

GIẢI PHÁP KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH HỒ, ĐẬP THỦY LỢI Ở VIỆT NAM

Trần Ngọc Huy, Tôn Thiện Phương

Trường Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh

Phan Mạnh Hùng

Viện Kỹ thuật Biển

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, các đê, đập thủy lợi lâu năm, các hệ thống dẫn công xã đang dần xuống cấp. Một thách thức lớn phải đối mặt với tất cả các cơ sở thủy lợi là thực hiện kiểm tra, sửa chữa và nâng cấp các hệ thống đê, đập và hồ chứa hằng năm. Với cách sử dụng thợ lặn và các thiết bị thực hiện các nhiệm vụ dưới nước thường đòi hỏi nhiều công sức và nguy hiểm cho nhân viên thực hiện công việc. Kinh phí còn hạn chế nên việc duy tu bảo dưỡng công trình còn chậm. Do đó, trong tình hình hiện nay, nhu cầu các thiết bị trợ giúp các hoạt động dưới nước là rất lớn. Việc sử dụng thiết bị điều khiển từ xa dưới nước (Remotely Operated Vehicle - ROV) tại các công trình thủy lợi có thể cung cấp một giải pháp thay thế hiệu quả để thực hiện công việc kiểm tra hoặc bảo trì, cũng như sửa chữa cần thiết. Một số nhiệm vụ này giờ đây có thể dễ dàng thực hiện mà không có thợ lặn, với ROV, cảm biến sonar cho hình ảnh 3D, camera ghi hình và cảm biến khác được điều khiển từ xa tạo ra sự an toàn hơn so với thực hiện các nhiệm vụ tương tự với thợ lặn. Đây là một lĩnh vực còn khá mới trong nước, mang nhiều ý nghĩa đối với các dự án đê, đập thủy lợi, hồ chứa nước. Do đó, bài báo sẽ đề cập đến giải pháp ứng dụng ROV cho nhiệm vụ khảo sát đánh giá chất lượng công trình hồ, đập thủy lợi trong nước.

Từ khóa: Thiết bị điều khiển dưới nước (ROV), công trình thủy lợi

Summary: In recent years, the old dykes, dams, and channel systems have deteriorated. A challenge for all irrigation facilities is the annual inspection, repair, and upgrading of dykes, dams, and reservoirs. The using divers and equipment to perform underwater missions is laborious and dangerous for the staff. The finance is limited, so the maintenance of the project is slow. Therefore, in the current situation, the need to use devices to help with water activities is huge. The use of a Remotely Operated Vehicle (ROV) at irrigation works can provide an efficient alternative to performing inspection or maintenance as well as repair. Nowadays, some of these tasks can be easily done without divers, with ROV, sonar sensor for 3D images, video camera and other sensors remotely controlled for more safety, compared with performing similar missions with divers. This is a relatively new field in Vietnam with many meanings for the projects of dikes, dams and reservoirs. Therefore, the article will mention the ROV application solution for the survey and assessment of the quality of dams and lakes.

Keywords: Remotely Operated Vehicle (ROV), Irrigations

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Việt Nam hiện có đến gần 7.000 hồ chứa lớn, nhỏ với tổng dung tích ≈ 63 tỷ m^3 , hệ thống công trình thủy lợi đồ sộ: 10.000 trạm bơm, 8.000 km đê sông đê biển phục vụ phát triển các

ngành kinh tế, phát triển nông nghiệp, phòng tránh giảm nhẹ thiên tai [1]. Do đó, việc đảm bảo an toàn hồ đập, hệ thống đê trong công tác phòng chống thiên tai là công việc rất quan trọng [2]. Hiện nay rất nhiều hồ, đập lớn nhỏ thuộc quản lý của các cơ quan cấp Bộ đến các

Ngày nhận bài: 21/10/2022

Ngày thông qua phản biện: 08/11/2022

Ngày duyệt đăng: 28/11/2022

Cơ quan cấp tỉnh đã có tuổi thọ 30 đến trên 40 năm, nhiều công trình được xây dựng trong thời kỳ đất nước khó khăn, quy mô còn hạn chế, công nghệ thi công lạc hậu, chịu tác động của mưa bão, lũ lụt nên đã xuống cấp, hư hỏng nặng, nhất là các hồ, đập nhỏ do các địa phương quản lý. Định kỳ hàng năm, các cơ quan quản lý từ Trung ương đến địa phương đã tổ chức kiểm tra tình hình thực hiện công tác đảm bảo an toàn công trình thủy lợi, trong đó tập trung kiểm tra, đánh giá tình hình hư hỏng các hồ, đập và hồ chứa nước.

Trong quá khứ, Việt Nam từng chịu nhiều thiệt hại nghiêm trọng do hồ, đập thiếu an toàn. Từ tháng 10/2012 – 6/2013 đã có 3 vụ vỡ đập thủy lợi nhỏ ở 3 tỉnh miền Trung và Tây Nguyên, đó là đập Đa Krong 3 (Quảng Trị), Đắc Mэк 3 (Kon Tum) và Ia Krel 2 (Gia Lai). Đập chính thủy điện Sông Tranh 2 xảy ra sự cố thấm, rò rỉ nước 2012, hay gần đây nhất là sự cố đường hầm dẫn dòng thi công tại đập của thủy điện Sông Bung 2 bị vỡ vào năm 2016.



Hình 1: Thủy điện Đa Krong 3 (Quảng Trị) xảy ra sự cố vỡ thân đập trước khi phát điện



Hình 2: Vỡ đập thủy điện Sông Bung 2



Hình 3: Hiện tượng nứt, rò rỉ nước tại bờ đập Sông Tranh 2

Nghị định về quản lý an toàn đập đang được Bộ NN&PTNT trình để thay thế Nghị định 72/2007/NĐ-CP về quản lý an toàn đập, quy định rõ hằng năm phải tổ chức kiểm tra an toàn đập định kỳ. Việc kiểm tra và bảo trì các hệ thống đê, đập, hồ chứa là một phần không thể thiếu. Tuy nhiên, trong nước chủ yếu sử dụng thợ lặn trong việc kiểm tra và bảo trì các công trình đập thủy điện, nhưng chi phí cho các dịch vụ thợ lặn như vậy có chi phí cao, môi trường nguy hiểm nhiều rủi ro, chất lượng khảo sát tùy thuộc phần lớn vào người lặn và điều kiện thời tiết. Do đó, trong tình hình hiện nay, nhu cầu các thiết bị trợ giúp các hoạt động dưới nước là rất lớn. Việc sử dụng thiết bị điều khiển từ xa - ROV tại các công trình thủy lợi có thể cung cấp một giải pháp thay thế hiệu quả để thực hiện công việc kiểm tra hoặc bảo trì, cũng như sửa chữa cần thiết.



Hình 4: Thợ lặn kiểm tra hệ thống cống tại đê, đập thủy lợi

Tại Việt Nam, việc nghiên cứu và ứng dụng ROV vẫn còn là một hướng nghiên cứu mới. Viện cơ học cũng đã nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo Robot lặn 6 bậc tự do phục vụ công tác khảo sát, xây dựng và đánh giá lại công trình biển ở những vùng nước nông”. Tuy nhiên

hầu hết phải sử dụng các thiết bị, công nghệ ngoại nhập với giá thành cao, chi phí bảo trì, bảo dưỡng tốn kém và đôi lúc không phù hợp với đặc tính môi trường Việt Nam nên dẫn đến hiệu suất kém. Một số công ty sở hữu và cung cấp dịch vụ thiết bị lặn biển ở Việt Nam hiện nay có đội ngũ kỹ sư giám sát và vận hành ROV chuyên nghiệp có khả năng làm chủ khoa học công nghệ, từng bước nội địa hóa nguồn nhân lực. Tuy vậy, các thiết bị ROV vẫn chủ yếu lấy từ nguồn nhập khẩu từ nước ngoài. Việc sử dụng thiết bị ROV tại các công trình thủy lợi có thể cung cấp một giải pháp thay thế hiệu quả để thực hiện công việc kiểm tra hoặc bảo trì, cũng như sửa chữa cần thiết. Một số nhiệm vụ này giờ đây có thể dễ dàng thực hiện mà không có thợ lặn với ROV, cảm biến sonar cho hình ảnh 3D, camera ghi hình và cảm biến khác được điều khiển từ xa tạo ra sự an toàn hơn so với thực hiện các nhiệm vụ tương tự với thợ lặn. Đây là một lĩnh vực rộng với nhiều ý nghĩa đối với các dự án đê, đập thủy lợi, hồ chứa nước.

2. KHÁI NIỆM ROV VÀ ỨNG DỤNG CHO CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

a. Khái niệm về ROV

Remotely Operated underwater Vehicle – ROV là phương tiện tự hành dưới nước từ xa, một thiết bị di động điều khiển có dây dưới nước. ROV hoạt động dưới nước được thiết kế có camera, sonar, altimeter, đèn chiếu sáng,... Tùy thuộc vào nhiệm vụ mà ROV có thể có thêm cánh tay robot, bánh xe bỏ dưới thân tàu, ống lấy mẫu nước,...

ROV đã được nghiên cứu phát triển để hỗ trợ hoặc thay thế con người làm việc ở những vùng nước sâu, những vùng nước ô nhiễm hoặc khi làm việc trong thời gian dài dưới nước. Hiện nay, thiết bị dưới nước được sử dụng nhiều trong quân sự, tìm kiếm cứu nạn cứu hộ, nghiên cứu biển và các ngành kỹ thuật. Trong ngành dầu khí, thiết bị dưới nước được sử dụng để làm những công việc như kiểm tra các giàn khoan và đường ống dẫn khí, dẫn dầu. Trong ngành

viễn thông, thiết bị dưới nước được sử dụng để khảo sát đáy biển trước khi đặt cáp trong lòng biển, chôn cáp và kiểm tra hiện trạng cáp truyền. Trong quân sự, thiết bị dưới nước được sử dụng để gài hoặc tìm kiếm và tháo gỡ thủy lôi, mìn hoặc phối hợp cùng con người trong việc tác chiến dưới nước. Thiết bị dưới nước còn là các thiết bị quan trọng khi cứu hộ các tàu thuyền bị đắm dưới đáy biển.



Hình 5: Một số ROV trên thế giới

Việc sử dụng thiết bị lặn biển thay thế con người đã và đang được ứng dụng thành công trong nhiều lĩnh vực quan trọng của đất nước như khai thác dầu khí, quân sự. Ví dụ như trong các công trình ngầm dầu khí, có những công trình dưới độ sâu hơn 100m tính từ mặt nước biển. Đó là chân đế giàn khoan, là những đường ống dẫn dầu, dẫn khí... Để khảo sát, bảo dưỡng cũng như sửa chữa những công trình này thì phương án người lặn sẽ gặp nhiều hạn chế, cho dù đó là những người thợ lặn giỏi nhất. Thợ lặn thông thường chỉ có thể lặn sâu khoảng 50m và thời gian làm việc rất ngắn, khả năng vận động bị hạn chế rất nhiều do áp suất cao. Nhất là công việc khảo sát ở đê đập thủy điện, diện tích khảo sát chật hẹp, thời gian khảo sát cần khá dài. Đó là chưa kể những công trình nguy hiểm, như khảo sát đường ống bị rò rỉ khí, những công trình ngầm phức tạp, có tính rủi ro, nguy hiểm cao thì ROV sẽ thay thế con người thực hiện một cách hoàn hảo nhất.



Hình 6: Underwater ROV Thiết bị Camera với khả năng lặn 300m



Hình 7: ObserverXT Mini-ROV

b. Một số ứng dụng tiêu biểu của ROV vào công trình thủy lợi trên thế giới

- Venezuela sử dụng ROV để kiểm tra cơ sở hạ tầng hồ chứa Guri.



Hình 8: Đập thủy lợi Guri và FALCON ROV được sử dụng cho việc khảo sát

Năm 2015, Chính phủ Venezuela đang thực hiện các biện pháp kiểm tra cơ sở hạ tầng của đập thủy lợi của nước này khi nhiệt độ tăng, lượng mưa giảm và nhu cầu năng lượng tăng lên ảnh hưởng đến mực nước tại Hồ chứa nước Guri [3]. Trong nỗ lực của chính phủ để đảm bảo chính xác áp lực nước giảm không làm hỏng đập, nước này đã sử dụng thiết bị ngầm điều khiển từ xa (ROV) Saab Seaeye được trang bị hệ thống khảo sát đặc biệt. ROV sẽ kiểm tra đập, lưu vực và các nhánh của nó. Cơ sở hạ tầng này là một phần của nhà máy thủy điện lớn thứ ba thế giới, dự án thủy điện Guri 10.300 MW.

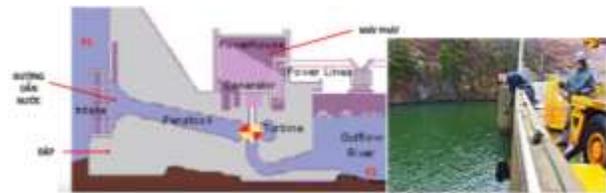
- Kiểm tra đập thủy điện Tại Canada, tỉnh Quebec



Hình 9: Kiểm tra công đập Hydro Quebec dùng ROV- Seabotix tại Canada

Tỉnh Quebec là nơi có nhiều sông hồ làm cho nó trở thành một địa điểm cho các đập thủy điện và hồ chứa. Một công ty có nhiều kinh nghiệm trong ngành là GENIFAB. Công ty kỹ thuật này chuyên về lĩnh vực thiết bị cơ khí hạng nặng, cơ cấu bến phà và hệ thống liên quan thể thủy lợi. Họ đã phát triển và chế tạo để phục vụ các công trình đập của Canada như Hydro Quebec. Họ sử dụng ROV Seabotix và tự mình thực hiện kiểm tra. Điều này không chỉ làm cho các cuộc kiểm tra được thực hiện nhanh chóng mà không cần chi phí cao cho các đội lặn, nó còn cho phép họ thực hiện một số cuộc kiểm tra trong khi vẫn duy trì hoạt động của nhà máy

- Kiểm tra vết nứt bê tông tại dự án Lower Baker



Hình 10: Kiểm tra định kỳ các bộ phận quan trọng đập Lower Baker



Hình 11: Phát hiện vết nứt bê tông tại dự án Lower Baker

Trong chương trình an toàn đập Lower Baker,

Washington, tiến hành kiểm tra định kỳ các bộ phận quan trọng để đảm bảo chúng hoạt động như thiết kế và ngăn chặn mọi vấn đề đang phát sinh, trước khi chúng trở thành vấn đề lớn ảnh hưởng đến cấu trúc thân đập. Trong quá khứ, cuộc kiểm tra trực quan về tháp hút, cống tràn, được thực hiện bởi một nhóm thợ lặn.

Với thiết bị ngầm điều khiển từ xa (ROV) mang lại lợi ích về:

- Khả năng thích ứng (thời gian đáp ứng nhanh, ít nhân lực và truy cập vào các địa điểm kiểm tra từ xa);
- Dữ liệu nhanh chóng thu thập và phân tích (kiểm tra đầy đủ thông tin, cải thiện hình ảnh....)
- Chi phí (giảm chi phí lao động, thiết lập và kiểm tra).

Vì những lý do này, năm 2015 họ đã quyết định trong đợt kiểm tra này, sử dụng ROV để đánh giá tình trạng của lượng bê tông, tại các cống của Lower Baker [4]. Những tiến bộ gần đây trong công nghệ ROV cũng sẽ cho phép sử dụng các kỹ thuật hình ảnh, quét đáy 3D trong trường hợp tầm nhìn từ các camera không đủ rõ ràng để kiểm tra. ROV đã được hạ xuống thông qua cống thân đập, các điểm kiểm tra đã được phân tích và lưu lại. ROV đã được hạ xuống thông qua việc mở khe cống, các điểm cần khảo sát đã được ghi lại, và các vị trí cần quay và chụp nhanh đã được lưu trên bản vẽ, cùng với đó là lưu lại video trên ổ cứng. Điểm khảo sát được ghi nhận trong đợt kiểm tra là:

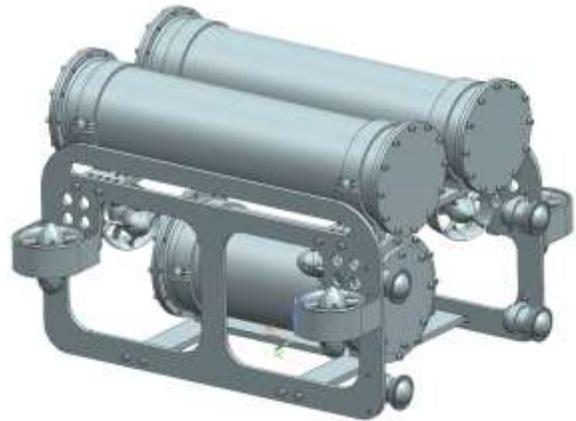
- Có mảnh vụn nhỏ ở dưới cùng của khe hút
- Các vết nứt trên sàn trong hệ thống dẫn nước

3. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ ROV

Nhằm thiết kế và chế tạo mô hình VIAM-ROV600 phục vụ khảo sát đánh giá chất lượng công trình hồ, đập thủy lợi có kích thước nhỏ gọn, giá thành thấp, dễ vận hành cho người sử

dụng. Mô hình VIAM-ROV600 được thiết kế như sau:

- Dạng hộp: tốc độ di chuyển thấp nhưng linh hoạt khả năng ổn định cao thường được dùng để khảo sát trong môi trường hồ, đập.

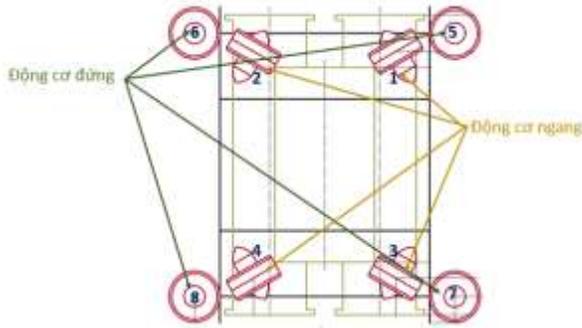


Hình 12: Mô hình VIAM-ROV600

- VIAM-ROV600 sử dụng vật liệu nhôm là một hợp kim nhôm phổ biến hiện nay, dễ gia công và độ bền tốt.

- Sử dụng phương pháp chống thấm O-ring: dễ dàng bảo trì và thay thế, chịu được áp suất tốt.

- Sử dụng phương án nổi lên lặn xuống bằng ngoại lực: sử dụng động cơ ngoài làm lực đẩy. khả năng cân bằng khối tâm cao, thời gian lặn nổi nhanh, dễ điều khiển, dễ chống thấm. VIAM-ROV600 có tổng 8 động cơ bao gồm 4 động cơ đứng và 4 động cơ ngang được đánh số thứ tự từ 1 đến 8. Vị trí đặt của động cơ ngang sẽ lệch một góc $\pm 60^\circ$ so với phương ngang. Điều này đảm bảo cho ROV có thể di chuyển linh hoạt theo phương ngang. Ngoài ra với 4 động cơ đứng có thể giúp cho ta điều khiển được vị trí các góc roll, pitch, yaw và độ sâu một cách dễ dàng. Do vậy, hệ ROV đã thiết kế có thể bám được một quỹ đạo bất kì trong không gian ba chiều.



Hình 13: Hình chiếu đứng VIAM-ROV600

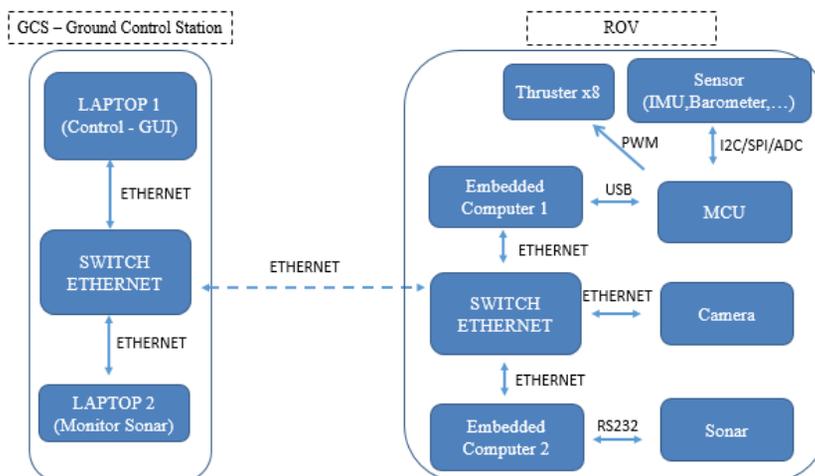
Xuất phát từ thực trạng các rủi ro ở các đập thủy điện, các hồ chứa nước hay các công rãnh,... Nên chúng ta cần một thiết bị lặn ROV để thay thế con người trong việc khảo sát ở các hồ, đập, cống, Từ thực trạng trên, nhóm tác giả đưa ra các yêu cầu thiết kế một thiết bị lặn có dây điều khiển từ xa:

- Thiết bị phải kín nước và chịu được áp lực ở độ sâu 50m.

- Khối lượng của thiết bị là khoảng 30 kg.
- ROV có khả năng di chuyển được 6 bậc tự do (6DOF).
- ROV phải sử dụng động cơ đẩy và có tốc độ di chuyển theo hướng trước(surge) tối đa là 1.5m/s, theo hướng xuống dưới(yaw) với tốc độ 1m/s.
- ROV phải mang được các thiết bị dưới đây:
 - Cảm biến áp suất: Dùng đo áp suất và xác định độ sâu hoạt động.
 - Cảm biến sonar: Phát hiện vật cản xung quanh ROV, phát hiện vết nứt, biến dạng của vật thể cần khảo sát.
 - Cảm biến altimeter: Đo khoảng cách từ ROV đến đáy hồ.
 - Hệ thống camera: Quan sát môi trường dưới nước.
 - Cảm biến phát hiện nước: Phát hiện nước vào thiết bị điện.
 - Đèn chiếu sáng: Hỗ trợ camera quan sát môi trường nước.

Bảng 1: Thông số kỹ thuật của VIAM-ROV600

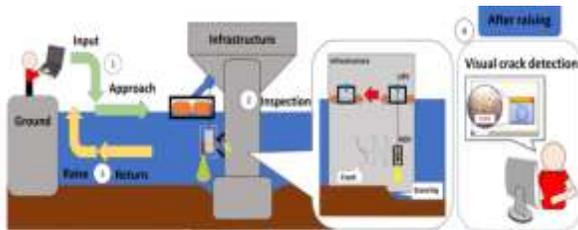
Độ sâu	50 m	Số động cơ	8
Chiều dài	600mm	Vận tốc tối đa	1.5 knots
Chiều rộng	600mm	Camera	640x480 pixel
Chiều cao	480mm	Điện áp nguồn	325VDC
Khối lượng	30kg	Dây cáp nguồn	φ8.9mm – 150m
Vật liệu	Nhôm	Cáp truyền thông	φ5mm – 10mm



Hình 14: Sơ đồ kết nối các phần tử

Như hình 14, khi ở trên bờ ta sẽ sử dụng 2 máy tính. Máy tính thứ nhất sẽ phục vụ việc quan sát các giá trị vị trí và góc, các giá trị cảm biến trả về, quan sát hình ảnh từ camera và ra lệnh điều khiển. Máy tính thứ 2 sẽ có nhiệm vụ thu thập các dữ liệu trả về từ sonar và xây dựng phần mềm phục vụ nhu cầu sử dụng của người dùng. Trạm trên bờ giao tiếp với ROV thông qua đường dây Ethernet. Bên trong ROV gồm có 2 máy tính nhúng, một cho việc xử lý các thuật toán và máy tính nhúng còn lại dùng để xử lý sonar. Vi điều khiển chính sẽ có nhiệm vụ cấp các xung ra động cơ và thu thập các giá trị cảm biến. Ngoài ra, camera sẽ được kết nối trực tiếp tới Switch Ethernet để trả hình ảnh về bờ.

4. ỨNG DỤNG VIAM-ROV600 QUAN SÁT VÀ KHẢO SÁT VẾT NỨT HỒ, ĐẬP THỦY LỢI



Hình 15: Tổng quát hệ khảo sát công trình đập

Bài toán quan sát và khảo sát phân vùng vết nứt sử dụng cho ROV được thực thi bằng cách sử dụng camera của ROV có hỗ trợ ánh sáng để phục vụ việc khảo sát môi trường sâu, khắc nghiệt kết hợp trí tuệ nhân tạo để phân vùng vết nứt. Các dữ liệu này sẽ được trả về máy chủ trên bờ giúp người quan sát thực hiện khâu đánh giá, phân tích dữ liệu về vết nứt cùng với đó là máy tính cũng sẽ xử lý việc phân vùng vết nứt để sau này ROV, một phương tiện tự hành sẽ xử lý trực tiếp các vết nứt đó thay vì phải sử dụng nguồn lực con người, giải quyết các rủi ro không mong muốn.

Đề khảo sát công trình như thành hồ hay đập ứng dụng trong việc phân vùng vết nứt, như hình 15 bao gồm :

- Máy chủ trên bờ thực thi các lệnh điều khiển ROV
- Thuyền di chuyển ROV đến nơi khảo sát, ROV thực hiện việc khảo sát tại đó
- Dữ liệu sẽ được ROV trả về máy chủ
- Máy chủ thực hiện nhiệm vụ xử lý các dữ liệu và ở đây chính là các hình ảnh vết nứt

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày khái quát hiện trạng chất lượng công trình hồ, đập trong nước cũng như nhu cầu cấp bách cần ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật mới vào hỗ trợ khảo sát đánh giá chất lượng công trình hồ, đập thủy lợi. Cụ thể, thiết bị điều khiển từ xa dưới nước sẽ thay thế một phần nhiệm vụ của thợ lặn nhằm tiết kiệm công sức và giảm nguy hiểm trong quá trình thực hiện nhiệm vụ. Ngoài ra bài báo cũng đề xuất phương án thiết kế cơ khí và hệ thống điều khiển cho thiết bị VIAM-ROV600. Thiết bị có kích thước nhỏ gọn, trang bị nhiều thiết bị chuyên dụng phục vụ khảo sát dưới nước, giá thành vừa phải, dễ vận hành cho người sử dụng và rất phù hợp với nhiệm vụ khảo sát đánh giá chất lượng công trình hồ, đập thủy lợi trong nước.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn trong khuôn khổ đề tài tiềm năng cấp Bộ “**Nghiên cứu cơ sở khoa học, thiết kế thiết bị lặn có điều khiển phục vụ khảo sát, đánh giá chất lượng công trình hồ, đập thủy lợi**”. Chúng tôi xin cảm ơn Viện Kỹ thuật Biển, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam và Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Minh Thuận (2018), “Công trình hồ đập thủy điện ở Việt Nam: Những nguy cơ tiềm ẩn”
- [2] Nguyễn Lan Châu (2018), “Công tác quan trắc khí tượng thủy văn phục vụ vận hành hồ chứa thủy điện”
- [3] Gregory B. Poindexter (2015) “Venezuela uses a ROV to inspect Guri Reservoir infrastructure amidst water level decline”
- [4] Robert Romocki(2015) “ROV Inspection of the Intake Gate Shaft at Lower Baker”
- [5] Alireza Marzbanrad (2011)“Design, Construction And Control Of A Remotely Operated Vehicle (Rov)” Proceedings of the ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress & Exposition.
- [6] Marzbanrad, Alireza & Sharafi, Jalil & Egtesad, M & Kamali, R. (2011). “Design, Construction and Control of a Remotely Operated Vehicle (ROV)”. ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE 2011. 7. 10.1115/IMECE2011-65645.
- [7] Capocci, Romano & Dooly, Gerard & Omerdic, Edin & Coleman, Joseph & Newe, Thomas & Toal, Daniel. (2017). “Inspection-Class Remotely Operated Vehicles—A Review”. Journal of Marine Science and Engineering. 5. 13. 10.3390/jmse5010013.