

# PHÂN VÙNG TRƯỢT LỞ VÙNG HẠ LONG - CẨM PHẢ BẰNG HAI PHƯƠNG PHÁP LẬP BẢN ĐỒ CHỈ SỐ ỔN ĐỊNH SƯỜN DỐC VÀ CHỈ SỐ TRƯỢT LỞ

VŨ THANH TÂM, LÊ CẢNH TUÂN,  
PHẠM KHẢ TUYÊN, PHẠM VIỆT HÀ

## I. MỞ ĐẦU

Ở Việt Nam công tác phân vùng và dự báo tai biến trượt lở đất trên nhiều vùng diện tích lãnh thổ đã được triển khai trong khoảng thời gian 15 năm trở lại đây. Nhìn chung, các công trình này thường áp dụng các phương pháp và mô hình tính toán do các nhà khoa học trên thế giới phát triển. Tuy nhiên, hiệu quả cũng như mức độ tin cậy của công tác dự báo của các công trình nghiên cứu này chưa cao. Nguyên nhân chủ yếu là do : 1) chưa có một hệ phương pháp nghiên cứu để phân vùng dự báo tai biến địa chất (TBĐC) trượt lở "chuẩn" có thể áp dụng rộng rãi trong nhiều điều kiện tự nhiên - địa chất khác nhau ; 2) nhiều phương pháp, mô hình tính toán khi áp dụng vào một vùng cụ thể ở Việt Nam thì mang tính "gượng ép" vì số liệu đầu vào không đầy đủ. Một cách tổng thể, có thể phân biệt hai nhóm phương pháp, mô hình phân vùng TBĐC trượt lở : 1) *nhóm phương pháp vật lý* dựa trên các phương trình toán lý mô phỏng bản chất vật lý của quá trình trượt ; 2) *nhóm phương pháp thống kê* dựa trên quan hệ thống kê giữa các điểm trượt lở và các yếu tố được cho là nguyên nhân gây nên trượt lở.

Mục đích của bài báo này là thông qua kết quả ứng dụng hai phương pháp đại diện cho hai nhóm trên ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả để đưa ra một số nhận xét và gợi ý về việc lựa chọn phương pháp thích hợp cho công tác phân vùng - dự báo TBĐC trượt lở trong điều kiện số liệu hiện có ở Việt Nam. Hai phương pháp được áp dụng ở đây là lập bản đồ chỉ số ổn định sườn dốc bằng phương pháp SINMAP (thuộc nhóm phương pháp vật lý) và phương pháp chỉ số trượt lở LIM (thuộc nhóm phương pháp thống kê).

## II. SƠ LƯỢC VỀ ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN VÀ ĐỊA CHẤT VÙNG HẠ LONG - CẨM PHẢ

Vùng nghiên cứu giới hạn trong khung hình chữ nhật có tọa độ bốn đỉnh là (107°03'55" E, 21°02'25" N), (107°20'19" E, 21°03'49" N), (107°20'47" E, 20°57'19" N), (107°04'02" E, 20°55'54" N). Vùng có diện tích 351 km<sup>2</sup> (trong đó 238,5 km<sup>2</sup> là đất liền và đảo), trải dài dọc bờ biển từ thành phố Hạ Long tới hết thị xã Cẩm Phả, bao phủ toàn bộ thành phố Hạ Long, thị xã Cẩm Phả và phần lớn diện tích của khu khai thác than Hòn Gai - Cẩm Phả. Trong vùng nghiên cứu, địa hình cao nhất là đỉnh Cao Sơn 436 m và thấp nhất là -49 m ở móng khai thác than ở mỏ Cọc Sáu, với độ dốc địa hình trung bình 10,8° và mức độ phủ thực vật 47,35 %. Trong diện tích nghiên cứu lộ đá vôi carbonat phân lớp dày đến cấu tạo khối thuộc hệ tầng Bắc Sơn (C<sub>3</sub> bs), các đá trầm tích lục nguyên : sét, bột, cát kể thuộc các hệ tầng Bãi Cháy (P<sub>3</sub> bc), Tiêu Giao (N<sub>1</sub> tg), Hà Cối (J<sub>1-2</sub> hc) và có chứa than thuộc hệ tầng Hòn Gai (T<sub>3n-r</sub> hg), trầm tích bờ rời Đệ Tứ (Q). Về phong hoá trong vùng được nghiên cứu rất tỷ m [1], gồm có hai kiểu vỏ chính : 1) Kiểu vỏ sialferi chiếm ưu thế trên các đá thuộc hệ tầng Hòn Gai đối lithomar thường biến động trong khoảng 0,5 - 2 m tùy theo từng vị trí ; 2) Kiểu vỏ ferosiali chiếm diện tích nhỏ, phát triển chủ yếu trên các đá của hệ tầng Hà Cối, đặc trưng bởi lớp lithomar vỏ mỏng chỉ dưới 1 m, thậm chí có nơi không có vỏ đá gốc lộ ngay trên bề mặt địa hình. Về mặt kiến tạo, vùng nghiên cứu là một bộ phận của địa hào Hòn Gai phát sinh trên đới kiến tạo Caledon Quảng Ninh vào Trias được giới hạn bởi đứt gãy đường 18 B (còn gọi là đứt gãy Hà Lũng - Dương Huy) ở phía bắc và đứt gãy phía nam (còn gọi là đứt gãy nghịch Đèo Bụt - Cẩm Phả) có phương v.

tuyến gần trùng với đường 18 A. Ngoài hai đứt gãy đang hoạt động nói trên, vùng nghiên cứu còn bị chia cắt bởi rất nhiều đứt gãy nhỏ hơn có phương á kinh tuyến (ví dụ đứt gãy Mông Dương), phương TB-ĐN (đứt gãy Đông Ho - Hoàn Bồ), phương TN-ĐB (đứt gãy Chân Đèo - Làng Khánh), phương á vĩ tuyến (đứt gãy Tài Phèng - Ngã Hai). Các đứt gãy này có đặc điểm là đứt gãy thuận, tách giãn, hình thành vào cuối Pleistocen muộn (có thể vào đầu Holocen) và cắt qua các trầm tích có tuổi từ Pleistocen muộn trở về trước. Hoạt động của các đứt gãy này cùng với sự tái hoạt động của các đứt gãy hình thành trước đó đã dẫn đến sự phân chia bình đồ cấu trúc Tân kiến tạo hình thành ở giai đoạn Neogen - Pleistocen muộn, đồng thời tạo điều kiện cho các hồ lục địa ăn thông với biển.

