

HỆ PHƯƠNG PHÁP ĐỊA TIN HỌC NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TẠI BIỂN LŨ: ÁP DỤNG CHO PHẦN THƯỢNG NGUỒN SÔNG LÔ, TỪ THÀNH PHỐ HÀ GIANG ĐẾN HUYỆN BẮC QUANG

TRƯỜNG XUÂN LUẬN¹, NGÔ HÙNG LONG¹,
TRƯỜNG XUÂN QUANG¹, NGUYỄN CHÍ CÔNG²

¹Trường Đại học Mỏ Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, 41A, Đường K1, Thị trấn Cầu Diễn, Từ Liêm, Hà Nội

Tóm tắt: Các phương pháp hiện đại nói chung, hệ phương pháp địa tin học (geoinformatics) nói riêng, đã và đang được áp dụng rất hiệu quả cho nghiên cứu tại biển lũ. Các tác giả bài báo đã bước đầu áp dụng tổ hợp phương pháp mà chủ yếu là hệ phương pháp địa tin học (hệ thông tin địa lý, viễn thám, GPS, mô hình toán-tin, công nghệ thông tin,) trong nghiên cứu, đánh giá và dự báo tại biển lũ, áp dụng cho lưu vực thượng nguồn sông Lô.

I. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Tại biển lũ các loại đang và sẽ là mối quan tâm đặc biệt của bất kỳ quốc gia nào trên thế giới, vì khả năng gây thiệt hại vô cùng to lớn của chúng. Việt Nam cũng như nhiều nước đã quan tâm nghiên cứu nhiều loại tai biến, trong đó có lũ. Tuy nhiên, chúng ta chủ yếu áp dụng các phương pháp truyền thống, các phương pháp hiện đại chưa nhiều hoặc thiếu đồng bộ. Các tác giả bài báo đã bước đầu áp dụng tổ hợp phương pháp mà chủ yếu là hệ phương pháp địa tin học (ĐTH) trong nghiên cứu, đánh giá tai biến lũ, áp dụng cho lưu vực thượng nguồn sông Lô, nơi đã xảy ra nhiều trận lũ.

Địa tin học là một ngành khoa học mới. Theo chúng tôi, ĐTH là khoa học sử dụng và phát triển trên cơ sở hạ tầng của công nghệ thông tin, liên quan đến rất nhiều nhánh của kỹ thuật khác nhau; kết hợp phân tích với mô hình hóa không gian, xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) không gian, thiết kế hệ thống thông tin, tương tác giữa người - máy tính và công nghệ mạng có dây và không dây. Hiện đang tồn tại hai thuật ngữ về ĐTH: 1) *Geomatics*, như định nghĩa ở trên song thường liên quan nhiều đến các thông tin đo đạc; và 2) *Geoinformatics*, liên quan chặt chẽ hơn đến khoa học địa không gian (địa lý, địa chất,...). Dù có khác nhau song hệ phương pháp ĐTH đều sử dụng các công nghệ hệ thông tin địa lý (GIS), viễn thám (RS), thiết bị định vị toàn cầu (GPS), các mô hình toán-tin, và công nghệ thông tin (IT). Rất nhiều phương pháp trong hệ phương pháp ĐTH có thể áp dụng. Dưới đây xin chỉ được tóm lược một số phương pháp mà các tác giả đã sử dụng, phát triển trong nghiên cứu tại biển lũ.

1. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu là thông số đầu vào rất quan trọng. Để tiện ích trong lưu trữ quản lý, khai thác sử dụng, chúng tôi đã tin học hóa các dữ liệu đầu vào, đặc biệt các dữ liệu bản đồ được quản trị bằng phần mềm GIS, cụ thể là trong ArcGIS.

Hệ thống thông tin địa lý sử dụng cơ sở dữ liệu địa lý (*geodatabase*). Các thành phần của cơ sở dữ liệu không gian bao gồm:

- Tập hợp các dữ liệu dạng vector (tập các điểm, đường và vùng)
- Tập hợp các dữ liệu dạng raster (gồm các dạng điểm ảnh, thể hiện cho các đối tượng dạng điểm, đường, vùng, ảnh trực giao);
- Tập hợp các dữ liệu dạng mạng lưới (đường giao thông, mạng lưới thủy văn, lưới cấp thoát nước, giao thông ...);
- Tập hợp các dữ liệu địa hình 3 chiều (DEM, TIN) và bề mặt khác;
- Dữ liệu đo đạc (thuộc tính);
- Dữ liệu dạng địa chỉ;
- Các bảng dữ liệu là thành phần quan trọng của cơ sở dữ liệu không gian, được liên kết với các thành phần đồ họa thông qua nhiều kiểu liên kết khác nhau.

Về khía cạnh **công nghệ**, hình thể, vị trí không gian của các đối tượng cần quản lý, đánh giá được mô tả bằng các dữ liệu đồ họa. Tính chất các đối tượng này được mô tả bằng các dữ liệu thuộc tính. Mô hình cơ sở dữ liệu không gian không những quy định mô hình dữ liệu với các đối tượng đồ họa, đối tượng thuộc tính, mà còn quy định liên kết giữa chúng thông qua mô hình quan hệ và định nghĩa hướng đối tượng bao gồm các tính chất như thừa kế (*inherit*), đóng gói (*encapsulation*) và đa hình (*polymorphism*).

2. Công nghệ GIS

Đề khai thác GIS có hiệu quả, chúng tôi đã khai thác các chức năng của GIS: 1) Hỏi đáp, tìm kiếm; 2) Phân tích không gian, bao gồm: phân tích thuộc tính và đo đạc, chồng xếp, lân cận (tìm kiếm gần, địa hình, nội suy,...), nối tiếp (mạng, lan truyền, hướng tìm hay dòng). Các mô hình số được sử dụng là mô hình số độ cao (DEM), hướng dốc - hướng dòng chảy

3. Viễn thám

Để luận giải ảnh viễn thám, ngoài dữ liệu ảnh Landsat miễn phí, trong nghiên cứu, chúng tôi còn sử dụng dữ liệu ALOS PALSAR và ASTER (do Đại học tổng hợp thành phố Osaka, Nhật Bản cung cấp) có độ phân giải khá cao đáp ứng yêu cầu nghiên cứu, đặc biệt là ảnh Alos chụp ngày 7/7/2009 tại thời điểm xảy ra lũ rộng khắp ở miền Bắc nước ta. Đây là số liệu quý báu hỗ trợ xây dựng các mô hình DEM, hướng dốc-hướng dòng chảy,...

4. Các mô hình toán-tin

Các tác giả đã xây dựng là mô hình xác suất, mạng nhân tạo và đặc biệt là mô hình HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System). HEC-RAS là mô hình phân tích hệ thống sông suối, do Trung tâm Công trình Thủy văn thuộc Cục Kỹ thuật Công trình Quân đội Mỹ thiết kế, phục vụ phân tích thủy lực có liên quan tới dòng chảy sông suối; đó là mô hình thủy văn tiên tiến được áp dụng nhiều trên thế giới, là hệ thống phần mềm tổng hợp, được thiết kế sử dụng trong môi trường nhiều chức năng có ảnh hưởng đến nhau. Các modul trong mô hình HEC-RAS đều được xây dựng dựa trên những cơ sở lý thuyết có liên quan tới những khả năng tính toán khác nhau. Nhưng trong tất cả các modul của HEC-RAS đều sử dụng chung hai phương trình cơ bản là phương trình năng lượng/thủy lực và phương trình biến thiên động lực. Trong HEC-RAS còn sử dụng các phương trình bán thực nghiệm. Về lý thuyết, đường mặt nước trong HEC-RAS được tính toán liên tục từ mặt cắt này đến mặt cắt khác bằng việc giải phương trình năng lượng (hay phương trình Bernoulli):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

trong đó: Y_1, Y_2 : chiều sâu dòng chảy ở các mặt cắt; Z_1, Z_2 : cao độ lòng sông; V_1, V_2 : tốc độ trung bình; α_1, α_2 : hệ số sửa chữa động năng và h_e : tổn thất năng lượng đơn vị giữa hai mặt cắt.

Phương trình năng lượng áp dụng thích hợp trong các điều kiện dòng chảy có sự biến đổi dần dần, không đột ngột. Trường hợp có dòng nước mạnh hoặc các khu nhập lưu, phương trình trên áp dụng không phù hợp, thích hợp hơn khi áp dụng phương trình động lực xuất phát từ định luật 2 Newton theo phương dòng chảy có dạng:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = \sum \rho \cdot Q \cdot V_x$$

trong đó: P_1, P_2 : áp lực thủy tĩnh ở mặt cắt; W_x : trọng lực của khối nước theo phương x ; F_f : lực do ma sát giữa 2 mặt cắt; Q : lưu lượng nước; ρ : trọng lượng riêng của nước và V_x : lưu tốc mặt cắt ở biên.

HEC-RAS cung cấp đầy đủ các chức năng phân tích lũ, dự đoán vùng ngập và hoàn toàn có thể liên kết với các dữ liệu GIS để biên tập số liệu đầu vào với công cụ HEC-GeoRAS hỗ trợ bởi ArcGIS 10.0.

5. Hệ chuyên gia và chuyên gia mờ

Trong tổ hợp phương pháp, không thể thiếu kiến thức chuyên gia. *Hệ chuyên gia* (Expert system) là những chương trình máy tính giải quyết một bài toán bình thường mà các bài toán đó thường đòi hỏi trí thức và kỹ năng cũng như kinh nghiệm của con người, kết hợp những nhân tố và kinh nghiệm. Hệ chuyên gia có khả năng nắm bắt các kinh nghiệm đó, lưu trữ chúng trong máy tính và vận dụng để giải bài toán có sử dụng những kinh nghiệm quý báu của các chuyên gia có kinh nghiệm. Các thành phần cơ bản của một hệ chuyên gia là một “cơ sở tri thức KB - knowledge base” hay KB và một “máy suy diễn”. Thông tin trong KB được thiết lập, suy luận từ các nhà chuyên môn vào trong một tập hợp các luật, diễn hình là cấu trúc “if-then”. Các luật loại này được gọi là các “luật sản xuất”. Máy suy diễn làm cho hệ chuyên gia có thể lấy ra được các suy luận từ các luật trong KB. Ví dụ nếu như KB chứa các luật sản xuất “if x then y” và “if y then z”, máy suy diễn có thể suy ra “if x then z”. Hệ chuyên gia sau đó có thể truy vấn người dùng của nó “Nếu x ở trạng thái true thì ta có nhận xét gì?” (ví dụ như: vùng A có thể có lũ quét trong tháng 8 này không?), và nếu như câu trả lời là khẳng định, hệ thống sẽ tiếp tục suy ra z.

Hệ chuyên gia mờ (fuzzy expert) là một hệ chuyên gia sử dụng logic mờ thay vì logic Boolean. Nói rõ hơn, hệ chuyên gia mờ là một tập các hàm thành phần và các luật được dùng để lập luận xung quanh dữ liệu. Không giống như các hệ chuyên gia thông thường khác, nó là các máy lập luận biểu tượng là chủ yếu; các hệ chuyên gia mờ tập trung vào hướng xử lý số.

Các luật trong một hệ chuyên gia mờ thường có dạng như sau:

If x is low and y is high, then z = medium (nếu x thấp và y cao thì z = trung bình).

Với x, y là các biến đầu vào (tên các giá trị dữ liệu đã biết), z là biến đầu ra (tên của giá trị dữ liệu cần tính toán), low là một hàm thành phần (tập con mờ) định nghĩa trên x, high là một hàm thành phần được định nghĩa trên y và medium là một hàm thành phần được định nghĩa trên z. Vai trò của luật giữa “if” và “then” là giả thuyết và tiền đề của luật. Đây là một biểu thức logic mờ, mô tả tới mức mà luật ứng dụng. Vai trò của luật sau “then” là kết luận hay mệnh đề kết quả. Vai

trò này của luật ẩn định một hàm thành phần tới mỗi một hay nhiều biến đầu ra. Hầu hết các công cụ làm việc với các hệ chuyên gia mờ cho phép nhiều hơn một kết luận trên mỗi luật. Toàn bộ nhóm các luật tập trung như là một cơ sở luật hay một cơ sở tri thức.

Đối với logic mờ (fuzzy logic), chúng ta coi các đối tượng không gian trên bản đồ là các hàm thành viên của logic mờ. Các hàm thành viên đó có giá trị nằm trong miền từ 0 đến 1. Trong nghiên cứu, chúng tôi xây dựng một bản đồ nhạy cảm của sự hoạt động trở lại của lũ hoặc sự hình thành mới một khu vực có sự nhạy cảm cao đối với lũ. Những giá trị thành viên được nhận giá trị trong khoảng 0 và 1, được đặt giá trị cho từng điểm ảnh hoặc là từng vùng cho mỗi một đầu vào của lớp thông tin. Chúng tôi đã tính toán các hàm thành viên $\mu(x)$ cho mỗi một lớp thông tin:

$$\mu(x) = \frac{EDF - R}{EDF - R + \overline{EDF} - NR}$$

Trong công thức này, $EDF - R$ là hàm phân bố kinh nghiệm của những vùng đã bị hoạt động trở lại và $\overline{EDF} - NR$ là hàm số phân bố kinh nghiệm của những vùng mà không có sự hoạt động trở lại của lũ. Khi mà chúng có nhiều hơn 2 lớp thông tin (bản đồ chuyên đề thành phần) với hàm thành viên mờ cho cùng một tập hợp, như trong trường hợp thông thường, các biến của toán tử có thể được dùng để kết hợp những giá trị của hàm thành viên.

II. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi chỉ dẫn ra một số kết quả đạt được.

1. Cơ sở dữ liệu

Chúng tôi đã xây dựng các cơ sở dữ liệu: tần suất lũ theo thôn bản, xã phường (liên quan mật thiết đến lưu lượng mưa, thời gian kéo dài mỗi trận mưa); cơ sở dữ liệu địa hình, địa chất, địa mạo, lớp vỏ phong hóa, lớp phủ thực vật, mật độ dân cư... Các dữ liệu này là tiền đề rất quan trọng trong đánh giá tai biến lũ và tác động của chúng đối với kinh tế - xã hội của tỉnh Hà Giang. Hình 1, 2 là ví dụ cho CSDL.

	FID	Shape *	NAME	NTYPE	TanSuatLu
►	19	Point	An Ninh	49	2
	16	Point	An Xuân	49	4
	5	Point	B. Cáo Sáo	49	4
	105	Point	B. Cốc Phường	49	8
	126	Point	B. Cúc Phụng	49	8
	127	Point	B. Đan lộ	49	8
	6	Point	B. Minh Tân	49	2
	98	Point	B. Nà Mạ	49	2
	22	Point	B. Nà Sắt	50	3
	3	Point	B. Pha Hân	49	5
	24	Point	B. Tả Ván	49	0
	121	Point	B. Mịch B	50	4
	32	Point	B. Nặm Thanh	50	10
	84	Point	Ba Luồng	49	5
	79	Point	Ba Xát	49	0
	97	Point	Bắc Ngán	49	10

Hình 1. Cơ sở dữ liệu tần suất lũ theo thôn bản, xã phường

Nhà độc lập						
	FID	Shape *	ILEVEL	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	
▶	3780	Polygon	6	119.996416	899.946242	474842 2452440
	37803	Polygon	6	119.996416	899.946243	474950 2452470
	37802	Polygon	6	119.996416	899.946242	475026 2452600
	37801	Polygon	6	120.004608	900.069119	474960 2452620
	37805	Polygon	6	119.996416	899.946242	475477 2452750
	37806	Polygon	6	119.996416	899.946243	475389 2452870
	37807	Polygon	6	120.004608	900.069119	475257 2452930
	37808	Polygon	6	120.004608	900.069119	475274 2453260
	37800	Polygon	6	119.996416	899.946242	477705 2453360
	37799	Polygon	6	119.996416	899.946242	477335 2453550
	37780	Polygon	6	120.004608	900.069119	475405 2453560
1 (0 out of 37833 Selected)						

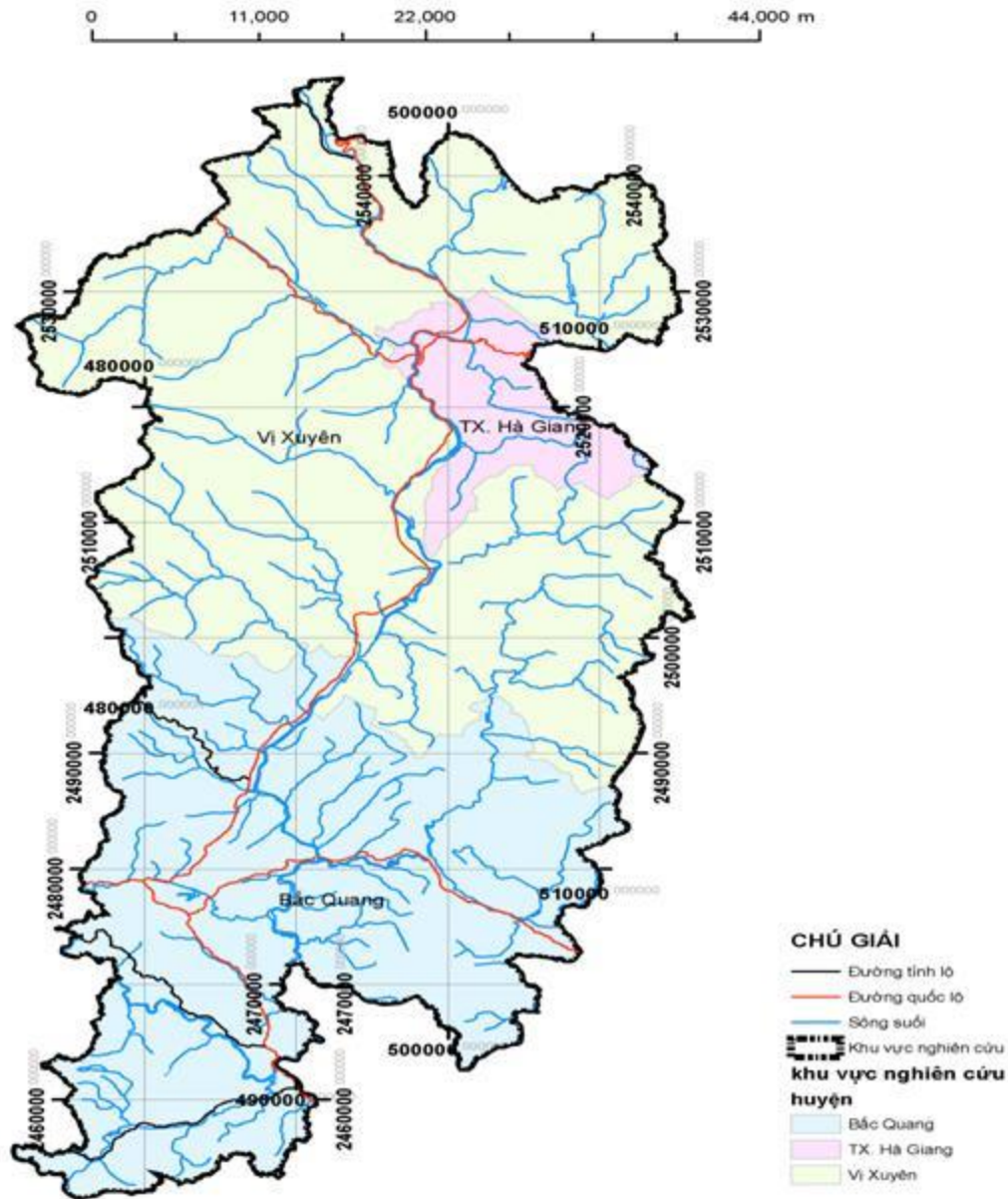
Hình 2. Cơ sở dữ liệu nhà độc lập (mật độ dân cư).

2. Các bản đồ nhạy cảm tại biển lũ

Địa hình ở tỉnh Hà Giang thuộc loại khá phức tạp, có thể chia làm 3 vùng: núi đá cao chưa phong hoá (chủ yếu là các thành tạo carbonat), núi đá cao có vỏ phong hoá dày và vùng thung lũng sông có mức cao thấp. Vùng thấp gồm thung lũng sông Gâm (địa bàn huyện Yên Ninh), sông Chảy (địa bàn các huyện Hoàng Su Phì, Xín Mần), sông Lô (địa bàn huyện Bắc Quang, Vị Xuyên và thành phố Hà Giang), sông Miện (khu ngoại ô đông bắc thành phố Hà Giang). Chúng tôi tập trung nghiên cứu chi tiết về tai biến lũ thuộc lưu vực sông Lô, trên địa bàn từ thành phố Hà Giang qua huyện Vị Xuyên đến huyện Bắc Quang. Nơi thường có lũ và là nơi tập trung dân cư nhất của tỉnh Hà Giang (Hình 3) mà Đề tài độc lập cấp Nhà nước do GS. Nguyễn Trọng Yên chủ trì [8] chưa đề cập. Tổng cộng diện tích vùng nghiên cứu là 2.734 km². Từ bản đồ này, phân tích và chọn 3 vùng trọng điểm để nghiên cứu chi tiết hơn, đó là: thành phố Hà Giang với diện tích 171 km², huyện Vị Xuyên với diện tích 1467 km² và huyện Bắc Quang với diện tích 1094 km².

Từ bản đồ nhạy cảm lũ trong 3 vùng nghiên cứu đã nêu, chúng tôi chọn ra các khu có khả năng xảy ra lũ cao nhất để nghiên cứu chi tiết hơn, đó là:

- Vùng thành phố Hà Giang, gồm:
 - Đoạn sông Miện, từ Bản Cườm đến tổ 11 phường Quang Trung (Khu 1);
 - Đoạn sông Lô, từ tổ 3 phường Quang Trung đến Cầu Mè (Khu 2);
- Vùng huyện Vị Xuyên, gồm 1 khu: đoạn sông Lô, từ Đông Cáp 2 đến tổ 24 thị trấn Nông trường Việt Lâm (Khu 3).
- Vùng huyện Bắc Quang, gồm 1 khu: đoạn sông Lô, từ xã Tân Thắng đến hết xã Tân Tạo (Khu 4).

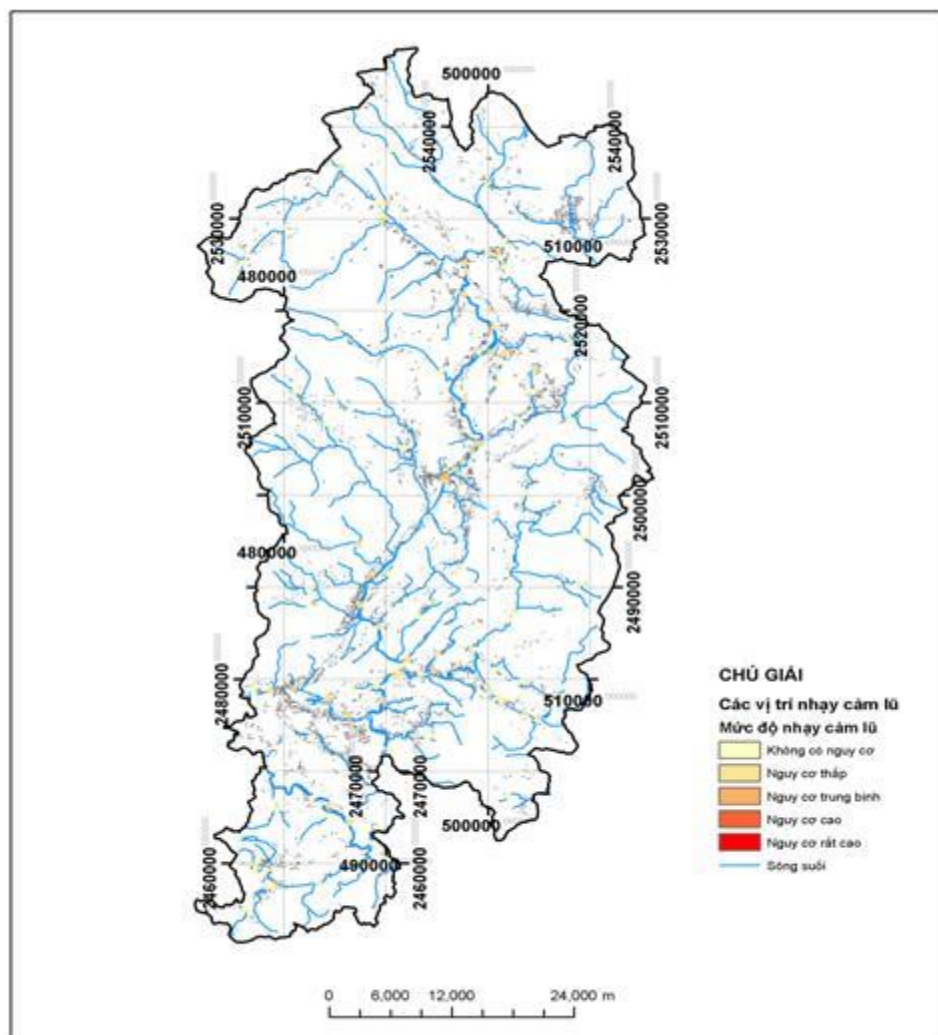


Hình 3. Bản đồ vùng nghiên cứu.

Trong phạm vi bài báo, chúng tôi chỉ có thể dẫn ra vài bản đồ chuyên đề về lũ của khu 2, liên quan trực tiếp đến nội thành thành phố Hà Giang (các hình 5, 6). Các tham số đã sử dụng:

- Chiều dài đoạn nghiên cứu: 5632 m;
- Số lượng mặt cắt ngang: 11;
- Các thông số thủy văn và tần suất lũ sử dụng theo các thống kê thể hiện ở Bảng 1.

Với mô hình do chúng tôi thành lập, chỉ cần thay đổi số liệu đầu vào có thể tính toán kết quả nhanh chóng. Do vậy, ta có thể dễ dàng xây dựng các kịch bản khác nhau về tai biến lũ, và rất có ý nghĩa trong việc phòng chống tai biến lũ.



Hình 4. Bản đồ nhạy cảm về tai biến lũ vùng nghiên cứu.



Hình 5. Mô hình 3D, khu 2 (phi tỷ lệ).

Bảng 1. Bảng thông số các mặt cắt tính toán khu 2.

OID_	Shape_Leng	XS2DID	HydroID	ProfileM	Reach Code	Left Bank	Right Bank	Ch Length	Node Name
1	350.634	7	45	13.9577	Khuvuc2	66.3362	1.6395	54.4435	4
2	451.393	8	46	14.4752	Khuvuc2	81.6650	51.8216	39.7191	5
3	594.754	9	47	13.2025	Khuvuc2	17.6522	105.0613	48.0384	6
4	533.143	10	48	12.6240	Khuvuc2	98.5708	51.1954	25.6997	7
5	440.185	11	49	11.7832	Khuvuc2	71.8552	77.1839	52.7807	8
6	388.935	12	50	11.3041	Khuvuc2	2.8151	44.8641	109.1600	9
7	397.451	13	51	10.9406	Khuvuc2	55.8379	47.2711	55.5181	10
8	412.426	14	52	9.5335	Khuvuc2	25.2084	26.3171	51.0120	11
9	366.934	15	53	8.1344	Khuvuc2	5.4457	7.4087	59.1918	12
10	413.692	16	54	6.9045	Khuvuc2	50.6768	101.9159	24.8545	13
11	511.836	17	55	5.6821	Khuvuc2	94.3207	118.6791	49.1288	14

III. KẾT LUẬN VÀ TRAO ĐỔI

1. Kết luận

a/ Về lý thuyết, các hệ phương pháp địa tin học tập trung nghiên cứu, phát triển và ứng dụng các chức năng tuyệt vời của GIS: hệ chuyên gia, chuyên gia mờ, mô hình trọng số và mô hình số HEC-RAS. Các tác giả đã áp dụng đồng bộ các phương pháp nghiên cứu hiện đại kết hợp hài hòa với các phương pháp truyền thống nghiên cứu vấn đề rất khó là tai biến lũ và thu được những kết quả nhất định.

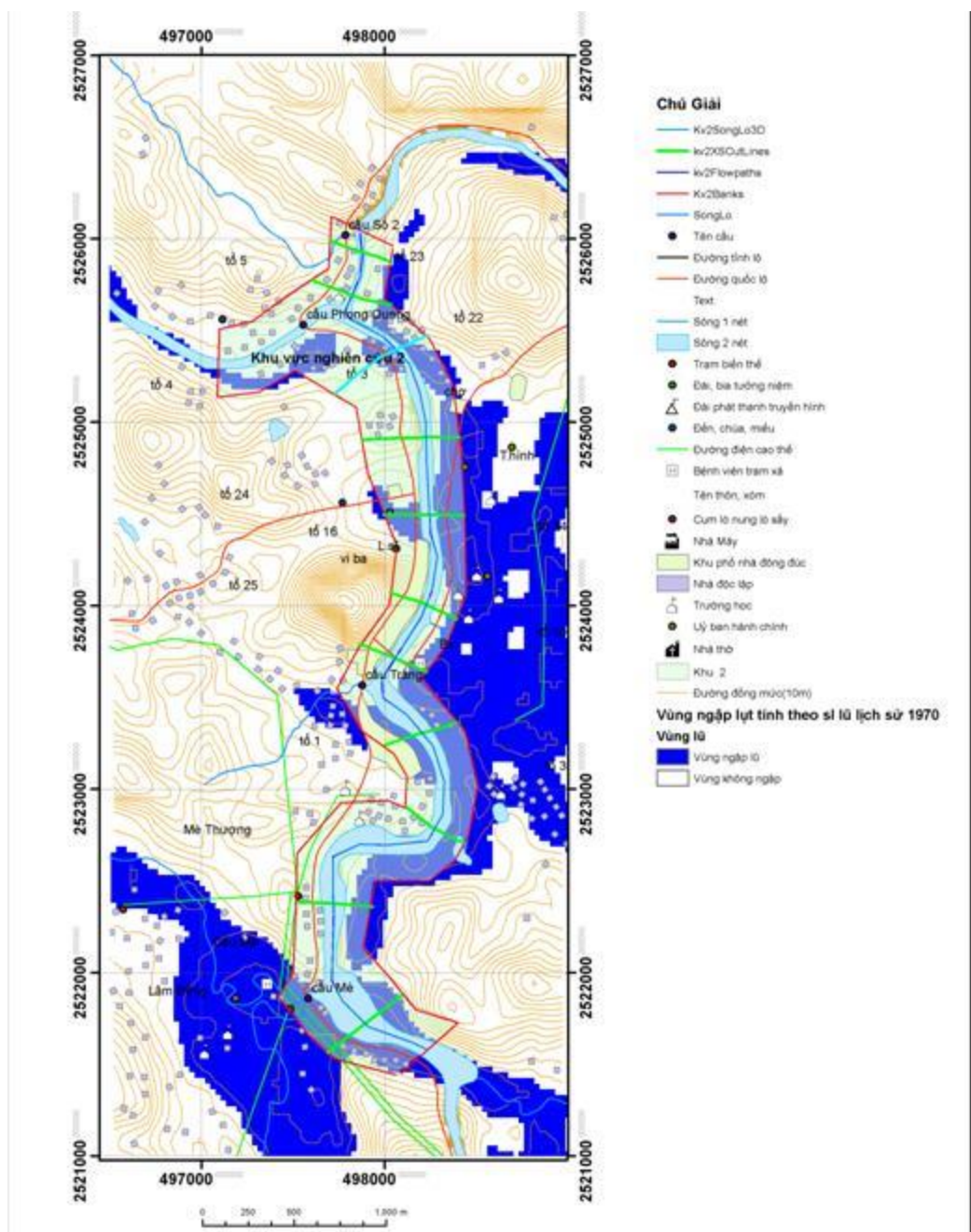
b/ Về thực tiễn, cùng với việc xây dựng tổ hợp phương pháp nghiên cứu đồng bộ từ truyền thống đến hiện đại, đã kết hợp thu thập tổng hợp xây dựng được bộ cơ sở dữ liệu số, đặc biệt là nhiều chủng loại bản đồ cần thiết quản trị trong môi trường GIS, liên quan đến bài toán nghiên cứu đánh giá, dự báo và các kịch bản tai biến lũ.

2. Một số ý kiến trao đổi

Với kết quả nghiên cứu đạt được, chúng tôi có những kiến nghị sau:

a/ Bài toán về các tai biến môi trường địa chất hiện đại, đặc biệt là tai biến lũ là rất phức tạp, phải có sự kết hợp kiến thức của nhiều lĩnh vực mới có được kết quả đầy đủ và xác thực nhất. Trong nghiên cứu, sẽ có kết quả và kinh tế hơn nếu kết hợp nghiên cứu đồng thời nhiều loại tai biến. Ví dụ, tai biến lũ thường đi kèm với tai biến trượt/sạt lở đất đá và có thể có sụt lún, bào mòn, tích tụ rất đáng kể.

b/ Áp dụng tổ hợp phương pháp hiện đại, trong đó có hệ phương pháp địa tin học để đánh giá, cảnh báo tai biến lũ, có hiệu quả và đủ tin cậy.



Hình 6. Bản đồ lũ khu 2 theo kịch bản lũ năm 1970.

c/ Với công nghệ bản đồ hiện đại và công nghệ thông tin như hiện nay, hoàn toàn có thể xây dựng chương trình để cập nhật nhanh với đầu vào là các tham số tùy biến để hỗ trợ cho người dân cũng như lãnh đạo địa phương một cách nhanh nhất trong việc phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai nói chung, lũ nói riêng. Trước mắt, nhanh chóng xây dựng bản đồ phân vùng tránh lũ, theo nguyên tắc tìm đường đi ngắn nhất từ khu dân cư bị lũ lụt đến nơi an toàn (vùng tránh lũ) và các trạm cảnh báo lũ. Các số liệu đầu vào của Trạm cần được tiêu chuẩn hóa, để dễ dàng tích hợp với các vệ tinh quan trắc môi trường khu vực Châu Á và thế giới. Chúng tôi đề nghị theo chuẩn của Hiệp hội Địa nguồn mở thế giới vì tính thông dụng, dễ truy cập và hoàn toàn miễn phí mà tác giả bài báo đã có

hiều năm cộng tác. Để phục vụ công tác cảnh báo, công nghệ mạng phải được phát huy triệt để nhất

VĂN LIỆU

1. **Aronoff S., 1989.** Geographical information systems: A management perspective, *WDL Publ., Ottawa.*
2. **Bernhardsen T., 1999.** Geographical information systems: An introduction. *John & Sons Inc., New York.*
3. **Chi Kwang-Hoo, Park No-Wook, Chung Chang-Jo, 2003.** Fuzzy logic integration for landslide hazard mapping using spatial data from *Boeun, Korea.*
4. **Dewitte O., Chung C-J., and Demoulin.** Reactivation hazard mapping for ancient landslide in *West Belgium.*
5. **Đào Văn Thịnh (Chủ biên), 2006.** Báo cáo Nghiên cứu đánh giá tai biến địa chất vùng Tây Bắc Việt Nam. *Lưu trữ ĐC, Hà Nội.*
6. **Haberler-Weber M.** Analysis and interpretation of geodetic landslide monitoring data based on fuzzy systems.
7. **Nguyễn Quốc Thành, Nguyễn Văn Hiển và nnk 2001.** Đề tài NCKH Báo cáo Nghiên cứu đánh giá trượt lở, lũ quét-bùn đá tại vùng trọng điểm tỉnh Lào Cai và kiến nghị các giải pháp phòng tránh giảm nhẹ. *Lưu trữ Viện Địa chất, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.*
8. **Nguyễn Trọng Yên (Chủ biên), 2006.** Báo cáo Nghiên cứu đánh giá trượt lở, lũ quét-lũ bùn đá một số vùng nguy hiểm ở miền núi Bắc Bộ, kiến nghị các giải pháp phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại. Đề tài KC-08-01BS, Phần 2, tập 3: Thượng nguồn sông Gâm (huyện Yên Minh) và thượng nguồn sông Chảy (huyện Hoàng Su Phì, huyện Xí Mần) tỉnh Hà Giang. *Lưu trữ Viện Địa Chất, Hà Nội.*
9. **Ravi P., Gupta, 2003.** Remote sensing geology. *Springer, New York.*
10. **Sanyal Joy and Xi Xi Lu, 2010.** Application of GIS in flood hazard mapping: A case study of Gangetic West Bengal, India. *Geospatial World.*
11. **Tangestani Majid H., 2003.** Landslide susceptibility mapping using the fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran *Map India.*
12. **Trương Xuân Luận, 2004.** Hệ thống tin địa lý ứng dụng. *Lưu trữ Đại học Mỏ-Địa chất.*