc rung động nền cấp VII (MSK-64) thuộc về khu vực Mường Tè - Mường Nhé, Tủ Lệ - Mù Cang Chải (PGA < 120

cm/s^2). Các khu vực còn lại có gia tốc rung động nền cấp VIII (MSK-64), giá trị cực đại gia tốc rung động nền biến động trong giới hạn 120 cm/s^2 đến 195 cm/s^2.

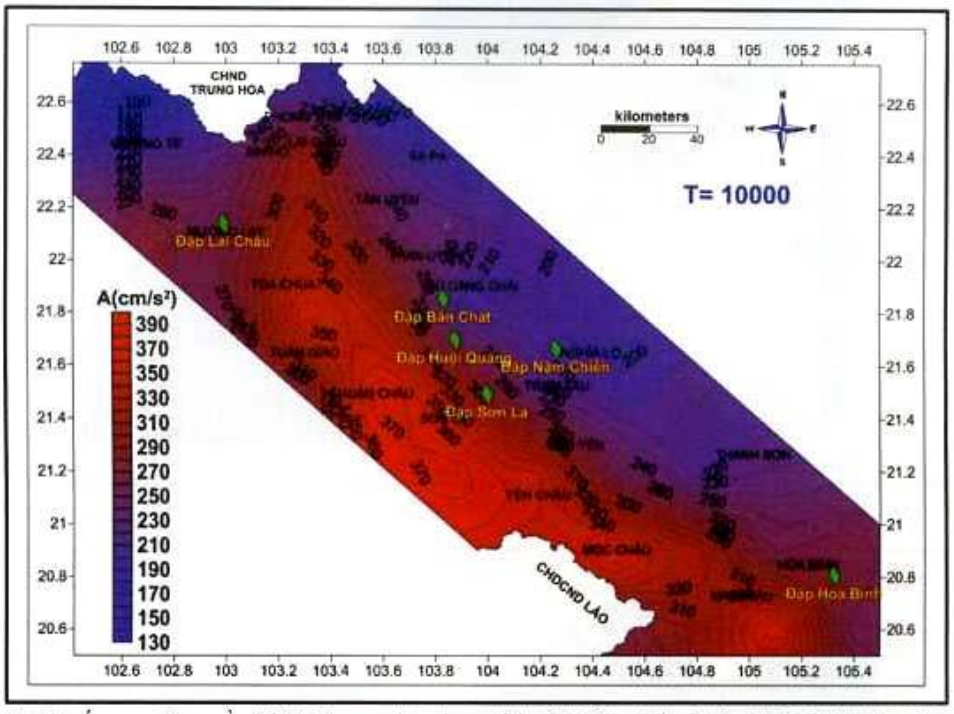


Hình 5. *Gia tốc rung động nền (PGA) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại 200 năm.*



Hình 6. *Gia tốc rung động nền (PGA) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại 500 năm*

- Đối với các công trình xây dựng đặc biệt quan trọng (ví dụ nhà máy điện nguyên tử) người ta sử dụng gia tốc rung động nền được tính toán với chu kỳ lặp lại 10.000 năm. Gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại động đất 10.000 năm (Hình 7) có giá trị biến đổi trong khoảng từ 130 cm/s^2 đến >395 cm/s^2 (cấp VIII-IX thang MSK-64). Gia tốc rung động nền cấp VIII bao phủ gần như toàn bộ diện tích nghiên cứu, kể cả các công trình thủy điện trên bậc thang Sông Đà. Gia tốc cấp IX thuộc về nguồn phát sinh động đất Sơn La, nơi quan sát được cổ động đất (420 năm về trước) và động đất năm 1983 tại Tuần Giáo.



Hình 7. *Gia tốc rung động nền (PGA) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại 10.000 năm*

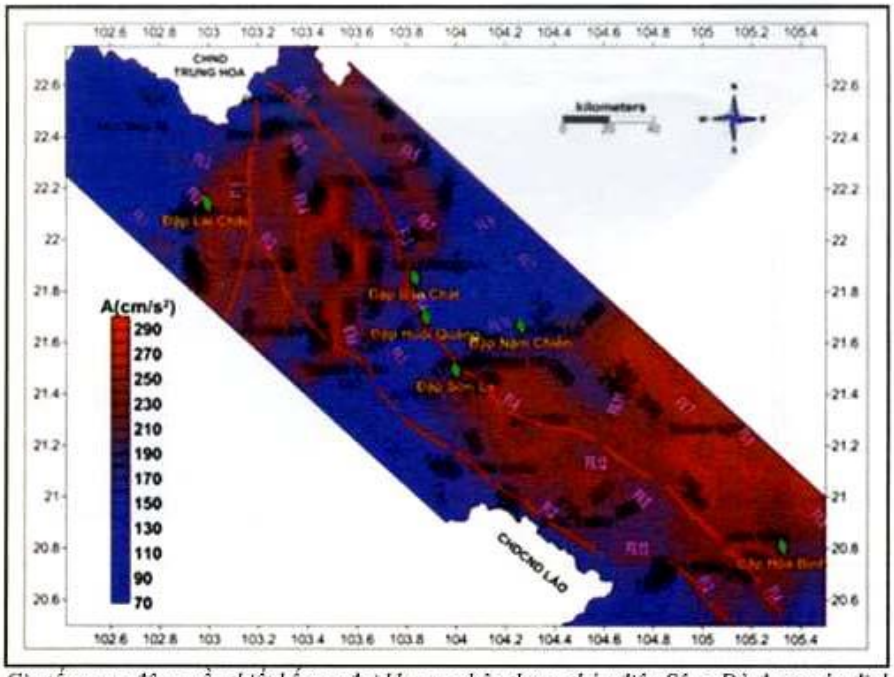
2. Tập bản đồ độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện sông Đà trên cơ sở tiếp cận tất định mới

Các kết quả tính toán dịch chuyển nền cực đại (D_{max}), vận tốc dịch chuyển nền cực đại (V_{max}), gia tốc nền cực đại (A_{max}) được xác định trên cơ sở số liệu động đất Việt Nam đến hết năm 2015 (có đề cập tới động đất lịch sử) và sử dụng bộ chương trình GNDT. Kết quả xác định độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà theo tiếp cận tất định mới (Hình 8-10) cho thấy: Gia tốc rung động nền thiết kế cực đại (A_{max}) thay đổi trong giới hạn 70÷290 cm/s^2 (cấp; dịch chuyển ngang cực đại (D_{max}) của nền có thể đạt 35÷36 cm; vận tốc cực đại nằm ngang (V_{max}) thay đổi từ 6÷30 cm/s.

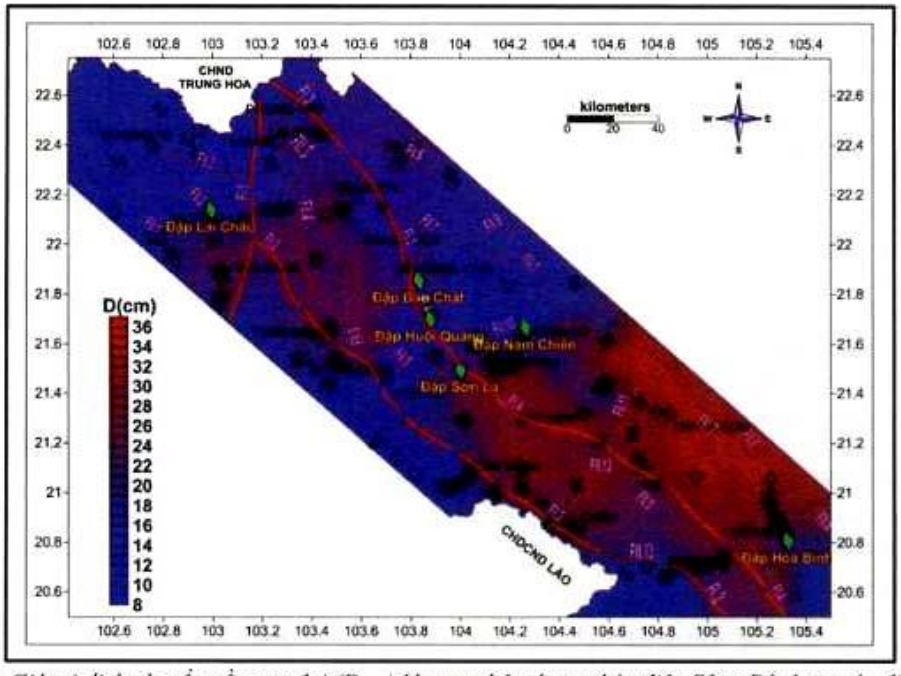
3. Thảo luận

Nghiên cứu đánh giá động nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện sông Đà và kế cận đã được nhiều nhà địa chấn Việt Nam tiến hành [1-7, 11-17], từ tỷ lệ 1:1.000.000 đến rất chi tiết (1:50.000 cho các công trình thủy điện trong khu vực). Về phương pháp luận có 02 cách tiếp cận là xác suất (GS.TS Nguyễn Đình Xuyên, PGS.TS Nguyễn Hồng Phương, PGS.TS Nguyễn Ngọc Thủy, TS. Lê Tử Sơn) và tất định mới (PGS.TS Cao Đình Triều). Kết quả đánh giá độ nguy hiểm động đất trong nghiên cứu này được tiến hành ở tỷ lệ

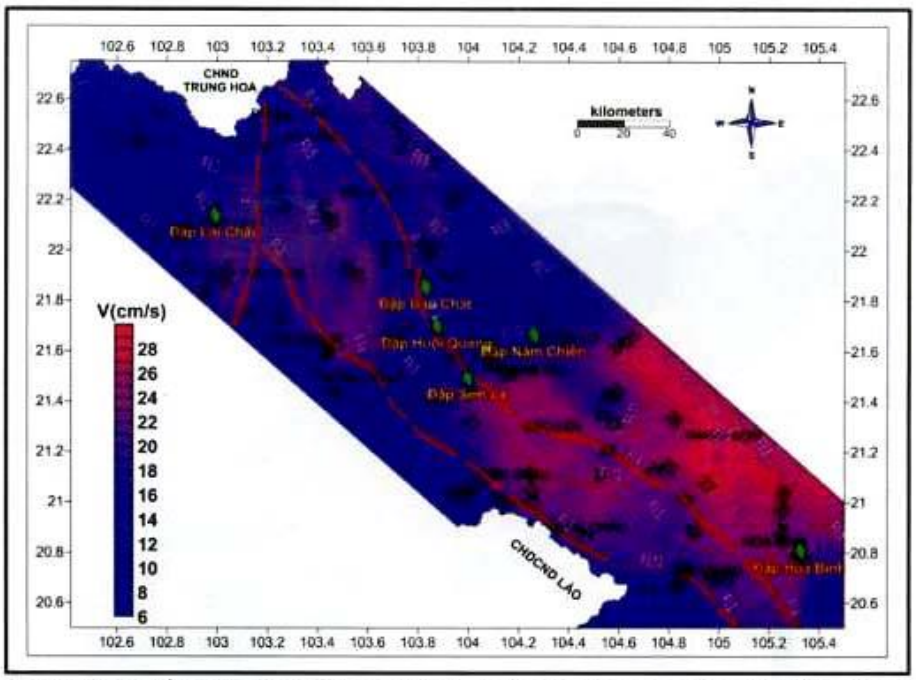
1:200.000 và đồng thời sử dụng 02 cách tiếp cận là xác suất và tiếp cận tất định mới. Đối sánh kết quả của các nghiên cứu trước đây và của tập thể tác giả, cũng như giữa 02 cách tiếp cận trong bài báo này có thể nêu ra một số nhận định sau:



Hình 8. *Gia tốc rung động nền thiết kế cực đại khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà được xác định trên cơ sở tiếp cận tất định mới.*



Hình 9. *Giá trị dịch chuyển nền cực đại (D_{max}) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà được xác định trên cơ sở tiếp cận tất định mới.*



Hình 10. *Giá trị vận tốc rung động nền cực đại (V_{max}) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà được xác định trên cơ sở tiếp cận tất định mới.*

- Các kết quả đánh giá độ nguy hiểm động đất bằng tiếp cận xác suất của các nghiên cứu trước và của tập thể tác giả đều có giá trị tương đồng. Chẳng hạn: Đối với chu kỳ 50 năm là cấp VI, chu kỳ 100 năm là cấp VI-VII, 200 năm là cấp VII, 500 năm là cấp VII-VIII,..., 10.000 năm là cấp VIII-IX (MSK-64).

- Kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất theo tiếp cận tất định mới có giá trị cao nhất có thể đạt cấp VII-IX (MSK-64) tại các khu vực Tuần Giáo, Tủa Chùa, Quỳnh Nhai, Mường Lay, Thanh Sơn, Đà Bắc, Hòa Bình. Kết quả này cao hơn so với tiếp cận xác suất. Sở dĩ như vậy là do ảnh hưởng của kết quả dự báo M_{max}. Ở đây nên hiểu M_{max} là giá trị cực đại động đất cực đoan có nguy cơ xảy ra trong khu vực bậc thang thủy điện sông Đà.

V. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm động đất khu vực liên hồ thủy điện Sông Đà có thể rút ra một số kết luận sau:

- Gia tốc rung động nền khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà với chu kỳ lặp lại động đất 50 năm nằm trong giới hạn 38÷84 cm/s^2; 100 năm: 50÷114 cm/s^2; 200 năm: 60÷150 cm/s^2; 500 năm: 80÷195 cm/s^2; 1.000 năm: 150 đến trên 300 cm/s^2; và 10.000: 130÷395 cm/s^2. Khu vực huyện Tuần Giáo (Điện Biên) là nơi có gia tốc rung động nền lớn nhất đối với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm (84 cm/s^2); 100 năm (114 cm/s^2); 200 năm (150 cm/s^2); 500 năm (195 cm/s^2); và 10.000 năm (395 cm/s^2).

- Trên cơ sở tiếp cận tất định mới cho thấy huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên là nơi được dự báo có biểu hiện nguy hiểm động đất lớn. Tại đây, giá trị dịch chuyển ngang cực đại (D_{max}) của nền có thể đạt 21÷23 cm, vận tốc dịch chuyển ngang cực đại (V_{max}) nằm trong khoảng 22÷25 cm/s và gia tốc giao động nền cực đại (A_{max}) thay đổi từ 200÷250 cm/s^2.

- Trong điều kiện số liệu động đất quan sát còn kém đầy đủ thì việc kết hợp đồng

thời cả hai tiếp cận: thống kê và tất định mới sẽ góp phần nâng cao hiệu quả nghiên cứu đánh giá, dự báo độ nguy hiểm động đất khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà.

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. Cao Dinh Trieu, 2002. Some characteristic features of seismotectonic conditions and seismic regime of the Tuan Giao earthquake area. *J. of Geology, Series B-No 19-20, HaNoi, pp. 54-68.*

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

3. Cao Đình Triều, Franko V., Nguyễn Hữu Tuyên, Nguyễn Thế Hùng, 2009. Nghiên cứu tai biến động đất ở Việt Nam trên cơ sở phương pháp tất định mới. *TC Địa chất, A/314:56-62. Hà Nội.*

4. 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.*

5. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Hữu Tuyên, Cao Đình Trọng, Phạm Nam Hưng, Mai Xuân Bách, 2013. Tiếp cận tất định mới trong nghiên cứu tai biến địa chấn ở Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 170 tr.*

6. Cao Dinh Trieu, Nguyen Thanh Xuan, Nguyen Cong Thang, Le Van Dung, Nguyen Huu Tuyen, 1999. Seismic hazard Assessment in Tay Bac, Vietnam. *J. of Geology, Series B, No. 13-14, HaNoi, pp. 163-173.*

7. Cao Dinh Trieu, Panza G.F., Peresan A., Vaccari F., Romanelli F., Nguyen Huu Tuyen, Pham Nam Hung, Le Van Dung, Mai Xuan Bach, Thai Anh Tuan, Cao Dinh Trong, 2008. Seismic hazard assessment of Vietnam territory on the basis of deterministic approach. *J. of Geology, Series B, No. 31-32, pp. 220-230.*

8. Cornell C.A., 1968. Engineering Seismic Risk Analysis, *Bull. Seim. Soc. Am., 58, pp. 1583-1606.*

9. Esteva L., 1968. Bases para la formulacion de decisiones de diseno sismico. *PhD thesis, Universidad Autonoma Nacional de Mexico.*

10. Keilis-Borok V.I., Knopoff L. and Rotwain I.M., 1980. Burst of aftershocks, long-term precursors of strong earthquakes. *Nature, Vol. 283, pp. 259-263.*

11. Lê Tử Sơn *(Chủ nhiệm)* và nnk, 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: ĐTĐL.2009T/09. Lưu Vật lý Địa cầu, Hà Nội, 271 tr.*

12. Nguyen Hong Phuong, 1991. Probabilistic Assessment of Earthquake Hazard in Vietnam based on Seismotectonic Regionalization, *Tectonophysics, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, 198, pp. 81-93.*

13. 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, N°1.*

14. Nguyen Hong Phuong, 2001. Probabilistic Seismic Hazard Assessment

along the Southeastern Coast of Vietnam. *Natural Hazard, Vol. 24, No 1, pp. 53-74. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.*

15. Nguyễn Đình Xuyên (chủ nhiệm), 2004. Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước. *Lưu Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội, 320 tr.*

16. Nguyễn Hồng Phương, 2004. Bản đồ độ nguy hiểm động đất Việt Nam và biển Đông. *TC Các Khoa học về Trái đất, Hà Nội, T26/2:97-111. Hà Nội.*

17. Nguyễn Hồng Phương, Phạm Thế Truyền 2015. Tập bản đồ xác suất nguy hiểm động đất Việt Nam và Biển Đông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, T15/1:77-90. DOI: 10.15625/1859-3097/15/1/6083.*

18. Nguyễn Ngọc Thủy và nnk., 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.*

19. Ordaz M., Aguilar A., Arboleda J. Phần mềm CRISISS2007. *Univer. of Mexico (UNAM).*

20. University of Trieste, 2004. GNDT Deterministic Seismic Zoning Reference Guide (version 0.5.4). *University of Trieste, 68.*

SUMMARY

Earthquake hazard assessment for the Đà River hydroelectric ladder region

Nguyễn Đắc Cường, Đặng Thanh Hải, Cao Đình Trọng, Thái Anh Tuấn

In this paper, the authors present some results of earthquake hazard assessment for Đà River ladder of hydropower plants according to probabilistic and neo-deterministic approaches. The results have shown that: According to the probabilistic approach, Tuần Giáo district, Điện Biên province, has the largest ground accelerations with respect to the following periods: 50 years (84 cm/s^2); 100 years (114 cm/s^2), 200 years (150 cm/s^2), 500 years (195 cm/s^2), and 10,000 years (395 cm/s^2); In the meantime, the neo-deterministic approach for earthquake hazard prediction has shown that the Tuần Giáo area has the maximum horizontal ground displacement (D_{max}) equal to 21-23 cm, maximum horizontal velocity (V_{max}) in the range of 22-25 cm/s and maximum ground motion (A_{max}) ranging from 200-250 cm/s^2. In the case of missing observation earthquake data, the combination of both probabilistic and neo-deterministic approaches allows us to improve the efficiency of earthquake hazard assessment and prediction in the Đà River Ladder of hydropower plants.

Người biên tập: PGS.TS Nguyễn Hồng Phương.