



MỘT SỐ MÔ HÌNH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ 4.0 HỖ TRỢ NÔNG NGHIỆP, THỦY SẢN THÔNG MINH

Nguyễn Thái Nghe^{1*}, Nguyễn Chí Ngôn² và Nguyễn Hữu Hòa¹

¹Trường Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ

²Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thái Nghe (email: ntngh@cit.ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/08/2022

Ngày nhận bài sửa: 25/08/2022

Ngày duyệt đăng: 17/10/2022

Title:

Applications of 4.0 technologies to support smart agriculture and aquaculture

Từ khóa:

Nông nghiệp thông minh, Thủy sản thông minh, Hệ thống thông tin thông minh, Máy học trong Nông nghiệp

Keywords:

Smart agriculture, Smart Aquaculture, Intelligent information systems, Machine learning in agriculture

ABSTRACT

The fourth industrial revolution is gradually supporting changing habits in life in a more automatic way. In this work, we introduce some technology application models of the fourth industrial revolution in supporting smart agriculture and fisheries. These systems include virtual assistant system in smart agriculture, rice leaf colorimetric system on mobile devices, disease diagnosis system on rice leaves from photos taken by deep learning technique, Promotion system. agriculture via text message, the system of monitoring and warning of water quality by deep learning techniques and the system to look up the origin of products by QR code. These systems have all been built and tested in the lab. Experimental results showed that the application in practice was completely feasible, but the application will need specific addresses as well as fine-tuning to suit each locality.

TÓM TẮT

Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đang dần hỗ trợ thay đổi những thói quen trong cuộc sống theo hướng tự động hơn. Trong bài viết này, chúng tôi giới thiệu một số mô hình ứng dụng công nghệ của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 trong hỗ trợ lĩnh vực nông nghiệp và thủy sản thông minh. Các hệ thống này bao gồm: Hệ thống trợ lý ảo trong Nông nghiệp thông minh, Hệ thống so màu lá lúa trên thiết bị di động, Hệ thống chẩn đoán bệnh trên lá lúa từ ảnh chụp bằng kỹ thuật học sâu, Hệ thống khuyến nông qua tin nhắn, Hệ thống quan trắc và cảnh báo chất lượng môi trường nước bằng kỹ thuật học sâu và Hệ thống tra cứu nguồn gốc sản phẩm bằng mã QR. Các hệ thống này đều đã được xây dựng và thử nghiệm trong phòng nghiên cứu. Kết quả thực nghiệm cho thấy việc ứng dụng vào thực tế là hoàn toàn khả thi, tuy nhiên việc áp dụng sẽ phải cần địa chỉ cụ thể cũng như việc tinh chỉnh cho phù hợp với từng địa bàn.

1. GIỚI THIỆU

Do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và tình trạng ấm lên toàn cầu, người nông dân đã phải đối mặt với nhiều thách thức khác nhau trong thời gian gần đây như mất mùa do thiên tai, lũ lụt, hạn hán, môi trường

ô nhiễm, đất bạc màu,... vì vậy việc ứng dụng các công nghệ cao vào cuộc sống nhằm hỗ trợ người dân là rất cần thiết. Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang dần hỗ trợ thay đổi những thói quen trong cuộc sống theo hướng tự động hơn, đặc biệt là trong

lĩnh vực Nông nghiệp, Thủy sản. Chẳng hạn, việc dự báo chất lượng nước, điều kiện thời tiết, xác định lượng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật cần sử dụng là một số yếu tố của canh tác chính xác nhằm nâng cao hiệu suất trồng trọt, hay các công việc hàng ngày như ghi chép nhật ký nuôi trồng có thể được số hóa hoàn toàn và dễ dàng truy xuất lại nguồn gốc sản phẩm. Sự hỗ trợ của những kỹ thuật này sẽ giúp giảm thiểu lao động thủ công và tăng năng suất.

Có nhiều công trình nghiên cứu đã và đang thực hiện việc áp dụng các kỹ thuật tiên tiến gần đây trong lĩnh vực nông nghiệp và thủy sản, chẳng hạn, Durai and Shamili (2022) đã đề xuất phương pháp giúp người dân quản lý cây trồng và thu hoạch một cách thông minh do đó đạt được năng suất cao với chi phí thấp. Nghiên cứu cũng dự đoán tổng chi phí cần thiết cho việc trồng trọt để giúp người dân lập kế hoạch trước các hoạt động trước khi canh tác. Meshram et al. (2021) đã thực hiện một khảo sát sâu rộng về các nghiên cứu ứng dụng máy học mới nhất trong nông nghiệp để giảm bớt các vấn đề trước khi thu hoạch, thu hoạch và sau thu hoạch. Ứng dụng máy học trong nông nghiệp cho phép canh tác hiệu quả và chính xác hơn với ít nhân lực hơn với sản xuất chất lượng cao.

Zhao et al. (2021) đã tổng hợp các thuật toán và kỹ thuật học máy đã được áp dụng trong nuôi cá thông minh trong năm qua, tóm tắt các ứng dụng học máy trong nuôi trồng thủy sản một cách chi tiết, bao gồm đánh giá thông tin về sinh khối cá, xác định và phân loại cá, phân tích hành vi và dự đoán các thông số chất lượng nước. Nhóm tác giả cũng trình bày một số vấn đề hiện tại trong nuôi trồng thủy sản và xu hướng phát triển trong tương lai. Yang et al. (2021) đã giới thiệu các ứng dụng của máy học trong nuôi trồng thủy sản, bao gồm xác định cá sống, phân loại loài, phân tích hành vi, quyết định cho ăn, ước tính kích thước hoặc sinh khối và dự đoán chất lượng nước. Các chi tiết kỹ thuật của các phương pháp máy học áp dụng cho nuôi cá thông minh cũng được phân tích, bao gồm dữ liệu, thuật toán và hiệu suất. Kết quả đánh giá cho thấy đóng góp đáng kể nhất của máy học là khả năng tự động trích xuất các tính năng. Tuy nhiên, vẫn tồn tại những thách thức do máy học vẫn đang trong giai đoạn trí tuệ nhân tạo yếu và cần một lượng lớn dữ liệu được gắn nhãn để huấn luyện, điều này đã trở thành một hạn chế cho các ứng dụng máy học trong nuôi trồng thủy sản.

Bài viết này nhằm giới thiệu một số mô hình ứng dụng công nghệ của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư trong hỗ trợ lĩnh vực nông nghiệp và thủy sản thông minh. Các hệ thống này đã và đang phát

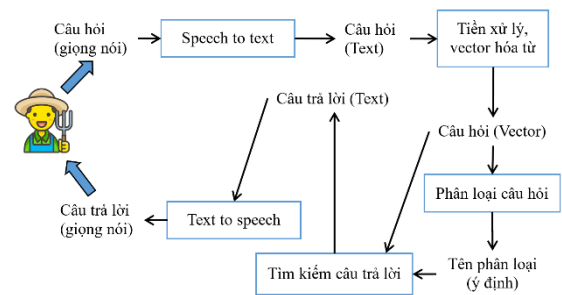
triển bởi nhóm nghiên cứu, bao gồm: Hệ thống trợ lý ảo trong Nông nghiệp thông minh, Hệ thống so màu lá lúa trên thiết bị di động, Hệ thống chẩn đoán bệnh trên lá lúa từ ảnh chụp bằng kỹ thuật học sâu, Hệ thống khuyến nông qua tin nhắn, Hệ thống quan trắc và cảnh báo chất lượng môi trường nước bằng kỹ thuật học sâu và Hệ thống tra cứu nguồn gốc sản phẩm bằng mã QR. Các hệ thống này đều đã được thử nghiệm, cho kết quả rất khả thi để áp dụng vào thực tế.

2. CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN HỒ TRỢ NÔNG NGHIỆP THÔNG MINH

Trong phần này, bài viết sẽ giới thiệu một số hệ thống thông tin thông minh hỗ trợ trong lĩnh vực Nông nghiệp, tuy nhiên, các phương pháp này hoàn toàn có thể sử dụng cho những lĩnh vực khác.

2.1. Hệ thống trợ lý ảo trong Nông nghiệp thông minh

Nhằm hỗ trợ người trồng trọt có thêm kiến thức về chăm sóc cũng như phòng trừ dịch bệnh cho cây trồng, các đài truyền hình định kỳ tổ chức các buổi tọa đàm, các chương trình khuyến nông,... tuy nhiên không phải ai cũng có thời gian tham gia/xem trực tuyến, vì vậy một hệ thống trả lời tức thời cho người dân mọi lúc, mọi nơi sẽ đáp ứng tốt cho nhu cầu của họ. Trong phần này, chúng tôi giới thiệu hệ thống chatbot đóng vai trò như một trợ lý ảo để có thể phản hồi tức thì câu hỏi của người dân. Hệ thống được minh họa như trong Hình 1. Theo đó, khi có vấn đề cần trao đổi, người dùng đặt câu hỏi ngắn gọn bằng tiếng Việt, hệ thống sẽ chuyển giọng nói sang văn bản, tiền xử lý, phân loại lĩnh vực và tìm câu trả lời phù hợp (có độ tương đồng gần nhất với câu hỏi của người dùng). Sau khi có câu trả lời, hệ thống tự chuyển sang giọng nói và phản hồi lại cho người dùng.



Hình 1. Hệ thống trợ lý ảo trả lời qua giọng nói

Để thực nghiệm hệ thống, dữ liệu được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau (lĩnh vực trồng trọt) qua các cổng thông tin điện tử của Bộ và các Sở Nông nghiệp. Sau khi tiền xử lý, loại bỏ các câu hỏi/đáp

không phù hợp, bộ dữ liệu còn lại 2.500 câu hỏi/đáp, với 6 lĩnh vực tư vấn trồng trọt như trình bày trong Bảng 1. Trong đó dữ liệu phòng trừ dịch hại có số lượt hỏi cao nhất là 925 câu hỏi và thấp nhất là hỏi về lĩnh vực tiêu thụ, mua bán các sản phẩm liên quan trồng trọt với 138 câu.

Bảng 1. Mô tả dữ liệu lĩnh vực trồng trọt (thu thập thông qua các cổng thông tin điện tử của Bộ/Sở Nông nghiệp)

Nhãn	Tên lĩnh vực	Số lượng	Tỷ lệ (%)
ptdh	Phòng trừ dịch hại	925	37.00
gct	Giống cây trồng	544	21.76
ktt_cs	Kỹ thuật trồng và chăm sóc	486	19.44
pbcpsh	Phân bón, chế phẩm sinh học	231	9.24
th_cb_bq	Thu hoạch, chế biến và bảo quản	176	7.04
ttsptt	Tiêu thụ sản phẩm trồng trọt	138	5.52

Bảng 2. Kết quả sau khi tối ưu tham số

Mô hình	Giá trị tham số sau khi tìm kiếm	F1 (BoW)	F1 (TF-IDF)
SVM	C: 10	93.10	93.00
	Gamma: 0.1 Kernel: RBF		
Random Forest	Số cây con: 460 Hệ số cắt nhánh: gini	92.43	92.32

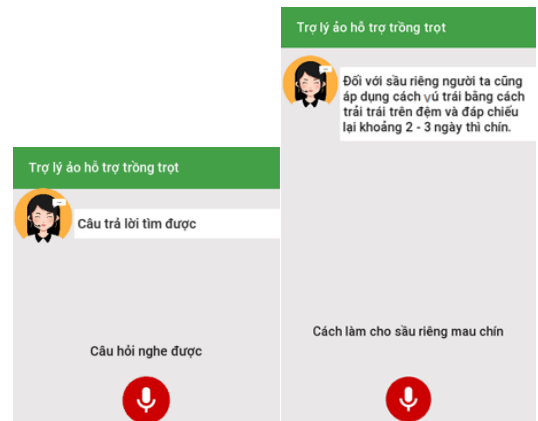
Trước khi tìm câu hỏi tương tự trong cơ sở dữ liệu, hệ thống sẽ tự phân lớp bằng mô hình máy học để xác định lĩnh vực (6 lĩnh vực như trên) nhằm thu hẹp không gian và tối ưu hóa tốc độ tìm kiếm. Kết quả huấn luyện và kiểm thử các mô hình máy học được trình bày trong Bảng 2. Dữ liệu được chia theo tỷ lệ 80:20 để làm tập huấn luyện và kiểm thử, kiểm tra chéo 10 lần (10-fold CV). Trong bảng này, mô hình Support Vector Machines (SVM) và Random Forest được dùng để phân lớp, hai phương pháp biểu

diễn câu hỏi là mô hình túi từ Bag-of-Word (BoW) và trọng số TF-IDF. Kết quả độ đo F1 cho thấy cả hai mô hình đều đạt độ chính xác trên 90%.

Sau giai đoạn phân lớp, hệ thống sẽ thực hiện đo độ tương đồng câu hỏi của người dùng với các câu hỏi đã có câu trả lời trong cơ sở dữ liệu. Các mô hình đo độ tương đồng cũng được kiểm thử như minh họa trong Bảng 3. Khi biểu diễn từ bằng TF-IDF, độ tương đồng Cosine cho khả năng phân biệt tốt hơn 2 độ đo còn lại và là kết quả cao nhất trong hai cách biểu diễn từ. Vì vậy, phương pháp biểu diễn từ với TF-IDF và độ tương đồng Cosine đã được sử dụng để xây dựng hệ thống.

Bảng 3. So sánh độ đo tương đồng của các phương pháp

Độ tương đồng	BoW	TF-IDF
Cosine	0.813	0.865
Manhattan	0.310	0.259
Euclid	0.126	0.093



Hình 2. Giao diện hệ thống trợ lý ảo

Sau khi xây dựng và kiểm thử các mô hình, giao diện người dùng được xây dựng trên nền Android để tích hợp các mô hình trên như minh họa trong Hình 2. Hệ thống được đưa ra môi trường thực tế để thử nghiệm trên 12 câu hỏi như minh họa trong Bảng 4. Tỷ lệ tìm được câu hỏi đúng là 11/12 câu, tương ứng 91.67%.

Bảng 4. Kết quả tìm kiếm câu hỏi qua giọng nói

TT	Câu hỏi đưa vào hệ thống	Câu hỏi tương đồng tìm được	Độ tương đồng
1	Thanh Hóa có trồng được măng cụt không	Cây măng cụt có trồng được ở thanh hóa không	0.985
2	Cách phân biệt mít đục với mít cái	Cách phân biệt mít đục và mít cái	1.0
3	Cách làm chanh dây ra nhiều bông	kỹ thuật để chanh dây ra hoa nhiều	0.651
4	Cách chiết cành cây vú sữa	Cách chiết cành cây vú sữa	1.0
5	Loại phân giúp đu đủ ngọt	Cách phân biệt đu đủ đục và đu đủ cái	0.546
6	Ketomium là thuốc gì	Chế phẩm ketomium là gì	0.675
7	Cách trị trái ca cao bị cứng vỏ rồi thối ở trong	Ca cao bị cứng vỏ và thối dần vào bên trong là bị gì	0.638
8	Thuốc trị kiến vàng	Cách diệt kiến vàng	0.708
9	Cách bảo quản đậu nành	Cách bảo quản đậu nành	1.0
10	Làm thuốc bằng cà gai leo như thế nào	Cách làm thuốc từ cà gai leo	0.79
11	Chỗ nào ở Cần Thơ bán giống đu đủ tốt	Địa chỉ bán hạt đu đủ giống tại cần thơ	0.711
12	Địa chỉ bán giống cà tím eg203	Địa chỉ bán giống cà tím eg 203	0.7

2.2. Hệ thống so màu lá lúa trên thiết bị di động

Trong hệ thống này, nhóm tác giả (Nghe và ctv., 2016) đã đề xuất giải pháp hỗ trợ nông dân trong việc so màu lá lúa tự động từ ảnh chụp trên thiết bị di động nhằm xác định lượng phân đạm cần thiết (tương đối) để bón cho cây lúa dựa trên độ đậm của lá lúa. Từ tập ảnh chụp từ điện thoại, hệ thống tiến hành tiền xử lý, khử nhiễu và sau đó thực hiện so màu lá lúa bằng phương pháp so khớp ảnh và kỹ thuật máy học như minh họa trong Hình 3.



Hình 3. Hệ thống so màu lá lúa

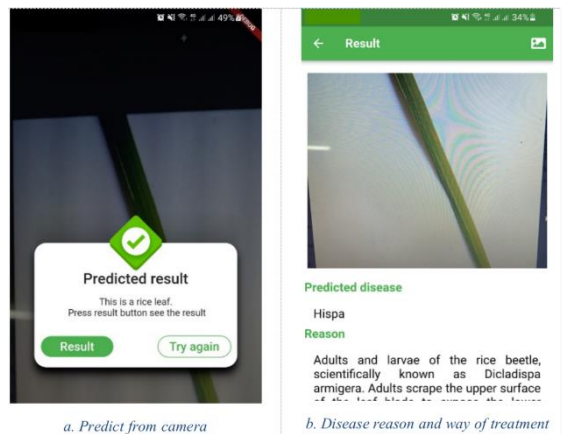
Thực nghiệm trên tập dữ liệu thu thập được từ bảng so màu lá lúa chuẩn cũng như từ môi trường thực tế cho thấy phương pháp so màu bằng kỹ thuật so khớp ảnh và kỹ thuật k-láng giềng (k-Nearest Neighbors) cho độ chính xác tương ứng là 94% và 92%. Hệ thống So màu lá lúa đã được xây dựng thành một ứng dụng hoàn chỉnh và có thể vận hành trên các thiết bị di động chạy hệ điều hành Android như minh họa trong Hình 4.



Hình 4. Hệ thống So màu lá lúa trên thiết bị di động

2.3. Hệ thống chẩn đoán bệnh trên lá lúa từ ảnh chụp bằng kỹ thuật học sâu

Nghe và ctv. (2021) đã đề xuất một phương pháp phát hiện bệnh lá lúa thông qua ảnh chụp từ thiết bị di động sử dụng kỹ thuật học sâu kết hợp phương pháp học chuyên gia. Mô hình đề xuất có thể phát hiện ba loại bệnh phổ biến trên lá lúa (đốm nâu, cháy bìa lá và đạo ôn lá). Mô hình đã được huấn luyện trên 1.790 hình ảnh và đạt độ chính xác 95% và được tích hợp vào ứng dụng Android như minh họa trong Hình 5. Khi áp dụng thực tế trên thiết bị di động, thời gian phát hiện và đưa ra giải pháp điều trị bệnh chỉ mất khoảng 1,7 giây, do vậy đây có thể là giải pháp hữu ích giúp ích cho nông dân.

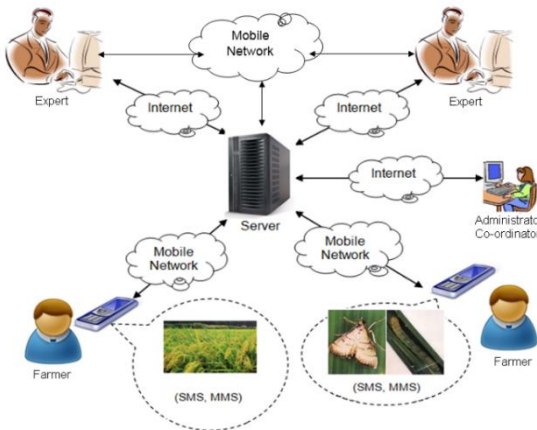


Hình 5. Hệ thống chẩn đoán bệnh trên lá lúa từ thiết bị di động

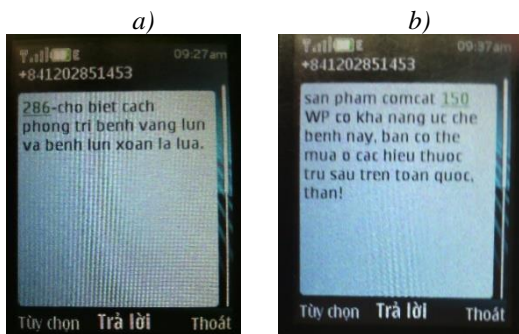
2.4. Hệ chuyên gia ảo hỗ trợ khuyến nông qua tin nhắn điện thoại

Mô hình tổng thể của hệ thống được biểu diễn như trong Hình 6 (Nguyen & Thai-Nghe, 2015). Ở

đó, khi nhà nông có vấn đề/câu hỏi, chẳng hạn như liên quan đến bệnh hại trên cây lúa, cần tư vấn cách điều trị, họ có thể đặt câu hỏi bằng tin nhắn SMS hoặc chụp lại hình ảnh hiện trạng (MMS) (có thể kèm theo câu hỏi) để gửi đến hệ thống bằng điện thoại di động. Yêu cầu này sẽ được hệ thống chuyển đến các chuyên gia thích hợp trong từng lĩnh vực để được giải đáp. Ngay sau khi nhận được phản hồi từ phía chuyên gia, hệ thống sẽ phản hồi lại kết quả cho nhà nông. Như vậy, với ý tưởng này, hệ thống cũng có thể xem như “*Nhíp cầu nhà nông trực tuyến 24/7*”.



Hình 6. Mô hình hệ chuyên gia ảo hỗ trợ khuyến nông qua tin nhắn



Hình 7. Giao diện của hệ chuyên gia ảo

a) Tin nhắn được hệ thống gửi đến cho chuyên gia trả lời b) Tin nhắn được hệ thống gửi cho nhà nông để giải đáp thắc mắc của nhà nông

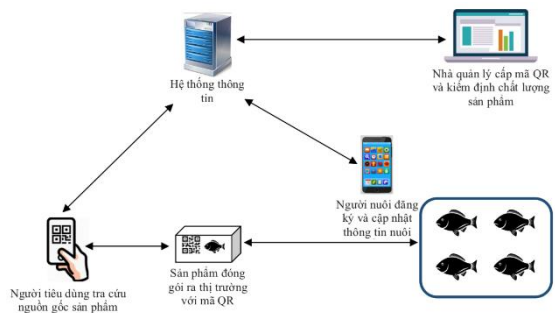
Sau khi hệ thống nhận được câu hỏi của nhà nông, hệ thống tiến hành phân loại câu hỏi và gửi câu hỏi đến cho chuyên gia trả lời. Câu hỏi đi kèm một mã số để xác định tin nhắn trong cơ sở dữ liệu tin nhắn. Hình 7a minh họa nội dung tin nhắn SMS nhận được từ nhà nông và Hình 7b minh họa nội dung tin nhắn SMS được hệ thống giải đáp thắc mắc cho nhà nông trên điện thoại di động. Tuy nhiên, hệ

thống này phù hợp hơn cho các vùng sâu, vùng xa, vùng cao ở đó điều kiện Internet còn chưa thuận lợi. Ở những nơi khác, sử dụng Hệ thống trợ lý ảo trong Nông nghiệp thông minh như đã giới thiệu ở mục 2.1 sẽ hiệu quả hơn.

3. CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN HỖ TRỢ THỦY SẢN THÔNG MINH

3.1. Hệ thống tra cứu nguồn gốc sản phẩm bằng mã QR

Nghe và ctv. (2021c) đã đề xuất xây dựng Hệ thống thông tin hỗ trợ xác định nguồn gốc sản phẩm bằng mã QR (Quick Response code). Để thực hiện quy trình trong hệ thống, trước hết người dân đăng ký mã QR tương ứng cho sản phẩm của mình, sau đó cập nhật các biến động trong suốt quá trình nuôi trồng (ví dụ, theo mô hình Việt GAP). Khi thu hoạch, sản phẩm (thô hoặc qua chế biến) sẽ được dán mã QR trước khi phân phối ra thị trường. Người tiêu dùng (khách hàng) khi mua sản phẩm có thể dễ dàng truy xuất lại thông tin nuôi trồng thông qua việc quét mã QR từ điện thoại thông minh như minh họa trong Hình 8. Sau khi phân tích, thiết kế, xây dựng và kiểm thử hệ thống trên một số dữ liệu mẫu, kết quả cho thấy việc hoàn thiện và đưa vào sử dụng thực tế là rất khả quan.

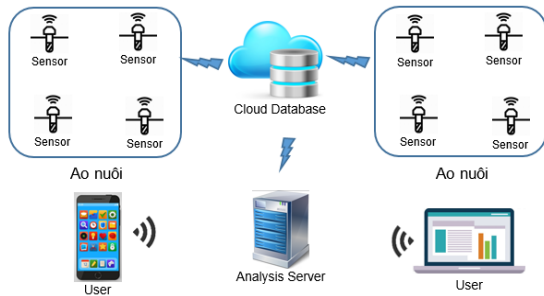


Hình 8. Hệ thống tra cứu nguồn gốc sản phẩm thủy sản (tương tự cho các sản phẩm khác)

3.2. Hệ thống dự báo chất lượng môi trường nước bằng kỹ thuật học sâu

Nghe và ctv. (2020, 2021b) đã đề xuất mô hình dự báo các chỉ số môi trường nước (như chỉ số về độ mặn, nhiệt độ, pH và oxy hòa tan - DO) trong hệ thống IoT phục vụ nuôi trồng thủy sản hoặc canh tác nông nghiệp như minh họa trong Hình 9. Kỹ thuật học sâu đã được sử dụng để dự báo các chỉ số môi trường nước thu thập hàng ngày từ các cảm biến. Kết quả thử nghiệm trên một số bộ dữ liệu cho thấy phương pháp đề xuất hoạt động tốt và hoàn toàn khả thi trong thực tế. Việc giám sát và dự báo chất lượng nước là một phần rất quan trọng khi phát triển hệ

thông IoT trong quan trắc môi trường, đặc biệt là nuôi trồng thủy sản canh tác nông nghiệp. Bằng cách theo dõi các chỉ số thời gian thực nhằm cảnh báo sớm cho người dân cũng như các nhà quản lý, chúng ta có thể quản lý chất lượng nước nhằm hạn chế tối đa việc ô nhiễm.



Hình 9. Kiến trúc tổng thể hệ thống quan trắc và dự báo môi trường nước

4. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Trong bài viết này, chúng tôi giới thiệu một số mô hình ứng dụng các công nghệ của cuộc cách mạng lần thứ tư trong hỗ trợ lĩnh vực nông nghiệp và thủy sản thông minh. Các hệ thống này bao gồm: Hệ thống trợ lý ảo trong Nông nghiệp thông minh, Hệ thống so màu lá lúa trên thiết bị di động, Hệ

thống chẩn đoán bệnh trên lá lúa từ ảnh chụp bằng kỹ thuật học sâu, Hệ thống khuyến nông qua tin nhắn, Hệ thống quan trắc và cảnh báo chất lượng môi trường nước bằng kỹ thuật học sâu, Hệ thống tra cứu nguồn gốc sản phẩm bằng mã QR, Hệ thống nhận dạng bệnh trên tôm qua hình ảnh. Các hệ thống này đều đã được xây dựng và thử nghiệm. Kết quả cho thấy việc ứng dụng vào thực tế là hoàn toàn khả thi.

Việc đưa Hệ thống thông tin cũng như các kỹ thuật, công nghệ mới vào nông nghiệp là không khó, tuy nhiên việc triển khai cần sự quyết tâm, đồng thuận của cả chính quyền, nhà quản lý lẫn người dân. Tăng cường công tác tư tưởng nhằm mạnh dạn đổi mới, cũng như tập huấn cho các nhà quản lý địa phương và người dân là cần thiết trong thời gian tới. Theo xu thế phát triển, đặc biệt là cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, hệ thống thông tin trong nông nghiệp cần dịch chuyển dần theo hướng thông minh chứ không đơn thuần là việc quản lý. Việc triển khai các hệ thống thông minh như trình bày trong bài viết vào thực tế sẽ góp phần thúc đẩy phát triển sản phẩm nông nghiệp. Từng bước chuyển đổi số tất các sản phẩm, đưa các sản phẩm nông nghiệp vào thị trường trực tuyến trên toàn thế giới (thương mại điện tử) sẽ góp phần giảm việc thừa cung thiếu cầu, nâng cao giá trị kinh tế và đầu ra cho sản phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Durai, S. K. S. & Shamili, M. D. (2022). Smart farming using Machine Learning and Deep Learning techniques, *Decision Analytics Journal*, Volume 3, 2022, 100041, ISSN 2772-6622, doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100041.
- Meshram V., Patil K., Meshram V., Hanchate D., & Ramkteke, S.D. (2021). Machine learning in agriculture domain: A state-of-art survey. *Artificial Intelligence in the Life Sciences. 1*, 100010. doi.org/10.1016/j.aills.2021.100010.
- Nghe, N. T., Hùng, T. T., & Ngôn, N. C. (2021). Xây dựng hệ thống tra cứu nguồn gốc thủy sản bằng mã QR. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57(Số chuyên đề Thủy sản), 181-191. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.077>
- Nghe, N. T., Phương, L. T., & Hòa., N. H. (2016). Hệ thống so màu lá lúa trên thiết bị di động. *Kỷ yếu Hội nghị khoa học công nghệ quốc gia lần thứ IX - "Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin" (FAIR 2016)*.
- Nguyen, C.N., & Thai-Nghe, N. (2015, 14-16 Oct. 2015). An agricultural extension support system on mobile communication networks. *2015 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)*.
- Nghe, N. T. H., Ân, T. C., & Minh, V. Q. (2021). Một tiếp cận trong dự báo chỉ số môi trường nước bằng kỹ thuật học sâu. *Kỷ yếu Hội nghị KHCN Quốc gia lần thứ XIV về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR)*.
- Thai-Nghe, N., Ngo, T.-T., & Nguyen, H.-H. (2021). *Deep learning for Rice leaf disease detection in Smart Agriculture*. Proceedings of the 2021 International Conference on "Artificial Intelligence and Big Data in Digital Era" (ICABDE).
- Thai-Nghe, N., Thanh-Hai, N., & Ngon, N. C. (2020). Deep Learning Approach for Forecasting Water Quality in IoT Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110883>
- Yang, X., Zhang, S., Liu, J., Gao, Q., Dong, S., & Zhou, C. (2021). Deep learning for smart fish farming: applications, opportunities and challenges. *Rev. Aquacult.*, 13, 66-90. <https://doi.org/10.1111/raq.12464>
- Zhao S., Zhang S., Liu J., Wang H., Zhu J., Li D., & Zhao R., (2021). Application of machine learning in intelligent fish aquaculture: A review. *Aquaculture*. 540, 736724. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736724