

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IoT GIÁM SÁT MÔI TRƯỜNG CHO MÔ HÌNH TRỒNG RAU - NUÔI CÁ (AQUAPONICS) QUY MÔ NHỎ TRONG HỘ GIA ĐÌNH

Đặng Thị Thúy Huyền*, Ngô Trí Dương, Nguyễn Tùng Lâm, Bùi Đình Thịnh

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Tác giả liên hệ: huyentdh@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 18.12.2023

Ngày chấp nhận đăng: 23.05.2024

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm ứng dụng công nghệ IoT cho hệ thống giám sát, điều khiển từ xa các thông số môi trường của mô hình aquaponics quy mô nhỏ trong hộ gia đình. Trong nghiên cứu, các thông số môi trường nước (pH, DO, nhiệt độ, mực nước) và môi trường không khí (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng) của mô hình aquaponics nước cạn (NFT - Nutrient Film Technique) được giám sát từ xa (24/24h) thông qua giao diện của ứng dụng Blynk trên điện thoại hoặc máy tính. Kết quả thử nghiệm cho thấy thông số hiển thị trên giao diện giám sát từ xa có sai số khá nhỏ so với giá trị đo được trên dụng cụ đo mẫu, dao động trong khoảng 1% ÷ 2%. Khi các thông số đo nằm ngoài ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ gửi tin nhắn cảnh báo tới điện thoại. Bên cạnh đó, hệ thống còn có khả năng lưu trữ dữ liệu đo được trong khoảng thời gian 06 tháng để phục vụ cho mục đích nghiên cứu, đánh giá hoạt động của mô hình aquaponics.

Từ khóa: IoT, aquaponics nước cạn NFT, giám sát và cảnh báo tự động

Application of IoT Technology in Environmental Monitoring for Small - Scale Vegetable-Fish Farming (Aquaponics) in Households

ABSTRACT

This research aimed to apply IoT technologies in monitoring and controlling the water and air environment parameters of a small-scale aquaponics system in households. In this study, parameters of water environment (pH, DO, temperature, water level) and air environment (temperature, humidity, light) of an aquaponics system (NFT - Nutrient Film Technique) are monitored remotely (24/24h) through the application of Blynk on a smartphone or a computer. Test results show that the parameters displayed on the remote monitoring interface have quite small errors compared to the values measured on the sample measuring tool, fluctuating in the range of 1% ÷ 2%. When the measured parameters are outside the range of expected threshold values, the system will send a warning message to the phone. In addition, the system is also able to store the measured data in a 6 months period for researching and evaluating the operation of the aquaponics system.

Keywords: IoT, NFT aquaponics system, automatic monitoring and warning system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, xu hướng tự nuôi trồng để có thực phẩm sạch và an toàn của con người ngày càng cao, vì vậy có rất nhiều mô hình trồng rau, nuôi cá tại hộ gia đình được ra đời để đáp ứng nhu cầu trên. Trong đó có thể kể đến các mô hình trồng rau sạch phổ biến hiện nay như mô hình khí canh, thủy canh, mô hình aquaponics kết hợp giữa trồng rau - nuôi cá.

Aquaponics là một hệ thống tích hợp giữa aquaculture (nuôi trồng thủy sản) và hydroponics (thủy canh). Hệ thống aquaponics hoạt động nhờ nguyên tắc cộng sinh của hệ sinh thái: cây - vi sinh vật - cá. Chất thải của cá và phân cá (dưới dạng amoniac) sẽ được vi sinh vật (trong bồn lọc vi sinh) chuyển hóa thành nitrat là dinh dưỡng cho cây hấp thụ. Quá trình hấp thụ chất dinh dưỡng này cũng chính là quá trình làm sạch nước bẩn từ chất thải của cá và trả lại nước

sạch vào hồ cá. Trong hệ thống aquaponics cần kiểm soát được đồng thời sự phát triển của rau và cá thông qua việc đảm bảo môi trường sinh trưởng tốt nhất cho cả hai loài. Để tăng hiệu quả, năng suất của mô hình aquaponics, ngoài yếu tố về cây, con giống, giá thể, vi sinh vật..., việc ứng dụng các công nghệ mới để giám sát, điều khiển từ xa đang được nghiên cứu áp dụng, trong đó phải kể đến công nghệ Internet vạn vật (Internet of Things - IoT). Công nghệ IoT áp dụng trong hệ thống aquaponics sẽ cho phép người dùng giám sát được thường xuyên, liên tục môi trường nước (độ pH, nồng độ oxy hòa tan DO, nhiệt độ nước...) và môi trường không khí (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng...), đưa ra cảnh báo để có hướng xử lý phù hợp.

Nghiên cứu về ứng dụng IoT trong giám sát hệ thống aquaponics đã được nhiều tác giả đề xuất. Hồ Thanh Huy & cs. (2021) đã xây dựng một giao diện giám sát từ xa qua ứng dụng Blynk trên điện thoại cho mô hình tủ trồng rau - nuôi cá aquaponics. Trong mô hình này, các thông số nhiệt độ, độ ẩm và độ rọi được giám sát tự động, đồng thời có thể bật/tắt các thiết bị ngoại vi như quạt, đèn, phun sương từ giao diện trên điện thoại. Tuy nhiên, môi trường nước trong bể cá như pH, DO, nhiệt độ... chưa được giám sát tự động.

Trong các nghiên cứu khác về ứng dụng IoT cho hệ thống aquaponics, phần giám sát bằng công nghệ IoT được thiết lập đầy đủ hơn để có thể đo các thông số trong cả môi trường nước và không khí của hệ thống như: mực nước và độ pH trong nước, nhiệt độ và độ ẩm không khí (Abhay & cs., 2018; Sujatha & cs., 2021), hoặc giám sát thêm thông số nhiệt độ nước, tốc độ dòng chảy (Rao & cs., 2021).

Mô hình hệ thống aquaponics tự động được áp dụng cho đối tượng nuôi trồng cụ thể là cá rô phi sông Nile và rau diếp Romaine với khả năng kiểm soát độ pH, nhiệt độ thông qua Internet of Things (IoT) (Valiente & cs., 2018). Mô hình sử dụng kết hợp với camera giám sát, sau đó thực hiện so sánh hàng tuần để đánh giá sự phát triển của cây và cá trong hệ thống aquaponics tự động. Kết quả cho thấy rau và cá trong hệ

thống aquaponics tự động có mức tăng trưởng lớn hơn đáng kể so với phương pháp truyền thống. Điểm chung của các nghiên cứu này là đều giám sát được thông số môi trường bể nuôi và môi trường không khí xung quanh khu vực trồng rau nhưng chưa thực hiện điều khiển các thiết bị trong hệ thống aquaponics để tạo môi trường sinh trưởng tốt nhất cho rau và cá.

Ngoài vấn đề giám sát các thông số môi trường của hệ thống aquaponics, vấn đề cung cấp năng lượng để hệ thống hoạt động ổn định cũng được quan tâm trong nhiều nghiên cứu như: thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển dựa trên IoT cho hệ thống aquaponics chạy bằng năng lượng mặt trời (Taji & cs., 2021; Edgar cs., 2019; Murdan & Joyram 2021).

Những nghiên cứu trên đây đã cho thấy vai trò to lớn và khả năng ứng dụng thực tiễn cao của công nghệ IoT trong phát triển những mô hình nông nghiệp công nghệ cao cho các khu vực đô thị đông dân, hạn chế về diện tích canh tác, đặc biệt là mô hình kết hợp trồng rau - nuôi cá aquaponics. Hiện nay, trên thị trường cũng có nhiều công ty, doanh nghiệp cung cấp dịch vụ aquaponics, tuy nhiên trong các hệ thống này, vấn đề tự động hóa về giám sát, điều khiển chưa được áp dụng triệt để cho các giai đoạn nuôi trồng trong hệ thống. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi ứng dụng công nghệ IoT để giám sát các thông số môi trường nước trong bể nuôi cá (nhiệt độ, độ pH, nồng độ oxy hòa tan) và môi trường không khí (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng) xung quanh các máng trồng rau của hệ thống aquaponics quy mô nhỏ trong các hộ gia đình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Mô hình hệ thống aquaponics

Hệ thống aquaponics có nhiều kiểu dáng và thích nghi với các điều kiện khí hậu cũng như mức độ đầu tư khác nhau, phù hợp với việc nuôi trồng nhiều loại rau và cá. Tại các thành phố lớn, đã xuất hiện nhiều mô hình aquaponics nhằm đáp ứng một phần nhu cầu tự cung tự cấp thực phẩm an toàn của con người. Trong đó, hệ

Ứng dụng công nghệ IoT giám sát môi trường cho mô hình trồng rau - nuôi cá (aquaponics) quy mô nhỏ trong hộ gia đình

thống aquaponics quy mô nhỏ đã và đang trở thành một lựa chọn khả thi để cung cấp một chế độ ăn lành mạnh cho các hộ gia đình. Bên cạnh đó aquaponics được xem là mô hình sản xuất lương thực bền vững vì có thể tiết kiệm, tái chế nước và chất dinh dưỡng.

Hiện nay, có 3 dạng mô hình hệ thống aquaponics phổ biến:

Mô hình aquaponics tưới ngập xả cạn (MB - Media-Based): mô hình này rất phổ biến để phát triển cho những hệ thống aquaponics có quy mô nhỏ. Các thành phần của mô hình không quá phức tạp, quá trình hoạt động đơn giản, phù hợp với hầu hết các loại rau củ quả, quá trình nước dâng lên hay rút xuống vừa cung cấp đủ nước cho cây vừa cung cấp được oxy cho rễ cây hô hấp. Tuy nhiên chất thải rắn và tàn dư từ rễ, lá... tích tụ trong khay sẽ cản trở đến sự lưu thông của nước.

Mô hình aquaponics nước cạn (NTF - Nutrient Film Technique): mô hình này phù hợp phát triển theo chiều dọc, bố trí được nhiều tầng mà không cần diện tích lớn. Đây là phương pháp trồng rau sạch bằng ống ngang với dòng nước cạn, các chất dinh dưỡng từ hồ cá được chảy ngang qua ống, rau được đặt trong các lỗ hổng được khoét sẵn ở phần trên của ống nước.

Mô hình aquaponics nước sâu (DWC - Deep Water Culture): mô hình này thích hợp cho diện tích và quy mô thương mại lớn, chuyên canh một loại cây trồng cụ thể (rau diếp, xà lách, basi...) và phù hợp hơn với cơ giới hóa. Mô hình này yêu cầu các kỹ thuật phức tạp, không thích hợp cho không gian nhỏ nên thường được triển khai cho các dự án thương mại lớn, cho năng suất cao.

Dựa trên nghiên cứu về cấu trúc, nguyên lý hoạt động và ưu nhược điểm của ba dạng mô hình aquaponics, để đáp ứng nhu cầu trồng rau - nuôi cá trong quy mô hộ gia đình với diện tích canh tác nhỏ, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn dạng mô hình aquaponics nước cạn NFT với các ưu điểm: tiết kiệm nước do trong hệ thống NFT, tại một thời điểm có rất ít nước đi qua rễ cây, thêm vào đó, đây là một hệ thống tuần hoàn, có nghĩa là nước được bơm ra khỏi bể cá sẽ được thu giữ và tái sử dụng, do đó cần ít hơn đáng kể so với các hệ thống sử dụng nước mới mỗi lần; để

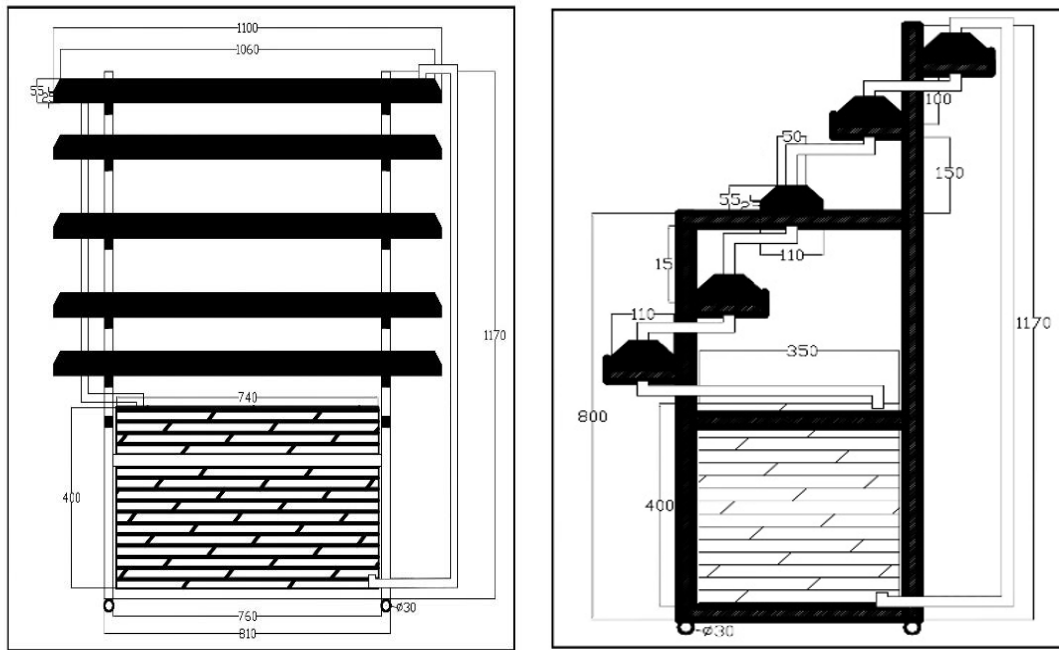
dòng canh tác theo chiều thẳng đứng nên tiết kiệm diện tích đặt bể; nước chảy liên tục trong hệ thống nên muối không thể tích tụ ở một vài vị trí trong thời gian dài, do đó hạn chế được sự cản trở của muối với dung dịch dinh dưỡng và các vấn đề cho cây trồng; sử dụng ít vật liệu hơn do hệ thống NFT không yêu cầu sử dụng nhiều giá thể để hỗ trợ thân và rễ của cây.

2.1.2. Hệ thống giám sát và điều khiển aquaponics nước cạn NFT

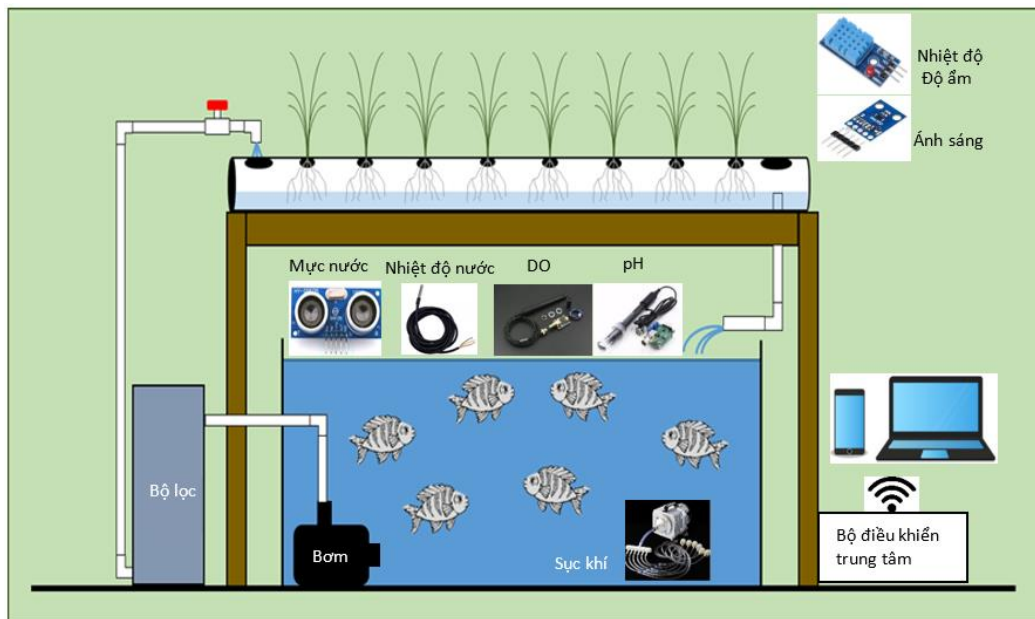
Trong hệ thống aquaponics nước cạn NFT, dòng nước được luân chuyển liên tục, tuần hoàn từ bể nuôi cá qua bộ lọc cơ, bộ lọc vi sinh đến các máng trồng rau và trở về bể nuôi cá, do đó chất lượng nước sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến cả hai đối tượng là cây trồng và cá nuôi. Bên cạnh đó, các điều kiện về chất lượng không khí như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng cũng ảnh hưởng đến sự phát triển của cây trồng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một hệ thống giám sát 24/24h hai môi trường: nước và không khí trong hệ thống aquaponics, áp dụng cho dạng mô hình aquaponics nước cạn quy mô nhỏ tại các hộ gia đình.

Mô hình aquaponics nước cạn gồm hai phần chính: bể nuôi cá và các máng trồng rau. Nguyên tắc tính toán, lựa chọn dung tích bể cá aquaponics là phải đảm bảo điều kiện: khi nước trong tất cả các máng trồng rau đồng thời xả cạn thì bể cá không bị đầy tràn và khi nước trong tất cả các máng trồng rau đều dâng ngập thì bể cá không bị cạn. Do vậy thể tích bể cá tối thiểu đối với hệ thống aquaponics nước cạn NFT sẽ bằng tổng thể tích các máng trồng rau. Trên cơ sở đó, hệ thống aquaponics nước cạn NFT được thiết kế gồm 01 bể nuôi cá kích thước 740 × 400 × 350mm, không gian phía trên bể cá được đặt 05 máng trồng rau, mỗi máng dài 1.100mm, phía trên khoét 06 lỗ để trồng cây.

Dựa trên cấu trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống aquaponics NFT, chúng tôi nghiên cứu ứng dụng công nghệ IoT để giám sát, điều khiển các thông số môi trường nước trong bể nuôi cá và môi trường không khí xung quanh các máng trồng cây. Hình 2 thể hiện các thiết bị trong hệ thống IoT giám sát áp dụng cho mô hình aquaponics.



Hình 1. Bản vẽ mô hình aquaponics NFT

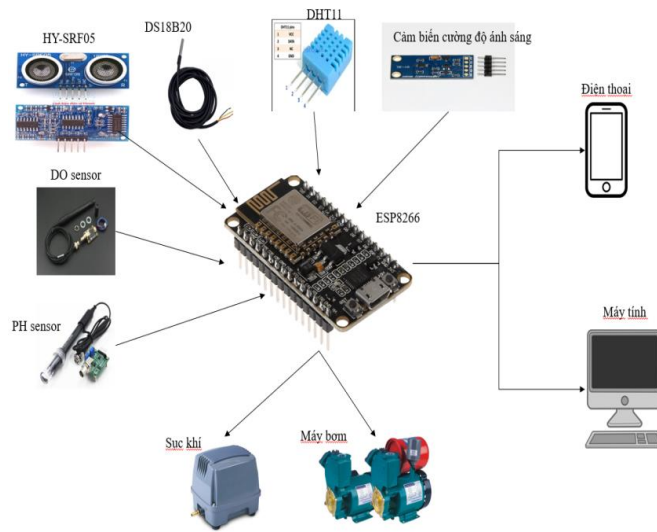


Hình 2. Mô hình giám sát và điều khiển aquaponics nước cạn NFT

Sau khi cấp nguồn cho hệ thống, máy bơm sẽ hoạt động bơm nước sang bể lọc vi sinh, từ đây nước được bơm qua các máng trồng cây và được thu hồi trở về bể cá; Cảm biến đo các giá trị môi trường nước (nhiệt độ, độ pH, nồng độ oxy), không khí (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng) được cấp nguồn và bắt đầu đo, truyền tín hiệu về bộ điều khiển trung tâm và hiển thị giá trị lên màn

hình HMI; Máy sục khí sẽ hoạt động, khi nồng độ oxy hòa tan trong nước DO lớn hơn giá trị ngưỡng cài đặt thì máy sục khí sẽ dừng hoạt động. Quá trình điều khiển có thể thực hiện trên giao diện giám sát từ xa trên điện thoại thông minh hoặc máy tính. Đèn cảnh báo sẽ sáng khi các giá trị pH, DO, mực nước ngoài ngưỡng cài đặt.

Ứng dụng công nghệ IoT giám sát môi trường cho mô hình trồng rau - nuôi cá (aquaponics) quy mô nhỏ trong hộ gia đình



Hình 3. Sơ đồ khối các thiết bị IoT trong hệ thống aquaponics nước cạn NFT

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sơ đồ khối các thiết bị trong hệ thống IoT

Để giám sát các thông số của môi trường nước, chúng tôi lựa chọn các cảm biến sau:

Cảm biến nồng độ oxy hòa tan DO DFRobot có dải đo từ 0 ÷ 20 mg/l. Module cảm biến DO gồm đầu đo oxy hòa tan với đầu dò Galvanic và bảng mạch chuyển đổi tín hiệu dùng bộ nguồn 3,3 ÷ 5,5V, tương thích với hầu hết Arduino, đầu ra analog 0 ÷ 3V, tương thích với tất cả các bộ vi điều khiển có chức năng ADC.

Cảm biến đo độ pH analog DFRobot có dải đo từ 0 ÷ 14pH với độ chính xác ± 0,1pH ở 25°C. Module cảm biến pH bao gồm cảm biến pH (đầu dò pH) và mạch chuyển đổi tín hiệu cho phép chuyển đổi giá trị pH thành tín hiệu điện áp và có thể giao tiếp trực tiếp với bất kỳ bộ điều khiển nào.

Cảm biến nhiệt độ nước DS18B20 có dải đo từ -55 ÷ 125°C với sai số ± 0,5°C khi đo ở dải -10 ÷ 85°C, được sử dụng để giám sát nhiệt độ nước trong bể nuôi cá. Ngoài ra, cảm biến siêu âm HY-SRF05 có khoảng cách đo 20 ÷ 4500mm, sai số 5mm được dùng để giám sát mực nước trong bể nuôi cá.

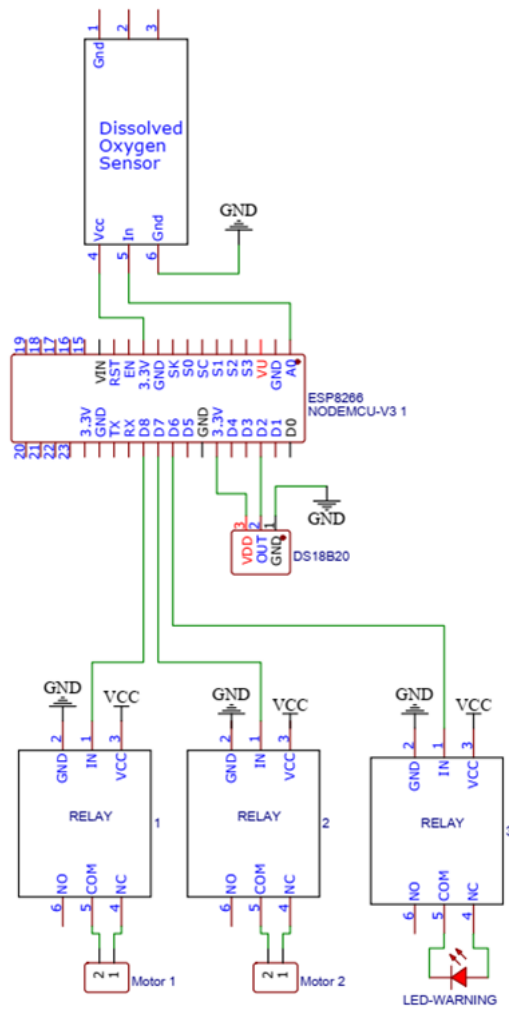
Đối với môi trường không khí xung quanh khu vực các máng trồng cây, nhóm nghiên cứu sử dụng các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11

với khoảng đo độ ẩm 20 ÷ 90% RH (sai số 5%RH), khoảng đo nhiệt độ: 0 ÷ 50°C (sai số 2°C) và cảm biến cường độ ánh sáng BH1750 có khoảng đo 1 ÷ 65.535lux để giám sát.

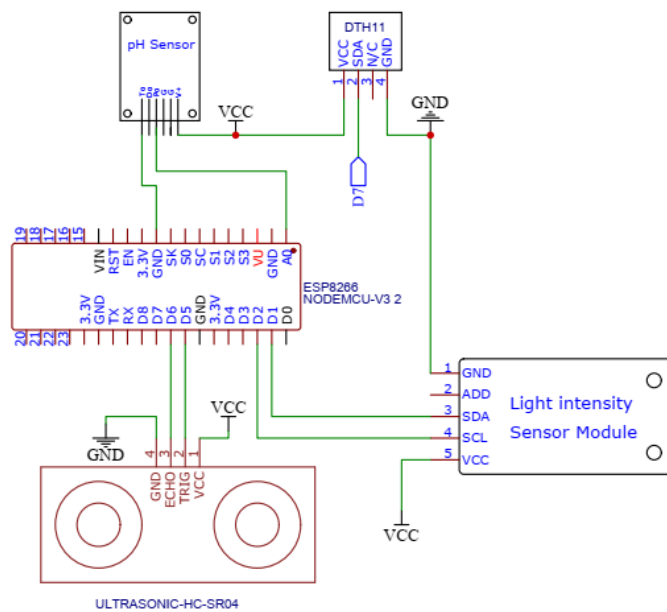
Bộ điều khiển cho hệ thống aquaponics sử dụng module thu phát wifi ESP8266 NodeMCU LUA CH340G để thu nhận thông tin từ cảm biến, thực hiện chức năng truyền nhận dữ liệu qua wifi tới giao diện giám sát trên điện thoại thông minh và máy tính thông qua ứng dụng Blynk, gửi tín hiệu điều khiển tới máy bơm, máy sục khí. Mạch ESP8266 NodeMCU v3 được phát triển trên chip Wifi SoC ESP8266 được tích hợp GPIO, PWM, I2C, 1-wire, ADC, bộ nhớ 32Mb và đặc biệt dễ dàng truy cập wifi, rất thích hợp sử dụng cho các ứng dụng thu thập, điều khiển qua wifi và nhiều ứng dụng khác liên quan tới IoT.

2.2.2. Sơ đồ mạch nguyên lý

Bộ điều khiển cho hệ thống aquaponics gồm 2 module thu phát wifi ESP8266 NodeMCU LUA CH340G, trong đó ESP8266 NodeMCU-v3 một nhận tín hiệu từ cảm biến đo nhiệt độ và nồng độ DO hòa tan trong nước, từ đó xử lý và phát lệnh điều khiển tới máy bơm (motor 1), bơm sục khí (motor 2) và đèn cảnh báo. Module ESP8266 NodeMCU-v3 hai nhận tín hiệu từ cảm biến siêu âm đo mực nước, cảm biến đo độ pH trong bể và cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm, độ rọi ánh sáng môi trường không khí xung quanh các máng trồng cây.

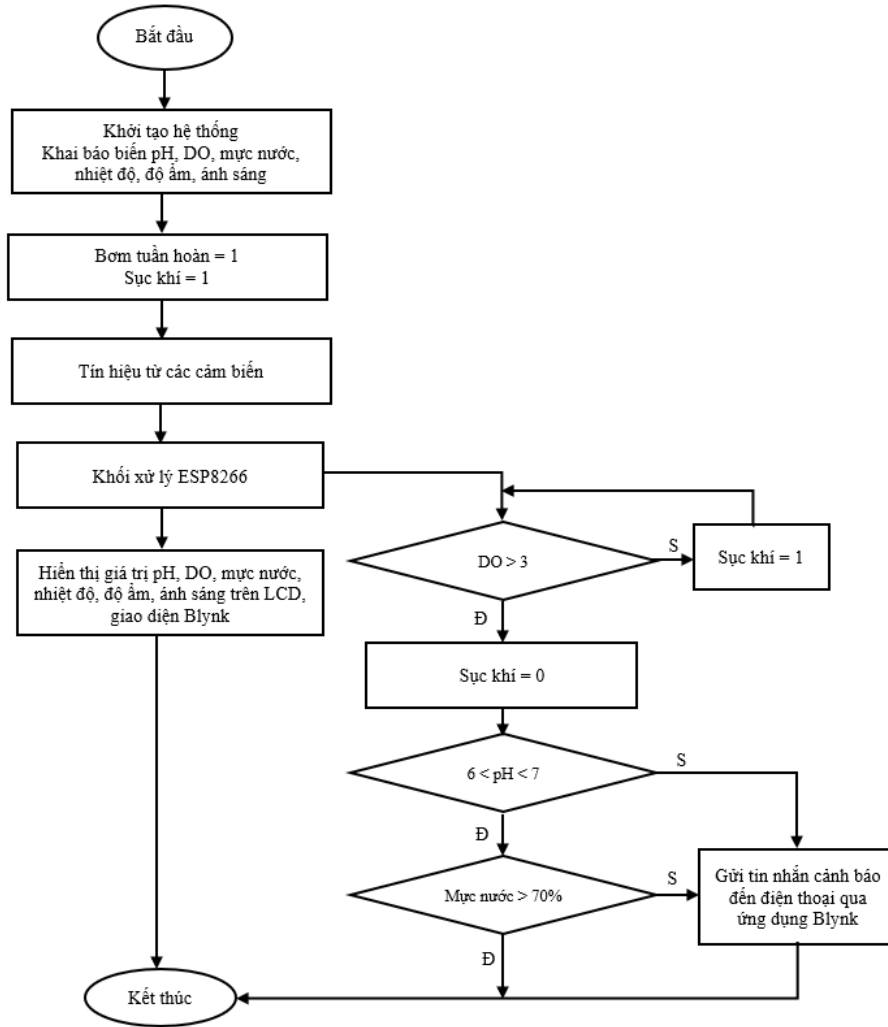


Hình 4. Sơ đồ mạch điều khiển với ESP8266 NodeMCU-v3 1



Hình 5. Sơ đồ mạch điều khiển với ESP8266 NodeMCU-v3 2

Ứng dụng công nghệ IoT giám sát môi trường cho mô hình trồng rau - nuôi cá (aquaponics) quy mô nhỏ trong hộ gia đình



Hình 6. Lưu đồ thuật toán giám sát và điều khiển

2.2.3. Lưu đồ thuật toán

Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ cảm biến và gửi thông số lên Blynk server. Blynk server gửi lại tín hiệu điều khiển cài đặt bởi người dùng để điều khiển máy bơm nước tuần hoàn và sục khí. Ở chế độ tự động, máy bơm nước tuần hoàn sẽ bật, bộ điều khiển sẽ so sánh giá trị nhận được từ cảm biến DO với giá trị DO cài đặt, từ đó phát tín hiệu bật hoặc tắt máy sục khí. Các thông số khác của hệ thống bao gồm độ pH, nhiệt độ nước, nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ rọi của ánh sáng cũng được thu thập liên tục và hiển thị trên giao diện Blynk trên máy tính hoặc điện thoại. Bộ điều khiển sẽ gửi bản tin cảnh báo đến người dùng khi các giá trị vượt ngưỡng cài đặt với thông tin cảnh báo dưới dạng popup trên điện thoại.

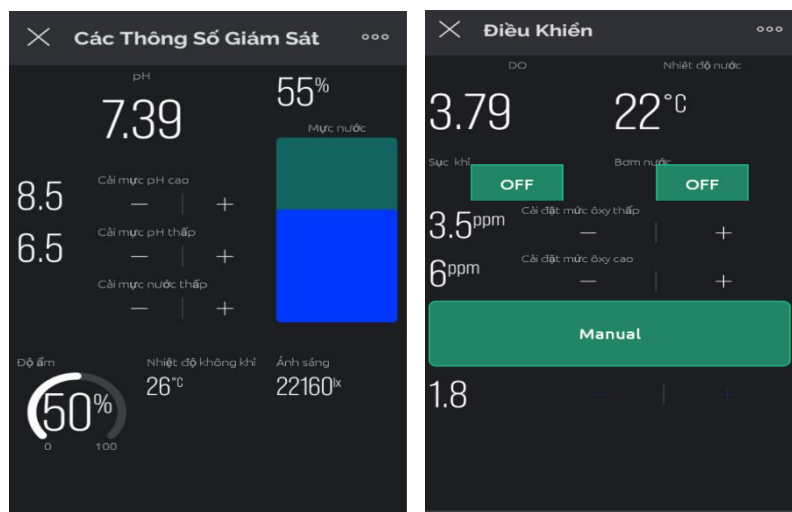
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn đối tượng nuôi trồng

Để thử nghiệm hoạt động của hệ thống, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lựa chọn loại cây rau và cá để nuôi trồng trong hệ thống. Hầu hết các loại rau ăn lá đều có thể phát triển tốt trong hệ thống aquaponics. Tùy thuộc vào nhu cầu của người sử dụng và điều kiện thời tiết khu vực nuôi trồng có thể lựa chọn các loại rau như: rau muống, xà lách, cải xanh, bắp cải, mồng tơi, rau dền, các loại rau thơm (hành, quế, ngò)... Trong thử nghiệm này, chúng tôi chọn cây xà lách để gieo trồng do đây là loại rau phát triển đặc biệt tốt trong aquaponics nhờ nồng độ dinh dưỡng tối ưu trong nước.



Hình 7. Một số hình ảnh mô hình hệ thống aquaponics NFT



Hình 8. Giao diện giám sát, điều khiển trên điện thoại

Loài cá được nuôi phổ biến trong hệ thống aquaponics là cá rô phi, cá chép vàng, cá Koi. Đây là những loài cá có sức sống khỏe, chịu được thay đổi của môi trường nước và cho nhiều chất thải. Trong hệ thống aquaponics này, chúng tôi thả cá rô phi cỡ nhỏ trong bể nuôi để thực hiện thử nghiệm hoạt động của hệ thống.

Trong hệ thống, bộ lọc vi sinh sử dụng hạt lọc nhựa Kaldnes hay còn gọi là giá thể vi sinh MBBR được thiết kế có hình dạng giống như một chiếc bánh xe, hoạt động hiệu quả trong việc giúp loại bỏ được ammonia và nitrite độc hại ra khỏi nước từ bể cá để cung cấp cho cây trồng.

3.2. Giao diện giám sát, điều khiển từ xa

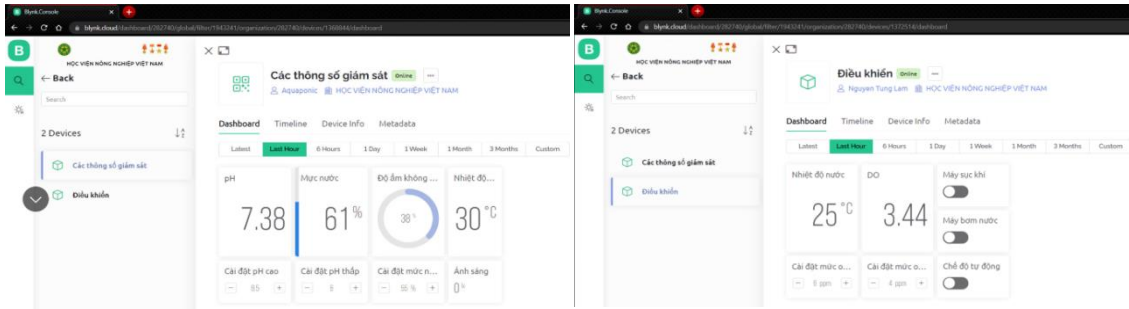
Để thực hiện quá trình giám sát và điều khiển hệ thống aquaponics, nhóm nghiên cứu

thiết kế giao diện giám sát, điều khiển từ xa cho hệ thống thông qua ứng dụng Blynk trên điện thoại thông minh và giao diện Blynk web trên máy tính laptop.

Giao diện giám sát, điều khiển từ xa các thông số môi trường hệ thống aquaponics NFT trên điện thoại thông minh được thiết kế dựa trên ứng dụng Blynk với hai phần: các thông số giám sát gồm pH, mực nước, độ ẩm, nhiệt độ không khí và ánh sáng; bảng điều khiển thì giá trị DO, nhiệt độ nước và các nút bật/tắt sục khí và bơm nước.

Thông số môi trường hệ thống aquaponics NFT cũng có thể giám sát từ giao diện giám sát điều khiển từ xa trên máy tính thông qua Blynk web với giao diện trực quan và có khả năng lưu trữ dữ liệu của hệ thống.

Ứng dụng công nghệ IoT giám sát môi trường cho mô hình trồng rau - nuôi cá (aquaponics) quy mô nhỏ trong hộ gia đình



Hình 9. Giao diện giám sát, điều khiển trên máy tính

Bảng 1. Kết quả giám sát DO môi trường nước trong bể cá

Thời gian đo	Ngày 1			Ngày 2			Ngày 3		
	DO (mg/l) (HI8043)	DO (mg/l) (Blynk)	Sai số (%)	DO (mg/l) (HI8043)	DO (mg/l) (Blynk)	Sai số (%)	DO (mg/l) (HI8043)	DO (mg/l) (Blynk)	Sai số (%)
13:30	7,50	7,29	2,80	7,20	7,27	0,97	7,35	7,36	0,14
13:45	7,54	7,29	3,32	7,37	7,40	0,41	7,32	7,35	0,41
14:00	7,56	7,27	3,84	7,32	7,40	1,09	7,37	7,35	0,27
14:15	7,34	7,15	2,59	7,28	7,35	0,96	7,42	7,39	0,40
14:30	7,38	7,32	0,81	7,32	7,35	0,41	7,39	7,38	0,14

3.3. Kết quả thử nghiệm

Chức năng giám sát môi trường hệ thống aquaponics

Nhóm nghiên cứu thực hiện thử nghiệm hoạt động hệ thống giám sát cho mô hình aquaponics NFT với các kết quả ghi nhận trực tiếp tại màn hình HMI gắn trên hệ thống và kết quả giám sát từ xa qua giao diện giám sát trên Blynk và máy tính laptop. Kết quả giám sát trên HMI và trên ứng dụng Blynk được so sánh, đánh giá với kết quả đo từ các thiết bị mẫu tương ứng.

Tiến hành đo đạc và ghi lại kết quả đo hai thông số DO và pH trong bể nuôi tại các thời điểm trong 03 ngày khác nhau bằng máy đo DO Hanna HI8043 (sai số $\pm 1,5\%$) và bộ pH KIT TEST, từ đó đánh giá sai số của hệ thống giám sát aquaponics. Kết quả đo được trình bày trong bảng 1 và bảng 2

Nồng độ DO tối ưu cho mỗi sinh vật trong hệ aquaponics phát triển mạnh nằm trong khoảng từ 5 ÷ 8 mg/l, một số loài cá, bao gồm cá chép và cá rô phi, có thể chịu được mức DO

thấp tới 2 ÷ 3 mg/l. Kết quả đo DO cho thấy nồng độ DO trong nước của bể cá nằm trong giới hạn cho phép đối với cá được nuôi, đồng thời sai số giữa cảm biến DO so với máy đo DO Hanna khá nhỏ (từ 0,14% ÷ 0,41% ở ngày đo thứ 3), sai số của các lần đo sau giảm do thay đổi cách đặt đầu đo cảm biến và máy đo.

Trong hệ thống aquaponics, khoảng pH thích hợp cho cây rau và cá là từ 6 ÷ 7. Kết quả đo độ pH trong bể nuôi cá cho thấy giá trị đo được từ bộ cảm biến của hệ thống giám sát và từ bộ pH Kit Test xấp xỉ bằng nhau với sai số khoảng 2%. Độ pH của nước đo được tại thời điểm thử nghiệm hoàn toàn phù hợp với yêu cầu môi trường cho sự phát triển của cây rau và cá trong hệ thống aquaponics.

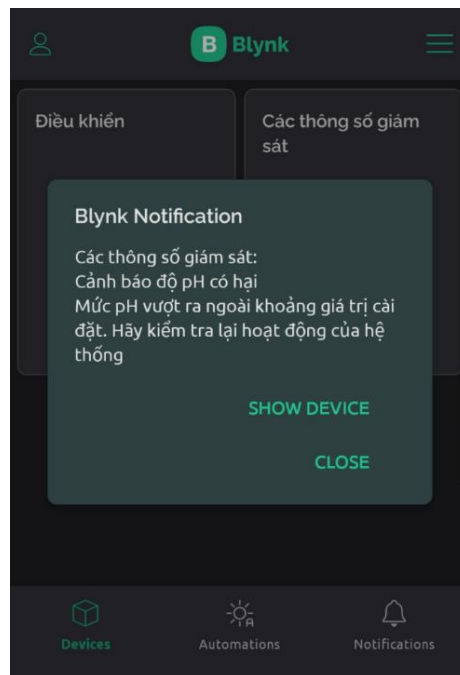
Đối với môi trường không khí xung quanh các máng trồng rau, nhóm nghiên cứu sử dụng các thiết bị đo nhiệt độ, độ ẩm không khí và ánh sáng Lutron LM8102 (sai số của máy đo: nhiệt độ $\pm 1,2^{\circ}\text{C}$, độ ẩm $\pm 4\%$, ánh sáng $\pm 5\%$) để so sánh, đánh giá kết quả thu được từ các cảm biến được sử dụng trong hệ thống giám sát mô hình aquaponics.

Bảng 2. Kết quả giám sát pH môi trường nước trong bể cá

Thời gian đo	Ngày 1			Ngày 2			Ngày 3		
	pH (pH Kit Test)	pH (Blynk)	Sai số (%)	pH (pH Kit Test)	pH (Blynk)	Sai số (%)	pH (pH Kit Test)	pH (Blynk)	Sai số (%)
17:30	6,7	6,76	0,90	6,6	6,67	1,06	6,6	6,72	1,82
17:45	6,7	6,79	1,34	6,6	6,7	1,52	6,6	6,78	2,73
18:00	6,7	6,51	2,84	6,6	6,69	1,36	6,6	6,75	2,27
18:15	6,7	6,59	1,64	6,7	6,62	1,19	6,6	6,7	1,52
18:30	6,7	6,82	1,79	6,7	6,65	0,75	6,6	6,78	2,73

Bảng 3. Kết quả giám sát thông số môi trường không khí

Lần đo	Nhiệt độ không khí (°C)			Độ ẩm không khí (%)			Độ rọi (lux)			
	LM8102	Blynk	Sai số (%)	LM8102	Blynk	Sai số (%)	LM8102	Blynk	Sai số (%)	
1	29,2	29	0,7	62,56	62,14	0,7	20130	20513	1,9	
2	29,3	29	1,0	62,15	63,00	1,4	20050	20297	1,2	
3	30,1	30	0,3	62,33	63,00	1,1	20280	20795	2,5	
4	29,6	30	1,4	63,00	62,69	0,5	20195	20968	3,8	
5	29,3	29	1,0	61,56	61,71	0,2	20250	20792	2,7	
Sai số trung bình			0,9	Sai số trung bình			0,8	Sai số trung bình		



Hình 10. Thông tin cảnh báo khi pH vượt ngưỡng

Bảng kết quả các thông số giám sát môi trường không khí xung quanh các máng trồng rau cho thấy sai số khá nhỏ giữa số liệu đo được từ các cảm biến trong hệ thống so với

thiết bị đo cầm tay.

Kết quả thử nghiệm trên đây cho thấy khả năng giám sát chính xác các thông số môi trường cho hệ thống aquaponics.

Ứng dụng công nghệ IoT giám sát môi trường cho mô hình trồng rau - nuôi cá (aquaponics) quy mô nhỏ trong hộ gia đình

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Time	pH	DO	Muc nước	Nhiệt độ nước	Nhiệt độ không khí	Độ ẩm	Ánh sáng
2	4/6/2023 13:01	6.54	7.13	58.33	29.3	33.5	67.76	20513
3	4/6/2023 13:00	6.57	7.13	60.08	29.3	33.5	67.56	20597
4	4/6/2023 12:59	6.60	7.14	60.23	29.3	33.3	67.56	20595
5	4/6/2023 12:58	6.55	7.13	60.07	29.3	33.5	67.56	20768
6	4/6/2023 12:57	6.52	7.12	58.14	29.3	33.5	67.56	20792
7	4/6/2023 12:56	6.43	7.12	59.85	29.2	33.5	67.56	20713
8	4/6/2023 12:55	6.51	7.12	59.36	29.3	33.5	67.56	20797
9	4/6/2023 12:54	6.53	7.13	59.86	29.3	33.5	67.56	20795
10	4/6/2023 12:53	6.53	7.12	59.71	29.3	33.5	67.66	20868
11	4/6/2023 12:52	6.58	7.11	60.76	29.2	33.5	67.56	20592
12	4/6/2023 12:51	6.52	7.10	60.31	29.2	33.3	67.46	20513
13	4/6/2023 12:50	6.57	7.11	58.46	29.2	33.5	67.46	20797
14	4/6/2023 12:49	6.57	7.11	59.43	29.2	33.5	67.56	20795
15	4/6/2023 12:48	6.51	7.12	60.64	29.2	33.5	67.56	20768
16	4/6/2023 12:47	6.58	7.11	57.86	29.0	33.2	67.56	20792
17	4/6/2023 12:46	6.57	7.11	60.42	29.2	33.5	67.56	20513
18	4/6/2023 12:45	6.57	7.10	60.15	29.2	33.5	67.56	20597
19	4/6/2023 12:44	6.57	7.11	61.02	29.1	33.5	67.66	20595
20	4/6/2023 12:43	6.57	7.11	60.71	29.2	33.4	67.66	20568

Hình 11. Trích bảng lưu trữ dữ liệu

3.3.1. Chức năng cảnh báo của hệ thống

Hệ thống giám sát môi trường nước và môi trường không khí sẽ liên tục cập nhật các thông số đo được từ các cảm biến, khi các thông số này nằm ngoài ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ gửi tin nhắn cảnh báo qua thông báo gửi về giao diện trên điện thoại. Trên hình 10 là minh họa về tin nhắn cảnh báo khi độ pH trong nước nằm ngoài ngưỡng, khi nhận được tin nhắn này, người sử dụng có thể mở ứng dụng để cập nhật thông số môi trường hiện tại của hệ thống aquaponics từ đó có biện pháp xử lý kịp thời.

3.3.2. Chức năng lưu trữ dữ liệu

Dữ liệu được lưu trữ trên Blynk Server trong thời gian lên đến 06 tháng. Dữ liệu có thể tải về bằng công cụ Download Report tại mỗi Driver trên Blynk server, bao gồm thời gian đo dữ liệu và giá trị từng dữ liệu

4. KẾT LUẬN

Hệ thống giám sát và điều khiển dựa trên công nghệ IoT áp dụng cho mô hình aquaponics nước cạn NFT đã hoạt động ổn định với các chức năng: giám sát môi trường bể nuôi cá (độ pH,

nồng độ DO, mực nước); giám sát các thông số môi trường xung quanh hệ thống (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng); điều khiển tự động các thiết bị trong hệ thống (bơm sục khí, bơm tuần hoàn). Trong hệ thống, tín hiệu từ cảm biến sẽ được gửi tới giao diện giám sát từ xa thông qua mạng internet, người quản lý có thể kiểm tra các thông số, tình trạng thiết bị hoặc bật/tắt các thiết bị trong mô hình bằng cách thao tác trực tiếp trên màn hình HMI hoặc thông qua giao diện giám sát sử dụng ứng dụng Blynk trên máy tính và điện thoại thông minh. Kết quả thử nghiệm cho thấy thông số môi trường bể nuôi cá và môi trường không khí hiển thị trên giao diện giám sát của hệ thống có sai số khá nhỏ so với kết quả đo bằng máy đo chuyên dụng (sai số của nồng độ DO dao động trong khoảng 1%, độ pH là 2%). So với các mô hình aquaponics truyền thống hiện có trên thị trường, mô hình aquaponics tự động ứng dụng công nghệ IoT có khả năng giám sát từ xa (tuy có xuất hiện sai số do tốc độ truyền dữ liệu nhưng không đáng kể) gửi thông tin cảnh báo khi các thông số giám sát nằm ngoài ngưỡng cài đặt, đồng thời có thể lưu trữ dữ liệu dưới dạng bảng excel thuận tiện cho người quản lý.

Hệ thống giám sát, điều khiển dựa trên công nghệ IoT áp dụng cho hệ thống aquaponics có thể phát triển theo hướng ứng dụng công nghệ xử lý ảnh để thu thập hình ảnh về cây trồng và cá nuôi trong hệ thống, từ đó đánh giá đầy đủ hơn về hiệu quả của mô hình trồng rau-nuôi cá.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abhay Dutta, Pawan Tamang, Prayukti Dahal, Rabina Prajapati & Saban Kumar K.C. (2018). IoT based Aquaponics Monitoring System. 1st KEC Conference Proceedings. 1: 75-80.
- Edgar Galido, Lean Karlo Tolentino, Benedicto N Fortaleza, Rubie Jayne Corvera, Allen De Guzman, Vergel Jay Española, Clarisse Gambota, Allison Gungon, Kyle Tristan Lapuz, Nilo Arago, Jessica Velasco & Romeo Jr Lumabiang Jorda (2019). Development of a Solar-powered Smart Aquaponics System through Internet of Things (IoT). ResearchGate. pp. 31-39
- Flordeliza L. Valiente, Ramon G. Garcia, Ellaine Joy A. Domingo, Scott Martin T. Estante, Erika Joanna L. Ochaves, Julian Clement C. Villanueva & Jessie R. Balbin (2018). Internet of Things (IOT)-Based Mobile Application for Monitoring of Automated Aquaponics System. 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). pp. 1-6.
- Hồ Thanh Huy, Nguyễn Thị Ngọc Lê, Nguyễn Văn Hiếu, Trương Hoàng Anh Khoa, Phan Thiên Luân, Nguyễn Hoàng Phúc & Thái Thị Xuân Diệu (2021). Mô hình tù nuôi cá - trồng rau aquaponics với kỹ thuật điều khiển IoTs. Tạp chí Khoa học Quốc tế AGU. 27 (1): 101-112.
- Khaoula T., Abdelouahid R.A., Ezzahoui I. & Marzak A. (2021). Architecture design of monitoring and controlling of IoT-based aquaponics system powered by solar energy. Procedia Computer Science. 191: 493-498.
- Murdan A.P. & Joyram A. (2021). An IoT based solar powered aquaponics system. 13th International Conference on Electronics., Computers and Artificial Intelligence (ECAI). pp. 1-6.
- Rao K. Raghava, Hasane Ahammad Sk., Rajesh V., Sree Chandana M., Sai Tejaswi P., Swarna Lakshmi P. & Phani Priya B. (2021). Design and Implementation of an Automated Aquaponics System using Internet of Things. Nat. Volatiles & Essent. Oils. 8(5): 5125-5139.
- Sujatha Anand, Stephena E., Indhumathi G., Ancy G., Madhumitha D. & Swathi S. (2021). Intelligent Aquaponics using IoT. IT in Industry. 9(2): 583-588.