

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP VẬN HÀNH THÔNG MINH HỆ THỐNG CÔNG NGẦN MẶN VÀ ĐIỀU TIẾT NƯỚC TẠI TỈNH THÁI BÌNH

Nguyễn Lê Dũng, Bùi Duy Chí, Nguyễn Văn Lâm

Trung tâm tư vấn PIM

Bùi Thị Ngọc Hà

Ban Quản lý Trung ương các Dự án Thủy lợi

Tóm tắt: Hiện đại hóa đang là bước phát triển tiếp theo của ngành Thủy lợi. Điều này càng quan trọng hơn trong bối cảnh ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng, đặc biệt là với các vùng ven biển. Hệ thống thủy lợi, của tỉnh Thái Bình đã được chú trọng phát triển từ lâu, nhưng hiện nay mới chỉ dừng lại ở công đoạn điện khí hóa. Nghiên cứu này ứng dụng thí điểm hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh (hệ thống) gồm có phần cứng và phần mềm tại 02 cống dưới đê trên địa bàn tỉnh Thái Bình. Hiệu quả của hệ thống được đánh giá bằng bộ chỉ số do nhóm nghiên cứu đề xuất. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả đã chỉ ra hệ thống mang lại hiệu quả cao trong quản lý, sử dụng tài nguyên nước. Hiệu quả thể hiện rõ nét nhất ở tính chính xác và độ tin cậy trong vận hành cống. Mặc dù chi phí quản lý, vận hành và bảo trì cống có tăng nhẹ, nhưng về tổng thể hệ thống có hiệu quả. Đây cũng là đánh giá của người sử dụng hệ thống sau thời gian thí điểm.

Từ khóa: Cống, Hiện đại hóa, Xâm nhập mặn

Summary: Modernization is the next step in the development of the irrigation sector. This is even more important in the context of responding to climate change and sea levels rising, particularly in coastal areas. The irrigation system of Thai Binh province has long been a focus of development; however, it has only progressed to the stage of electrification currently. This study pilots the application of an intelligent operation support system, consisting of hardware and software, at two sluice gates under the dike in Thai Binh province. The system's effectiveness is evaluated through a set of indicators proposed by the research team. The study results show that the system delivers high efficiency in managing and using water resources. The most evident effectiveness is seen in the accuracy and reliability of sluice gate operations. Although management, operation, and maintenance costs have slightly increased, the system is overall effective. This is also the assessment of system users after the pilot period.

Keywords: Sluice gate, Modernization, Salinity intrusion

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây Liên hiệp quốc đã báo động về xu thế khí hậu ấm dần lên, hiện tượng tan băng ở 2 cực và sự dâng cao mực nước biển, dẫn đến gia tăng xâm nhập mặn (XNM) tại các quốc gia nằm ven biển. Không ngoại lệ, XNM ngày càng gia tăng tại các hệ thống sông lớn ở Việt Nam, trong đó có hệ thống sông Hồng – Thái Bình. Các nghiên cứu đã chỉ ra mức độ nhiễm mặn trên hệ thống sông

Hồng – Thái Bình đang ngày càng nghiêm trọng [1]. Theo kịch bản biến đổi khí hậu RCP 8.5, đến năm 2050 Thái Bình có 104 xã chịu ảnh hưởng của XNM, tập trung ở 3 huyện Tiền Hải, Thái Thụy và Kiến Xương. Trong đó, có tới 73 xã có nguy cơ cao (độ mặn trên 4 ‰) và 5 xã có nguy cơ rất cao (độ mặn trên 20 ‰) [2]. Có thể nói, XNM đang là thách thức lớn cho tỉnh Thái Bình nói chung và ngành Nông nghiệp của tỉnh nói riêng.

Ngày nhận bài: 02/01/2025

Ngày thông qua phản biện: 07/02/2025

Ngày duyệt đăng: 10/02/2025

Là một tỉnh đồng bằng ven biển, trong nhiều năm qua Thái Bình đã được đầu tư hệ thống đê sông, đê biển khép kín với tổng chiều dài 584,6 km đê và hàng trăm cống dưới đê phục vụ sản xuất và dân sinh. Hệ thống đê và cống dưới đê có vai trò đặc biệt quan trọng trong công tác phòng, chống thiên. Trên địa bàn tỉnh hiện có khoảng 192 cống dưới đê trong đó có 92 cống do công ty TNHH MTV KTCT Thủy lợi Bắc Thái Bình (IMC Bắc) quản lý và 100 cống do công ty TNHH MTV KTCT Thủy lợi Nam Thái Bình (IMC Nam) quản lý. Đa số các cống dưới

đê có hình thức là cống hộp (65,10%) còn lại là hình thức khác [3].

Ở khía cạnh quản lý vận hành (QLVH), mặc dù 77,5% số cống dưới đê trên địa bàn tỉnh vận hành bằng điện, nhưng đều được đóng mở thủ công trực tiếp tại chân công trình. Về công cụ quan trắc phục vụ QLVH, toàn vùng nghiên cứu mới chỉ có 10 cống có lắp đặt thiết bị quan trắc mực nước tự động. Các đơn vị còn quan trắc độ mặn bằng phương pháp thủ công (Hình 1).



Hình 1: Phương pháp quan trắc mặn thủ công tại vùng nghiên cứu [3]: (a) Công cụ lấy mẫu (nước) thủ công; (b) Công nhân vận hành sử dụng công cụ để lấy mẫu; (c) Bộ công cụ “thí nghiệm” xác định độ mặn của nước theo phương pháp hóa học

Thực tế vận hành công trình chủ yếu phụ thuộc vào kinh nghiệm, thiếu các công cụ quan trắc, cảnh báo, điều khiển từ xa để vận hành công trình một cách có hệ thống từ đầu mối đến mặt ruộng và giữa các hệ thống với nhau. Hàng năm, các đơn vị quản lý phải đầu tư nhân lực, kinh phí rất lớn để thu thập cơ sở dữ liệu đầu vào (mực nước kênh; mực nước trong sông và trong đồng; chất lượng nước...) tại thực địa, nhằm đáp ứng kịp thời thông báo, điều tiết nước tưới tiêu phục vụ cho sản xuất và sinh hoạt, đảm bảo ổn định đời sống của nhân dân trong vùng. Đến mùa khô, đặc biệt là các thời điểm triều cường khi nguy cơ xâm nhập mặn cao, độ mặn thay đổi rất nhanh, công nhân phải theo dõi độ mặn với tần suất ngắn (có thể lên tới 30’/lần đo). Với phương pháp thủ công như hiện nay, không chỉ làm tăng chi phí và tăng gánh nặng cho công

nhân vận hành, mà còn không đảm bảo tính kịp thời, tính chính xác của số liệu. Trong trường hợp sự cố (VD: sự cố hơn 170 ha lúa chết bất thường ở Thái Thụy, Thái Bình [4]), dễ phát sinh mâu thuẫn và làm chậm tiến độ giải quyết. Nguyên nhân là do số liệu quan trắc độ mặn, lịch sử vận hành công trình bằng thủ công, chỉ được ghi chép bằng sổ của công nhân vận hành nên thiếu độ tin cậy, các cơ quan chức năng cùng người dân không được tiếp cận kịp thời.

Vì vậy, để vận hành công trình thủy lợi đáp ứng kịp thời nhu cầu sản xuất và dân sinh, cần thiết phải thay đổi phương thức QLVH công trình theo hướng hiện đại hóa, ứng phó chủ động và kịp thời với biến đổi khí hậu (BĐKH), đặc biệt là XNM. Trong đó, giải pháp đặt ra là phải ứng dụng mạnh mẽ công nghệ, trước hết là các công nghệ giám sát, điều khiển từ xa... Bài báo trình

bày kết quả ứng dụng giải pháp vận hành thông minh hệ thống cống ngăn mặn và điều tiết trên địa bàn tỉnh Thái Bình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sau khi phân tích hiện trạng vùng nghiên cứu, tác giả đã đề xuất các giải pháp phù hợp. Để ứng dụng giải pháp đề xuất, tác giả xây dựng 02 mô hình trình diễn vận hành thông minh cống ngăn mặn, điều tiết nước dưới đê sông Hồng và sông Trà Lý. Sau khi thiết lập, các mô hình được đưa vào sử dụng, theo dõi, thu thập số liệu và đánh giá hiệu quả. Phương pháp xây dựng mô hình trình diễn và đánh giá hiệu quả được trình bày chi tiết dưới đây.

2.1. Xây dựng mô hình trình diễn

Mô hình trình diễn gồm 02 phần chính:

(i) Phần mềm website, ứng dụng giao tiếp trực tiếp giữa các thiết bị với người dùng: Là nơi người dùng có thể tương tác trực tiếp, trực quan nhất có thể đem lại hiệu quả cao nhất trong việc quản lý thiết bị, thiết lập thông số kỹ thuật, khai thác, hiệu chỉnh số liệu... Ngoài ra, cần có cơ sở dữ liệu là nơi lưu trữ dữ liệu, phần mềm website, các phần mềm service... kết nối cơ sở dữ liệu, lệnh điều khiển với các thiết bị ngoại vi.

(ii) Phần cứng: Các thiết bị ngoại vi, trạm làm việc như: các trạm đo mực nước, độ mặn, độ mở cống, thiết bị vận hành cống từ xa, camera giám sát...



Hình 2: Mô hình kết nối tổng thể

a. Phần mềm

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sử

dụng ngôn ngữ lập trình mã nguồn mở PHP (Hypertext Preprocessor). Đây là ngôn ngữ kịch bản (scripting language), là một nhánh của ngôn ngữ lập trình. Tập tin chứa mã lệnh viết bằng ngôn ngữ kịch bản có thể được chạy (hay thực thi) trực tiếp trên máy mà không cần phải chuyển sang một định dạng khác [5]. Cấu trúc sử dụng là framework Codeignite phiên bản 3.0 - một trong những nền tảng dùng trong thiết kế web động bằng mã nguồn mở. Web Framework này được viết bằng ngôn ngữ lập trình PHP theo mô hình MVC (Model-View-Controller) và cho ra mắt phiên bản đầu tiên vào năm 2006 với một loạt thư viện viết sẵn bằng ngôn ngữ PHP [6].

Hệ quản trị cơ sở dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là MySQL. Đây là CSDL tự do nguồn mở phổ biến nhất thế giới và được các nhà phát triển rất ưa chuộng trong quá trình phát triển ứng dụng. MySQL có ưu điểm hệ quản trị cơ sở dữ liệu tốc độ cao, ổn định và dễ sử dụng, có tính khả chuyển, hoạt động trên nhiều hệ điều hành cung cấp một hệ thống lớn các hàm tiện ích rất mạnh. Với tốc độ và tính bảo mật cao, MySQL rất thích hợp cho các ứng dụng có truy cập CSDL trên internet [7].

b. Phần cứng

Trên cơ sở hiện trạng, tác giả lắp đặt, bổ sung các thiết bị cần thiết để đảm bảo các nội dung nghiên cứu. Phương pháp này sẽ đảm bảo được khả năng nhân rộng kết quả đề tài, phù hợp với hiện trạng tại tỉnh Thái Bình đã có hệ thống cống dưới đê tương đối đầy đủ. Các thiết bị lắp đặt cho mỗi mô hình gồm:

- + Thiết bị hỗ trợ vận hành điều khiển từ xa: 01 bộ thiết bị;
- + Thiết bị đo độ mở cống tự động: 01 bộ
- + Máy đo mực nước: 02 máy (thượng, hạ lưu cống);
- + Thiết bị đo độ mặn: 01 máy
- + Camera giám sát: 01 bộ (thượng và hạ lưu cống)
- + Thiết bị khác: bảng hiển thị số liệu, loa cảnh báo...

2.2. Đánh giá hiệu quả

Để đánh giá hiệu quả của giải pháp, nhóm

nghiên cứu xây dựng một bộ chỉ số đánh giá hiệu quả mô hình trình diễn do nhóm nghiên cứu. Bộ chỉ số được xây dựng theo phương pháp Delphi gồm có 2 nhóm với các chỉ số như sau [3]:

i. Nhóm chỉ số về hiệu quả quản lý khai thác công trình thủy lợi

1. **Hệ số cấp nước tương đối (D):** được tính bằng tỷ lệ giữa lượng nước cấp thực tế so với lượng nước cần thiết phải cấp. Giá trị D càng gần 1 thì hiệu quả sử dụng nước càng cao.

2. **Độ tin cậy (r):** Được đánh giá qua mức độ cấp nước đáp ứng với nhu cầu dùng nước theo thời gian. Độ tin cậy được xác định như sau:

$$r = CV(ds)$$

Trong đó, ds là hệ số cấp nước tương đối giữa lượng nước cấp và lượng nước yêu cầu trong thời gian đánh giá (thường là 1 vụ sản xuất). Giá trị hệ số r càng gần 0 thì mức độ tin cậy càng lớn.

3. **Độ chính xác (a):** là mức độ cấp nước so với nhu cầu nước của cây trồng. Hệ số lượng cấp nước tương đối để xác định độ chính xác phân phối nước được xác định như sau:

$$a = X(d)$$

Trong đó, X(d) là giá trị trung bình của hệ số cấp nước tương đối giữa lượng nước cấp và lượng nước yêu cầu theo các giai đoạn của thời gian đánh giá (thường là 1 vụ sản xuất). Giá trị hệ số a càng gần 1 thì mức độ chính xác càng lớn.

4. **Kiểm tra quan trắc (M):** Phản ánh mức độ đầu tư trang thiết bị quản lý và thực hiện chế độ quan trắc theo quy định. Tính bằng tỷ lệ giữa số lượng điểm quan trắc thực tế so với quy định.

5. **Hiệu quả ứng phó xâm nhập mặn (R):** là tỷ lệ giữa diện tích bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn (năng suất thiệt hại trên 30%) và tổng diện tích sản xuất trong vụ. Chỉ số R càng nhỏ thì hiệu quả của công trình càng lớn.

6. **Hiệu quả năng suất cây trồng (Y):** Được xác định bằng bình quân năng suất cây trồng so với tổng lượng nước cấp trong 1 vụ. Y càng lớn thì hiệu quả công trình càng cao.

7. **Suất chi phí vận hành bảo dưỡng và sửa chữa thường xuyên (O):** Phản ánh mức độ chi phí cho bảo dưỡng và sửa chữa thường xuyên của công trình. Tính bằng bình quân chi phí vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa thường xuyên cho một đơn vị diện tích.

8. **Chỉ số an toàn của công trình (S):** Được tính bằng tỉ lệ % chi phí khắc phục sự cố trong quá trình vận hành hàng năm so với chi phí bảo dưỡng và sửa chữa thường xuyên của công trình. Chỉ số S càng nhỏ thì công trình càng hiệu quả

ii. Nhóm 2. Chỉ số về sự hài lòng của người sử dụng

1. **Hiệu quả sử dụng nước (U1):** Phản ánh khả năng cải thiện hiệu quả sử dụng nước của công trình

2. **Bảo vệ cơ sở vật chất (U2):** Phản ánh hiệu quả bảo vệ cơ sở vật chất, thiết bị trong phạm vi công trình

3. **Hiệu quả vận hành (U3):** Phản ánh hiệu quả trong công tác điều khiển, vận hành công trình

4. **Hiệu quả quản lý (U4):** Phản ánh hiệu quả trong công tác quản lý hành chính, quản lý tổng thể

5. **Tính ổn định của hệ thống (U5):** Phản ánh mức độ ổn định của hệ thống thiết bị quan trắc, điều khiển

6. **Thích ứng xâm nhập mặn (U6):** Phản ánh mức độ hỗ trợ trong ứng phó XNM.

7. **Khả năng tiếp cận sử dụng (U7):** Phản ánh mức độ dễ sử dụng, nhân rộng của hệ thống.

Nhóm chỉ số về hiệu quả QLKT CTTL được đánh giá bằng cách thu thập số liệu quản lý, vận hành tại các đơn vị quản lý công trình trong giai đoạn 2023 – 2024. Số liệu để tính toán các chỉ số P, r, a, R, Y được thu thập trong vụ Đông Xuân 2023 và 2024. Các chỉ số M, O, S được thu thập trong 2 giai đoạn gồm: 11/2022 – 10/2023 và 11/2023 - 10/2024. Sau khi tính toán các chỉ số cho từng công trình, tác giả sử dụng phương pháp đánh giá trước – sau (trước khi áp dụng mô hình và sau khi áp dụng mô hình) và phương pháp đối chứng (so sánh giữa công có áp dụng hệ thống hỗ trợ vận

hành với cống không áp dụng hệ thống).

Nhóm chỉ số về sự hài lòng của người sử dụng được đánh giá thông qua tham vấn ý kiến của 22 cán bộ trực tiếp QLVH và cán bộ quản lý của các đơn vị liên quan tại vùng nghiên cứu. Nhóm chỉ số được thiết kế thành bảng hỏi, sử dụng thang đo Linkert 5 mức độ (từ 1 - rất kém tới 5 - Rất tốt) cho mỗi chỉ số. Ngoài ra, tác giả sử dụng thêm 2 chỉ số phụ là Mô hình có hiệu quả hay không (U: 1- có hiệu quả và 0 – không có hiệu quả) và Mức độ hiệu quả của mô hình (Uo: 1- Rất ít hiệu quả cho tới 5 – Rất có hiệu quả). Số liệu được phân tích bằng phương pháp phân tích thống kê.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Giới thiệu mô hình trình diễn

Mô hình được thiết lập tại cống Thuyền Quan (sông Trà Lý) và cống Nguyệt Lâm (sông Hồng) (Hình 3). Đây là 2 cống có nhiệm vụ quan trọng trong HTTL của tỉnh Thái Bình.



Hình 3: Vị trí mô hình trình diễn

Cống Thuyền Quan được xây dựng từ thời kỳ Pháp thuộc có nhiệm vụ đặc biệt quan trọng trong việc điều tiết (tưới, tiêu) trên địa bàn phía Bắc tỉnh Thái Bình. Cống Thuyền Quan có một cửa, cánh cống phẳng bằng thép chia làm 02

tầng và nâng cấp vận hành bằng tời điện. Tổng diện tích phục vụ của công trình là 8.705 ha thuộc địa bàn 4 xã huyện Đông Hưng và phần lớn vùng Nam huyện Thái Thụy. Hiện nay với diễn biến xâm nhập mặn ngày càng sâu trên lưu vực sông Trà Lý vì vậy cống Thuyền Quan có vai trò cực kỳ quan trọng trong việc cung cấp nước tưới và hỗ trợ tiêu nước khi mực nước sông Trà Lý cho phép. Ngoài ra, cống Thuyền Quan là cửa ngõ trên trục giao thông thủy từ sông Trà Lý và sông Thuyền Quan cho nên có nhiệm vụ giao thông thủy cho các thuyền có tải trọng lớn qua lại thường xuyên hàng ngày. Cống Thuyền Quan được QLVH trực tiếp bởi IMC Bắc. Tổng số cán bộ phụ trách vận hành công trình tại cống Thuyền Quan là 04 công nhân. Các công nhân phụ trách tại công trình đều có trình độ Trung cấp trở lên và được đào tạo bài bản về vận hành công trình thủy lợi. Các thiết bị ngoại vi phục vụ nghiên cứu lắp đặt tại cống như Hình 4 dưới đây.

Trong khi cống Thuyền Quan thuộc HTTL Bắc Thái Bình do IMC Bắc quản lý, Cống Nguyệt Lâm thuộc HTTL Nam Thái Bình do IMC Nam quản lý. Cống Nguyệt Lâm được xây dựng và đưa vào sử dụng từ năm 2000, phục vụ cho 9.700 ha đất canh tác 3 vụ trên địa bàn huyện Kiến Xương. Ngoài ra, cống Nguyệt Lâm có vai trò là cửa ngõ trên trục giao thông thủy từ sông Hồng và sông Kem cho nên có nhiệm vụ giao thông thủy cho các thuyền có tải trọng lớn qua lại thường xuyên hàng ngày. Tương tự như công Thuyền Quan, cống Nguyệt Lâm có một cửa, cánh cống phẳng bằng thép chia làm 02 tầng và nâng cấp vận hành bằng tời điện. Mặc dù có quy mô, nhiệm vụ tương tự nhưng cống Nguyệt Lâm chỉ do 02 công nhân QLVH.



Hình 4: Thiết bị ngoại vi lắp đặt tại cống Thuyền Quan

3.2. Hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh và các tính năng chính

Giao diện chính của hệ thống được thiết kế tối giản, hiển thị các thông tin các trạm đo tự động để dễ dàng trong việc điều hành hệ thống. Giao diện chính được thiết kế dưới dạng web (Hình 5) và dạng mobile, giúp cho người sử dụng khai thác dữ liệu một cách linh hoạt.



Hình 5: Giao diện chính của hệ thống

Hệ thống được thiết kế với các chức năng chính như sau:

- **Phân quyền quản lý:** Người sử dụng được phân quyền theo chức vụ cụ thể của từng bộ phận thuộc bộ máy tổ chức của công ty. Đối với quản lý, khai thác dữ liệu quan trắc, mỗi chức vụ cụ thể được có thể được phân 5 quyền khác nhau theo quy định của Công ty, gồm có: (i) Xem; (ii) Thêm; (iii) Sửa; (iv) Xóa; và (v) Báo cáo. Đối với phân quyền vận hành cống, một thành viên không thể vận hành toàn bộ hệ thống mà chỉ có thể được quyền vận hành 1 hay một số cống nào đó trong hệ thống.

- **Hiển thị dữ liệu đo tự động theo thời gian thực (realtime):** với chức năng này, người dùng có thể tra cứu số liệu từ các trạm quan

trắc tự động đã lắp đặt. Tùy theo mỗi loại thiết bị, dữ liệu có thể truyền về với tần suất 1h/lần. Hệ thống cho phép xem diễn biến dữ liệu realtime dưới dạng bảng hoặc biểu đồ.

- **Điều khiển vận hành:** chức năng này cho phép người sử dụng điều khiển công trình từ xa. Người sử dụng có thể lệnh đóng, cống, mở cống thông qua internet. Để đảm bảo vận hành an toàn và chính xác, giao diện vận hành đồng thời hiển thị các số liệu mực nước, độ mặn, độ mở cống. Lịch sử vận hành sẽ được ghi lại trên cơ sở dữ liệu làm căn cứ kiểm tra, đánh giá khi cần thiết.



Hình 6: Giao diện vận hành cống từ xa

- **Báo cáo số liệu:** Ngoài ra Website còn có chức năng xuất báo cáo trực tiếp số liệu quan trắc (mực nước, độ mặn, vận hành cống) theo khoảng thời gian yêu cầu bằng hình thức in trực tiếp qua máy in hoặc xuất dưới dạng thông kê bằng phần mềm Excel.

3.3. Hiệu quả mô hình

Hiệu quả của mô hình được đánh giá thông qua bộ chỉ số đã trình bày trước đó. Kết quả đánh giá nhóm chỉ số về hiệu quả QLKT CTTL được trình bày ở Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1: Kết quả đánh giá hiệu quả quản lý khai thác công trình thủy lợi tại 2 mô hình

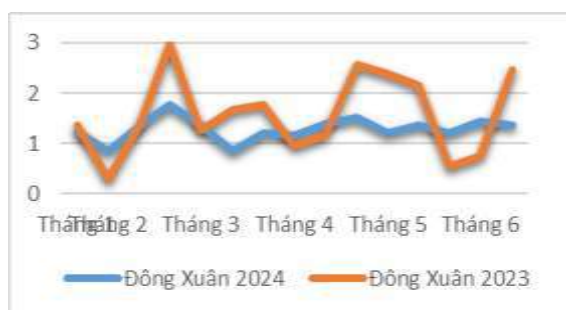
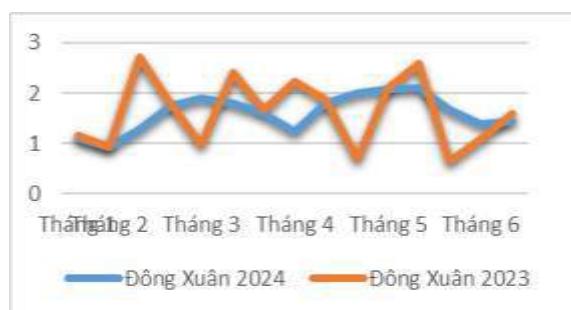
trình diễn trước và sau khi thử nghiệm hệ thống hỗ trợ vận hành

TT	Chỉ số	ĐVT	Thuyền Quan			Nguyệt Lâm		
			2023	2024	So sánh (%)	2023	2024	So sánh (%)
1	D		1,39	1,39	0,01	1,18	1,17	0,87
2	r		0,42	0,22	46,73	0,51	0,18	64,43
3	a		1,64	1,60	2,22	1,57	1,29	18,34
4	M	%	67	100	33	67	100	33
5	Y	Tạ/ha.m ³	0,99	0,98	-0,98	1,03	1,05	1,14
6	R	%	-	-	-	-	-	-
7	O	Đồng/ha	40.669,1	44.714,8	9,95	23.403,8	25.782,7	10,16
8	S	%	-	-	-	-	-	-

Nguồn: Theo dõi của các tác giả và số liệu do IMC Bắc và IMC Nam cung cấp

Số liệu cho thấy, sau khi áp dụng hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh hệ số cấp nước tương đối (D) thay đổi không đáng kể (tăng 0,01% và 0,87% lần lượt tại cống Thuyền Quan và Nguyệt Lâm). Tuy nhiên, độ chính xác và độ tin cậy có sự thay đổi đáng kể. Tại cống Thuyền

Quan, độ chính xác tăng 46,73%, độ tin cậy chỉ tăng 2,22%. Trong khi đó, tại cống Nguyệt Lâm độ chính xác tăng 64,43% và độ tin cậy tăng 18,34%. Hình 7 dưới đây miêu tả diễn biến hệ số cấp nước tương đối theo thời gian tại các mô hình trình diễn.



Hình 7: Diễn biến hệ số cấp nước tương đối tại Cống Thuyền Quan (trái) và cống Nguyệt Lâm (phải) trước (vụ Đông xuân 2023) và sau khi thử nghiệm hệ thống hỗ trợ vận hành (vụ Đông xuân 2024)

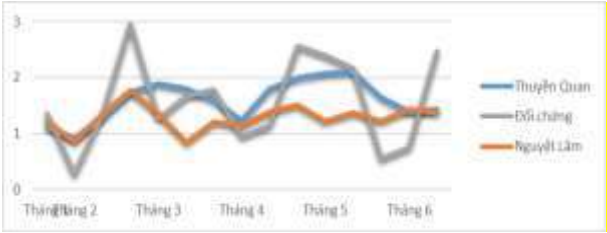
Có thể thấy rằng, lượng nước cấp cho cây trồng đã phù hợp hơn tại cả 2 mô hình trình diễn (đúng lúc, đủ lượng). Bên cạnh đó, tác giả cũng đã tính toán lượng nước cấp tương đối tại một cống có điều kiện tương tự để làm đối chứng. Kết quả được thể hiện tại Hình 8 dưới đây. Có thể thấy rằng, lượng nước cấp cho cây trồng tại cả 2 mô hình trình diễn đều phù hợp hơn rõ rệt so với tại cống đối chứng.

Mặc dù có sự cải thiện đáng kể trong việc cấp nước, nhưng chỉ số về hiệu quả năng suất cây trồng không có thay đổi đáng kể. Tại cống

Thuyền Quan, chỉ số này giảm gần 1%, trong khi đó cống Nguyệt Lâm tăng hơn 1%. Điều này cho thấy hệ thống hỗ trợ vận hành hầu như không có tác động tới năng suất lúa.

Có hai chỉ số khác không có sự thay đổi ở cả 2 mô hình trình diễn là hiệu quả ứng phó xâm nhập mặn R và chỉ số an toàn của công trình S (đều bằng 0). Nguyên nhân là cả trước và sau khi áp dụng hệ thống hỗ trợ vận hành vùng tưới của cả 2 cống đều không có diện tích thiệt hại do xâm nhập mặn. Các công trình cũng không gặp sự cố nào vì vậy không làm phát sinh chi

phí khắc phục sự cố.



Hình 8: Diễn biến hệ số cấp nước tương đối tại cống Thuyền Quan, cống Nguyệt Lâm và đối chứng (vụ Đông xuân 2024)

Một chỉ số khác có tăng nhiều là chỉ số về kiểm tra quan trắc (tăng 50% ở cả 2 mô hình trình diễn). Trước đó, các cống chỉ có thiết bị quan trắc mực nước bằng thủy chí, việc quan trắc mặn được thực hiện bằng thủ công, không có trạm quan trắc.

Bên cạnh các chỉ số về kỹ thuật cho thấy sự cải thiện của hệ thống tới công tác QLVH, chỉ số về kinh tế tại cho thấy chiều hướng ngược lại. Số liệu cho thấy suất chi phí vận hành và bảo dưỡng thường xuyên (O) tăng nhẹ tại cống Thuyền Quan và Nguyệt Lâm lần lượt là 9,95%

và 10,16%. Điều này là do các chi phí phát sinh thêm khi cần phải sửa chữa, bảo dưỡng các thiết bị quan trắc. Ngoài ra, yếu tố thể chế (tăng lương cơ sở áp dụng từ tháng 7/2024) cũng làm cho chỉ số O tăng nhẹ.

Đối với nhóm chỉ số về sự hài lòng của người sử dụng, 22 công nhân vận hành trực tiếp và các cán bộ kỹ thuật, cán bộ quản lý có liên quan đã cho ý kiến đánh giá bằng bảng hỏi. Kết quả phân tích định lượng bằng phương pháp thống kê mô tả được trình bày ở Bảng 2 dưới đây. Số liệu cho thấy 100% số người được hỏi cho rằng hệ thống hỗ trợ có hiệu quả (Biến quan sát Hiệu quả). Biến quan sát Mức độ hiệu quả có giá trị Mean = 4,09 cho thấy người sử dụng cho rằng hệ thống có hiệu quả cao. Tất cả các biến từ U1 (Hiệu quả sử dụng nước) tới U7 (Khả năng tiếp cận sử dụng) có Mean giao động từ 4,23 – 4,64, độ lệch chuẩn Std. Dev giao động từ 0,492 – 0,685 cho thấy người sử dụng đồng ý cao rằng hệ thống có hiệu quả theo cả 7 chỉ số nhóm 2.

Bảng 2: Kết quả phân tích thống kê mô tả đánh giá hiệu quả mô hình từ người sử dụng

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Hiệu quả sử dụng nước	22	3	5	4,23	,685
Bảo vệ cơ sở vật chất	22	4	5	4,64	,492
Hiệu quả vận hành	22	4	5	4,45	,510
Hiệu quả quản lý	22	3	5	4,32	,716
Tính ổn định của hệ thống	22	4	5	4,36	,492
Thích ứng xâm nhập mặn	22	4	5	4,50	,512
Khả năng tiếp cận sử dụng	22	4	5	4,50	,512
Hiệu quả	22	1	1	1,00	,000
Mức độ hiệu quả	22	3	5	4,09	,610
Valid N (listwise)	22				

3.4. Thảo luận

Kết quả đánh giá cho thấy, hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh công ngăn mặn, điều tiết nước là có hiệu quả. Hiệu quả của hệ thống được thể hiện rõ nét nhất ở công tác vận hành cống. Sau khi áp dụng hệ thống, công tác vận hành cấp nước đã chính xác và tin cậy hơn đáng kể. Thông qua đó, hệ thống góp phần giúp sử dụng tài nguyên nước hiệu quả hơn. Điều này phù hợp với kết luận của Nguyễn Lê Dũng và đồng

sự [8].

Chưa có bằng chứng rõ ràng chứng minh hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh có thể làm tăng năng suất lúa. Thực tế thì năng suất lúa tại vùng nghiên cứu đã ở vào mức ổn định và phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Bên cạnh đó, mô hình trình diễn mới chỉ thực hiện ở công trình đầu mối của hệ thống, tác động chưa đủ sâu tới nội đồng.

Các chỉ tiêu hiệu quả về ứng phó xâm nhập mặn

và an toàn công trình mặc dù chưa có bằng chứng rõ ràng, nhưng có thể kết luận là hệ thống có hiệu quả này thông qua các chỉ số đánh giá về sự hài lòng người sử dụng. Thực tế thì việc vận hành công một cách linh hoạt trong khi vẫn đảm bảo không có thiệt hại do xâm nhập mặn cũng đã phần nào chứng minh tính hiệu quả của nó. Với hệ thống này, công nhân vận hành hay người quản lý có thể chủ động hơn trong ứng phó thiên tai nói chung, xâm nhập mặn nói riêng. Số liệu quan trắc hay lịch sử vận hành công trình được ghi chép trên hệ thống cơ sở dữ liệu, có thể truy xuất bất kỳ lúc nào, bất kỳ ở đâu có Internet là công cụ hữu ích trong trường hợp có sự cố đáng tiếc xảy ra.

Mặc dù được kỳ vọng là sẽ giúp giảm chi phí quản lý, vận hành công trình, nhưng các số liệu lại cho thấy kết quả ngược lại. Đối với cống Thuyền Quan, nơi có 4 công nhân quản lý, vận hành công trình, hoàn toàn có thể thử nghiệm tiết giảm nhân công lao động. Tuy nhiên, phạm vi đề tài không đủ thẩm quyền để làm việc này. Ngược lại, cống Nguyệt Lâm chỉ có 2 công nhân vận hành, nhưng vẫn đảm bảo quản lý, vận hành công trình có quy mô tương tự. Với sự so sánh như vậy, cống Thuyền Quan hoàn toàn có thể cắt giảm 50% nhân công lao động.

Đánh giá của người sử dụng cũng cho thấy hệ thống có thể sử dụng một cách dễ dàng sau khi được hướng dẫn. Phần mềm có giao diện thân thiện, trong khi công nhân vận hành có thể tự bảo trì và sửa chữa, thay thế phần lớn thiết bị. Bên cạnh đó, các thiết bị ngoại vi đã hoạt động tốt trong môi trường nước nhiễm mặn và trải qua cơn bão số 3 lịch sử vừa qua mà không có thiệt hại đáng kể nào. Đây là những điểm mấu chốt, quyết định việc hệ thống có được nhân rộng hay không.

4. KẾT LUẬN

Hiện đại hóa đang là bước phát triển tiếp theo của ngành Thủy lợi. Điều này càng quan trọng hơn trong bối cảnh ứng phó với BĐKH và NBD đặc biệt là với các vùng ven biển. Là một trong những địa phương đứng đầu cả nước về nông nghiệp nói chung và thủy lợi nói riêng, HTTL của tỉnh Thái Bình đã được chú trọng phát triển

từ lâu, đến nay đã tương đối hoàn thiện. Tuy nhiên, công tác QLVH CTTL, đặc biệt là các cống dưới đê làm nhiệm vụ ngăn mặn, điều tiết nước mới chỉ dừng lại ở công đoạn điện khí hóa.

Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả đã chỉ ra hệ thống hỗ trợ vận hành thông minh cống dưới đê mang lại hiệu quả cao trong quản lý, sử dụng tài nguyên nước. Hiệu quả thể hiện rõ nét nhất ở tính chính xác và độ tin cậy trong vận hành cống. Các chỉ tiêu hiệu quả khác như ứng phó xâm nhập mặn, an toàn của công trình mặc dù chưa minh chứng được bằng số liệu cụ thể, nhưng vẫn được người sử dụng đánh giá là có hiệu quả thông qua các chỉ số về sự hài lòng của người sử dụng. Mặc dù chi phí quản lý, vận hành và bảo trì cống có tăng nhẹ, nhưng về tổng thể hệ thống có hiệu quả. Đây cũng là đánh giá của người sử dụng hệ thống sau thời gian thí điểm.

Trong khuôn khổ nghiên cứu này vẫn còn một số vấn đề chưa giải quyết được, cụ thể:

- Hệ thống mới chỉ được thí điểm ở công trình đầu mối, chưa áp dụng cho các khu vực khác trên HTTL như hệ thống dẫn chuyển (kênh), hệ thống nội đồng... Vì thế các tác động của hệ thống tới hiệu quả của HTTL chưa đầy đủ.

- Hệ thống được kỳ vọng có thể làm giảm nhân công lao động, nhưng trong phạm vi nghiên cứu này chưa thí điểm cắt giảm nhân công lao động được.

Các vấn đề này sẽ là hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả để giải quyết bài toán hiện đại hóa trong quản lý, khai thác công trình thủy lợi ở Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài “**Nghiên cứu, ứng dụng giải pháp điều khiển thông minh hệ thống cống ngăn mặn và điều tiết nước phục vụ hiện đại hóa nông nghiệp gắn với thích ứng biến đổi khí hậu trên địa bàn tỉnh Thái Bình**”. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Thái Bình đã tài trợ kinh phí, Công ty TNHH MTV KTCTTL Bắc Thái Bình và Công ty TNHH MTV KTCTTL Nam

Thái Bình đã phối hợp thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. V. Cường and Nnk, "Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu đánh giá xu thế diễn biến, tác động của hạn hán, xâm nhập mặn đối với phát triển kinh tế - xã hội vùng đồng bằng sông Hồng - Thái Bình và đề xuất các giải pháp ứng phó". Đề tài cấp Quốc gia," Phòng TNTĐ Quốc gia về Động lực học Sông biển, Hà Nội, 2019.
- [2] N. V. Đào, V. T. Tú, T. H. Thái and N. M. Đăng, "Nghiên cứu xây dựng bản đồ hiểm họa xâm nhập mặn vùng đồng bằng ven biển Nam Định và Thái Bình," *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 728, pp. 93-106, 2021.
- [3] N. L. Dũng and B. D. Chí, "Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài "Nghiên cứu, ứng dụng giải pháp điều khiển thông minh hệ thống cống ngăn mặn và điều tiết nước phục vụ hiện đại hóa nông nghiệp gắn với thích ứng biến đổi khí hậu trên địa bàn tỉnh Thái Bình"," Trung tâm tư vấn PIM, Hà Nội, 2024.
- [4] P. Thiệu, "Thái Thụy - Thái Bình: Hơn 170ha lúa chết bất thường," *Tài nguyên và Môi trường*, 24 8 2023.
- [5] "My PHP," The PHP Group, [Online]. Available: <https://www.php.net/>. [Accessed 27 9 2024].
- [6] "CodeIgniter," CodeIgniter Foundation, [Online]. Available: <https://codeigniter.com/>. [Accessed 27 9 2024].
- [7] "MySQL," Oracle, [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>. [Accessed 27 9 2024].
- [8] N. L. Dũng, B. D. Chí, Đ. V. Bình and T. T. Trường, "Giải pháp vận hành thông minh hệ thống thủy lợi liên tỉnh tại vùng đồng bằng sông Cửu Long," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi Việt Nam*, vol. 69, pp. 1-10, 2021.