

# Nông nghiệp & Môi trường

MAGAZINE OF THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND ENVIRONMENT  
TẠP CHÍ CỦA BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG

Tháng 4  
2025

ISSN 1859 - 1477



**VIỆT NAM - VƯƠNG QUỐC ANH**  
Tăng cường hợp tác chiến lược trong nông nghiệp



**Tạp chí**  
**NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG**

**Tổng Biên tập**  
**TS. ĐÀO XUÂN HUNG**  
**Phó Tổng Biên tập**  
**TS. DƯƠNG THANH HẢI**  
**ThS. TRẦN THỊ CẨM THÚY**  
**ThS. KIỀU ĐĂNG TUYẾT**

**Tòa soạn**  
Số 10 Nguyễn Công Hoan,  
Ngọc Khánh, Ba Đình, Hà Nội  
Điện thoại: 024. 3773 3419  
Fax: 024. 3773 8517  
**Văn phòng Thường trú tại TP. Hồ Chí Minh**  
Phòng A604, tầng 6, Tòa nhà liên cơ  
Bộ TN&MT, số 200 Lý Chính Thắng,  
phường 9, quận 3, TP. Hồ Chí Minh  
Điện thoại: 028. 6290 5668  
Fax: 028. 3899 0978

**Phát hành - Quảng cáo**  
Điện thoại: 024. 3773 8517  
**Email**  
tnmtdientu@gmail.com  
ISSN 1859 - 1477  
**Website**  
http://www.nnmt.net.vn

**Tháng 4 năm 2025**  
**Giấy phép xuất bản**  
Số 23/GP-BVHTTDL, Bộ Văn hóa,  
Thể thao và Du lịch cấp ngày 25/4/2025

**Ảnh bìa:**

**Bìa:**

**Giá bán: 40.000 đồng**

## MỤC LỤC

### VẤN ĐỀ - SỰ KIỆN

**Phượng Chi:** 50 năm Đất nước trọn niềm vui

**Phượng Chi:** Đảm bảo an ninh nguồn nước và phát triển nông nghiệp bền vững cho Tây Nguyên

**Nguyễn Văn Mạnh:** Chuyển đổi xanh cho kỷ nguyên bền vững

### CHÍNH SÁCH - CUỘC SỐNG

**Đại tá, PGS. TS. KHQS Trần Nam Chuân:** Bảo vệ môi trường nông nghiệp, nông thôn đưa đất nước bước vào kỷ nguyên mới, kỷ nguyên phát triển thịnh vượng

**Bùi Tiến Dũng:** Xây dựng, phát triển nông nghiệp, nông dân, nông thôn Việt Nam trong giai đoạn mới

**Nguyễn Khôi:** Tăng tốc thực hiện Nghị quyết số 57-NQ/TW Đột phá khoa học, công nghệ và chuyển đổi số trong lĩnh vực nông nghiệp, môi trường

**Minh Trí:** Tập trung tuyên truyền, truyền thông về nông nghiệp và môi trường năm 2025

**Nguyễn Minh Khuyển:** Bảo tồn và phục hồi các dòng sông

**Thanh Loan:** Hoàn thành Hệ thống thông tin đất đai quốc gia vào năm 2025

**TS. Vũ Sỹ Kiên:** Chính sách mới về bồi thường, hỗ trợ, tái định cư khi Nhà nước thu hồi đất đang đi vào cuộc sống

**Quang Anh:** Điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050

**Nguyễn Văn Vinh:** Phát triển thị trường carbon Việt Nam đảm bảo nguyên tắc thị trường dưới sự quản lý của nhà nước

**Mai Hoàng:** Phát triển hệ thống cảnh báo sớm - Chìa khóa để giảm thiểu tổn thất

**Nguyễn Hoàng Việt:** Phát triển thị trường tín chỉ carbon rừng, giảm nhẹ phát thải khí nhà kính

**Nguyễn Văn Thắng:** Triển khai hiệu quả công tác phòng, chống thiên tai, thích ứng biến đổi khí hậu

**Ngọc Yến:** Một số quy định mới của Luật Đất đai tạo thuận lợi cho người nông dân phát triển kinh tế

**Quang Minh:** Quy định chi tiết về đất trồng lúa

**Phượng Chi:** Sắp xếp, đổi mới và phát triển công ty lâm nghiệp - Hiện thực hóa đột phá trong phát triển kinh tế lâm nghiệp

**Linh Anh:** Phát triển bền vững một triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp

**Việt Khang:** Nâng cao vai trò cho các địa phương trong quản lý, khai thác khoáng sản

**ThS. Trần Thanh Tâm:** Giải pháp cấp bách phục hồi các nguồn nước bị suy thoái, cạn kiệt, ô nhiễm

**Bùi Thị Chung:** Việt Nam: Tăng cường quản lý thải nhựa vì môi trường bền vững

**Phương Chi:** Xây dựng hệ thống hạ tầng đồng bộ, bảo đảm người dân được tiếp cận sử dụng nước sạch

**Trần Thanh Hải:** Tăng cường ứng dụng công nghệ viễn thám phục vụ công tác giám sát, dự báo và cảnh báo thiên tai

**Lê Chi:** Đồng bằng sông Cửu Long chủ động thích nghi với xâm nhập mặn

**Ngọc Tuấn:** Tăng cường kiểm soát ô nhiễm tại các đô thị lớn

**Minh Tiến:** Thành phố Hồ Chí Minh - Nhiều giải pháp để giảm ô nhiễm không khí

**Bùi Thị Chung:** Chủ động ứng phó đợt xâm nhập mặn cao điểm ở Đồng bằng sông Cửu Long và Thành phố Hồ Chí Minh

**Tuấn Nguyễn:** Tháo gỡ vướng mắc cho các dự án, đất đai đặc thù tại Thành phố Hồ Chí Minh

## **NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI**

**Bùi Thị Vân Anh, Đặng Hữu Nghị, Phạm Hữu Lợi:** Ứng dụng phương pháp AutoML để dự báo lượng phát thải CO<sub>2</sub>

**ThS. Trương Xuân Bình, ThS. Phạm An Cường, ThS. Nguyễn Thị Hải Yến, ThS. Ngô Hùng Long:** Ứng dụng Hệ thông tin địa lý trên nền web trong chuyển đổi số

**Phạm Công Khải:** Nghiên cứu thiết kế hệ thống quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực dựa trên công nghệ GNSS/CORS

**Nguyễn Hữu Duy Khang\*, Nguyễn Ngọc Nhi, Phạm Thị Giang Anh:** Nghiên cứu thành phần hoá học, hoạt tính kháng khuẩn và kháng oxy hóa của tinh dầu vỏ bưởi (citrus maxima) thu hái tại tỉnh Lâm Đồng

**Đoàn Văn Chính:** Ước tính mực nước biển dâng tại Vũng Tàu từ kết quả phân tích điều hoà thủy triều

**Thạch Thanh Hoàng, Thái Phương Vũ\*:** Nghiên cứu phát triển sinh kế bền vững tại Rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh

**Nguyễn Thành Dương, Nguyễn Thị Phương Nga:** Nghiên cứu tận dụng phế phẩm hạt xoài Sơn La để sản xuất bột nhân hạt xoài và đánh giá hoạt tính sinh học của dịch chiết ethanol

**TS. Trần Thiện Phong:** Dự án chống ngập cho Thành phố Hồ Chí Minh - Đào kênh thoát nước cấp Quốc lộ 1A từ sông Sài Gòn đến sông Chợ Đệm

**Nguyễn Đức Hạnh:** Ổn định nền đường khu vực có mực nước mặt thay đổi nhanh

**ThS. Nguyễn Bá Đồng:** Phân tích tác dụng kỹ thuật của giải pháp trồng cỏ để ổn định bờ dốc tạo môi trường xanh cho các khu đô thị

**Lê Thanh Tùng, Lê Anh Tài, Nguyễn Thị Mai Ngân:** Xây dựng mô hình lý thuyết huy động đóng góp của người dân trong xây dựng nông thôn mới tại Đắk Lắk

**Nguyễn Thị Oanh, Lê Hùng Chiến\*, Ngô Thị Đình, Trần Thị Thơm:** Đánh giá sự thay đổi về thời gian và không gian của quá trình mở rộng đô thị tại thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương giai đoạn 2000-2020



# Nghiên cứu thiết kế hệ thống quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực dựa trên công nghệ GNSS/CORS

○ PHẠM CÔNG KHẢI

Trường Đại học Mở - Địa chất

## Tóm tắt

Ngày nay, công nghệ hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (Global Navigation Satellite System - GNSS) được ứng dụng có hiệu quả nhất trong quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực do có nhiều ưu điểm như có độ chính xác cao, quan trắc được trong mọi điều kiện thời tiết, hoạt động liên tục theo thời gian thực, phát hiện được dịch chuyển trong không gian ba chiều. Tuy nhiên, để quan trắc phát hiện trượt lở đất đá theo thời gian thực cần phải có một hệ thống quan trắc chuyên dụng. Hệ thống quan trắc phải đáp ứng được yêu cầu hoạt động liên tục, ổn định trong thời gian dài, dữ liệu từ trạm quan trắc phải được truyền dẫn, xử lý theo thời gian thực. Bài báo này trình bày một nghiên cứu thiết kế hệ thống quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực dựa trên công nghệ GNSS/CORS. Hệ thống quan trắc thiết kế gồm có ba phần đó là hệ thống trạm tham chiếu hoạt động liên tục (Continuously Operating Reference Stations - CORS), hệ thống trạm quan trắc và hệ thống truyền tải dữ liệu. Hệ thống quan trắc được thiết kế đảm bảo cho quá trình từ thu nhận, truyền tải, xử lý, phân tích dữ liệu và cảnh báo tình trạng diễn ra theo thời gian thực.

**Từ khóa:** GNSS; CORS; Trượt lở đất đá; Thời gian thực.

## Đặt vấn đề

Trượt lở đất đá là một dạng tai biến xảy ra tương đối phổ biến ở các vùng đồi núi có độ dốc lớn, ở các khu vực khai thác khoáng sản. Việc phát hiện dịch chuyển, trượt lở đất đá theo thời gian thực để cảnh báo sớm có một ý nghĩa rất lớn nhằm giảm thiểu những thiệt hại về người và tài sản. Trượt lở đất đá được phát hiện bằng hệ thống quan trắc và phân tích dữ liệu để chiết suất đại lượng chuyển dịch. Có nhiều phương pháp quan trắc trượt lở đất đá, trong đó phương pháp ứng dụng công nghệ hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS đã chứng tỏ là một phương pháp hiệu quả nhất. Một trong những chiến lược giảm thiểu rủi ro do trượt lở đất đá gây ra là phải có hệ thống quan trắc theo thời gian thực và cảnh báo tức thời. Có nhiều giải pháp kỹ thuật đã được đề xuất để quan trắc trượt lở đất đá, chẳng hạn như bằng hệ thống các cảm biến gắn vào khối trượt [1], sử dụng máy toàn đạc điện tử [2], máy quét lazer mặt đất [3] và kỹ thuật viễn thám [4] cũng đã được sử dụng trong việc quan trắc trượt lở đất đá. Việc ứng dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS để quan trắc trượt lở đất đá và những tai biến địa chất khác cũng đã được công bố trong các công trình nghiên cứu [5] và đã đem lại những hiệu quả nhất định. Mỗi phương pháp nêu ở trên đều có những ưu và nhược điểm cũng như khả năng áp dụng của nó. Tuy nhiên có một đặc điểm chung của các phương

pháp này là quan trắc theo từng chu kỳ, vì vậy dữ liệu quan trắc không liên tục nên không thể cảnh báo sớm được hiện tượng trượt lở.

Với công nghệ GNSS, phương thức định vị trên mặt đất được thực hiện bằng việc xây dựng mạng lưới trạm CORS làm cơ sở hạ tầng không gian để đáp ứng cho các mục đích khác nhau, trong đó có quan trắc trượt lở đất đá. Khi đó, phương pháp định vị tương đối động xử lý tức thời RTK được sử dụng rộng rãi trong công tác trắc địa bản đồ. Tuy nhiên, trong quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực cần phải có hệ thống quan trắc chuyên dụng hoạt động dựa trên nguyên lý định vị GNSS RTK.

Do vậy, mục đích của nghiên cứu này là nghiên cứu thiết kế một hệ thống quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực trên ứng dụng công nghệ GNSS và kỹ thuật định vị tương đối động xử lý tức thời (Real Time Kinematic – RTK) với bộ thu GNSS tự phát triển có độ chính xác cao.

## Phương pháp nghiên cứu

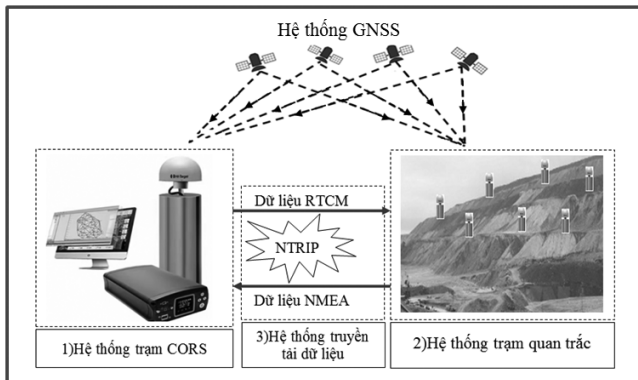
*Thiết kế hệ thống quan trắc trượt lở đất đá dựa trên công nghệ GNSS*

Hệ thống quan trắc chuyển dịch, trượt lở đất đá dựa trên công nghệ GNSS được thiết kế phải đảm bảo hoạt động ổn định, liên tục thu nhận tín hiệu vệ tinh, giải mã về dạng số, truyền dẫn, xử lý và hiển



thị theo thời gian thực. Hệ thống gồm có ba phần chính được thể hiện như (Hình 1). Phần thứ nhất là hệ thống trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS); Phần thứ hai là hệ thống các trạm quan trắc. Phần thứ ba là hệ thống truyền tải dữ liệu.

**Hình 1.** Sơ đồ hệ thống quan trắc trượt lở đất đá dựa trên công nghệ GNSS



1) Hệ thống trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS đơn) có chức năng cung cấp số cải chính vị trí cho trạm quan trắc theo định dạng tiêu chuẩn RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services), xử lý số liệu của mạng lưới đo động xử lý tức thời RTK, hiệu chỉnh số nguyên đa trị của hệ thống trạm CORS, thiết lập mô hình cải chính sai số tầng đối lưu, tầng điện ly và quỹ đạo vệ tinh. Ngoài ra máy tính chủ của trạm CORS là nơi cài đặt phần mềm xử lý dữ liệu của trạm CORS, phần mềm xử lý dữ liệu quan trắc và lưu trữ dữ liệu.

2) Hệ thống trạm quan trắc là máy thu tín hiệu vệ tinh GNSS sẽ thực hiện kỹ thuật đo động xử lý tức thời RTK (Real Time Kinematic) theo phương pháp định vị tương đối. Máy thu GNSS được kết nối với máy tính chủ ở trạm CORS thông qua modem wifi 4G và nhận được số cải chính vị trí từ trạm CORS để có tọa độ vị trí trạm quan trắc chính xác. Tọa độ vị trí trạm quan trắc sau cải chính được truyền về máy tính chủ theo định dạng tiêu chuẩn NMEA (National Marine Electronics Association).

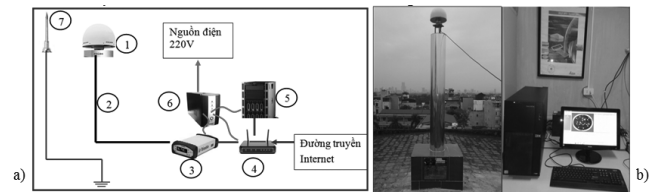
3) Hệ thống truyền dẫn dữ liệu có nhiệm vụ truyền dữ liệu cải chính vị trí từ trạm CORS cho trạm quan trắc và truyền dữ liệu từ trạm quan trắc về máy tính chủ của trạm CORS. Việc truyền dẫn dữ liệu được thực hiện trên nền mạng IP qua giao thức NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol).

#### Thiết lập hệ thống trạm CORS

Hệ thống phần cứng để thiết lập một trạm CORS gồm có một số thành phần chính như Ăng ten thu tín hiệu vệ tinh GNSS (1); Cáp truyền tín hiệu

(2); Bộ thu GNSS (3); Modem Wifi (4); Máy tính chủ (5); bộ lưu điện (6); Thiết bị chống sét (7). (Hình 2a).

**Hình 2.** Các thành phần và hệ thống trạm CORS

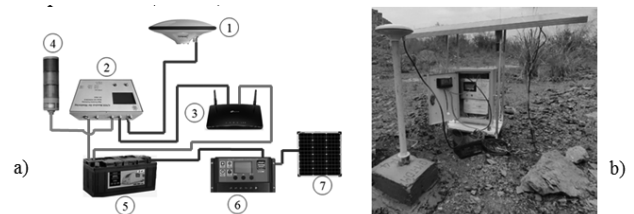


Máy tính chủ của trạm CORS được cài đặt một phần mềm chuyên dụng có chức năng tính toán số liệu, phân bổ số liệu trạm thu tĩnh, cung cấp thông tin sai phân cho điểm đo di động, xử lý số liệu của mạng lưới đo động RTK, đồng thời hiệu chỉnh các số nguyên đa trị của toàn mạng, thiết lập mô hình cải chính (gồm cải chính sai số tầng đối lưu, tầng điện ly, quỹ đạo vệ tinh). Một trạm CORS được xây dựng, lắp đặt hoàn chỉnh như ở (Hình 2b).

*Thiết kế các thành phần hệ thống trạm quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực*

Hệ thống trạm quan trắc trượt lở đất đá bãi thải theo thời gian thực được thiết kế bao gồm các thành phần như ở (Hình 3a).

**Hình 3.** Các thành phần và hệ thống trạm quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực



Các thành phần bao gồm: Ăng ten GNSS (1); Bộ thu GNSS tự phát triển (2); Modem wifi tích hợp sim 4G (3); Module báo động và báo hiệu (4); Ắcquy điện áp 12V (5); Bộ điều khiển sạc năng lượng mặt trời (6); Tấm pin năng lượng mặt trời (7). Trong số các thành phần trên, bộ thu GNSS đã được nghiên cứu phát triển hoàn chỉnh và được kết nối với nhau tạo thành hệ thống trạm quan trắc như ở (Hình 3b).

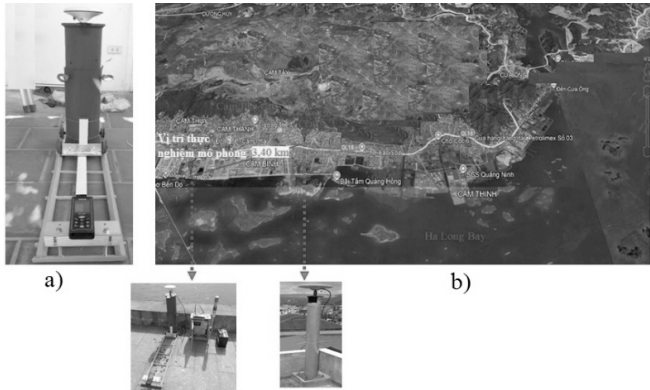
#### Kết quả quan trắc thực nghiệm mô phỏng chuyển dịch theo thời gian thực

Để kiểm chứng tính khả thi, đánh giá hiệu suất và độ chính xác của hệ thống quan trắc trượt lở đất đá đã thiết kế xây dựng, một hệ thống thiết bị mô phỏng chuyển dịch, trượt lở đất đá đã được thiết kế, chế tạo. Hệ thống thiết bị mô phỏng trượt lở đất đá được thiết kế sao cho có thể tạo ra chuyển dịch chủ động theo phương ngang và đứng (hình 4a). Đại

lượng dịch chuyển đó được đo trực tiếp bằng thiết bị đo khoảng cách với độ chính xác đến  $\pm 1$  mm. Đại lượng dịch chuyển này được coi là đại lượng chuyển dịch thực.

Thực nghiệm mô phỏng được thực hiện ở khu vực thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh, ở đó có một trạm CORS có tên là CPCOC6 đã được thiết kế, xây dựng. Vị trí đặt trạm quan trắc thực nghiệm mô phỏng trượt lở đất đá cách trạm CORS CPCOC6 khoảng 3.4 km (Hình 4b).

**Hình 4.** Thực nghiệm quan trắc mô phỏng trượt lở đất đá



a) Hệ thống thiết bị mô phỏng trượt lở đất đá  
b) Vị trí quan trắc thực nghiệm mô phỏng

Trong thực nghiệm này tiến hành quan trắc 6 lần, mỗi lần kéo dài 20 phút với tần suất thu tín hiệu là 5 giây để tạo ra 5 lần dịch chuyển. Sau mỗi lần quan trắc, thay đổi vị trí ăng ten theo phương nằm ngang và thẳng đứng để tạo ra dịch chuyển chủ động và xác định đại lượng dịch chuyển này bằng cách đo trực tiếp bằng máy đo khoảng cách laser. Dữ liệu quan trắc được chiết xuất theo định dạng tiêu chuẩn NMEA và được thể hiện như ở (Bảng 1).

**Bảng 1.** Một đoạn dữ liệu quan trắc thực nghiệm mô phỏng theo định dạng tiêu chuẩn NMEA

```
SGNGGA,045937.00,2059.76848666,N,10716.18868776,E,4,19,0.6,4.153,M,-23.050,M,1.0,0000*75
SGNGST,045937.00,0.031,0.004,0.003,163.7,0.004,0.003,0.010*45
SGNGGA,045942.00,2059.76848725,N,10716.18868775,E,4,19,0.6,4.161,M,-23.050,M,1.0,0000*73
SGNGST,045942.00,0.033,0.004,0.003,164.2,0.004,0.003,0.010*47
SGNGGA,045947.00,2059.76848649,N,10716.18868747,E,4,22,0.6,4.169,M,-23.050,M,1.0,0000*7C
SGNGST,045947.00,0.044,0.004,0.003,9.3,0.004,0.003,0.009*41
SGNGGA,045952.00,2059.76848673,N,10716.18868803,E,4,23,0.6,4.164,M,-23.050,M,1.0,0000*72
SGNGST,045952.00,0.048,0.004,0.003,8.9,0.004,0.003,0.008*43
```

Dữ liệu quan trắc theo sẽ được lọc qua ba bước để loại bỏ các điểm dị thường, sau đó tính chuyển sang hệ tọa độ vuông góc không gian địa diện chân trời. Sử dụng thuật toán của sổ trượt để phát hiện thời điểm xảy ra dịch chuyển và giá trị dịch chuyển. Giá trị dịch chuyển này được so sánh với giá trị dịch chuyển thực sẽ xác định được độ chênh lệch chuyển dịch thể hiện như ở (Bảng 2).

**Bảng 2.** Kết quả xác định chuyển dịch ngang và đứng thông qua thực nghiệm mô phỏng

Lần chuyển dịch	Thời điểm dịch chuyển	Chuyển dịch thực (mm)		Chuyển dịch quan trắc (mm)		Chênh lệch chuyển dịch (mm)	
		Ngang	Đứng	Ngang	Đứng	Ngang	Đứng
1	05:21:07	30	-27	25.6	-31.3	4.4	4.3
2	05:55:12	60	-15	56.2	-20.4	3.8	5.4
3	06:26:32	73	-30	69.0	-35.5	4.0	5.5
4	06:47:37	107	-24	102.3	-29.8	4.7	5.8
5	07:11:52	183	-125	179.5	-129.2	3.5	4.2

## Kết luận

Nghiên cứu này tập trung vào việc thiết kế, phát triển hệ thống quan trắc chuyển dịch, trượt lở đất đá theo thời gian thực dựa trên công nghệ GNSS. Bộ thu GNSS cho trạm quan trắc đã được thiết kế phát triển có độ chính xác cao, thu nhận và truyền dữ liệu theo thời gian thực. Việc đánh giá hiệu suất của hệ thống quan trắc được thực hiện thông qua một thực nghiệm mô phỏng chuyển dịch. Độ chênh lệch lớn nhất giữa đại lượng chuyển dịch ngang và chuyển dịch đứng xác định bằng hệ thống quan trắc so với đại lượng chuyển dịch thực là 4.7 mm về dịch chuyển ngang và 5.8 mm về dịch chuyển đứng khi cạnh cơ sở là 3.40 km. Hệ thống quan trắc được thiết kế, phát triển hoàn toàn có thể sử dụng để quan trắc chuyển dịch, trượt lở đất đá để phát hiện chuyển dịch theo thời gian thực.

## Tài liệu tham khảo

1. K. Georgieva, K. Smarsly, M. K#nig and K. H. Law, 2015. An Autonomous Landslide Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks. <https://www.researchgate.net/publication/268438328>;
2. Serena Artese <https://www.mdpi.com/cdn-cgi/l/email-protection+adddc1c8ccdec8f2c1c2cac4c3>, Michele Perrelli, 2018. Monitoring a Landslide with High Accuracy by Total Station: A DTM-Based Model to Correct for the Atmospheric Effects. [www.mdpi.com/journal/geosciences](https://www.mdpi.com/journal/geosciences);
3. Irwan Gumilar, Alif Fattah, Hasanuddin Z. Abidin, Vera Sadarviana, Nabila S. E. Putri, and Kristianto, 2017. Landslide monitoring using terrestrial laser scanner and robotic total station in Rancabali, West Java (Indonesia);
4. Yang Liu, Xin Yao, Zhenkui Gu, Zhenkai Zhou, Xinghong Liu, Shangfei Wei. Study on InSAR image fusion for improved visualization of active landslides in alpine valley areas: A case in the Batang Region, China. Computers & Geosciences, Volume 186, April 2024, 105481. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2023.105481>;
5. Ruya Xiao, Xiufeng He, 2013. Real-time landslide monitoring of Pubugou hydropower resettlement zone using continuous GPS. <https://www.researchgate.net/publication/257633559>.