

Xây dựng hệ thống cảnh báo sớm lũ quét ở vùng núi, thử nghiệm tại huyện Thuận Châu, Sơn La

Lại Tuấn Anh¹, Nguyễn Ngọc Thạch^{2*}, Phạm Xuân Cảnh², Lê Như Ngà³, Vũ Đăng Cường⁴

¹Trường Đại học Thủy lợi

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

³Viện Cơ học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

⁴Tổng cục 2, Bộ Quốc phòng

Ngày nhận bài 21/3/2018; ngày gửi phản biện 28/3/2018; ngày nhận phản biện 8/5/2018; ngày chấp nhận đăng 22/5/2018

Tóm tắt:

Mô hình cảnh báo lũ quét được xây dựng dựa trên tiếp cận thủy văn và địa mạo lưu vực, theo nguyên tắc là tai biến sẽ chỉ xảy ra ở nơi nào có nguy cơ tiềm ẩn cao và khi có lượng mưa lớn vượt ngưỡng. Trong mô hình xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét, các tham số của lưu vực được phân tích đánh giá định tính và trọng số được xác định theo phương pháp phân tích thứ bậc (Thomas Saaty - Analytic Hierarchy Process - AHP). Phần mềm cảnh báo sớm lũ quét được xây dựng trên cơ sở công cụ lập trình mã nguồn mở. Với module xử lý không gian hoạt động trực tuyến trên internet, lượng mưa dự báo sớm 1-6 ngày cho các trạm khí tượng tự động IMETOS sẽ được nội suy và đưa vào tính toán nhanh cùng với bản đồ nguy cơ tiềm ẩn. Kết quả xử lý sẽ xác định được sớm các vị trí có thể xảy ra tai biến với cấp độ nguy cơ khác nhau, tùy thuộc giá trị lượng mưa dự báo tại các trạm khí tượng. Hệ thống được xây dựng và áp dụng để cảnh báo sớm tai biến lũ quét cho huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La khi lượng mưa vượt quá ngưỡng 150 mm/ngày. Hệ thống bước đầu đã hỗ trợ tích cực trong việc đưa ra quyết định phù hợp cho việc phòng tránh, giảm thiểu thiệt hại do lũ quét.

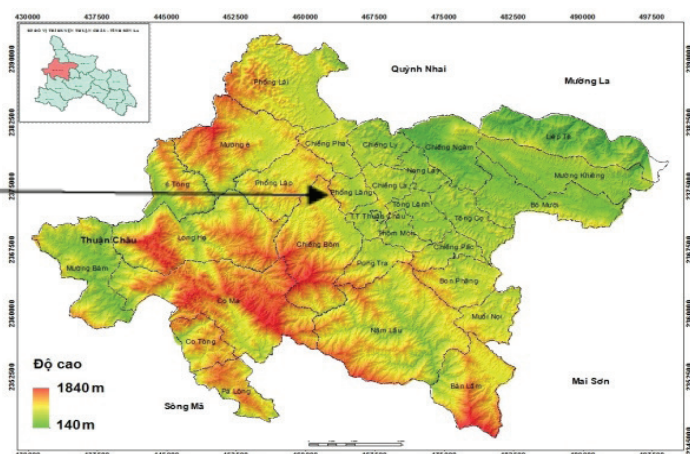
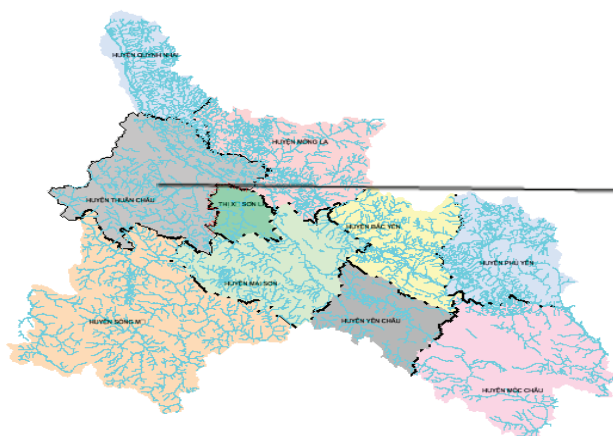
Từ khóa: cảnh báo sớm, lũ quét, mô hình, ngưỡng, phần mềm.

Chỉ số phân loại: 1.7

Đặt vấn đề

Thuận Châu là một huyện miền núi phía Tây Bắc của tỉnh Sơn La, có diện tích tự nhiên 154.126 ha, nằm dọc theo Quốc lộ 6, là nơi sinh sống của nhiều dân tộc thiểu số (Thái: 74,05%, H'Mông: 11,16%, Kinh: 9,32%, Kháng: 2,57%, các dân tộc khác: 2,94%).

Địa hình Thuận Châu cao và dốc, bị chia cắt mạnh: nơi cao nhất là đỉnh Cópia (1.817 m), nơi thấp nhất là sông Đà (200 m), so với mực nước biển. Vào mùa mưa, Thuận Châu là một trong những nơi có nhiều tai biến thiên nhiên như trượt lở và lũ quét. Trong những năm gần đây, do nhiều nguyên nhân (như biến đổi khí hậu, chặt phá rừng...) mà lũ



Hình 1. Vị trí của huyện Thuận Châu và mô hình DEM.

*Tác giả liên hệ: Email: nguyennngochachhus@gmail.com

Building an early warning system for flash flood in the mountainous area, a case study in Thuan Chau district, Son La province

Tuan Anh Lai¹, Ngoc Thach Nguyen^{2*},
Xuan Canh Pham², Nhu Nga Le³, Dang Cuong Vu⁴

¹Thuy loi University

²University of Science, Vietnam National University, Hanoi

³Institute of Mechanism, Vietnam Academy of Science and Technology

⁴General Department 2, Ministry of Defense

Received 21 March 2018; accepted 22 May 2018

Abstract:

The early warning model for flash flood was based on the hydrological and geomorphological concept to the river basin, with the principle that flash flood will only occur where there is a high potential risk and when heavy rainfall exceeds a threshold. In the model to build flash floods map risk, the parameters of the basin were analysed and evaluated, and the weight was determined by the method of the hierarchical analysis (Thomas Saaty-Analytics Hierarchy Process - AHP). The flash flood early warning software was built on the basis of open source programming tools. With the spatial module and online processing in the internet, early predicted precipitation of 1-6 days for the IMETOS automatic meteorological stations would be interpolated, then processed with the potential risk maps. The processed results would determine the locations of flash flood at the several risk levels corresponding to the predicted rainfall values at the meteorological stations. The system was constructed and applied to flash floods disaster early warning for Thuan Chau district - Son La province when the rainfall exceeded the 150 mm/day threshold. The system has initially supported the positive decision making to prevent and minimize damages caused by flash floods.

Keywords: early warning, flash flood, model, software, threshold.

Classification number: 1.7

quét có xu hướng gia tăng cả về cường độ và tần suất, gây thiệt hại nặng nề cho người dân địa phương. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng hệ thống cảnh báo sớm nguy cơ lũ quét ở mức độ chi tiết cấp huyện là yêu cầu thiết thực, cấp bách và có ý nghĩa thực tiễn lớn. Với hệ thống này, thông tin cảnh báo có thể được truyền tới từng người dân bằng nhiều phương thức khác nhau như bằng tin điện tử, tin nhắn SMS, trang web hoặc có thể chuyển thành các tín hiệu cảnh báo truyền thống (loa, kèng). Từ đó, người dân và các nhà quản lý có thể đưa ra những quyết định phù hợp trong việc phòng, chống tai biến xảy ra.

Đối tượng nghiên cứu

Tiếp cận lưu vực trong nghiên cứu lũ quét

Khác với lũ thông thường, lũ quét là một dạng lũ có tốc độ dòng chảy lớn, thường chứa nhiều vật chất rắn, xảy ra bất ngờ trong thời gian ngắn trên các lưu vực nhỏ, địa hình dốc nên chúng có sức tàn phá lớn. Sự hình thành lũ quét có liên quan mật thiết với cường độ mưa, điều kiện khí hậu, đặc điểm địa hình, các hoạt động của con người cũng như điều kiện tiêu thoát lũ của lưu vực. Lũ quét thường xuất hiện chỉ vài ba giờ sau khi có mưa với cường độ lớn vượt quá ngưỡng [1, 2]. Trong thực tế, dữ liệu về lũ quét luôn thiếu và không hệ thống, vì vậy thường khó có thể sử dụng các phương pháp thông dụng trong tính toán dự báo thủy văn - thủy lực để dự báo hoặc cảnh báo lũ quét [2, 3].

Cơ sở lý thuyết chủ đạo của nghiên cứu này là tiếp cận lưu vực [4, 5]. Theo tiếp cận này, lưu vực được coi là một hệ thống tương đối kín, bao gồm nhiều phụ lưu nhỏ và khi có mưa thì mọi thông số của mặt đệm sẽ quyết định đến chế độ vận chuyển và tích tụ của dòng chảy ở trong phạm vi lưu vực. Ở vùng núi, với độ dốc lưu vực lớn thì khi lượng mưa vượt quá ngưỡng, dòng chảy mặt sẽ tích tụ tạo thành lũ quét. Mỗi lưu vực sẽ có cơ chế phát sinh lũ quét riêng biệt.

Bản đồ nguy cơ phát sinh lũ quét

Bản đồ nguy cơ lũ quét thể hiện khả năng phát sinh lũ quét trong một thời gian tối thiểu là một chu kỳ khí hậu, thông thường chu kỳ này là 20-40 năm [1, 2]. Vì vậy, tùy theo sự phân bố mưa khác nhau theo không gian mà lũ quét có thể xuất hiện không đồng bộ ở nhiều vị trí khác nhau nhưng có thể lặp lại sau một thời gian [2, 6, 7]. Cho đến nay, việc lập bản đồ nguy cơ lũ quét vẫn còn nhiều cách tiếp cận, phương pháp và cho kết quả khác nhau. Có nhiều phương pháp (hoặc mô hình) thủy văn - thủy lực được áp dụng như NAM, HEC-RAS, SWAT... [4, 5]. Đa số các bản đồ lũ quét được xây dựng đều dựa vào việc tiếp cận lũ quét sườn [1]. Vì vậy, các bản đồ được xây dựng đều có những khoảng vùng rất lớn theo sườn dốc, thiếu tính chi tiết nên khả năng ứng dụng còn hạn chế [1].

Trong nghiên cứu này, các thông số của lưu vực được phân tích và xử lý bằng mô hình phân tích đa chỉ tiêu (MCA), toàn bộ không gian của lưu vực sẽ được đánh giá theo từng ô lưới (pixel) và bản đồ kết quả được thể hiện chi tiết, đáp ứng yêu cầu của tỷ lệ nghiên cứu cấp huyện (1:10.000) và cấp xã (1:5.000).

Xác định các tham số lưu vực trong việc hình thành lũ quét

Trong lưu vực sông suối, để xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét - lũ bùn đá, các yếu tố: nguy cơ trượt lở đất; lượng mưa ngày lớn nhất; giá trị tích lũy dòng chảy của bề mặt địa hình; đặc điểm lớp phủ của mặt đệm; đặc điểm thổ nhưỡng; vỏ phong hóa của mặt đệm; độ dốc trung bình của các phụ lưu là những dữ liệu đầu vào trong mô hình phân tích, được xây dựng với mức độ chi tiết theo tỷ lệ nghiên cứu [3, 4].

Mô hình lý thuyết trong cảnh báo sớm lũ quét

Nguyên lý chung của mô hình là tại biến lũ quét sẽ chỉ xảy ra ở nơi nào có nguy cơ tiềm ẩn cao và khi có lượng mưa vượt ngưỡng phát sinh lũ. Khái niệm đó được minh họa theo sơ đồ hình 2.

Như vậy, để cảnh báo sớm nguy cơ lũ quét, các công việc cần thực hiện là: 1) Xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét tiềm ẩn; 2) Xây dựng mô hình cảnh báo sớm lũ quét; 3) Thiết lập hệ thống trạm khí tượng tự động IMETOS. Các trạm này có bán kính hoạt động 10-15 km, có thể kết nối trực tiếp với mạng khí tượng toàn cầu www.meteoblue.com và nhận lại nhiều thông tin về điều kiện khí tượng của 30 ngày đã qua, thời tiết hiện tại và thời tiết dự báo 1-6 ngày cho chính vị trí đặt trạm. Đây là hệ thống trạm khí hậu chuyên dùng với nhiều tính năng mới [8-10] được Bộ Tài nguyên và Môi trường cho phép xây dựng theo Luật Khí tượng thủy văn ban hành năm 2016 [9]; 4) Xây dựng phần mềm WebGIS hoạt động trực tuyến trên môi trường Internet để xử lý nhanh các thông tin dự báo về lượng mưa và tích hợp với bản đồ nguy cơ lũ quét tiềm ẩn. Khi lượng mưa vượt quá ngưỡng thì có thể nhanh chóng xác định, cung cấp

kịp thời thông tin về thời gian sinh lũ và những vị trí có khả năng xảy ra tại biến lũ quét ở các mức độ khác nhau.

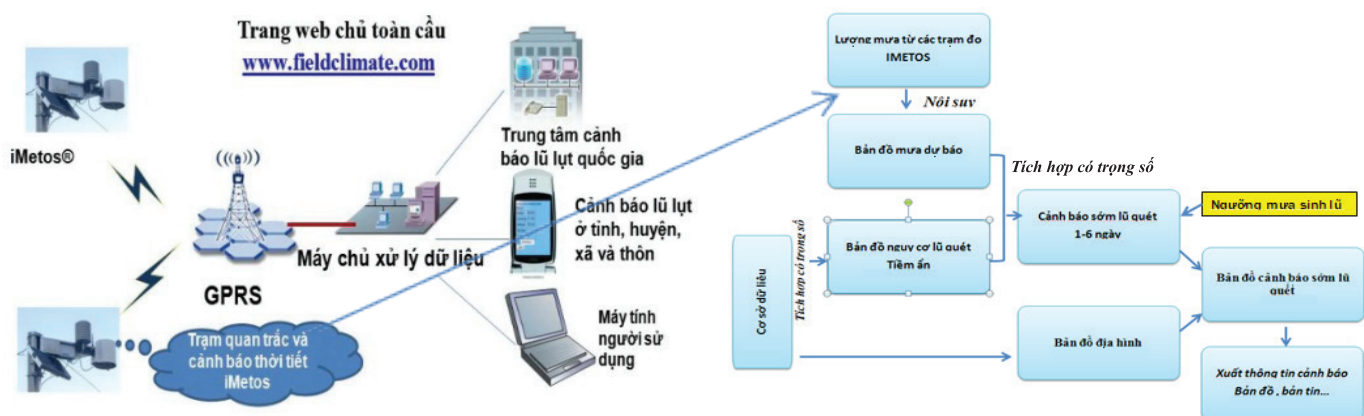
Phương pháp nghiên cứu

Mô hình tích hợp đa chỉ tiêu MCA

Đây là mô hình lồng ghép mô hình thủy văn và địa mạo lưu vực với sự trợ giúp của công nghệ GIS [11]. Áp dụng phương pháp này, nghiên cứu tập trung xác định các nhân tố gây lũ quét của lưu vực, bao gồm: tính chất của đất, thảm thực vật, độ dốc lưu vực, mật độ sông suối, dòng chảy tích lũy... và so sánh với các số liệu thống kê để phân cấp khả năng gây lũ quét của từng lớp thông tin. Ứng dụng GIS để xác định trọng số, tích hợp không gian các lớp nhân tố với trọng số, xây dựng được biểu đồ biến trình lưu lượng tại từng pixel của bản đồ tổng hợp dạng raster. Phương pháp này là định tính và mang nhiều tính chủ quan của người nghiên cứu, song thích hợp với điều kiện của các lưu vực vừa và nhỏ ở vùng núi, nơi còn thiếu số lượng các trạm đo khí tượng, thủy văn [11].

Xây dựng mô hình không gian trong cảnh báo sớm lũ quét

Ngưỡng gây lũ quét phục vụ cảnh báo là thông số rất quan trọng song rất khó xác định một cách chính xác [1, 6, 12, 13]. Các ngưỡng mưa gây lũ quét cũng biến đổi ở phạm vi rất lớn, từ 100 mm/giờ đến 220 mm/ngày và tùy theo điều kiện của mặt đệm lưu vực. Hầu hết các lưu vực phát sinh lũ quét đều có độ dốc bình quân lớn hơn 30% và độ che phủ của rừng thấp hơn 10% bề mặt lưu vực [1]. Các tác giả nghiên cứu về lũ quét ở Việt Nam đã phân chia khả năng xuất hiện lũ quét thành 4 cấp như sau: cấp I (có nguy cơ xuất hiện lũ quét rất cao), thuộc các lưu vực có điều kiện tự nhiên hội tụ đồng thời cả 4 yếu tố (xuất hiện tương đối thường xuyên lượng mưa tối thiểu 100 mm/ngày, độ dốc bình quân lớn hơn 30%, độ che phủ nhỏ hơn 10%, đất có tính thấm trung bình và kém); cấp II (có nguy cơ xuất hiện lũ quét cao), thuộc các lưu vực hội tụ đồng thời 3 yếu tố



Hình 2. Mô hình xử lý, tích hợp thông tin và xây dựng bản đồ cảnh báo sớm lũ quét.

(xuất hiện tương đối thường xuyên lượng mưa tối thiểu 100 mm/ngày, cùng với 2 trong 3 yếu tố còn lại của cấp I); cấp III (có nguy cơ trung bình), thuộc các lưu vực xuất hiện tương đối thường xuyên lượng mưa tối thiểu 100 mm/ngày và 1 trong 3 yếu tố còn lại; cấp IV (có ít nguy cơ xuất hiện lũ quét), không có các chỉ tiêu đã nêu ở trên. Do lũ quét thường xuất hiện rất nhanh và diễn biến trong thời gian ngắn nên thời gian dự báo hoặc cảnh báo lũ quét cũng rất ngắn, thậm chí không thể dự báo được. Phương pháp ngưỡng mưa gây lũ quét cho phép nhanh chóng xác định các vùng nguy cơ gây lũ quét theo mưa cục bộ.

Hàm tính cho mô hình cảnh báo sớm lũ quét:

$$Fr = \sqrt{f \cdot p} \quad (1)$$

Trong đó: Fr - bản đồ cảnh báo sớm nguy cơ lũ quét; f - lượng mưa cực đại dự báo; p - bản đồ nguy cơ lũ quét tiềm ẩn (với chỉ số nguy cơ lũ quét FFPI).

Dữ liệu dùng trong nghiên cứu

Tùy theo tỷ lệ bản đồ nghiên cứu mà số lượng các lớp thông tin được xem xét đánh giá sẽ khác nhau. Đối với tỷ lệ 1:10.000 cho cấp huyện, các lớp thông tin đưa vào đánh giá bao gồm: lượng mưa trung bình của cực đại nhiều năm (RM), chỉ số ẩm ướt địa hình (TWI), độ dốc trung bình của phụ lưu (SB), mật độ điểm trượt lở (LS), địa mạo (GM), đất (S), rừng (FR), mật độ sông suối (RD). Mức đánh giá được chia thành 5 cấp (cấp 1: rất thấp, cấp 2: thấp, cấp 3: trung bình, cấp 4: cao và cấp 5: rất cao) [11].

Các trọng số đánh giá cho từng lớp thông tin được xác định theo hệ số chuyên gia và phương pháp phân tích so sánh cặp (AHP) [14].

Bảng 1. Tư liệu sử dụng trong nghiên cứu.

Loại tư liệu	Đặc điểm	Nguồn dữ liệu
Bản đồ địa hình	Tỷ lệ 1: 10.000	Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE)
Bản đồ rừng	Tỷ lệ 1: 10.000	Viện Quy hoạch và thiết kế lâm nghiệp (Phân tích từ ảnh SPOT và kiểm tra thực địa)
Bản đồ lớp phủ	Tỷ lệ 1: 10.000	Phân tích từ ảnh Landsat 8.OLI
Bản đồ thổ nhưỡng	Tỷ lệ 1: 10.000	Viện Nông hóa thổ nhưỡng, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn
Bản đồ địa mạo	Tỷ lệ 1: 10.000	Xây dựng theo nguyên tắc hình thái nguồn gốc
Bản đồ nguy cơ trượt lở	Tỷ lệ 1: 10.000	Xây dựng bằng GIS
Dữ liệu mưa lịch sử	52 năm (từ 1960 đến 2015)	Viện Khoa học khí tượng thủy văn và biến đổi khí hậu (Bộ Tài nguyên và Môi trường)
Lượng mưa dự báo	Số liệu	Số liệu trạm IMETOS của đề tài
Dữ liệu lũ lịch sử từ 2000 đến 2016	Vị trí, mức độ	Thông kê và phỏng vấn thực địa

Kết quả nghiên cứu

Xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét huyện Thuận Châu

Tham khảo nhiều công trình đã công bố [7, 12], có thể đánh giá các lớp thông tin của mặt đệm lưu vực liên quan tới nguy cơ phát sinh lũ quét theo bảng sau (bảng 2, 3).

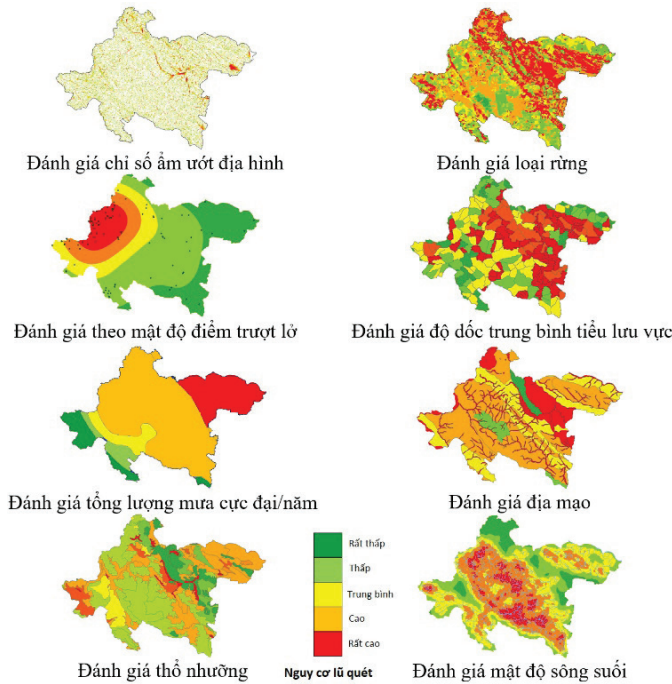
Bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá nguy cơ lũ quét cho các lớp thông tin địa mạo (GM), đất (S), rừng (FR).

Mức đánh giá	FR	GM	S
Cấp 1	- Rừng hỗn giao tre nửa	- Bề mặt đỉnh cao trên 1.000 m; dạng lượn sóng; bóc mòn tổng hợp yếu - Bề mặt đỉnh có độ cao dưới 1.000 m; dạng vòm thoải; rìa trôi bề mặt	- Núi đá
Cấp 2	- Rừng lá rộng thường xanh trung bình - Rừng tre nửa	- Sườn vách dốc rửa lũa trên đá vôi; dốc, rất dốc; rửa lũa, đổ lở - Sườn vách bóc mòn rửa lũa trên đá vôi, vôi xen; rất dốc, đến dốc đứng, chân sườn tích tụ thoải hơn; rửa lũa, đổ lở	- Đất đỏ nâu trên đá vôi - Đất nâu đỏ trên đá macma bazơ và trung tính
Cấp 3	- Rừng lá rộng thường xanh nghèo - Rừng lá rộng thường xanh phục hồi - Rừng trên núi đá - Rừng trồng	- Sườn trượt lở khá mạnh; dạng hơi lồi, hoặc khúc khuỷu, phần trên dốc 25-30°, phần dưới 30-40°; đổ lở trên đá gốc, trượt lở - Sườn bóc mòn trên các đá khác nhau; dạng hơi lồi, dốc trung bình 15-25°, đôi nơi 20-25°; bóc mòn tổng hợp - Sườn trượt lở trung bình; dạng khá thẳng, hoặc hơi lồi, dốc trung bình 25-30°; trượt lở trên vỏ phong hóa dày, trượt trôi trên đá gốc	- Đất vàng trên đá cát kết
Cấp 4	- Dân cư - Đất khác	- Bề mặt tích tụ lũ tích, sườn tích; dải ven chân sườn, độ dốc 6-15°, thành phần hỗn độn; rửa trôi bề mặt, xâm thực rãnh xói, mương xói	- Đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa nước - Đất đỏ vàng trên đá sét
Cấp 5	- Đất trống - Mặt nước	- Máng trũng dòng chảy xâm thực; trắc diện ngang dạng chữ V, trắc diện dọc thẳng, hoặc có dạng bậc thể hiện các thêm xâm thực; xâm thực sâu mạnh - Máng trũng xâm thực - tích tụ; trắc diện ngang chữ V, chữ U hẹp; xâm thực - tích tụ	- Đất thung lũng do sản phẩm dốc tụ - Đất nâu vàng trên phù sa cổ

Bảng 3. Chỉ tiêu đánh giá nguy cơ lũ quét cho các lớp thông tin lượng mưa trung bình của cực đại nhiều năm (RM), chỉ số ẩm ướt địa hình (TWI), độ dốc trung bình của phụ lưu (SB), mật độ điểm trượt lở (LS), mật độ sông suối (RD).

Mức đánh giá	TWI	LS (điểm/km²)	SB (độ)	RM (mm)	RD (km/mm²)
Cấp 1	0,0-0,9	0,01-0,02	>40	<150	0,0-0,5
Cấp 2	0,9-1,3	0,02-0,04	30-40	150-250	0,5-1,5
Cấp 3	1,3-3,2	0,04-0,06	20-30	250-350	1,5-2,5
Cấp 4	3,2-5,4	0,06-0,08	10-20	350-450	2,5-3,5
Cấp 5	5,4-15,4	0,08-0,1	<10	>450	3,5-4,5

Kết quả đánh giá các lớp thông tin được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Các lớp thông tin đánh giá nguy cơ lũ quét tại huyện Thuận Châu.

Tính toán trọng số cho các lớp thông tin theo phương pháp AHP

Sử dụng phương pháp AHP để tính toán trọng số cho mỗi lớp [2, 3], kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Ma trận tính toán xác định trọng số của từng lớp thông tin.

Lớp thông tin	TWI	FR	LS	SB	RM	GM	S	RD	Tổng	Trọng số
TWI	0,33	0,26	0,23	0,25	0,45	0,34	0,18	0,22	2,27	0,28
FR	0,11	0,09	0,14	0,17	0,06	0,06	0,16	0,13	0,91	0,11
LS	0,07	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,11	0,09	0,44	0,05
SB	0,11	0,04	0,14	0,08	0,08	0,06	0,13	0,13	0,77	0,11
RM	0,16	0,35	0,28	0,25	0,23	0,34	0,18	0,22	2,02	0,25
GM	0,11	0,18	0,14	0,17	0,08	0,11	0,11	0,13	1,02	0,13
S	0,05	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,19	0,02
RD	0,07	0,03	0,02	0,03	0,05	0,04	0,11	0,04	0,38	0,05
Chỉ số nhất quán ngẫu nhiên (Random Consistency Index)	CI								0,08	
Chỉ số ngẫu nhiên xác định theo n (số lượng nhân tố) (Random consistency Index by n)	RI								1,41	
Chỉ số nhất quán chung (consistency index)	CR								0,056	

Độ tin cậy CR của ma trận được xác định thông qua chỉ số nhất quán chung CR, Nếu giá trị của chỉ số CR nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 thì đảm bảo độ nhất quán giữa các nhân tố trong ma trận so sánh. Đối với 8 nhân tố đưa vào so

sánh trong nghiên cứu này, chỉ số nhất quán $CR = CI/RI = 0,08/1,41 = 0,056$ (chỉ số này $< 0,1$ cho thấy độ tin cậy là đảm bảo). Phương pháp tính toán các chỉ số được nêu trong các tài liệu của T.L. Saaty [11, 14].

Thành lập bản đồ nguy cơ lũ quét huyện Thuận Châu theo mô hình MCA

Bản đồ nguy cơ lũ quét tiềm ẩn được thành lập theo hàm sau [14-16]:

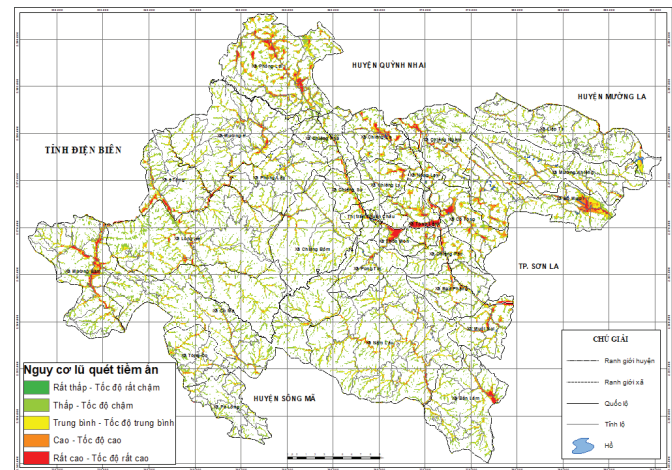
$$FFPI = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (2)$$

Trong đó: FFPI là bản đồ nguy cơ lũ quét tiềm ẩn, w_i là trọng số của yếu tố thứ (i), x_i là yếu tố thứ (i), n là số yếu tố (từ 1 đến n - các lớp thông tin đã nêu ở trên)

Với trọng số được tính từ bảng 3, hàm được cụ thể hóa như sau:

$$FFPI = 0,28 * TWI + 0,11 * F + 0,05 * LS + 0,1 * SB + 0,25 * R + 0,13 * GM + 0,02 * S + 0,05 * DS \quad (3)$$

Kết quả thu được bản đồ nguy cơ lũ quét với các giá trị số khác nhau (hình 4). Ở dạng nguyên thủy, nó chưa đặc trưng cho một bản đồ cảnh báo sớm nguy cơ lũ quét.



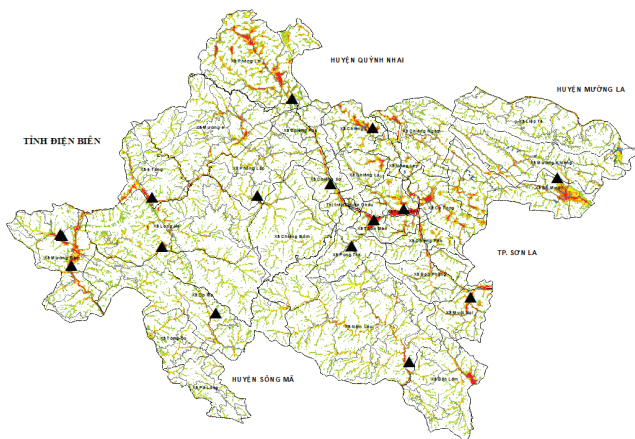
		Thời gian xảy ra đỉnh lũ so với đỉnh mưa								
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0				
[Qmax] - [Qmax TS 2 năm]	1,0	1,0	1,6	2,2	2,8	3,4	Điểm tổng hợp	Nguy cơ lũ quét	< 1,75 1,75 - 2,5 2,5 - 3,25 3,25 - 4,0 4,0 - 5	Rất thấp Thấp Trung bình Cao Rất cao
	2,0	1,4	2,0	2,6	3,2	3,8				
	3,0	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2				
	4,0	2,2	2,8	3,4	4,0	4,6				
	5,0	2,6	3,2	3,8	4,4	5,0				
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0				
		[Qmax] / [Qmax TS 2 năm]								

Hình 4. Bản đồ nguy cơ lũ quét tính và chi tiết mức nguy cơ lũ quét (FFPI) cho từng pixel.

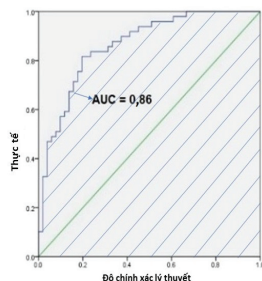
Khi so sánh với các số liệu và vị trí các điểm xảy ra lũ quét trong quá khứ từ năm 2000 tới nay, có sự phù hợp giữa thực tế và dự báo. Ở lưu vực suối Muội, huyện Thuận Châu, theo số liệu thống kê từ năm 2000 tới nay, lũ quét bắt đầu phát sinh khi lượng mưa đạt tới 150 mm/ngày. Ngay tại một dòng suối, cũng có nhiều vị trí có nguy cơ lũ quét khác nhau, điều đó được giải thích là do ảnh hưởng của các thông số khác nhau của mặt đệm.

Kiểm tra độ chính xác của bản đồ nguy cơ lũ quét huyện Thuận Châu

Hình 5 thể hiện sự tương đồng giữa những nơi có chỉ số nguy cơ lũ quét (FFPI) cao trên bản đồ nguy cơ so với những nơi đã từng xảy ra lũ quét cục bộ. Kết quả so sánh trên bản đồ cho thấy, các vị trí lũ quét xuất hiện trong quá khứ đều nằm trong các vùng có mức nguy cơ cao. Để kiểm tra đánh giá độ chính xác của kết quả nghiên cứu, phương pháp xây dựng đường cong thu nhận (receiver operating characteristic hay receiver operating curve - ROC) đã được áp dụng. Trong lý thuyết phát hiện tín hiệu [17, 18], tỷ lệ số tín hiệu nhận được (đúng) trên tổng số tín hiệu phát ra sẽ được sử dụng để đánh giá độ chính xác của hệ thống. Từ tín hiệu nhận được, phần mềm SPSS sẽ phân tích và vẽ một đường cong đặc điểm thu nhận tín hiệu (ROC) để xác định độ tin cậy của hệ thống. Mỗi điểm trên đường cong là tọa độ tương ứng với tần số tín hiệu thực trên trục thẳng đứng và tần suất tín hiệu lý thuyết trên trục ngang.



Hình 5. So sánh kết quả dự báo với các trận lũ lịch sử.

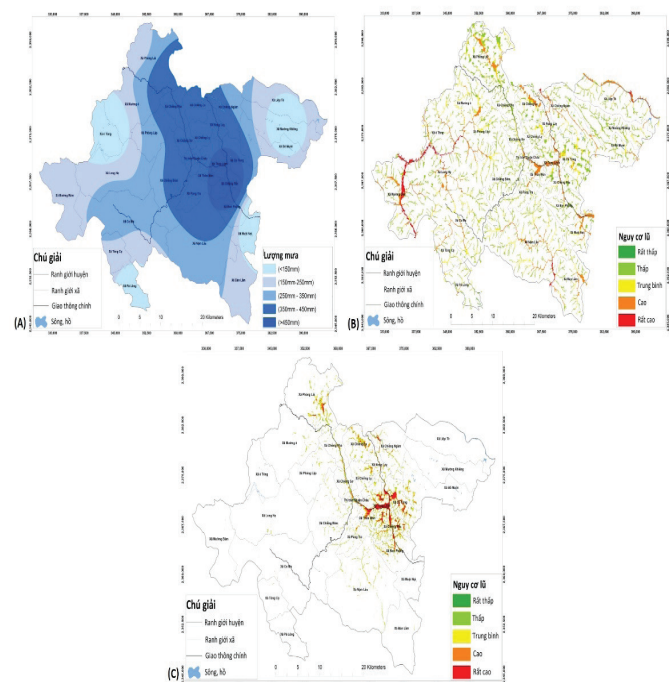


Hình 6. Đường cong ROC xây dựng từ hệ thống điểm kiểm tra lũ quét trong lịch sử so sánh với bản đồ nguy cơ lũ quét tại Thuận Châu.

Giá trị dưới đường cong (Area Under Curve - AUC) càng cao thì sự phân biệt giữa hai trạng thái chính xác (giá trị 1) và không chính xác (giá trị 0) là càng tốt. Khi giá trị AUC tăng lên thì đường cong sẽ tiến sát đến trục ngang phía trên có AUC = 1. Việc xác định mức độ chính xác dựa trên hệ thống điểm sau: 0,80-0,90 = rất tốt (A), 0,60-0,70 = tốt (B), 0,50-0,60 = sai (C). So sánh số liệu các điểm lũ quét đã xảy ra trong quá khứ và bản đồ nguy cơ lũ quét (hình 5), đường cong ROC được xây dựng trong hình 6 cho giá trị AUC = 0,86 cho thấy độ chính xác là khá tốt.

Xây dựng bản đồ cảnh báo sớm lũ quét cho huyện Thuận Châu

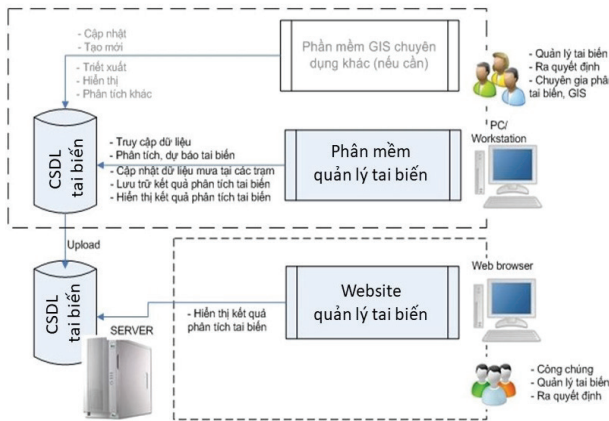
Hệ thống trạm thời tiết tự động chạy bằng năng lượng mặt trời được thiết lập cho mô hình 2 bao gồm 3 trạm IMETOS, có khả năng kết nối trực tuyến theo nguyên tắc “2 chiều” với trung tâm khí tượng toàn cầu Meteoblue của Thụy Sĩ. Áp dụng hàm tính (3), với lớp thông tin mưa dự báo 1 ngày (hoặc 2-6 ngày), bản đồ cảnh báo sớm được thành lập. Ở Thuận Châu, căn cứ vào số liệu thống kê trong giai đoạn 2000-2017 và để phù hợp với mô hình đánh giá, các ngưỡng mưa phát sinh lũ quét (R_{max}) được phân chia chi tiết thành 5 cấp như sau: cấp 5: $R_{max} \geq 300$ mm/ngày; cấp 4: $250 < R_{max} < 300$ mm/ngày; cấp 3: $200 < R_{max} < 250$ mm/ngày; cấp 2: $150 < R_{max} < 200$ mm/ngày và cấp 1: $R_{max} < 150$ mm/ngày [19-21]. Ở những nơi có lượng mưa vượt quá ngưỡng, lũ sẽ xuất hiện (hình 7C).



Hình 7. Minh họa kết quả xử lý dự báo lũ quét theo lượng mưa dự báo tại Thuận Châu: (A) Bản đồ mưa theo dự báo, (B) Bản đồ nguy cơ lũ, (C) Bản đồ dự báo sớm lũ theo lượng mưa dự báo với ngưỡng phát sinh lũ quét là 150 mm/ngày [1].

Cấu trúc hệ thống cảnh báo sớm lũ quét

Quá trình xử lý thông tin mưa dự báo theo từng tọa độ của hệ thống trạm thời tiết tự động IMETOS [8-10] và tích hợp với bản đồ nguy cơ để cảnh báo sớm lũ quét được thực hiện bằng hệ thống WebGIS. Từ đó, thông tin được chuyển sang trang Web nhằm cung cấp thông tin cảnh báo sớm lũ quét tới người sử dụng [22-24]. Mô hình tổng quát và tính năng chính của hệ thống được thể hiện ở hình 8.



Hình 8. Mô hình tổng quát và tính năng chính của phần mềm cảnh báo sớm lũ quét.

Phần mềm được xây dựng dựa trên ngôn ngữ lập trình mã nguồn mở Python, PHP và cơ sở dữ liệu PostgreSQL/PostGIS [22]. Phần mềm được tổ chức đơn giản với các chức năng chính là: quản lý CSDL theo chuẩn ESRI, xử lý nội suy lượng mưa theo không gian, tích hợp các lớp thông tin để xây dựng bản đồ dự báo tai biến lũ quét và xuất dữ liệu dạng bản đồ và số liệu. Từ phần mềm, thông tin được

chuyển sang trang Web để cung cấp thông tin trực tuyến và chiết xuất bản tin SMS tới người sử dụng.

Kết luận

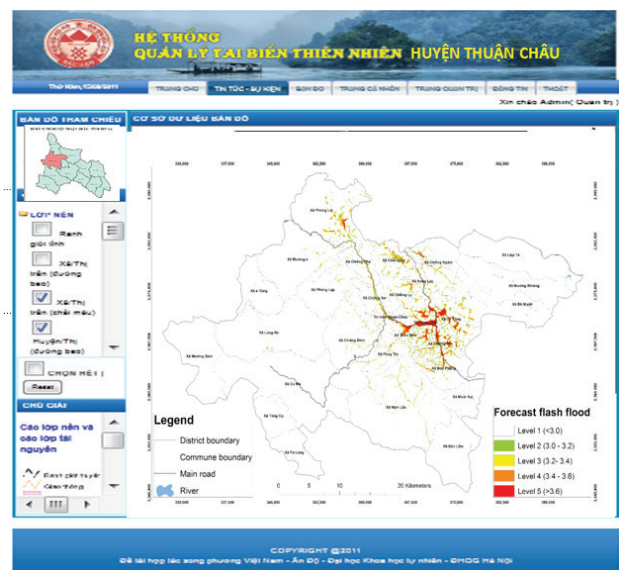
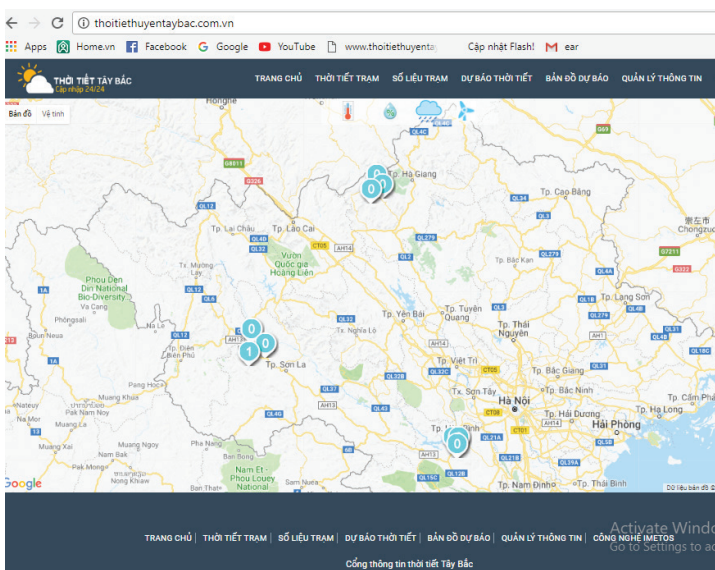
Trong điều kiện thiếu số liệu quan trắc hoặc rất hạn chế thì việc áp dụng viễn thám - GIS với tiếp cận lưu vực cho phép xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét ở vùng núi.

Trong quản lý tai biến, một hệ thống cảnh báo sớm lũ quét có thể là một phần mềm tích hợp duy nhất, song cũng có thể bao gồm cả phần mềm và trang Web hoạt động theo các công đoạn khác nhau (hình 9). Tuy nhiên, chúng phải đáp ứng được hai chức năng cơ bản là: xử lý nhanh thông tin mưa dự báo, cung cấp và truyền thông tin nhanh về vị trí có thể xảy ra tai biến cho những người quan tâm dạng bản tin SMS. Việc phát triển hệ thống cảnh báo sớm cần thiết đi theo cả hai hướng công nghệ và hướng ứng dụng [25]. Hiện nay, mô hình đã và đang được thử nghiệm, hiệu chỉnh để đưa ra những dự báo sát với thực tế.

Hệ thống đã và đang được sử dụng để phục vụ cảnh báo sớm nguy cơ tai biến lũ quét cho huyện Thuận Châu, Sơn La. Kết quả nghiên cứu đã và đang chuyển giao cho huyện và có thể áp dụng mở rộng cho những huyện khác ở vùng núi phía Bắc.

LỜI CẢM ƠN

Đây là sản phẩm của đề tài “Nghiên cứu xây dựng mô hình và hệ thống dự báo thời tiết tiểu vùng và cảnh báo nguy cơ lũ quét, cháy rừng và sâu bệnh nông nghiệp cấp huyện vùng Tây Bắc”, mã số KHCN-TB 13C/13-18. Đề tài được tài trợ bởi Chương trình KH&CN phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc, ĐHQGHN.



Hình 9. Giao diện chính của phần mềm (trái) và trang web cảnh báo tai biến (phải).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cao Đăng Dư, Lê Bắc Huỳnh (2000), *Lũ quét, nguyên nhân và biện pháp phòng tránh*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [2] World Meteorological Organization (2007), *Flash Flood Guidance System*.
- [3] A. Matkan, A. Shakiba, H. Pourali, H. Azari (2009), "Flood early warning with integration of hydrologic and hydraulic models, RS and GIS (Case Study: Madarsoo Basin, Iran)", *World Applied Sciences Journal*, **6**(12), pp.1698-1704.
- [4] C.D. Mehmet, V. Anabela, K. Ercan (2009), "Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin, Portugal", *Advances in Engineering Software*, **40**, pp.467-473.
- [5] Y. Jie, D.T Ronald, D. Bahram (2006), "Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation", *Canadian Journal of Civil Engineering*, **33**(1), pp.19-28
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport - Japan (2014), *Guideline for Development of warning and evacuation system against seismic disasters in Developing countries*, pp.102.
- [7] Zhou Jinxing, Wang Yan, and Liu Yijun (2004), *A review of an early-warning technique of flash flood and debris flow disaster*, ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference, Brisbane, Australia, pp.5.
- [8] <https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/>
- [9] <http://www.thoitiethuyentaybac.com.vn>
- [10] <http://www.thoitiethanong.vn>
- [11] Nguyễn Ngọc Thạch, Dương Văn Khảm (2012), *Địa thông tin ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, tr.67-83.
- [12] EU Associated Programme on Flood Management (APFM) (2007), *Guidance on flash flood management, recent experiences from Central and Eastern Europe*, pp.1-61.
- [13] Forestiera, D. Caracciolo, E. Arnonea, L.V. Noto (2016), *Derivation of rainfall thresholds for flash flood warning in a Sicilian basin using a hydrological model*, 12th International Conference on Hydroinformatics, HIC.
- [14] T.L. Saaty (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, pp.1-6.
- [15] James Brewster (2009), *Development of the Flash Flood Potential Index*.
- [16] Jeffrey Zogg and Kevin Deitsch (2013), *The Flash Flood Potential Index at WFO Des Moines, Iowa*.
- [17] H. Stanislaw, N. Todorov (1999), "Calculation of signal detection theory measures", *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, pp.137-149, PMID 10495845.
- [18] T.A. Schonhoff, A.A. Giordano (2006), *Detection and Estimation Theory and Its Applications*, New Jersey: Pearson Education (ISBN 0-13-089499-0).
- [19] Nguyễn Khanh Vân, Nguyễn Ngọc Thạch (2015), *Xây dựng cơ sở dữ liệu phân vùng khí hậu Tây Bắc*, Đề tài xây dựng cơ sở dữ liệu liên ngành vùng Tây Bắc - Chương trình KH&CN phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc - Việt Nam giai đoạn 2013-2018.
- [20] Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2013), *Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [21] Bộ Xây dựng (2008), *QCXDVN 02: 2008/BXD, Quy chuẩn xây dựng Việt Nam*, Sổ liệu dùng trong xây dựng.
- [22] Shabbir Challawala, et al. (2017), *MySQL 8 for Big Data*, Packt Publishing.
- [23] S. Jirapon, and O. Chaiwat (2011), "Real-time flood monitoring and warning system", *Songklanakarin J. Sci. Technology*, **33**(2), pp.227-235.
- [24] W. Joko (2010), "Flood early warning system develop at Garang River Semarang using information technology base on SMS and Web", *International Journal of Geomatics and Geosciences*, **1**(1), pp. 14-28.
- [25] Mark Jackson, Brian McInerney, and Greg Smith (2005), *Use of a GIS-based flash flood potential in the flash flood warning decision making process*, 21st International Conference on Interactive Information Processing Systems (IIPS) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology.