

## NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN THIẾT BỊ ĐO MƯA HỖ TRỢ CẢNH BÁO TRƯỢT LỖ ĐẤT

Nguyễn Đình Chinh<sup>1</sup>, Giản Quốc Anh<sup>2</sup>, Mai Thế Phú Quý<sup>1</sup>,  
Nguyễn Tuấn Linh<sup>3</sup>, Nguyễn Tiến Anh<sup>3</sup>, Trần Đức Tân<sup>1\*</sup>

**Tóm tắt:** Trượt lở đất là một trong những thảm họa thiên nhiên rất nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Vì thế, những nỗ lực nghiên cứu và triển khai cảnh báo, phòng ngừa trượt đất đã được thực hiện ở các quy mô khác nhau. Một trong các điều kiện kích hoạt trượt lở đất đó là do lưu lượng mưa tăng cao một cách đột biến. Báo cáo này tập trung vào xây dựng một hệ cảnh báo dựa trên việc xác định lưu lượng mưa tại các khu vực có khả năng xảy ra trượt lở đất ở khu vực Tây Bắc – Việt Nam. Hệ đo mưa được xây dựng dựa trên việc sử dụng cảm biến đo khoảng cách và bộ vi điều khiển phù hợp. Ngưỡng cảnh báo được xây dựng dựa trên phương pháp thống kê lưu lượng mưa (theo khu vực lắp đặt) trong nhiều năm để đưa ra cảnh báo kịp thời. Hệ thống đã được xây dựng thành công và đã được thử nghiệm tại khu vực tỉnh Hà Giang của Việt Nam bước đầu hoạt động rất tốt.

**Từ khoá:** Trượt lở đất, Lưu lượng mưa, Đo mưa, Cảm biến, Ngưỡng.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trượt lở đất là một thảm họa thiên nhiên nghiêm trọng, thường xảy ra ở các khu vực có địa hình đồi núi cao và dốc gây tác hại cả về người và tài sản [2]. Có nhiều nguyên nhân gây ra trượt lở đất [3, 5]. Trong thực tế, đã có nhiều phương pháp khác nhau được áp dụng để giảm thiểu thiệt hại do trượt lở đất gây ra, trong đó phổ biến nhất là các phương pháp giám sát [12]. Các phương pháp giám sát thường được chia thành hai loại: hệ giám sát dài hạn và hệ giám sát ngắn hạn. Hệ giám sát dài hạn thường sử dụng kỹ thuật phân tích ảnh vệ tinh hay dùng rada, sau đó kết hợp với dữ liệu địa hình tại khu vực giám sát để dự đoán trượt lở đất. Tuy nhiên, phương pháp này thì thông tin thiếu tính cập nhật về thời gian và giá thành cao [12]. Ngược lại, hệ cảnh báo ngắn hạn thường xây dựng dựa trên kỹ thuật giám sát thời gian thực trong đó thiết bị được lắp đặt trực tiếp tại khu vực giám sát để thu thập dữ liệu môi trường và các thuật toán được sử dụng để phân tích dữ liệu, đưa ra cảnh báo kịp thời. Ưu điểm nổi bật của hệ thống này là thông tin cảnh báo được cập nhật theo thời gian thực [2, 3, 12]. Dựa trên nguyên nhân gây trượt lở đất do mưa lớn, nhiều công trình nghiên cứu đã đưa ra các phương pháp xây dựng hệ thống giám sát ngắn hạn [1, 2, 5]. Trong báo cáo [1], các tác giả đã áp dụng phương pháp xác suất xác định để tinh chỉnh các ngưỡng mưa gây ra trượt lở đất bằng thực nghiệm. Trong công trình [2], nhóm nghiên cứu đã xây dựng lại hoạt động lở đất liên quan đến lượng mưa ở lưu vực sông Llobregat, Đông Pyrenees, Tây Ban Nha. Bài báo [3] đã đề cập cụ thể tới sạt lở đất gây nên bởi mưa ở miền Đông Pyrenees. Trong nghiên cứu [5], các tác giả xây dựng mô hình trọng lượng dựa trên GIS sạt lở đất gây ra bởi lượng mưa ở các lưu vực nhỏ để lập bản đồ nhạy cảm lở đất. Tài liệu kỹ thuật [9] đã trình bày về một hệ báo động thông qua thiết bị đo mưa đơn giản. Tuy nhiên, hệ thống này chỉ có 4 mức đo giá trị lượng mưa và độ phân giải của thiết bị rất thấp. Các hệ thương mại đo mưa điện tử trên thị trường hiện nay như model đo mưa 52202-10-L/52203-L Tipping Bucket [10], máy đo mưa có dây với hai bộ đếm RAINEW-211 803-1002 [11] thì có giá thành rất cao, nhưng lại hạn chế vì chưa có tính năng cảnh báo.

Việt Nam là một nước có mật độ trượt lở đất rất lớn do có nhiều địa hình đồi núi và lượng mưa nhiều. Tuy nhiên, hiện chưa có hệ thống nào có thể áp dụng để cảnh báo trượt lở đất dựa vào lượng mưa. Do đó, nghiên cứu, phát triển một hệ cảnh báo đo mưa hỗ trợ cảnh báo trượt lở đất là rất cần thiết để có thể sử dụng rộng rãi tại Việt Nam. Trong báo

cao này, chúng tôi đề xuất một hệ thống cảnh báo đo mưa có thể chia mức đo giá trị lượng mưa rất lớn và có thể sản xuất hàng loạt. Hệ thống gồm: vi mạch xử lý tín hiệu thời gian thực tích hợp với cảm biến siêu âm để xác định mức nước, gàu chứa nước, nguồn điện dự trữ và còi báo công suất lớn. Hệ thống đã được thực nghiệm tại tỉnh Hà Giang cho kết quả tốt, hoàn toàn phù hợp với điều kiện kinh tế Việt Nam và có thể áp dụng rộng rãi trên các khu vực có nguy cơ xảy ra trượt lở đất.

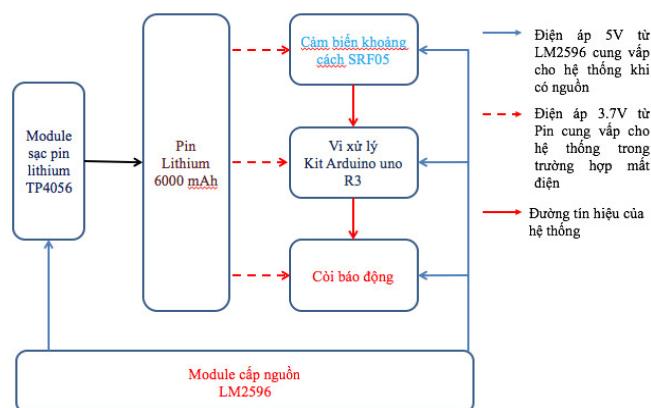
## 2. NỘI DUNG VÀ ĐỀ XUẤT

### 2.1. Thiết kế phần cứng

Hệ thống phần cứng gồm: phần điện tử giúp thu nhận, xử lý thông tin, và đưa ra cảnh báo; một gàu chứa nước mưa thu được và một phễu để hứng nước mưa.

#### 2.1.1. Cấu hình về hệ thống điện tử

Hệ thống phần cứng của thiết bị gồm: Cảm biến để xác định mức độ nước trong gàu chứa nước; khối xử lý tín hiệu thu được từ cảm biến; và còi báo động khi giá trị đo được vượt ngưỡng báo động. Hình 1 trình bày sơ đồ nguyên lý của hệ thống.

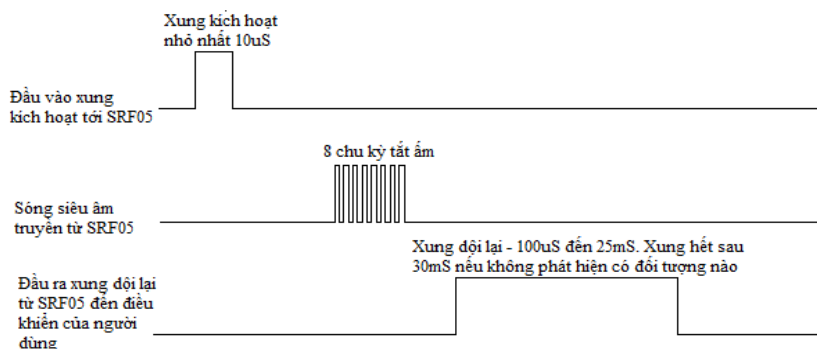


Hình 1. Mô hình hệ thống.

#### Cảm biến khoảng cách SRF05:

Cảm biến siêu âm SRF05 được sử dụng rất phổ biến để xác định khoảng cách vì giá thành phù hợp và có độ chính xác cao. Cảm biến sử dụng sóng siêu âm có thể đo khoảng cách từ 2 cm đến 4 m với độ phân giải 2 mm [7].

Để đo được khoảng cách SRF05 sẽ phát ra 1 xung rất ngắn (5  $\mu$ s) từ chân Trig. Sau đó cảm biến sẽ tạo ra 1 xung HIGH ở chân Echo cho đến tận khi nhận được sóng phản xạ từ chân này. Chiều rộng của xung là khoảng thời gian sóng siêu âm từ cảm biến gặp vật và quay lại [6]. Hình 2 miêu tả hoạt động của cảm biến siêu âm.



Hình 2. Biểu đồ thời gian của cảm biến siêu âm.

### **Kit Arduino Uno R3:**

Arduino Uno là một mạch vi điều khiển dựa trên chip ATmega328P. Nó chứa tất cả các hỗ trợ cần thiết cho vi điều khiển; kết nối một cách đơn giản với máy tính thông qua giao tiếp USB [4]. Ưu điểm của vi mạch này là có một nền tảng phần cứng và phần mềm ổn định, có IDE thân thiện và dễ dàng thao tác cho người sử dụng. Khác với các vi mạch vi điều khiển khác là không cần thêm mạch nạp, việc nạp chương trình thông qua trình biên dịch IDE và kết nối USB sẵn có. Hình 3 là hình ảnh về vi mạch Arduino Uno R3.



*Hình 3. Vi mạch Arduino Uno R3.*

### **Còi báo động:**

Còi báo động giúp cảnh báo khi hệ thống tính toán và phát hiện ra nguy cơ xảy ra trượt lở đất. Nó hoạt động ở tần số cao, với công suất lớn gây khó chịu cho người sử dụng và sẽ gây chú ý của người dân. Vì thế, còi này rất thích hợp để cảnh báo trong khu dân cư. Còi hoạt động ở điện áp 3.7V đến 12V.

### **Pin Lithium:**

Pin Lithium với thông số 3.7V – 6000mAh cung cấp một nguồn với công suất 22.200mWh. Một trong những lý do quan trọng của việc sử dụng nguồn dự phòng là cung cấp điện áp cho toàn hệ thống trong trường hợp mất điện. Nguyên nhân do khu vực đồi núi thường mất điện mỗi khi có mưa lớn mà thiết bị cần luôn hoạt động để kịp thời cảnh báo khi có hiện tượng trượt lở đất xảy ra. Vì thế, nguồn dự phòng là giải pháp rất cần thiết cho hệ thống này.

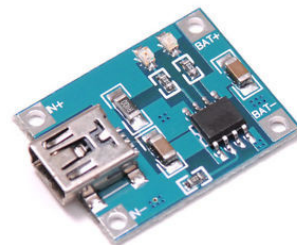
### **Module nguồn LM2596 và TP4056:**

Module LM2596 là module cung cấp điện áp 5V cho hệ thống và cung cấp dòng điện đầu vào cho module TP4056 để sạc điện cho pin dự phòng.

Module TP4056 là module điều tiết điện năng giúp sạc điện cho pin, có nhiệm vụ sạc/sả điện một cách hợp lý.



*Hình 6. Module nguồn LM2596.*



*Hình 7. Module sạc TP4056.*

### 2.1.2. Gầu chứa nước và phễu hứng nước

Một nguyên tắc quan trọng khi thiết kế hệ đo mưa là hệ thống gầu chứa nước phải có tiết diện bề mặt bằng với tiết diện bề mặt của phễu hứng nước. Gầu chứa nước có tác dụng chứa nước mưa được hứng từ phễu. Lượng nước trong gầu chứa sẽ cho biết lượng mưa tại khu vực.

## 2.2. Nguyên lý và thuật toán

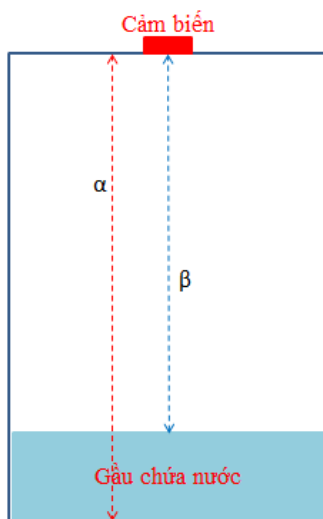
### 2.2.1. Nguyên lý đo mưa

Cảm biến khoảng cách sẽ được lắp tại vị trí cố định phía trên nắp gầu, do đó khoảng cách từ cảm biến xuống đáy bình là cố định và có giá trị là  $\alpha$ . Khi có mưa, mực nước trong gầu sẽ tăng, cảm biến đo khoảng cách đến mặt nước thay đổi trong bình, giá trị này được xác định là  $\beta$ . Hình 8 là mô hình thể hiện cách thức đo mực nước trong gầu. Lưu lượng mưa sẽ được xác định theo phương trình (1).

$$\mu = \frac{\alpha - \beta}{t} \quad (1)$$

$\mu$ : lưu lượng mưa

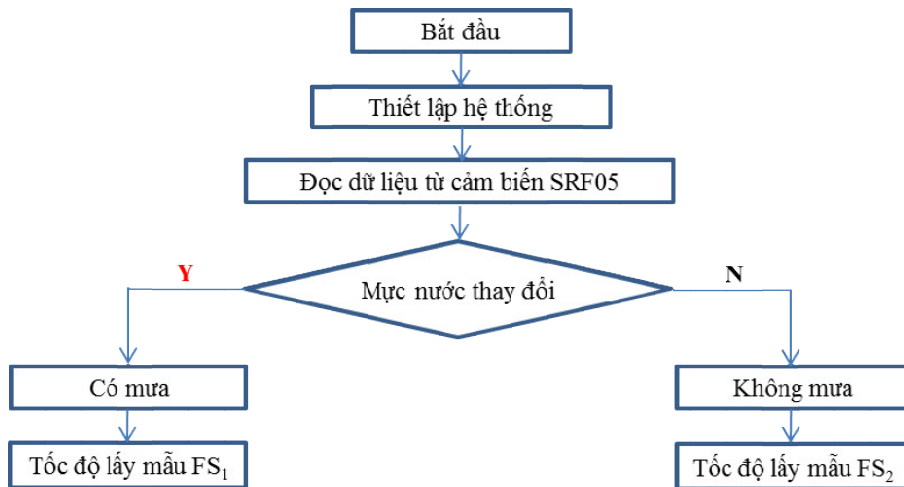
$t$ : là chu kỳ lấy mẫu (30 phút, tương đương tốc độ lấy mẫu là FS = 2 lần/giờ).



**Hình 8.** Mô hình gầu nước.

### 2.2.2. Thuật toán tiết kiệm năng lượng

Khi trời mưa bão (là thời điểm có nguy cơ trượt đất), điện lưới sẽ bị ngắt. Vì vậy, trong bài báo này, chúng tôi đề xuất giải thuật giúp tiết kiệm năng lượng cho hệ thống, từ đó giúp nâng cao thời gian hoạt động và giảm lượng điện năng tiêu thụ đáng kể. Hình 9 là lưu đồ thuật toán của hệ thống. Trong lưu đồ này, hệ thống sau khi được thiết lập xong bắt đầu đọc dữ liệu từ cảm biến. Nếu sau một khoảng thời gian quy định mực nước mưa trong gầu không thay đổi, hệ xác định trạng thái không có mưa và lập tức giảm tốc độ lấy mẫu để giảm việc tiêu thụ năng lượng. Ngược lại, nếu mực nước trong bình thay đổi sau thời gian đó, hệ thống xác định có mưa và tăng tốc độ lấy mẫu để đáp ứng sự thay đổi nhanh chóng mực nước trong gầu chứa nước, nhằm đưa ra cảnh báo kịp thời.



**Hình 9.** Lưu đồ thuật toán tiết kiệm năng lượng, với  $FS_1 > FS_2$ .

### 2.2.3. Thuật toán xác định ngưỡng cảnh báo

Mỗi khu vực khác nhau thì có địa hình và lượng mưa khác nhau. Vì vậy mỗi địa phương lại có một ngưỡng cảnh báo khác nhau. Báo cáo này dựa trên việc quan trắc, thống kê lượng mưa và khả năng xảy ra lũ nhiều năm ở các tỉnh Tây Bắc. Thuật toán cảnh báo được thực hiện theo các bước sau:

**Bước 1:** Xác định thời điểm mực nước mưa thấp nhất trong gầu đo mưa là  $t_0$ , mực nước thực tế trong bình là  $h_0$ .

**Bước 2:** Thời điểm mực nước dâng lên sau khoảng thời gian  $\Delta t$  tiếp theo là  $t_1$ , và mực nước trong bình là  $h_1$ .

**Bước 3:** Tính mực nước tăng thêm giữa hai lần đo liên tiếp:

$$x = h_1 - h_0 \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

**Bước 4:** Tính cường độ mưa tính theo giờ:

$$y = \frac{h_1 - h_0}{t_1 - t_0} \quad (\text{mm/h}) \quad (3)$$

**Bước 5:** Nếu  $y$  thỏa mãn (4), đưa ra cảnh báo, nếu không thì tiếp tục quan trắc.

$$y > 131e^{-0.013x} \quad (4)$$

Trong báo cáo này, chúng tôi để khoảng thời gian giữa hai lần  $t_n$  và  $t_{n+1}$  là 30 phút để phù hợp với bất phương trình (4). Bất phương trình này được dựa trên các số liệu thống kê mưa và trượt đất tại Hà Giang.

## 3. KẾT QUẢ

Hệ thống được xây dựng thành công với những đặc tính kỹ thuật sau:

Đường kính miệng thu mưa là 20 cm đáp ứng thông số kỹ thuật của dịch vụ thời tiết quốc gia (NWS) thống kê chính xác.

Chiều cao gầu chứa nước mưa là 300mm, độ phân giải là 2 mm giúp hệ thống có thể nhận diện được 150 mức nước mưa trong gầu.

So sánh thông số độ phân giải 2 mm của hệ thống với thông số độ phân giải 0.1mm hệ thống đo mưa theo tiêu chuẩn của Tổ chức khí tượng thế giới (WMO) [8], độ phân giải của hệ thống thấp hơn. Tuy nhiên, với tiêu chí xây dựng hệ thống giám sát mưa giá thành thấp và đáp ứng về bài toán ngưỡng cảnh báo thì thông số này vẫn đáp ứng rất tốt so với hệ thống cảnh báo trong tài liệu kỹ thuật [9] chỉ có 4 mức.

### 3.1. Hệ thống phần cứng

Hệ thống điện tử sau khi hoàn thiện gồm: Kit Arduino, pin dự phòng, các mạch nguồn, còi báo công suất lớn và một jack kết nối với cảm biến khoảng cách ở bên ngoài. Khoảng cách dây kết nối từ 5 – 10 m, đủ để kết nối gầu chứa nước ở ngoài trời với bộ phận xử lý sẽ được đặt ở trong nhà.

Bảng 1 mô tả dữ liệu thử nghiệm tại phòng thí nghiệm để kiểm tra độ chính xác của phép đo và khả năng cảnh báo của hệ thống. Dữ liệu thực nghiệm sau 10 lần đo, khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu liên tiếp là 30 phút. Cách tiến hành là đưa nước vào dần trong 10 lần, cột 2 mô tả mực nước trong bình, cột 3 là độ tăng mực nước giữa hai lần đo liên tiếp, cột 4 là ước lượng về cường độ mưa, cột 5 là giá trị của hàm cần quan trắc (vé phải của phương trình 4), và cuối cùng là cột 6 sẽ đưa ra thông tin cần cảnh báo nếu có. Nhận thấy rằng tại thời điểm thứ 8 và 10 là cần cảnh báo và thực tế thử nghiệm là còi đã kêu báo động (phù hợp với thiết kế và giá trị thu được thực tế).

**Bảng 1.** Dữ liệu đo đạc thử nghiệm.

Lần đo	Mực nước (mm)	Mực nước tăng giữa 2 lần đo x (mm)	Cường độ mưa (mm/h) y	Giá trị hàm quan trắc	Trạng thái
1	0	-	-	-	-
2	2	2	4	127.63	
3	13	11	22	113.54	
4	16	3	6	125.98	
5	34	18	36	103.66	
6	51	33	66	85.30	
7	81	30	60	88.69	
8	131	40	80	77.88	Cảnh báo, còi
9	141	9	18	116.53	
10	191	51	102	67.50	Cảnh báo, còi

### 3.2. Năng lượng tiêu thụ

Việc tính toán năng lượng tiêu thụ của hệ thống quyết định đến việc thời gian sống của hệ thống khi sử dụng nguồn pin dự trữ. Trong hệ thống này sử dụng nguồn pin Lithium 3.7V nên điện áp cấp cho toàn hệ thống là cố định tại 3.7V. Bảng 2 dưới đây là bảng tính công suất tiêu thụ của hệ thống.

**Bảng 2.** Công suất tiêu thụ.

Linh kiện	Điện áp (V)	Dòng điện (mA)	Công suất (mW)
Kit Arduino	3.7	0.2	0.74
Cảm biến SRF05	3.7	30	111
Tổng công suất tiêu thụ			111.74

Năng lượng nguồn pin Lithium 3.7V – 6000mAh là  $3.7V \times 6000mAh = 22200mWh$ . Từ đây

tà có thể tính được thời gian sống của hệ thống là:  $22200mWh/111.74mW = 198h = 8$  ngày.

### 3. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã dựng thành công hệ thống đo mưa với độ tin cậy cao sử dụng cảm biến siêu âm, vi điều khiển và chương trình nhúng trong vi điều khiển. Hệ thống có giá thành thấp, dễ lắp đặt và vận hành, rất phù hợp với điều kiện kinh tế Việt Nam và người dùng tại khu vực có nguy cơ lở đất. Hệ thống đã được thử nghiệm tại phòng thí nghiệm và triển khai thực nghiệm thành công tại khu vực huyện Cốc Bài, tỉnh Hà Giang.

*Lời cảm ơn:* Bài báo được hỗ trợ bởi Đại học Quốc Gia Hà Nội, thuộc đề tài mã số QG. 14. 05.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Glade, Thomas, Michael Crozier, and Peter Smith, "Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical Antecedent Daily Rainfall Model", *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 157, No.6-8 (2000), pp. 1059-1079.
- [2]. Corominas Jordi, and Jose Moya, "Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain", *Geomorphology*, Vol.30, No.1, (1999), pp. 79-93.
- [3]. Corominas J., J. Moya, and M. Hürlimann, "Landslide rainfall triggers in the Spanish Eastern Pyrenees", *Proceedings of 4th EGS Plinius Conference "Mediterranean Storms"*, Editrice, Mallorca, (2002), pp.1-4.
- [4]. D'Ausilio Alessandro, "Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment", *Behavior research methods*, Vol.44, No.2, (2012), pp. 305-313.
- [5]. Dahal Ranjan Kumar, et al, "GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping", *Environmental Geology*, Vol.54, No.2, (2008), pp. 311-324.
- [6]. Jamaluddin Anif, et al, "Simple Method for Non Contact Thickness Gauge using Ultrasonic Sensor and Android Smartphone", *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, Vol.15, No.1, (2015), pp. 191-196.
- [7]. Wickramasooriya A., Hamilan G., Jayawardena S., Wijemanne W., and Munasinghe S. R., "Characteristics of Sonar Range Sensor SRF05", In 4th International Conference on Information and Automation for Sustainability, 2008, pp. 475-480.
- [8]. Lanza L. G., Leroy M., Alexandropoulos C., Stagi L., and Wauben W., "WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges – Final Report", IOM Report No. 84, WMO/TD No. 1304, 2005.
- [9]. Hidetomi Oi, "Development of a Simple Rain Gauge Fitted with an Alarm Device", International Sabo Association, <http://www.sabo-int.org>.
- [10]. *The Model 52202-10-L/52203-L Tipping Bucket Rain Gauge*, <http://www.ambientweather.com/rry52202.html>
- [11]. *RAINEW-211 803-1002 Wired Rain Gauge with Dual Counter*, <http://www.ambientweather.com/rarawiragawil.html>
- [12]. Angeli, Maceo-Giovanni, Alessandro Pasuto, and Sandro Silvano, "A critical review of landslide monitoring experiences", *Engineering Geology*, Vol. 55, No.3, 200, pp. 133-147.

**ABSTRACT**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A RAIN GAUGE SUPPORTED LANDSLIDE WARNING**

*Landslide is one of the severe natural disasters that causes great losses in lives and property. Therefore, efforts in research, warning, and prevention of landslides have been made at different scales. One of the conditions that triggered landslides is the sudden rise of the rainfall. This paper focuses on building a warning system based on the determined the rainfall in the region, which has the possibility of landslides (e.g. in the Northwest Region of Vietnam). The rainfall measuring system is built based on a distance sensor and a microcontroller. Alert threshold is determined based on statistical methods in several years to give a timely warning. The system has been successfully built and tested in the area of HaGiang province.*

**Keywords:** Landslide, Rainfall, Rainfall measuring system, Sensor, Threshold.

*Nhận bài ngày 15 tháng 4 năm 2016*

*Hoàn thiện ngày 07 tháng 6 năm 2016*

*Chấp nhận đăng ngày 09 tháng 6 năm 2016*

*Địa chỉ:* <sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ, ĐHQGHN; \*E-mail: tantdvnu@gmail.com

<sup>2</sup>Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định;

<sup>3</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự.