

# ÁP DỤNG CÁC MÔ HÌNH PHÂN TÍCH KHÔNG GIAN ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT

NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, NGUYỄN HỒNG LÂN,  
PHẠM THANH LƯƠNG

## I. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, cùng với sự tăng trưởng kinh tế và phát triển công nghiệp của đất nước, sự bùng nổ dân số tại các thành phố lớn đang khiến cho nhiều khu vực trên lãnh thổ nước ta trở thành những vùng nhạy cảm cao đối với hiểm họa động đất. Việc nghiên cứu kinh nghiệm của thế giới nhằm đề ra một phương pháp luận và thuật toán chuẩn hoá, áp dụng những tiến bộ khoa học kỹ thuật và công nghệ mới để đánh giá độ nguy hiểm động đất, phục vụ cho các công tác giảm nhẹ hậu quả thiên tai cho các vùng trọng điểm của đất nước đang là một nhu cầu hết sức cấp bách.

Cho đến nay, mặc dù các phương pháp truyền thống đánh giá độ nguy hiểm động đất đều đã khá ổn định và không có những thay đổi đột biến, sự tiến bộ nhảy vọt thể hiện rất rõ trong lĩnh vực ứng dụng các phương tiện hiện đại và các công nghệ mới để thực hiện thuật toán và minh hoạ các kết quả. Đặc biệt, chỉ trong vòng nửa thập kỷ trở lại đây, sự phát triển mạnh của công nghệ Hệ thông tin địa lý (GIS) đã đánh dấu một bước ngoặt trong lịch sử nghiên cứu động đất. Hệ thông tin địa lý là một tập hợp các phương tiện tin học (phần mềm, phần cứng và yếu tố con người) cho phép thu thập, lưu trữ, truy nhập, biến đổi và hiển thị các dữ liệu không gian để phục vụ mục đích nghiên cứu trên một khu vực địa lý nhất định.

Công nghệ GIS với những chức năng xử lý và quản lý đồ họa rất mạnh, cho phép hiển thị linh hoạt và tiện lợi các kết quả trên màn hình máy tính. Ngoài ra, các chức năng lập trình của công nghệ GIS còn cho phép tạo ra các ứng dụng phần mềm rất linh hoạt và tiện lợi trên môi trường Windows, cho phép người sử dụng cập nhật và chỉnh sửa dữ liệu, thậm chí xây dựng và thử nghiệm có hiệu quả những mô hình phức tạp.

Những ưu điểm trên đây đã khiến cho công nghệ GIS trở thành bộ phận không thể tách rời trong toàn bộ quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất.

Bài viết này trình bày một số kết quả ứng dụng công nghệ GIS trong việc đánh giá độ nguy hiểm động đất. Các mô hình *Phân tích không gian*, một trong những công cụ xử lý đồ họa rất mạnh của công nghệ GIS, sẽ được áp dụng vào việc giải bài toán đánh giá độ nguy hiểm động đất. Kết quả áp dụng các mô hình này là cơ sở để xây dựng một *hệ thống hỗ trợ ra quyết định*, nhằm cung cấp cho người sử dụng những thông tin cần thiết về độ nguy hiểm động đất tại khu vực nghiên cứu ứng với những phương án lựa chọn ban đầu về khả năng phát sinh một trận động đất "kịch bản", tức là một trận động đất dự báo sẽ xảy ra tại khu vực nghiên cứu, với các thông số ban đầu được người sử dụng xác định; do đó hệ thống này có thể phục vụ một lớp đối tượng khá rộng, bao gồm các nhà chức trách quản lý đô thị, các cơ quan chức năng có liên quan đến công tác phòng chống và giảm nhẹ hậu quả thiên tai như bảo hiểm, cứu hộ, cứu hộ, xây dựng và quy hoạch đô thị, ...

Thuật toán đánh giá độ nguy hiểm động đất được áp dụng cho một quận đông dân (Hoàn Kiếm) của Tp Hà Nội. Phần mềm *ArcView*, với ngôn ngữ lập trình của nó là ngôn ngữ *Avenue* được chọn làm công cụ và môi trường để minh hoạ các thí dụ.

## II. CÁC MÔ HÌNH LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM

Phần lớn các tổn thất do động đất gây ra cho loài người đều có liên quan trực tiếp hay gián tiếp tới sự rung động nền. Để đánh giá độ nguy hiểm động đất tại một điểm trên bề mặt Trái Đất, số liệu ban đầu thường không có gì nhiều hơn ngoài thông tin về một hay một vài trận động đất đã xảy ra và

chu kỳ lặp lại của chúng tại khu vực nghiên cứu. Do vậy, để đạt được những kết quả cuối cùng dưới dạng giá trị bằng số của một trong số các thông số rung động nền (như gia tốc cực đại  $a_{max}$ , vận tốc hạt  $v$  hay dịch chuyển nền  $D$ ) tại điểm đang xét ứng với một chu kỳ thời gian nào đó, hay ở mức độ cao hơn là các sơ đồ/bản đồ biểu diễn phân bố không gian của các thông số dịch chuyển nền nói trên, cần phải xây dựng một mô hình cho phép kết hợp toàn bộ các thông tin, dữ liệu ban đầu về tính địa chấn, địa chấn kiến tạo của khu vực với những hiểu biết chuyên môn về vật lý chấn động đất, quy luật lan truyền chấn động và hiệu ứng chấn động trên bề mặt Trái Đất.

Các mô hình lý thuyết đánh giá độ nguy hiểm động đất đầu tiên đã được Cornell (1968) và Milne và Davenport (1969) xây dựng dựa trên giả thiết cho rằng toàn bộ năng lượng do động đất phát ra được lan truyền từ chấn tiêu, và do đó chúng còn có tên gọi là "các mô hình nguồn điểm" [2, 6]. Der Kiureghian và Ang (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 tất cả các nguồn chấn động tồn tại trong một khu vực, và tính toán độ nguy hiểm động đất tại một điểm cho trước như là tổng hiệu ứng chấn động từ tất cả các nguồn tới điểm đó. Sau khi các nguồn chấn động đã được xác định, các quy luật lan truyền chấn động được nghiên cứu để tìm ra mối liên hệ giữa magnitud động đất  $M$ , khoảng cách giữa nguồn và điểm quan sát  $R$  và một trong các thông số dao động nền  $Y$ . Mối tương quan này còn được gọi là biểu thức tắt dần chấn động, đặc trưng cho từng khu vực cụ thể và đã được nhiều nhà địa chấn xác định cho các khu vực khác nhau trên thế giới. Phần lớn các biểu thức tắt dần chấn động được xác định cho giá trị gia tốc cực đại nền  $a_{max}$  bằng phương pháp phân tích các băng gia tốc nền đo được trong các trận động đất mạnh. Danh mục các biểu thức tắt dần chấn động được xác định cho các khu vực khác nhau trên thế giới có thể tham khảo trong các công trình đã công bố [5, 8].

Trong nghiên cứu này, mô hình lý thuyết đánh giá độ nguy hiểm động đất sẽ được cải tiến cho phù hợp với yêu cầu đã nêu trong phần mở đầu. Thay vì xét ảnh hưởng đồng thời của nhiều nguồn chấn động, chỉ có một nguồn chấn động duy nhất được xét, đó là trận động đất dự báo sẽ xảy ra

trong khu vực nghiên cứu. Như vậy, bài toán chuyên môn đặt ra trong trường hợp này là: đánh giá sự phân bố không gian của rung động nền gây ra bởi một trận động đất "kịch bản", và thành lập các bản đồ rung động nền thể hiện dưới dạng một trong các tham số rung động nền.

### III. CÁC BIỂU THỨC TẮT DẦN CHẤN ĐỘNG

Để mở rộng phạm vi ứng dụng và nâng cao khả năng lựa chọn các thông tin ban đầu, thuật toán sử dụng các biểu thức tắt dần chấn động thiết lập cho những khu vực có những đặc trưng rất khác nhau về địa chất - địa động lực, địa chấn kiến tạo và địa chất công trình. Dưới đây mô tả chi tiết bốn biểu thức tắt dần đặc trưng nhất trong số các biểu thức được áp dụng:

#### 1. Biểu thức tắt dần chấn động của Nguyễn Đình Xuyên và nnk (1999)

Trên cơ sở nội suy từ phương trình trường chấn động được tổng hợp từ các bản đồ đường đẳng chấn động đất mạnh quan sát được trên lãnh thổ Việt Nam, Nguyễn Đình Xuyên và Trần Thị Mỹ Thành đã đề nghị áp dụng một biểu thức tắt dần cho phép tính gia tốc cực đại nền như sau [5]:

$$a_{max} = 10^{(1,45M_s - 3,2 \lg R + 2,71) / 3,322} \quad (1)$$

Ở đây:  $a_{max}$  là giá trị gia tốc cực đại nền tính cho trường hợp trung bình hoá hướng của cấu trúc địa chất (đo bằng  $cm/s^2$ ),  $M_s$  là magnitud động đất xác định bằng sóng mặt,  $R$  là khoảng cách chấn tiêu, đo bằng km.

#### 2. Biểu thức tắt dần chấn động của Xiang Jianguang và Gao Dong (1994)

Bằng các kết quả phân tích các băng gia tốc đo được tại trận động đất mạnh ở Langcang-Gengma năm 1988, các nhà địa chấn Trung quốc đã xây dựng biểu thức tắt dần chấn động cho vùng Vân Nam, Trung Quốc [3]. Đây là biểu thức rất thường xuyên được áp dụng cho lãnh thổ Việt Nam, vì nó được xác định trực tiếp từ các băng gia tốc, và cho một lãnh thổ rất gần với miền bắc Việt Nam. Biểu thức này có dạng sau:

$$a_{max} = 252,9e^{0,5155M_s} (R + 10)^{-1,1516} \quad (2)$$

Ở đây:  $a_{max}$  là giá trị gia tốc cực đại nền (đo bằng g),  $M_s$  là magnitud động đất xác định bằng sóng mặt,  $R$  là khoảng cách chấn tiêu, đo bằng km.

### 3. Biểu thức tắt dẫn chấn động của Campbell & Bozorgnia (1994)

Biểu thức tắt dẫn của Campbell & Bozorgnia [1] dự báo giá trị gia tốc cực đại nền trung bình

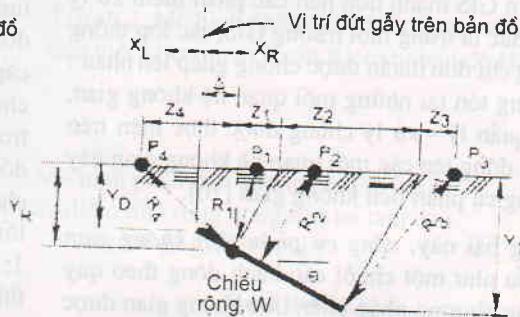
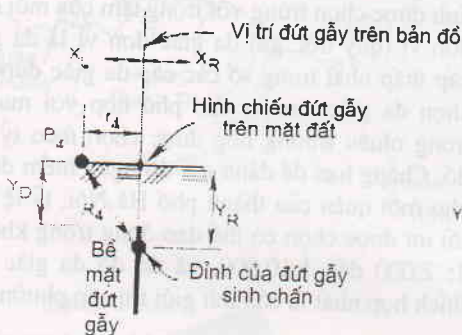
$$\ln(SD) = -3,512 + 0,904 - 1,328 \ln \sqrt{R^2 + [0,149 \exp(0,647M)]^2} + [1,125 - 0,112 \ln(R) - 0,0957M] \cdot G_{RS} + [0,440 - 0,171 \ln(R)] \quad (3)$$

Ở đây : SD là giá trị trung bình của PGA (đo bằng g), M là magnitude mô men của động đất, R là khoảng cách gần nhất tới miền phá hủy của đứt gãy (đo bằng km),  $G_{RS}$  là chỉ số phân loại đứt gãy :  $G_{RS}=1$  đối với đứt gãy nghịch và bằng 0 trong các trường hợp khác.

Đứt gãy xiên được coi là trượt bằng nếu tạo với mặt phẳng nằm ngang một góc nghiêng không vượt quá  $30^\circ$ , trong các trường hợp khác đứt gãy được gọi là đứt gãy nghịch. Trong nghiên cứu này, biểu thức tắt dẫn chỉ áp dụng cho các đứt gãy trượt

cho các khoảng cách từ điểm đo tới nguồn nhỏ hơn 60 km. Biểu thức tắt dẫn của Campbell & Bozorgnia (1994) cho điều kiện nền là đá mềm có dạng :

bằng dạng thuận. Khoảng cách R (hình 1) được coi là khoảng cách ngắn nhất từ điểm quan sát tới miền phá hủy của đứt gãy nguồn. Thuật toán áp dụng giả thiết cho rằng phần đứt gãy nằm trong lớp đất bề rời trong khoảng 4 km tính từ bề mặt Trái Đất không có khả năng phát sinh chấn động. Độ sâu cực tiểu này được ký hiệu là  $Y_R$  trên hình 1. Trong thuật toán,  $Y_R$  được gán giá trị không đổi và bằng 5 km. Trên hình vẽ có thể thấy rằng nếu  $Y_D$  nhỏ hơn  $Y_R$ , khoảng cách được đo từ điểm nút của đứt gãy ở độ sâu 5 km. Nếu  $Y_D$  lớn hơn  $Y_R$ , khoảng cách sẽ được đo từ điểm gần nhất trên đứt gãy.



Hình 1. Cách đo khoảng cách cho các trường hợp đứt gãy thẳng đứng và đứt gãy xiên sử dụng cho đường cong tắt dẫn [1]

### 4. Biểu thức tắt dẫn chấn động của Youngs, Chiou, Silva và Humphrey (1997)

Biểu thức tắt dẫn [9] dự báo giá trị gia tốc cực đại nền và phổ phản ứng tại các điểm đặt trên nền đá cho các động đất xảy ra tại các vùng cuộn hút dưới đáy đại dương, có phân biệt các động đất rìa xảy ra tại khu vực ranh giới của địa khối bị cuốn hút hay địa khối phủ, và các động đất nội khối xảy ra tại những độ sâu lớn bên trong các địa khối. Các động đất rìa thường có nguồn gốc từ các đứt gãy thuận có góc cắm lớn. Khác với các động đất nông thường xảy ra trong lớp vỏ Trái Đất ở độ sâu 20-25 km, các động đất nội khối thường phát sinh ở độ sâu lớn bởi các đứt gãy nghịch có góc cắm nhỏ.

Biểu thức tắt dẫn chấn động Youngs 1997 được áp dụng cho các giá trị magnitude  $M \geq 5$  và khoảng cách từ điểm quan sát tới vùng phá hủy trên bề mặt trong khoảng từ 10 đến 500 km, có dạng :

$$\ln(SD) = a_{IF} \cdot G_{IF} + a_{IS} \cdot G_{IS} + 1,414M + b(10-M)^3 + c \cdot \ln(R + 1,7818e^{0,554M}) + 0,00607h$$

Ở đây SD là giá trị trung bình của PGA hay phổ gia tốc ( $S_A$ ) đo bằng g, M là magnitude mô men động đất, R là khoảng cách tới điểm gần nhất của bề mặt đứt gãy, tính bằng km (hình 1),  $a_{IF}$ ,  $a_{IS}$  là các hệ số ứng với trường hợp động đất rìa và động đất nội khối (minh họa trong bảng 1),  $G_{IF}$ ,  $G_{IS}$  là chỉ số phân loại

nguồn :  $G_{IF}=1$  đối với các động đất rìa, và bằng không trong trường hợp ngược lại,  $G_{IS}=1$  đối với các động đất nội khối và bằng không trong trường hợp ngược lại,  $H$  là độ sâu chấn tiêu, tính bằng km.

Bảng 1. Các hệ số trong biểu thức tắt dần chấn động của Youngs và nnk, 1997

Chu kỳ	$a_{IF}$	$a_{IS}$	b	c
PGA	0,2418	0,6264	0,0	-2,552
0,3	0,4878	0,8724	-0,0036	-2,454
1,0	-1,494	-1,1096	-0,0064	-2,234

#### IV. CÁC MÔ HÌNH PHÂN TÍCH KHÔNG GIAN

Trong các ứng dụng GIS, thế giới thực được đặc trưng và khái quát hoá dưới dạng các đối tượng không gian cơ bản như điểm, đường và đa giác. Các mô hình không gian phản ánh thế giới thực bằng một tập hợp các lớp thông tin đồ họa (các dữ liệu không gian, được chồng ghép lên nhau). Tuy nhiên, điểm khác biệt cơ bản và cũng là điểm khiến các phần mềm GIS mạnh hơn hẳn các phần mềm xử lý đồ họa khác là trong môi trường GIS, các lớp thông tin không gian chỉ đơn thuần được chồng ghép lên nhau : giữa chúng tồn tại những mối quan hệ không gian, và việc quản lý - xử lý chúng được thực hiện trên cơ sở tác động lên các mối quan hệ không gian này bằng công cụ phân tích không gian [10].

Trong bài này, công cụ phân tích không gian được hiểu như một chuỗi các hành động theo quy trình : các phương pháp phân tích không gian được sử dụng để xây dựng các mô hình về một bài toán chuyên môn nào đó, và kỹ năng lập trình hướng đối tượng trên một ngôn ngữ đi kèm với phần mềm xử lý GIS sẽ được sử dụng để hỗ trợ cho việc giải bài toán đặt ra theo các mô hình đã xây dựng.

Để xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định, quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất được chia nhỏ ra thành nhiều giai đoạn. Ứng với mỗi giai đoạn, một mô hình phân tích không gian được xây dựng để giải quyết nhiệm vụ kỹ thuật cụ thể của giai đoạn đó. Dưới đây trình bày chi tiết bốn mô hình phân tích không gian chính được áp dụng.

##### 1) Mô hình 1 : chọn vùng nghiên cứu

Việc đầu tiên cần làm trước khi đánh giá độ nguy hiểm động đất cho một khu vực là xác định ranh giới địa lý của nó. Trong nhiều trường hợp,

ranh giới này trùng với các ranh giới hành chính. Thực tế, vùng nghiên cứu có thể là một tập hợp bất kỳ các tỉnh, huyện, xã, thành phố, quận, phường ... trong đó mỗi đơn vị hành chính được cấu thành bởi một hay nhiều đơn vị hành chính cấp thấp hơn. Như vậy, quá trình chọn vùng nghiên cứu quy về việc chọn một vùng có chứa nhiều đơn vị hành chính khác nhau và có cấp hành chính thấp hơn nó.

Mô hình chọn vùng nghiên cứu (mô hình 1) được xây dựng để giải bài toán không gian : "cho trước một đa giác lớn (biểu thị cho một đơn vị hành chính cấp cao) chứa những đa giác nhỏ hơn (biểu thị các đơn vị hành chính cấp thấp hơn), hãy chọn một số lượng đa giác nhỏ bất kỳ từ đa giác lớn này và hiển thị chúng trên màn hình dưới dạng một bản đồ nền". Hình 2 minh hoạ quy trình chọn một quận (quận Hoàn Kiếm, với toàn bộ các phường của nó) từ bản đồ các đơn vị hành chính Tp Hà Nội.

##### 2) Mô hình 2 : xác định các điểm tính rung động nền

Để thành lập bản đồ rung động nền, các điểm tính được chọn trùng với trọng tâm của mỗi đa giác đơn vị (quy ước gọi đa giác đơn vị là đa giác có cấp thấp nhất trong số các cấp đa giác được xét) ; chọn đa giác đơn vị cho phù hợp với mục đích, trong nhiều trường hợp được chọn theo tỷ lệ bản đồ. Chẳng hạn để đánh giá độ nguy hiểm động đất cho một quận của thành phố Hà Nội, tỷ lệ bản đồ tối ưu được chọn có thể dao động trong khoảng từ 1: 2.000 đến 1:10.000, và do đó đa giác đơn vị thích hợp nhất là có ranh giới tới cấp phường.

Trong trường hợp này, mô hình 2 được xây dựng để xác định các điểm trọng tâm của mỗi đa giác đơn vị, tại đó tính giá trị các thông số rung động nền. Để đơn giản, gọi các điểm này là tâm của các đa giác đơn vị. Xét đa giác đơn vị có  $n$  đỉnh. Các tọa độ  $X$  và  $Y$  của tâm đa giác đơn vị tính theo công thức :

$$X = \frac{\sum_{i=2}^{n-1} A_i (x_{i-1} + x_i + y_{i+1})}{3 \sum_{i=2}^{n-1} A_i} \quad (4)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=2}^{n-1} A_i (y_{i-1} + y_i + y_{i+1})}{3 \sum_{i=2}^{n-1} A_i}$$

trong đó :  $[(x_i - x_{i-1})(y_{i+1} - y_{i-1}) - (x_{i+1} - x_{i-1})(y_i - y_{i-1})]$ ,

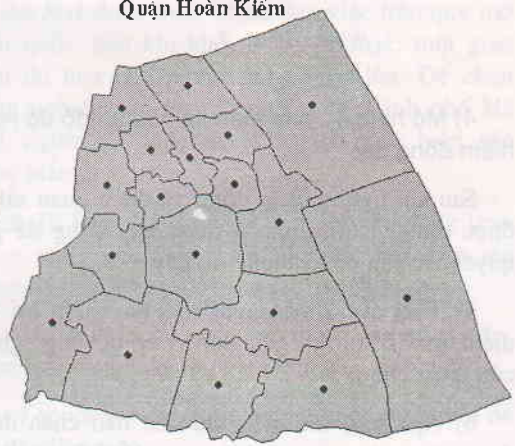
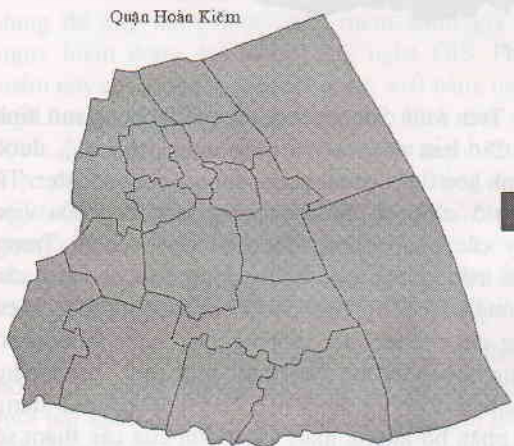
$x_i, y_i$  là tọa độ của đỉnh thứ  $i$  của đa giác đơn vị,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Kết quả xác định các điểm tính rung động nền theo mô hình 2 được minh họa trên hình 3.



↑ Hình 2. Mô hình phân tích không gian số 1 minh họa việc chọn quận Hoàn Kiếm từ bản đồ Hà Nội

↓ Hình 3. Mô hình phân tích không gian số 2 xác định các điểm tính rung động nền tại tâm của mỗi đa giác đơn vị



3) Mô hình 3 : xác định nguồn chấn động

Trong thực tế, do chấn tâm động đất nằm ở những độ sâu đáng kể, nguồn phát sinh các chấn

động động đất thường được quy về hai dạng chính là nguồn điểm (chấn tâm động đất) và nguồn tuyến (đứt gãy hay đoạn đứt gãy địa chất có khả năng

phát sinh động đất phá hủy). Trong nghiên cứu này, mô hình phân tích không gian 3 được xây dựng để quy tắt cả các nguồn chấn động động đất về nguồn điểm và định vị nó trên bản đồ tương ứng với vị trí của các đối tượng chịu ảnh hưởng của chấn động. Ngoài ra, các thông tin liên quan đến nguồn chấn động cũng được nhập vào máy. Đối với chấn tâm động đất, các thông số quan trọng được nhập vào bao gồm : magnitud  $M$ , tọa độ chấn tâm (kinh/vĩ độ), độ sâu chấn tiêu  $h$ , tên

và thời gian xảy ra động đất. Đối với nguồn tuyến, ngoài các thông số nêu trên (được gán cho chấn tâm của một trận động đất kịch bản), các thông số quan trọng của một đứt gãy sinh chấn như loại đứt gãy, độ sâu, độ dài, góc cắm, tọa độ các điểm đầu và cuối..., cũng được nhập vào máy. Cần nhấn mạnh, việc đưa một nguồn tuyến về dạng nguồn điểm không hề ảnh hưởng tới các kết quả tính rung động nền. Hình 4 minh họa kết quả áp dụng mô hình phân tích không gian 3.

### \* Chấn tâm

Hình 4. Mô hình phân tích không gian số 3 xác định nguồn chấn động



4) Mô hình 4 : tính toán và vẽ bản đồ độ nguy hiểm động đất

Sau khi nguồn chấn động và điểm quan sát đã được định vị, mô hình 4 được xây dựng để giải quyết các vấn đề kỹ thuật sau đây :

- Tính các khoảng cách  $R_k$  từ nguồn tới các điểm tính ( $k$  là số đa giác đơn vị trong vùng nghiên cứu được chọn) ;
- Áp dụng các biểu thức tắt dần chấn động được chọn cho vùng nghiên cứu để tính các tham số rung động nền tại mỗi điểm ;
- Vẽ bản đồ các đường đồng mức biểu thị phân bố không gian của các tham số rung động nền cho khu vực nghiên cứu.

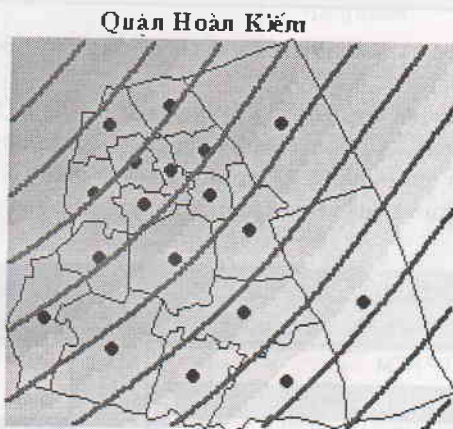
Trên hình 5 minh họa kết quả áp dụng mô hình 4. Các bản đồ gia tốc rung động nền  $a_{max}$  được minh họa dưới cả hai dạng thức vecto và raster. Từ hình 5 cũng có thể thấy ngay hiệu ứng của việc quy các nguồn chấn động về dạng điểm. Trong mọi trường hợp, các đường đồng mức có dạng các đường tròn đồng tâm, trong khi trong thực tế, hiệu ứng chấn động của một nguồn tuyến thường có dạng những đường đồng mức hình elip. Tuy nhiên, các bản đồ rung động nền cho thấy sự hình dung về phân bố không gian và độ lớn của các tham số rung động nền và do đó chúng chỉ mang tính minh họa. Mặt khác, trong thực tế hiệu ứng chấn động động đất gây ra cho một vùng có diện tích quá nhỏ so với khoảng cách từ nguồn tới điểm quan sát (chẳng hạn cho một phường của thành phố Hà Nội)

có thể coi là tương đương với hiệu ứng nguồn điểm. Để thực hiện các tính toán định lượng tiếp

theo, thuật toán sử dụng các giá trị rung động nên tính được tại tâm điểm của mỗi đa giác đơn vị.

## \* Chấn tâm

Hình 5. Mô hình phân tích không gian số 4 vẽ bản đồ rung động nền



## V. ỨNG DỤNG CÁC MÔ HÌNH PHÂN TÍCH KHÔNG GIAN VÀO VIỆC ĐÁNH GIÁ ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT

Các mô hình phân tích không gian được áp dụng để xây dựng một phần mềm đánh giá độ nguy hiểm động đất bằng công nghệ GIS. Phần mềm này có tên gọi là *ArcRisk*, được viết bằng ngôn ngữ *Avenue* trên cơ sở tùy biến giao diện của *ArcView*. Ngoài chức năng là một công cụ mạnh trong việc đánh giá độ nguy hiểm động đất bằng công nghệ GIS, *ArcRisk* còn được thiết kế để có thể sử dụng như một Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong công tác phòng ngừa, ứng cứu và giảm nhẹ thiệt hại do động đất gây ra đối với cộng đồng đô thị.

Các chức năng của *ArcRisk* như một hệ thống hỗ trợ ra quyết định sẽ được mô tả chi tiết trong một bài khác. Bài viết này chỉ tập trung giới thiệu việc ứng dụng các mô hình phân tích không gian để thực hiện một trong những chức năng quan trọng của hệ thống - đó là việc tính toán và vẽ các bản đồ rung động nền đất theo những kịch bản động đất khác nhau. Khu vực được chọn để thử nghiệm *ArcRisk* là quận Hoàn Kiếm, một trong

những quận đông dân nằm ở trung tâm thành phố Hà Nội.

### 1. Xác định vùng làm việc

*ArcRisk* được thiết kế để làm việc trên quy mô toàn quốc. Sau khi khởi động *ArcRisk*, một giao diện đồ họa cho người dùng hiện lên. Để chọn vùng nghiên cứu là một quận của thành phố Hà Nội, người sử dụng *ArcRisk* phải thực hiện các bước tuân tự như sau :

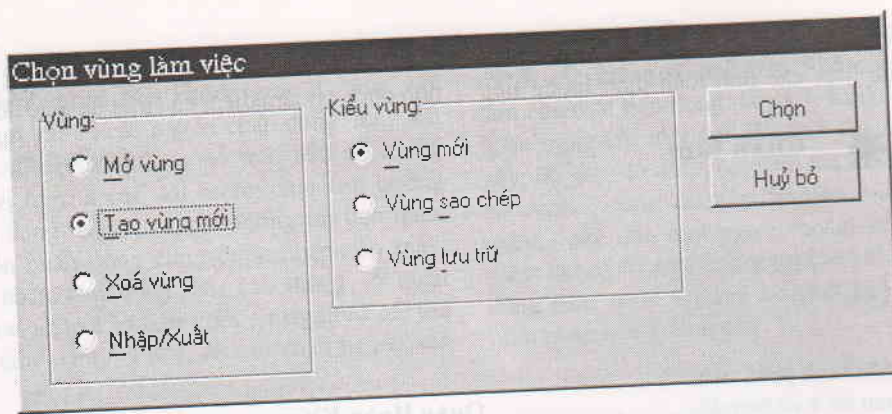
a) Từ lệnh đơn *File*, kích chuột vào dòng lệnh *Chọn vùng làm việc*. Cửa sổ cùng tên hiện lên (hình 6) cho phép thực hiện các lựa chọn sau:

- *Mở vùng* : cho phép mở một vùng đã có sẵn, được lưu trong máy từ phiên làm việc trước ;

- *Tạo vùng mới*: cho phép tạo một vùng mới để bắt đầu làm việc ;

- *Xoá vùng* : cho phép xoá một vùng đã chọn;

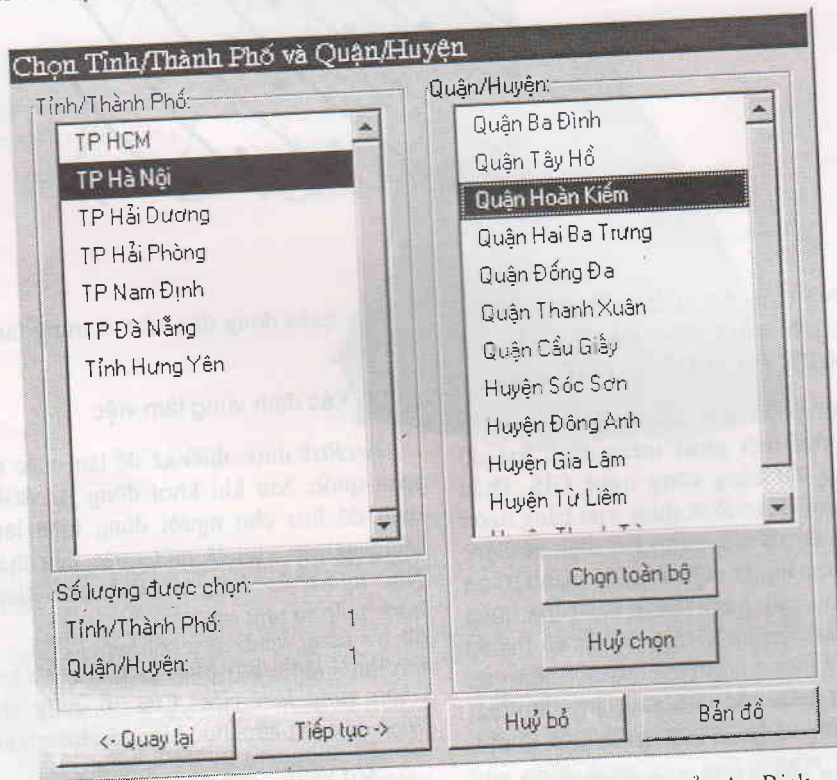
- *Nhập/Xuất*: cho phép nhập một vùng từ một cơ sở dữ liệu bên ngoài hoặc xuất một vùng đã chọn sang một cơ sở dữ liệu bên ngoài.



Hình 6. Cửa sổ chọn vùng làm việc của ArcRisk

b) Kích chuột vào lựa chọn *Tạo vùng mới*, rồi kích vào nút *Chọn*, cửa sổ *Chọn Tỉnh/Thành phố và Quận/Huyện* hiện lên (hình 7). Dùng trỏ chuột chọn thành phố Hà Nội và quận Hoàn Kiếm. Lưu ý

rằng có thể chọn một số lượng tỉnh/thành phố hoặc quận/huyện bất kỳ và lớn hơn 1 bằng cách nhấn phím *Shift*, đồng thời dùng chuột đánh dấu tên các địa danh muốn chọn, rồi kích vào nút *Tiếp tục*.

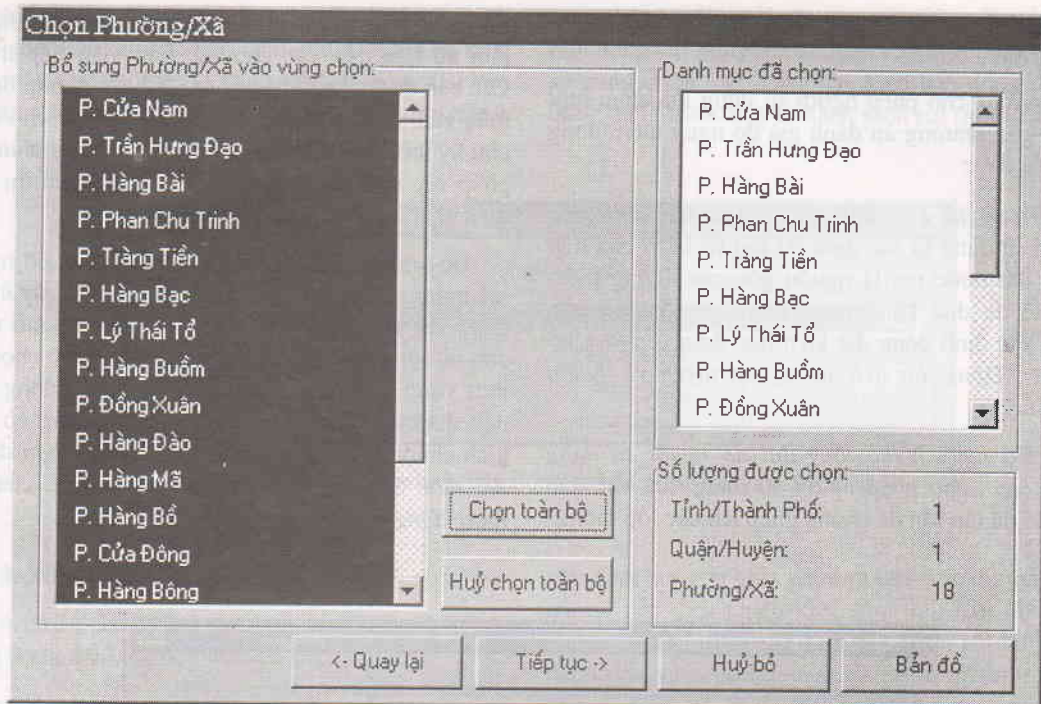


Hình 7. Cửa sổ Chọn Tỉnh/Thành phố và Quận/Huyện của ArcRisk

c) Sau khi chọn nút *Tiếp tục*, cửa sổ *Chọn Phường/Xã* hiện lên. Kích chuột vào nút *Chọn toàn bộ* để đưa tất cả các phường thuộc quận Hoàn Kiếm vào bản đồ nên khu vực nghiên cứu (hình 8). Lưu ý rằng trong trường hợp đổi ý, người sử dụng luôn luôn có thể sử dụng các nút *Huỷ chọn toàn*

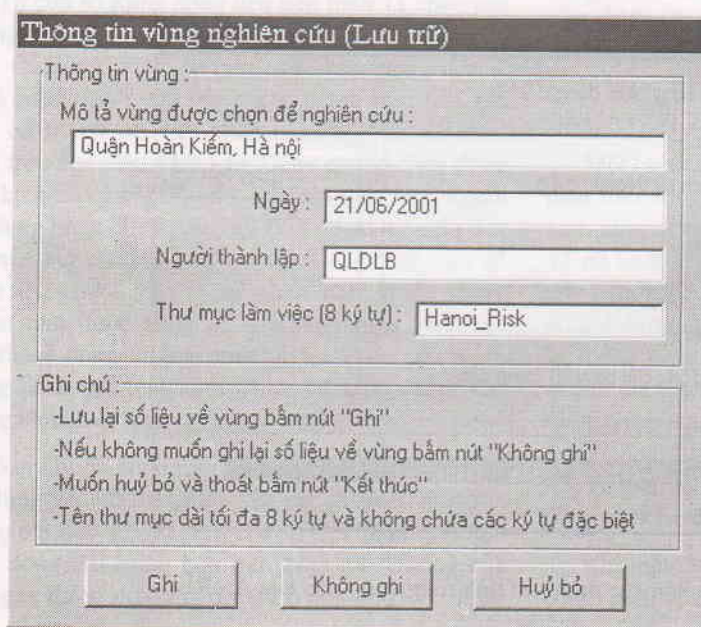
*bộ*, *Quay lại* hay *Huỷ bỏ* để thay đổi lựa chọn của mình tùy theo mức độ. Nút *Bản đồ* cho phép người sử dụng kiểm tra lựa chọn của mình trên bản đồ. Từ đây, nếu muốn quay lại các cửa sổ lựa chọn, người sử dụng có thể kích chuột vào lệnh đơn *Chọn* rồi chọn *Tiếp tục* hay *Quay lại*.





d) Nếu chọn *Quay lại*, ta sẽ trở về với cửa sổ lựa chọn trước đó, còn nếu chọn *Tiếp tục*, cửa sổ mới *Thông tin về vùng nghiên cứu (Lưu trữ)* sẽ hiện ra, cho phép người sử dụng đặt tên cho tệp chứa các dữ liệu về vùng nghiên cứu vừa chọn và chỉ ra đường dẫn để lưu trữ nó (*Hình 9*). Chú ý : thông tin về vùng nghiên cứu đã chọn chỉ được lưu trữ trong

trường hợp người sử dụng nhấn nút *Ghi*. Trong trường hợp nút *Không ghi* được nhấn, vùng nghiên cứu vẫn sẵn sàng phục vụ phiên làm việc, nhưng mọi thông tin trong phiên làm việc này không được lưu lại. Người sử dụng có thể chọn nút *Không ghi* để thực hiện các thử nghiệm ban đầu của mình, và chọn nút *Ghi* khi sự lựa chọn là chắc chắn.



*Hình 9.* Cửa sổ Thông tin vùng nghiên cứu (Lưu trữ) của ArcRisk

## 2. Chọn phương án đánh giá độ nguy hiểm Động đất

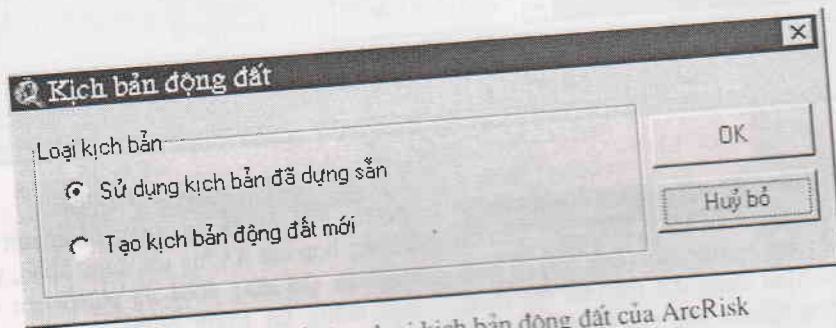
ArcRisk cho phép người sử dụng lựa chọn một trong các phương án đánh giá độ nguy hiểm động đất sau đây :

- *Động đất kích bản*: phương án này cho phép người sử dụng tự xác định độ lớn và vị trí của trận động đất được coi là nguồn gốc của những hiểm họa sẽ đe dọa khu vực nghiên cứu. Ba phương pháp xác định động đất kích bản được ArcRisk hỗ trợ là : *Động đất lịch sử, nguồn tuyến và nguồn điểm tùy ý*;

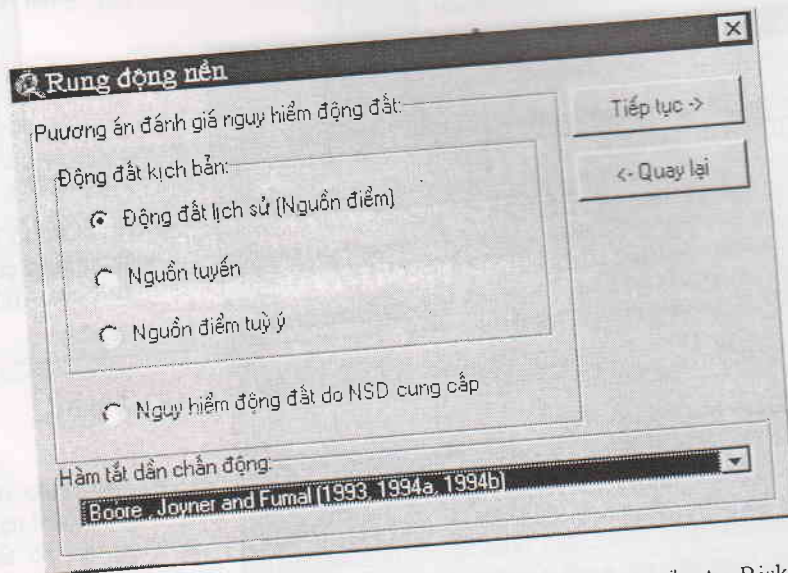
- *Độ nguy hiểm động đất do người sử dụng cung cấp* : cho phép người sử dụng đưa vào các bản đồ đã lập sẵn để chồng ghép lên các lớp thông

tin hiện có, hay sử dụng các tham số của chúng làm dữ liệu đầu vào cho các tính toán tiếp theo. Các bản đồ loại này bao gồm : bản đồ đường đồng mức các tham số rung động nên dự báo cho các chu kỳ thời gian khác nhau, thành lập bảng phương pháp xác suất, hay các bản đồ số hoá biểu thị gia tốc cực đại nên hay phổ gia tốc.

Để lựa chọn một phương án đánh giá độ nguy hiểm động đất, kích chuột mở lệnh đơn *Nguy hiểm động đất* rồi chọn *Kích bản động đất* để mở một cửa sổ cùng tên (hình 10). Nếu vùng được chọn là một vùng mới, tức là chưa có kích bản động đất nào được xác định cho nó, người sử dụng có thể kích chuột để chọn phương án *Tạo kích bản động đất mới*. Sau khi kích chuột vào nút *OK*, cửa sổ *Rung động nền* sẽ hiện lên (hình 11).



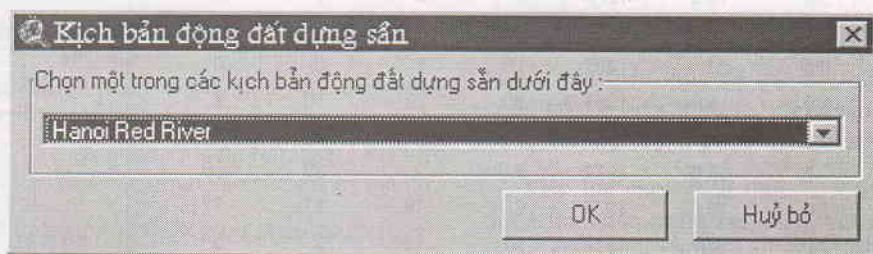
Hình 10. Cửa sổ chọn loại kịch bản động đất của ArcRisk



Hình 11. Cửa sổ chọn các thông số tính rung động nền của ArcRisk

Nếu trước đó người sử dụng đã chạy một kịch bản cho một vùng nào đó và muốn sử dụng lại kịch bản này cho một vùng khác, có thể đánh dấu vào phương án *Sử dụng kịch bản đã dựng sẵn* minh họa

trên hình 10. Kích chuột vào nút *OK*, cửa sổ *Kịch bản động đất dựng sẵn* sẽ hiện lên; cho phép người sử dụng chọn một trong các kịch bản động đất đã được dựng trước đây từ danh sách rơi (hình 12).



Hình 12. Cửa sổ chọn kịch bản động đất đã dựng sẵn của ArcRisk

### 3. Xác định Động đất kịch bản

*ArcRisk* cho phép người sử dụng xác định một trận động đất kịch bản theo ba cách sau đây :

#### a) Chấn tâm động đất lịch sử

Theo phương án này, người sử dụng sẽ chọn động đất kịch bản từ cơ sở dữ liệu là một danh mục các trận động đất ghi nhận được trên toàn vùng nghiên cứu. Cơ sở dữ liệu này được lưu trong máy, có chứa các thông số liên quan đến trận động đất, nhưng quan trọng nhất là các giá trị *magnitud M* và độ sâu chấn tiêu *h*. Các giá trị này đều có thể thay đổi được.

Từ cửa sổ *Rung động nền* trên hình 11 chọn nút *Động đất lịch sử (nguồn điểm)* rồi nhấn nút *Tiếp tục*. Cửa sổ *Cơ sở dữ liệu chấn tâm động đất* sẽ xuất hiện (hình 13). Kích chuột lựa một bản ghi của cơ sở dữ liệu rồi nhấn nút *Tiếp tục* để chọn một trận động đất kịch bản. Cũng có thể chọn động đất kịch bản bằng bản đồ. Để làm việc này, người sử dụng nhấn chuột vào nút *Bản đồ* để hiển thị bản đồ nền với các chấn tâm động đất lịch sử, sau đó kích trở chuột vào vị trí chấn tâm muốn chọn. Chấn tâm được chọn sẽ ngả sang màu vàng, và người sử dụng khẳng định sự lựa chọn của mình bằng cách mở lệnh đơn *Chọn* và kích chuột vào dòng lệnh *Tiếp tục*.

Sau khi đã chọn một trong các chấn tâm, người sử dụng vẫn có thể chỉnh sửa các tham số của trận động đất lịch sử này trên cửa sổ *Các tham số chấn tâm động đất* minh họa trên hình 14. Hướng của đứt gãy được đo bằng độ (từ 0 đến 360) và được

xác định bởi góc giữa phương của trục đứt gãy với hướng bắc theo chiều kim đồng hồ. Khi thay đổi *magnitud* của động đất lịch sử, người sử dụng cần đánh dấu vào các hộp *Ghi đè* để *ArcRisk* tự động tính các giá trị độ dài vùng phá huỷ của đứt gãy sinh chấn tương ứng với giá trị *magnitud* mới.

#### b) Động đất có nguồn gốc đứt gãy (nguồn tuyến)

Động đất nguồn tuyến được xác định bằng cách chọn một đứt gãy phát sinh động đất từ một cơ sở dữ liệu chứa các đứt gãy hoạt động tồn tại trên toàn vùng nghiên cứu. Nguồn tuyến được chọn sẽ chứa các thông số của trận động đất kịch bản. Người sử dụng có thể thay đổi các tham số của nguồn tuyến như chiều rộng, loại, *magnitud* và độ dài miền phá huỷ, hay có thể xác định chấn tâm của động đất kịch bản ngay trên bản đồ bằng cách nhấn trở chuột vào vị trí chấn tâm (nằm trên đứt gãy).

Một cơ sở dữ liệu chứa các đứt gãy có khả năng phát sinh động đất được lưu sẵn trong *ArcRisk*. Khi kích chuột chọn *Nguồn tuyến* tại cửa sổ trên hình 11 rồi nhấn nút *Tiếp tục*, cửa sổ *Cơ sở dữ liệu đứt gãy nguồn* sẽ xuất hiện (hình 15). Người sử dụng có thể dùng cửa sổ này để chọn một đứt gãy, hay kích chuột vào nút *Bản đồ* để chọn đứt gãy nguồn từ bản đồ. Động đất kịch bản trong trường hợp này được chọn tại vị trí bất kỳ nằm trên (hoặc rất gần) đứt gãy đã chọn. Các đứt gãy nguồn có thể được sắp xếp lại theo số thứ tự, theo vần chữ cái..., bằng cách chọn cột cần sắp xếp lại, sau đó nhấn nút *Sắp xếp*.

Khi một đứt gãy nguồn đã được lựa chọn từ cơ sở dữ liệu, cửa sổ *Các tham số nguồn tuyến* sẽ xuất

**Cơ sở dữ liệu các chấn tâm động đất**

Các chấn tâm lịch sử :

STT	Ms.Max	Độ sâu	Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Phút
1	5.0	15.0	1277	5	2	0	0
2	5.0	10.0	1278	8	2	0	0
3	5.0	10.0	1285	9	24	0	0
4	0.0	0.0	1435	11	1	0	0
5	3.0	15.0	1963	9	22	10	2
6	3.0	4.0	1976	9	2	23	59
7	3.0	10.0	1977	4	3	23	38
8	2.0	10.0	1977	6	16	17	17
9	2.0	5.0	1977	10	12	2	5
10	3.0	10.0	1977	10	25	12	29
11	3.0	10.0	1978	12	15	16	24

Hình 13. Cơ sở dữ liệu các động đất lịch sử lưu trữ trong ArcRisk

**Các tham số chấn tâm động đất**

Các tham số:

Mô tả :

Ngày :  Thời gian :

Magnitude mô-men :

Độ sâu, km :

Vĩ độ :

Kinh độ :

Đứt gãy phá hủy:

Hướng :  độ

Góc cắm, +90 đến -90:  độ

Độ dài bề mặt dưới, km :  Ghi đề

Độ dài bề mặt trên, km :  Ghi đề

Loại đứt gãy:

Trượt bằng thuận

Nghịch

Loại nguồn:

Rìa

Nội khối

Hình 14. Cửa sổ cho phép chỉnh sửa các tham số của động đất lịch sử đã chọn

hiện (hình 16). Để định vị chấn tâm động đất kích bản, người sử dụng kích chuột vào phím *Bản đồ* để hiển thị bản đồ các nguồn tuyến, rồi kích trở chuột lên điểm muốn chọn làm chấn tâm nguồn. *Magnitud* và độ dài vùng phá huỷ sẽ được xác định giống như trong hình 14.

#### c) Động đất nguồn điểm tùy ý

Động đất kích bản loại này được xác định bằng cách định vị chấn tâm và gán giá trị *magnitud* cho nó. Chấn tâm được định vị bằng hai cách : kích trở chuột trên bản đồ hoặc nhập vào các giá trị tọa độ.

Nếu chọn phương án *Nguồn điểm tùy ý* từ cửa sổ *Rung động nền* trên hình 11, người sử dụng sẽ xác định tọa độ, *magnitud*, độ sâu chấn tiêu của động đất kích bản cùng với hướng và độ dài của đứt gãy phá huỷ trên cửa sổ *Các tham số của nguồn điểm tùy ý* minh họa trên hình 17. Chấn tâm của động đất kích bản được xác định bằng cách hiển thị bản đồ nền khu vực nghiên cứu rồi kích trở chuột lên một điểm muốn chọn (nhấn nút *Bản đồ*) hay gõ vào các giá trị vĩ độ và kinh độ của chấn tâm. Hướng của đứt gãy được đo bằng độ (từ 0 đến 360) và được xác định bởi góc giữa phương của trục đứt gãy với hướng bắc theo chiều kim đồng hồ. *ArcRisk* tự động tính độ dài phá huỷ theo biểu thức tương quan giữa *magnitud* và độ dài đứt gãy của Wells và Coppersmith [7], trừ khi người sử dụng muốn thay đổi giá trị này bằng cách ghi đè giá trị của mình vào. Nếu đã thay đổi *magnitud* của nguồn bằng cách ghi đè, người sử dụng cần đánh dấu vào ô *Override* để *ArcRisk* tự động tính lại giá trị độ dài phá huỷ tương ứng với giá trị *magnitud* mới.

#### 4. Độ nguy hiểm động đất do người sử dụng cung cấp

*ArcRisk* cho phép người sử dụng nhập các bản đồ rung động nền vào *ArcRisk* bằng cách chọn phương án *Nguy hiểm động đất do người sử dụng cung cấp* từ cửa sổ *Rung động nền* minh họa trên hình 11. Để đảm bảo có thể làm việc được với *ArcRisk*, các bản đồ này cần có khuôn dạng đồ họa phù hợp. Hiện tại, *ArcRisk* hỗ trợ tất cả các khuôn dạng là sản phẩm của Viện nghiên cứu hệ thống môi trường Mỹ (ESRI) như *shape files*, *grid files*, *ArcINFO coverages*. *ArcRisk* cũng cho phép chuyển đổi các sản phẩm đồ họa từ khuôn dạng khác như *DXF* hay *Mapinfo files* về khuôn dạng ngầm định là *shape files*. Ngoài ra, *ArcRisk* cũng chấp nhận cả các tệp ảnh dưới nhiều khuôn dạng khác nhau như *jpg* hay *bitmap*.

#### 5. Lựa chọn biểu thức tắt dần chấn động

*ArcRisk* cho phép người sử dụng lựa chọn một trong số các biểu thức tắt dần chấn động ngầm định từ hộp danh sách *Hàm tắt dần chấn động* của cửa sổ *Rung động nền* (hình 11). Cơ chế mở của *ArcRisk* cho phép bổ sung một khối lượng không hạn chế các biểu thức tắt dần chấn động. Hiện tại, ngoài bốn biểu thức đã mô tả trong mục 2, tổng cộng có 10 biểu thức tắt dần chấn động được sử dụng thường xuyên trong *ArcRisk*.

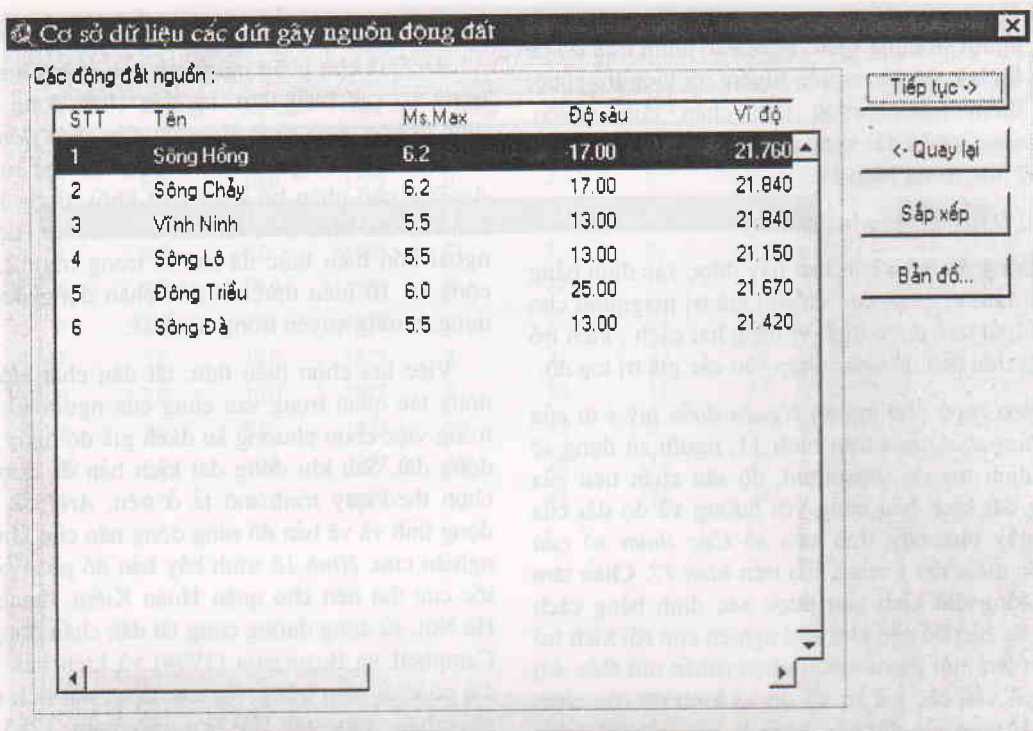
Việc lựa chọn biểu thức tắt dần chấn động là động tác quan trọng sau cùng của người sử dụng trong việc chọn phương án đánh giá độ nguy hiểm động đất. Sau khi động đất kích bản đã được lựa chọn theo quy trình mô tả ở trên, *ArcRisk* sẽ tự động tính và vẽ bản đồ rung động nền cho khu vực nghiên cứu. Hình 18 trình bày bản đồ phân bố gia tốc cực đại nên cho quận Hoàn Kiếm, thành phố Hà Nội, sử dụng đường cong tắt dần chấn động của Campbell và Bozorgnia (1994) và kích bản động đất có chấn tâm trùng với trận động đất lịch sử đã ghi nhận được tại Hà Nội vào năm 1285, với *magnitude* bằng 6.2 độ Richtre và được giả thiết xảy ra trên đới đứt gãy Sông Cháy.

### KẾT LUẬN

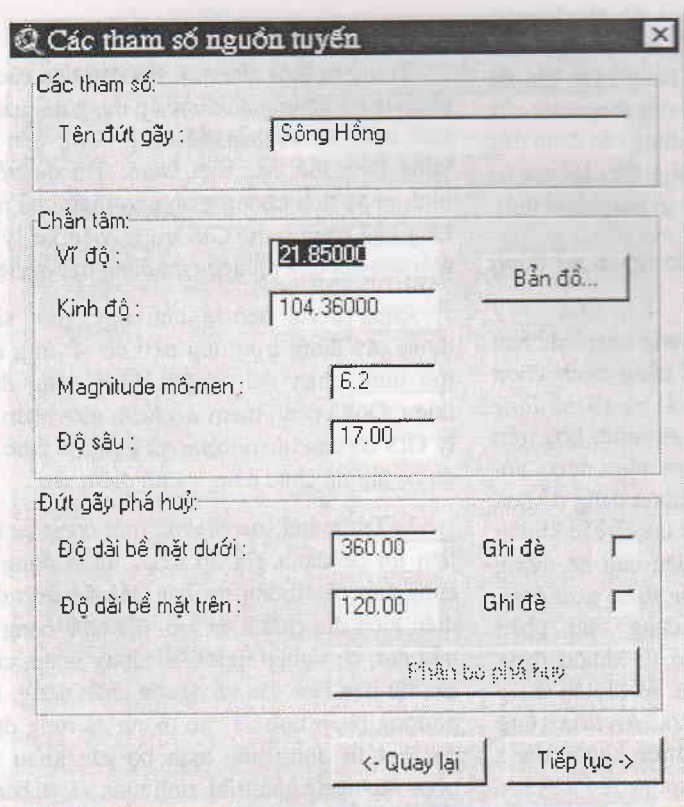
Trong nghiên cứu này, lần đầu tiên các mô hình phân tích không gian được áp dụng để giải bài toán tính toán và vẽ bản đồ rung động nền cho một vùng lãnh thổ của Việt Nam. Thí dụ về các mô hình phân tích không gian cho thấy khả năng tiềm tàng của công nghệ GIS trong việc xử lý và minh giải các kết quả nghiên cứu động đất ở Việt Nam.

Cũng trong nghiên cứu này, một sản phẩm được xây dựng trực tiếp trên cơ sở ứng dụng các mô hình phân tích không gian cũng được giới thiệu. Đó là phần mềm *ArcRisk*, một phần mềm xử lý GIS có tầm quan trọng và ý nghĩa thực tiễn lớn, do có những chức năng và ưu điểm sau :

1) Trước hết, *ArcRisk* là một công cụ mạnh và tiện lợi để đánh giá độ nguy hiểm động đất. Nó cung cấp các thông tin ban đầu về tính địa chấn, điều kiện địa chất kiến tạo, địa chất công trình và nền đất, cho phép người sử dụng nhập, chỉnh sửa các dữ liệu ban đầu về nguồn chấn động, lựa chọn phương pháp tính và các thông số rung động nền. *ArcRisk* tự động hoá toàn bộ các khâu thao tác phức tạp trong quá trình tính toán và vẽ bản đồ độ



Hình 15. Cơ sở dữ liệu các đứt gãy sinh chấn tại khu vực Hà Nội lưu trữ trong ArcRisk



Hình 16. Cửa sổ cho phép chỉnh sửa các tham số của nguồn tuyến



nguy hiểm động đất. Các kết quả đồ họa của *ArcRisk* được hiển thị trực tiếp trên màn hình máy tính theo chuẩn của *Windows*, được nối kết chặt chẽ với các dữ liệu thuộc tính và có thể được chỉnh sửa, cập nhật dễ dàng thông qua các công cụ và một giao diện đồ họa cho người sử dụng (*Graphical User Interface*). Tóm lại, tính tiện lợi của *ArcRisk* cho phép người sử dụng nó đạt được những kết quả có chất lượng cao mà không nhất thiết phải là một chuyên gia tin học.

2) Quan trọng hơn, *ArcRisk* còn mang chức năng của một hệ thống hỗ trợ ra quyết định. Với hai thành phần chính là công cụ đánh giá độ nguy hiểm động đất tại một khu vực và công cụ ước lượng độ rủi ro động đất, tức là những tổn thất do động đất gây ra đối với cộng đồng tại khu vực đó, hệ thống hỗ trợ ra quyết định này sẽ giúp cho các chính quyền địa phương, các nhà quản lý, quy hoạch và những người ra quyết định khác có được quyết định đúng đắn và tối ưu trong việc triển khai các hoạt động hay tổ chức các chương trình phòng ngừa - giảm nhẹ thiên tai động đất cho các đô thị lớn hay các khu vực trọng điểm phát triển kinh tế của đất nước.

Những kết quả áp dụng *ArcRisk* để đánh giá khả năng rung động nền tại quận Hoàn Kiếm, thành phố Hà Nội, tuy mới chỉ là những kết quả bước đầu, vẫn cho phép khẳng định vai trò quan trọng và tính tất yếu của việc áp dụng công nghệ GIS trong lĩnh vực nghiên cứu động đất nước nhà.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] K. W. CAMPBELL, Y. BOZORGIA, 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 : v III, 283-292.

[2] C.A. CORNELL, 1968: Engineering Seismic Risk Analysis, Bull. Seim. Soc. Am., 58, 1583-1606.

[3] XIANG JIANGUANG, 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.

[4] A. DER KIUREGHIAN and S-H. ANG, 1977 : A fault rupture model for seismic risk analysis, Bull. Seim. Soc. Am., Vol. 67, 4, 1173 - 1194.

[5] R.K. MCGUIRE, 1976: FORTRAN computer program for seismic risk analysis, U.S. Geol. Survey Open - File Rept. 76-67, 89.

[6] W.G. MILNE and A.G. DAVENPORT, 1969 : Distribution of earthquake risk in Canada, Bull. Seim. Soc. Am., 59, 729 - 754.

[7] 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, v 84, 974-1002.

[8] 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.

[9] R. R. YOUNGS et al, 1997: Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes, Seismological Research Letters, January/February.

[10] GIS by ESRI, 1996: ArcView Spatial Analyst, Environmental Systems Research Institute Inc.

#### SUMMARY

##### Application of spatial analysis models to seismic hazard evaluation

The paper illustrates the potential of applying a Geographical Information System approach to seismic hazard analysis. Spatial analysis models have been used for solving traditional problems of earthquake hazard evaluation and mapping ground shaking. A GIS-based software was developed, being the first module of a decision support system (DSS), which will provide users with a powerful tool for estimating future losses from scenario earthquakes. This system, therefore, can be used by various users, including government officials, managers, urban planners, etc.

As an illustration of the system, preliminary results of seismic hazard analysis of the Hoàn Kiếm district, downtown of Hanoi are presented.

Ngày nhận bài : 15-8-2001

Phân viện Hải dương học Hà Nội