

# CRISS99 - MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT MỚI

TRẦN THỊ MỸ THÀNH, PHẠM QUANG HÙNG,  
NGUYỄN ÁNH DƯƠNG

## I. MỞ ĐẦU

CRISS99 [4] là phần mềm tính toán xác suất độ nguy hiểm động đất do Mario Ordaz, A. Aguilar, J. Arboleda và các nhà khoa học trường đại học Tổng hợp Mexico (UNAM) thành lập. CRISS99 được xây dựng trên hai phiên bản một chạy trên WIN và một chạy trên DOS. Hai mô hình địa chấn được sử dụng để đánh giá xác suất ở đây là mô hình nổi tiếng Poisson (đối với vùng nguồn) và mô hình đặc trưng địa chấn (đối với đứt gãy). Chương trình đã và đang được áp dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới, đặc biệt ở châu Âu trong việc đánh giá độ nguy hiểm động đất ở các thành phố lớn. CRISS99 cũng được sử dụng trong nhiều dự án đánh giá độ nguy hiểm động đất ở các thành phố lớn trên thế giới.

Ở Việt Nam, đánh giá độ nguy hiểm động đất được các nhà địa chấn quan tâm nghiên cứu đã đạt được một số kết quả nhất định; tuy nhiên thường chỉ áp dụng lý thuyết Cornell và McGuire [2, 3, 5], còn chương trình CRISS99 chưa được quan tâm. Trong bài báo này chúng tôi xin giới thiệu phần mềm CRISS99 trên WIN và kết quả tính thử nghiệm độ nguy hiểm động đất khu vực miền Bắc.

## II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ THUẬT TOÁN CỦA PHẦN MỀM CRISS99

CRISS99 tính độ nguy hiểm động đất tại một điểm xác định bằng cách chia các vùng nguồn thành các tam giác nhỏ cho tới khi đạt một trong hai điều kiện sau:

Kích cỡ tam giác  $\leq R_{min}$

hoặc  $F_{min} \leq \frac{\text{Khoảng cách trong tam giác - điểm tính}}{\text{Kích cỡ tam giác}}$

Giả thiết có duy nhất một vùng phát sinh động đất, xác suất để cường độ chấn động I tại điểm xảy ra động đất với khoảng cách chấn tiêu  $R = r$ , lớn hơn một giá trị i bất kỳ nào đó là:

$$v(i) = \int_{M_0}^{M_u} -\frac{d\lambda}{dM} \Pr(I > i | M, R) dM \quad (1)$$

ở đây M - chấn cấp động đất, R - khoảng cách từ nguồn tới điểm tính, I - tham số quan tâm của phép tính (gia tốc dao động nền, vận tốc hay cường độ chấn động),  $\lambda(M)$  - xác suất vượt quá của chấn cấp suy ra từ quy luật Gutenberg-Richter hoặc từ mô hình địa chấn được áp dụng trong vùng nghiên cứu

Trong trường hợp có nhiều vùng nguồn, phương trình (1) sẽ được cộng thêm vào những xác suất để

cường độ chấn động I tại điểm xảy ra động đất với khoảng cách chấn tiêu  $R = r$ , lớn hơn một giá trị i bất kỳ của những vùng nguồn khác:

$$\Pr(I > i | M, R) = \phi \left[ \frac{1}{\sigma} \ln \frac{Im(M, R)}{i} \right] \quad (2)$$

ở đây:  $\phi$  - hàm phân phối chuẩn tích lũy, Im - giá trị trung bình của I,  $\sigma$  - độ lệch theo thang logarit của i.

## III. CÁC THAM SỐ DÙNG TRONG TÍNH TOÁN

### 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu

CRISS99 sử dụng 2 tập hợp bản đồ là bản đồ địa lý và bản đồ vị trí các thành phố, khu công nghiệp trong vùng nghiên cứu. Tuy nhiên phần mềm này không dùng các chức năng liên quan đến

việc thao tác bản đồ do nó không cho phép xem tất cả các loại bản đồ ở cùng một tỷ lệ đồng nhất.

## 2. Vùng nguồn

CRISIS99 có thể đánh giá độ nguy hiểm động đất với 3 mô hình nguồn địa chấn khác nhau đó là :

a) *Nguồn diện- area* : là những vùng đa giác hình học đơn giản hoặc phức tạp. Có thể đưa nguồn diện vào chương trình ở dạng kết hợp với tọa độ địa lý (kinh độ và vĩ độ) và độ sâu của mỗi điểm đa giác. Tiềm lợi hơn so với các phần mềm khác như McGuire [5]. CRISIS99 cho phép làm việc với những vùng nguồn có độ sâu thay đổi, điều đó rất có ích khi chúng ta phải mô hình hoá những vùng nguồn liên quan đến đới hút chìm.

b) *Nguồn đường - fault* : vùng nguồn được mô hình hóa như một đường. Dùng chức năng này cho đứt gãy, người ta luôn kết hợp được tại mỗi điểm tọa độ địa lý và độ sâu.

c) *Nguồn điểm - point* : vùng nguồn được mô hình hoá như một điểm xác định bởi tọa độ địa lý và độ sâu.

## 3. Mô hình địa chấn

Như phân trên đã trình bày CRISIS99 sử dụng 2 mô hình địa chấn : mô hình Poisson và mô hình đặc trưng. Người sử dụng có thể lựa chọn một trong 2 mô hình cho từng vùng nguồn riêng lẻ.

a) *Mô hình Poisson* : các tham số được chọn như sau :

- Tỷ suất địa chấn hàng năm,  $\lambda$  : tham số này kết hợp với tham số a theo quan hệ tần suất - chấn cấp :

$$\log N(M > M_{\min}) = a + bM \quad (3)$$

Mối quan hệ giữa a và  $\lambda$  :

$$a = \log(\lambda) + \beta(\log 10(e))M_{\min} \quad (4)$$

$$\text{hay } \lambda = 10^{[a - \beta(\log 10(e))M_{\min}]} \quad (5)$$

- Tham số  $\beta$  : liên quan đến b trong mối quan hệ tần suất - chấn cấp

$$b = \beta \log 10(e) \quad (6)$$

$$\text{hay } \beta = b / \log 10(e) \quad (7)$$

- Hệ số biến đổi beta : hệ số biến đổi beta là giá trị độ lệch  $\beta$  chia cho giá trị trung bình

$$\text{coef. varia}(\beta) = \frac{\sigma(\beta)}{\beta} \quad (8)$$

- Chấn cấp cực đại  $M_{\max}$  của vùng nguồn đang xem xét được tính bằng các phương pháp địa chấn và địa chất.

- Độ lệch chấn cấp cực đại : tham số này được tính như tham số  $\beta$ .

- Chấn cấp cực đại quan sát : chấn cấp cực đại quan sát được trong lịch sử của vùng.

- Chấn cấp nhỏ nhất xem xét : trong mỗi vùng nguồn đối với phương pháp tính  $\lambda, \beta$  của luật phân phối.

b) *Mô hình địa chấn đặc trưng* : các tham số nhập như sau :

- Giá trị trung bình của thời gian phân chia hai địa chấn đặc trưng với  $M > M_0$ . Giá trị này là nghịch đảo của xác suất vượt quá.

- Thời gian đã xảy ra trận động đất đặc trưng cuối cùng.

- Độ lệch chấn cấp của đặc trưng địa chấn :

- Chấn cấp cực tiểu của đặc trưng địa chấn,  $M_0$  : giá trị này được sử dụng như là cận dưới của tích phân. Các chấn cấp đặc trưng không thể nhỏ hơn giá trị này.

- Chấn cấp cực đại của đặc trưng địa chấn : được sử dụng như là cận trên của chấn cấp. Chấn cấp đặc trưng không thể lớn hơn giá trị này.

## 4. Quy luật tắt dần

CRISIS cho phép làm việc với một quy luật tắt dần riêng biệt theo vùng. Chức năng này rất có ích đối với trường hợp ở đó các quy luật là khác nhau đối với những vùng nguồn trên mặt và đối với mô hình đới hút chìm. Quy luật tắt được biến đổi thành các bảng giá trị số (gia tốc, vận tốc,...). Bảng này có định dạng riêng, chỉ ra quy luật tắt dần các tham số tính toán theo khoảng cách và chấn cấp (bảng 1).

Các tham số dùng trong tính toán có thể nhập cũng như sửa chữa trực tiếp trên màn hình của CRISIS.

## IV. BIỂU DIỄN KẾT QUẢ

Kết quả tính độ nguy hiểm động đất là những giá trị gia tốc nền cực đại, phổ gia tốc, vận tốc dịch chuyển hay cường độ chấn động tùy theo lựa chọn của người sử dụng. Các kết quả này được biểu diễn trên màn hình CRISIS dưới dạng các bản đồ đẳng trị và cả dưới dạng các file số liệu như :

Bảng 1. Các giá trị đặc trưng của quy luật tắt dần

Minf	Msup	Nmag			
Rinf	Rsup	NRAD			
T(1)	SLA(1)	AMAX(1)			
SA(1,1,1)	SA(1,2,1)	...	SA(1,K, L)	...	SA(1,NMA G,1)
...	...	...	...	...	...
SA(1,1,N RAD)	...	...	...	...	SA(1,NMA G,NRAD)
T(2)	SLA(2)	AMAX(2)			
SA(2,1,1)	SA(2,2,1)	...	SA(2,K, L)	...	SA(2,NMA G,1)
...	...	...	...	...	...
SA(2,1,N RAD)	...	...	...	...	SA(2,NMA G,NRAD)
...	...	...	...	...	...

*Minf* : xác định giá trị nhỏ nhất của chấn cấp.

*Msup* : giá trị cực đại của chấn cấp.

*Nmag* : số lần thay đổi độ lớn chấn cấp trong tính toán.

*Rinf* : khoảng cách gần nhất dùng tính toán.

*Rsup* : giá trị cực đại của khoảng cách trong tính toán.

*NRAD* : số lần thay đổi giá trị khoảng cách được tính trong bảng, khoảng cách này được CRISISS tính theo thang logarit.

*T(J)* : chu kỳ được xem xét.

*SLA(J)* : độ lệch theo thang logarit tự nhiên của các biến quan tâm như gia tốc, tốc độ, cường độ trường chấn động ở vào chu kỳ J. Việc sử dụng các độ lệch này rất quan trọng trong tính toán xác suất.

*AMAX(J)* : giá trị cực đại của biến quan tâm thích hợp : có một khả năng không đáng kể được tham gia vào các giá trị trên AMAX(J).

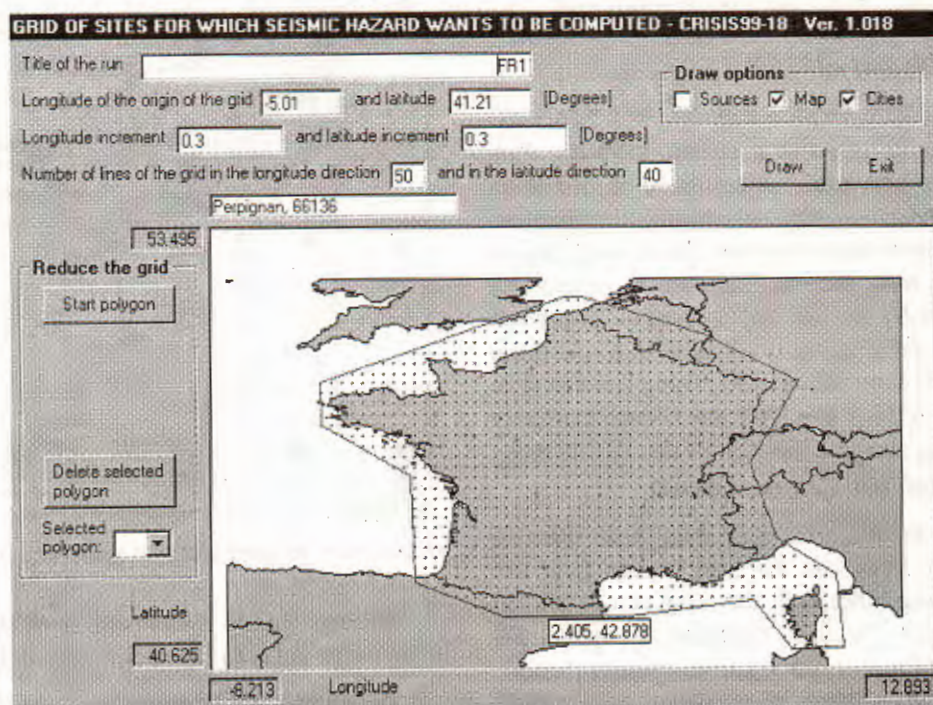
*SA(J,K,M)* : đây là những giá trị mà ta quan tâm (gia tốc, vận tốc,...) đối với chu kỳ J, ở khoảng cách K tại điểm tính độ nguy hiểm động đất đối với chấn cấp M.

- file.res : chứa các tham số đầu vào để dùng trong quá trình tính toán, kết quả xác suất vượt quá đối với mỗi điểm lưới tính và cho mỗi mức gia tốc cho trước.

- file.gra : file này chứa xác suất vượt quá cho mỗi gia tốc tại mỗi điểm lưới.

- file.map : chứa các mức gia tốc cố định cho trước đối với mỗi chu kỳ lặp lại khác nhau. Đây là file dùng để vẽ bản đồ đẳng trị gia tốc.

- file.fue : chứa xác suất vượt quá cho mỗi nguồn và mỗi điểm của ô lưới.



Hình 1. Màn hình CRISISS99 dùng để nhập số liệu tính toán

V. ĐÁNH GIÁ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT  
VÙNG MIỀN BẮC BẰNG PHẦN MỀM  
CRISIS99

Miền Bắc là vùng có độ hoạt động địa chấn mạnh trong lãnh thổ Việt Nam. Chỉ trong 100 năm gần đây đã xảy ra 2 trận động đất lớn nhất nước ta với chấn cấp  $M_s = 6,7 - 6,8$  độ Richter, là trận động đất Điện Biên (1935) và động đất Tuần Giáo (24/6/1983). Nhiều trận động đất với chấn cấp  $M_s \geq 5,0$  cũng đã xảy ra ở khu vực này, gần đây nhất phải kể đến trận động đất Điện Biên ngày 19/2/2001 với  $M_s = 5,3$ . Trong bài báo này chúng tôi chọn vùng miền Bắc để thử nghiệm tính độ nguy hiểm động đất bằng phần mềm CRISIAS99. Mô hình vùng nguồn và các tham số dùng trong tính toán được chọn như sau :

1. Mô hình nguồn phát sinh động đất

Những kết quả nghiên cứu quy luật biểu hiện động đất mạnh trên lãnh thổ Việt Nam đều có điểm chung là động đất mạnh chỉ xảy ra trên những đứt gãy sâu hoạt động phân chia các đơn vị cấu trúc đứt gãy chính. Như vậy xây dựng mô hình nguồn phát sinh động đất phải được gắn liền với điều kiện kiến tạo, địa chấn kiến tạo và độ hoạt động động đất của vùng. Việc xác định các vùng nguồn cho miền Bắc nhờ phân tích tài liệu động đất và kiến tạo.

a) Danh mục động đất

Số liệu động đất phần miền Bắc Việt Nam được thành lập dựa trên việc tổng hợp, kiểm tra, đánh giá các sự kiện trong nhiều nguồn số liệu trong nước và thế giới, số liệu lịch sử cũng như những số liệu quan trắc được bằng máy. Quan trọng nhất là danh mục động đất Việt Nam lịch sử và quan sát (1900 - 1999) do Viện Vật lý Địa cầu, Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia thành lập. Số liệu động đất của ISC (Trung tâm Địa chấn Thế giới) từ 1917 đến 1999, đây là danh mục động đất đã được công bố dựa trên số liệu của hệ thống đài trạm toàn cầu, cũng được ưu tiên.

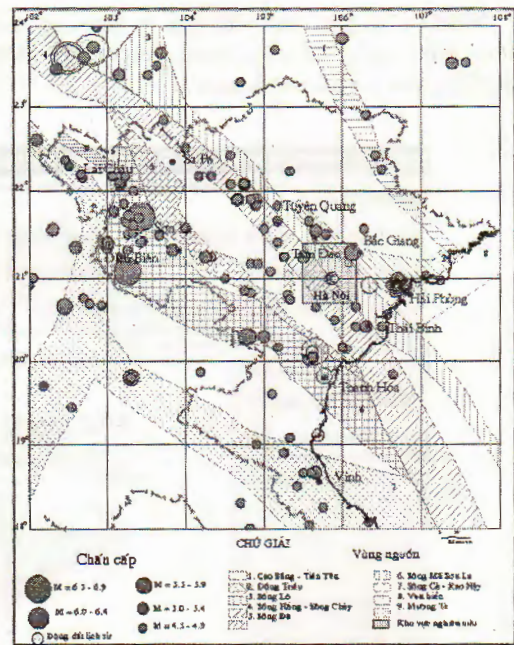
Ngoài ra chúng tôi cũng tham khảo thêm số liệu từ các trung tâm địa chấn lân cận (như Bắc Kinh - Trung quốc), hoặc các trung tâm số liệu lớn trên thế giới như BKK (Bangkok, Thailand), BJI (Beijing, China), LAO ( Large Aperture Seismic Array, Montana, USA), ROM (Rome, Italy), NEIC (National Earthquake Information Centre, Golden,

Co., USA), NEIS (National Earthquake Information Service, Colorado, USA), USGS (United States Geological Survey), USCGS (United States Coast and Geodetic Survey)....

Do sử dụng nhiều số liệu từ nhiều hệ thống quan sát khác nhau nên việc đồng nhất magnitud (đưa về một loại magnitud thống nhất) cũng được nghiên cứu. Magnitud địa phương (M) của Việt Nam và magnitud sóng mặt của ISC ( $M_s - ISC$ ) được lấy làm chuẩn. Động đất với magnitude  $M \geq 4,5$  được xem như có độ chính xác cao và dùng để tính toán.

b) Các vùng phát sinh động đất mạnh

Từ các kết quả đánh giá khả năng phát sinh động đất dựa trên mối liên quan của nó với đặc điểm điều kiện kiến tạo [6, 7] chúng tôi xác định 9 vùng phát sinh động đất mạnh trên miền Bắc (hình 2). Mỗi vùng nguồn gắn liền với một đứt gãy sâu và được coi là nguồn diện với các thông số địa chấn của chúng được lấy như sau :



Hình 2. Các vùng nguồn phát sinh động đất mạnh

- Bề rộng của các vùng nguồn được lấy xấp xỉ 10 km về hai phía của các đứt gãy xác định.
- Độ nghiêng đồ thị lặp lại động đất (hệ số b) được lấy riêng cho từng vùng nguồn.

- Giá trị magnitud cực đại, độ sâu chấn tiêu được lấy theo các kết quả nghiên cứu về các điều kiện địa chấn kiến tạo của từng nguồn.

- Tốc độ hoạt động động đất với magnitud  $M \geq 4,5$  tính cho từng vùng. Riêng đối với vùng nguồn Ven Biển (vùng 8) được xác định theo phương pháp ngoại suy địa chấn, được gán bằng vùng nguồn Cao Bằng - Tiên Yên.

Các vùng nguồn và những thông số cơ bản của chúng được ghi ở bảng 2.

## 2. Phương trình tắt dần dao động nền

Việt Nam cho tới nay chưa có số liệu quan trắc gia tốc dao động nền phục vụ cho việc tính độ nguy hiểm động đất. Việc chọn một công thức nào đó trên thế giới có thể áp dụng cho Việt Nam là vấn đề khó khăn bởi gia tốc nền (A) là đại lượng mang đậm tính địa phương, tính khu vực. Tuy nhiên trên thế giới cũng đã có nhiều kết quả nghiên cứu gia tốc nền A trung bình toàn cầu. Trong báo cáo này chúng tôi sử dụng công thức tính A do Cambell, 1997 [1] đưa ra dựa trên các số liệu toàn cầu.

Bảng 2. Thông số cơ bản của các vùng nguồn phát sinh động đất mạnh miền Bắc Việt Nam

Vùng nguồn	Chấn cấp		H	b	Tốc độ
	Min	Max			
Cao Bằng - Tiên Yên	4,5	6,0	17	0,877	0,03
Đông Triều	4,5	6,0	15	0,877	0,08
Sông Lô	4,5	5,5	15	0,877	0,1
Sông Hồng - Sông Chảy	4,5	6,0	15	0,877	0,36
Sông Đà	4,5	5,5	12	0,814	0,7
Sông Mã - Sơn La	4,5	6,8	25	0,814	0,4
Sông Cả - Rào Nạy	4,5	6,2	17	0,877	0,34
Ven Biển	4,5	6,0	17	0,877	0,03
Mường Tè	4,5	5,5	12	0,814	0,01

$$\begin{aligned} \ln(A_H) = & -3,512 + 0,904M - 1,328 \ln \times \\ & \times \sqrt{R^2 + [0,149 \exp(0,647M)]^2} + \\ & + [1,125 - 0,112 \ln(R) - 0,0957M]F + \\ & + [0,440 - 0,171 \ln(R)]S_{SR} + \\ & + [0,405 - 0,222 \ln(R)]S_{HR} \end{aligned} \quad (3)$$

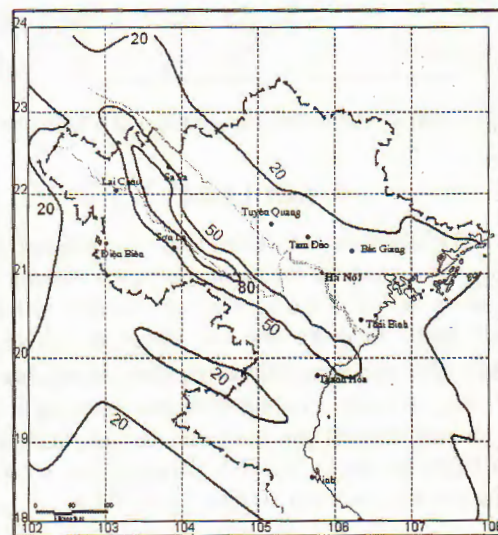
trong đó  $A_H$  được tính theo đơn vị  $g$  ( $g = 981 \text{ cm/s}^2$ ),  $R$  - khoảng cách chấn tâm,  $F$  - hệ số đứt gãy ( $F = 0$  đối với đứt gãy trượt bằng,  $F = 1$  đối với đứt gãy nghịch),  $S_{SR}$  và  $S_{HR}$  - các hệ số nền đất:  $S_{SR} = S_{HR} = 0$  đối với trầm tích hoặc đất mềm rời,  $S_{SR} = 1$  và  $S_{HR} = 0$  đối với đá nửa cứng,  $S_{SR} = 0$  và  $S_{HR} = 1$  đối với đá gốc.

Đây là công thức mới nhất cho toàn cầu, đã phân chia chi tiết nhiều trường hợp như ảnh hưởng của cơ cấu chấn tiêu, ảnh hưởng của điều kiện nền đất.

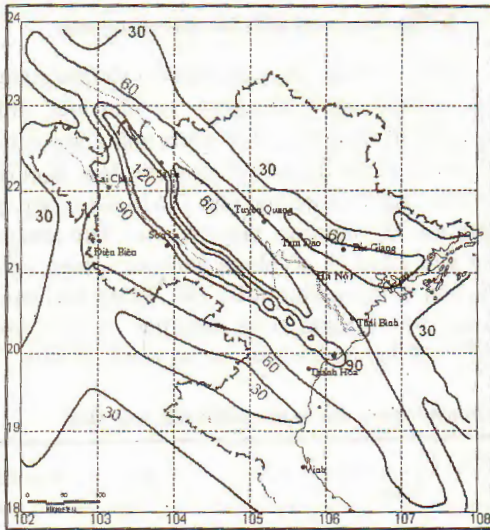
## 3. Kết quả tính toán độ nguy hiểm động đất

Như trên đã trình bày, ở đây chúng tôi áp dụng chương trình CRISIS tính độ nguy hiểm động đất vùng miền Bắc ứng với các chu kỳ 200 năm, 475 năm và 1.000 năm. Vùng miền Bắc Việt Nam từ vĩ

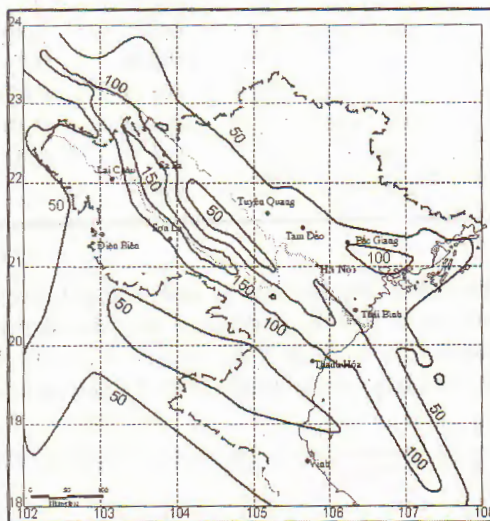
tuyến 18.0 đến 24.0 và từ kinh tuyến 102.0 đến 108.0 được chia theo lưới khảo sát, mỗi điểm cách nhau 0.1 độ. Từ hình 3 đến hình 5 là bản đồ PGA miền Bắc ứng với các chu kỳ 200, 475 và 1.000 năm.



Hình 3. Bản đồ PGA miền Bắc chu kỳ 200 năm ( $\text{cm/s}^2$ )



Hình 4. Bản đồ PGA miền Bắc chu kỳ 500 năm ( $\text{cm/s}^2$ )



Hình 5. Bản đồ PGA miền Bắc chu kỳ 1.000 năm ( $\text{cm/s}^2$ )

### KẾT LUẬN

CRISIS99 là phần mềm tính toán xác suất độ nguy hiểm động đất thuận lợi cho người sử dụng và có nhiều ưu việt. Chương trình có khả năng tính độ nguy hiểm động đất cho các vùng có 200 vùng nguồn phát sinh động đất và mỗi vùng có thể chia ra 40 vùng nhỏ hơn. Chương trình cho phép lựa chọn 15 phương trình tắt dần trong mỗi lần tính, trong khi với EQRISK chỉ có thể là 1. Chương trình có khả năng cho kết quả gồm 20 mức giá trị PGA.

CRISIS99 hoàn toàn có thể áp dụng tính độ nguy hiểm động đất lãnh thổ Việt Nam, tuy nhiên

cần lưu ý khi chọn các phương trình tắt dần cũng như các tham số khi tính toán. Ở những nơi có độ hoạt động động đất cao và có nhiều công trình quan trọng, khi tính độ nguy hiểm động đất có thể tính với các phần mềm khác nữa để có thể đưa ra những kết quả xác đáng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K.W. CAMPBELL, 1997 : Empirical near - source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. *Seismological Research Letters*, 68/1, 154 - 179.
- [2] C.A. CORNELL, 1968 : Engineering risk analysis, *BSSA Vol. 58, 5, 1583 - 1606*.
- [3] C.A. CORNELL, et al, 1979 : Seismic motion and response prediction alternatives, *Earthquake engineering and structural dynamics*, V. 7, 295-315.
- [4] MARIO ORDAZ et al, 1999 : "Chương trình CRISIS99", Tổng hợp UNAM, Mexico,
- [5] McGUIRE ROBIN K, 1976 : EQRISK - Evaluation of earthquake risk to site, Open-file Report 76-67. United States Department of the Interior Geological Survey.
- [6] TRẦN THỊ MỸ THÀNH, 2002 : Đánh giá độ nguy hiểm địa chấn lãnh thổ Việt Nam và lân cận. Luận án tiến sĩ.
- [7] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN và nnk, 1996 : Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước ĐTĐL - 92-07. Lưu trữ viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

### SUMMARY

**CRISIS99 – The Program to calculate the seismic hazard in any part of the world**

CRISIS99 compute the seismic hazard using a probability model to consider the occurrence and distribution of earthquake, and uses the seismicity in sources to estimate with attenuation laws the decay with distance of the ground motion from the source to a site. This paper introduces the program CRISIS99 and its apply for seismic hazard assessment in Northern part of VietNam. The PGA maps for 200, 475 and 1000 years of the Northern part of VietNam are presented.

Ngày nhận bài : 13-01-2005

Viện Vật lý Địa cầu,  
VAST