Kết quả điều tra mới nhất (Vũ Thanh Tâm, 2007) [5] cho thấy trong vùng đã phát hiện được 39 điểm trượt sạt lở, trong đó trượt sạt lở quy mô lớn (thể tích trượt  $V > 1.000 \text{ m}^3$ ) là 4 điểm, trung bình ( $V = 100 - 1.000 \text{ m}^3$ ) là 12 điểm và nhỏ ( $V < 100 \text{ m}^3$ ) là 23 điểm. Tất cả các điểm trượt lở này đều nằm ở sườn dốc, trên taluy đường hay cạnh các bờ moong khai thác than. Nhìn chung trượt sạt lở trong diện tích nghiên cứu thường xuất hiện ở địa hình núi cao trung bình, độ dốc sườn lớn hơn  $25^\circ$ , lớp phủ thực vật không có hoặc chỉ là cây cỏ bụi; yếu tố thạch học chủ yếu gây nên trượt lở là lớp phủ deluvi và vỏ phong hoá giàu thành phần sét, đất, bão hoà nước khi mưa, và các lớp đá có thành phần sét, bột, cát kết xen kẽ nhau có thể nằm đơn nghiêng và góc cắm lớn thuộc hệ tầng Hòn Gai.

### III. KẾT QUẢ PHÂN VÙNG TRƯỢT LỞ VÙNG HẠ LONG - CẨM PHẢ

Nguồn số liệu đầu vào sử dụng chung trong cả hai phương pháp SINMAP và LIM bao gồm:

1) Mô hình số địa hình (DEM) có độ phân dải  $\leq 10 \text{ m}$ , được xây dựng từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 theo phương pháp D $\infty$  do Tarbonton (1997) [4] đề xuất.

2) Bản đồ địa chất tỷ lệ 1: 50.000 (Nguyễn Đình Uy, 1995) [6].

3) Bản đồ vỏ phong hoá tỷ lệ 1: 50.000 (Phạm Văn An, 1995) [1], có bổ sung thông tin chiều dày vỏ phong hoá quan sát tại 73 điểm khảo sát rải rác trong vùng nghiên cứu.

4) Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỷ lệ 1: 50.000, xây dựng trên cơ sở phân tích ảnh vệ tinh SPOT5 chụp tháng 3-2004 có đối sánh với thông tin trên bản đồ địa hình và có hiệu chỉnh bằng kiểm tra thực địa.

5) Sơ đồ phân loại thành phần cơ giới đất tỷ lệ 1:50.000, xây dựng theo phương pháp SOTER (Soter, 1990) [9] trên cơ sở mô hình số địa hình, bản đồ địa chất, vỏ phong hoá và kết quả phân tích thành phần cơ lý của 27 mẫu lấy trong vỏ phong hoá của các thành tạo địa chất có mặt trong vùng nghiên cứu.

6) Bản đồ địa mạo tỷ lệ 1 :50.000 theo nguyên tắc nguồn gốc hình thái, xây dựng bằng phân tích ảnh máy bay kết hợp bản đồ địa hình và có kiểm tra hiệu chỉnh bằng khảo sát thực địa.

7) Hồ sơ khảo sát của 39 điểm trượt lở xảy ra trong vùng nghiên cứu bao gồm: vị trí các điểm trượt lở, loại hình lớp phủ thực vật, thời điểm xảy ra trượt lở, đặc điểm trượt (trượt xoay hay trượt đổ lở) và kích thước khối trượt

8) Kết quả phân tích các chỉ tiêu cơ lý của 27 mẫu vỏ phong hoá và các số liệu thu thập được về đặc tính địa kỹ thuật/địa chất công trình của từng loại đất đá/vỏ phong hoá có trong vùng nghiên cứu.

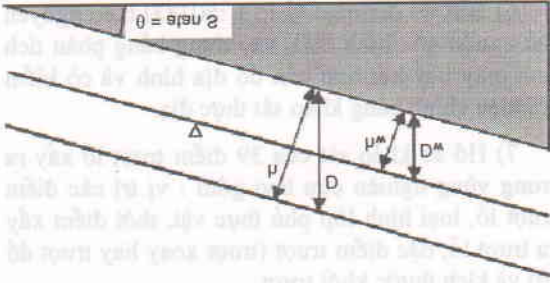
9) Số liệu khí hậu (lượng mưa và bốc hơi) quan trắc trong 15 năm từ 1989 đến 2003 tại trạm khí tượng thuỷ văn Hạ Long.

#### 1) Áp dụng phương pháp lập bản đồ chỉ số ổn định sườn dốc SINMAP

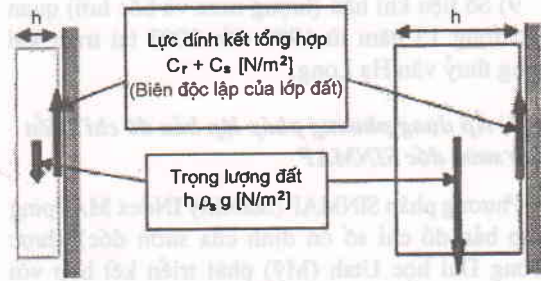
Phương pháp SINMAP (Stability INdex MAPping - lập bản đồ chỉ số ổn định của sườn dốc), được trường Đại học Utah (Mỹ) phát triển kết hợp với công ty tư vấn Terratech Consulting Ltd. (Mỹ) và tổ chức Forest Renewal British Columbia (Canada), đã được sử dụng thành công trong việc đánh giá phân vùng độ ổn định sườn dốc trong nhiều đề án nghiên cứu trượt lở ở Mỹ và Canada (R.T. Pack, 1995 [3]; Province of British Columbia, 1995 [8]). Phương pháp này đánh giá độ ổn định mái dốc bằng tỷ số giữa các lực giữ ổn định (stabilizing forces) và các lực gây trượt (destabilizing forces) thể hiện trong hình 1 và bằng công thức:

$$SI = \frac{C + \cos \theta \left[ 1 - \min \left( \frac{R}{T} \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] \tan \phi}{\sin \theta} \quad (1)$$

trong đó :  $SI$  - chỉ số ổn định sườn dốc (sườn dốc được xem như ổn định nếu  $SI \geq 1$ , trái lại nó sẽ được xem như có khả năng trượt lở),  $C$  - tổng hợp các lực dính kết của đất  $C_s$  và của đới rễ cây  $C_r$  tương ứng với chiều dày  $D$  của lớp đất,  $\theta$  - góc nghiêng mái dốc ( $^\circ$ ),  $R$  - lượng bổ cấp nước ngầm hiệu dụng tính trên một đơn vị diện tích bề mặt (m),  $T$  - hệ số truyền dẫn nước của đất ( $m^2/ngày$ ),  $r = \rho_w/\rho_s$  - tỷ số giữa dung trọng của nước  $\rho_w$  ( $kg/m^3$ ) và của đất  $\rho_s$  ( $kg/m^3$ ),  $\phi$  - góc ma sát trong của đất ( $^\circ$ ),  $a$  - diện tích thu gom nước đơn vị tính trên một đơn vị chiều dài đường bình độ địa hình (m).

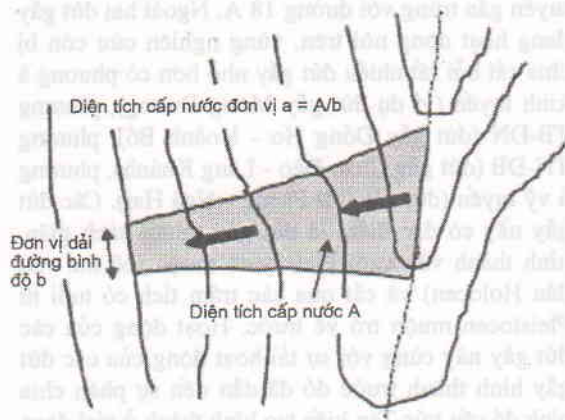


Hình 1a. Giải đồ mô hình ổn định mái dốc,  $D$  và  $h$  - chiều dày biểu kiến và chiều dày thực của lớp đất,  $D_w$  và  $h_w$  - chiều cao biểu kiến và chiều cao thực của nước ngầm so với bề mặt đá cứng



Hình 1b. Lực kháng trượt là tổng lực dính kết tương ứng với trọng lượng của đất [ $C = (C_r + C_s)/(h\rho_s g)$ ], thể hiện trên một mặt thẳng đứng để loại bỏ ảnh hưởng của các lực thẳng góc và lực ma sát.  $C_s$  - lực dính kết của đất,  $C_r$  - lực dính kết của đới rễ cây,  $\rho_s$  - dung trọng của đất,  $g$  - gia tốc trọng trường

Kết quả tính toán của SINMAP là một bản đồ số trong đó toàn bộ diện tích nghiên cứu được phân vùng theo các giá trị chỉ số ổn định mái dốc  $SI$  khác nhau. Dựa theo bản đồ này có thể phân vùng các diện tích có tiềm năng trượt lở, tương ứng với diện tích có giá trị  $SI < 0,5$ . Cơ sở lý thuyết và các phương trình, công thức dẫn giải được chứng minh và trình



Hình 1c. Diễn giải định nghĩa diện tích thu gom nước đơn vị

bây cụ thể trong hướng dẫn sử dụng của mô hình có thể tải xuống từ Internet tại địa chỉ <http://www.engineering.usu.edu/dtarb/> của trường đại học Utah Hoa Kỳ.

SINMAP được tích hợp vào phần mềm GIS ARCVIEW 3.2, do đó một số thông số của phương trình (1) được tính toán tự động nhờ các modul có sẵn trong phần mềm GIS hay trong SINMAP ; ví dụ các đại lượng  $a$  và  $\theta$  có thể tính được từ mô hình số địa hình (DEM). Như vậy, thay bằng phải sử dụng tới 8 thông số như ở phương trình lý thuyết, người sử dụng SINMAP chỉ cần 6 thông số, trong đó  $g$  là cố định còn 2 thông số  $\rho_w$  và  $\rho_s$  là hầu như bất định đối với mỗi loại đất hay đối tượng địa chất được nghiên cứu. Ba thông số còn lại,  $T/R$ ,  $C$  và  $\phi$ , có tính bất định rất cao nghĩa là thậm chí đối với một thực thể địa chất và thậm chí ngay tại một vị trí lấy mẫu thì giá trị của các thông số này không phải là cố định mà thay đổi nằm trong một phạm vi nào đó. Đối với các thông số này, thay bằng việc gán một giá trị cố định thì người sử dụng SINMAP cần xác định các khoảng giá trị (tức là các giá trị cận trên và cận dưới) đặc trưng cho từng loại đất hay đối tượng địa chất được nghiên cứu.

Khi áp dụng SINMAP vào thực tiễn, công việc đầu tiên và rất quan trọng là phân chia toàn bộ diện tích nghiên cứu thành các vùng khác nhau, sao cho các đặc trưng địa chất công trình trong mỗi vùng tương đối đồng nhất và sau đó gán các giá trị thông số  $g$ ,  $\rho_w$ ,  $\rho_s$ ,  $T/R$ ,  $C$  và  $\phi$  đặc trưng cho từng vùng. Để với vùng Hạ Long - Cẩm Phả, dựa trên đặc điểm thạch học, địa mạo và đặc biệt là dựa trên kết quả phân tích các chỉ tiêu cơ lý của 27 mẫu đất lấy trong

vỏ phong hóa, chúng tôi đã phân chia được 4 vùng tương ứng với diện tích của các thành tạo địa chất (bảng 1). Việc phân chia như vậy đảm bảo các đặc tính địa chất công trình của vỏ phong hóa trong mỗi vùng hiệu chỉnh là tương đối đồng nhất.

Đối với mỗi vùng đã phân chia, giá trị gán cho các thông số  $\rho_w$  và  $\rho_s$  là giá trị trung bình của kết quả phân tích mẫu vỏ phong hóa lấy trên từng vùng; việc xác định khoảng giá trị cho các thông số còn lại ( $T/R$ ,  $C$  và  $\phi$ ) được mô tả cụ thể dưới đây.

Bảng 1. Giá trị các thông số sử dụng trong phương pháp SINMAP

Vùng hiệu chỉnh	$g$ ( $m/s^2$ )	$\rho_w$ ( $kg/m^3$ )	$\rho_s$ ( $kg/m^3$ )	$T/R$	$C$	$\phi$ ( $^\circ$ )
$P_3 bc$				986 ÷ 2357	0,012 ÷ 0,157	4,8 ÷ 19,6
$N_2 tg$	9,81	1000	1982	1898 ÷ 2685	0,015 ÷ 0,188	2,8 ÷ 27,5
$J_{1-2} hc$				1756 ÷ 2913	0,186 ÷ 0,53	7,8 ÷ 15,6
$T_{3n-r} hg$				525 ÷ 2496	0,010 ÷ 0,350	15,4 ÷ 30,5

a) Khoảng giá trị của  $\phi$  đối với mỗi vùng được xác định theo các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của kết quả phân tích mẫu lấy trên vỏ phong hóa của đá gốc (thành tạo địa chất) đã được nhóm gộp vào vùng đó.

b) Tổng hợp các lực dính kết của đất và đới rễ cây được tính theo công thức :

$$C = (C_1 + C_2)/(h\rho_s g) \quad (2)$$

trong đó giá trị  $C_1$  phụ thuộc vào từng loại đất và lớp phủ thực vật phát triển trên đó, được tra theo bảng do USDA (1983) [10] đề xuất. Các thông tin về loại đất và lớp phủ thực vật lấy từ sơ đồ phân loại thành phần cơ giới đất và bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỷ lệ 1:50.000 của vùng nghiên cứu. Giá trị  $C_2$  xác định theo kết quả phân tích mẫu tương tự như đối với  $\phi$ .

c) Thông số  $T/R$  phụ thuộc vào độ dốc địa hình, thành phần độ hạt và vật chất của vỏ phong hóa, lớp phủ thực vật, lượng mưa và bốc hơi, được gán các giá trị cụ thể như sau :

- Hệ số truyền dẫn nước của đất  $T = K.h$  với  $K$  - hệ số truyền dẫn thủy lực phụ thuộc vào kiểu đất và lớp phủ thực vật được tra theo bảng của Chow (1964) [2],  $h = D.\cos\theta$  - bề dày thực của vỏ phong hóa,  $D$  - bề dày biểu kiến (số liệu lấy từ bản đồ vỏ phong hóa),  $\theta$  - góc dốc địa hình (số liệu lấy từ mô hình số địa hình DEM).

- Lượng bổ cập nước ngầm hiệu dụng tính trên một đơn vị diện tích bề mặt,  $R$ , được tính theo công thức  $R = (I - ET).K_{sr}$  với  $K_{sr}$  - hệ số dòng chảy mặt phụ thuộc vào từng loại đất, góc dốc địa hình và lớp phủ thực vật, tra theo theo bảng của Chow (1964) [2],

$I$  - cường độ mưa,  $ET$  - cường độ bốc hơi thực vật. Đối với vùng Hạ Long - Cẩm Phả, các giá trị cận dưới và cận trên của  $I$  và  $ET$  được xác định theo lượng mưa và bốc hơi với chu kỳ luân hồi 5 năm (cận dưới) và 10 năm (cận trên).

Với các giá trị nêu trên có thể tính được khoảng giá trị  $T/R$  sử dụng trong mô hình SINMAP và giá trị cụ thể của nó gán cho từng vùng đã phân chia ở Hạ Long - Cẩm Phả được liệt kê ở bảng 1.

Kết quả tính toán của SINMAP được thể hiện ở dạng một số bản đồ, hình vẽ và biểu bảng trợ giúp việc phân tích và đánh giá kết quả chỉ số ổn định sườn dốc. Một trong số đó là *biểu đồ sườn dốc-diện phân bố* (Slope-Area Plot Chart), trên đó thể hiện vị trí các điểm trượt lở trong tương quan với các đới chưa bão hòa - có thể bão hòa - bão hòa và với các khả năng (xác suất) xảy ra trượt lở. Điều này giúp cho việc đối sánh kết quả tính toán được với kết quả điều tra thực địa (ví dụ một điểm trượt lở xảy ra sau một trận mưa lớn thì nó phải nằm trong đới bão hòa) và như vậy đánh giá được mức độ chính xác của kết quả tính toán.

## 2) Áp dụng phương pháp LIM

Phương pháp chỉ số trượt lở LIM (Landslide Index Method) được áp dụng trong bài báo này về cơ bản dựa trên phương pháp trọng số do C.J van Westen đề xuất (1994) [7]. Theo phương pháp này, từng yếu tố gây trượt lở được tổ chức thành những bản đồ riêng biệt gọi là các bản đồ thông số (parameter map); ví dụ bản đồ phân bố các thành tạo địa chất (là một thành phần cơ bản có trong các bản đồ địa chất), bản đồ số độ dốc địa hình, hay bản đồ hiện trạng sử dụng đất... Thông tin chứa trong các bản đồ

này lại được nhóm gộp theo từng lớp (class), ví dụ độ dốc địa hình được phân lớp theo khoảng 0 - 10°, 10 - 20°, 20 - 30°..., hay bản đồ địa chất bao gồm 6 lớp tương ứng với 6 hệ tầng địa chất Bắc Sơn, Bãi Cháy, Tiêu Giao, Hà Cối, Hòn Gai và trầm tích Đệ Tứ. Giá trị trọng số gán cho mỗi lớp thông tin của từng bản đồ thông số được tính bằng tỷ số giữa mật độ điểm trượt lở xuất hiện trong lớp thông tin của từng bản đồ thông số và mật độ điểm trượt lở xuất hiện trong toàn bộ bản đồ thông số, tức là :

$$W_i = \frac{Dens\_Class}{Dens\_Map} = \frac{\frac{Npix(S_i)}{Npix(N_i)}}{\sum \frac{Npix(S_i)}{Npix(N_i)}} \quad (3)$$

trong đó :  $W_i$  - giá trị trọng số lớp thứ  $i$  của bản đồ thông số,  $Dens\_Class$  - mật độ trượt lở lớp thứ  $i$  của bản đồ thông số,  $Dens\_Map$  - mật độ trượt lở của bản đồ thông số,  $Npix(S_i)$  - diện tích trượt lở trong lớp thứ  $i$  của bản đồ thông số,  $Npix(N_i)$  - diện tích phân bố của lớp thứ  $i$  của bản đồ thông số.

Sau đó, người ta tính tổng trọng số của các bản đồ thông số và dùng giá trị này để phân vùng tiềm năng trượt lở theo ba cấp : cao, trung bình và thấp. Trong việc áp dụng phương pháp này vào phân vùng trượt lở ở Hạ Long - Cẩm Phả, chỉ có hai điểm khác biệt so với phương pháp nguyên thủy của C.J van Westen. Khác biệt đầu tiên là không sử dụng giá trị hàm  $\ln(W_i)$  mà sử dụng trực tiếp giá trị của công thức (3) để gán cho các trọng số ; khác biệt thứ hai là có thay đổi một số bản đồ thông số để phù hợp với tập hợp số liệu hiện có.

Hình 2 và 3 là sơ đồ khối thể hiện tóm tắt tiến trình dẫn xuất số liệu đầu vào từ các tài liệu nguyên thủy cũng như các bước tính toán trong phân vùng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả theo hai phương pháp SINMAP và LIM. Kết quả cuối cùng của phân vùng những diện tích có tiềm năng trượt lở nhất ở vùng nghiên cứu được trình bày ở hình 4.

