

# Thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển mô hình Aquaponics dựa trên công nghệ IoT

Nguyễn Chí Nhân<sup>1,2,\*</sup>, Nguyễn Phước Hoàng Khang<sup>2</sup>, Nguyễn Hoàng Quân<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hiếu<sup>1</sup>, Hồ Thanh Huy<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

<sup>2</sup>Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

## Liên hệ

**Nguyễn Chí Nhân**, Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

Email: ncnhan@hcmus.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 9-9-2020
- Ngày chấp nhận: 21-10-2020
- Ngày đăng: 09-11-2020

DOI :10.32508/stjns.v4i4.951



## Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày việc thiết kế hệ thống giám sát các thông số môi trường và điều khiển thiết bị trong mô hình aquaponics dựa trên công nghệ Internet vạn vật (Internet of Things - IoT). Hệ thống này cho phép người dùng giám sát và điều khiển hoạt động của các thiết bị thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh, gồm: 3 máy bơm lưu thông dòng nước, 3 máy oxy, cảm biến pH, cảm biến oxy hòa tan (DO), cảm biến nhiệt độ và cảm biến độ ẩm không khí, quạt thông gió và phun sương. Các thiết bị này đều được giám sát và điều khiển theo hai chế độ: tự động và điều khiển bằng tay. Đối với 3 máy bơm lưu thông dòng nước và 3 máy oxy, ở chế độ tự động, cho phép người dùng có thể thiết lập thời gian bơm luân phiên giữa các máy bơm và giữa các máy oxy. Ở chế độ điều khiển bằng tay, cho phép điều khiển các máy bơm, máy oxy bằng nút nhấn trên ứng dụng trên điện thoại thông minh. Giám sát độ pH, nồng độ DO và cho phép người dùng đặt ngưỡng pH, DO để đưa ra cảnh báo khi độ pH, DO vượt ngưỡng. Giám sát các thông số nhiệt độ, độ ẩm không khí trong nhà màng và cho phép đặt ngưỡng nhiệt độ và độ ẩm để điều khiển tương ứng quạt thông gió và phun sương khi nhiệt độ và độ ẩm vượt ngưỡng cho phép. Hệ thống này được thử nghiệm tại trang trại aquaponics - Đồng Tháp Aqua. Kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy hệ thống hoạt động ổn định và đem lại nhiều lợi ích đáng kể cho mô hình aquaponics. Bên cạnh đó cũng góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo sự phát triển nông nghiệp xanh bền vững.

**Từ khóa:** Internet vạn vật (IoT), hệ thống giám sát, điều khiển từ xa, aquaponics

## GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc ứng dụng khoa học công nghệ tiên tiến vào lĩnh vực nông nghiệp đang được chú trọng và phát triển. Trong đó đặc biệt các kỹ thuật đo lường, điều khiển và thu thập dữ liệu môi trường từ xa được ứng dụng trong việc phát triển nông nghiệp công nghệ cao nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo sự phát triển nông nghiệp xanh bền vững. Cuộc cách mạng Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) đã tạo nên những thay đổi đáng kể cho cuộc sống con người ở hiện tại và trong tương lai. Với sự phát triển của Internet, điện thoại thông minh (smartphone) và đặc biệt là các thiết bị cảm biến, IoT đang trở thành xu hướng mới của thế giới. Việc giám sát các thông số môi trường là một vấn đề rất quan trọng trong các ngành công nghiệp cũng như nông nghiệp.

Hệ thống aquaponics cũng là một trong những hệ thống nông nghiệp. Với nền tảng hệ thống trồng rau sạch dựa trên mô hình canh tác aquaponics (trồng rau kết hợp nuôi cá) đã được triển khai trên diện rộng, đồng thời với xu thế ứng dụng IoT đang trở nên phổ biến. Do đó cần thiết cho việc xây dựng giải pháp

và phát triển hệ thống trồng rau sạch kết hợp nuôi cá dưới sự giám sát của người trồng thông qua phần mềm giám sát và điều khiển trên điện thoại thông minh. Trong hệ thống trồng rau sạch theo công nghệ aquaponics thì ngoài việc kiểm soát sự phát triển của rau cần kiểm soát quá trình phát triển của cá, đảm bảo sự cân bằng về môi trường phát triển cho cả hai (rau và cá). Một hệ thống giám sát và điều khiển ứng dụng công nghệ IoT trong nông nghiệp nói chung và trong aquaponics nói riêng là cần thiết, nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo sự phát triển nông nghiệp xanh bền vững<sup>1-6</sup>. Đối với trong aquaponics thì những thông số môi trường như: độ pH, nồng độ DO, nhiệt độ nước, nhiệt độ và độ ẩm trong nhà màng, ... có vai trò quan trọng, nó tác động lớn đến tất cả các khía cạnh của aquaponics. Để đảm bảo cho hệ thống aquaponics hoạt động ổn định và các sinh vật phát triển tốt thì cần phải thường xuyên kiểm tra giám sát các thông số môi trường và cảnh báo để có cách xử lý kịp thời.

Trong phạm vi bài báo này chúng tôi tập trung nghiên cứu và thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển trong mô hình aquaponics ứng dụng công nghệ IoT. Hệ

**Trích dẫn bài báo này:** Nhân N C, Khang N P H, Quân N H, Hiếu N V, Huy H T. **Thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển mô hình Aquaponics dựa trên công nghệ IoT**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(4):800-810.

thống này cho phép giám sát và điều khiển hoạt động của các thiết bị thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh, gồm: 3 máy bơm lưu thông dòng nước, 3 máy oxy, độ pH, nồng độ oxy hòa tan, nhiệt độ nước, nhiệt độ và độ ẩm không khí trong nhà màng, quạt thông gió và phun sương.

## PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN

### Khảo sát, phân tích và đánh giá mô hình aquaponics

Aquaponics là mô hình nuôi thủy sản kết hợp với cây trồng thủy canh trong một hệ sinh thái tuần hoàn nhân tạo sử dụng các chu trình tự nhiên với sự góp mặt của vi khuẩn chuyển đổi chất thải của cá thành chất dinh dưỡng cho cây trồng. Đây được đánh giá là một phương pháp tạo ra nguồn thực phẩm tự nhiên, thân thiện với môi trường, khai thác các thuộc tính tốt nhất của nuôi trồng thủy sản tuần hoàn khép kín và trồng rau thủy canh<sup>7-9</sup>. Dòng nước giống như mạch máu trong hệ thống Aquaponics, nó chảy từ bể cá qua lọc cơ, lọc vi sinh, đến khay trồng rau. Nếu dòng nước không lưu thông được thì sẽ làm giảm oxy trong nước và tích tụ chất thải trong bể cá. Do đó cần phải đảm bảo lưu thông dòng nước và lượng oxy hòa tan luôn được duy trì ở mức thích hợp nhằm cung cấp cho thủy sinh phát triển tốt. Các nghiên cứu trước đây công bố trên các tạp chí uy tín, việc thiết kế và xây dựng hệ thống dựa vào nguyên lý của Tiến sĩ Rakocy<sup>7,8</sup>. Mô hình aquaponic theo nguyên lý của Tiến sĩ Rakocy có hai vấn đề cần phải xem xét và hiệu chỉnh cho phù hợp. Thứ nhất sử dụng máy bơm có công suất lớn làm tăng lượng điện tiêu thụ và chi phí sản xuất. Thứ hai lượng nước ra từ các bể cá quá lớn (~22 m<sup>3</sup>/giờ), thời gian tuần hoàn nhanh, dẫn đến khó khăn cho vi sinh chuyển đổi phân thải từ cá thành chất dinh dưỡng cần thiết cho cây rau. Trong trường hợp, hệ thống vi sinh không thể chuyển hóa hết phân thải từ cá, từ hồi về sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng và phát triển của đối tượng thủy sản.

Thông số pH là một trong những yếu tố có ảnh hưởng rất lớn trực tiếp và gián tiếp đối với đời sống thủy sinh vật như: sinh trưởng, tỉ lệ sống, sinh sản và dinh dưỡng. Khi pH quá cao hay quá thấp đều không thuận lợi cho quá trình phát triển của thủy sinh vật. Do đó cần phải có sự theo dõi và giám sát thông số này thường xuyên để kịp thời xử lý nhằm đảm bảo quá trình sinh trưởng và phát triển của thủy sản được tốt hơn. Bộ giám sát và cảnh báo độ pH tự động cho phép người nuôi trồng thủy sản nắm được các thông số pH vào bất kỳ thời điểm nào trong ngày một cách nhanh chóng, chính xác nhờ các thiết bị di động thông minh,

mà không cần phải hiện diện ngay tại khu vực nuôi trồng. Đối với aquaponics, khoảng pH thích hợp là từ 6 – 7, vì phạm vi pH này tốt cho cây rau và cá<sup>9</sup>.

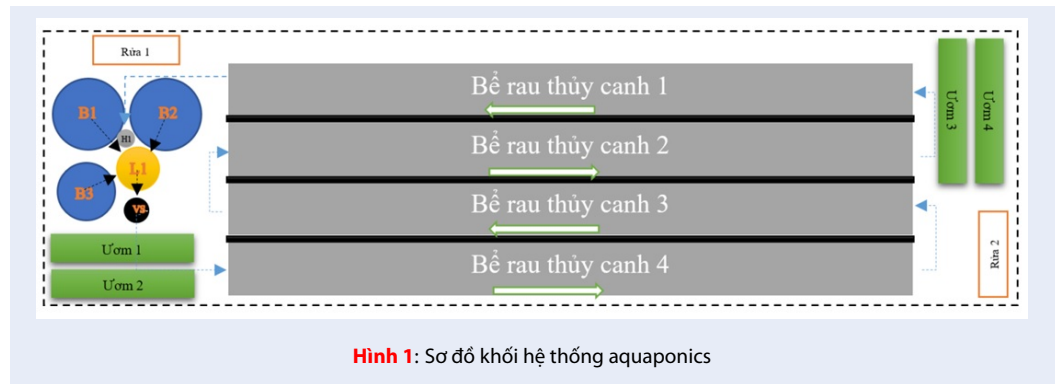
Thông số DO trong nước có vai trò quan trọng trong hệ thống aquaponics nó tác động lớn đến các khía cạnh của aquaponics, đặc biệt là đối với sinh vật thủy sinh phụ thuộc vào DO để hô hấp. Lượng DO cao giúp tăng hiệu quả hấp thụ và chuyển hóa chất dinh dưỡng, từ đó thúc đẩy sự tăng trưởng và phát triển của cây trồng. Nâng cao nồng độ DO trong nước cũng giúp cải thiện sức đề kháng của cây trồng để chống chọi với các điều kiện bất lợi, từ đó làm giảm nguy cơ phát triển mầm bệnh. Trong hệ thống aquaponics, nồng độ DO tối ưu cho mỗi sinh vật phát triển mạnh nằm trong khoảng từ 5 mg/L - 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 (theo nghiên cứu của Christopher Somerville và nhóm tác giả<sup>9</sup>).

Sơ đồ khối của mô hình aquaponics được trình bày trong Hình 1. Trong đó có ba bể nuôi thủy sản (B1, B2, B3), một bồn hồi (H1), bồn vi sinh (VS) và bể lắng (L1).

Nguyên lý hoạt động của mô hình aquaponics: Trong một chu kỳ tuần hoàn liên tục, nước từ bồn hồi sẽ được bơm lên một trong các bể nuôi cá. Nước từ bể cá sẽ thông qua hệ thống lọc cơ học, vi sinh và được đưa đến bể trồng rau thủy canh. Với sự góp mặt của vi sinh có lợi chuyển đổi chất thải, nước thải từ bể cá thành những chất dinh dưỡng cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển của rau. Nước sẽ tự động chảy từ bể rau thủy canh thứ nhất cho đến bể rau thủy canh thứ tư. Cuối bể rau thủy canh thứ tư, nước cơ bản đã được lọc sạch và chảy về bồn hồi. Quy trình sẽ được lặp đi lặp lại liên tục, nhờ đó tất cả hệ sinh vật làm việc cùng nhau tạo ra môi trường phát triển bền vững, cung cấp một hệ thống cân bằng, ổn định. Trong cùng một thời điểm chỉ có một máy bơm nước từ bồn hồi lên bể cá. Các máy được lập trình điều khiển để trong cùng một thời điểm chỉ có một máy bơm nước từ bồn hồi lên bể cá. Điều đó, giúp tiết kiệm chi phí điện và chất lượng nước của bồn cá luôn đảm bảo cho sự sinh trưởng và phát triển của cá.

### Đề xuất thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển aquaponics

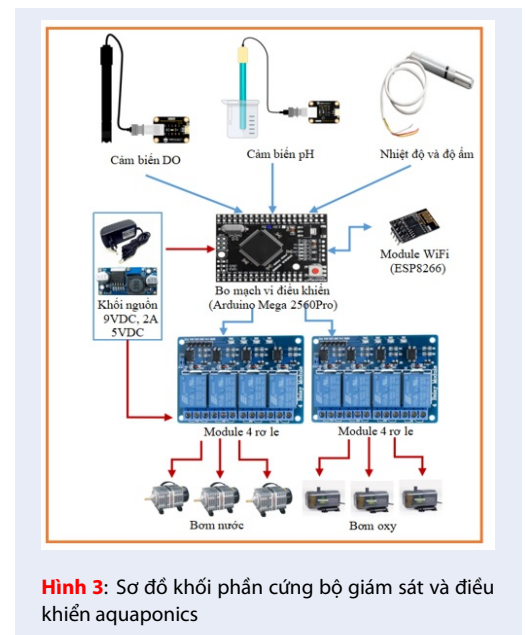
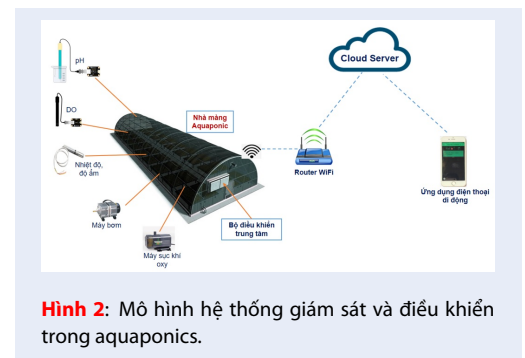
Qua quá trình khảo sát, phân tích và đánh giá hoạt động của mô hình aquaponics cho thấy rằng trong mô hình aquaponics cần có sự hiện diện của ba yếu tố như: cá, thực vật và vi khuẩn có lợi. Đối với cá thì cần đảm bảo lưu thông dòng nước và cần theo dõi độ pH và DO. Đối với thực vật thì cần đảm bảo lưu thông dòng nước và giám sát nhiệt độ, độ ẩm không khí



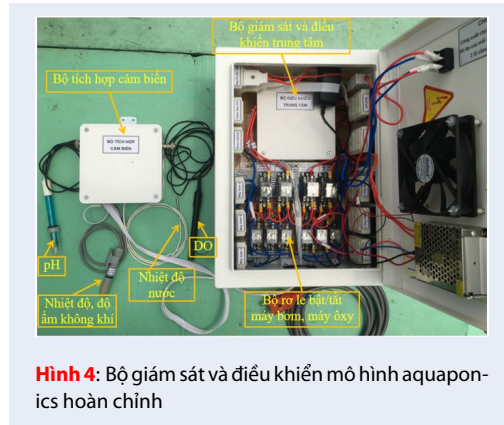
trong nhà màng. Đối với vi khuẩn có lợi thì cần có các loại thiết bị đo đạt chuyên dụng và cũng cần được theo dõi thường xuyên. Do đó cần có hệ thống giám sát các thông số môi trường, điều khiển tự động máy bơm lưu thông dòng nước và máy oxy ứng dụng công nghệ IoT nhằm tăng tính hiệu quả của hệ thống aquaponics. Từ đó chúng tôi đề xuất thiết kế mô hình hệ thống giám sát và điều khiển trong aquaponics ứng dụng công nghệ IoT được trình bày trong Hình 2. Trong hệ thống này bộ điều khiển trung tâm được kết nối với các thiết bị để thu thập dữ liệu và điều khiển trong mô hình aquaponics. Sau đó bộ điều khiển trung tâm truyền dữ liệu lên Cloud server trên Internet thông qua kết nối WiFi. Người dùng có thể điều khiển thiết bị và giám sát các thông số trong mô hình aquaponics thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh. Các cảm biến pH, DO và cảm biến nhiệt độ nước được đặt trong bể nuôi thủy sản để giám sát độ pH, nồng độ DO và cảnh báo khi các thông số này vượt ngưỡng cho phép. Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí được đặt trong nhà màng để đo thông số nhiệt độ, độ ẩm đồng thời điều khiển quạt gió và phun sương để đảm bảo nhiệt độ và độ ẩm trong nhà màng được ổn định. Máy bơm đặt trong bồn hồi nhằm đảm bảo sự lưu thông dòng nước và máy oxy được bố trí nhằm đảm bảo lượng oxy hòa tan luôn được duy trì ở mức thích hợp cho thủy sản phát triển tốt.

### Thiết kế phần cứng bộ giám sát và điều khiển

Sơ đồ khối phần cứng bộ giám sát và điều khiển mô hình aquaponics được trình bày trong Hình 3. Trong đó, khối sensor gồm các cảm biến như: cảm biến pH, cảm biến oxy hòa tan (DO SV1.0), cảm biến nhiệt độ và độ ẩm không khí (AM2315), cảm biến nhiệt độ nước (Thermocouple RTD PT100). Khối MCU sử dụng bo mạch vi điều khiển Arduino Mega 2560 Pro (Embed). Khối module WiFi sử dụng module thu phát WiFi ESP8266 802.1, hỗ trợ chuẩn WiFi



b/g/n 2.4GHz. Khối rơ le sử dụng module rơ le 5VDC kích mức thấp dùng để đóng ngắt thiết bị. Khối nguồn gồm nguồn 9VDC và mạch giảm áp LM2596. Bộ giám sát và điều khiển mô hình aquaponics sau khi thi công hoàn chỉnh được trình bày như trong Hình 4.



Hình 4: Bộ giám sát và điều khiển mô hình aquaponics hoàn chỉnh

### Thiết kế ứng dụng tích hợp hệ thống giám sát và điều khiển

Trong hệ thống này chúng tôi sử dụng Blynk Cloud Server<sup>10</sup>. Blynk là một nền tảng ứng dụng trên điện thoại thông minh được thiết kế chạy trên nền Android và iOS. Blynk cho phép kết nối với các bo mạch vi điều khiển thông dụng như: Arduino, Raspberry, NodeMCU ESP8266,... Hệ thống Blynk bao gồm các thành phần như sau:

- Blynk App: cho phép tạo các giao diện từ Widget có sẵn trên Blynk App được cài đặt trên điện thoại thông minh.
- Blynk Server: truyền tải thông tin giữa điện thoại thông minh và bo mạch điều khiển.
- Blynk Libraries: thư viện cung cấp kết nối phần cứng với Blynk Server.

Giao diện ứng dụng giám sát và điều khiển trên điện thoại thông minh sử dụng Blynk App được trình bày như trong Hình 5.

### Xây dựng chương trình điều khiển máy bơm và máy oxy

Bộ điều khiển và giám sát hoạt động của máy bơm lưu thông dòng nước và máy oxy trong mô hình aquaponics, gồm hai chế độ hoạt động. Ở chế độ tự động (Auto), cho phép người dùng thiết lập thời gian bơm luân phiên giữa các máy bơm và giữa các máy oxy, đồng thời giám sát trạng thái của máy bơm, máy oxy thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh.

Đối với chế độ điều khiển bằng tay (Manual) thì cho phép điều khiển máy bơm, máy oxy bằng nút nhấn và giám sát trạng thái của máy bơm, máy oxy thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh. Loại máy bơm với công suất 88W và máy oxy với công suất 55W được sử dụng cho hệ thống aquaponics. Hình 6 trình bày lưu đồ thuật toán điều khiển máy bơm, máy oxy trong mô hình aquaponics. Giao diện ứng dụng giám sát và điều khiển hoạt động của máy bơm và máy oxy cho hệ thống aquaponics được trình bày trong Hình 7.

### Xây dựng chương trình giám sát độ pH

Bộ giám sát độ pH trong mô hình aquaponics được thiết kế với chức năng cho phép đặt ngưỡng trên, ngưỡng dưới của pH và đưa ra cảnh báo khi độ pH vượt ngưỡng cho phép. Sử dụng cảm biến pH Analog DFROBOT dùng để đo độ pH và giao tiếp với bo mạch vi điều khiển trung tâm thông qua bo mạch giao tiếp pH meter. Cảm biến pH được kết nối với đầu nối BNC trên bo pH meter và chân tín hiệu analog trên pH meter được kết nối với cổng analog của mạch vi điều khiển trung tâm. Lưu đồ thuật toán và giao diện ứng dụng giám sát độ pH trong mô hình aquaponics được trình bày trong Hình 8 và Hình 9.

### Xây dựng chương trình giám sát nồng độ DO

Bộ giám sát nồng độ DO trong aquaponics được thiết kế với chức năng cho phép đặt ngưỡng trên, ngưỡng dưới của DO và đưa ra cảnh báo khi nồng độ DO vượt ngưỡng cho phép. Sử dụng cảm biến DO SV1.0 để đo nồng độ oxy hòa tan trong nước. Lưu đồ thuật toán và giao diện giám sát trực tuyến nồng độ DO được trình bày trong Hình 10 và Hình 11. Bên cạnh đó giám sát nhiệt độ nước trong bể thủy sản sử dụng cảm biến Thermocouple RTD PT100.

### Xây dựng chương trình giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí

Nhiệt độ và độ ẩm trong nhà màng aquaponics cũng cần phải được đảm bảo ổn định để thúc đẩy sự tăng trưởng và phát triển của cây trồng và vật nuôi. Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm AM2315 được sử dụng để giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí trong nhà màng. Mode Auto, cho phép đặt ngưỡng nhiệt độ và độ ẩm không khí để điều khiển tự động tương ứng quạt thông gió và phun sương. Mode Manual, cho phép điều khiển quạt thông gió và phun sương bằng nút nhấn trên ứng dụng di động. Lưu đồ thuật toán và giao diện điều khiển quạt gió, phun sương dựa trên nhiệt độ, độ ẩm không khí trong nhà màng aquaponics được trình bày như trong Hình 12 và Hình 13.



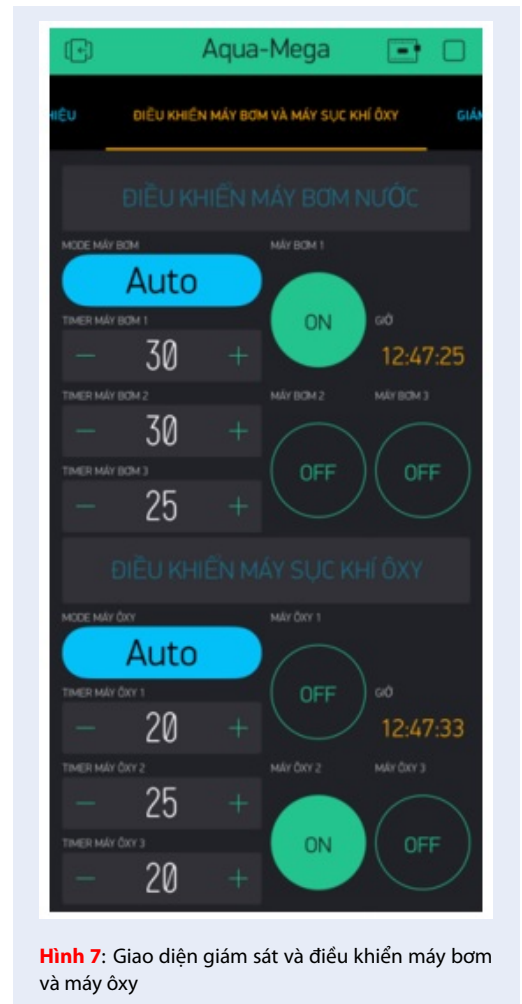
**Hình 5:** Giao diện ứng dụng giám sát và điều khiển. (a) Giao diện điều khiển máy bơm và máy ôxy; (b) Giao diện giám sát độ pH; (c) Giao diện giám sát nồng độ DO (d) Giao diện điều khiển quạt gió và phun sương



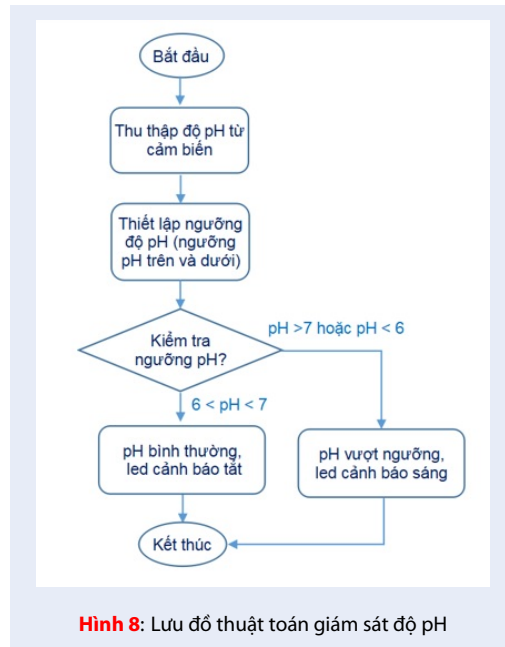
**Hình 6:** Lưu đồ thuật toán điều khiển máy bơm, máy ôxy

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG

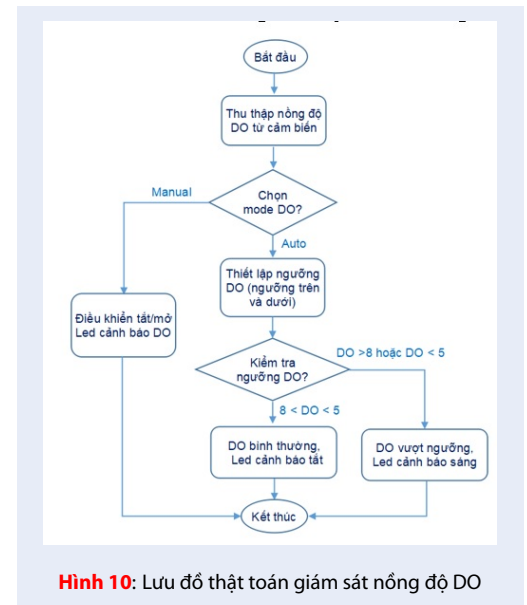
Hệ thống giám sát và điều khiển cho mô hình aquaponics được kiểm tra hoạt động tại trang trại trồng rau thủy canh Đồng Tháp Aqua. Phương pháp thực hiện kiểm tra hoạt động của hệ thống gồm các bước: lắp đặt hệ thống, thử nghiệm hoạt động giám sát và điều khiển, nhận xét đánh giá kết quả hoạt động của hệ thống.



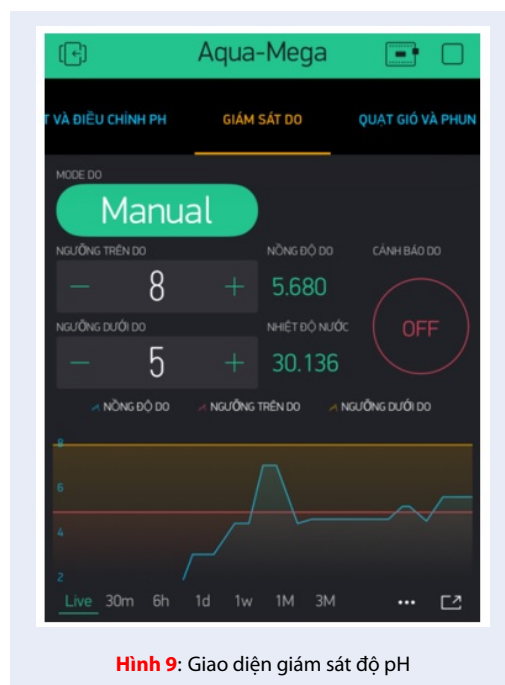
**Hình 7:** Giao diện giám sát và điều khiển máy bơm và máy ôxy



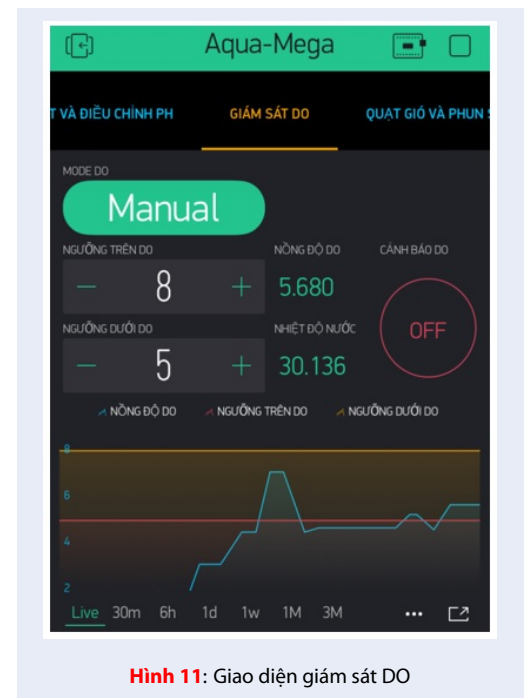
Hình 8: Lưu đồ thuật toán giám sát độ pH



Hình 10: Lưu đồ thuật toán giám sát nồng độ DO



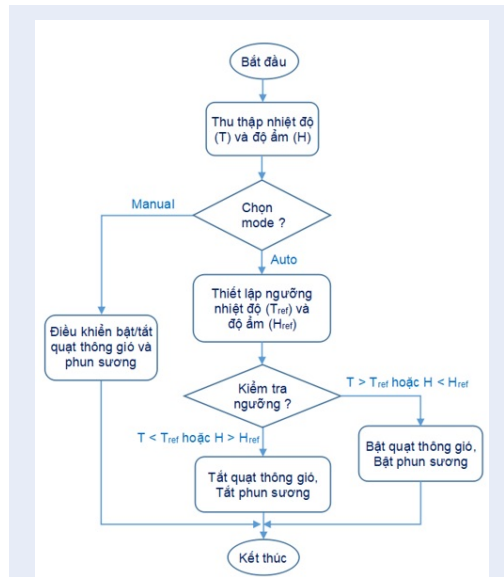
Hình 9: Giao diện giám sát độ pH



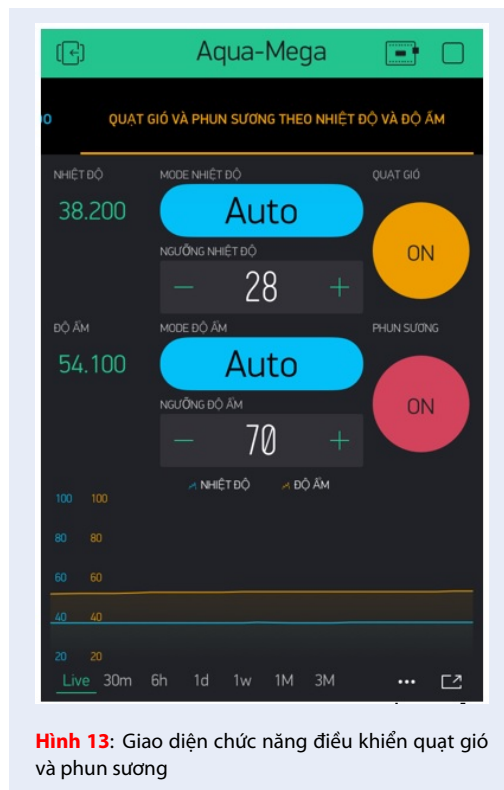
Hình 11: Giao diện giám sát DO

### Lắp đặt mô hình

Sơ đồ lắp đặt, thử nghiệm hệ thống giám sát và điều khiển trong mô hình aquaponics được trình bày trong Hình 14. Kết nối bộ tích hợp cảm biến đến bộ giám sát và điều khiển trung tâm. Các cảm biến pH, DO và cảm biến nhiệt độ nước được đặt trong bể nuôi thủy sản để giám sát độ pH, nồng độ DO và nhiệt độ nước và thiết lập chế độ hoạt động Auto để tự động cảnh báo khi các thông số này vượt ngưỡng cho phép. Cảm



**Hình 12:** Lưu đồ thật toán điều khiển quạt gió, phun sương theo nhiệt độ, độ ẩm không khí



**Hình 13:** Giao diện chức năng điều khiển quạt gió và phun sương

biến nhiệt độ, độ ẩm không khí được đặt trong nhà màng để đo thông số nhiệt độ, độ ẩm đồng thời điều khiển quạt gió và phun sương để đảm bảo nhiệt độ và độ ẩm trong nhà màng được ổn định. Các máy bơm đặt trong bồn hồi để bơm nước vào các bể nuôi thủy sản nhằm đảm bảo sự lưu thông dòng nước trong hệ thống aquaponics. Các máy oxy được bố trí để cung cấp oxy cho bể nuôi thủy sản nhằm đảm bảo lượng oxy hòa tan luôn được duy trì ở mức thích hợp cho thủy sản phát triển tốt.

### Xác định thời gian luân chuyển nước giữa các máy bơm

Trong một chu kỳ tuần hoàn liên tục, nước được bơm từ bồn hồi nước vào một trong ba bể nuôi thủy sản, bằng hệ thống điều khiển thời gian. Thời gian bơm vào mỗi bể thủy sản được lập trình tùy theo lượng cá có trong mỗi bể, nhằm đảm bảo phân thải của cá được đưa ra ngoài một cách tối ưu nhất. Thời gian bơm nước vào mỗi bể thủy sản được tính toán theo phương pháp: lượng nước mỗi lần bơm bằng với lượng nước có trong bể. Máy bơm được lựa chọn với lưu lượng 12 m<sup>3</sup>/h. Thời gian bơm cho mỗi bể cá được tính toán và cho máy bơm chạy lần lượt theo thứ tự và thời gian bơm như trình bày trong Bảng 1.

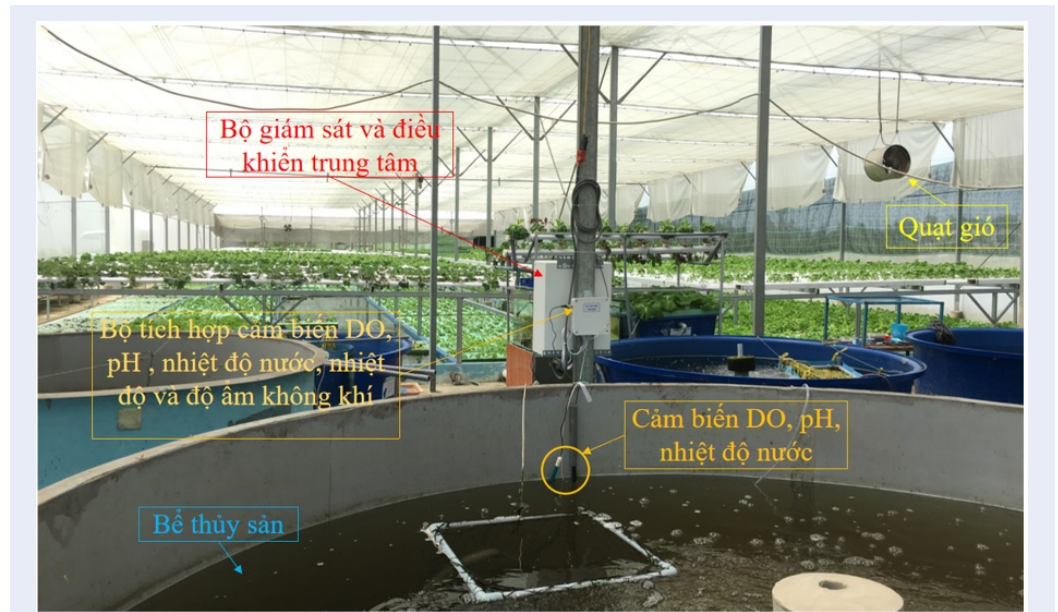
**Bảng 1:** Thời gian luân chuyển nước giữa các máy bơm.

Thứ tự bơm	Thứ tự bể thủy sản	Thời gian bơm	Lượng nước luân chuyển
Máy bơm 1	B1	30 phút	6 m <sup>3</sup>
Máy bơm 2	B2	30 phút	6 m <sup>3</sup>
Máy bơm 3	B3	20 phút	4 m <sup>3</sup>
<b>Tổng:</b>		<b>80 phút</b>	<b>16 m<sup>3</sup></b>

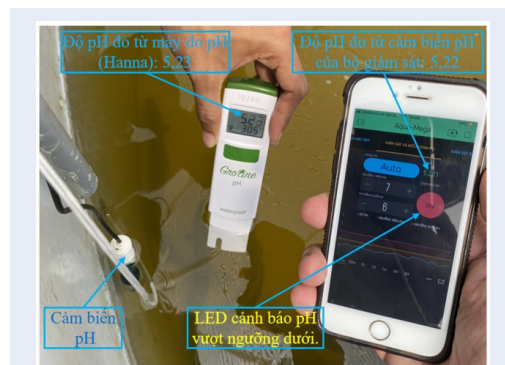
Thời gian bơm của từng máy bơm có thể điều chỉnh cho phù hợp với lượng nước luân chuyển cần thiết. Tương tự chúng tôi thực hiện kiểm tra hoạt động của máy oxy theo các chế độ hoạt động. Đặt cho máy bơm oxy liên tục hoặc theo thời gian luân chuyển giữa các máy oxy.

### Giám sát độ pH

Thực hiện đo pH trực tiếp trong bể thủy sản sử dụng đồng thời cảm biến đo pH của bộ giám sát và máy đo pH (Hanna) (Hình 15) để so sánh với kết quả đo giữa hai thiết bị. Kết quả đo được trình bày trong Bảng 2. Kết quả đo độ pH trong bể thủy sản cho thấy giá trị độ pH đo được từ cảm biến của bộ giám sát và từ máy



Hình 14: Lắp đặt hệ thống giám sát và điều khiển trong mô hình aquaponics



Hình 15: Đo độ pH trong bể thủy sản

Bảng 2: Kết quả đo độ pH.

Thời gian đo (hh:mm)	Cảm biến pH (bộ giám sát)	Máy đo pH (Hanna)
13:45	5,46	5,37
13:50	5,39	5,32
13:55	5,32	5,33
14:00	5,26	5,27
14:05	5,22	5,23
14:10	5,27	5,24

đo pH (Hanna) gần bằng nhau tại cùng một thời điểm đo. Giá trị độ pH trung bình là 5,3 thấp hơn ngưỡng cho phép của pH (ngưỡng pH từ 6 - 7) nên hệ thống giám sát đã bật LED cảnh báo trên ứng dụng di động.

### Giám sát nồng độ DO và nhiệt độ nước

Thực hiện đo nồng độ DO và nhiệt độ nước trong bể thủy sản sử dụng đồng thời cảm biến đo DO, cảm biến nhiệt độ nước của bộ giám sát và máy đo DO (Milwaukee), máy đo nhiệt độ nước (Hanna), Hình 16. Kết quả đo được trình bày trong Bảng 3.

Trong hệ thống aquaponics, nồng độ DO tối ưu cho mỗi sinh vật phát triển tốt nhất nằm trong khoảng từ 5 mg/L – 8 mg/L và nhiệt độ nước nằm trong khoảng 18 °C - 30 °C. Qua kết quả đo đạt được cho thấy rằng nồng độ DO và nhiệt độ nước trong bể nuôi thủy sản đều nằm trong ngưỡng cho phép. Nồng độ DO đo từ cảm biến DO của bộ giám sát và đo từ máy đo DO (Milwaukee) chênh lệch nhau gần 1 mg/L. Nhiệt độ nước đo trên bộ giám sát và trên máy đo nhiệt độ nước (Hanna) lệch nhau không đáng kể.

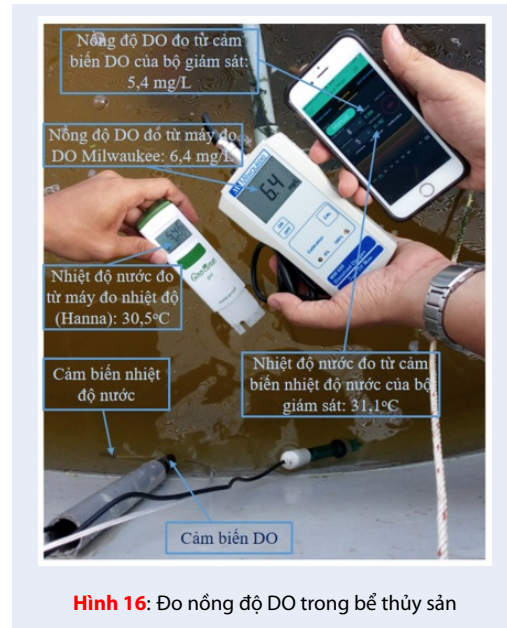
### Điều khiển quạt gió và phun sương

Thực hiện việc điều khiển quạt gió và phun sương dựa trên ngưỡng nhiệt độ và độ ẩm không khí trong nhà màng aquaponics. Đặt ngưỡng nhiệt độ không khí ở 28 °C, nếu giá trị nhiệt độ không khí vượt ngưỡng cho phép thì hệ thống sẽ đóng rơ le để tắt quạt thông gió, ngược lại thì ngắt rơ le để tắt quạt thông gió. Đặt ngưỡng độ ẩm không khí ở 70 %, nếu giá trị độ ẩm

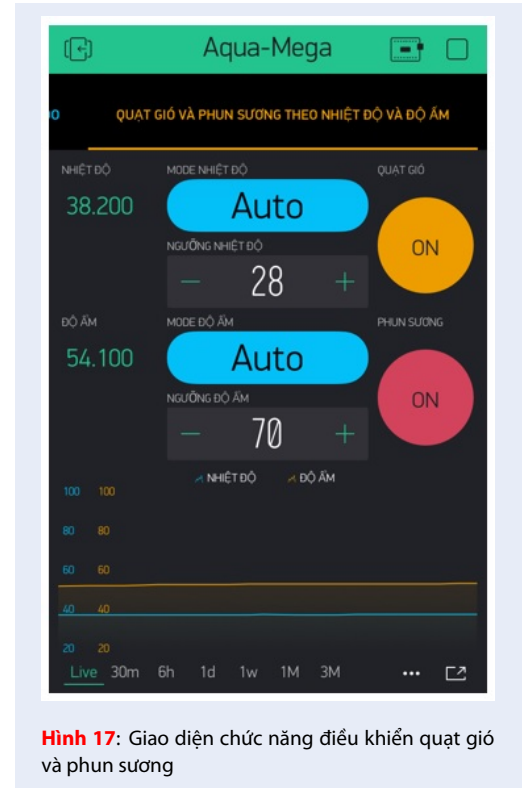


**Bảng 3:** Kết quả đo nồng độ DO.

Thời gian (hh:mm)	Cảm biến DO của bộ giám sát (mg/L)	Máy đo DO Milwaukee (mg/L)	Cảm biến nhiệt độ nước của bộ giám sát (°C)	Máy đo nhiệt độ nước Hanna (°C)
14:40	5,0	5,6	30,9	30,5
14:45	4,7	5,9	31,0	30,6
15:30	5,4	6,4	31,0	30,6
15:35	5,4	6,4	31,1	30,5
15:40	5,3	6,3	31,3	30,6



**Hình 16:** Đo nồng độ DO trong bể thủy sản



**Hình 17:** Giao diện chức năng điều khiển quạt gió và phun sương

không khí thấp dưới ngưỡng cho phép thì hệ thống sẽ đóng rơ le để bật phun sương, ngược lại thì ngắt rơ le để tắt phun sương. Kết quả kiểm tra hoạt động được trình bày trong Hình 17, thời gian đáp ứng tự động bật tắt thiết bị khi vượt ngưỡng khoảng 2 giây.

**Nhận xét đánh giá kết quả hoạt động của hệ thống:** Hệ thống giám sát và điều khiển được thử nghiệm thực tế tại trang trại trồng rau thủy canh Đồng Tháp Aqua. Các dữ liệu được thu thập liên tục từ các cảm biến truyền lên ứng dụng người dùng trên điện thoại thông minh. Các thông số trong mô hình aquaponics (pH, DO, nhiệt độ nước) được đo đạt bằng các cảm biến của bộ giám sát và các máy đo chuyên dụng tại cùng một thời điểm để làm cơ sở so sánh kết quả đo. Qua đó cho thấy các thông số đo đạt được có sự chênh lệch không đáng kể giữa bộ giám sát và máy đo chuyên dụng. Hầu hết các thông số trong mô hình aquaponics đều nằm trong ngưỡng cho phép. Các trường hợp thông số vượt ngưỡng đều được hệ thống cảnh báo kịp thời cho người dùng để có phương án xử lý thích hợp

nhằm đảm bảo cho hệ thống aquaponics hoạt động ổn định.

## KẾT LUẬN

Hệ thống giám sát và điều khiển dựa trên công nghệ IoT đã được thiết kế nhằm ứng dụng trong mô hình aquaponics. Hệ thống cho phép giám sát các thông số môi trường trong mô hình aquaponics như: độ pH, nồng độ DO, nhiệt độ và độ ẩm không khí, nhiệt độ nước và đồng thời đưa ra cảnh báo khi vượt ngưỡng cho phép. Bên cạnh đó hệ thống có thể điều khiển tự động theo các thông số đã cài đặt trước hoặc người dùng có thể điều khiển bằng các nút nhấn trên ứng dụng trên điện thoại thông minh. Hệ thống được thiết kế theo từng module phần cứng và firmware sau đó

tích hợp lại thành bộ giám sát và điều khiển. Thiết kế ứng dụng người dùng trên điện thoại thông minh sử dụng Blynk App. Hệ thống giám sát và điều khiển được thử nghiệm thực tế tại trang trại trồng rau thủy canh Đồng Tháp Aqua. Kết quả đo đạt từ các cảm biến của bộ giám sát được so sánh, đánh giá với kết quả đo từ các máy đo chuyên dụng. Qua đó cho thấy sự chênh lệch của các thông số không đáng kể giữa bộ giám sát và máy đo chuyên dụng. Hệ thống giám sát và điều khiển đáp ứng được yêu cầu trong mô hình aquaponics. Đây là một giải pháp góp phần làm tăng năng suất, chất lượng của cây trồng, vật nuôi, loại bỏ sự can thiệp bằng tay và tối giản chi phí sản xuất so với phương thức giám sát và điều khiển thủ công.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Chương trình Khoa học và Công nghệ phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Nam Bộ (Mã số: 25/2018/HĐ-KHCN-TNB.ĐT/14-19/C37).

### DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

IoT (Internet of Things): Internet vạn vật  
DO (Dissolved Oxygen): oxy hòa tan  
MCU (Micro Controller Unit): vi điều khiển  
pH (Power of Hydrogen): độ hoạt động của hydro  
VDC (Volt DC): nguồn điện một chiều  
BNC (British Naval Connector): đầu kết nối dây cáp đồng trục  
LED (Light Emitting Diode): điốt phát quang

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

### ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

- Nguyễn Chí Nhân: thiết kế phần cứng, xây dựng thuật toán và chương trình cho bộ giám sát và điều khiển, soạn bản thảo và hoàn thiện bản thảo, phản hồi các câu hỏi, yêu cầu của phản biện và ban biên tập tạp chí.

- Nguyễn Phước Hoàng Khang: hỗ trợ thiết kế phần cứng bộ giám sát và điều khiển.

- Nguyễn Hoàng Quân: hỗ trợ lắp đặt và thử nghiệm hoạt động của hệ thống.

- Nguyễn Văn Hiếu: hỗ trợ đo đạt các thông số môi trường trong mô hình Aquaponics.

- Hồ Thanh Huy: hỗ trợ thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển, phân tích dữ liệu, so sánh và đánh giá các thông số đo đạt.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nhân NC, Tuấn PN, Hoàng NH. Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Tự nhiên. 2019;3(4):259–270.
2. Oommen AK, Saji A, Joseph S, Kuriakose PB. Automated Water Quality Monitoring System for Aquaponics. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2019;6(5):7832–7841.
3. Naser BAA, Saleem AL, et al. Design and construction of smart IoT-based aquaponics powered by PV cells. International Journal of Energy and Environment (IJEE). 2019;10(3):127–134.
4. Dutta A, Kumar S. IoT based Aquaponics Monitoring System. 1st KEC Conference Proceedings. 2018;1:75–80.
5. Gondchawar N, Kawitkar DRS. IoT based Smart Agriculture. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. 2016;5(6):838–842. Available from: [10.17148/IJARCCCE.2016.56188](https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.56188).
6. Supriadi O, Sunardi A, Baskara HA and Safei A. Controlling pH and temperature aquaponics use proportional control with Arduino and Raspberry. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019;550:012016. Available from: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012016>.
7. Rakocy JE, Masser MP, Losordo TM. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - integrating fish and plant culture (PDF) (454). Southern Regional Aquaculture Center. Retrieved. 2013;.
8. Rakocy JE, Shultz RC, Bailey DS, Thoman ES. M.A. Nichols, ed. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system(PDF). Acta Horticulturae. International Society for Horticultural Science (648). Archived from the original (PDF) on June 12, 2013. Retrieved April 24, 2013. .2004;Available from: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.648.8>.
9. Christopher Somerville, Moti Cohen, Edoardo Pantanella, Austin Stankus, Alessandro Lovatelli. Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fisheries And Aquaculture Technical. 2014;p. 589.
10. Ermi M, Syufrijal, Muhammad R. Internet of Things (IoT): BLYNK Framework for Smart Home. 3rd UNJ International Conference on Technical and Vocational Education and Training . KnE Social Science. 2018;p. 579–586. Available from: <https://doi.org/10.18502/kss.v3i12.4128>.

# Design of a monitoring and control system for Aquaponics based on IoT technology

Nguyen Chi Nhan<sup>1,2,\*</sup>, Nguyen Phuoc Hoang Khang<sup>2</sup>, Nguyen Hoang Quan<sup>1</sup>, Nguyen Van Hieu<sup>1</sup>, Ho Thanh Huy<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

This paper presents the design of environmental monitoring and control system in aquaponics based on Internet of Things (IoT) technology. This system allows users to monitor and control the operation of devices through the application on smartphones, including: 3 water pumps, 3 air pumps, pH sensor, dissolved oxygen (DO) sensor, temperature sensor and humidity sensor, exhaust fan and misting. These devices are monitored and controlled in two modes: automatic and manual control. For 3 pumps and 3 air pumps, in automatic mode, allows the user to set the pump time between water pumps and between air pumps. In manual control mode, allows the user to control water pumps and air pumps by the push of a button on a smartphone application. Monitor pH, DO and allows the user to set the pH threshold and DO threshold to give an alert when the pH and DO exceed the threshold. Monitor the parameters of temperature, humidity in the membrane house and allow setting the temperature threshold and humidity threshold to control the exhaust fan and misting respectively when the temperature and humidity exceed the threshold. This system tested at aquaponics farm - Dong Thap Aqua. The results show that this system is working reliably and promising which brings significantly benefits to aquaponics. Besides, it also contributes to improve production efficiency and sustainable development of green agriculture.

**Key words:** Internet of things (IoT), monitoring system, remote control, aquaponics

<sup>1</sup>Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM

<sup>2</sup>Integrated Circuits Design Laboratory, University of Science, VNU-HCM

## Correspondence

**Nguyen Chi Nhan**, Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM

Integrated Circuits Design Laboratory, University of Science, VNU-HCM

Email: ncnhan@hcmus.edu.vn

## History

- Received: 9-9-2020
- Accepted: 21-10-2020
- Published: 09-11-2020

DOI :10.32508/stdjns.v4i4.951



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Nhan N C, Khang N P H, Quan N H, Hieu N V, Huy H T. Design of a monitoring and control system for Aquaponics based on IoT technology. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(4):800-810.