Giải pháp cho vận hành hồ chứa theo thời gian thực ở Việt Nam

TS.Hà Ngọc Tuấn[1,2], Ths. Kenichi Sagara [1,2] và Ths.Hà Văn Thủy [3,4]

[1] *Công ty TNHH Kyuden Innovatech Vietnam*
[2] *Tập đoàn Điện lực Kyushu, Nhật Bản*
[3] *Trường Đại học mỏ địa chất*
[4] *Công ty cổ phần thủy điện Sử Pán*

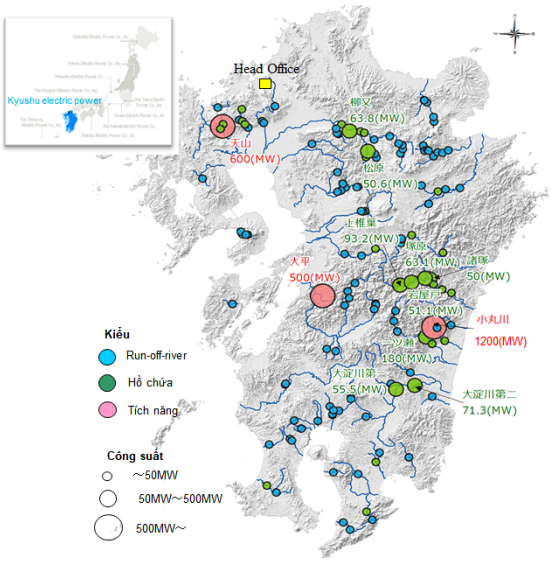
Vận hành hồ đập theo thời gian thực là phương pháp vận hành hữu hiệu để bảo đảm an toàn hồ đập và bảo vệ hạ du trong khi vẫn tiết kiệm được nguồn nước dùng cho các ngành kinh tế. Bài viết này giới thiệu phương pháp vận hành hệ thống liên hồ chứa của một tập đoàn Điện lực có kinh nghiệm vận hành quản lý các hệ thống hồ đập ở Nhật Bản và đề xuất ý tưởng triển khai phương pháp vận hành an toàn cho hồ đập ở Việt Nam dựa trên những kinh nghiệm đó.

1 Tập đoàn Điện lực Kyushu

Tập đoàn Điện lực Kyushu (Kyuden) là một trong mười tập đoàn kinh tế tư nhân hoạt động trong ngành điện lực ở Nhật Bản có trụ sở chính đặt ở Fukuoka thủ phủ của hòn đảo Kyushu nằm phía tây nam nước Nhật. Đây là một vùng chịu ảnh hưởng thiên tai bão lụt khắc nghiệt nhất ở Nhật Bản do các cơn bão nhiệt đới có khởi nguồn từ Thái Bình Dương thường xuyên đổ bộ vào đất liền ở hòn đảo này trước khi đi qua nước Nhật về hướng bắc.

Kyuden sở hữu đa dạng các nguồn điện bao gồm điện nguyên tử, nhiệt điện than và khí, điện địa nhiệt, thủy điện và các nguồn phát năng lượng tái tạo với tổng công suất chiếm gần 10% thị phần toàn nước Nhật. Riêng về thủy điện Kyuden sở hữu 143 nhà máy với tổng công suất 3854MW($\approx$ 14% tổng nguồn.)

Riêng đối với ngành thủy điện Kyuden có kinh nghiệm vận hành lâu dài với đa số các nhà máy có tuổi thọ 80 đến 100 năm. Và vì nằm trong vùng ảnh hưởng thiên tai bão lũ Kyuden đã phát triển từ rất



Hình 1: *Các nhà máy thủy điện tại Kyushu*

Hình 2: *Trung tâm vận hành hồ đập tại Kyushu*

sớm các hệ thống tích hợp vận hành liên hồ chứa cho các lưu vực có nhà máy thủy điện. Hiện nay các hệ thống này đã được nâng cấp tự động hóa toàn diện sau hơn 20 năm triển khai, sử dụng và quản lý bởi những chuyên gia giàu kinh nghiệm trong lĩnh vực vận hành hồ đập ở Nhật Bản.

Kyuden có kế hoạch chuyển giao kỹ thuật vận hành hồ đập ra các nước trên thế giới để hỗ trợ công tác vận hành điều tiết lũ an toàn cũng như tiết kiệm nguồn nước cho các ngành kinh tế ở các nước đang phát triển. Tại Việt Nam Kyuden đã thành lập pháp nhân là công ty TNHH Kyuden Innovatech Vietnam để triển khai ý tưởng phát triển các hệ thống vận hành hồ đập sử dụng kỹ thuật kết nối Internet vạn vật (IoT) và phương pháp vận hành theo thời gian thực.

2 Vận hành hồ chứa theo thời gian thực

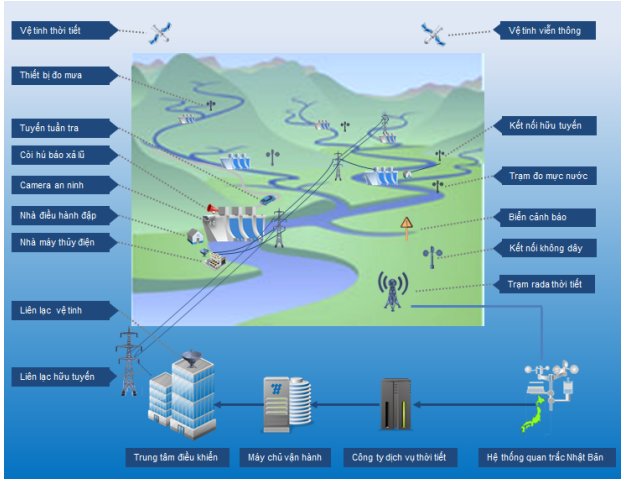
Vận hành điều tiết hồ chứa theo thời gian thực là phương pháp vận hành dựa trên khả năng quan trắc và tính toán các yếu tố khí tượng thủy văn như lượng mưa trên lưu vực hay lưu lượng dòng chảy về hồ theo thời gian thực. Tùy vào độ lớn của sự kiện mưa lũ, tần suất quan trắc hay tính toán cần thiết có thể từ một chục phút cho đến hàng giờ. Khi nắm bắt được các thông tin về mưa và lưu lượng theo thời gian thực, hồ chứa có thể được điều tiết sử dụng các phương pháp hữu hiệu để kiểm soát mực nước hồ chứa bảo đảm an toàn cho đập cũng như kiểm soát lưu lượng xả ra khỏi hồ chứa không gây ra lũ nhân tạo cho hạ du. Đối với các hồ chứa có khả năng cắt giảm lũ, sử dụng tốt các phương pháp điều tiết sẽ khống chế được nguy cơ mực nước dâng đột ngột ở hạ lưu gây nguy hiểm đến tính mạng con người và thiệt hại tài sản cũng như giảm nguy cơ ngập lụt cho vùng hạ du.

Năng lực dự báo mưa và dòng chảy đóng vai trò quan trọng trong công tác vận hành điều tiết hồ chứa. Việc dự báo được lượng mưa trong ngắn hạn hàng giờ đến trung hạn vài ngày sẽ cho phép tính toán được lưu lượng dòng chảy về hồ trong tương lai thông qua các mô hình mưa rào-dòng chảy. Quy mô cơn lũ, như tổng lượng và đỉnh lũ, sẽ được biết trước để quyết định vận hành hạ mực nước hồ phòng lũ. Điểm cần nhấn mạnh ở đây là các dự báo này phải cụ thể cho từng hồ đập để quyết định vận hành trước lũ cho các hồ đập đó và như thế sẽ nâng mức an toàn điều tiết bằng vận hành trước lũ trong khi không bị xả phí nước nếu dự báo không mưa trong lưu vực hồ chứa tức là không có lũ về hồ.

Trong một hệ thống sông có nhiều hồ đập thì hoạt động vận hành điều tiết của các hồ trên sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các hồ ở bậc dưới. Để có thể vận hành điều tiết hiệu quả một hệ thống liên hồ như thế cần có công cụ tính toán để phản ánh các tác động đó cũng như phương pháp điều tiết thích hợp để không bị phức tạp hóa quá trình vận hành của các hồ hạ lưu khi bị tác động xả điều tiết của các hồ thượng lưu. Một hệ thống như thế gọi là hệ thống tích hợp vận hành liên hồ chứa theo thời gian thực.

3 Hệ thống tích hợp vận hành liên hồ ở Nhật Bản

Hình 3 là sơ đồ một hệ thống tích hợp vận hành liên hồ điển hình được sử dụng ở Nhật Bản và tại các hệ thống sông có nhà máy thủy điện của Kyuden. Một hệ thống như thế sẽ có các thiết bị quan trắc mưa bao gồm các trạm đo mưa, ra đa thời tiết và vệ tinh địa tĩnh theo dõi thời tiết. Trong một lưu vực có thể có các hồ có sức chứa lớn đa mục tiêu thường nằm ở thượng lưu các con sông do cơ quan nhà nước là Bộ đất đai và giao thông (MLIT) quản lý và các hồ có sức chứa vừa đến nhỏ do các công ty điện lực quản lý được nối với nhau qua hệ thống thông tin liên lạc trong quá trình vận hành.



Hình 3: *Sơ đồ hệ thống tích hợp vận hành liên hồ*

Để nâng cao độ tin cậy của hệ thống vận hành các kênh thông tin liên lạc thường được thiết kế bởi các tuyến cáp quang nối trực tiếp các hồ đập với trung tâm điều khiển vận hành nằm ở các đô thị phía hạ du. Để đảm bảo truyền tin liên tục ngoài hệ thống cáp quang, các hồ đập còn có thể kết nối bằng một kênh liên lạc vô tuyến thông qua các vệ tinh viễn thông phòng trường hợp gián đoạn thông tin do sạt lở đất làm đứt các tuyến cáp quang hữu tuyến.

Mật độ các trạm đo mưa trong lưu vực một hệ thống sông theo tiêu chuẩn của Nhật là khoảng 50 km^2/ trạm, tuy nhiên trên thực tế hệ thống quan trắc này dày hơn nhiều và đạt khoảng 11 km^2/ trạm ở Kyuden. Các ra đa thời tiết được Cơ quan khí tượng thủy văn Nhật Bản(JMA) và các công ty thời tiết tư nhân triển khai trên lãnh thổ Nhật và cung cấp dịch vụ thông tin cho các vùng lưu vực hỗ trợ vận hành. Vệ tinh viễn thám theo dõi thời tiết như vệ tinh địa tĩnh Himawari do Cơ quan thám hiểm hàng không vũ trụ Nhật Bản (JAXA) quản lý sẽ cung cấp các thông

tin như ảnh vệ tinh từ vũ trụ hay các phân tích khí tượng liên quan tới các trung tâm vận hành hồ đập.

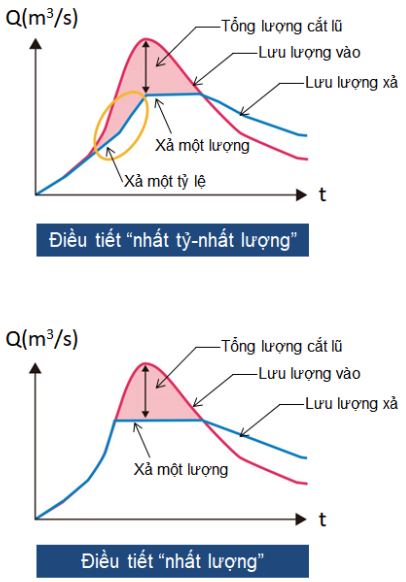
Dự báo mưa cho các hệ thống vận hành ở Nhật được thực hiện bởi hai phương pháp, dự báo bởi các mô hình động lực và dự báo sử dụng phân tích tín hiệu ra đa thời tiết. Phương pháp đầu có thể dự báo được 48 đến 72 giờ trong tương lai cho các lưu vực, được thực hiện bởi các mô hình tính phức tạp trên các hệ thống siêu máy tính và giá thành tính toán cũng đắt đỏ. Phương pháp này đòi hỏi tính toán dự báo trên mô hình cho toàn địa cầu, sau đó để dự báo với mật độ lớn hơn phục vụ vận hành cho các lưu vực phải sử dụng mô hình dự báo địa phương, tức là phân tích sâu hơn một vùng của mô hình toàn cầu. Các mô hình dự báo này đều đòi hỏi một lượng lớn các số liệu điều kiện khí tượng thực tế đồng hóa vào mô hình để tính toán, cũng chính vì thế độ chính xác của dự báo cũng phụ thuộc vào mật độ quan trắc khí tượng trên mặt đất và trên không. Phương pháp sau sử dụng tín hiệu ra đa có độ chính xác vượt trội hơn hẳn các mô hình động lực. Tuy nhiên hạn chế của phương pháp này là thời gian dự báo ngắn chỉ khoảng 2 đến 6 tiếng trong tương lai. Nhật Bản hiện nay là đất nước có kỹ thuật dự báo mưa bằng ra đa thời tiết tiên tiến nhất trên thế giới. Nhờ kỹ thuật này các hệ thống tích hợp vận hành hiện nay có thông tin dự báo mưa với tần suất 10 phút với độ chính xác đạt 80 đến 90%.

Trên cơ sở dự báo mưa cung cấp từ các công ty thời tiết, các công ty vận hành hồ đập sẽ tính toán dự báo dòng chảy về hồ sử dụng các mô hình mưa rào-dòng chảy. Thông tin dự báo sẽ được biểu diễn trực quan bằng đồ thị diễn biến lưu lượng trên các màn hình điều khiển của hệ thống tích hợp vận hành.

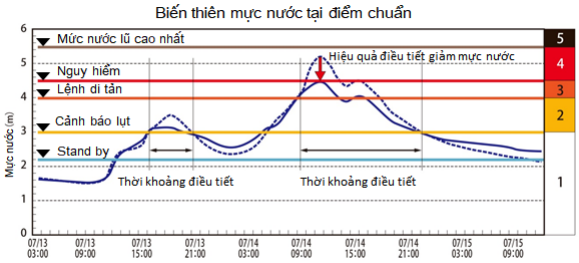
4 Phương pháp vận hành điều tiết lũ của Nhật Bản

Kinh nghiệm ở Nhật Bản cho thấy phương pháp điều tiết lũ dựa vào diễn biến lưu lượng theo thời gian thực cho từng hồ đập cũng như dự báo lưu lượng về các hồ đập đó là an toàn và hiệu quả nhất. Đối với các hồ không có khả năng cắt giảm lũ yêu cầu cơ bản của vận hành sẽ là không gây ra lũ nhân tạo, tức là phải cân bằng lượng nước xả khỏi đập với lượng nước về hồ. Việc này được thực hiện hoàn toàn dựa trên đường quá trình lũ về hồ theo thời gian thực. Đối với các hồ có chức năng cắt giảm lũ các phương pháp điều tiết an toàn được áp dụng trong vận hành, cũng dựa trên đường quá trình lũ về hồ.

Hình 4 biểu diễn hai phương pháp thông dụng nhất được sử dụng cho điều tiết là phương pháp "Nhất tỷ, nhất lượng" và phương pháp "nhất lượng". Trong phương pháp nhất tỷ nhất lượng lưu lượng xả lũ tăng dần theo một góc nhỏ hơn góc dốc của đường cong quá trình lũ vào hồ. Góc dốc này được tính toán cho từng hồ dựa trên phân tích mặt cắt ở các điểm chuẩn tại hạ lưu của hồ sao cho trong quá trình xả lũ ban đầu mực nước không dâng đột ngột hơn 30 đến 50 cm trong vòng 30 phút tùy vào điều kiện cụ thể. Điều này đảm bảo cho một đứa trẻ đang lội trong lòng sông kịp thoát lên bờ trước khi nước ngập tới đầu mình hay các tàu thuyền, cầu phao, ngầm tràn công trình trên sông không bị ảnh hưởng tiêu cực trước khi con người nhận ra nguy hiểm của tác động xả lũ để kịp lánh nạn. Khi lũ đạt đỉnh lưu lượng xả sẽ là hằng số để cắt giảm lượng nước về hạ du phòng chống ngập lụt.



Hình 4: *Các phương pháp điều tiết lũ*



Hình 5: *Diễn biến mực nước tại điểm chuẩn và các mức cảnh báo*

Sử dụng các phương pháp điều tiết này sẽ cho phép các hồ chứa hoạt động theo một quy trình duy nhất không bị thay đổi phương pháp điều tiết trong suốt quá trình điều tiết cơn lũ. Như vậy sẽ phát huy tối đa được năng lực vận hành điều tiết của từng hồ đập mà không cần chuyển quyền điều khiển vận hành lên các cấp ở trên khi lũ lớn về hệ thống sông. Rõ ràng cán bộ vận hành là người hiểu và có kinh nghiệm nhất về đặc điểm lũ của hồ do mình quản lý vì thế là người thích hợp để đưa ra các quyết định vận hành. Tuy nhiên do các quyết định này liên quan đến tính mạng con người và tài sản xã hội, chỉ người được cấp chứng chỉ chuyên môn về quản lý vận hành hồ chứa mới được

phép đứng ở vị trí ra lệnh vận hành.

Các hồ chứa trong bậc thang thủy điện tùy theo sức chứa sẽ được quy định về độ lớn của lưu lượng cắt lũ ngay từ khâu quy hoạch hệ thống. Và như thế chỉ trong trường hợp tổng lượng lũ vượt quá sức chứa thiết kế các hồ này khiến mực nước không giữ trong giới hạn cho phép được mới phải chuyển từ chế độ cắt lũ sang chế độ vận hành cân bằng nước vào và ra tránh gây lũ nhân tạo trong quá trình điều tiết. Khi hệ thống sông được điều tiết theo nguyên tắc này việc tính toán diễn biến mực nước ở các điểm chuẩn ở hạ du và hiệu quả của cắt giảm lũ sẽ chính xác hơn và chính vì thế công tác cảnh báo cho vùng dân cư ở hạ du sẽ kịp thời nhờ nắm được toàn bộ diễn biến của hệ thống sông. Với khả năng dự báo tốt các hệ thống sông ở Nhật có thể biết trước quy mô của các cơn lũ và nếu quy mô lũ vượt quá lũ có tần suất thiết kế của hệ thống, cảnh báo sớm sẽ được đưa ra khi có nguy cơ ngập lụt để người dân kịp thời di tản khỏi các vùng nguy hiểm trước 24 đến 48 giờ.

Hình 6: *Các sự cố hồ đập ở Việt Nam*

5 Các vấn đề liên quan đến vận hành hồ chứa ở Việt Nam

Các vấn đề liên quan đến vận hành thủy điện ở Việt nam có thể tóm tắt lại như sau :

5.1 Biến đổi khí hậu và thiên tai

Chỉ trong vài năm gần đây tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu gây thiên tai liên tục ở nước ta. Lũ lớn đã xảy ra ở miền Trung vào các năm 2015 và 2016, năm 2017 mưa lớn bất thường đã buộc nhà máy thủy điện Hòa Bình mở 8 cửa xả lũ khẩn cấp. Tuy nhiên từ đầu 2018 đến năm nay lượng mưa đã giảm dẫn đến tình trạng kiệt nặng ở miền Bắc và miền Trung. Hệ thống thủy điện trên sông Đà thiếu nước vào cuối mùa mưa năm 2019 này. Mực nước hạ gần đến mực nước chết khiến Tập Đoàn điện lực Việt Nam phải kêu gọi tiết kiệm điện do sản lượng thiếu hụt gây ra bởi hạn hán ở các dòng sông Việt Nam. Theo Hiệp hội năng lượng Việt Nam hạn hán kéo dài do hiện tương El Nino, chỉ riêng đối với các hồ lớn do EVN quản lý tình hình thiếu nước năm 2019 đã làm thiếu hụt 16.3tỷ kWh điện sản xuất từ các nhà máy thủy điện so với trung bình nhiều năm. Vấn đề quản lý vận hành hồ đập trở nên cấp bách khi tác động của khí hậu ảnh hưởng đến cả yếu tố an toàn và kinh tế của các hệ thống thủy điện cũng như thủy lợi.

5.2 Quan trắc và dự báo

Hiện nay hầu hết các lưu vực của các hồ đập chưa có đủ thiết bị quan trắc và năng lực dự báo hỗ trợ vận hành điều tiết với độ chính xác cần thiết. Để vận hành hiệu quả và an toàn các hồ chứa thủy điện cần có hệ thống quan trắc khí tượng, thủy văn. Các hệ thống này phải cung cấp được thông tin theo thời gian thực để phục vụ công tác dự báo khí tượng và tính toán dự báo dòng chảy về hồ. Gần đây các chủ hồ đã xúc tiến việc lắp đặt các thiết bị quan trắc phục theo yêu cầu của các cơ quan quản lý nhà nước, tuy nhiên để đạt được khả năng quan trắc phục vụ vận hành cần phải đầu tư hơn nữa cho hệ thống này. Mặt khác vấn đề dự báo mưa và dòng chảy đủ chính xác phục vụ vận hành cho lưu vực từng hồ đập vẫn chưa có lời giải.

5.3 Công cụ tính toán hỗ trợ vận hành

Hiện nay các hồ đập chưa có công cụ phần mềm tính toán chuyên dụng để vận hành theo yêu cầu của qui trình. Hầu hết các đơn vị vận hành hồ đập bằng những công cụ tính toán đơn giản dạng bảng tính tự lập ra. Để nâng cao độ an toàn và phát huy hiệu quả tiết kiện nước trong công tác vận hành, cần triển khai các phần mềm kỹ thuật chuyên dụng cho các hồ đập. Một hệ thống kỹ thuật tính toán như thế sẽ nối các thiết bị quan trắc với cơ sở dữ liệu, có các chức năng tính toán để cung cấp thông tin khí tượng thủy văn cũng như dự báo theo thời gian thực đồng thời tiến hành tính toán mô phỏng để hỗ trợ lên kế hoạch vận hành điều tiết an toàn và tối ưu.

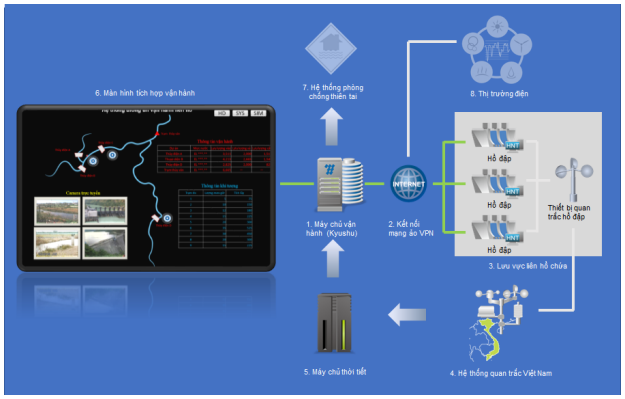
5.4 Hệ thống vận hành liên hồ chứa

Việc trong cùng một hệ thống sông có nhiều nhà máy do các chủ sở hữu khác nhau quản lý và giữa các đơn vị này chưa có phương pháp để chia sẻ thông tin vận hành theo thời gian thực một cách hữu hiệu sẽ làm giảm khả năng tối ưu vận hành của cả hệ thống sông cũng như khó khăn trong kiểm soát lũ về hạ lưu. Vì thế việc đưa các hệ thống tích hợp vận hành liên hồ tới các lưu vực cho công tác phòng chống thiên tai và vận hành điều tiết phát điện hay cấp nước là rất cần thiết.

6 Đề xuất hệ thống tích hợp vận hành cho Việt Nam

Do tình hình biến đổi khí hậu có thể gây ra bão lũ cực đoan gây sự cố an toàn cho hồ đập, việc cần có công cụ hỗ trợ vận hành cho các hồ chứa cũng như hệ thống tích hợp vận hành liên hồ đã trở nên cấp bách ở nước ta. Tuy nhiên hạ tầng quan trắc cho hồ đập vẫn còn đang trong giai đoạn sơ khai chưa đủ điều kiện để số hóa và tự động hóa hoàn toàn cho các công cụ tính toán hỗ trợ vận hành hồ đập cũng như nguồn tài chính để đầu tư cho các hệ thống tích hợp vận hành hiện đại chưa có. Vì thế cần có giải pháp phù hợp với hoàn cảnh thực tiễn trong nước trong khi giải quyết từng bước để hiện đại hóa hệ thống vận hành cho các hồ đập bảo vệ tính mạng con người và tài sản xã hội.

KIV đề xuất một giải pháp như thế dựa trên nền tảng Internet vạn vật (IoT) để giảm giá thành cho hệ thống thông tin liên lạc mà vẫn tích hợp hệ thống các hồ đập trong lưu vực để có thể nâng cao an toàn vận hành. Một hệ thống như thế có cấu trúc như ở Hình 7. Tại mỗi hồ đập sẽ triển khai một ứng dụng tính



Hình 7: *Sơ đồ hệ thống tích hợp vận hành trên nền tảng IoT*

toán, biểu diễn toàn diện tình hình khí tượng thủy văn cũng như có các công cụ mô phỏng vận hành theo thời gian thực của hồ đập đó (chương trình điều khiển dòng chảy HNT). Chương trình này có đặc điểm là cho phép người dùng vào số liệu từ hệ thống quan trắc như mực nước hồ, công suất phát hay độ mở cửa xả lũ để tính toán lưu lượng vào hồ hay các thành phần lưu lượng khác tức thời. Phương pháp này sẽ giải quyết vấn đề sai số quan trắc phát sinh ở nhiều thiết bị cảm biến điện tử hiện đang sử dụng trên hồ đập bằng cách nhập liệu từ các thiết bị đơn giản hơn như thủy trí. Chương trình sẽ có chức năng hỗ trợ đánh giá kết quả tính giúp người dùng sửa lỗi kỹ thuật từ thiết bị đo cho phù hợp với hoàn cảnh thực tế về thiết bị ở Việt Nam tuy nhiên mọi thuật toán tính toán sử dụng trong chương trình sẽ được lấy từ các hệ thống vận hành hiện đại của Nhật Bản.

Hệ thống quan trắc mưa, mực nước và độ mở cửa xả sẽ được triển khai cho từng hồ đập và lưu vực. KIV hiện nay đang phối hợp với đơn vị chuyên môn có năng lực triển khai hệ thống này cho một số hồ đập ở Việt Nam. Công ty thời tiết Weather Plus, doanh nghiệp tư nhân duy nhất ở Việt Nam có giấy phép lắp đặt hạ tầng quan trắc và cung cấp dịch vụ dự báo thời tiết. Các số liệu quan trắc cho mỗi và tất cả các hồ đập sẽ được đưa về cơ sở dữ liệu để xử lý tính toán cho các mô hình dự báo.

Để giải quyết vấn đề dự báo cho hồ đập một số đơn vị cả trong và ngoài nước đang triển khai các mô hình tính cho lãnh thổ Việt Nam. Chẳng hạn Weathernews một công ty thời tiết Nhật Bản đang phối hợp với ngành khí tượng thủy văn triển khai mô hình dự báo mưa với mật độ và tần suất cao đủ điều kiện cho dự báo chi tiết từng lưu vực hồ đập. Thử nghiệm của KIV và Weathernews cho một số hồ đập ở miền Bắc và miền Trung cho kết quả khả quan. Thông tin từ hệ thống quan trắc từng hồ chứa cũng như thông tin quan trắc trên toàn lãnh thổ sẽ được tích hợp vào các mô hình dự báo phủ toàn Đông Nam Á trong đó có Việt Nam.

Các bản tin dự báo sẽ được đưa về máy chủ phân tích vận hành của KIV. Tại trung tâm tính toán này dự báo mưa sẽ được phân tích và chạy qua các mô hình mưa rào-dòng chảy để tính lưu lượng về hồ trong tương lai với mức độ chi tiết đủ để vẽ đường quá trình lũ cho 72 giờ trong tương lai. Kết quả tính toán sẽ được gửi đến các hồ đập thông qua các kênh truyền mạng riêng ảo(VPN) để đảm bảo việc bảo mật thông tin giữa các nhà máy và máy chủ vận hành.

Từ các hồ đập các thông tin vận hành được truyền đến trung tâm tính toán cũng qua mạng VPN nói trên để tái phân tích cho toàn lưu vực. Kết quả hoạt động theo thời gian thực của cả hệ thống sẽ được đưa lên màn hình tích hợp vận hành liên hồ chứa đặt ở các cơ quan quản lý vận hành hồ đập. Dựa trên thông tin của cả hệ thống như vậy cùng các công cụ mô phỏng quá trình điều tiết công tác vận hành phòng chống lũ bảo đảm an toàn hồ đập và hạ lưu sẽ dễ dàng hơn. Không những chỉ nâng mức an toàn, các thử nghiệm của KIV ở một số nhà máy thủy điện cho thấy hệ thống hỗ trợ vận hành cho phép tối ưu hóa quá trình sử dụng nước tăng thu nhập phát điện từ 10 đến 15%.

7 Kết luận

Để nâng mức an toàn cho hồ đập, bảo vệ tính mạng người dân và tài sản của xã hội chúng tôi khuyến cáo các nhà quản lý, các chủ hồ đập bắt tay vào triển khai các công cụ tính toán chuyên dụng cho công tác vận hành hồ đập. Giải pháp là một hệ thống tích hợp vận hành sử dụng thế mạnh của mạng internet sẽ cho phép giảm giá thành xây dựng hệ thống. Tối ưu hóa vận hành nhờ hệ thống tích hợp sẽ cho phép các hồ đập tiết kiệm nước trong quá trình vận hành và tăng thu nhập cho các nhà máy thủy điện. Đây sẽ là nguồn tài chính để tiếp tục đầu tư hiện đại hóa tăng mức an toàn cho hồ đập trong tương lai.