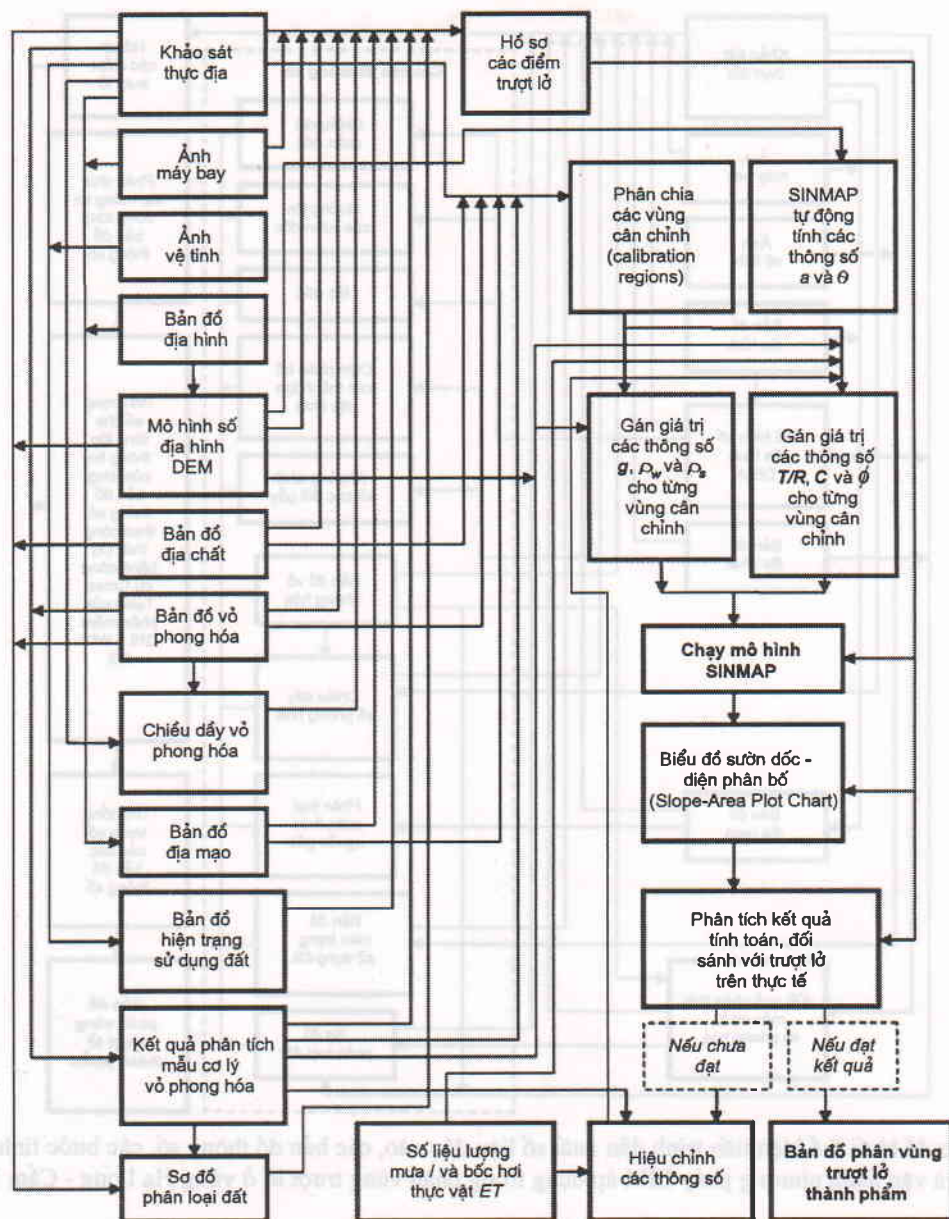
#### IV. LUẬN GIẢI VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

- Nhận xét đầu tiên là phương pháp SINMAP đòi hỏi rất nhiều thời gian và kỹ năng sử dụng các phần mềm GIS ở mức chuyên nghiệp để có thể dẫn xuất các thông số của mô hình từ nguồn các số liệu thô là các bản đồ ở dạng số. Trong khi đó, việc áp dụng phương pháp LIM đơn giản hơn nhiều, mất ít

thời gian hơn, chỉ cần người sử dụng có các kỹ năng sử dụng các phần mềm GIS ở mức cơ bản là có thể vận hành được.

- Kết quả tính toán bằng cả hai phương pháp cho thấy đại đa số các diện tích có nguy cơ trượt lở đều nằm ở lưng chừng hay gần chân các sườn dốc của hệ tầng Hòn Gai, nằm rải rác ở khu vực trung tâm và phía đông của vùng nghiên cứu ; ngoài ra còn một số diện tích nhỏ ở các sườn đồi núi dốc hệ tầng Bãi Cháy ở phía ĐN thành phố Hạ Long. Chúng tôi cho rằng kết quả tính toán như vậy là có thể chấp nhận được vì trong thực tế hầu như không quan sát thấy các điểm trượt lở phát triển gần đỉnh sườn dốc hay ở trong các thung lũng. Điều này là hợp lý về mặt lý thuyết vì các điểm trượt lở cần một khoảng chiều dài sườn nhất định ở phía trên để nước ngầm có thể tích lũy chảy xuống và tạo thành đới bão hòa nước ở vị trí trượt lở. Khi so sánh thì thấy 11/14 điểm trượt lở lớn và trung bình đã khảo sát nằm trong phân vùng trượt lở do hai phương pháp tính được chỉ có 8/23 điểm trượt lở nhỏ là nằm ngoài phạm vi phân vùng trượt lở. Rất có thể những điểm trượt lở không nằm trong phân vùng tiềm năng trượt lở này đã ổn định và không tiếp tục xảy ra nữa. Vào thời điểm tháng 10 năm 2006 khi kiểm tra thực địa, kết quả phân vùng trượt lở chưa phát hiện thêm điểm trượt lở mới phát sinh. Tuy nhiên, tại những diện tích được phân vùng có tiềm năng trượt lở cao thì quan sát thấy rất rõ các yếu tố tiềm ẩn có thể gây trượt : đó là sườn dốc có độ dốc lớn (> 20°) và chiều dài đường sườn lớn (> 70 m), vỏ phong hóa khá dày có chỗ ước tính trên 15 m, và đặc biệt là sự có mặt và xen kẽ của các lớp sét bột - sét than phong hóa mềm bở.

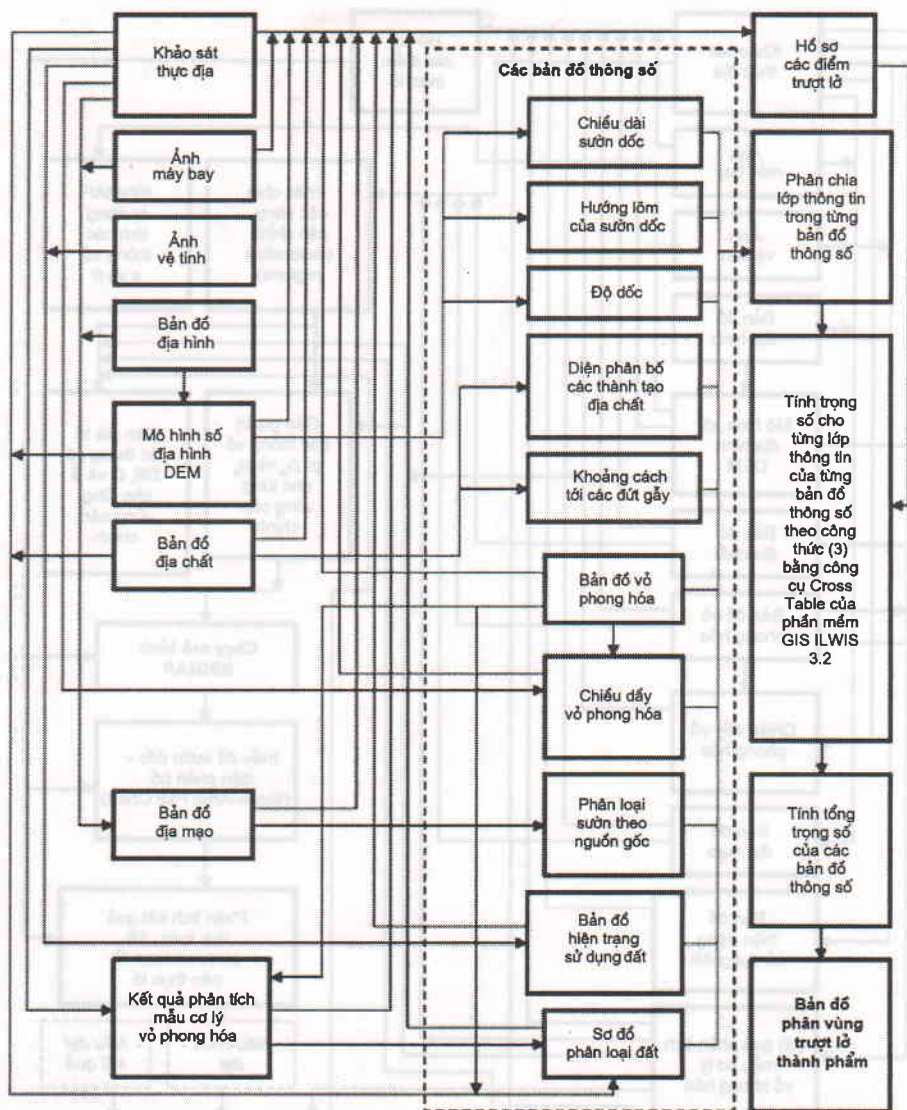
- Do cơ sở lý luận của hai phương pháp phân vùng tiềm năng trượt lở khác nhau nên kết quả tính toán là không hoàn toàn trùng hợp như đã trình bày trong hình 4 và bảng 2. Có những diện tích, theo phương pháp thứ nhất có khả năng trượt lở nhưng phương pháp thứ hai lại không, và ngược lại. Tỷ số  $A/(A+A')$  (trong đó  $A$  là diện tích tiềm năng trượt lở mà cả hai phương pháp đều tính được,  $A'$  là diện tích tiềm năng trượt lở, phương pháp này tính được nhưng phương pháp kia lại không) đối với phương pháp SINMAP là 83%, còn đối với phương pháp trọng số là 63%. Do cả hai phương pháp đều có những ưu và nhược điểm nên chúng tôi đã chọn giải pháp kết hợp kết quả tính toán của cả hai phương pháp, nghĩa là nhóm gộp cả diện tích tiềm năng trượt lở mà hai phương pháp đã tính được.



Hình 2. Sơ đồ khối thể hiện tiến trình dẫn xuất số liệu đầu vào, hiệu chỉnh các thông số và vận hành phương pháp SINMAP trong phân vùng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính diện tích có tiềm năng trượt lở ở Hạ Long- Cẩm Phả theo hai phương pháp SINMAP và LIM

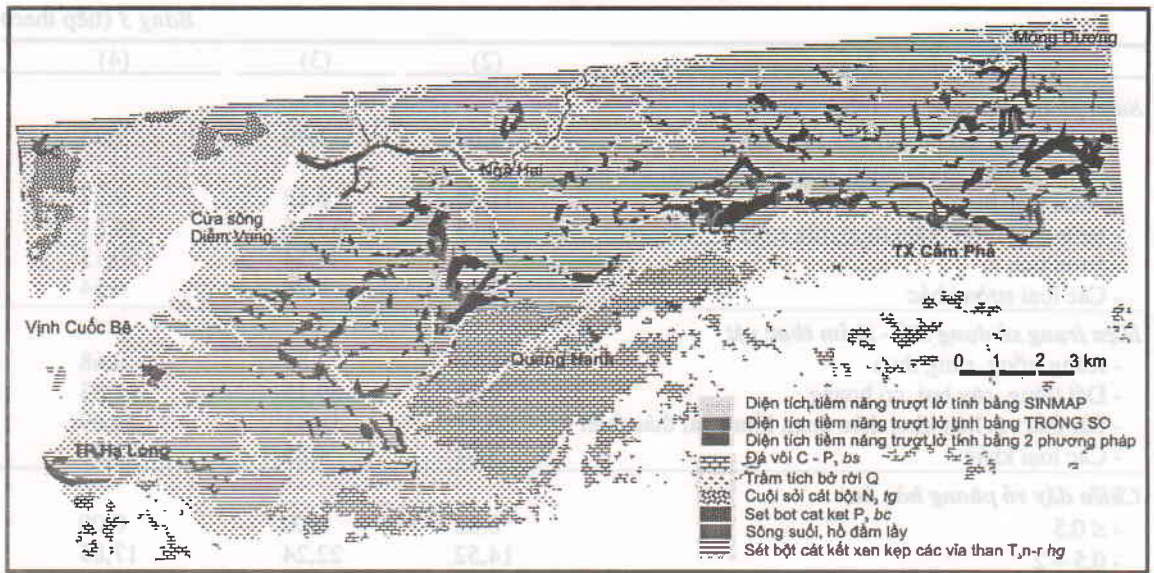
Phương pháp sử dụng để phân vùng tiềm năng trượt lở	Diện tích có tiềm năng trượt lở $(A + A')$ ( $\text{km}^2$ )	Diện tích có tiềm năng trượt lở cả hai phương pháp đều tính được $A$ ( $\text{km}^2$ )	Diện tích có tiềm năng trượt lở mà phương pháp kia không tính được $A'$ ( $\text{km}^2$ )
SINMAP	11,67	9,67	2,00
LIM	15,41	9,67	5,74
Tổng diện tích có tiềm năng trượt lở tính theo cả hai phương pháp là $17,42 \text{ km}^2$			



Hình 3. Sơ đồ khối thể hiện tiến trình dẫn xuất số liệu đầu vào, các bản đồ thông số, các bước tính toán trọng số và vận hành phương pháp LIM áp dụng trong phân vùng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả

- Khi xem xét cụ thể kết quả tính toán bằng mô hình SINMAP, mặc dù đã qua nhiều bước hiệu chỉnh các thông số đầu vào nhưng một số ít điểm trượt sụt lở xảy ra ở khu vực Hạ Long - Cẩm Phả vẫn xuất hiện trong kết quả tính toán của mô hình ở những đới không bão hòa. Theo chúng, những kết quả tính toán đó chưa thật hợp lý. Đây là hạn chế của mô hình SINMAP vì theo các tác giả của SINMAP, mô hình chỉ thích hợp nhất cho loại hình trượt lở theo cơ chế lan truyền (translation landslide) trong đất và đới phong hóa bề mặt. Trong khi đó các điểm trượt sụt lở nói trên lại không hoàn toàn tuân theo cơ chế như vậy (nghĩa là trượt sụt lở trọng lực hỗn

hợp cả ở phần đá gốc nứt nẻ mạnh vỡ vụn bề mặt và xảy ra ở chân các taluy đường giao thông (nơi có các tác động của con người mà SINMAP không thể tính được). Mặt khác số điểm trượt lở xảy ra trong vùng nghiên cứu đưa vào tính toán là quá ít (chỉ bao gồm 16 điểm có quy mô lớn và trung bình) trong khi đó cả hai phương pháp lại vận hành theo cơ chế triết xuất thông tin từ những điểm trượt lở hiện hữu để nhận dạng và nội suy sự ổn định sườn dốc cho những vị trí có tiềm năng trượt lở. Những nguyên nhân nói trên cũng góp phần lý giải tại sao kết quả tính toán của hai phương pháp là không hoàn toàn trùng hợp.



Hình 4. Kết quả phân vùng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả theo hai phương pháp SINMAP và LIM

- Khi phân tích mối liên quan giữa tỷ lệ phần trăm diện tích tiềm năng trượt lở tính theo hai phương pháp và các số liệu đầu vào (bảng 3), đối với các yếu tố độ dốc địa hình và thành tạo địa chất tỷ lệ phần trăm diện tích tiềm năng trượt lở các phương pháp tính được khá giống nhau; đối với các yếu tố còn lại từ vỏ phong hóa → loại sườn dốc → hiện trạng sử dụng đất - thảm thực vật → chiều dày vỏ phong hóa, tỷ lệ phần trăm diện tích tiềm năng trượt lở các phương pháp tính được tương đối khác biệt.

Đặc biệt, đối với yếu tố chiều dày vỏ phong hóa, sự khác biệt này khá lớn. Điều này có nghĩa là khi sử dụng các số liệu đầu vào có độ chính xác càng cao, cả hai phương pháp đều cho kết quả tính toán càng giống nhau. Rõ ràng, mức độ chuẩn xác của các số liệu đầu vào đã là một nguyên nhân, cùng với các nguyên nhân khác như đã phân tích ở trên, tạo ra sự khác biệt trong kết quả tính toán phân vùng bằng các phương pháp - mô hình số khác nhau.

Bảng 3. Tổng hợp phân bố diện tích tiềm năng trượt lở theo các số liệu đầu vào để phân vùng trượt lở theo hai phương pháp sinmap và lim

Số liệu đầu vào để phân vùng trượt lở (1)	% diện tích tiềm năng trượt lở tính theo phương pháp		
	SINMAP (2)	Tổng Số (3)	Cả hai phương pháp (4)
<b>Độ dốc địa hình (°)</b>			
- ≤ 20	0,27	1,89	0,97
- 20 ÷ 30	63,60	61,61	62,74
- 30 ÷ 40	28,23	21,46	25,31
- > 40	7,90	15,04	10,98
<b>Thành tạo địa chất</b>			
- Hòn Gai (T <sub>3n-r</sub> hg)	96,56	96,99	96,75
- Bãi Cháy (P <sub>3</sub> bc)	0,11	1,06	0,35
- Các thành tạo địa chất khác	3,33	1,95	2,90
<b>Loại vỏ phong hoá</b>			
- SiAlFe	76,52	88,45	87,16
- FeSiAl	13,52	1,68	4,57
- SiAl	6,36	8,63	7,67
- Các kiểu vỏ khác	3,60	1,24	0,59



Bảng 3 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)
<b>Sườn phân chia theo hình thái - nguồn gốc</b>			
- Sườn thành tạo do đứt gãy kiến tạo	4,62	11,40	7,55
- Sườn thành tạo do nhân sinh (bờ moong, bãi thải khai thác than)	11,66	6,12	9,27
- Sườn bóc mòn (xâm thực, rửa trôi)	22,23	32,16	26,51
- Sườn tích tụ	54,38	44,54	50,13
- Các loại sườn khác	7,11	5,78	6,54
<b>Hiện trạng sử dụng đất - thảm thực vật</b>			
- Rừng trồng, rừng thưa	11,26	7,59	9,68
- Đất trống, cây bụi, cỏ hoang	59,62	69,15	61,83
- Bãi thải vật liệu khai thác than, khu khai thác than	26,11	18,41	24,69
- Các loại khác	3,01	4,85	3,80
<b>Chiều dày vỏ phong hóa (m)</b>			
- ≤ 0,5	0,82	0,00	0,00
- 0,5 ÷ 2	14,52	22,24	17,85
- 2 ÷ 5	82,29	66,68	75,55
- > 5	2,37	11,08	6,59

Ghi chú : 1. Các số liệu đầu vào được xếp theo thứ tự mức độ tin cậy và chuẩn xác của tài liệu sử dụng nghĩa là bản đồ địa hình có độ chuẩn xác cao nhất và chiều dày vỏ phong hóa có độ chuẩn xác thấp nhất.

2. Diện tích tiềm năng trượt lở tính theo cả 2 phương pháp được hiểu như diện tích mà cả hai phương pháp cùng tính được như đã liệt kê ở cột 3 bảng 2.

## KẾT LUẬN VÀ MỘT SỐ ĐỀ XUẤT

Phân vùng tiềm năng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả được tập thể tác giả tiến hành bằng thử nghiệm phương pháp lập bản đồ chỉ số ổn định sườn dốc SINMAP (đại diện cho nhóm các phương pháp vật lý) và phương pháp chỉ số trượt lở LIM (đại diện cho nhóm các phương pháp thống kê). Số liệu đầu vào cần thiết cho hai phương pháp được chiết xuất từ các bản đồ hiện có, ảnh máy bay và vệ tinh, các tài liệu đã công bố và kết quả khảo sát thực địa cùng với phân tích mẫu. Kết quả tính toán cho thấy phân vùng tiềm năng trượt lở của hai phương pháp là không hoàn toàn giống nhau. Ngoài các nguyên nhân như cơ sở lý thuyết của hai phương pháp khác nhau và số lượng điểm trượt sụt lở đã xảy ra trong vùng quá ít, còn một nguyên nhân rất quan trọng dẫn đến kết quả không hoàn toàn giống nhau nói trên là có nhiều nguồn dữ liệu đầu vào chưa thật đáp ứng đủ độ tin cậy yêu cầu. Bài học rút ra từ công trình nghiên cứu này là việc lựa chọn phương pháp trước hết phải xuất phát từ thực tế số liệu hiện có. Không nên quá tin tưởng và tìm cách áp dụng các phương pháp, mô hình tính toán phức tạp nếu nguồn số liệu đầu vào hiện có chưa đạt mức độ tin

cậy cần thiết và không đủ đáp ứng yêu cầu dữ liệu của chúng. Đây chính là ý nghĩa khoa học và thực tiễn của công trình nghiên cứu này.

Qua kinh nghiệm áp dụng hai phương pháp khác nhau để phân vùng tiềm năng trượt lở ở vùng Hạ Long - Cẩm Phả, chúng tôi có một số đề xuất sau

- Vào thời điểm hiện tại, nguồn dữ liệu sẵn có hầu như đối với mọi miền lãnh thổ là các bản đồ địa hình và địa chất tỷ lệ 1: 50.000. Đó là hai nguồn tài liệu có mức độ tin cậy cao nhất có thể sử dụng trong phân vùng tiềm năng trượt lở. Ngoài ra còn có thể thêm những bản đồ ở mức độ tin cậy thấp hơn như đồ phân bố cường độ mưa (nội suy từ số liệu quan trắc của các trạm khí tượng) và sơ đồ hiện trạng sử dụng đất (có thể dễ dàng thành lập từ phân tích ảnh vệ tinh và máy bay). Có thể sử dụng những nguồn tài liệu này và tài liệu khảo sát trượt lở thực tế để thành lập bản đồ phân vùng tiềm năng trượt lở ở diện tích lớn (quy mô vùng, miền, tỉnh) khi sử dụng phương pháp chỉ số trượt lở. Chúng tôi cho rằng với nguồn dữ liệu chỉ ở mức nêu trên thì dù có "cố gượng" áp dụng các phương pháp, mô hình tính toán phức tạp hơn cũng chưa chắc có hiệu quả hơn so với việc áp dụng phương pháp chỉ số trượt lở.

- Chỉ áp dụng các phương pháp, mô hình tính toán phức tạp khi đã có đầy đủ các bản đồ dữ liệu đầu vào ở tỷ lệ 1:50.000 hay chi tiết hơn với mức độ chính xác và tin cậy cần thiết.

- Trong hoàn cảnh số liệu hiện có cũng như kinh nghiệm của cán bộ khoa học ở nước ta hiện nay, nên chú trọng áp dụng các phương pháp chỉ số trượt lở vì chúng đơn giản và quan trọng nhất là nguồn số liệu đầu vào mở (không bắt buộc phải có đủ tất cả các loại số liệu, có đến đâu sử dụng đến đấy) rất phù hợp với hệ thống dữ liệu chưa hệ thống và đồng bộ như ở nước ta hiện nay.

- Khi áp dụng bất cứ phương pháp, mô hình tính toán nào cũng nên thực hiện kèm theo phương pháp chỉ số trượt lở, vì phương pháp này dễ áp dụng và kết quả có thể dùng như một công cụ đối sánh, nhằm xem xét hiệu quả của phương pháp, mô hình tính toán đang áp dụng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PHẠM VĂN AN, 1995 : Báo cáo "Đặc điểm đất và vỏ phong hóa thành phố Hạ Long" - Đề án "Điều tra Địa chất Đô thị Thành phố Hạ Long". Lưu trữ Viện Nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản. 41 tr.

[2] V.T. CHOW (editors), 1964 : Hand book of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company New York.

[3] R.T. PACK, 1995 : Statistically-based terrain stability mapping methodology for the Kamloops Forest Region, British Columbia. Proceedings of the 48<sup>th</sup> Canadian Geotechnical Conference, Canadian Geotechnical Society, Vancouver, B.C.

[4] D.G. TARBOTON, 1997 : A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models. Water Resources Research, 33, 2, 309-319.

[5] VŨ THANH TÂM (chủ biên), 2007 : Báo cáo "Nghiên cứu, điều tra tại biến địa chất một số vùng trọng điểm thuộc vùng Đông Bắc Bắc Bộ phục vụ phát triển kinh tế xã hội". Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản. 294 tr.

[6] NGUYỄN ĐÌNH UY (chủ biên), 1995 : Báo cáo "Đặc điểm địa chất thành phố Hạ Long" - Đề án Điều tra Địa chất Đô thị Thành phố Hạ Long". Lưu trữ Viện NC Địa chất và Khoáng sản. 109 tr.

[7] C.J. VAN WESTEN, 1994 : GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes of Colombia. In: Price, M. and Heywood, I. (eds.), Mountain Environments and Geographic Information Systems. Taylor & Francis, Basingstoke, U.K. 135-165.

[8] PROVINCE OF BRITISH COLUMBIA, 1995 : Mapping and assessing terrain stability guidebook. Forest practices code of British Columbia.

[9] SOTER, 1990 : Procedures manual for small-scale map and database compilation. ISRIC, Wageningen.

[10] USDA, 1983 : National Soils Handbook. Soil Conservation Service of the USA, 603-681.

### SUMMARY

**Landslide zoning in the Ha Long - Cam Pha area using stability Index Mapping and Landslide Index methods**

Landslide zoning and forecasting works have been carried out over for 15 years in Vietnam. Since then, many numerical methods and models originally developed by international geoscientists have been attempted in various research projects in different localities, but none of them actually shows good result. This has been explained by a number of causes, among which the shortage and incompatibility of available data required as inputs to these methods and models appear to be the critical.

Through the application of the stability index mapping (SINMAP) method (considered as the representative for physical-based methods) and the landslide index method (LIM, as the representative for statistical-approached methods) in the landslide zoning in the Ha Long - Cam Pha area, this paper shares comments and guidelines on the selection of suitable methods for the landslide zoning and forecasting works.

Ngày nhận bài : 10-4-2007

Viện Khoa học Địa chất & Khoáng sản