

XÂY DỰNG MÔ HÌNH NGUỒN TUYẾN ĐÁNH GIÁ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM

NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, PHẠM THẾ TRUYỀN

I. MỞ ĐẦU

Việc đánh giá định lượng độ nguy hiểm động đất dựa trên cơ sở ban đầu là các mô hình nguồn chấn động đã được xây dựng sẵn, mô phỏng quá trình giải phóng năng lượng và lan truyền chấn động từ chấn tiêu một trận động đất tới điểm quan sát. Các mô hình này cho phép tính toán định lượng độ nguy hiểm động đất tại nhiều điểm quan sát khác nhau, từ đó xây dựng các bản đồ độ nguy hiểm động đất cho một khu vực cụ thể.

Các mô hình lý thuyết đánh giá độ nguy hiểm động đất đầu tiên đã được A.C. Cornell (1968), W.G. Milne và A.G. Davenport (1969) xây dựng dựa trên giả thiết toàn bộ năng lượng do động đất phát ra được lan truyền từ chấn tiêu, do đó chúng còn có tên gọi là "các mô hình nguồn điểm" [3, 8]. Việc áp dụng các mô hình nguồn điểm thường tỏ ra không đáng tin cậy trong trường hợp động đất đang xét là một trận động đất mạnh, xảy ra trên một đứt gãy kiến tạo có độ dài lớn và điểm quan sát nằm khá gần với đứt gãy phát sinh động đất. Trong những trường hợp như vậy, do chấn tiêu thường là một đới phá huỷ có dạng kéo dài theo phương của đứt gãy sinh chấn, mô hình nguồn điểm thường không phản ánh đúng hình học, cơ cấu chấn tiêu và kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất nhận được thường thấp hơn các giá trị hiện thực.

Để khắc phục những nhược điểm của các mô hình nguồn điểm, D.A. Kiureghian và A.S.H. Ang (1977) đồng thời với B.M. Douglas và A. Ryall (1977) đã phát triển các mô hình đánh giá độ nguy hiểm động đất cho trường hợp nguồn tuyến, khi các đứt gãy hoạt động (hay các đoạn của chúng) được coi là nguồn phát sinh chấn động động đất [4, 6]. Các mô hình nguồn tuyến được xây dựng dựa trên giả thiết: sau khi động đất phát sinh tại chấn tiêu, chấn động được lan truyền ra không gian xung

quanh và để lại dấu vết dưới dạng một chuỗi liên tiếp các đoạn đứt gãy nhỏ trong toàn bộ đới phá huỷ nằm trong lớp vỏ Trái Đất. Như vậy, cường độ rung động cực đại tại một điểm sẽ được xác định bởi đoạn đứt gãy phá huỷ nằm gần điểm đó nhất. Một trong những đặc điểm quan trọng của các mô hình nguồn tuyến là được xây dựng dựa trên mối tương quan được chi tiết hoá giữa magnitud động đất và các tham số của đứt gãy phát sinh động đất. Chính yếu tố này tạo sự khác biệt cơ bản giữa mô hình nguồn tuyến và mô hình nguồn điểm và ảnh hưởng trực tiếp tới các kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất.

Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng một mô hình tính toán độ nguy hiểm động đất cho Việt Nam trên cơ sở vùng nguồn tuyến phục vụ cho việc đánh giá định lượng độ nguy hiểm động đất cho các vùng khác nhau trên lãnh thổ và vùng thềm lục địa Việt Nam. Công nghệ GIS được áp dụng để xây dựng hệ thống công cụ tính toán, với giao diện thân thiện cho phép tự động hoá toàn bộ quy trình với các khâu thao tác phức tạp từ việc lựa chọn kịch bản đến tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất. Ảnh hưởng của các tham số nguồn tuyến tới kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất được khảo sát qua thí dụ áp dụng mô hình cho kịch bản mô phỏng trận động đất Tuần Giáo ngày 24 tháng 6 năm 1983.

II. CƠ SỞ DỮ LIỆU VỀ CÁC HỆ THỐNG ĐỨT GỖ CÓ KHẢ NĂNG SINH CHẤN TRÊN LÃNH THỔ VÀ THỀM LỤC ĐỊA VIỆT NAM

Nguồn tuyến cho Việt Nam được xây dựng trên cơ sở số liệu về các hệ thống đứt gãy sinh chấn đã được xác định trên lãnh thổ và vùng thềm lục địa Việt Nam đã được công bố rộng rãi trong nhiều công trình nghiên cứu từ trước đến nay [7, 10, 17, 22]. Các đứt gãy sinh chấn - các vùng nguồn đã được xác định

theo các số liệu địa chất, kiến tạo, động đất. Ngoài ra, các yếu tố địa vật lý và viễn thám khác cũng được tham khảo như các tiêu chuẩn hỗ trợ cho việc lựa chọn các đứt gãy có khả năng sinh chấn.

Danh mục các hệ thống đứt gãy có khả năng sinh chấn trên lãnh thổ và thềm lục địa Việt Nam cùng với một số đặc trưng cơ bản của chúng được liệt kê trong *bảng 1*. Tổng cộng có 46 hệ đứt gãy

Bảng 1. Các đặc trưng cơ bản của các hệ thống đứt gãy có khả năng sinh chấn trên lãnh thổ và thềm lục địa Việt Nam

Tên đứt gãy (1)	Bậc (2)	Phương kéo dài (3)	Hướng cắm (4)	Cơ chế (N ₂ -Q) (5)
Sông Hồng	1	TB-ĐN ¹⁾	ĐB/60-70°	Bp ³⁾ - thuận
Sông Hồng kéo dài	1	TB-ĐN	ĐB/60-70°	Bp - thuận
Sông Chảy	1	TB-ĐN	ĐB/60-70°	Bp - thuận
Sông Chảy kéo dài	1	TB-ĐN	ĐB/60-70°	Bp - thuận
Sông Lô	1	TB-ĐN	TN/60-70°	Bp - thuận
Sông Lô kéo dài	1	TB-ĐN	TN/60-70°	Bp - thuận
Sông Thương	1	AVT/ĐB-TN	TB/60-70°	Bt ⁴⁾ - nghịch
Sơn La	1	TB-ĐN	ĐB/60-80°	Bp - thuận
Lai Châu - Điện Biên	1	AKT ²⁾ /ĐB-TN	ĐB/60-80°	Bt - thuận
Sông Mã	1	TB-ĐN	ĐB/60-70°	Bp - nghịch
Hưng Nhượng - Tà Vi	1	AVT	B/60-70°	Nghịch - Bp
Tam Kỳ - Phước Sơn	1	AVT	B/60-70°	Bp-nghịch-Bp
Kinh tuyến 109	1	AKT/ĐB-TN	Đ-ĐB	Thuận - Bp
Sông Hậu	1	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Ba Chứa	1	TB-ĐN	TN/70-80°	Bp - thuận
Vĩnh Ninh	1	TB-ĐN	TN	Bp
Pô Cô - Khâm Đức	1	AKT	T/70-80°	Thuận - Bp
Phong Thổ	2	TB-ĐN	TN/70-80°	Bp - thuận
Sông Đà	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Thượng Sông Đà	2	TB-ĐN	ĐB/75-80°	Nghịch - Bp
Mường La - Bắc Yên	2	TB-ĐN	TN/70-80°	Bp - nghịch
Pu May Tun	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - nghịch
Văn Sơn - Hà Giang	2	TB-ĐN	ĐB/60-80°	Bp - thuận
Thái Nguyên - Bắc Cạn - Yên Minh	2	TB-ĐN/ AKT/ĐB-TN	T - TN	Nghịch - Bp- nghịch
Cao Bằng - Tiên Yên	2	TB-ĐN	ĐB/70-85°	Bp - thuận
Tấn Mài - Đại Đồng	2	ĐB-TN	ĐB/60-70°	Bt - nghịch
Cắm Phả - Linh Sơn	2	ĐB-TN	TB/85°	Bt - thuận
Trung Lương	2	AVT	B/70-80°	Bp-nghịch/ Bt-nghịch
Đông Triều - Ưông Bí	2	AVT	B/70-80°	Bp-nghịch
Cô Tô - Bắc Hải	2	ĐB-TN	-	Bp
Hoàng Sa	2	ĐB-TN	-	Bp
Trường Sơn	2	TB-ĐN	ĐB/60-70°	Bp - thuận
Sông Cả	2	TB-ĐN	ĐB/80-90°	Bp - thuận
Khe Bố - Hà Tĩnh	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Sông Hiếu	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Rào Nạy	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Khe Giữa - Cửa Tùng	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận

Bảng 1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Đákrông - Huế	2	TB-ĐN	ĐB/60-80°	Bp - thuận
Sông Ba	2	TB-ĐN	ĐB/70-80°	Bp - thuận
Đà Nẵng - Nam Đông	2	AVT	-	Bp
Ba Tơ - Củng Sơn	2	AKT/ TB-ĐN	Đ/70-80°	Thuận-Bp/ Bp-ngịch
Buôn Hồ	2	TB-ĐN	TN/80-85°	Bp - thuận
Tuy Hoà - Củ Chi	2	ĐB-TN	ĐN/70-80°	Bt - thuận
Thuận Hải - Minh Hải	2	ĐB-TN	TB/60-70°	Bt - thuận
Vũng Tàu - Tông Lê Sáp	2	TB-ĐN	TN/70-80°	Bp - thuận
Phú Quý - Côn Đảo	2	ĐB-TN	-	Bp

¹⁾ Tây bắc - đông nam, ²⁾ á kinh tuyến, ³⁾ trượt bằng phải, ⁴⁾ trượt bằng trái

được thu thập và phân ra thành nhóm với cấp khác nhau, trong đó cấp 1 bao gồm các đứt gãy phân chia các miền kiến tạo (mảng bậc 2) và cấp 2 bao gồm các đứt gãy đóng vai trò phân chia các cấu trúc chính trong các miền [17].

Cần nhấn mạnh, các số liệu về đứt gãy sinh chấn có độ đồng nhất chưa cao, một số đứt gãy vẫn chưa xác định được đầy đủ các tham số. Chắc chắn trong tương lai các số liệu này sẽ còn tiếp tục được bổ sung và hiệu chỉnh. Các số liệu được số hoá và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu GIS, với mỗi hệ đứt gãy được mô hình hoá dưới dạng một hoặc vài đường cong đơn trên bản đồ và được nối kết với các dữ liệu thuộc tính. Các dữ liệu thuộc tính được nhập vào cơ sở dữ liệu bao gồm hai loại. Loại thứ nhất là các thông tin mang tính mô tả như tên gọi đứt gãy, cấp đứt gãy, cơ chế (loại) đứt gãy, hướng phát triển, tổng độ dài,... Loại thứ hai, quan trọng hơn, chính là các tham số đứt gãy sẽ được sử dụng trực tiếp vào quá trình tính toán độ nguy hiểm động đất như magnitude momen cực đại M_{Max} , độ sâu tầng hoạt động, góc cắm,... Các tham số phục vụ tính toán được xác định dựa trên các nguyên tắc sau :

- Đại lượng M_{Max} là độ lớn của động đất cực đại của hệ đứt gãy đang xét có khả năng phát sinh và được xác định trên cơ sở số liệu động đất đã quan sát thấy trên hoặc dọc theo đứt gãy. Trong trường hợp không có số liệu, giá trị M_{Max} được ước lượng bằng hai phương pháp xác suất - thống kê là phương pháp cực trị của Gumbel và phương pháp Hợp lý cực đại [10, 12]. Toàn bộ các giá trị M_{Max} được chuyển đổi về magnitude momen.

- Độ sâu của bề dày tầng hoạt động thuộc hệ đứt gãy được coi là độ sâu lớn nhất của chấn tiêu

động đất quan sát được trong toàn đới phá huỷ của đứt gãy. Điều này có thể thực hiện dễ dàng bằng các công cụ tra vấn ngầm định của một phần mềm xử lý đồ họa GIS.

- Tùy theo góc cắm nghiêng về phía trái hay phải của đường thẳng chỉ phương kéo dài của đứt gãy, giá trị góc cắm của hệ đứt gãy được xác định bằng chính nó hay bằng giá trị góc bù của nó. Đường thẳng chỉ phương của đứt gãy được quy ước ngầm định là chạy từ trên xuống dưới và từ trái qua phải trên bản đồ.

Hình 1 minh họa sơ đồ các hệ thống đứt gãy có khả năng sinh chấn trên lãnh thổ và thêm lục địa Việt Nam được sử dụng trong mô hình nguồn tuyến.

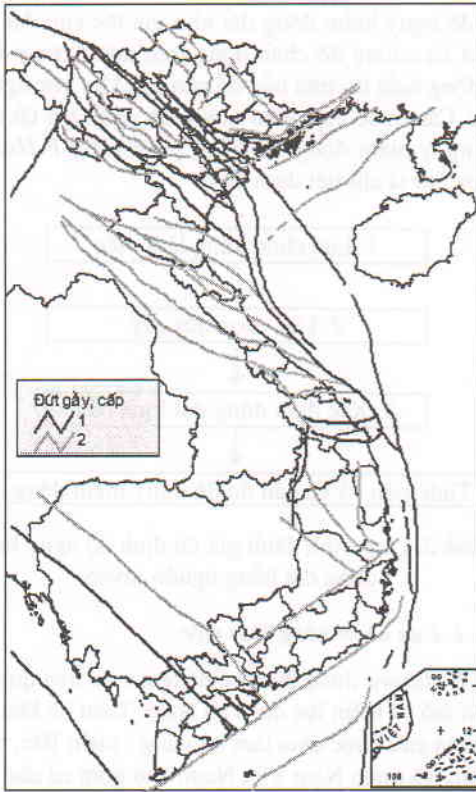
III. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Mối tương quan giữa magnitude M của động đất và độ dài L của đoạn đứt gãy phá huỷ đóng vai trò chấn tiêu (dưới đây gọi là đoạn đứt gãy phá huỷ) đã được nhiều tác giả nghiên cứu. Để xây dựng mô hình nguồn tuyến cho Việt Nam, công thức của Wells D.L. và Copersmith K.J. được sử dụng [19] :

$$\text{Log}_{10}(L) = a + b \cdot M \quad (1)$$

trong đó L - độ dài đoạn đứt gãy phá huỷ tính bằng km, M - magnitude momen của động đất, a và b - các hằng số, được xác định bằng thực nghiệm cho các loại đứt gãy khác nhau và cho trong bảng 2.

Độ nguy hiểm động đất được thể hiện thông qua hai đại lượng đặc trưng cho rung động nền trên bề mặt. Đại lượng thứ nhất là gia tốc cực đại nền, ký hiệu là PGA (viết tắt của cụm từ tiếng Anh Peak Ground Acceleration) và được đo bằng đơn vị gal.



Hình 1. Sơ đồ các hệ thống đứt gãy có khả năng sinh chấn trên lãnh thổ và thêm lục địa Việt Nam

Đại lượng thứ hai là cường độ chấn động do động đất gây ra trên bề mặt, ký hiệu bằng I và được đo bằng một thang đo gồm 12 bậc.

Mối tương quan giữa các thông số rung động nền đất với magnitude động đất và khoảng cách từ nguồn chấn động tới một điểm cho trước, còn gọi là phương trình tắt dần chấn động, được biểu diễn dưới dạng tổng quát như sau :

$$Y = a e^{bM} R^c \quad (2)$$

Bảng 3. Các phương trình tắt dần chấn động sử dụng cho mô hình tuyến của Việt Nam

Nguồn	Môi trường ứng dụng
Nguyễn Đình Xuyên và nnk (1999)	Động đất Việt Nam
Xiang Jianguang và Gao Dong (1994)	Động đất Vân Nam
D.M. Boore, W.B. Joyner & T.E. Fumal (1994)	Động đất nông trong vỏ Trái Đất
K.Sadigh, C.Y. Chang, N.A. Abrahamson, S.J. Chiou, M.S. Power (1993)	Động đất nông trong vỏ Trái Đất
K.Campbell & Y. Bozorgnia (1994)	Động đất nông trong vỏ Trái Đất
C.G. Munson & C.H. Thurber (1997)	Động đất khu vực quần đảo
R.R. Youngs, S.J. Chiou, W.L. Silva và J.R. Humphrey (1997)	Động đất sâu tại các đới cuốn hút
A. Frankel và nnk (1996)	Miền Trung và miền Đông Hoa Kỳ
G.R. Toro, N.A. Abrahamson & J.F. Shneider (1997)	Miền Trung và miền Đông Hoa Kỳ
Phòng thí nghiệm quốc gia Hoa Kỳ Lawrence Livermore (J. Sayv, 1998)	Miền Trung và miền Đông Hoa Kỳ

Bảng 2. Các hệ số hồi quy trong biểu thức quan hệ giữa magnitude và độ dài đoạn đứt gãy phá hủy [19]

Loại phá huỷ	Loại đứt gãy	a	b
Trên mặt	Trượt bằng	-3,55	0,74
	Chờm nghịch	-2,86	0,63
	Khác	-3,22	0,69
Dưới sâu	Trượt bằng	-2,57	0,62
	Chờm nghịch	-2,42	0,58
	Khác	-2,44	0,59

trong đó Y - một trong các tham số rung động nền (trong trường hợp đang xét là PGA hay I), M - magnitude động đất, R - khoảng cách từ chấn tiêu tới điểm quan sát, a, b và c - các hằng số (được xác định cho từng vùng khác nhau).

Đối với đại lượng PGA, đã có rất nhiều phương trình tắt dần chấn động được nhiều tác giả xây dựng và công bố cho nhiều khu vực có điều kiện địa chất công trình và cơ chế kiến tạo - địa động lực rất khác nhau trên thế giới. Bảng 3 liệt kê 10 phương trình tắt dần chấn động được lựa chọn sử dụng cho mô hình nguồn tuyến ở Việt Nam. Các phương trình này đã được áp dụng để đánh giá khả năng rung động nền đất tại Hà Nội [14] và được mô tả chi tiết trong các công trình đã công bố trước đây [1, 2, 5, 9, 15, 16, 18, 20, 21, 23].

Đại lượng I được xác định theo thang MSK-64 cho phù hợp với điều kiện sử dụng ở Việt Nam. Lưu ý, $1 \text{ gal} = 981 \text{ cm/s}^2$, mối tương quan giữa cấp chấn động I với đại lượng gia tốc cực đại nền PGA cho trong bảng 4. Các giá trị của I không được xét chuyển đổi từ các giá trị PGA trong hai trường hợp : 1) tương đương với các cấp độ nhỏ hơn V do không có nhiều ý nghĩa thực tiễn trong địa chấn công trình và 2) lớn hơn X do không hiện thực đối với các động đất Việt Nam.

Bảng 4. Quan hệ giữa gia tốc nền PGA và cấp chấn động I (theo thang MSK-64)

Gia tốc nền PGA (g)	Cấp chấn động I
0,015-0,03	V
0,03-0,06	VI
0,06-0,12	VII
0,12-0,24	VIII
0,24-0,49	IX
Hơn 0,49	X

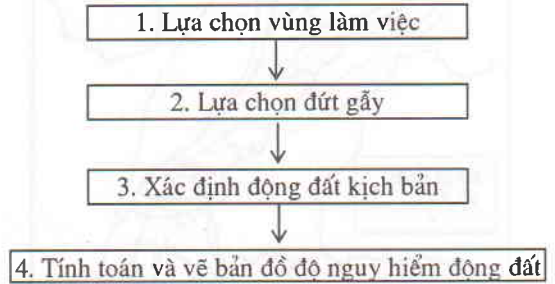
IV. F-HAZARD : CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ TẮT ĐỊNH ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT CHO VIỆT NAM BẰNG NGUỒN TUYẾN

Để áp dụng mô hình nguồn tuyến cho Việt Nam, công nghệ GIS được sử dụng để xây dựng một phần mềm cho phép tự động hoá toàn bộ quy trình đánh giá tắt định độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ và vùng thêm lục địa Việt Nam, từ khâu lựa chọn kịch bản đến tính toán và hiển thị kết quả trên nền đồ họa của Hệ thống thông tin địa lý. Phần mềm này có tên gọi là *F-Hazard*, được viết bằng ngôn ngữ Avenue trên cơ sở tùy biến giao diện của ArcView.

Tính ưu việt của *F-Hazard* không chỉ thể hiện qua việc tự động tính toán và hiển thị các bản đồ độ nguy hiểm động đất. Giao diện tùy biến và một loạt các công cụ trợ giúp chuyên biệt được xây dựng để giúp cho người sử dụng thực hiện các phép lựa chọn, tính toán và hiển thị các kết quả một cách dễ dàng và tiện lợi nhất. Hai công cụ trợ giúp chuyên biệt quan trọng nhất trong *F-Hazard* là công cụ chuyển đổi độ lớn của động đất từ magnitud sóng mặt (là đơn vị đo magnitud phổ biến nhất hiện nay) về magnitud momen cho phù hợp với các công thức tính độ nguy hiểm động đất và công cụ tra vấn không gian, cho phép tra vấn tất cả các thông tin liên quan tới động đất kịch bản, đứt gãy nguồn và các giá trị rung động nền tại mỗi điểm trên bản đồ kết quả.

Quy trình đánh giá tắt định độ nguy hiểm động đất được thực hiện trong chương trình *F-Hazard* bao gồm bốn bước minh họa trên hình 2. Quy trình bắt đầu bằng việc xác định khu vực nghiên cứu; tiếp đó, xác định đứt gãy sinh chấn từ vùng nghiên cứu vừa chọn. Các tham số của đứt gãy đã chọn tiếp tục được sử dụng để xác định trận động đất "kịch bản" được giả thiết là phát sinh trên đứt gãy đã cho. Cuối cùng, một phương trình tắt dần chấn động phù hợp với điều kiện khu vực nghiên cứu được lựa chọn và áp dụng để tính toán độ nguy hiểm động đất theo kịch bản đã cho. Sau khi tính toán, các lớp thông tin biểu

thị độ nguy hiểm động đất như gia tốc cực đại nền PGA và cường độ chấn động trên mặt I cũng được tự động hiển thị trên bản đồ nền của khu vực nghiên cứu. Các bước thực hiện quy trình đánh giá tắt định độ nguy hiểm động đất bằng phần mềm *F-Hazard* được mô tả chi tiết dưới đây.



Hình 2. Quy trình đánh giá tắt định độ nguy hiểm động đất bằng nguồn tuyến

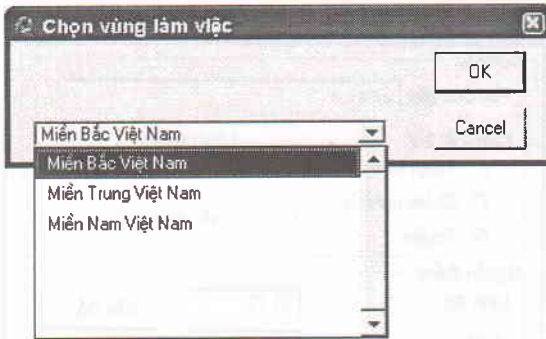
1. Lựa chọn vùng làm việc

F-Hazard được thiết kế để làm việc trên quy mô lãnh thổ và thêm lục địa Việt Nam. Toàn bộ khu vực nghiên cứu được chia làm ba vùng: miền Bắc, miền Trung và miền Nam Việt Nam, bao gồm cả các lãnh hải liên quan. Sau khi khởi động *F-Hazard*, cửa sổ *Chọn vùng làm việc* tự động hiện lên cho phép người sử dụng chọn một trong ba vùng nghiên cứu (hình 3). Sau khi chọn một vùng từ danh sách thả, người sử dụng chỉ cần nhấn OK để truy cập tới bản đồ vùng đã chọn.

Nếu muốn chọn lại vùng làm việc, người sử dụng có thể nhấn chuột vào phím Cancel để đóng cửa sổ *Chọn vùng làm việc* lại. Sau đó phép chọn vùng có thể thực hiện lại bằng cách chọn mục "*Chọn vùng nghiên cứu*" từ lệnh đơn "*Đánh giá độ nguy hiểm động đất*", hoặc nhấn phím "*Select a region*" trên thanh chức năng của giao diện phần mềm *F-Hazard*. Cả hai thao tác trên đều mở ra cửa sổ *Chọn vùng làm việc* minh họa trên hình 3.

2. Lựa chọn đứt gãy

Cũng giống như thao tác chọn vùng làm việc, thao tác chọn đứt gãy có thể thực hiện bằng hai cách: sử dụng lệnh đơn hoặc sử dụng phím chức năng. Người sử dụng có thể chọn mục "*Chọn đứt gãy*" từ lệnh đơn "*Đánh giá độ nguy hiểm động đất*", hoặc nhấn vào phím "*Select a fault*" trên thanh chức năng của giao diện phần mềm *F-Hazard* để mở ra cửa sổ "*Cơ sở dữ liệu các đứt gãy nguồn động đất*" (hình 4).



Hình 3. Cửa sổ "Chọn vùng làm việc" của F-Hazard

Để chọn một đứt gãy, người sử dụng cần nhấp chuột vào hàng có tên đứt gãy cần chọn trong cơ sở dữ liệu rồi nhấn phím "Tiếp tục". Người sử dụng cũng có thể nhấp chuột vào phím "Quay lại" để huỷ bỏ việc chọn đứt gãy và đóng cửa sổ "Cơ sở dữ liệu các đứt gãy nguồn động đất" lại. Hình 4 minh họa việc chọn đứt gãy Sơn La từ cơ sở dữ liệu các đứt gãy sinh chấn, cần lưu ý, chương trình đã lọc ra những đứt gãy nằm trên vùng nghiên cứu đã được chọn trong bước thao tác trước là lãnh thổ và thêm lục địa miền Bắc Việt Nam.

STT	Tên	M.Max	Độ sâu	Cấp	Loại	Hướn
1	Sơn La	6.7	23.00	1	Normal	TB ·
2	Lai Châu - Điện Biên	6.8	23.00	1	Normal	BN
3	Sông Mã	6.8	35.00	1	Reverse	TB · ·
4	Sông Hồng	4.9	60.00	1	Normal	TB · ·
5	Sông Chảy	5.9	25.00	1	Normal	TB · ·
6	Sông Chảy kéo dài	5.9	25.00	1	Normal	TB · ·
7	Sông Lô	4.9	35.00	1	Strike-Slip	TB · ·
8	Sông Lô kéo dài	4.9	35.00	1	Strike-Slip	TB · ·
9	Trường Sơn	5.0	15.00	2	Normal	TB · ·
10	Sông Thương	5.0	10.00	1	Reverse	ĐB-TI
11	Sông Cả	6.0	60.00	2	Strike-Slip	TB · ·
12	Khe Bố - Hà Tĩnh	4.9	25.00	2	Strike-Slip	TB · ·
13	Sông Đà	4.9	35.00	2	Strike-Slip	TB · ·
14	Mường La - Bắc Yên	4.8	15.00	2	Strike-Slip	TB · ·
15	Pu May Tun	4.5	33.00	2	Reverse	TB · ·

Hình 4. Cửa sổ "Cơ sở dữ liệu các đứt gãy nguồn động đất" của F-Hazard

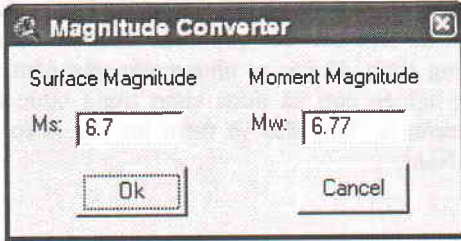
3. Xác định động đất kịch bản

Sau khi người sử dụng chọn một đứt gãy từ cơ sở dữ liệu và nhấn nút "Tiếp tục", cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến" sẽ hiện ra cho phép mô tả động đất kịch bản và lựa chọn phương trình tắt dần chấn động phù hợp.

Các mục "Đứt gãy", "Nguồn điểm" và "Đoạn đứt gãy phá huỷ" trong cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến" giành cho việc mô tả động đất kịch bản. Trong các hộp văn bản thuộc ba mục này (trừ hai

hộp văn bản "Vĩ độ" và "Kinh độ") đều đã được hiển thị tự động những thông tin mặc định lấy từ cơ sở dữ liệu như "Tên đứt gãy", "Độ sâu, km", "magnitude momen", "Độ dài nguồn, km", "Chiều rộng dưới sâu, km" và "Chiều rộng trên mặt, km". Tuy nhiên, người sử dụng luôn có thể thay đổi các tham số này bằng lựa chọn "Ghi đè". Các tham số có liên quan trong công thức (1) sẽ tự động thay đổi theo nếu một trong số chúng bị thay đổi. Người sử dụng cũng có thể tùy ý thay đổi cơ chế dịch chuyển của đứt gãy đã chọn bằng cách sử dụng các

phím radio trong mục "Đứt gãy". Trong trường hợp *magnitude* được xác định bằng sóng mặt, người sử dụng có thể chuyển đổi giá trị này về giá trị *magnitude momen* bằng cách sử dụng công cụ chuyển đổi *magnitudo* minh họa trên hình 5.



Hình 5. Công cụ chuyển đổi magnitude từ M_s về M_w của F-Hazard

Hai hộp văn bản để trống là "Vĩ độ" và "Kinh độ" dùng để nhập tọa độ của chấn tâm, được giả thiết là điểm giữa hình chiếu của đoạn đứt gãy phá hủy trong chấn tiêu lên bề mặt Trái Đất. Người sử dụng có thể nhập thẳng giá trị vào hai ô này nếu biết trước tọa độ chấn tâm của động đất kịch bản, hoặc chọn phương án xác định chấn tâm trên bản đồ. Để xác định chấn tâm động đất kịch bản bằng bản đồ, người sử dụng cần thao tác theo trình tự sau :

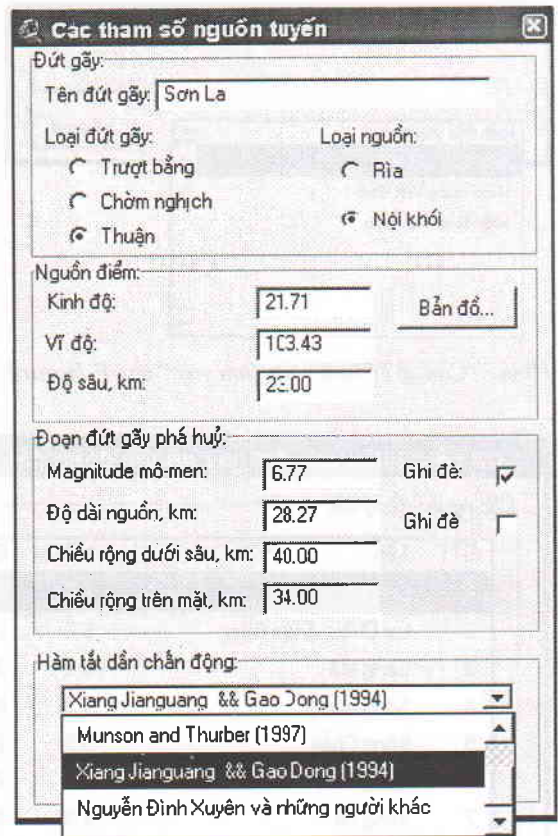
1) Kích chuột lên nút "Bản đồ" trên cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến". Bản đồ nền vùng nghiên cứu sẽ hiện ra, với đứt gãy được lựa chọn đã đổi sang màu vàng.

2) Dùng trỏ chuột chấm lên một điểm trên đứt gãy. Lưu ý, điểm này phải có tọa độ trùng với tọa độ chấn tâm động đất kịch bản, và phải nằm trên đứt gãy hoặc cách đứt gãy không quá 5 km. Trong trường hợp ngược lại, chương trình sẽ hiện thông báo lỗi và người sử dụng sẽ phải chọn lại chấn tâm động đất kịch bản. Ngay sau khi thực hiện xong thao tác này, cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến" sẽ lại hiện lên, nhưng lần này các giá trị tọa độ chấn tâm động đất kịch bản đã được hiển thị trong hai ô "Vĩ độ" và "Kinh độ".

Đến đây, có thể coi kịch bản động đất đã được xác định, với đầy đủ các thông số đầu vào cho phép tính toán độ nguy hiểm động đất. Hình 6 minh họa cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến", với các tham số nguồn tuyến, tọa độ chấn tâm động đất kịch bản đã xác định.

4. Tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất

Để có được kết quả đáng tin cậy nhất, người sử dụng cần lựa chọn phương trình tắt dần chấn động



Hình 6. Cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến" của F-Hazard

phù hợp với các điều kiện địa chất kiến tạo của khu vực nghiên cứu theo kịch bản đã chọn. F-Hazard cho phép lựa chọn một trong số 10 phương trình tắt dần chấn động được xây dựng cho các vùng khác nhau trên thế giới đặc trưng bởi các điều kiện địa chất kiến tạo rất khác nhau. Phương trình tắt dần chấn động được chọn bằng cách kích hoạt danh sách thả phía dưới cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến", chọn một phương trình trong danh sách và nhấn nút "Tiếp tục" để bắt đầu quá trình tính toán. Trên hình 6 minh họa cửa sổ "Các tham số nguồn tuyến", với phương trình tắt dần chấn động của Xiang Jianguang và Gao Dong (1994) được chọn.

F-Hazard thực hiện việc tính toán các giá trị PGA trên một mạng lưới các điểm tính đã xây dựng sẵn, sau đó phép nội suy được thực hiện và bản đồ đồng mức PGA được tự động hiển thị trên màn hình dưới cả hai khuôn dạng raster và vector. Để tiết kiệm thời gian tính toán, mạng lưới các điểm tính ngầm định của F-Hazard được giới hạn mặc định trong

phạm vi một hình vuông có độ dài mỗi cạnh là 3 độ địa lý (khoảng 330 km). Đại lượng I cũng được nội suy từ các giá trị PGA theo mối tương quan trình bày trong *bảng 4*.

V. ÁP DỤNG MÔ HÌNH NGUỒN TUYẾN CHO KỊCH BẢN MÔ PHÒNG ĐỘNG ĐẤT TUẦN GIÁO 24-06-1983

Mô hình nguồn tuyến có thể áp dụng cho các kịch bản mô phỏng những trận động đất đã xảy ra trong quá khứ để đánh giá tất định độ nguy hiểm động đất cho các vùng khác nhau trên lãnh thổ và thêm lục địa Việt Nam. Các kết quả áp dụng cho các kịch bản động đất tiêu biểu của Việt Nam sẽ được trình bày chi tiết trong một bài khác. Bài này chỉ tập trung mô tả việc áp dụng mô hình cho một kịch bản mô phỏng trận động đất Tuần Giáo xảy ra ngày 24 tháng 6 năm 1983, với mục đích chính là khảo sát ảnh hưởng của mô hình nguồn tuyến tới các kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất.

Động đất Tuần Giáo 24 tháng 6 năm 1983 là một trong những trận động đất mạnh nhất đã quan sát thấy và được ghi nhận bằng máy trên lãnh thổ Việt Nam. Kịch bản của trận động đất này được khai thác từ các tài liệu đã công bố trước đây [24]. Với giả thiết động đất phát sinh trên đứt gãy Sơn La, các thông số của đứt gãy nguồn và chấn tiêu động đất kịch bản Tuần Giáo được xác định như sau :

1) Đứt gãy nguồn có phương phát triển TB-ĐN với cơ chế dịch chuyển thuận (trượt bằng phải), góc cắm $\gamma = 75^\circ$, và hướng cắm của mặt trượt đổ về phía đông bắc ;

2) Tọa độ chấn tâm : kinh độ = 103,43, vĩ độ = 21,71 ;

3) $M_w = 6,77$ (chuyển đổi từ giá trị $M_S = 6,7$) ;

4) Độ sâu chấn tiêu $H = 23$ km.

Phần mềm *F-Hazard* được áp dụng để tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất cho kịch bản Tuần Giáo, với phương trình tất dẫn chấn động xây dựng cho vùng Vân Nam của Xiang Jianguang và Gao Dong (1994) được chọn. Trên *hình 7* minh họa bản đồ PGA tính được từ kịch bản Tuần Giáo, với các kết quả tra vấn không gian được hiển thị trên bảng tổng kết phía trên bên phải màn hình. Công cụ tra vấn không gian được xây dựng để giúp người sử dụng khảo sát sự biến thiên của các giá trị độ nguy hiểm động đất theo không gian. Để sử dụng công cụ này, người sử dụng chỉ cần nhấn chuột vào

phím *Spatial Query* trên thanh công cụ, sau đó đưa trỏ chuột lên bản đồ và kích lên một điểm bất kỳ. Một bảng tổng kết sẽ hiện lên hiển thị các thông tin đáng quan tâm tại điểm tra vấn, bao gồm các thông tin về :

♦ Đứt gãy sinh chấn : tên, loại và cấp đứt gãy ;

♦ Thông số nguồn : độ dài đoạn đứt gãy phá huỷ, độ sâu chấn tiêu và magnitud momen ;

♦ Độ nguy hiểm động đất : địa danh, các giá trị PGA_{Max} , I_0 , tại vùng cực động và các giá trị PGA và I tại điểm tra vấn.

Từ kết quả minh họa trên *hình 7*, có thể đưa ra một số nhận xét sau :

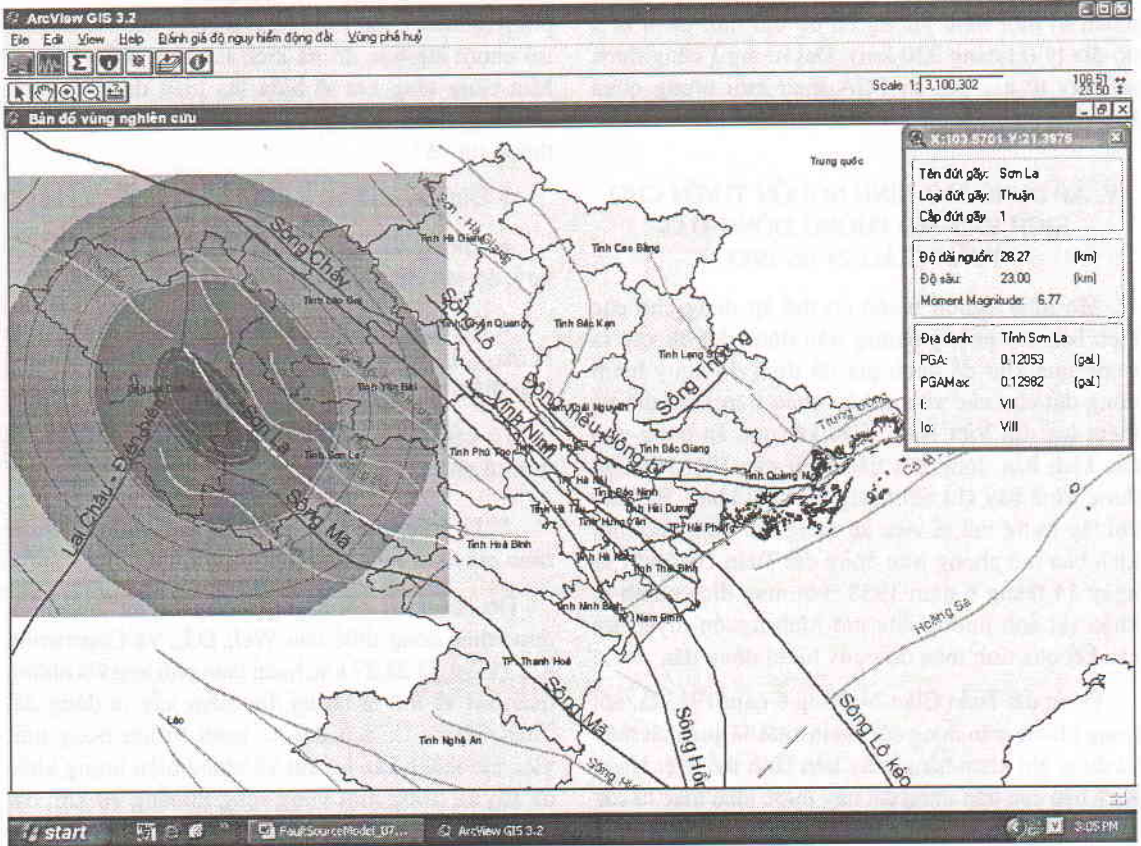
1. Về tính xác thực của các kết quả tính toán theo mô hình nguồn tuyến

Độ dài đoạn đứt gãy phá huỷ do mô hình tính được theo công thức của Well D.L. và Copersmith K.J. (1994) là 28,27 km, hoàn toàn phù hợp với những quan sát và mô tả lại tại địa điểm xảy ra động đất Tuần Giáo : "... nứt đất, ... trượt lở lớn trong núi, việc tạo thành các hố sụt và nhiều hiện tượng khác đã xảy ra trong một vùng rộng khoảng 10 km, dài khoảng 30 km (đoạn quan sát xấp xỉ 20 km), kéo dài theo phương tây bắc" [24].

Các giá trị nguy hiểm động đất cực đại tính được tại vùng cực động là $PGA_{Max} = 0,1298$ gal và $I_0 = VIII$. Như vậy có thể thấy giá trị chấn động trên bề mặt xác định bằng mô hình nguồn tuyến hoàn toàn phù hợp với các kết quả đã công bố trước đây ($I_0 = VIII-IX$ theo thang MSK-64, [24]). Giá trị PGA_{Max} xác định theo mô hình cũng phù hợp với nền chung của giá trị rung động nền của vùng Tây Bắc Việt Nam, được tính toán theo phương pháp xác suất đã công bố trước đây [13].

2) Về hình học và phân bố không gian của kết quả tính toán

Do góc cắm của đứt gãy là một trong những thông số của mô hình tham gia vào các công thức tính toán độ nguy hiểm động đất, có thể nhận thấy rất rõ ảnh hưởng của đại lượng này lên hình dạng phân bố của các đường đồng mức PGA và I trên bản đồ. Miền cực động không nằm cân bằng về hai phía của đứt gãy sinh chấn như thường thấy trong các bản đồ vẽ tay được công bố trước đây [24], mà nằm lệch hẳn về một phía của đứt gãy sinh chấn. Tuân thủ quy tắc này, các đường đồng mức cũng



Hình 7. Kết quả áp dụng mô hình nguồn tuyến cho kịch bản động đất Tuần Giáo ngày 24 tháng 6 năm 1983 trên đứt gãy Sơn La

tạo nên một hình elip không chuẩn, dường như bị "bó dôi" và phân cách bởi đứt gãy sinh chấn. Trong khi việc áp dụng các mô hình nguồn điểm chỉ cho các kết quả là các đường đồng mức dưới dạng các đường tròn đồng tâm, thì việc thể hiện kết quả dưới dạng các đường elip lệch cho thấy tính ưu việt của các mô hình nguồn tuyến. Có thể khẳng định hình học của các kết quả tính được bằng mô hình nguồn tuyến phù hợp với thực tế hơn nhiều so với sự thể hiện kết quả của mô hình nguồn điểm.

Sử dụng công cụ tra vấn không gian của *F-Hazard*, có thể đánh giá được ảnh hưởng của động đất Tuần Giáo do sự lan truyền chấn động tới các khu vực xung quanh. Ngoài vùng cực động được xác định chịu ảnh hưởng của chấn động cấp VIII-IX ($PGA_{Max} = 0,1298$) nằm trên khu vực thuộc hai tỉnh Lai Châu và Sơn La, vùng chấn động cấp VII còn lan sang cả địa phận của hai tỉnh Yên Bái và Lào Cai trên lãnh thổ nước ta.

KẾT LUẬN

Bài báo giới thiệu một mô hình nguồn tuyến phục vụ việc đánh giá tất định độ nguy hiểm động đất trên toàn lãnh thổ và vùng thêm lục địa Việt Nam. Mô hình xây dựng trên cơ sở tập số liệu về các hệ thống đứt gãy có khả năng sinh chấn đã được xác định và công bố ở Việt Nam. Công thức của *Well D.L.* và *Coppersmith K.J.* (1994) biểu thị mối tương quan giữa các thông số của động đất với các tham số của đứt gãy được sử dụng làm cơ sở để xây dựng mô hình. Ngoài ra, 10 biểu thức tất dẫn chấn động xây dựng cho các khu vực có những đặc trưng địa chấn kiến tạo khác nhau cũng được đưa vào mô hình để phục vụ việc tính toán độ nguy hiểm động đất. Các kết quả thể hiện dưới dạng hai đại lượng đặc trưng cho rung động nền trên bề mặt đang phổ biến rộng rãi hiện nay là gia tốc cực đại nền (*PGA*) và cường độ chấn động trên mặt (*I*) theo thang *MSK-64*.

Công nghệ GIS được áp dụng để xây dựng một công cụ phần mềm mang tên *F-Hazard* cho phép

thực hiện quy trình đánh giá tất định độ nguy hiểm động đất trên cơ sở nguồn tuyến. Các chức năng chuyên biệt của *F-Hazard* cho phép tự động hoá nhiều khâu quan trọng của quy trình, từ việc lựa chọn vùng nghiên cứu, chọn đứt gãy nguồn, mô tả kịch bản động đất đến khâu tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất. Ngoài ra, các công cụ chuyên biệt của *F-Hazard* còn cho phép thực hiện các thao tác như chuyển đổi đơn vị magnitude, phóng to bản đồ, tra vấn theo không gian,...

Việc áp dụng thử nghiệm mô hình nguồn tuyến cho kịch bản mô phỏng động đất Tuần Giáo xảy ra ngày 24 tháng 6 năm 1983 cho thấy các kết quả nhận được hoàn toàn phù hợp với những quan sát thực tế. Điều này không chỉ khẳng định tính ưu việt của mô hình nguồn tuyến so với các mô hình nguồn điểm, mà còn cho thấy khả năng tiềm tàng của công nghệ GIS trong việc xử lý và minh giải các kết quả nghiên cứu động đất ở Việt Nam. Việc áp dụng phần mềm *F-Hazard* chắc chắn sẽ có những đóng góp rất quan trọng trong thực tiễn. Thông qua việc tái hiện những trận động đất tiêu biểu có nguồn gốc kiến tạo đã xảy ra trong quá khứ, các kết quả áp dụng *F-Hazard* sẽ dựng nên một bức tranh tổng thể và định lượng về độ nguy hiểm động đất tại các khu vực khác nhau trên lãnh thổ và thềm lục địa nước ta, góp phần tích cực vào công tác phân vùng động đất, quy hoạch và quản lý rủi ro trên phạm vi cả nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.M. BOORE, W.B. JOYNER and T.E. FUMAL, 1994 : Estimation of Response Spectra and Peak Acceleration from Wester North American earthquakes: an interim report, USGS open file report, 94-127, Menlo Park, California, United States Geological Survey.
- [2] K.W. CAMPBELL and Y. BOZORGNIA, 1994 : Near-Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration from Worldwide Accelerograms Recorded from 1957 to 1993, Proceedings, Fifth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Chicago, Illinois, July 10-14 : Vol. III, 283-292.
- [3] A.C. CORNELL, 1968 : Engineering seismic risk analysis. Bull. Seis. Soc. Amer., 58(5), 1583-1606.
- [4] B.M. DOUGLAS and A. RYALL, 1977 : Seismic risk in linear source regions, with application to the San Andreas fault, Bull. Seis. Soc. Amer., 67, 729-754.
- [5] A. FRANKEL, C. MUELLER, T. BARNDHART, D. PERKINS, E.V. LEYENDEKER, N. DICKMAN, S. HANSON and M. HOPPER, 1996 : National Seismic-Hazard Maps : Documentation June 1996, USGS Open-File Report 96-532 : United States Geological Survey.
- [6] A.D. KIUREGHIAN and A.S-H. ANG, 1977 : A fault rupture model for seismic risk analysis, Bull. Seim. Soc. Am., Vol. 67, 4, 233 - 241.
- [7] NGUYỄN VĂN LƯƠNG, BÙI NHỊ THANH, BÙI THỊ XUÂN, 2006 : Kết quả thành lập bản đồ phân vùng động đất khu vực Biển Đông Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, T 6, 2, 167-178.
- [8] W.G. MILNE and A.G. DAVENPORT, 1969 : Distribution of earthquake risk in Canada, Bull. Seis. Soc. Amer., 59, 729-754.
- [9] C.G. MUNSON and C.H. THURBER, 1997 : Analysis of the Attenuation of Strong Ground Motion on the Island of Hawaii, Bulletin of the Seismological Society of America, V. 87, 4, 945-960.
- [10] NGUYEN HONG PHUONG, 1991 : Probabilistic assessment of earthquake hazard in Vietnam based on seismotectonic regionalization, Tectonophysics, 198, 81-93, Elsevier Publisher.
- [11] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 1993 : Đánh giá xác suất độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ Việt Nam, Luận án TS, Viện Vật lý Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học Liên bang Nga, Moskva (Nga vẫn).
- [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. Tuyển tập các Công trình nghiên cứu địa chất-địa vật lý biển, Tập III, 48-65, Nxb. Khoa học Kỹ thuật Hà Nội.
- [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, 1.
- [14] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, NGUYỄN HỒNG LÂN, PHẠM THANH LƯƠNG, 2002 : Áp dụng các mô hình phân tích không gian để đánh giá độ nguy hiểm động đất. Tạp chí các Khoa học về Trái Đất, 24, 1, 81-96.
- [15] K. SADIGH, C.Y. CHANG, N.A. ABRAHAMSON, S.J. CHIOU and M.S. POWER, 1993 : Specification of Long-Period Ground Motions : Updated

Attenuation Relationships for Rock Site Conditions and Adjustment Factors for Near-Fault Effects, Proceedings of ATC 17-1 Seminar on Seismic isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, Applied Technology Council, Redwood City, CA, 59-70.

[16] SAYV JEAN, 1998 : Ground Motion Attenuation in the Eastern North America, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.

[17] CAO ĐÌNH TRIỀU, PHẠM HUY LONG, 2002 : Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[18] G.R. TORO, N.A. ABRAHAMSON and J.F. SCHNEIDER, 1997 : Engineering Model of Strong Ground Motions from Earthquakes in the Central and Eastern United States, Seismological Research Letters, January/February.

[19] D.L. WELLS and K.J. COPPERSMITH, 1994 : New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, and Surface Displacement, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, 974-1002.

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

[21] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN, TRẦN THỊ MỸ THÀNH, 1999 : Tìm một công thức tính gia tốc dao động nền trong động đất mạnh ở Việt Nam, Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 21, 3, 207-213.

[22] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN (chủ biên), 2004 : Bản đồ chấn tâm động đất và đứt gãy sinh chấn lãnh thổ Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000. Viện Vật lý Địa cầu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

[23] R.R. YOUNG, S.J. CHIOU, W.L. SILVA and J.R. HUMPHREY, 1997 : Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes, Seismological Research Letters, January/February.

[24] VIỆN VẬT LÝ ĐỊA CẦU, 1990 : Động đất Tuần Giáo ngày 24-6-83, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

SUMMARY

Development of a fault-source model for earthquake hazard assessment in Vietnam

In this paper, a fault-source model for deterministic seismic hazard assessment in Vietnam is presented. The model was developed on the basis of a dataset on seismically active faults published for the whole territory and the continental shelf of Vietnam. Well and Copersmith equation on the relation between earthquake and fault's parameters (1994) and 10 attenuation equations for regions with different seismotectonic regimes were included in the model. Results are displayed in terms of PGA and MSK-64 Intensity.

GIS-based software called "F-Hazard" was developed to help users in assessing hazard caused by a scenario earthquake assumed to be originated by a tectonic fault. The software allows automatic implementation of various stages in a seismic hazard assessment procedure, such as selection of study region and active fault, definition of a scenario earthquake, and hazard calculation and mapping.

The model was applied to a scenario of Tuan Giao earthquake of June, 24th, 1983 in order to investigate the effect of fault source model on the calculated hazards. The good accordance between calculated results and observation data shows advantage of the fault-source model over the point-source one in seismic hazard assessment.

Ngày nhận bài : 3-7-2007

Viện Địa chất và Địa vật lý Biển
Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam