

# THỬ NGHIỆM THIẾT KẾ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN HƯƠNG ĐIỀN

## TESTING ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF AUTOMATIC MONITORING SYSTEM FOR HORIZONTAL DISPLACEMENT OF HUONG DIEN HYDROPOWER PLANT

**TS. TRẦN NGỌC ĐÔNG**

Viện KHCN Xây dựng

**ThS. ĐÀO XUÂN VƯƠNG**

Công ty CP dịch vụ thương mại khảo sát Hà Đông

**TS. NGUYỄN HÀ**

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

*Tóm tắt: Bài báo có nội dung trình bày giải pháp thiết kế, xây dựng và vận hành hệ thống tự động bằng máy toàn đạc điện tử và công nghệ GNSS để quan trắc liên tục chuyển dịch ngang nhà máy thủy điện Hương Điện. Kết quả thử nghiệm tại nhà máy thủy điện Hương Điện khẳng định hoàn toàn có thể áp dụng hệ thống tự động quan trắc vào quan trắc chuyển dịch ngang các công trình thủy điện, góp phần mở rộng khả năng ứng dụng tự động hóa để quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện theo thời gian thực, góp phần cảnh báo sớm các nguy cơ gây mất an toàn đối với tuyến đập và nhà máy thủy điện.*

*Từ khóa: Chuyển dịch ngang, hệ thống tự động quan trắc, toàn đạc điện tử tự động, đập, công nghệ GNSS.*

*Abstract: The article presents solutions to design, build and operate automatic systems with electronic total stations and GNSS technology to continuously monitor the horizontal displacement of Huong Dien hydropower plant. Test results at Huong Dien hydropower plant confirm that it is completely possible to apply the automatic monitoring system to monitor the horizontal displacement of hydropower projects, contributing to expanding the possibility of applying automation to monitor the horizontal displacement of hydropower projects in real time, contributing to early warning of risks of unsafety to dam routes and hydropower plants.*

*Keywords: Horizontal displacement, automatic monitoring system, automatic electronic total station, dam, GNSS technology.*

### 1. Giới thiệu

Hiện nay, công tác quan trắc chuyển dịch ngang đập thủy điện của các nhà máy thủy điện ở nước ta đa số vẫn thực hiện quan trắc định kỳ với tần suất thu nhận dữ liệu đo từ 2 đến 4 lần/năm. Quá trình thu thập thủ công mất rất nhiều thời gian, công sức trong quá trình đo và xử lý số liệu để cho ra kết quả chuyển dịch của công trình, mực nước hồ thay đổi liên tục ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo dẫn đến không đánh giá thường xuyên được tình trạng an toàn ổn định công trình. Đặc biệt khi công trình chịu tác động của các trường hợp tổ hợp tải trọng đặc biệt tác động như trước và sau động đất, thời gian vận hành công trình chống lũ cho hạ du các thời điểm mực nước thượng lưu vượt quá cao độ mực nước dâng bình thường. Có thể thấy rằng, ứng dụng hệ thống tự động để quan trắc chuyển dịch đập thủy điện ở Việt Nam vẫn là mới mẻ, cần có các nghiên cứu cũng như thử nghiệm quan trắc đối với công trình ở ngoài sản xuất là hết sức cần thiết. Góp phần giúp cho các đơn vị quản lý vận hành công trình thủy điện có cái nhìn tổng thể về hệ thống tự động quan trắc đập, cũng như hiệu quả mà hệ thống đem lại, là phù hợp với thực tế quản lý an toàn đập hiện nay ở Việt Nam, phù hợp với xu thế tất yếu về quản lý an toàn đập mà nhiều quốc gia trên thế giới đã xây dựng và phát triển nhằm theo dõi và đánh giá tình trạng an toàn của đập thủy điện theo thời gian thực, từ đó có biện pháp sửa chữa khắc phục kịp thời.

### 2. Hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang đập thủy điện

#### 2.1 Giới thiệu chung về hệ thống tự động

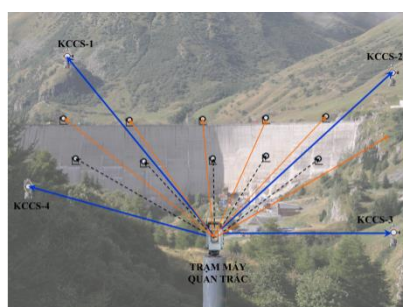
Trên hình 1 thể hiện hệ thống quan trắc tự động bao gồm các thành phần như sau:

- Thành phần thu thập số liệu (bao gồm: trạm máy toàn đạc điện tử, GNSS sensor, cảm biến địa kỹ thuật, cảm biến độ nghiêng, cảm biến nhiệt độ...);
- Mốc khống chế cơ sở (mốc chuẩn);
- Mốc quan trắc;
- Thành phần truyền giữ liệu;
- Trung tâm điều khiển;
- Hệ thống phụ trợ.

Quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử được áp dụng cho các đập thủy điện có điều kiện đo đạc thông thoáng, từ trạm máy quan trắc có thể nhìn thông hướng đến các điểm mốc chuẩn và mốc quan trắc.

Quan trắc tự động bằng công nghệ GNSS được áp dụng cho các đập thủy điện mà tại các vị trí quan trắc có điều kiện thông thoáng để thu tín hiệu vệ tinh, không đòi hỏi thông hướng giữa các điểm với nhau, mốc chuẩn trong phương pháp này có thể được xây dựng ở xa hơn so với quan trắc tự động bằng toàn đạc điện tử, cho nên dễ chọn được vị trí ổn định để xây dựng mốc chuẩn.

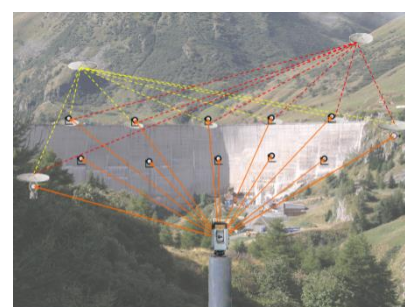
Quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử kết hợp GNSS thích hợp cho quan trắc đập có điểm đo được bằng GNSS, có điểm không đo được bằng GNSS, không có vị trí ổn định để xây dựng mốc chuẩn cho phương pháp toàn đạc điện tử, các mốc chuẩn yêu cầu cách xa vùng quan trắc.



1a - Quan trắc TD bằng máy TĐĐT



1b - Quan trắc TD bằng máy GNSS



1c - Quan trắc TD bằng máy TĐĐT+GNSS

Hình 1. Hệ thống tự động quan trắc đập thủy điện

## 2.2 Các thành phần của hệ thống tự động

### 2.2.1 Thành phần thu thập số liệu

Đối với quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử: Trạm máy quan trắc phải có kết cấu vững chắc và lắp đặt ở vị trí ổn định, đảm bảo tính thông hướng đến điểm khống chế cơ sở và điểm quan trắc. Tùy thuộc vào tính năng của máy toàn đạc điện tử sử dụng tại trạm máy mà bố trí trạm máy đảm bảo từ máy tự động bắt được gương tham chiếu và gương quan trắc. Để đảm bảo an toàn trong suốt thời gian vận hành hệ thống, tại trạm lắp đặt thiết bị máy toàn đạc điện tử sẽ được lắp đặt Camera ngoài trời theo dõi 24/24h và hệ thống tự động cảnh báo xâm nhập để cảnh báo đối với người tham quan xung quanh khu vực lắp đặt trạm máy. Các trạm quan trắc được xây dựng nhà trạm để lắp đặt thiết bị và bảo vệ thiết bị quan trắc, trạm máy quan trắc được thiết kế phải có chống sét và cắt sét lan truyền cho hệ thống. Ngoài ra cũng cần phải có thiết bị phòng cháy và chữa cháy tại trạm máy.

Tạp chí KHCN Xây dựng - số 2/2021

Đối với quan trắc tự động bằng công nghệ GNSS, ăng ten được lắp đặt trên mốc khống chế cơ sở và mốc quan trắc, mỗi ăng ten đều có 1 tủ thiết bị đi kèm để cung cấp nguồn và các thiết bị phụ trợ để truyền dữ liệu từ ăng ten về trung tâm điều khiển.

### 2.2.2 Mốc khống chế cơ sở

Mốc khống chế cơ sở phải được xây dựng ở chỗ ổn định và nằm bên ngoài khu vực chuyển dịch, trên điểm khống chế cơ sở có kết cấu mốc định tâm bắt buộc để đặt gương phản xạ (lắp đặt ăng ten máy thu GNSS khi quan trắc bằng công nghệ GNSS hoặc lắp đặt cả ăng ten máy thu GNSS và gương phản xạ khi kết hợp cả GNSS và toàn đạc điện tử để quan trắc). Mốc khống chế cơ sở thường được thiết kế là các trụ thép mạ kẽm nhúng nóng hoặc trụ thép bằng inox có đường kính 160mm đến 200mm và cao 1200mm đến 1500m.

### 2.2.3 Mốc quan trắc

Mốc quan trắc là các trụ thép mạ kẽm nhúng nóng hoặc trụ thép bằng inox có đường kính 160

mm đến 200mm và cao 400mm đến 1200mm, tùy thuộc vào vị trí đặt mốc để đảm bảo tính thông hướng đến trạm máy, các mốc này được gắn trực tiếp trên thân đập và mặt đập, cùng chuyển dịch với đập. Các điểm quan trắc cũng có thể là các gương quan trắc có khung được gắn trực tiếp vào đối tượng cần quan trắc.

#### 2.2.4 Thành phần truyền dữ liệu

Thành phần truyền dữ liệu bao gồm hệ thống cáp quang, các bộ chuyển đổi tín hiệu làm nhiệm vụ dẫn truyền tín hiệu từ máy toàn đạc điện tử thu dữ liệu về trạm xử lý dữ liệu trung tâm; kết nối không dây; kết nối trực tiếp với internet bằng modem di động.

#### 3.2.5 Trung tâm điều khiển

Trung tâm điều khiển nên đặt tại văn phòng của tòa nhà điều hành để không phải xây dựng trạm mới và sử dụng toàn bộ hệ thống phòng cháy, chữa cháy tiêu chuẩn của tòa nhà. Trung tâm điều khiển được cấu thành từ máy tính và phần mềm quan trắc, điều khiển hệ thống thực hiện quan trắc biến dạng hoàn toàn tự động và tự động cảnh báo khi có chuyển dịch nguy hiểm.

Trung tâm điều khiển hoạt động 24/24 giờ, do đó cần có hệ thống dự phòng để đảm bảo việc xử lý cấp phát tín hiệu có độ ổn định tin cậy là 100%.

#### 2.2.6 Hệ thống phụ trợ

- Hệ thống chống sét cho trạm máy toàn đạc điện tử: Trạm máy lắp đặt ngoài trời, tại nơi có tầm nhìn thoáng, rộng do đó luôn là mục tiêu của sét. Để đảm bảo trạm máy tự động hoạt động an toàn, tại mỗi trạm máy đều phải lắp đặt hệ thống chống sét bao gồm hệ thống chống sét trực tiếp đánh vào trạm máy và hệ thống cắt sét cảm ứng lan truyền cho các thiết bị lắp đặt tại trạm máy;

- Có thể sử dụng hệ thống chống sét của nhà máy để chống sét cho các gương hoặc các máy thu GNSS lắp đặt ở các điểm quan trắc và điểm khống chế cơ sở;

- Hệ thống nguồn cấp: Trạm máy quan trắc tự động hoạt động liên tục 24/7 nên việc bảo đảm nguồn cấp là cực kỳ quan trọng. Nguồn cấp phải ổn định, lâu dài và đảm bảo đủ công suất hoạt động cả ngày lẫn đêm;

- Hệ thống an ninh, bảo vệ: Là các camera an ninh lắp đặt tại các trạm máy, giúp cho việc giám sát trạm máy cũng như các hoạt động xung quanh, bảo đảm cho các trạm máy hoạt động an toàn;

- Lắp đặt hệ thống truyền dẫn tín hiệu từ trạm máy đến trung tâm điều khiển: sử dụng ống HDPE D34x1,5 để lắp đặt cáp, ống HDPE được đi ngầm dưới đất hoặc đi nổi trên mặt đất.

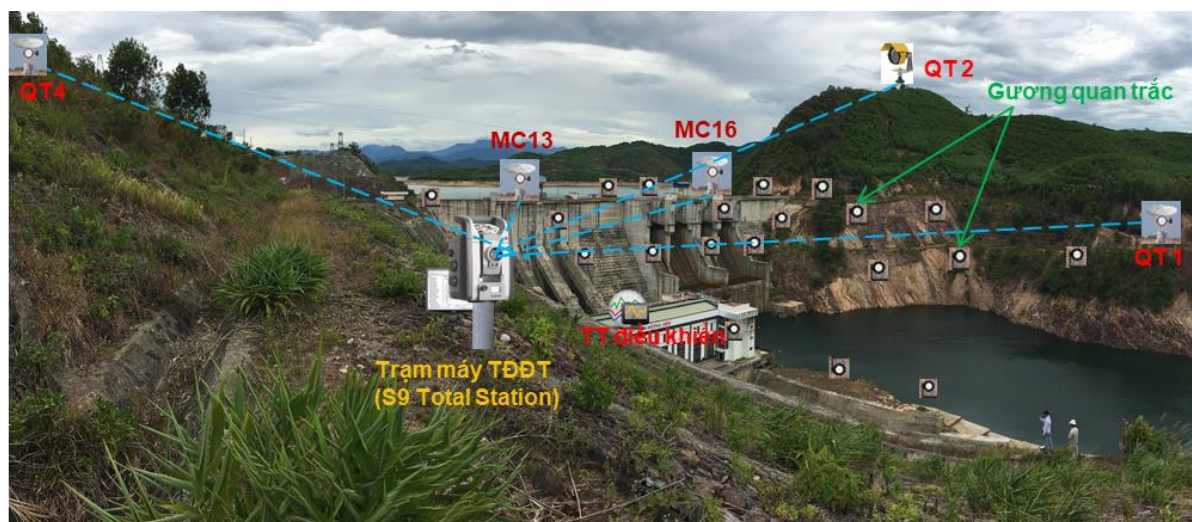
### 3. Thực nghiệm

#### 3.1 Giới thiệu công trình thực nghiệm - Nhà máy thủy điện Hương Điền

Dự án Nhà máy thủy điện Hương Điền trên sông Bồ có công suất lắp máy 3x27 MW tại phường Hương Vân, thị xã Hương Trà, tỉnh Thừa Thiên Huế. Phần công trình của nhà máy bao gồm [6]: đập không tràn (đập bê tông trọng lực, chiều dài tính theo đỉnh đập là 184,77m), đập xả lũ (chiều dài đỉnh đập theo đỉnh là 70,0m), đập phụ (đập đất đồng chất, chiều dài đỉnh đập theo đỉnh là 168,33m), cửa nhận nước, đường ống áp lực, nhà máy thủy điện, kênh xả nhà máy, trạm phân phối điện ngoài trời, đường dây truyền tải 100kV. Có thể thấy rằng, nhà máy thủy điện Hương Điền không phải là nhà máy thủy điện lớn, tuy nhiên trong khả năng tiếp cận của mình đối với các nhà máy thủy điện, cũng như để đảm bảo an toàn tuyệt đối cho cả hệ thống trong suốt thời gian thử nghiệm (6 tháng) nên chúng tôi đã chọn nhà máy thủy điện Hương Điền để tiến hành thử nghiệm quan trắc tự động.

#### 3.2 Thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc nhà máy thủy điện Hương Điền

Hệ thống tự động quan trắc ở đây bao gồm quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử Trimble S9 và quan trắc tự động bằng Trimble NetR9 GNSS. Bố trí mốc quan trắc và bố trí trạm máy được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Sơ đồ thiết kế hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện Hương Điền

Trên hình 2: QT1, QT2, QT4 là điểm khống chế cơ sở (mốc chuẩn); MC13, MC16 là 2 điểm quan trắc được quan trắc tự động bằng cả toàn đạc điện tử và GNSS (MC13 trùng GNSS1, MC16 trùng GNSS2).

### 3.2.1 Thiết bị sử dụng quan trắc tự động

Hệ thống tự động quan trắc ở đây bao gồm quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử Trimble S9 và quan trắc tự động bằng Trimble

NetR9 GNSS. Các thiết bị cho hệ thống quan trắc gồm:

- Máy toàn đạc điện tử tự động Trimble S9: 01 trạm;
- Trimble NetR9 GNSS: 04 bộ;
- Gương quan trắc: 39 gương;
- Gương tham chiếu: 03 gương;
- Cáp quang: 2000m;
- Các thiết bị phụ trợ: đầy đủ.

Bảng 1. Độ chính xác của thiết bị Trimble S9 và Trimble NetR9 GNSS

STT	Máy Toàn đạc điện tử Trimble S9		STT	Thiết bị Trimble NetR9 GNSS	
1	Độ chính xác đo cạnh	0.8mm+1ppm	1	Độ chính xác đo tĩnh	Mặt bằng: 3mm + 0.1 ppm RMS
2	Độ chính xác đo góc (Hz, V)	0.5"			Độ cao: 4mm + 0.4 ppm RMS
3	Có trang bị chế độ tự động bắt gương (ATR)	có	2	Độ chính xác đo động	Mặt bằng: 8mm + 0.1 ppm RMS
4	Dài làm việc ATR	2500m			Độ cao: 15mm + 0.4 ppm RMS

### 3.2.2 Mốc khống chế cơ sở

Mốc khống chế cơ sở: Mốc khống chế cơ sở gồm 03 mốc (QT1, QT2 và QT4) vị trí mốc khống chế cơ sở như hình số 2. Mốc cơ sở là các mốc đang sử dụng làm mốc chuẩn quan trắc theo phương pháp quan trắc truyền thống. Trên các mốc cơ sở lắp đặt gương tham chiếu, trên mốc QT1 và QT4 ngoài gương tham chiếu còn lắp đặt GNSS Base để làm cơ sở quan trắc chuyển dịch bằng công nghệ GNSS.

### 3.2.3 Mốc quan trắc

Mốc quan trắc: gồm 39 mốc được bố trí và lắp đặt trên toàn bộ thân đập chính và vai đập (hình 2) bao gồm:

- Cửa xả lũ nơi sung yếu nhất trên đập được bố trí 02 điểm quan sát trên mặt đập là tổ hợp của phương pháp quan trắc bằng toàn đạc độ chính xác cao và phương pháp GNSS với tần xuất thu dữ liệu cao lên đến 10Hz có thể hoạt động trong mọi điều kiện thời tiết, tiếp đến là các điểm gương gắn trên đỉnh và trên thân của trụ đỡ van xả lũ;

- Đường ống áp lực gồm 03 ống dẫn nước từ hồ chứa tới 3 tổ máy phát điện được bố trí 06 gương quan trắc. Mỗi đường ống được gắn 02 gương: 1 gương gắn tại vị trí tiếp giáp với thân đập và 1 gương gắn tại vị trí mỗi nối của đường ống;



- Vai đập và các vị trí xung yếu cũng được bố trí các điểm gương để có những cảnh báo sớm về sức khỏe của đập thủy điện.

### 3.2.4 Thành phần truyền dữ liệu

Thành phần truyền dữ liệu: Sử dụng cáp quang để truyền dữ liệu GNSS và sử dụng 3G để dữ liệu từ trạm máy toàn đạc điện tử về trung tâm điều khiển.

### 3.2.5 Trung tâm điều khiển

Trung tâm điều khiển: Được đặt tại một phòng làm việc của nhà điều hành, phần mềm sử dụng để

điều khiển và phân tích dữ liệu là phần mềm T4D của hãng Trimble.

### 3.2.6 Hệ thống phụ trợ

Hệ thống phụ trợ bao gồm: Sử dụng hệ thống chống sét của nhà máy, hệ thống nguồn cấp cho máy toàn đạc điện tử và GNSS là nguồn điện lấy từ nhà điều hành, camera an ninh lắp đặt tại cột chống sét của nhà máy và lắp đặt tại một số vị trí mà quan sát được trạm máy, mốc khống chế cơ sở, mốc quan trắc một cách thuận lợi, hệ thống truyền dẫn tín hiệu từ trạm máy GNSS đến trung tâm điều khiển là cáp quang đi nổi trên mặt đất.



3a-Trạm máy tự động Trimble S9



3b - Trạm máy tự động Trimble S9



3c- Mốc khống chế cơ sở lắp đặt gương quan trắc và máy thu GNSS



3d – Điểm quan trắc kết hợp gương quan trắc và GNSS



3e - Camera giám sát

**Hình 3. Xây dựng hệ thống tự động quan trắc nhà máy thủy điện Hương Điền**

## 3.3 Vận hành và phân tích dữ liệu quan trắc

### 3.3.1 Vận hành hệ thống

Sau khi lắp đặt xong hệ thống, chúng tôi tiến hành vận hành hệ thống để tiến hành quan trắc liên

tục trong khoảng thời gian từ 31/10/2019 đến 05/02/2020.

Phần mềm T4D được cài đặt trên máy tính, sử dụng phần mềm để điều khiển và phân tích dữ liệu quan trắc.

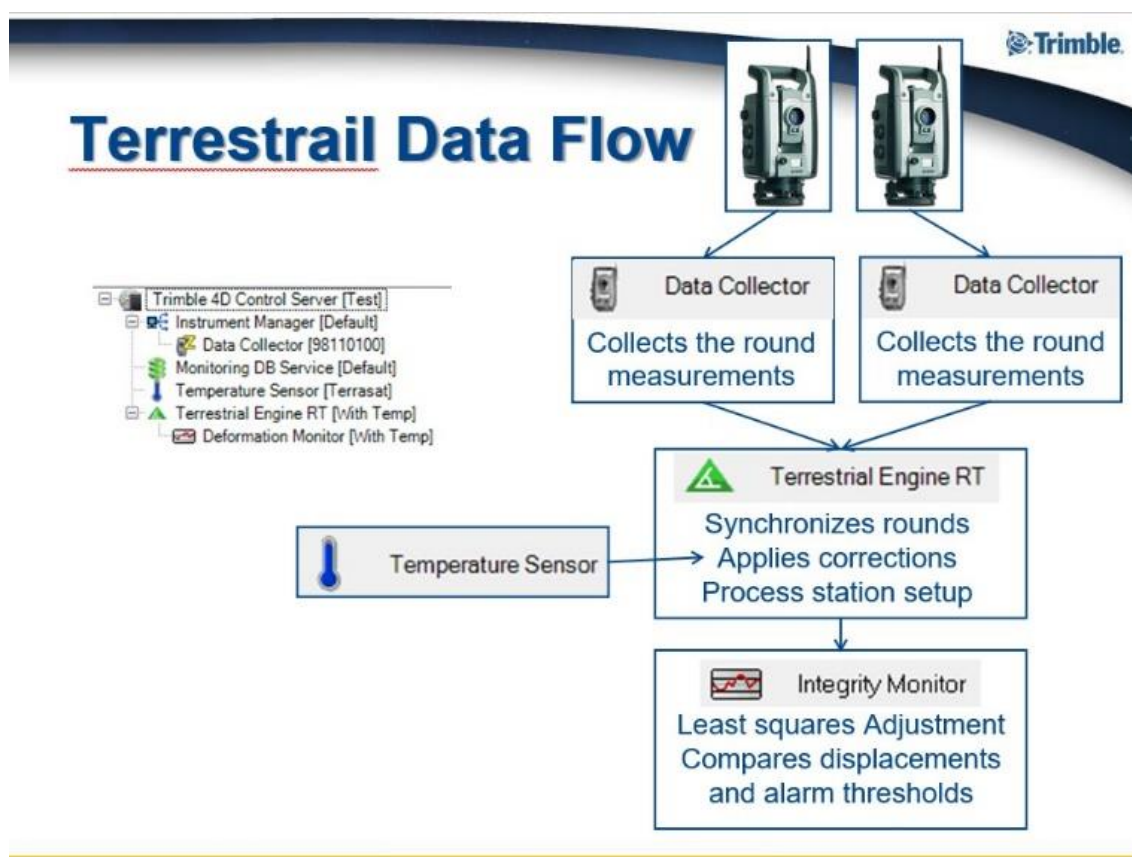
Đối với quan trắc sử dụng Trạm máy toàn đạc điện tử Trimble S9:

- Thu thập dữ liệu: Kết nối toàn đạc điện tử Trimble S9 và đo đạc các điểm gương tham chiếu, gương quan trắc đã được định sẵn;
- Đồng bộ hóa các vòng đo, tính toán thiết lập trang Web (T4D Web) và áp dụng chỉnh sửa cho các phép đo thô;
- Giám sát các chuyển động: Điều chỉnh mạng, so sánh dịch chuyển và ngưỡng báo động, lưu trữ kết quả quan trắc;
- Cảm biến nhiệt độ: Kết nối với cảm biến nhiệt độ, giá trị nhiệt độ được sử dụng để điều chỉnh các phép đo khoảng cách của máy toàn đạc điện tử;

- Máy toàn đạc điện tử Trimble S9 được lập lịch trình thu thập dữ liệu theo thời gian cài đặt trước. Với tổng số điểm quan trắc và điểm khống chế là 42 điểm, cài đặt tần suất quan trắc là 2 giờ tiến hành quan trắc 1 lần;

- Các chu kỳ đo toàn vòng được cấu hình trực tiếp thông qua giao diện người dùng web;

- Dữ liệu đo thô tại các điểm quan trắc sẽ được lưu trên bộ nhớ thiết bị điều khiển và gửi về máy chủ cài đặt phần mềm T4D thông qua Internet 3G hoặc mạng nội bộ.



Hình 4. Sơ đồ thu thập dữ liệu từ máy toàn đạc điện tử

Đối với quan trắc sử dụng GNSS:

T4D Control cung cấp hai loại GNSS Monitoring:

1. Real time monitoring: Theo dõi thời gian thực với thời gian phản ứng nhanh và độ chính xác tốt.
2. Post processed monitoring: Theo dõi xử lý với thời gian phản ứng chậm hơn nhưng độ chính xác rất tốt.

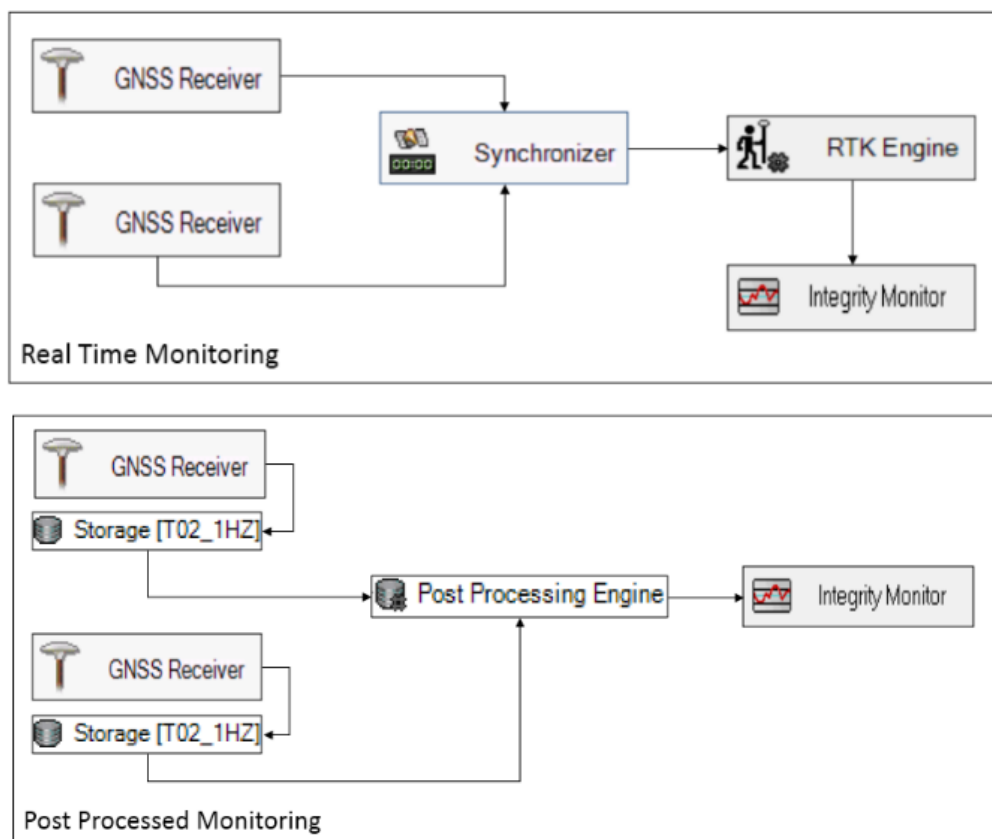
Toàn bộ quy trình GNSS Monitoring có thể được mô tả bằng sơ đồ sau:

- Máy thu GNSS trong trường hợp này sẽ được kết nối với T4D Server. Truyền thông máy thu GNSS đơn giản hơn nhiều so với Total Station vì sử dụng một tiêu chuẩn phổ biến tức là TCP/IP;

- Có ba tùy chọn chính cho kết nối: kết nối giữa máy thu và chuyển đổi mạng; kết nối không dây; kết nối trực tiếp với internet bằng modem di động.

GNSS receivers có thể được cấu hình đề xuất dữ liệu bằng cách sử dụng giao diện người dùng hoặc giao diện người dùng web. Khi người nhận đã

được kết nối với mạng và đã nhận được địa chỉ IP, có thể truy cập UI Web chỉ bằng cách nhập địa chỉ IP vào trình duyệt web.



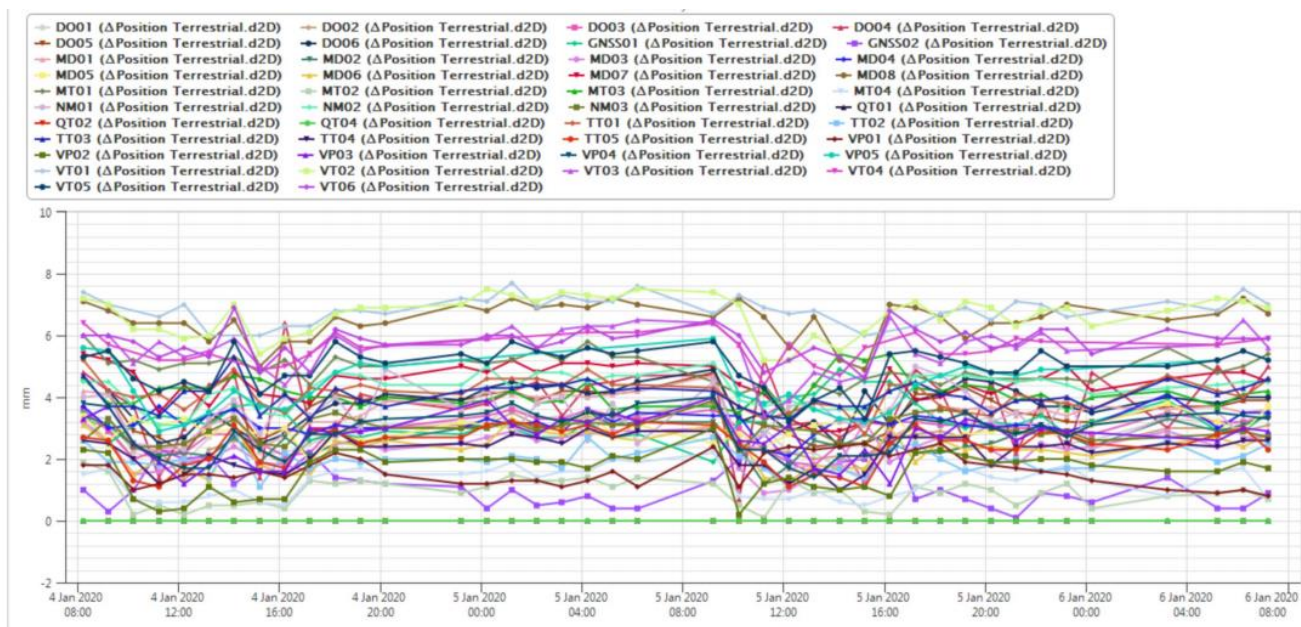
Hình 5. Sơ đồ thu thập dữ liệu từ GNSS

### 3.3.2 Phân tích dữ liệu quan trắc tự động

Phần mềm T4D cho phép phân tích dữ liệu quan trắc một cách chi tiết cho từng điểm quan trắc hoặc nhiều điểm quan trắc cùng một thời điểm. Kết quả quan trắc có thể xuất ra file dưới dạng báo cáo theo giờ, theo ngày, theo tháng,... để lập báo cáo định kỳ cũng như để lưu trữ báo cáo dưới dạng bản cứng.

Trong bài báo này thể hiện một số kết quả quan trắc tự động bằng toàn đạc điện tử và GNSS. Kết quả đưa ra trong bài báo là các đồ thị thể hiện tính trực quan của các kết quả quan trắc. Hình 6 và hình 7 thể hiện đồ thị chuyển dịch tổng hợp và giá trị chuyển dịch tổng hợp tại các điểm quan trắc bằng toàn đạc điện tử tự động.





Hình 6. Đồ thị chuyển dịch tổng hợp tại các điểm quan trắc tự động bằng toàn đạc điện tử



Hình 7. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển dịch tổng hợp tại các điểm quan trắc

Quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử, khi cài đặt tần suất quan trắc 2 giờ một lần đo, đồ thị trực quan, biết ngay được giá trị chuyển dịch của tất cả các điểm quan trắc, phần mềm cài đặt giá trị chuyển dịch cho phép thì hệ thống sẽ cảnh báo ngay khi giá trị chuyển dịch tới ngưỡng cảnh báo, cảnh báo sẽ được tự động gửi đến những người phụ trách của đơn vị chủ quản công trình bằng SMS, EMAIL, FAX, chuông báo để có biện pháp xử lý kịp thời.

Máy toàn đạc điện tử sử dụng quan trắc tự động đối với công trình này là một trong những máy toàn đạc điện tử có độ chính xác rất cao (độ chính xác cao nhất của hãng Trimble). Hệ thống quan trắc tự

động này có nhiều ưu điểm nổi trội hơn so với công nghệ truyền thống, đó là: Độ chính xác rất cao do đã giảm thiểu tối đa các nguồn sai số đo và tính toán do yếu tố chủ quan của con người, thời gian cung cấp kết quả nhanh nhất, cung cấp được nhiều thông tin nhất. Tuy nhiên, quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử vẫn đòi hỏi phải thông hướng giữa trạm máy đến điểm tham chiếu và điểm quan trắc nên đối với công trình thủy điện lớn có nhiều điểm quan trắc nếu một trạm máy không thể đo được hết các điểm quan trắc thì khi đo số trạm máy cần phải xây dựng là nhiều hơn một trạm máy. Mặt khác, thực tế cho thấy trong điều kiện thời tiết mưa lớn và tại các điểm quan trắc ở cửa đập khi đập xả lũ thì máy toàn đạc sẽ khó thực hiện việc quan trắc liên tục.



Đối với quan trắc tự động bằng GNSS thì dữ liệu chuyển dịch xuất ra có thể là 1 giây, 1 phút hoặc 1 giờ,... tùy thuộc vào người vận hành cài đặt trên phần mềm để xác định tần suất quan trắc. Bảng 2 và bảng 3 thể hiện giá trị chuyển

dịch tại 2 điểm quan trắc bằng GNSS với tần suất quan trắc là 1 giây và 1 giờ. Hình 8 là đồ thị chuyển dịch tổng hợp tại 02 điểm GNSS (điểm GNSS1 là NetR9\_CX01; điểm GNSS2 là NetR9\_CX02).

**Bảng 2.** Giá trị chuyển dịch tại 2 điểm quan trắc bằng GNSS với tần suất quan trắc là 1 giây

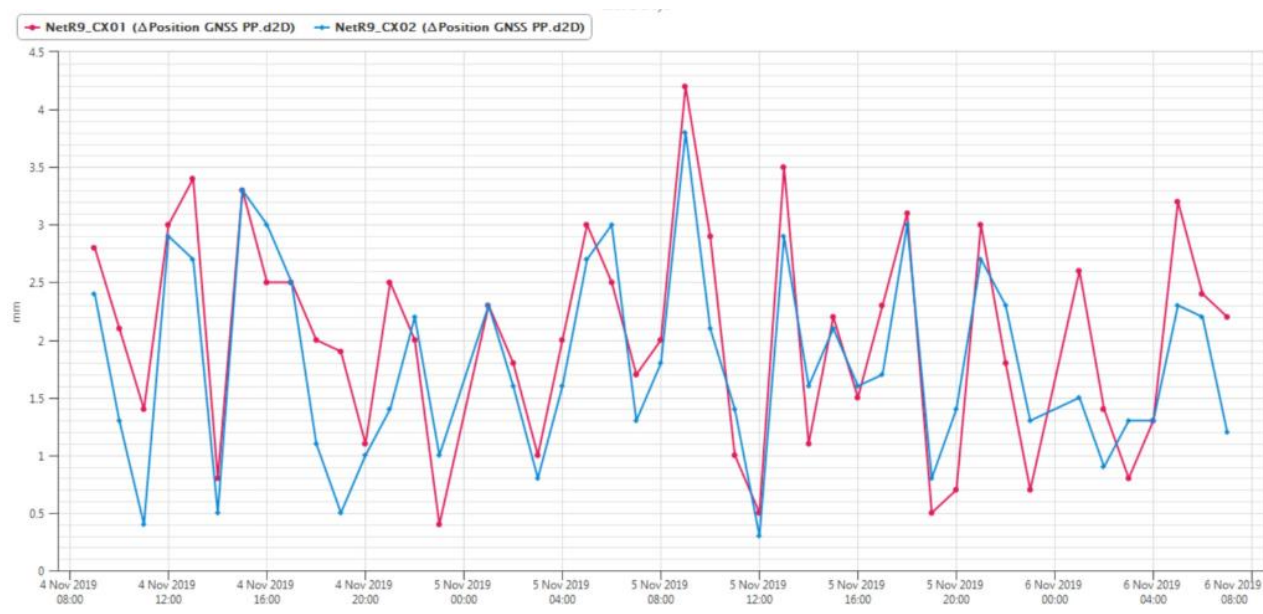
STT	Thời gian quan trắc	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS1 (mm)	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS2 (mm)	STT	Thời gian quan trắc	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS1 (mm)	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS2 (mm)
1	2019-11-19	3.0	1.7	7	2019-11-19	2.8	1.6
	14:43:14.000				14:43:20.000		
2	2019-11-19	3.0	1.7	8	2019-11-19	2.8	1.6
	14:43:15.000				14:43:21.000		
3	2019-11-19	2.9	1.7	9	2019-11-19	2.8	1.5
	14:43:16.000				14:43:22.000		
4	2019-11-19	2.9	1.6	10	2019-11-19	2.8	1.5
	14:43:17.000				14:43:23.000		
5	2019-11-19	2.9	1.6	11	2019-11-19	2.8	1.5
	14:43:18.000				14:43:24.000		
6	2019-11-19	2.9	1.6	12	2019-11-19	2.7	1.5
	14:43:19.000				14:43:25.000		

**Bảng 3.** Giá trị chuyển dịch tại 2 điểm quan trắc bằng GNSS với tần suất quan trắc là 1 giờ

STT	Thời gian quan trắc	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS1 (mm)	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS2 (mm)	STT	Thời gian quan trắc	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS1 (mm)	Giá trị chuyển dịch tổng hợp tại điểm GNSS2 (mm)
1	2019-11-19	2.9	1.8	7	2019-11-19	1.2	0.5
	00:59:42.000				06:59:42.000		
2	2019-11-19	3.1	1.8	8	2019-11-19	3.8	2.7
	01:59:42.000				07:59:42.000		
3	2019-11-19	2.3	1.3	9	2019-11-19	2.0	0.6
	02:59:42.000				08:59:42.000		
4	2019-11-19	2.5	1.2	10	2019-11-19	1.4	0.8
	03:59:42.000				09:59:42.000		
5	2019-11-19	1.0	0.9	11	2019-11-19	4.2	3.2
	04:59:42.000				10:59:42.000		
6	2019-11-19	1.6	0.8	12	2019-11-19	2.7	1.0
	05:59:42.000				11:59:42.000		

Quan trắc tự động bằng GNSS cho kết quả quan trắc nhanh nhất, trong vòng 1 giây có thể cho ra giá trị chuyển dịch tại điểm quan trắc. Khoảng cách giữa các điểm quan trắc, điểm cơ sở có thể ở cách xa nhau, tính thông hướng giữa các điểm không đòi hỏi

như quan trắc bằng toàn đạc điện tử mà chỉ đòi hỏi tại điểm quan trắc, điểm khống chế cơ sở phải đảm bảo thông thoáng để thu được tín hiệu vệ tinh. Phương pháp này còn giúp thu thập số liệu đo được liên tục ngay cả khi điều kiện thời tiết xấu.



Hình 8. Đồ thị chuyển dịch tổng hợp tại các điểm quan trắc tự động bằng GNSS

Từ kết quả thực nghiệm ở trên chúng tôi rút ra một số nhận xét như sau:

- Hệ thống quan trắc tự động chuyển vị ngang đập thủy điện cho kết quả quan trắc chuyển vị ngang, có độ tin cậy và ổn định cao, tần suất thu thập dữ liệu liên tục. Kết quả tức thời, tự động gửi cảnh báo khi công trình có chuyển vị tới giới hạn cho phép;

- Hệ thống cho phép thu thập số liệu thường xuyên, liên tục, có thể trích dữ liệu bất kỳ thời điểm nào theo diễn biến bất thường của thời tiết, thiên tai hoặc sự thay đổi của mực nước hồ chứa;

- Để hệ thống hoạt động an toàn thì tại các vị trí có lắp đặt trạm máy và thiết bị quan trắc (gương tham chiếu, gương quan trắc, máy thu GNSS) phải đặt camera an ninh để giám sát và bảo vệ hệ thống (đối với trạm máy để tăng thêm tính an toàn thì cần lắp đặt thêm hệ thống tự động cảnh báo xâm nhập). Đối với các mốc khống chế cơ sở thường nằm ngoài phạm vi quản lý của nhà máy, cho nên ngoài việc xây dựng kiên cố, lắp đặt hàng rào bảo vệ, lắp đặt camera an ninh giám sát thì chủ đầu tư cần có hợp đồng thuê đất đối với khu đất xây dựng mốc khống chế cơ sở để mốc khống chế cơ sở được tồn tại lâu dài;

- Đầu tư xây dựng hệ thống tự động để quan trắc công trình đòi hỏi kinh phí ban đầu bỏ ra để đầu tư xây dựng hệ thống là lớn, các chủ đầu tư còn e ngại về hiệu quả lâu dài mà hệ thống mang lại so

với kinh phí ban đầu bỏ ra cho nên hệ thống vẫn chưa được áp dụng rộng rãi vào quan trắc các công trình ở Việt Nam. Theo nhóm tác giả, để giảm thiểu kinh phí bỏ ra ban đầu thì có thể đầu tư xây dựng hệ thống theo giai đoạn như lắp đặt hệ thống bằng toàn đạc điện tử trước (lắp đặt một trạm, hai trạm,...) sau đó lắp đặt GNSS hoặc lắp đặt GNSS trước nhưng lưu ý phải sử dụng hệ thống mở để có khả năng nâng cấp về sau. Với các máy toàn đạc điện tử và GNSS hiện nay thì hệ thống sẽ hoạt động có hiệu quả là khoảng 10 năm nếu công tác duy tu, bảo dưỡng toàn bộ hệ thống hàng năm được thực hiện đều đặn, đặc biệt là từ năm thứ hai trở đi. Nếu đảm bảo được công tác bảo dưỡng định kỳ, duy tu thường xuyên và nâng cấp cập nhật các phần mềm điều khiển xử lý số liệu, chắc chắn thời gian khai thác hiệu quả của hệ thống có thể kéo dài hơn thời gian 10 năm.

### 5. Kết luận

Kết quả thử nghiệm quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện Hương Điền bằng các thiết bị và phần mềm quan trắc T4D của hãng Trimble bước đầu cho thấy hệ thống tự động đã đáp ứng được yêu cầu quan trắc liên tục đối với công trình thủy điện. Các nghiên cứu [1] và [2] cũng chỉ ra rằng hệ thống tự động phù hợp để quan trắc các đập thủy điện, đập thủy lợi, cầu vượt sông, tường chắn hố đào và các công trình quan trọng trong quá trình vận hành khai thác sử dụng.

Các kết quả thực nghiệm ở trên đều do các thành viên trong nhóm nghiên cứu và các kỹ sư trắc địa trong nước thực hiện. Từ đó có thể khẳng định rằng với các thiết bị do các nhà sản xuất thiết bị cung cấp, chúng ta hoàn toàn có thể làm chủ công nghệ quan trắc tự động từ khâu thiết kế, xây dựng lắp đặt hệ thống và vận hành hệ thống tự động quan trắc.

Xây dựng hệ thống tự động quan trắc để kiểm soát an toàn đối với đập thủy điện là phù hợp với thực tế quản lý an toàn đập hiện nay ở Việt Nam, phù hợp với xu thế tất yếu về quản lý an toàn đập mà nhiều quốc gia trên thế giới đã xây dựng và phát triển nhằm theo dõi và đánh giá tình trạng an toàn của đập thủy điện theo thời gian thực, từ đó có biện pháp sửa chữa khắc phục kịp thời.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. Trần Ngọc Đông, Diễm Công Huy (2012), “Ứng dụng máy Toàn đạc điện tử Leica Viva TS15 và phần mềm GOCA để tự động quan trắc biến dạng tường vây nhà cao tầng”, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3.
2. Trần Ngọc Đông, Trần Mạnh Nhất (2013), “Nghiên cứu ứng dụng người máy trắc địa và phần mềm GOCA để quan trắc chuyển dịch công trình ở Việt Nam”, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 11.
3. Trần Ngọc Đông & nnk (2015) “Xử lý số liệu quan trắc tự động khi thực hiện quan trắc từ nhiều trạm máy khác nhau”. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học cán bộ trẻ - Viện KHCN Xây dựng - Lần thứ XIII – 2015. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
4. Trần Ngọc Đông & nnk (11/2019), “Thiết kế giải pháp kỹ thuật xây dựng hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang đập thủy điện ở Việt Nam”, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học cán bộ trẻ - Viện KHCN Xây dựng - Lần thứ XV – 11/2019, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
5. [http://huongdienjsc.vn/nha-may/gioi-thieu-nha-may-thuy-dien-huong-dien\\_206.html](http://huongdienjsc.vn/nha-may/gioi-thieu-nha-may-thuy-dien-huong-dien_206.html)
6. <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-s9>
7. <https://monitoring.trimble.com/products-and-solutions/netr9-ti-m-gnss-receiver>

Ngày nhận bài: 11/5/2021.

Ngày nhận bài sửa: 15/6/2021.

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2021.