

# ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG BỊ TỔN THƯƠNG DO ĐỘNG ĐẤT CHO THÀNH PHỐ HÀ NỘI

NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, PHẠM THẾ TRUYỀN

## I. MỞ ĐẦU

Quá trình đô thị hoá đang diễn ra với tốc độ nhanh tại các thành phố lớn khiến cho vấn đề quản lý đô thị ngày càng trở nên phức tạp và nan giải. Sự bùng nổ dân số và các hoạt động kinh tế xã hội không những đòi hỏi sự nâng cấp và phát triển của hệ thống hạ tầng cơ sở, còn cả sự mở rộng đô thị về mặt không gian địa lý. Hệ quả tất yếu của việc này là cộng đồng đô thị phải chịu đựng những sức ép ngày càng lớn từ phía môi trường, trong đó có cả những mối đe dọa tiềm ẩn trong thiên nhiên.

Đối với Hà Nội, một thành phố nằm trên đới đứt gãy hoạt động Sông Hồng và trong vùng động đất cấp 8, động đất được xem là một mối hiểm hoạ khá hiện hữu. Với mật độ dân số dày đặc tại khu vực các quận nội thành và tốc độ phát triển ồ ạt như hiện nay, đặc biệt là trong lĩnh vực xây dựng, Hà Nội có thể sẽ phải chịu thiệt hại đáng kể về người và nhà cửa nếu động đất xảy ra. Thực tế là, Hà Nội đã từng bị rung động bởi một loạt các trận động đất trong quá khứ. Các trận động đất lịch sử 1277, 1278 và 1285 ghi lại trong sử sách được đánh giá là có cấp độ mạnh tương đương với cấp 7 và cấp 7-8. Cũng theo các tài liệu quan trắc bằng máy của mạng lưới trạm địa chấn Việt Nam và quốc tế; các tài liệu điều tra thực địa, các tài liệu lịch sử, cho đến nay, đã có hàng trăm trận động đất được ghi nhận trên vùng Hà Nội và lân cận, trong đó đáng kể nhất là các trận động đất năm 1958 ở Vĩnh Phúc ( $M = 5,3$ ) và động đất năm 1961 ở Tân Yên, Bắc Giang ( $M = 5,6$ ).

Bài viết này trình bày việc áp dụng công nghệ GIS để đánh giá khả năng bị tổn thương do động đất cho thành phố Hà Nội. Khả năng bị tổn thương do động đất (Seismic vulnerability) trong nghiên cứu này được hiểu như khả năng mất mát hay khả năng ứng phó của con người khi bị đặt trước tình thế nguy hiểm của tai biến động đất. Hai thuật toán được áp dụng để đánh giá tổn thương ở hai mức độ khác

n nhau. Thuật toán thứ nhất cho phép đánh giá tổng quan khả năng bị tổn thương cho toàn bộ thành phố Hà Nội dựa trên các kết quả nghiên cứu về khả năng rung động nền và khả năng phá huỷ nền do động đất. Thuật toán thứ hai sử dụng các dữ liệu về nhà cửa, dân số và điều kiện nền đất để đánh giá khả năng bị tổn thương ở mức độ chi tiết tới cấp phường tại một số quận nội thành của thành phố Hà Nội.

## II. KHẢ NĂNG BỊ TỔN THƯƠNG DO ĐỘNG ĐẤT CỦA MỘT KHU VỰC ĐÔ THỊ

Cho đến nay, các nguyên lý cơ bản của quy trình đấu tranh với các dạng thức thiên tai khác nhau đã được hình thành ở hầu khắp các quốc gia trên thế giới. Trong lĩnh vực nghiên cứu động đất, các phương pháp luận đánh giá rủi ro và giảm nhẹ thiệt hại cho một khu vực đô thị được xây dựng dựa trên ba khái niệm cơ bản và quan trọng bao gồm: độ nguy hiểm, độ nhạy cảm thiệt hại và độ rủi ro động đất.

### 1. Độ nguy hiểm động đất

Độ nguy hiểm động đất là xác suất xuất hiện của một chấn động do động đất gây ra tại một vùng cho trước trong một khoảng thời gian cho trước. Chấn động địa chấn có thể đo bằng cường độ theo thang cấp độ mạnh, biên độ rung động nền hay các tham số khác sử dụng trong thiết kế xây dựng kháng chấn.

### 2. Độ nhạy cảm thiệt hại

Độ nhạy cảm thiệt hại do động đất, còn gọi là *điểm yếu*, cũng chính là khả năng bị tổn thương do động đất đã được định nghĩa ở trên. Lấy ví dụ cho thành phố Hà Nội, đây là nguy cơ cộng đồng đô thị của thành phố Hà Nội sẽ phải chịu những thiệt hại về vật chất và tinh thần do động đất gây ra. Khả năng bị tổn thương là đại lượng không phụ thuộc vào đơn vị tiền tệ, và thường được xét tương ứng

với mỗi một yếu tố chịu rủi ro. Ở đây các yếu tố chịu rủi ro được hiểu là tất cả các đối tượng có mặt trên khu vực nghiên cứu, bao gồm cả những đối tượng trực tiếp của động đất như nhà cửa, đê điều và các hệ thống giao thông, thông tin liên lạc, hay gián tiếp như những tổn thất về kinh tế hay xã hội.

### 3. Độ rủi ro động đất

Độ rủi ro động đất là xác suất xảy ra những tổn thất về kinh tế xã hội do động đất gây ra tại một khu vực cho trước, trong một khoảng thời gian cho trước.

Độ rủi ro động đất, độ nguy hiểm động đất, khả năng bị tổn thương và yếu tố chịu rủi ro liên hệ với nhau bởi biểu thức :

$$R = H \sum_i^n E_i V_i \quad (1)$$

ở đây  $E$  - yếu tố chịu rủi ro,  $V$  - khả năng bị tổn thương, biểu thị số đo của những tổn thất thành phần,  $H$  - độ nguy hiểm động đất. Chỉ số  $i$  biểu thị loại yếu tố chịu rủi ro.

## III. ĐÁNH GIÁ TỔNG THỂ KHẢ NĂNG BỊ TỔN THƯƠNG DO ĐỘNG ĐẤT CHO THÀNH PHỐ HÀ NỘI

### 1. Phương pháp và dữ liệu sử dụng

Việc đánh giá tổng thể khả năng bị tổn thương do động đất cho thành phố Hà Nội chủ yếu dựa trên hai yếu tố : khả năng rung động nền và khả năng hoá lỏng nền đất khi có động đất mạnh xảy ra. Khả năng trượt lở nền được loại bỏ vì phần lớn diện tích thành phố Hà Nội, trừ một địa phận nhỏ ở huyện Sóc Sơn, có địa hình bằng phẳng và không gây nguy cơ thiệt hại khi có động đất [3].

Để biểu thị khả năng rung động nền, các giá trị cấp chấn động  $I$  được khai thác từ bản đồ phân vùng nhỏ động đất cho thành phố Hà Nội tỷ lệ 1:25000 được số hoá và công bố gần đây nhất [4, 6]. Trên bản đồ này, ranh giới các vùng chấn động có chấn cấp từ 6 đến 8-9 theo thang MSK-64 đã được xác định (hình 1).

Khả năng hoá lỏng nền được khai thác từ hai bản đồ đã công bố. Bản đồ thứ nhất được xây dựng trên cơ sở xác định hệ số an toàn cho từng loại nền theo công thức [6] :

$$F_s = \tau_1 / \tau_e \quad (2)$$

trong đó :  $F_s$  - hệ số an toàn,  $\tau_1$  - lực kháng cắt,  $\tau_e$  - ứng suất cắt tuần hoàn.

Trạng thái hoá lỏng nền được xác định bởi giá trị của hệ số an toàn theo quy tắc sau :

- Không hoá lỏng khi  $F_s \geq 2,0$ ,
- Hoá lỏng không chắc chắn khi  $1,5 \leq F_s < 2,0$ ,
- Hoá lỏng có thể xảy ra khi  $1,0 \leq F_s < 1,5$ ,
- Hoá lỏng hầu như chắc chắn khi  $F_s < 1,0$ .

Bản đồ thứ hai minh hoạ trên hình 2, xây dựng bằng phương pháp tổng hợp địa chất - GIS - xác suất thống kê, theo đó xác suất hoá lỏng nền tính theo công thức [3] :

$$P_{HL} = \frac{P_{HL_i}(PGA = a) \cdot P_{ml}}{K_M \cdot K_W} \quad (3)$$

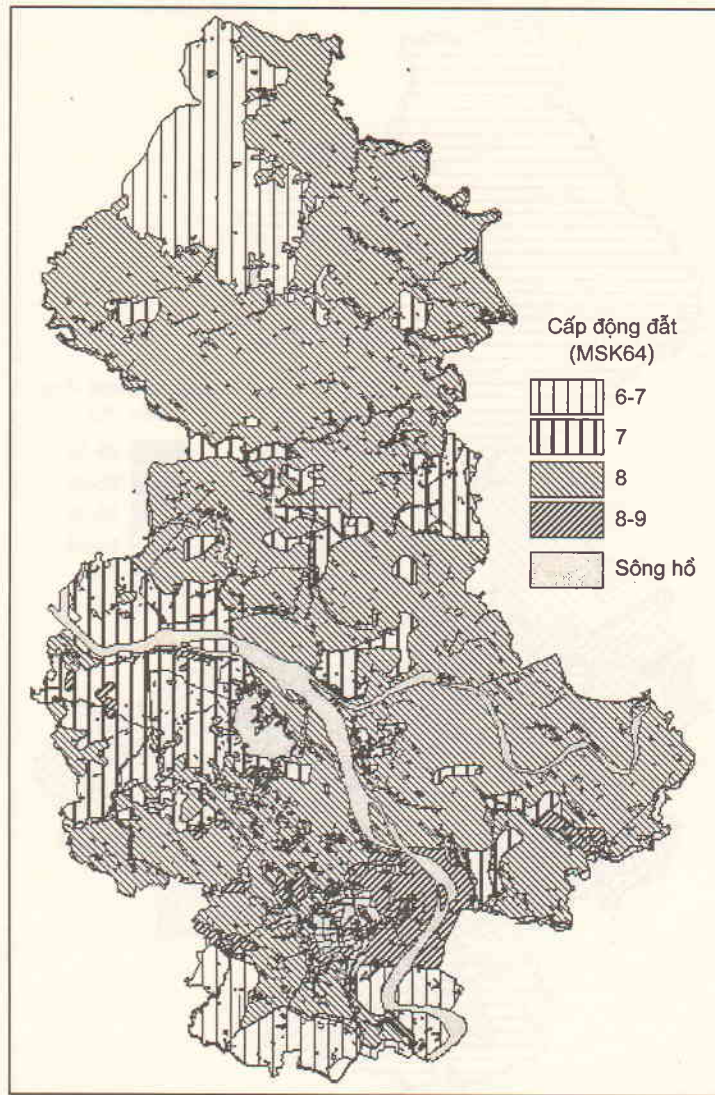
trong đó :  $P_{HL_i}$  - xác suất hoá lỏng nền có điều kiện ứng với một cấp độ nhạy cảm cho trước và một giá trị gia tốc cực đại nền cho trước,  $K_M$  - hệ số hiệu chỉnh theo magnitud,  $K_W$  - hệ số hiệu chỉnh theo điều kiện mực nước ngầm,  $P_{ml}$  - tỷ lệ của đơn vị bản đồ nhạy cảm đối với hiện tượng hoá lỏng nền.

Mối tương quan giữa xác suất hoá lỏng nền có điều kiện và gia tốc cực đại nền theo phương nằm ngang ( $PGA$ ) được xác định cho các cấp độ nhạy cảm hoá lỏng nền trong bảng 1. Mối tương quan này được xác định trên cơ sở thực nghiệm và mô hình thống kê các số liệu quan trắc của Liao và các cộng sự (1988) nghiên cứu các đặc tính kháng xuyên tiêu biểu cho mỗi cấp độ nhạy cảm hoá lỏng nền [2].

Bảng 1. Mối tương quan giữa xác suất có điều kiện và cấp độ nhạy cảm hoá lỏng nền

Cấp độ nhạy cảm	$P_{HL}(PGA = a)$
Rất cao	$0 \leq 9,09a - 0,82 \leq 1,0$
Cao	$0 \leq 7,67a - 0,92 \leq 1,0$
Trung bình	$0 \leq 6,67a - 1,0 \leq 1,0$
Thấp	$0 \leq 5,57a - 1,18 \leq 1,0$
Rất thấp	$0 \leq 4,16a - 1,08 \leq 1,0$
Không	0,0

Các bản đồ chuyên đề biểu thị khả năng rung động nền và khả năng hoá lỏng nền được sử dụng để xây dựng bản đồ khả năng tổn thương do động đất cho toàn bộ thành phố Hà Nội. Trong số hai bản đồ hoá lỏng nền, bản đồ thứ nhất được sử dụng làm nguồn dữ liệu chính, còn bản đồ thứ hai dùng để hiệu chỉnh cho các khu vực không có số liệu trên địa bàn thành phố Hà Nội.



Hình 1. Bản đồ phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội [4, 6]

## 2. Đánh giá khả năng bị tổn thương

Sử dụng công cụ phân tích không gian của phần mềm ArcView GIS, các bản đồ chuyên đề chuyển đổi về khuôn dạng raster. Tiếp đó, phương pháp đại số bản đồ được áp dụng để xử lý các lớp thông tin chuyên đề. Bản đồ kết quả được xây dựng có khuôn dạng raster, với mỗi điểm trên bản đồ được xác định bởi một giá trị của Hệ số tổn thương  $K_{TT}$ , được tính theo công thức sau :

$$K_{TT} = I * K_{HL} \quad (4)$$

trong đó  $I$  - cấp chấn động do động đất, lấy từ bản đồ phân vùng nhỏ động đất và có giá trị dao động trong khoảng từ 6 đến 8,5 theo thang MSK-64,  $K_{HL}$  -

chỉ số hoá lỏng lấy từ các bản đồ hoá lỏng nền. Giá trị của  $K_{HL}$  được xác định như sau :

$K_{HL} = 1$  khi điều kiện nền là không hoá lỏng,

$K_{HL} = 2$  khi điều kiện nền là có thể hoá lỏng,

$K_{HL} = 3$  khi điều kiện nền là chắc chắn hoá lỏng.

Bản đồ khả năng bị tổn thương do động đất của thành phố Hà Nội được minh hoạ trên hình 3 cho thấy các vùng có khả năng bị tổn thương cao nhất tập trung dọc theo sông Hồng, chiếm phần lớn địa bàn huyện Gia Lâm và một số khu vực nhỏ hơn trên địa bàn các huyện Đông Anh và Thanh Trì.

Khu vực nội thành Hà Nội có khả năng bị tổn thương từ trung bình đến cao. Khả năng bị tổn thương



trong đó  $K_{KD}(i)$  - hệ số khuếch đại rung động cho nền loại  $i$ ,  $S_{NH}(i, j)$  - tổng diện tích các khối nhà có cùng loại kết cấu  $j$  nằm trên nền loại  $i$ ,  $I_{NH}(j)$  - trọng số xếp hạng nhà cửa theo mức độ tổn thương ứng với kết cấu loại  $j$  và  $D$  - mật độ dân số tại mỗi phường.

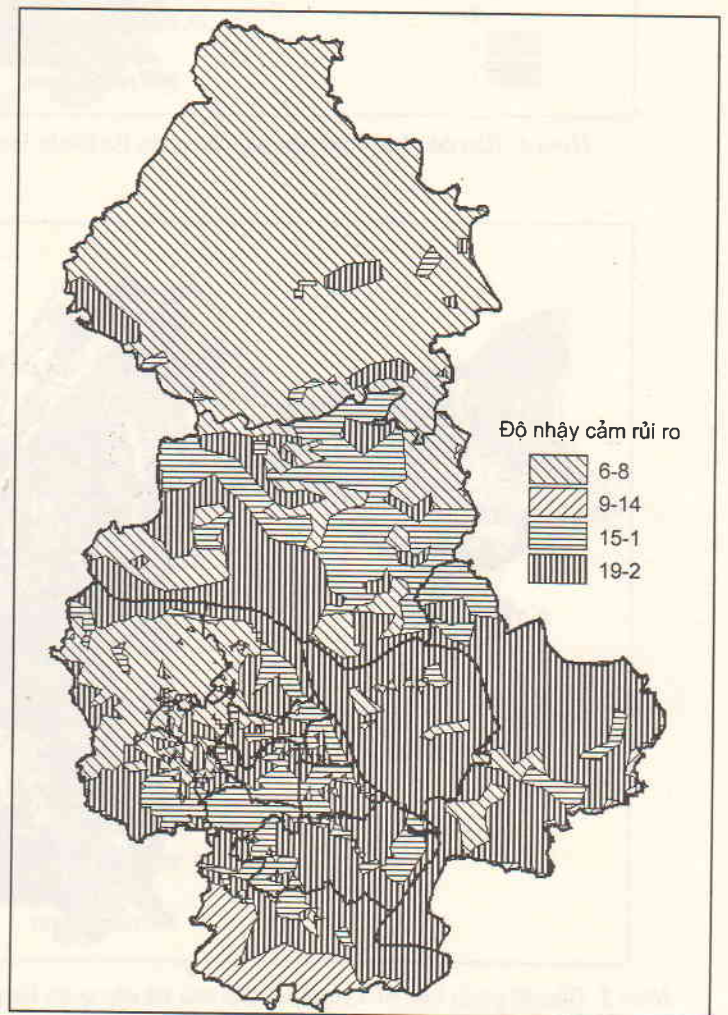
Khu vực nghiên cứu được chọn bao gồm ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng thuộc nội thành Hà Nội. Các dữ liệu về động đất, địa chất công trình và xây dựng công trình được khai thác từ cơ sở dữ liệu GIS tổng hợp của thành phố Hà Nội, đã thành lập trong khuôn khổ của hai đề tài nghiên cứu về rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội [3, 5]. Các lớp thông tin đồ họa chuyên đề được sử dụng bao gồm :

a) Bản đồ hành chính khu vực nghiên cứu chứa các thông tin về ranh giới hành chính và dân số với độ chi tiết tới cấp phường ;

b) Bản đồ phân loại nền đất cho ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng (hình 4) xây dựng theo tiêu chuẩn phân loại của Mỹ dựa trên các giá trị vận tốc truyền sóng ngang hoặc theo các chỉ tiêu cơ lý đất [3] ;

c) Bản đồ phân loại nhà cửa theo kết cấu tại ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng (hình 5) xây dựng trên cơ sở khảo sát thực địa và đối sánh với tiêu chuẩn phân loại nhà cửa của Cục quản lý các tình trạng khẩn cấp liên bang Mỹ (FEMA). Trên bản đồ này minh họa các khối nhà có cùng loại kết cấu có mặt trên địa bàn ba quận nghiên cứu cùng các thông tin thuộc tính có liên quan khác, trong đó quan trọng nhất là dữ liệu về độ cao công trình và diện tích sử dụng [5].

Từ bản đồ phân loại nền đất, có thể thấy trên địa bàn khu vực nghiên cứu phổ biến chủ yếu ba



Hình 3.→

Bản đồ khả năng bị tổn thương do động đất thành phố Hà Nội

trong đó  $K_{KD}(i)$  - hệ số khuếch đại rung động cho nền loại  $i$ ,  $S_{NH}(i, j)$  - tổng diện tích các khối nhà có cùng loại kết cấu  $j$  nằm trên nền loại  $i$ ,  $I_{NH}(j)$  - trọng số xếp hạng nhà cửa theo mức độ tổn thương ứng với kết cấu loại  $j$  và  $D$  - mật độ dân số tại mỗi phường.

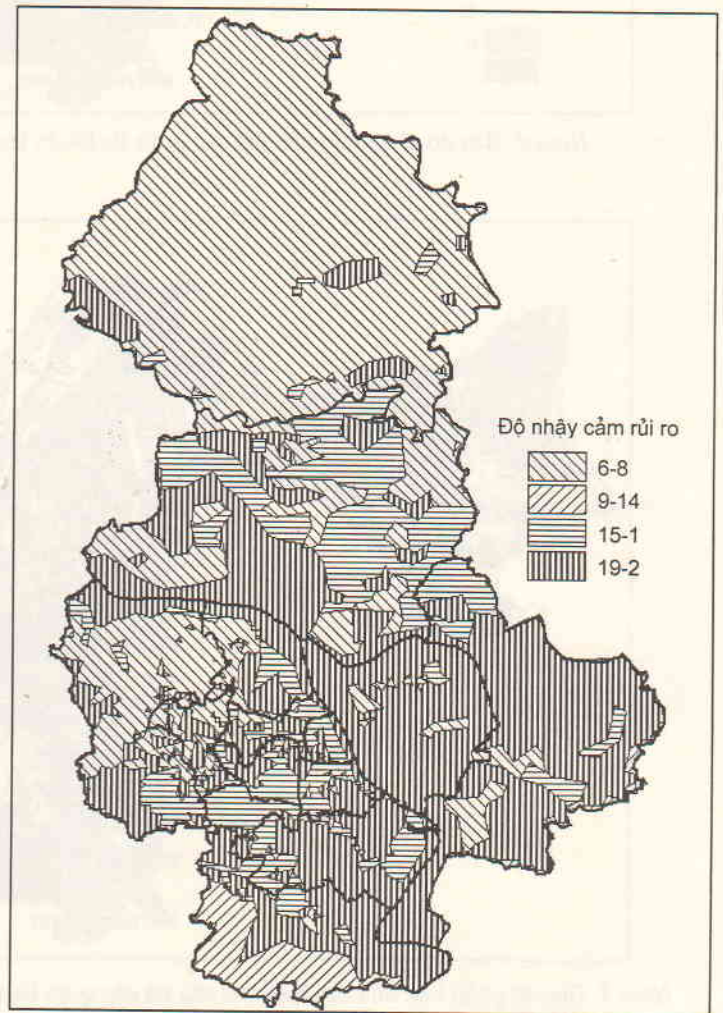
Khu vực nghiên cứu được chọn bao gồm ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng thuộc nội thành Hà Nội. Các dữ liệu về động đất, địa chất công trình và xây dựng công trình được khai thác từ cơ sở dữ liệu GIS tổng hợp của thành phố Hà Nội, đã thành lập trong khuôn khổ của hai đề tài nghiên cứu về rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội [3, 5]. Các lớp thông tin đồ họa chuyên đề được sử dụng bao gồm :

a) Bản đồ hành chính khu vực nghiên cứu chứa các thông tin về ranh giới hành chính và dân số với độ chi tiết tới cấp phường ;

b) Bản đồ phân loại nền đất cho ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng (hình 4) xây dựng theo tiêu chuẩn phân loại của Mỹ dựa trên các giá trị vận tốc truyền sóng ngang hoặc theo các chỉ tiêu cơ lý đất [3] ;

c) Bản đồ phân loại nhà cửa theo kết cấu tại ba quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng (hình 5) xây dựng trên cơ sở khảo sát thực địa và đối sánh với tiêu chuẩn phân loại nhà cửa của Cục quản lý các tình trạng khẩn cấp liên bang Mỹ (FEMA). Trên bản đồ này minh họa các khối nhà có cùng loại kết cấu có mặt trên địa bàn ba quận nghiên cứu cùng các thông tin thuộc tính có liên quan khác, trong đó quan trọng nhất là dữ liệu về độ cao công trình và diện tích sử dụng [5].

Từ bản đồ phân loại nền đất, có thể thấy trên địa bàn khu vực nghiên cứu phổ biến chủ yếu ba



Hình 3.→

Bản đồ khả năng bị tổn thương do động đất thành phố Hà Nội

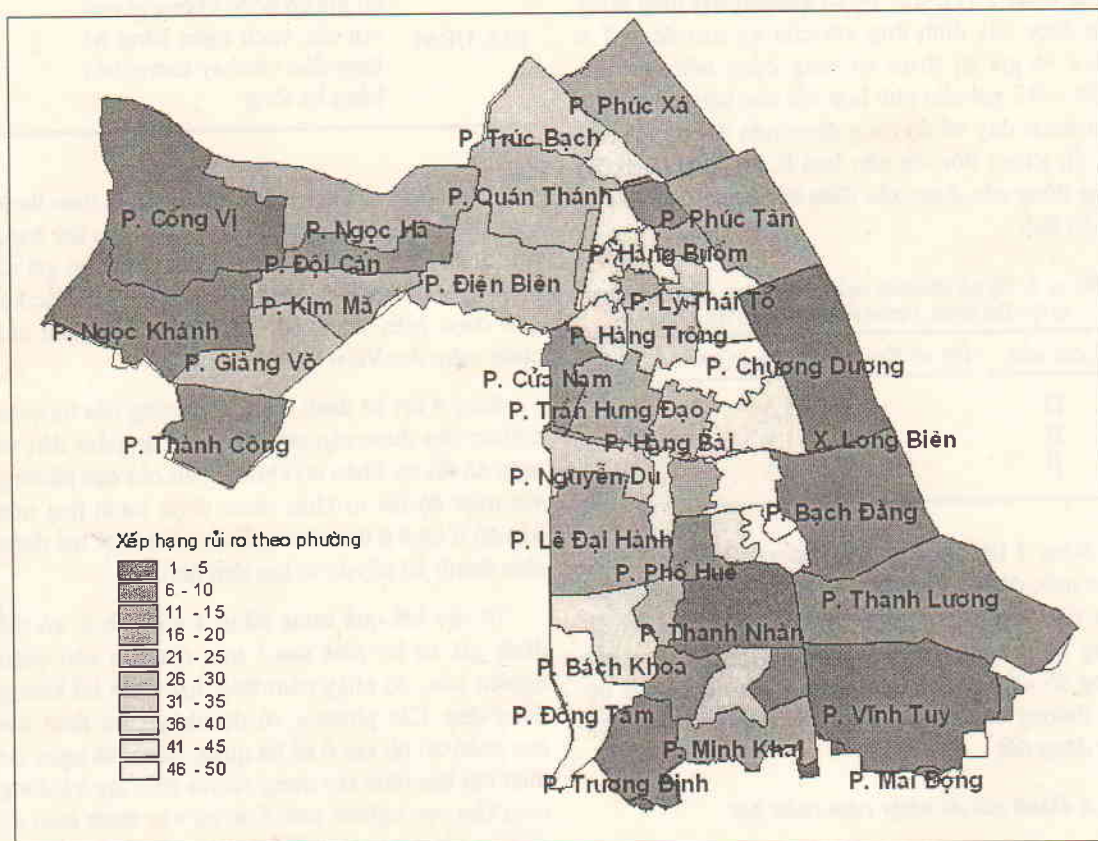


**Bảng 4. Xếp hạng rủi ro theo phường tại các quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng**

Xếp hạng rủi ro	Tên Phường	R	Xếp hạng rủi ro	Tên Phường	R
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1	Cống Vị	164155	12	Thanh Lương	94777
2	Ngọc Khánh	140093	13	Đội Cấn	94711
3	Vĩnh Tuy	137646	14	Phố Huế	94566
4	Thanh Nhân	136712	15	Bạch Mai	94503
5	Chương Dương	134878	16	Hàng Buồm	94244
6	Thành Công	127104	17	Lê Đại Hành	93883
7	Bạch Đằng	108380	18	Phúc Tân	91874
8	Quỳnh Mai	97281	19	Trần Hưng Đạo	89940
9	Đống Xuân	97280	20	Minh Khai	89887
10	Trương Định	96305	21	Ngô Thị Nhậm	89645
11	Cửa Nam	95378	22	Kim Mã	89030

*bảng 4 (tiếp theo)*

(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
23	Ngọc Hà	86855	37	Bách Khoa	72916
24	Phúc Xá	86021	38	Hàng Bồ	70679
25	Hàng Gai	85729	39	Hàng Bông	69453
26	Quán Thánh	79140	40	Cửa Đông	69220
27	Điện Biên	77892	41	Nguyễn T. Trục	67942
28	Giảng Võ	77178	42	Hàng Đào	66822
29	Hàng Bài	76987	43	Bùi Thị Xuân	66728
30	Cầu Dền	76933	44	Hàng Mã	66662
31	Hàng Bạc	75642	45	Phan Chu Trinh	63555
32	Trúc Bạch	75546	46	Lý Thái Tổ	62758
33	Nguyễn Du	75307	47	Đống Mác	60194
34	Quỳnh Lôi	74852	48	Tràng Tiển	57355
35	Hàng Trống	74084	49	Phạm Đình Hồ	41037
36	Đống Nhân	73850	50	Đống Tâm	8533



**Hình 6.** Bản đồ phân bố độ nhạy cảm thiệt hại về nhà cửa và người do động đất theo phường tại các quận Ba Đình, Hoàn Kiếm và Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

**KẾT LUẬN**

Nghiên cứu này giới thiệu việc áp dụng hai thuật toán đơn giản để đánh giá khả năng bị tổn thương do động đất cho thành phố Hà Nội ở hai

mức độ và phạm vi khác nhau : mức độ tổng quan cho toàn thành phố chưa tính đến các yếu tố chịu rủi ro và mức độ chi tiết cho khu vực nội thành có xét đến hai yếu tố chịu rủi ro là nhà cửa và người.

Với sự trợ giúp của công cụ GIS, các kết quả được trình bày dưới dạng các bản đồ minh họa khả năng bị tổn thương và phân bố nhạy cảm thiệt hại về nhà cửa và người nếu có động đất xảy ra tại thành phố Hà Nội. Đây là những bức tranh chấm phá ở phạm vi toàn cảnh và là những dự báo ban đầu về mức độ rủi ro mà cộng đồng đô thị phải gánh chịu khi có động đất xảy ra. Đây cũng là những thông tin ban đầu quan trọng giúp cho việc quy hoạch và quản lý rủi ro động đất đô thị.

Do thuật toán của phương pháp không phụ thuộc độ lớn và vị trí của nguồn gây chấn động, các kết quả đánh giá rủi ro trình bày trong nghiên cứu này chỉ mang tính tổng quan và bán định lượng. Để có những cơ sở xác thực hơn cho các quyết định quản lý rủi ro động đất đô thị, cần tiến hành đánh giá định lượng độ rủi ro động đất đô thị ở mức độ cao hơn, áp dụng phương pháp luận hiện đại và công nghệ tiên tiến của thế giới kết hợp với các dữ liệu quan trắc và khảo sát thực địa tại địa bàn nghiên cứu. Trên thực tế, việc nghiên cứu đánh giá độ rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội đã và đang được tiến hành trong khuôn khổ các đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp thành phố [3, 4, 5, 6].

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] C.B. CROUSE and J.W. McGUIRE, 1994 : Site response studies for purpose of revising NEHRP seismic provisions. SMIP94 Seminar Proceedings, Seminar on Seismological and Engineering Implications of Recent Strong-Motion Data, 21 - 34.

[2] S.S. LIAO, D. VENEZIANO, R.V. WHITMAN, 1988 : Regression Models for Evaluating Liquefaction Probability, Journal of Geotechnical Engineering, vol. 114, 4, April.

[3] Nguyễn Hồng Phương, 2002 : Nghiên cứu đánh giá độ rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp thành phố, Viện Kỹ thuật Xây dựng Hà Nội, Sở Xây dựng Hà Nội.

[4] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG và nnk, 2004 : Cơ sở dữ liệu GIS về địa chất công trình, dao động nền đất và vi phân vùng động đất thành phố Hà Nội tỷ lệ 1:25 000. Báo cáo thực hiện đề tài nhánh, Viện Kỹ thuật Xây dựng Hà Nội, Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

[5] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 2007 : Ứng dụng công nghệ GIS để xây dựng mô hình đánh giá độ rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp thành phố, Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.

[6] NGUYỄN NGỌC THUỶ, NGUYỄN SINH MINH, 2004 : Nghiên cứu bổ sung và hoàn chỉnh bản đồ phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội mở rộng tỷ lệ 1:25 000, lập cơ sở dữ liệu về đặc trưng dao động nền đất ở Hà Nội ứng với bản đồ trên. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp thành phố, Viện Kỹ thuật Xây dựng Hà Nội, Sở Xây dựng Hà Nội.

#### SUMMARY

##### Assessment of seismic vulnerability for Hanoi city

The paper describes the application of two simple methods of seismic vulnerability assessment to the Hanoi city at two levels and scale : 1) the overall vulnerability assessment for the entire territory of the city, with no element at risk considered, and 2) the detail vulnerability assessment for three downtown districts of Hanoi, with building and people taken into account as the elements at risk.

By means of a GIS, the results are presented in terms of the maps depicting the seismic vulnerability and building damage-casualties risk ranking by wards in Hanoi. These maps are the sketch panorama forecasting the level of risk to the city community when earthquakes occur. The assessment result provides important information for urban planning and urban seismic risk management in Vietnam.

Ngày nhận bài : 17-10-2007

Viện Vật lý Địa cầu  
(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam)