

NGHIÊN CỨU THÍ ĐIỂM HIỆN ĐẠI HÓA MỘT SỐ TIÊU CHÍ THỦY LỢI PHỤC VỤ CHUYỂN ĐỔI CƠ CẤU CÂY TRỒNG HỒ CHỨA LÁI BAY, XÃ PHỔNG LÁI, HUYỆN THUẬN CHÂU, TỈNH SƠN LA

Nguyễn Xuân Lâm, Nguyễn Thị Kim Dung

Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường

Tóm tắt: Chuyển đổi cơ cấu cây trồng trên đất nông nghiệp là xu hướng tất yếu trong phát triển nông nghiệp bền vững, đặc biệt tại các vùng miền núi như Sơn La. Tuy nhiên, hệ thống công trình thủy lợi truyền thống chưa đáp ứng tốt yêu cầu về tính linh hoạt và hiệu quả sử dụng nước cho các cây trồng mới. Bài báo này trình bày nghiên cứu hiện đại hóa một số tiêu chí thủy lợi tại hồ chứa Lái Bay – một công trình cấp nước trọng điểm cho sản xuất nông nghiệp tại xã Phổng Lái, huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La. Kết quả cho thấy việc nâng cấp các tiêu chí như hiện đại hóa hệ thống quan trắc, dự báo, hỗ trợ ra quyết định vận hành, giám sát dùng nước để qua đó tăng năng lực điều tiết, khả năng phân phối nước theo thời vụ, và ứng dụng công nghệ tự động hóa tưới có vai trò then chốt trong việc đảm bảo hiệu quả sử dụng nước, từ đó hỗ trợ chuyển đổi thành công cơ cấu cây trồng tại địa phương.

Từ khóa: Hiện đại hóa, công trình thủy lợi, hồ chứa Lái Bay.

Summary: The transformation of crop structures on agricultural land is an inevitable trend in the development of sustainable agriculture, particularly in mountainous regions such as Sơn La province. However, traditional irrigation systems have not effectively met the requirements for flexibility and efficient water use demanded by new crop types. This paper presents a study on the modernization of selected irrigation criteria at Lái Bay reservoir-a key water supply infrastructure for agricultural production in Phổng Lái commune, Thuận Châu district, Sơn La province. The results indicate that upgrading criteria such as monitoring systems, forecasting capabilities, decision-support tools for operation, and water use supervision-along with enhancing regulation capacity, seasonal water distribution, and the application of automated irrigation technologies-plays a critical role in improving water use efficiency. These improvements provide essential support for the successful crop restructuring process at the local level.

Keywords: Modernization, irrigation system, Lái Bay reservoir.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, áp lực dân số và yêu cầu nâng cao hiệu quả sử dụng đất đai – tài nguyên nước, việc chuyển đổi cơ cấu cây trồng đang trở thành xu hướng tất yếu trong chiến lược phát triển nông nghiệp bền vững tại Việt Nam. Thay vì duy trì mô hình canh tác truyền thống (chủ yếu là lúa), nhiều địa phương đã và đang đẩy mạnh chuyển đổi sang các loại cây trồng có giá trị kinh tế cao hơn, như cây ăn quả, rau màu, cây

được liệu hoặc cây công nghiệp ngắn ngày. Quá trình này được kỳ vọng sẽ giúp nâng cao thu nhập cho người dân, sử dụng tài nguyên đất - nước hiệu quả hơn và thích ứng tốt với điều kiện thời tiết khắc nghiệt đang ngày càng gia tăng.

Tuy nhiên, chuyển đổi cơ cấu cây trồng không chỉ là thay đổi giống cây trồng mà còn kéo theo sự thay đổi toàn diện trong phương thức canh tác, lịch mùa vụ và đặc biệt là yêu cầu về tưới tiêu - cấp nước. Trong đó, hệ thống công trình thủy lợi - vốn được thiết kế chủ yếu để phục vụ sản xuất lúa nước - đang bộc lộ nhiều hạn chế trong việc đáp ứng nhu cầu đa dạng của cây trồng mới.

Ngày nhận bài: 11/4/2025

Ngày thông qua phản biện: 21/5/2025

Ngày duyệt đăng: 10/6/2025

Theo báo cáo của Bộ Nông nghiệp và Môi trường và một số cơ quan, trong giai đoạn 2015–2023, cả nước đã chuyển đổi trên 850.000 ha đất trồng lúa sang cây trồng khác, tập trung tại các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long, miền Trung và Tây Bắc. Tuy vậy, nhiều vùng sau khi chuyển đổi lại gặp khó khăn do hệ thống công trình thủy lợi không được điều chỉnh tương ứng [1,2,3,4]:

- Thiếu hệ thống tưới phù hợp với cây trồng cạn (cần tưới nhỏ giọt, phun mưa, hoặc tưới tiết kiệm).
- Lịch tưới không linh hoạt, không đáp ứng được thời điểm sinh trưởng của cây trồng mới.
- Công trình thủy lợi bị xuống cấp, thất thoát nước lớn, phân phối nước không đồng đều giữa các vùng canh tác.
- Thiếu thiết bị đo đạc, giám sát, điều tiết và quản lý từ xa, dẫn đến vận hành kém hiệu quả.

Sơn La là tỉnh miền núi có tiềm năng đất đai lớn, tỉnh đã triển khai mạnh mẽ chương trình chuyển đổi cơ cấu cây trồng, đặc biệt tại các huyện như Mai Sơn, Mộc Châu, Sông Mã, Thuận Châu... Theo Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Sơn La (nay là Sở Nông nghiệp và Môi trường Sơn La), đến năm 2023, toàn tỉnh đã chuyển đổi trên 17.000 ha đất trồng lúa và cây ngắn ngày sang trồng cây ăn quả, cây dược liệu, rau màu, mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn từ 1,5–2 lần so với trước. Tuy nhiên, hạ tầng thủy lợi vẫn là điểm nghẽn lớn nhất trong quá trình này. Cụ thể:

- Hơn 70% công trình thủy lợi nhỏ và vừa tại Sơn La được xây dựng từ những năm 1990 trở về trước, hiện đã xuống cấp nghiêm trọng.
- Các hệ thống kênh mương chủ yếu là kênh đất, chưa được kiên cố hóa, gây thất thoát nước trung bình từ 25–40%.
- Thiếu công trình điều tiết theo vùng cây trồng mới – các cây như xoài, nhãn, chanh leo, sơn tra... có nhu cầu tưới khác biệt hoàn toàn với lúa.
- Vận hành, quản lý công trình thủy lợi vẫn mang tính thủ công, thiếu thiết bị cảm biến, không có hệ thống điều khiển tự động hoặc quản lý theo thời gian thực.

Từ thực tiễn cả nước nói chung và tỉnh Sơn La nói riêng, có thể thấy rằng quá trình chuyển đổi cơ cấu cây trồng sẽ không thể thành công nếu không gắn liền với việc hiện đại hóa hệ thống công trình thủy lợi [5]. Việc này đòi hỏi các tiêu chí mới về hiệu quả sử dụng nước, khả năng điều tiết linh hoạt, công nghệ giám sát – tự động hóa, và quản lý phân cấp theo vùng cây trồng cụ thể.

Do đó, nghiên cứu về việc hiện đại hóa một số tiêu chí thủy lợi phục vụ chuyển đổi cơ cấu cây trồng, đặc biệt tại những công trình điển hình như hồ chứa Lái Bay (xã Phổng Lái, huyện Thuận Châu) là rất cần thiết. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa thực tiễn cho Sơn La mà còn có thể nhân rộng ra các tỉnh miền núi phía Bắc có điều kiện tương đồng.

2. MỤC TIÊU, PHƯƠNG PHÁP, KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ SỬ DỤNG

2.1. Mục tiêu

- Đánh giá hiện trạng hoạt động của hệ thống thủy lợi hồ Lái Bay.
- Xác định các tiêu chí cần hiện đại hóa nhằm đáp ứng nhu cầu chuyển đổi cây trồng.
- Đề xuất và thí điểm các giải pháp công nghệ trong điều tiết và phân phối nước.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Khảo sát thực địa: đánh giá tình hình hồ chứa, tình trạng hệ thống dẫn nước, công trình điều tiết.
- Phân tích số liệu thủy văn – khí tượng, nhu cầu nước của các loại cây trồng mới.
- Thí điểm lắp đặt thiết bị đo mực nước tự động, đo mưa, đo khí tượng, trạm đo dùng nước thông minh.
- Đánh giá hiệu quả qua mô hình so sánh với phương pháp vận hành truyền thống.

2.3. Kỹ thuật và công nghệ sử dụng

Một số kỹ thuật và công nghệ mới áp dụng thí điểm:

- Đề tài thử nghiệm công nghệ LoRA 433Mhz trong kết nối các trạm đo tại thân đập để chuyển số liệu không dây về trạm trung tâm.
- Thử nghiệm ứng dụng đồng hồ nước thông

minh để theo dõi từ xa việc sử dụng nước của các hộ dân.

- Thử nghiệm hỗ trợ vận hành điều tiết dựa trên dự báo dòng chảy, hỗ trợ vận hành điều tiết.
- Thử nghiệm hỗ trợ vận hành cấp nước dựa trên tính toán nhu cầu nước sử dụng Penman thời gian thực.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Hiện trạng hệ thống thủy lợi hồ Lái Bay

Hồ chứa Lái Bay, xã Phông Lái, huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La là công trình phục vụ chuyển đổi cơ cấu cây trồng, cấp nước tưới cho 30ha lúa 2 vụ, tưới âm 468ha chè, cà phê, 7ha nuôi trồng thủy sản của xã Phông Lái, 200ha cây công nghiệp dài ngày của xã Chiềng Pha, và tạo nguồn nước sinh hoạt cho hơn 7000 hộ dân. Sự vận hành của hồ chứa đã làm thay da đổi thịt đời sống và kinh tế địa phương.

Công trình có dạng đập đất, dung tích hữu ích khoảng 1,3 triệu m³, đập tràn tự do dạng mở vệt. Công trình khởi công năm 2009, đưa vào sử dụng năm 2013 cấp nước dạng đường ống áp lực đến các hộ, tuy nhiên, hệ thống quan trắc, vận hành điều tiết nước lại hoàn toàn thủ công dẫn đến những khó khăn về năng lực điều tiết, hỗ trợ vận hành tưới tối ưu, giám sát dùng nước nhằm nâng cao ý thức hiệu quả sử dụng nước. Đứng trước yêu cầu cần tiếp tục mở rộng diện tích phục vụ chuyển đổi cơ cấu cây trồng, tình hình thời tiết và biến đổi khí hậu thất thường, địa bàn lớn với hơn 40km đường ống áp lực, nhân lực vận hành mỏng (4 người) đã tạo ra không ít khó khăn trong những năm gần đây [6,7].

3.2. Các tiêu chí thủy lợi cần hiện đại hóa

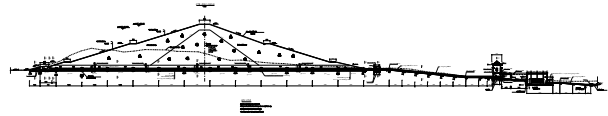
Tiêu chí 1: Hiện đại hóa hệ thống quan trắc khí tượng, thủy văn tại đập. Cụ thể là:

Lắp đặt một trạm quan trắc mực nước tự động tại thân đập: Hồ Lái Bay có đặc điểm mái dốc thoải lớn, cống lấy nước dạng cống ngầm D600, không có tháp van, 2 giải pháp đo mực nước tự động đã được xem xét (Hình 1,2):

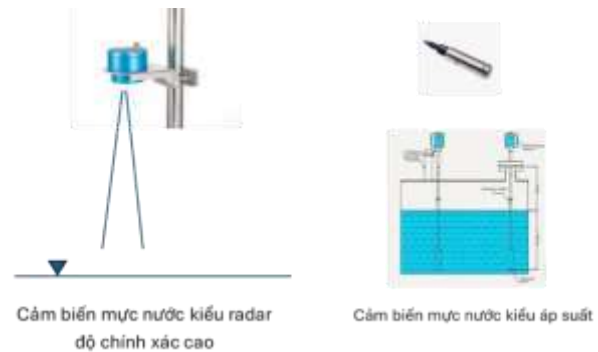
- Đo không tiếp xúc radar: Ưu điểm độ chính xác cao, đo ổn định không phụ thuộc điều kiện môi

trường, tuổi thọ lớn. Nhược điểm là khó đặt được vị trí có điểm nhìn tối đa, chi phí vẫn còn cao.

- Đo mực nước dạng áp lực: Ưu điểm độ chính xác đạt yêu cầu (độ chính xác 1cm, quy chuẩn KTTV), chi phí thấp, dễ lắp đặt. Nhược điểm: Phải bảo dưỡng định kỳ, tuổi thọ không cao.



Hình 1: Hồ đập đất mái thoải $m = 3-3,5$. Cống lấy nước là đường ống áp lực $D 600$, không có tháp van. Khoảng cách giữa các vị trí như tràn, nhà điều hành, điểm điều hành tương đối xa từ 200-300m không thuận lợi đi dây kết nối các cảm biến



Hình 2: Cảm biến mực nước radar (trái), cảm biến mực nước áp lực (phải)

Sau quá trình đánh giá cân nhắc, do hạn chế chủ yếu là không tìm được điểm đặt radar phù hợp, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn giải pháp đo áp lực với với những bố trí tạo thuận lợi cho quá trình duy tu bảo dưỡng sau này.

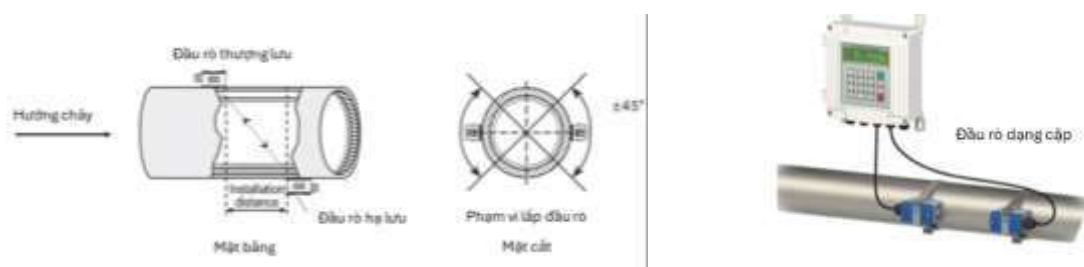
Giám sát lưu lượng qua cống lấy nước: Cống lấy nước ở dạng cống ngầm đường kính D600mm, vật liệu gang, để giám sát lưu lượng hiệu quả đảm bảo độ chính xác hợp lý, tuổi thọ cao, chi phí thấp nhằm dễ dàng nhân rộng sau này. Nghiên cứu đề xuất sử dụng cảm biến siêu âm dạng cặp. Nguyên lý cảm biến này là đầu rò hạ lưu sẽ phát ra một chùm sóng âm, quá trình dòng chảy sẽ làm thay đổi tín hiệu nhận được tại đầu rò thượng lưu. Sự thay đổi này được đầu thu giải mã và quy đổi thành vận tốc để ra lưu lượng. (Hình 3) [8]

Giám sát mưa và các yếu tố khí tượng khác: Để giám sát mưa tại hồ chứa nhóm nghiên cứu đã đề xuất sử dụng cảm biến đo mưa dạng chao lật, là một thiết bị đo phổ biến trên thị trường, có độ chính xác phù hợp, tuổi thọ cao, dễ bảo dưỡng. Bên cạnh mưa, để giám sát các yếu tố khác phục vụ cho quá trình tính toán nhu cầu nước theo phương pháp PENMAN (FAO,56), đồng thời phục vụ giám sát các yếu tố khí tượng nông nghiệp cho hệ thống cây trồng hạ du, nghiên cứu đề xuất cần giám sát thêm các yếu tố như tốc độ gió, hướng gió, nhiệt, ẩm, áp suất không khí, bức xạ tổng. [9]

Datalogger: Là thiết bị kết nối, điều khiển các cảm biến và thực hiện truyền tin về máy chủ. Nghiên cứu đã sử dụng datalogger dòng “all-in-one” đã tích hợp sẵn pin, mạch sạc, module truyền thông 4G, do Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường nghiên cứu chế tạo

năm 2021 [3] tại trạm khí tượng cũng là trạm trung tâm.

Công nghệ LORA 433Mhz: Công nghệ LoRa 433MHz là một giao thức truyền thông không dây tầm xa, tiêu thụ năng lượng thấp, hoạt động trên dải tần số 433 MHz, được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng IoT (Internet of Things), cảm biến từ xa, và mạng lưới không dây diện rộng (LPWAN – Low Power Wide Area Network), cho phép truyền dữ liệu ở khoảng cách xa (2–10 km) với mức tiêu thụ điện cực thấp. Phạm vi các điểm đặt trạm mực nước và lưu lượng khoảng từ 200-500m so với trạm khí tượng (trung tâm), địa hình không phù hợp để kéo dây, nghiên cứu đã thử nghiệm ứng dụng công nghệ kết nối này để các trạm mực nước và lưu lượng truyền số liệu đo về trạm trung tâm (trạm khí tượng), và đồng bộ dữ liệu số liệu lên cloud.



Hình 3: Cảm biến lưu lượng siêu âm dạng cặp cho đường ống



(a) Trạm đo mực nước kiểu áp lực



(b) Trạm khí hậu (trung tâm)



(c) Trạm đo lưu lượng đường ống

Hình 4: Các trạm quan trắc mực nước, lưu lượng, khí tượng tại đập, kết nối LORA với nhau, chạy pin mặt trời và kết nối cloud 4G đảm bảo vận hành trong các điều kiện mất điện, thiên tai xuất hiện

Tiêu chí 2: Hiện đại hóa giám sát dùng nước hạ du

Công trình đi vào hoạt động từ năm 2013, sau một thời gian vận hành khai thác công trình, công tác quản lý, điều tiết nước gặp nhiều khó khăn do lượng nước đến từng hộ không được kiểm soát, người dân tùy tiện sử dụng, gây thất thoát lớn, dẫn đến các hộ cuối nguồn thiếu nước sử dụng... Để khắc phục tồn tại trên, tháng 10/2015, Sở NN&PTNT đã giao cho Chi cục Thủy lợi Sơn La xây dựng mô hình quản lý tưới tiết kiệm nước hồ Lái Bay, bảo đảm cấp nước cho 332 hộ, với diện tích tưới ẩm 240 ha và cấp nước sinh hoạt cho 1.750 nhân khẩu của 4 bản: Kiến Xương, Đông Quan, Mường Chiên 1, Co Lay (Phông Lái). Trong đó, Nhà nước đầu tư đồng hồ đo nước và các phụ kiện kèm theo, trị giá hơn 500 triệu đồng, nhân dân đóng góp xây dựng tuyến ống từ sau đồng hồ về hộ, tổng kinh phí hơn 400 triệu đồng; thành lập tổ thủy nông làm nhiệm vụ quản lý, vận hành điều tiết nguồn nước. Đây là mô hình cấp nước tưới ẩm đầu tiên được đầu tư hoàn chỉnh, đồng bộ, quản lý được lượng nước tưới bằng đồng hồ đo nước đến từng hộ gia đình, giúp nâng cao ý thức của người dân

trong sử dụng tiết kiệm nguồn tài nguyên nước. Mô hình quản lý tưới tiết kiệm nước thực sự mang lại hiệu quả thiết thực, giúp tiết kiệm gần 50% lượng nước so với khi chưa lắp đồng hồ, giúp điều tiết nước sử dụng cho các tháng mùa khô và đủ lượng nước để cấp thêm cho các hộ dân có nhu cầu của xã Phông Lái và Chiềng Pha. Tuy nhiên, sau một thời gian thử nghiệm, các quy định về miễn giảm thủy lợi phí không cho phép việc tiếp tục thu phí sử dụng nước, do đó, các tổ thủy nông không thể hoạt động, khả năng duy tu bảo dưỡng cũng như ý thức sử dụng nước của người dân cũng không còn cao như trước, do đó, hiệu quả cấp nước đã có phần giảm sút.

Hệ thống giám sát dùng nước tự động: Nghiên cứu đã thử nghiệm thực hiện giám sát dùng nước tự động trên 3 hầm đồng hồ: Hầm số 1 với 11 hộ, hầm số 2 là 10 hộ, và hầm số 3 là một doanh nghiệp trồng chè. Giải pháp ở đây là thay thế các đồng hồ cơ bằng các đồng hồ bán điện tử, là dạng đồng hồ cơ có trang bị thêm một dây xuất tín hiệu số. Nghiên cứu đã thử nghiệm chế tạo các bộ đọc tín hiệu từ các đồng hồ trước khi kết quả đo được truyền về datalogger và kết nối lên cloud.



(a) Sơ đồ giải pháp



(b) Triển khai tại hầm đồng hồ



(c) datalogger và bộ thu năng lượng mặt trời được bố trí cao lên

Hình 5: Triển khai thí điểm giải pháp giám sát dùng nước thông minh tại các điểm giao nhận dịch vụ thủy lợi hạ du hồ Lái Bay

Tiêu chí 3: Hiện đại hóa hệ thống thông tin và hỗ trợ ra quyết định vận hành

Hệ thống thông tin: Nghiên cứu đã thiết lập một máy chủ cloud với phần mềm IOT platform để kết nối, quản trị thiết bị, xử lý các thông tin thời gian thực trên hệ thống. Các giao thức Internet do platform này cung cấp (HTTP, MQTT, COAP) đã được chuẩn hóa để phục vụ cho việc mở rộng hệ thống sau này. Hệ thống IOT chia ra bao gồm các khối: quản lý thiết bị (device) hay chính là CSDL, quản lý chuỗi xử lý bao gồm khả năng xử lý số liệu đến tùy biến phục vụ cho kiểm tra, xử lý, tính toán, và kết nối thông tin đến các hệ thống khác, thư viện API để đảm bảo chia sẻ thông tin với hệ thống khác và xây dựng các ứng dụng xoay quanh hệ CSDL. Hệ thống sau khi được thiết lập đã kết nối với 3 trạm quan trắc dòng nước hạ du (tổng cộng 23 hộ dùng

nước), 1 trạm tổng hợp là tích hợp của 3 trạm bao gồm quan trắc mực nước, lưu lượng, mưa, gió, nhiệt, ẩm, áp suất và bức xạ. Từ đây các ứng dụng người dùng đã được phát triển ở dạng web và mobile app để người dùng có thể dễ dàng tiếp cận số liệu. (Hình 5,6)



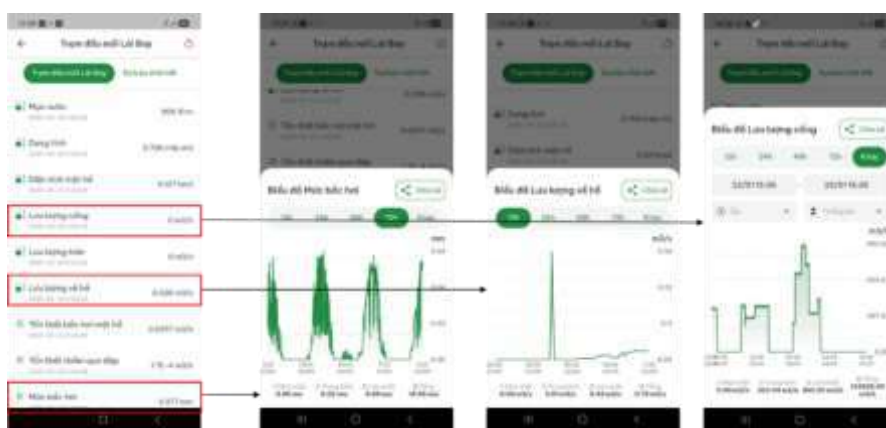
Hình 5: Sơ đồ hệ thống thông tin IOT cho hồ Lái Bay



(a)



(b)



(c)

Hình 6: Ứng dụng web, app cho theo dõi thông tin (a) theo dõi mực nước hồ trên web, (b) theo dõi mưa và dòng chảy đến trên web (c) theo dõi các thông số quan trắc trên mobile app

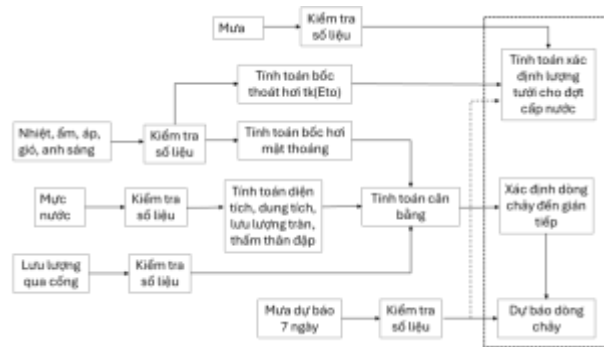
Hỗ trợ ra quyết định vận hành đã được tập trung vào:

(i) Xây dựng một hệ thống tính toán dự báo thời gian thực dòng chảy đến hồ: Để dự báo được cần tính toán được dòng chảy đến. Hồ

Lái Bay có dạng “bàn tay” dòng chảy đến từ nhiều nhánh suối/khe nhỏ, việc đo trực tiếp dòng chảy là không khả thi. Nghiên cứu sử dụng phương pháp cân bằng nước để tính ngược lại dòng chảy dựa trên phương trình sau:

$$I_i = S_{i+1} - S_i + O_i + L_i$$

Trong đó: S_{i+1} : dung tích hồ chứa ở bước thứ $i+1$, được xác định từ mực nước và đường đặc tính lòng hồ; S_i : dung tích hồ chứa ở bước i , được xác định từ mực nước và đường đặc tính lòng hồ; O_i : tổng xả ở bước I , được xác định từ tính toán thủy lực cống tràn từ mực nước; L_i : tổng tổn thất ở bước I , chủ yếu là do bốc hơi mặt thoát, được xác định qua quan trắc khí hậu và mực nước. Dòng chảy ra khỏi hồ thường xuyên là xả qua cống (vận hành) và khi lũ lớn xuất hiện tràn tự do sẽ được tính bằng các công thức thủy lực của tràn mở vệt. Các tổn thất đưa vào tính bao gồm bốc hơi mặt hồ sẽ được định qua phương pháp PENMAN tự xây dựng thuật toán từ hướng dẫn của (FAO56) từ quá trình nhiệt, ẩm, áp suất, bức xạ đo được, tổn thất thấm qua đập được tính toán từ công thức trong quá trình thiết kế với đập đất này. Tính toán dòng chảy đến sử dụng mô hình Mike Nam đã được kiểm định sau đó tích hợp chạy online trên server, quá trình đồng bộ số liệu mưa giám sát, dòng chảy đến giám sát, và mưa dự báo 3 ngày (nhiều nguồn GFS, ECMWF) cho phép thu được dự báo có độ chính xác nhất dòng chảy về hồ, dự báo diễn biến dung tích, mực nước cũng được đưa ra theo làm tham khảo cho người vận hành. (Hình 7)



Hình 7: Sơ đồ tính toán hỗ trợ ra quyết định vận hành

(ii) Xác định thời gian xả công hợp lý: Hồ Lái Bay thực hiện cấp nước cho cây trồng, vật nuôi, tạo nguồn nước sinh hoạt... qua cống ngầm D600. Về mặt mục tiêu sử dụng, có thể phân làm hai loại chủ yếu, một là cho 30ha lúa qua được ống nhánh D200 với lưu lượng cấp tối đa vào khoảng 1200 m³/h, thứ 2 là qua đường ống áp lực D300 dẫn khoảng hơn 8km cho cây trồng cạn, vật nuôi, sinh hoạt cho các xã Phông Lái, Chiềng Pha ở hạ du. Cấp nước được chia thành từng đợt, kế hoạch được thống nhất giữa chủ hồ và đại diện các xã ở hạ du. Thời gian xả được xác định theo kinh nghiệm của chủ hồ và chưa có một cơ sở khoa học nào để tính toán lượng xả này. Những sự bổ sung về mưa, sự thay đổi nhu cầu nước của cây trồng theo thời tiết ở hạ du vốn là nguồn thay đổi lớn hoàn toàn mới được xem xét ở mức định tính. Do vậy, thời gian xả thường được cân nhắc một cách rất an toàn, hệ quả là, một số năm diễn hình gần đây như 2022, 2023 hồ đã rơi vào trạng thái cạn từ rất sớm. Trong nghiên cứu này, nhóm thực hiện đã đề xuất sử dụng với trạm thời tiết thời gian thực giám sát sẽ có thể cung cấp số liệu khí tượng (gió, nhiệt, ẩm, áp, bức xạ) làm đầu vào để tính toán bốc thoát hơi ETo, từ đó, trên cơ sở so sánh với lượng mưa, sẽ có thể xác định một thời gian xả hợp lý (Hình 8).



Hình 8: Biểu đồ tính toán lũy tích mưa RainCu (xanh lá), lũy tích bốc thoát hơi ETCu (tím) và nhu cầu nước NetCu (hồng). Thời điểm chọn tính từ đợt xả trước đến thời điểm kế hoạch xả

Người dùng có thể xác định lượng xả một cách chính xác hơn, dựa trên công thức sau:

$$\text{Lượng xả} = ((ETCu * Kc - RainCu * Kr) * A + NCK) / Km \quad (1)$$

$$\text{Thời gian xả} = \text{Lượng xả} / \text{Lưu lượng xả} \quad (2)$$

Trong đó: Kc là hệ số cây trồng, ở đây chọn

Kc bình quân của cây trồng trong vùng tưới; Kr là hệ số mưa hiệu quả, thường lấy 0,7; A là diện tích vùng tưới theo đợt xả nước; NCK là nhu cầu cho chăn nuôi, sinh hoạt...thường các nhu cầu này là cố định và có thể ước lượng được; Km là hệ số hiệu quả kênh mương, đại diện cho tổn thất cho đến khi nước đến tận vùng rễ của cây, có thể lấy tạm Km là 0,75 cho hệ thống này do sự giảm tổn thất trong cấp nước đường ống tương đối cao so với các hình thức dẫn nước khác. Thời gian xả (2) được xác định từ lượng xả chia cho lưu lượng xả, lưu lượng này hoàn toàn có thể xác định được nhờ

trạm quan trắc lưu lượng siêu âm. Kết quả áp dụng thử nghiệm đã cho thấy ở nhiều thời kỳ, khi áp dụng công thức có thể cắt giảm từ 12h tiếng xả (từ 6h sáng đến 6h tối) xuống còn 8÷9h xả, kế hoạch xả được đưa ra có cơ sở khoa học nên dễ dàng được các bên chấp thuận hơn.

4. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG MÔ HÌNH

Đánh giá kết quả ứng dụng mô hình đã được thực hiện trên các tiêu chí sau:

TT	Hạng mục	Trước khi áp dụng	Sau khi áp dụng	Đánh giá
1	Giám sát khí tượng thủy văn, an toàn hồ đập và dùng nước hạ du	• Đo mực nước thủy chí. • Không có công cụ đo mưa, giám sát lượng xả, giám sát dòng chảy về hồ • Công cụ giám sát dùng nước qua đồng hồ cơ, gần 2000 đồng hồ • Lưu trữ số liệu thủ công qua sổ sách, điện báo về công ty	• Đo mực nước tự động độ chính xác 1cm; đo mưa tự động độ chính xác 4%; giám sát nhiệt ẩm, bức xạ, gió • Giám sát lưu lượng xả công thời gian thực, độ chính xác 5%, giám sát xả tràn tự động, giám sát dòng chảy đến, bốc hơi mặt hồ, thấm • Giám sát từ xa và số hóa diễn biến dùng nước thí điểm tại 21 hộ dùng nước và 1 doanh nghiệp. • Số liệu truyền tin tự động về trung tâm, số hóa vào CSDL. Tiếp cận số liệu thuận tiện qua web, app.	Đã chuyển từ Thiêu các công cụ hoặc các công cụ giám sát thủ công ít chính xác sang tự động hóa và số hóa hoàn toàn các hoạt động giám sát cơ bản với độ chính xác đạt chuẩn KTTV. Đã tiết kiệm 100% nhân lực giám sát ở đầu mối và khẳng định tính khả thi để mở rộng giám sát dùng nước ra cho toàn khu vực hạ du.
2	Dự báo khí tượng thủy văn	• Nhận được các dự báo mang tính định tính từ các cơ quan KTTV, không cụ thể cho vùng hồ • Tham khảo một số sản phẩm mưa dự báo toàn cầu (Windy, Weather Accuc) • Không có công cụ tính toán dự báo dòng chảy riêng	• Hệ thống tự động tính toán dòng chảy dự báo 3 ngày từ giám sát, mưa dự báo đặc điểm lưu vực sử dụng mô hình toán Mike Nam tích hợp sẵn trên server • Kết quả dự báo cung cấp về dòng chảy đến, mực nước dự kiến, dung tích dự kiến • Kết quả dự báo có độ chính xác phù hợp khi hệ thống tự động đồng bộ với dòng chảy giám sát	Người vận hành đã có công cụ thu thập thông kê mưa dự báo tại chính lưu vực hồ. Lượng hóa tính toán dòng chảy về hồ một cách tự động trong 3 ngày tiếp theo. Điều này hỗ trợ xây dựng kế hoạch xả nước, có thể nhận định được đỉnh lũ (thời gian, cường độ), xây dựng kế hoạch phòng chống thiên tai. Tiết kiệm 80-90% nhân lực trong xây dựng kế hoạch vận hành điều tiết

TT	Hạng mục	Trước khi áp dụng	Sau khi áp dụng	Đánh giá
3	Tiết kiệm nước	Không có công cụ tính toán thời gian xả nên kế hoạch cấp nước hoàn toàn dựa trên kinh nghiệm và thống nhất các bên. Các đợt cấp nước thường kéo dài 12h từ 6h sáng đến 6h tối. Việc thiếu các công cụ giám sát dùng nước từ xa cũng hạn chế trong đơn đốc lấy nước, ra quyết định cắt xả sớm.	Hệ thống cung cấp công cụ hỗ trợ xác định lượng xả và thời gian một cách tự động. Các trạm giám sát dùng nước giúp người vận hành theo dõi được việc lấy nước của doanh nghiệp, các hộ dùng nước để đơn đốc kiểm tra lấy nước, qua đó có thể xác định thời gian xả sớm.	Có thể tiết kiệm từ 25÷30% lượng nước thông qua giảm 3h÷4h xả từ thông thường 12h xả. Các kế hoạch xả được xác định có cơ sở khoa học do đó, dễ dàng được các bên dùng nước chấp thuận hơn

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hồ thủy lợi Lái Bay là công trình thủy lợi cấp nước đường ống rất hiệu quả phục vụ cho chuyển đổi cơ cấu cây trồng các xã hạ du huyện Thuận Châu. Hồ đang được vận hành hiệu quả bởi công ty thủy lợi Sơn La. Tuy nhiên, công tác gặp nhiều khó khăn do địa bàn rộng, địa hình cao, nhân lực mỏng. Hồ chưa có thiết bị quan trắc hiện đại nào, quá trình ra quyết định hoàn toàn dựa trên kinh nghiệm. Mục tiêu của mô hình là ưu tiên hiện đại hóa tiêu chí quan trắc (khí tượng thủy văn đầu mối, nước đến, dùng nước hạ du) và nâng cao khả năng HTRQĐ vận hành phục vụ điều tiết hiệu quả. Trong đó, thử nghiệm một số các giải pháp công nghệ mới có thể góp phần nâng cao hiệu quả cũng như làm điển hình cho nhân rộng. Nghiên cứu đã lắp đặt và vận hành thành công hệ thống quan trắc mực nước, khí tượng (mưa, gió, bức xạ, nhiệt, ẩm, áp suất) và lưu lượng cống tại thân đập. Ngoài ra 3 trạm dùng nước tại hạ du đã được lắp đặt thí điểm ghi lại việc sử dụng nước của các hộ làm cơ sở cho theo dõi, đơn đốc lấy nước, sử dụng

nước tiết kiệm, tính phí...Các kết quả nghiên cứu cho thấy có thể tiết kiệm từ 80-100% công theo dõi, hỗ trợ ra quyết định vận hành, có thể tiết kiệm từ 25-30% lượng nước xả nhờ có thêm các thông tin định lượng về mưa, nhu cầu dùng nước cây trồng. Ngoài ra, một số công nghệ mới cho thủy lợi như giám sát lưu lượng siêu âm, công nghệ kết nối LORA 433Mhz, giám sát dùng nước thông minh quy đến 12 hộ/trạm đã được thử nghiệm thành công trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở giám sát, dự báo, hỗ trợ ra quyết định, các nghiên cứu và thử nghiệm tiếp theo nên tiếp tục được thực hiện cho hiện đại hóa khâu vận hành điều khiển.

LỜI CẢM ƠN: Bài báo sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài” Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí và giải pháp để hiện đại hóa công trình thủy lợi, nâng cao hiệu quả phục vụ sản xuất nông nghiệp”. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã tạo điều kiện cho Viện thực hiện đề tài nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ NN&PTNT (2021), "Chiến lược phát triển thủy lợi Việt Nam đến 2030, tầm nhìn 2045".

[2] World Bank (2020), "Vietnam: Water Resources Management".

[3] ADB (2019), "Climate Risks in the Mekong Delta: Challenges for Sustainable Water Management".

[4] FAO (2022), "Transforming Agriculture in Vietnam: Irrigation and Crop Diversification".

[5] UBND tỉnh Sơn La (2022). Kế hoạch chuyển đổi cơ cấu cây trồng gắn với phát triển thủy lợi đến năm 2030.

- [6] Báo Nông nghiệp và Môi trường (2025) Thủy lợi cho vùng đất khó [Bài 4]: Hồ nước đôi vận xã nghèo
- [7] UBND tỉnh Sơn La (2013). Quy trình vận hành hệ thống thủy lợi Lái Bay, xã Phổng Lái, huyện Thuận Châu, tỉnh Sơn La.
- [8] Holykell (2023), User Mannual Flow Measurement.
- [9] FAO (1998) “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56”