

QUẢN TRỊ DỊCH VỤ THỦY LỢI TRÊN NỀN TẢNG ĐIỆN TOÁN Đám mây tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI)

Trương Công Tuấn

Trung tâm Tư vấn Kinh tế và Quản lý Thủy lợi

Đàm Mạnh Hùng, Tạ Hồng Sơn

Công ty TNHH Đầu tư Phát triển dịch vụ Vàng

Tóm tắt: Trong bối cảnh ngành thủy lợi Việt Nam phải quản lý hệ thống công trình rộng lớn với nguồn lực hạn chế, chuyển đổi số được xem là hướng đi tất yếu nhằm nâng cao hiệu quả quản trị. Bài báo này đề xuất mô hình quản trị dịch vụ thủy lợi trên nền tảng điện toán đám mây tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) phù hợp với điều kiện Việt Nam. Mô hình do Trung tâm Tư vấn Kinh tế và Quản lý Thủy lợi (CWREM) phối hợp cùng Công ty TNHH Đầu tư phát triển dịch vụ Vàng nghiên cứu, phát triển và đã được triển khai thử nghiệm tại một số đơn vị quản lý khai thác công trình thủy lợi, cho kết quả khả quan. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng của chuyển đổi số và AI trong quản trị thủy lợi, đồng thời khuyến nghị các doanh nghiệp thủy lợi sớm áp dụng mô hình này để nâng cao hiệu quả cung cấp dịch vụ công ích, đặc biệt là dịch vụ thủy lợi.

Từ khóa: Dịch vụ thủy lợi; Quản lý công trình; Chuyển đổi số; Điện toán đám mây; trí tuệ nhân tạo.

Summary: In the context of Vietnam's irrigation sector managing an extensive system of infrastructure with limited resources, digital transformation is considered an inevitable pathway to enhance governance efficiency. This paper proposes a model for irrigation service management based on a cloud computing platform integrated with artificial intelligence (AI), tailored to Vietnam's conditions. The model was jointly developed by the Center for Water Resources Economics and Management (CWREM) Consulting and Golden Services Development investment Company limited (Golden SDI Co., LTD), and has been pilot-implemented in several irrigation management units with positive results. The findings confirm the significant potential of digital transformation and AI in irrigation governance, and further recommend that irrigation enterprises adopt this model promptly to improve the efficiency of public service delivery, particularly in irrigation services.

Keywords: Irrigation services; Construction management; Digital transformation; Cloud Computing; artificial intelligence.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Bối cảnh và thách thức của ngành Thủy lợi Việt Nam

Ngành thủy lợi Việt Nam giữ vai trò xương sống trong việc đảm bảo an ninh nguồn nước, phục vụ sản xuất nông nghiệp, dân sinh và phòng chống thiên tai. Quy mô của hệ thống hạ tầng này là vô cùng lớn, với 101 đơn vị quản lý khai thác trên toàn quốc¹, chịu trách nhiệm vận hành khoảng 6.750 hồ chứa và đập dâng, 19.416 trạm bơm,

cùng gần 291.000 km kênh mương [7]. Tuy nhiên, quy mô đồ sộ này cũng đi kèm với những thách thức quản trị ngày càng phức tạp. Hiện nay, ngành đang phải đối mặt với những thách thức đến từ cả yếu tố nội tại và các tác động bên ngoài, cụ thể:

- **Thách thức nội tại:** Quá trình sáp nhập các đơn vị hành chính theo chủ trương của Nhà nước đã mở rộng đáng kể địa bàn quản lý của nhiều công ty thủy lợi, khiến khoảng cách từ trụ sở đến các công trình có thể lên tới hàng trăm kilômét. Điều này làm gia tăng gánh nặng

Ngày nhận bài: 31/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/9/2025

Ngày duyệt đăng: 02/10/2025

¹ Tính đến tháng 7 năm 2025

về chi phí di chuyển, thời gian quản lý và nhân lực giám sát. Nghiêm trọng hơn, các doanh nghiệp thủy lợi đang hoạt động trong bối cảnh nguồn lực tài chính còn nhiều hạn chế, với nguồn thu từ dịch vụ thủy lợi gần như không thay đổi kể từ năm 2012, chủ yếu dựa vào ngân sách nhà nước.

- **Tác động bên ngoài:** Biến đổi khí hậu đang biểu hiện ngày càng rõ rệt qua các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán kéo dài, xâm nhập mặn sâu vào nội đồng, tình hình bão, lũ, lụt và các hiện tượng thiên tai cực đoan diễn biến khó lường và ngày càng gia tăng cường độ cũng như tần suất. Những yếu tố này đòi hỏi công tác quản lý công trình, điều tiết, phân phối nước phải linh hoạt, chính xác và dựa trên dữ liệu khoa học để tối ưu hóa việc khai thác công trình và sử dụng nguồn tài nguyên nước ngày càng khan hiếm.

1.2. Hạn chế của phương pháp quản trị truyền thống

Trước những áp lực nêu trên, phương thức quản trị truyền thống, vốn tồn tại trong nhiều thập kỷ, đang bộc lộ những hạn chế mang tính hệ thống, cản trở sự phát triển của ngành. Các hạn chế cốt lõi có thể được nhận diện như sau:

i) Thiếu giám sát liên tục: Việc thu thập các thông số vận hành quan trọng (như mực nước, lưu lượng, dung tích, lượng mưa, tình trạng công trình, thiết bị, v.v.) chủ yếu được thực hiện thủ công bởi công nhân tại hiện trường và ghi chép vào sổ sách. Dữ liệu mang tính thời điểm, không liên tục và có độ trễ lớn, khiến ban lãnh đạo không có cái nhìn tổng thể và tức thời về hoạt động của toàn hệ thống.

ii) Thiếu cơ sở dữ liệu tập trung: Dữ liệu vận hành, số liệu khí tượng thủy văn và thông tin về nhu cầu sử dụng nước bị phân mảnh, lưu trữ rời rạc tại nhiều đơn vị, phòng ban khác nhau. Sự thiếu vắng một "nguồn sự thật duy nhất" (single source of truth) gây khó khăn cho việc tổng hợp, phân tích và trích xuất thông tin phục vụ công tác ra quyết định.

iii) Quyết định dựa trên kinh nghiệm chủ quan: Do thiếu dữ liệu và công cụ phân tích, việc điều hành hệ thống phần lớn vẫn phụ thuộc vào kinh nghiệm cá nhân của người

quản lý. Cách tiếp cận này thiếu cơ sở khoa học, khó có thể tối ưu hóa và tiềm ẩn nhiều rủi ro khi đối mặt với các tình huống vận hành phức tạp hoặc chưa có tiền lệ.

iv) Thiếu kết nối số giữa các bên liên quan: Sự tương tác giữa doanh nghiệp, cơ quan quản lý nhà nước và người dân hưởng lợi vẫn diễn ra chủ yếu qua các kênh truyền thống (văn bản, điện thoại, mạng xã hội). Điều này làm chậm quá trình trao đổi thông tin, giảm tính hệ thống và hiệu quả phối hợp.

1.3. Chuyển đổi số là yêu cầu cấp thiết

Trong bối cảnh đó, chuyển đổi số không còn là một lựa chọn mà đã trở thành một yêu cầu cấp bách và tất yếu để ngành thủy lợi vượt qua thách thức và hướng tới phát triển bền vững. Nhận thức được tầm quan trọng này, Chính phủ và các bộ ngành đã ban hành nhiều chủ trương, chính sách chiến lược nhằm thúc đẩy ứng dụng công nghệ số trong mọi lĩnh vực, bao gồm cả thủy lợi [1–6]. Ngành thủy lợi đang tích cực triển khai các đề án ứng dụng công nghệ số đến năm 2030, coi đó là giải pháp chiến lược để ứng phó với thách thức hiện tại. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu đã bước đầu đề xuất áp dụng chuyển đổi số trong lĩnh vực thủy lợi [8]. Trước những thách thức nêu trên, việc nghiên cứu mô hình quản trị dịch vụ thủy lợi trên nền tảng số tích hợp AI là rất cần thiết. Mục tiêu là nâng cao hiệu quả quản lý, tối ưu vận hành, giảm chi phí và minh bạch hóa hoạt động dịch vụ công ích thủy lợi.

Trên thế giới, các quốc gia có nền nông nghiệp phát triển đã đi trước trong việc xây dựng các hệ thống thủy lợi thông minh. Bằng cách tích hợp IoT, AI và phân tích dữ liệu lớn, họ có thể giám sát theo thời gian thực, dự báo nhu cầu nước và tự động hóa vận hành, qua đó tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nước và giảm thiểu chi phí. Đây là hình mẫu và cũng là định hướng mà ngành thủy lợi Việt Nam cần hướng tới.

1.4. Mục tiêu và đóng góp của nghiên cứu

Trước những yêu cầu thực tiễn và định hướng chiến lược được nhận diện, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu đề xuất và đánh giá một mô hình quản trị dịch vụ thủy lợi số hóa có tính thực tiễn cao, khả năng mở rộng và

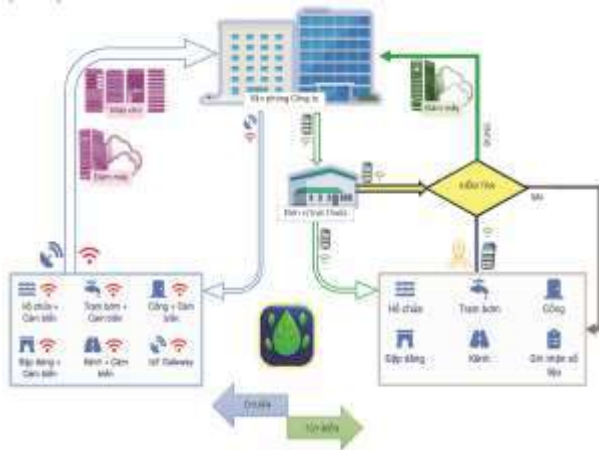
hiệu quả về chi phí, được thiết kế đặc thù để vượt qua các rào cản về tài chính và nhân lực đang tồn tại trong ngành thủy lợi Việt Nam.

Đóng góp chính của bài báo là cung cấp một bản thiết kế chi tiết và đã được kiểm chứng trong thực tế cho một giải pháp chuyển đổi số khả thi. Thay vì chỉ dừng lại ở trình bày một tầm nhìn công nghệ, nghiên cứu này đưa ra một lộ trình cụ thể, một điểm khởi đầu ít rủi ro nhưng có tác động lớn, giúp các doanh nghiệp thủy lợi có thể ngay lập tức bắt tay vào quá trình hiện đại hóa, tạo ra một nền tảng vững chắc cho các bước phát triển công nghệ cao hơn trong tương lai.

2. Phương pháp luận và đề xuất mô hình

2.1. Phân tích và lựa chọn mô hình

Để giải quyết bài toán chuyển đổi số cho ngành thủy lợi Việt Nam, hai mô hình tiếp cận chính đã được xem xét và phân tích một cách kỹ lưỡng bao gồm mô hình chuẩn và mô hình tùy biến (Hình 1):



Hình 1: Tổng quan về 02 mô hình quản lý công trình thủy lợi (mô hình “chuẩn” ứng dụng IoT toàn diện và mô hình “tùy biến” tận dụng nhân lực tại chỗ).

(1) Mô hình Chuẩn (Standard Model): Đây là mô hình lý tưởng theo xu hướng công nghệ toàn cầu, ứng dụng triệt để IoT. Theo đó, hàng loạt cảm biến tự động (đo mực nước, lưu lượng, độ mở cống,...) sẽ được lắp đặt tại các công trình. Dữ liệu được thu thập liên tục và truyền về một trung tâm dữ liệu mạnh mẽ trên nền tảng đám mây hoặc máy chủ lớn để được xử lý bởi các thuật toán AI, từ đó đưa ra các

cảnh báo sớm và các kịch bản vận hành tối ưu.

(2) Mô hình Tùy biến (Customized Model): Đây là mô hình thực tiễn, được thiết kế dựa trên nguyên tắc tận dụng tối đa nguồn lực sẵn có. Thay vì đầu tư vào cảm biến, mô hình này xem đội ngũ công nhân vận hành tại hiện trường như những "cảm biến sống". Họ sẽ được trang bị một ứng dụng di động chuyên dụng được thiết kế riêng để nhập các thông số vận hành một cách thủ công nhưng có cấu trúc. Dữ liệu sau đó được gửi về trung tâm dữ liệu trên nền tảng đám mây có quy mô phù hợp để được phân tích và tính toán bởi các thuật toán được thiết lập và sự hỗ trợ của công cụ AI tùy biến.

Việc lựa chọn giữa hai mô hình không chỉ dựa trên khía cạnh công nghệ mà còn phải xem xét sâu sắc bối cảnh kinh tế - xã hội của ngành. Mô hình chuẩn, dù ưu việt về mặt tự động hóa, lại vấp phải những rào cản gần như không thể vượt qua trong điều kiện hiện tại của Việt Nam. Chi phí đầu tư ban đầu để trang bị cảm biến cho hệ thống công trình là rất lớn, là thách thức rất lớn với khả năng tài chính của hầu hết các doanh nghiệp thủy lợi. Thêm vào đó là chi phí vận hành, bảo trì thiết bị và yêu cầu về một hạ tầng máy chủ đủ mạnh để xử lý dòng dữ liệu khổng lồ. Nguồn nhân lực am hiểu về IoT và phân tích dữ liệu lớn cũng còn rất khan hiếm.

Chính vì những lý do này, mô hình chuẩn được đánh giá là thiếu tính khả thi ở giai đoạn hiện tại. Ngược lại, mô hình tùy biến nổi lên như một giải pháp chiến lược và phù hợp nhất. Nó giải quyết trực tiếp bài toán chi phí, nguồn lực và hạ tầng cho phép triển khai nhanh chóng mà không cần đầu tư lớn vào phần cứng. Hơn thế nữa, mô hình này còn biến một thách thức (nguồn nhân lực đông đảo) thành một lợi thế, tận dụng kiến thức và kinh nghiệm thực địa của những người vận hành trực tiếp. Dữ liệu do họ cung cấp không chỉ là những con số mà còn bao hàm cả những quan sát định tính về tình trạng công trình mà không một cảm biến nào có thể thay thế.

Mặc dù mô hình tùy biến có những thách thức riêng như việc thay đổi thói quen làm việc của

nhân viên hay đảm bảo tính chính xác của dữ liệu, những vấn đề này hoàn toàn có thể được giải quyết thông qua các giải pháp phần mềm thông minh (giao diện thân thiện, đơn giản, trực quan, sát với thực tế vận hành nhằm khai

thác tối đa thói quen của người dùng, quy trình kiểm tra chéo, cảnh báo dữ liệu bất thường,...) và công tác đào tạo, hỗ trợ người dùng. Bảng dưới đây tóm tắt phân tích so sánh và lý do lựa chọn mô hình tùy biến.

Bảng 1: Phân tích so sánh mô hình chuẩn và mô hình tùy biến

Tiêu chí	Mô hình Chuẩn (Dựa trên IoT)	Mô hình Tùy biến (Dựa trên Con người & App)	Lý do Lựa chọn
Chi phí đầu tư	Rất cao (thiết bị cảm biến, hạ tầng mạng, máy chủ lớn)	Thấp (chủ yếu là chi phí phát triển phần mềm, tận dụng smartphone có sẵn)	Phù hợp với năng lực tài chính hạn chế của các doanh nghiệp thủy lợi.
Hạ tầng kỹ thuật	Yêu cầu hạ tầng truyền dữ liệu và trung tâm điều hành mạnh mẽ, phức tạp.	Linh hoạt, có thể triển khai trên máy chủ nội bộ hoặc đám mây quy mô nhỏ.	Giảm thiểu yêu cầu về hạ tầng, dễ dàng triển khai ở cả vùng sâu, vùng xa.
Nguồn nhân lực	Đòi hỏi chuyên gia về IoT, quản trị mạng, phân tích dữ liệu lớn.	Tận dụng đội ngũ vận hành hiện có, chỉ cần đào tạo kỹ năng sử dụng ứng dụng.	Giải quyết bài toán thiếu hụt nhân lực công nghệ cao.
Tính khả thi	Thấp trong ngắn và trung hạn do rào cản chi phí và nhân lực.	Cao, có thể triển khai ngay lập tức và mang lại hiệu quả nhanh chóng.	LỰA CHỌN
Tận dụng chuyên môn	Dữ liệu thuần túy từ máy móc.	Kết hợp dữ liệu định lượng và kinh nghiệm, quan sát định tính của con người.	Nâng cao chất lượng và độ tin cậy của dữ liệu đầu vào.
Lộ trình nâng cấp	Khó triển khai từng phần.	Dễ dàng nâng cấp, có thể tích hợp dần cảm biến IoT vào hệ thống khi có điều kiện.	Cung cấp một lộ trình chuyển đổi số linh hoạt và bền vững.

Từ những phân tích nêu trên, mô hình tùy biến được lựa chọn để phát triển chi tiết vì nó không chỉ là một giải pháp công nghệ, mà còn là một chiến lược chuyển đổi số thông minh, hài hòa giữa công nghệ hiện đại và thực tiễn hoạt động của ngành thủy lợi Việt Nam.

2.2. Kiến trúc hệ thống quản trị số

Mô hình tùy biến được thiết kế với kiến trúc bốn thành phần cốt lõi, liên kết chặt chẽ với nhau để tạo thành một hệ sinh thái quản trị đồng bộ:

(1) Ứng dụng di động (Mobile Data-Entry Application): Đây là giao diện tương tác chính cho các công nhân vận hành tại hiện trường. Được cài đặt trên điện thoại thông minh, ứng dụng cung cấp các biểu mẫu nhập liệu được thiết kế riêng cho từng loại công trình (hồ chứa, trạm bơm, cống...). Người dùng có thể dễ dàng nhập các thông số kỹ thuật, ghi nhận sự cố, và đính kèm hình ảnh thực tế. Dữ liệu sau khi được gửi sẽ được đồng bộ hóa ngay lập tức về hệ thống trung tâm.

(2) Cơ sở dữ liệu tập trung (Centralized

Database): Là "trái tim" của hệ thống, nơi lưu trữ toàn bộ dữ liệu quản lý vận hành công trình. Cơ sở dữ liệu này có thể được triển khai trên nền tảng đám mây hoặc máy chủ nội bộ, được thiết kế với khả năng mở rộng, bảo mật cao và lưu trữ dài hạn theo tiêu chuẩn quốc tế. Khắc phục được tình trạng dữ liệu phân mảnh, tạo ra một nguồn thông tin duy nhất, nhất quán cho toàn bộ doanh nghiệp.

(3) Công cụ phân tích và cảnh báo AI (AI-Powered analytics and alert engine): Đây là "bộ não" xử lý của hệ thống. Nó tiếp nhận dữ liệu từ cơ sở dữ liệu tập trung và áp dụng các thuật toán thông minh để: (i) Phân tích xu hướng, so sánh dữ liệu hiện tại với dữ liệu lịch sử và các ngưỡng an toàn được thiết lập trước; (ii) Phát hiện các dấu hiệu bất thường hoặc nguy cơ tiềm ẩn; (iii) Tự động gửi cảnh báo tức thời đến các cấp quản lý liên quan khi có sự cố hoặc rủi ro. Hệ thống cũng có thể tích hợp các công cụ được tùy biến có sự hỗ trợ của AI để xử lý hình ảnh nhận diện các vấn đề

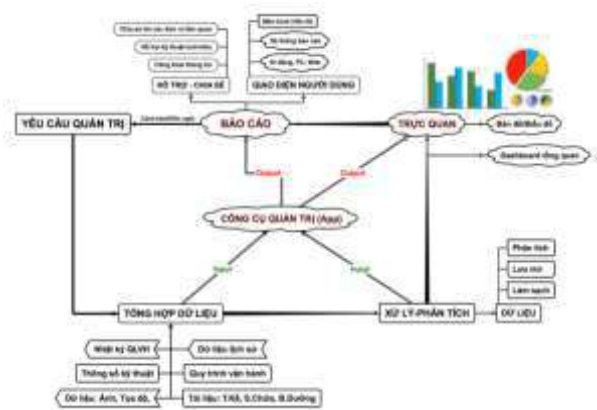
như vết nứt, rò rỉ qua ảnh chụp hiện trường.

(4) Bảng điều khiển quản lý (Management Dashboard): Là giao diện dành cho các nhà quản lý và lãnh đạo, có thể truy cập qua web hoặc ngay trên ứng dụng di động. Dashboard trực quan hóa toàn bộ dữ liệu vận hành dưới dạng bảng, biểu đồ, bản đồ GIS, và các báo cáo tổng hợp. Nó cung cấp một cái nhìn toàn cảnh, theo thời gian thực về tình trạng của toàn bộ hệ thống công trình, giúp các nhà quản lý giám sát từ xa và đưa ra các quyết định điều hành nhanh chóng, chính xác và kịp thời.

2.3. Luồng dữ liệu và cơ chế vận hành

Cơ chế vận hành của hệ thống tạo thành một vòng lặp thông tin khép kín và liên tục, chuyển đổi dữ liệu thô từ hiện trường thành thông tin đầu vào cho việc ra quyết định của nhà quản lý. Luồng dữ liệu được minh họa trong Hình 2 và diễn ra theo các bước sau:

- **Bước 1 (Thu thập):** Tại công trình, nhân viên vận hành sử dụng ứng dụng di động để nhập dữ liệu (ví dụ: mực nước hồ, lượng mưa, độ mở cống, tình trạng công trình,...) và chụp ảnh hiện trạng.
- **Bước 2 (Truyền tải):** Thông qua mạng di động (3G/4G/5G) hoặc internet, dữ liệu được mã hóa và gửi ngay lập tức về cơ sở dữ liệu tập trung.
- **Bước 3 (Xử lý & Phân tích):** Tại trung tâm, các công cụ được thiết kế sẵn sẽ phân tích, tính toán và so sánh các giá trị với các quy trình vận hành và ngưỡng an toàn. Nếu phát hiện một chỉ số vượt ngưỡng (ví dụ: mực nước hồ chứa vượt mức báo động), hệ thống sẽ tự động khởi tạo một cảnh báo.
- **Bước 4 (Hiển thị & Ra quyết định):** Dữ liệu đã xử lý và các cảnh báo được hiển thị trực quan trên Bảng điều khiển quản lý. Lãnh đạo công ty, dù đang ở văn phòng hay đi công tác, đều có thể nắm bắt tình hình, xem chi tiết cảnh báo và đưa ra chỉ đạo điều hành kịp thời trở lại cho các đơn vị cơ sở, cũng thông qua nền tảng số.



Hình 2: Sơ đồ cấu trúc luồng dữ liệu trong hệ thống quản lý thủy lợi số.

Vòng lặp này đảm bảo rằng mọi quyết định quản lý đều dựa trên thông tin cập nhật và xác thực từ hiện trường, thay thế hoàn toàn cơ chế ra quyết định dựa trên các báo cáo giấy có độ trễ cao và thiếu trực quan.

3. CHỨC NĂNG CHÍNH CỦA ỨNG DỤNG

Dựa trên kiến trúc đã đề xuất, ứng dụng được thiết kế và phát triển với hai nhóm chức năng chính, bao quát toàn diện các nghiệp vụ cốt lõi của một doanh nghiệp quản lý khai thác công trình thủy lợi.

3.1. Nhóm chức năng quản lý, vận hành và bảo trì

Nhóm chức năng này tập trung vào việc số hóa và tối ưu hóa các hoạt động thường nhật tại hiện trường, mang lại sự minh bạch và hiệu quả cho công tác vận hành, cụ thể:

- **Số hóa quy trình vận hành:** Ứng dụng thay thế hoàn toàn sổ tay ghi chép truyền thống. Các nghiệp vụ như lập lịch tưới tiêu, theo dõi kế hoạch điều tiết nước, ghi nhận sự cố, hay báo cáo vi phạm phạm vi bảo vệ công trình đều được thực hiện trên nền tảng số. Mọi thao tác đều được ghi lại với dấu thời gian và định vị địa lý GIS, tạo ra một nhật ký vận hành điện tử minh bạch, phục vụ cho công tác kiểm tra và phân tích sau này.
- **Quản lý công việc và nhân sự:** Lãnh đạo có thể giao việc trực tiếp cho từng nhân viên hoặc cụm trạm thông qua ứng dụng. Hệ thống cho phép theo dõi tiến độ thực hiện, xác nhận hoàn thành công việc kèm theo bằng chứng (hình ảnh, số liệu), từ đó nâng cao trách nhiệm cá

nhân và cung cấp cơ sở khách quan để đánh giá hiệu suất làm việc.

- **Quản lý vòng đời công trình:** Mỗi công trình (đập, hồ, cống, trạm bơm,...) được tạo một "hồ sơ số" trên hệ thống, lưu trữ toàn bộ thông tin lý lịch, thông số thiết kế, và quan trọng nhất là lịch sử vận hành, bảo trì, sửa chữa. Việc lập kế hoạch bảo trì trở nên khoa học hơn, kết hợp giữa hai luồng: (1) **Từ dưới lên:** Nhân viên tại hiện trường có thể báo cáo các hư hỏng, đề xuất sửa chữa ngay khi phát hiện; (2) **Từ trên xuống:** Lãnh đạo dựa vào dữ liệu lịch sử về sự cố và tần suất bảo trì trên toàn hệ thống để phân bổ nguồn lực một cách tối ưu và có chiến lược.

3.2. Nhóm chức năng giám sát, cảnh báo và

đào tạo

Nhóm chức năng này cung cấp cho các nhà quản lý công cụ để giám sát từ xa, quản lý rủi ro một cách chủ động và nâng cao năng lực cho đội ngũ.

- **Giám sát toàn diện từ xa:** Thông qua Bảng điều khiển, lãnh đạo có thể giám sát hoạt động của hàng trăm công trình trải dài trên nhiều địa bàn chỉ trên một màn hình. Các biểu đồ trực quan (Hình 3) hiển thị các thông số quan trọng như mực nước, dung tích hồ, lưu lượng xả qua cống theo thời gian thực, đồng thời so sánh với các giá trị lịch sử hoặc cùng kỳ năm trước để nhận diện xu hướng.



Hình 3: Màn hình giao diện ứng dụng phần báo cáo hiện trạng công trình hồ chứa: Biểu đồ hiển thị chỉ tiêu theo thời gian thực và so sánh với dữ liệu lịch sử



(a)

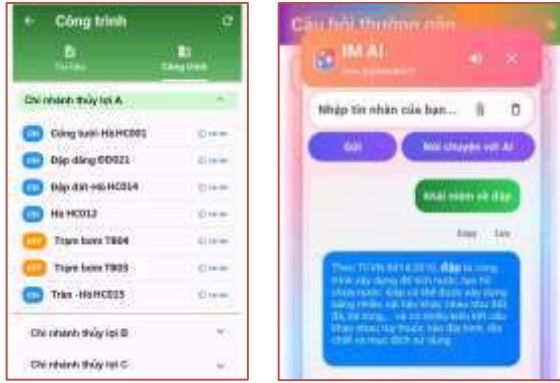
(b)

Hình 4: Giao diện ứng dụng theo dõi trạng thái công trình (a) và các chỉ mục báo cáo (b).

- **Quản lý rủi ro chủ động qua cảnh báo sớm:** Đây là một trong những giá trị cốt lõi của hệ thống. Dựa trên các quy trình vận hành và ngưỡng an toàn được định nghĩa trước cho từng công trình, hệ thống AI sẽ tự động phân tích dữ liệu và gửi cảnh báo ngay lập tức khi

phát hiện nguy cơ. Ví dụ: cảnh báo khi mực nước hồ sắp đạt ngưỡng tràn, khi lượng mưa dự báo trên lưu vực vượt mức cho phép, hoặc khi một thông số vận hành có sự thay đổi đột ngột. Tính năng này giúp ban lãnh đạo chuyển từ thể bị động ứng phó sang chủ động phòng ngừa, giảm thiểu tối đa thiệt hại do sự cố.

- **Nâng cao năng lực và quản lý tri thức:** Ứng dụng không chỉ là một công cụ quản lý mà còn là một nền tảng tri thức. Nó tích hợp một thư viện số chứa các văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn kỹ thuật, quy trình vận hành, giúp nhân viên dễ dàng tra cứu thông tin cần thiết ngay tại hiện trường. Đặc biệt, việc tích hợp một chatbot AI (Hình 5) được huấn luyện dựa trên kho tài liệu chuyên ngành thủy lợi mang lại một bước đột phá. Nhân viên có thể "trò chuyện" với AI về các vấn đề kỹ thuật, quy định an toàn, giúp giải quyết vấn đề nhanh chóng và đồng thời là một hình thức đào tạo liên tục, hiệu quả.



(a)

(b)

Hình 5: Giao diện tra cứu thông tin công trình (a) và chatbot AI hỗ trợ đào tạo (b).

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bảng 2: Các chỉ số hiệu suất chính từ Giai đoạn Triển khai Thử nghiệm (3 tháng)

Chỉ tiêu	Tháng thứ			Phân tích & Ý nghĩa
	1	2	3	
Báo cáo công trình (báo cáo)	545	775	1.110	Số lượng báo cáo tăng hơn gấp đôi, cho thấy người dùng đã nhanh chóng tiếp nhận và tích hợp ứng dụng vào quy trình làm việc hàng ngày, từ giai đoạn làm quen sang sử dụng thường xuyên.
Số chỉ tiêu báo cáo (chỉ tiêu)	7.085	10.075	14.430	Sự gia tăng mạnh mẽ về số lượng điểm dữ liệu được thu thập phản ánh mức độ chi tiết và toàn diện của thông tin. Điều này cung cấp cho nhà quản lý một bức tranh ngày càng rõ nét về hiện trạng quản lý công trình.
Số lần giao việc (lần)	55	80	90	Việc sử dụng tính năng giao việc tăng đều cho thấy sự chuyển dịch trong phương thức quản lý, từ chỉ đạo miệng/văn bản sang quản lý dựa trên nền tảng số, tăng cường tính minh bạch và giám sát.
Lượt truy cập ứng dụng (lượt)	820	1.550	3.165	Lượt truy cập tăng gần bốn lần, không chỉ phục vụ báo cáo mà còn cho các hoạt động khác như tra cứu tài liệu và tương tác với chatbot AI, chứng tỏ ứng dụng đã trở thành một công cụ hỗ trợ công việc đa năng.

Ghi chú: Dữ liệu được tổng hợp từ hệ thống ghi nhận của ứng dụng trong giai đoạn thử nghiệm.

Các số liệu trên cho thấy một xu hướng tăng trưởng rõ rệt và bền vững trên tất cả các chỉ số. Điều này không chỉ chứng minh hệ thống hoạt động ổn định về mặt kỹ thuật mà còn cho thấy sự thành công trong việc thay đổi thói quen làm việc của người dùng, một trong những thách thức lớn nhất của quá trình chuyển đổi số.

² Công ty TNHH Đầu tư Phát triển dịch vụ Vàng hoạt động trong lĩnh vực chuyên đổi số và đổi mới sáng tạo. Công ty đã, đang thiết kế, phát triển và quản trị nhiều phần mềm quản trị Doanh nghiệp với hơn 1.500 người dùng thường xuyên trong nhiều năm qua.

4.1. Kết quả triển khai thử nghiệm

Mô hình tùy biến đã được hiện thực hóa với một ứng dụng/App hoàn chỉnh (App được nghiên cứu, thiết kế và phát triển bởi nhóm tác giả của CWREM và Công ty TNHH Đầu tư Phát triển dịch vụ Vàng²) và đã được triển khai thử nghiệm tại một số đơn vị quản lý khai thác công trình thủy lợi, cụ thể, với một đơn vị quản lý khai thác công trình có quy mô quản lý khoảng 50 công trình đầu mối (trạm bơm, hồ chứa, đập dâng, cống). Kết quả thử nghiệm được phân tích trong 3 tháng gần đây đã cung cấp những dữ liệu định lượng thuyết phục về tính hiệu quả và khả năng được chấp nhận của giải pháp. Các chỉ số hiệu suất chính được ghi nhận và tổng hợp trong Bảng 2.

4.2. Phản hồi và đánh giá từ người dùng

Bên cạnh các số liệu định lượng, phản hồi định tính từ những người trực tiếp sử dụng ứng dụng là một thước đo quan trọng về tính khả dụng và sự phù hợp của giải pháp. Qua các cuộc khảo sát và phỏng vấn, đội ngũ vận hành đã đưa ra những đánh giá rất tích cực, nhận xét rằng ứng dụng "rất tốt, dễ dùng, thuận tiện và thân thiện". Sự hào hứng của người lao động, thể hiện qua việc họ chủ động đề xuất các sáng kiến để cải tiến quy trình nghiệp vụ trên ứng dụng, là minh chứng rõ ràng nhất cho thấy giải pháp đã thực sự

giải quyết được các vấn đề của họ và được đón nhận như một công cụ hỗ trợ đắc lực.

4.3. Thảo luận về hiệu quả và tính bền vững của mô hình

Kết quả thử nghiệm đã khẳng định mô hình tùy biến mang lại những cải thiện rõ rệt và đa chiều, cụ thể:

- **Tốc độ và chất lượng dữ liệu:** Thông tin từ hiện trường được cập nhật gần như tức thời, thay vì có độ trễ hàng ngày hoặc hàng tuần như trước đây. Dữ liệu được thu thập theo cấu trúc chuẩn hóa, loại bỏ các sai sót do ghi chép thủ công.

- **Minh bạch hóa vận hành:** Ban lãnh đạo có được khả năng giám sát chưa từng có đối với các hoạt động tại cơ sở. Mọi thao tác, mọi sự kiện đều được ghi lại, tạo ra một môi trường làm việc minh bạch và đề cao trách nhiệm của các cấp từ công nhân, trưởng cụm/trạm, lãnh đạo chi nhánh/xí nghiệp và các phòng chuyên môn tại văn phòng Công ty.

- **Nâng cao chất lượng ra quyết định:** Các quyết định điều hành, đặc biệt trong các tình huống khẩn cấp, giờ đây được đưa ra dựa trên dữ liệu thời gian thực và các phân tích, cảnh báo từ hệ thống, thay vì chỉ dựa vào kinh nghiệm và các báo cáo gián tiếp.

Một khía cạnh quan trọng cần thảo luận là tính bền vững của mô hình. Bằng cách giảm thiểu chi phí đầu tư ban đầu và tận dụng các nguồn lực sẵn có (con người, thiết bị di động), mô hình này đảm bảo tính bền vững về mặt tài chính, cho phép các doanh nghiệp triển khai và duy trì hệ thống mà không tạo ra gánh nặng ngân sách. Hơn nữa, bằng cách trao quyền cho nhân viên, cung cấp công cụ làm việc hiệu quả và hỗ trợ nâng cao năng lực thông qua chatbot AI, mô hình còn tạo ra sự bền vững về mặt tổ chức, xây dựng một văn hóa làm việc dựa trên dữ liệu và đổi mới sáng tạo.

Đặc biệt, giá trị chiến lược dài hạn của mô hình này nằm ở việc nó khởi tạo và nuôi dưỡng một tài sản vô giá: **dữ liệu**. Trước đây, dữ liệu vận hành của ngành thủy lợi còn nhiều hạn chế ở dạng số hóa và có cấu trúc. Mô hình này đã bắt đầu quá trình xây dựng một kho dữ liệu lịch sử khổng lồ, sạch, sống và chi tiết.

Khi kho dữ liệu này đủ lớn, nó sẽ mở đường cho việc ứng dụng các công nghệ AI tiên tiến hơn trong tương lai, mô hình hóa tối ưu việc phân phối nước, hay phân tích tác động của biến đổi khí hậu, đưa ngành thủy lợi Việt Nam lên một tầm cao mới về quản trị thông minh.

5. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

5.1. Tổng kết kết quả chính

Nghiên cứu đã đề xuất, xây dựng và kiểm chứng thành công một mô hình quản trị dịch vụ thủy lợi số hóa dựa trên nền tảng đám mây và AI, được tùy biến để phù hợp với bối cảnh đặc thù của Việt Nam. Kết quả thử nghiệm thực tế đã chứng minh rằng cách tiếp cận "lấy con người làm trung tâm", kết hợp sức mạnh của công nghệ với kinh nghiệm thực địa của đội ngũ vận hành, là một hướng đi hoàn toàn đúng đắn. Mô hình không chỉ khả thi về mặt kỹ thuật và tài chính mà còn mang lại hiệu quả vận hành rõ rệt, được người dùng cuối đón nhận và tích cực hưởng ứng.

5.2. Ý nghĩa thực tiễn và cơ hội cho doanh nghiệp Thủy lợi

Việc áp dụng mô hình này không đơn thuần là một dự án công nghệ thông tin, mà là một quyết định chiến lược mang lại lợi ích toàn diện cho các doanh nghiệp thủy lợi, bao gồm:

- **Tối ưu hóa chi phí:** Giảm thiểu chi phí đi lại để kiểm tra, giám sát; rút ngắn thời gian lập và gửi báo cáo; tối ưu hóa kế hoạch bảo trì để tránh các sự cố tốn kém.

- **Giảm thiểu rủi ro:** Hệ thống cảnh báo sớm giúp phòng ngừa các sự cố vận hành, đảm bảo an toàn công trình, giảm thiểu thiệt hại về tài sản và sản xuất do thiên tai gây ra.

- **Nâng cao chất lượng dịch vụ:** Việc điều tiết nước chính xác và kịp thời hơn giúp đảm bảo cung cấp đủ nước tưới tiêu theo đúng lịch thời vụ, nâng cao năng suất cây trồng và sự hài lòng của người dùng nước.

- **Tăng cường năng lực quản trị:** Cung cấp cho ban lãnh đạo một công cụ quản lý hiện đại, minh bạch, dựa trên dữ liệu, giúp nâng cao hiệu quả điều hành và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp.

Đây là cơ hội để các doanh nghiệp thủy lợi thực

hiện một bước nhảy vọt, chuyển mình từ phương thức quản lý truyền thống sang mô hình quản trị hiện đại, linh hoạt và có khả năng thích ứng cao với những thách thức của tương lai.

5.3. Khuyến nghị và hướng phát triển trong tương lai

Từ những kết quả đã đạt được, nhóm tác giả đưa ra các khuyến nghị sau:

(1) Đối với các doanh nghiệp thủy lợi: Cần mạnh dạn và chủ động tìm hiểu, triển khai áp dụng mô hình quản trị số này. Có thể bắt đầu bằng một dự án thí điểm tại một vài chi nhánh hoặc trên các công trình trọng yếu, sau đó đánh giá hiệu quả và nhân rộng ra toàn công ty.

(2) Đối với các cơ quan quản lý nhà nước: Cần có các chính sách khuyến khích, hỗ trợ các doanh nghiệp thủy lợi trong quá trình chuyển đổi số, có thể thông qua các chương trình hỗ trợ về tài chính, đào tạo hoặc xây dựng các tiêu chuẩn dữ liệu chung cho toàn ngành.

Về hướng phát triển trong tương lai, mô hình này được thiết kế với tính mở và khả năng mở

rộng. Lộ trình phát triển có thể được thực hiện theo các giai đoạn:

- **Giai đoạn 1 (hiện tại):** Triển khai rộng rãi mô hình tùy biến dựa trên ứng dụng di động để xây dựng văn hóa làm việc số và tạo lập nền tảng dữ liệu ban đầu.

- **Giai đoạn 2 (trung và dài hạn):** Khi điều kiện tài chính cho phép và nền tảng dữ liệu đã vững chắc, có thể nâng cấp hệ thống bằng cách tích hợp có chọn lọc các cảm biến IoT tại những công trình quan trọng. Dữ liệu từ cảm biến sẽ được đưa vào chính hệ thống hiện có, tạo ra một mô hình lai (hybrid) kết hợp cả dữ liệu tự động và dữ liệu do con người nhập, tối ưu hóa hơn nữa hiệu quả quản lý.

Sự chủ động đổi mới và ứng dụng công nghệ số ngay từ bây giờ sẽ là chìa khóa giúp ngành thủy lợi Việt Nam không chỉ giải quyết các bài toán trước mắt mà còn xây dựng được một nền tảng vững chắc để đảm bảo an ninh nguồn nước và phát triển nông nghiệp bền vững trong kỷ nguyên số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Chính trị (2024). Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 về đột phá phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia.
- [2]. Quốc hội (2017). Luật Thủy lợi số 08/2017/QH14 ban hành ngày 19/6/2017 (đặc biệt xem Điều 20).
- [3]. Chính phủ (2023). Nghị định số 40/2023/NĐ-CP ngày 27/6/2023, sửa đổi bổ sung một số điều của Nghị định số 67/2018/NĐ-CP ngày 14/5/2018 về hỗ trợ hệ thống thủy lợi.
- [4]. Bộ NN&PTNT (2025). Quyết định số 2305/QĐ-BNNMT ngày 23/6/2025 của Bộ Nông nghiệp & PTNT về việc công bố thủ tục hành chính mới, sửa đổi, bổ sung, hoặc bị bãi bỏ trong lĩnh vực thủy lợi.
- [5]. Bộ NN&PTNT (2022a). Quyết định số 4179/QĐ-BNN-TCTL ngày 28/10/2022 phê duyệt Đề án “Tăng cường ứng dụng công nghệ số trong lĩnh vực thủy lợi đến năm 2030”.
- [6]. Bộ NN&PTNT (2022b). Kế hoạch số 2444/KH-BNN-VPĐP ngày 20/4/2022 về triển khai chuyển đổi số ngành Nông nghiệp & PTNT giai đoạn đến 2025, định hướng đến 2030.
- [7]. Bộ NN&PTNT (2024). Báo cáo số 1239/BC-BNN-TTr ngày 23/02/2024 – Tổng hợp hiện trạng quản lý, khai thác công trình thủy lợi trên toàn quốc.
- [8]. Trương Công Tuấn và nnk. (2023). Nghiên cứu tính toán ĐMLĐ QLKT công trên tuyến đê Đông, tỉnh Bình Định và gợi ý phát triển ứng dụng chuyển đổi số. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Thủy lợi, Số 77(04), 2023.