

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRỒNG RAU THỦY CANH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IoT BUILDING A HYDROPONIC SYSTEM WITH THE APPLICATION OF IoT TECHNOLOGY

NGUYỄN TRUNG HẬU¹, QUÁCH HÙNG HUY¹,
HUỖNH NGUYỄN XUÂN CẦN², ĐỖ VINH QUANG^{3a}.

¹ Sinh viên lớp Điều khiển và tự động hóa, khóa 2018,
Trường Đại học Kỹ thuật-Công nghệ Cần Thơ.

²Khoa Điện - Điện tử - Viễn Thông, Trường Đại học Kỹ thuật-Công nghệ Cần Thơ.

³Khoa Kỹ thuật cơ khí, Trường Đại học Kỹ thuật-Công nghệ Cần Thơ.

^aTác giả liên hệ: dvquang@ctut.edu.vn

Nhận bài (Received): 10/4/2023; Phản biện (Reviewed): 17/4/2023; Chấp nhận đăng (Accepted): 07/6/2023

TÓM TẮT

Canh tác thủy canh đã và đang trở thành một trong những kỹ thuật trồng trọt hiệu quả nhất hiện nay. Tuy nhiên, việc quản lý một hệ thống thủy canh thì không dễ dàng. Bài báo trình bày phương pháp thiết kế và xây dựng mô hình trồng rau thủy canh ứng dụng công nghệ IoTs nhằm giúp việc canh tác rau thủy canh được đơn giản hóa từ đó tiếp cận nhiều hơn đến các hộ gia đình cũng như các hộ canh tác nhỏ lẻ. Một số thông số về môi trường (như ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm) cũng như về chất lượng dung dịch dinh dưỡng (như tổng chất rắn hòa tan TDS, nhiệt độ nước và pH) được hiển thị lên Web Server. Thuật toán pha dung dịch tự động dựa trên thông số tổng chất rắn hòa tan TDS cũng được phát triển với sai số thực nghiệm không quá 10% so với giá trị đặt. Rau muống được trồng thử nghiệm trên hệ thống cũng cho kết quả khả quan với hơn 90% cây phát triển đến thu hoạch.

Từ khóa: Cảm biến, cảnh báo, IoT, thủy canh, Web server

ABSTRACT

Hydroponics has been one of the most efficient technologies for growing food. However, managing a hydroponic system is not simple. This paper presents a way for implementing IoT technology on a hydroponic system, which aims to simplify the hydroponic cultivation and make it more accessible to households as well as small farming households. Some environmental parameters (light intensity, temperature and humidity) and quality of nutrient solution (total dissolved solid – TDS, temperature, and pH) were displayed on the Web Server. An algorithm for mixing nutrient solutions was implemented with the steady-state error within 10%. The realization of the system by growing water spinach gives good results with more than 90% of plants growing until the harvest time.

Keywords: Sensors, alarm, IoT, hydroponics, Web server

1. GIỚI THIỆU

Canh tác thủy canh đã và đang trở thành một trong những kỹ thuật trồng trọt hiệu quả nhất và được sử dụng phổ biến hiện nay [1]. Trong canh tác thủy canh, nếu không phải là một nông dân chuyên nghiệp hoặc không có kiến thức tốt về trồng trọt, sẽ là rất khó để trồng và quản lý một hệ thống. Trong đó, việc kiểm soát được môi trường không khí, môi trường nước, nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ pH, nhiệt độ dung dịch dinh dưỡng là rất cần thiết trong trồng rau thủy canh để giúp tăng năng suất, chất lượng của cây trồng [2]. Velazquez-Gonzalez et al. [3] đã xác định ba yếu tố bất lợi nhất của hệ thống thủy canh chính là chi phí ban đầu cao, chi phí huấn luyện nhân công cao và ô nhiễm môi trường nếu nước thủy canh không được xử lý tốt. Việc áp dụng công nghệ IoT vào canh tác thủy canh nói riêng và nông nghiệp nói chung sẽ giúp giải quyết các vấn đề trên do nó sẽ biến nông nghiệp từ một lĩnh vực sản xuất định tính sang lĩnh vực sản xuất chính xác dựa vào những số liệu đã được thu thập, tổng hợp, phân tích. Từ việc phụ thuộc vào thời tiết và khí hậu thì bây giờ chúng ta có thể tự chủ và điều chỉnh mọi thứ để đạt được kết quả như mong muốn. Thủy canh kết hợp IoT sẽ phát huy hiệu quả cao nhất cho cây trồng vốn đòi hỏi sự tỉ mỉ và chính xác, cần quy trình chăm sóc phức tạp để đưa cây trồng đạt năng suất và chất lượng cao.

Đã có rất nhiều nghiên cứu và thành tựu liên quan đến lĩnh vực này từ các đề án, luận văn trong trường, đề tài nghiên cứu khoa học các cấp, cũng như rất nhiều bài báo liên quan đến lĩnh vực này [3,4].

Sinh viên thuộc Trường Đại học Kinh tế Đà Nẵng đã nghiên cứu và ứng dụng thành công mô hình “Trồng rau thủy canh thông minh Greedy”. Mô hình đã đạt giải ba trong cuộc thi “Đà Nẵng khởi nghiệp

2016”. Đây là một hệ thống tự động, người dùng chỉ cần cài đặt ứng dụng Greedy trên điện thoại để có thể giám sát các thông số liên quan đến độ pH, nhiệt độ, độ ẩm, và có thể điều khiển từ xa qua Wifi hoặc tin nhắn và hệ thống có thể pha dung dịch phù hợp với loại cây trồng theo công thức được lập trình trước [5]. Tuy nhiên, hệ thống vẫn chưa tự động pha dung dịch dinh dưỡng cho cây trồng. Tương tự là mô hình giám sát và quản lý thủy canh của Chris et al. [6] dựa trên việc sử dụng Raspberry và Firebase để điều khiển bơm, quạt và giám sát các thông số pH, mực nước, độ ẩm, nhiệt độ trên Web server. Somchoke et al. [2] cũng xây dựng một mô hình trồng rau thủy canh ứng dụng IoTs cộng thêm vào chức năng tự động điều chỉnh độ pH, độ dẫn điện (EC), và nhiệt độ nằm trong khoảng cho trước bằng cách đóng mở tương ứng các van điện từ và bơm. Mặc dù vậy, kết quả trồng thực nghiệm trên hệ thống này chưa được công bố. Tandil et al. [7] phát triển một hệ thống trộn dung dịch thủy canh dựa trên vi điều khiển STM32. Hệ thống dựa vào công thức dinh dưỡng cần pha (phù hợp cho từng loại cây trồng) để tính toán lượng phân mà mỗi bơm định lượng cần bơm. Kết quả sau 9 lần thử nghiệm cho sai số thấp hơn 10%. Tuy nhiên, về bản chất, đây là một hệ thống điều khiển vòng hở. Chang et al. [1] xây dựng hệ thống trồng rau thủy canh có giao diện giám sát và điều khiển độ pH và độ dẫn điện EC của dung dịch dinh dưỡng sử dụng thuật toán mờ (Fuzzy) thông qua 02 vòng điều khiển đơn tương ứng. Thông số pH được điều khiển thông qua việc điều khiển lưu lượng 02 bơm dung dịch Acid và kiềm; trong khi thông số EC thì được kiểm soát thông qua 3 dung dịch là nước tinh khiết, dung dịch A và dung dịch B. Dung dịch dinh dưỡng đạt được thông số cần thiết sau gần 20 phút. Hạn chế của nghiên cứu này chỉ là chưa

thực hiện giám sát, điều khiển trực tuyến hệ thống thông qua Web server.

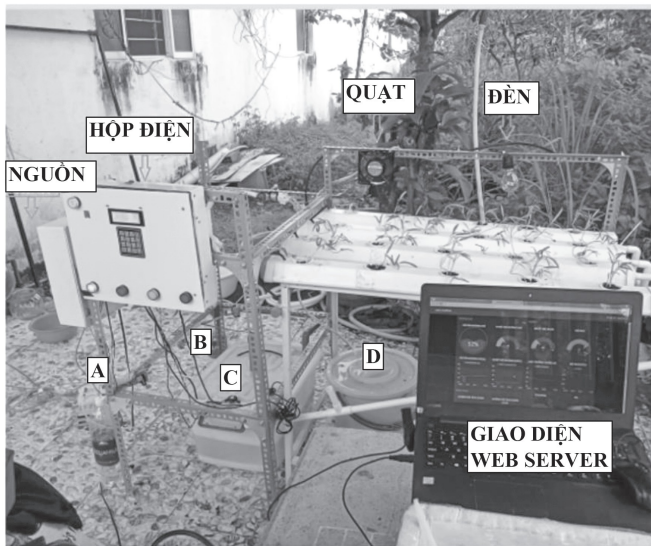
Nhìn chung mỗi mô hình chỉ đi sâu vào một tính năng nhất định và thiếu sự đồng nhất. Vì vậy nghiên cứu này đã chọn lọc kế thừa các mô hình đi trước để có được một mô hình tích hợp các chức năng như sau: giám sát và điều khiển các thiết bị với hai chế độ tự động (Auto) và thủ công (Manual), giám sát thông số từ xa qua WebServer, và tự động điều chỉnh tổng lượng chất rắn hòa tan (TDS) của dung dịch dinh dưỡng theo giá trị đặt.

2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

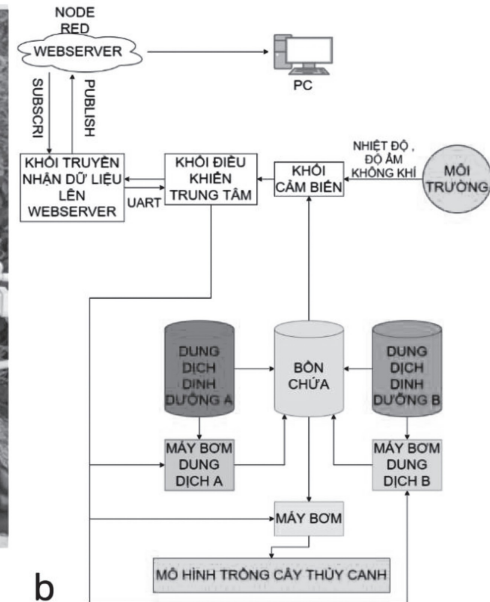
2.1. Tổng quan mô hình

Mô hình hệ thống trồng rau thủy canh ứng dụng công nghệ IoT được xây dựng như hình 1a với các thành phần chính bao gồm: 01 hệ thống trồng rau thủy canh, 01 tủ điện điều khiển và giao diện điều khiển. Nguyên lý hoạt động được trình

bày như hình 1b. Dung dịch dinh dưỡng trong bồn chứa được máy bơm cung cấp tới các ống thủy canh hồi lưu. Nồng độ dinh dưỡng của nó mà dựa trên thông số tổng lượng chất rắn hòa tan TDS được điều chỉnh tự động theo giá trị đặt thông qua 02 máy bơm dung dịch dinh dưỡng A và B. Việc điều khiển này được thực hiện bằng khối điều khiển trung tâm. Khối cảm biến dùng để đo đặc thông số chất lượng nước, chất lượng môi trường phục vụ cho quá trình ra quyết định của khối điều khiển, đồng thời dữ liệu thu thập cũng được đưa lên Web server thông qua giao thức MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) phục vụ cho quá trình giám sát hệ thống. Để thực hiện hoàn chỉnh được mô hình này, các công việc chính đã được thực hiện bao gồm: Thiết kế và gia công hệ thống cơ khí; thiết kế và thực hiện bộ điều khiển phần cứng và phần mềm; thiết kế giao diện giám sát hệ thống thủy canh.



a



b

Hình 1. a. Mô hình thực tế; b. Nguyên lý hoạt động. A: Dung dịch A đậm đặc. B: Dung dịch B đậm đặc. C: Bồn chứa chính cấp cho hệ thống rau. D: Bồn chứa nước phun sương.

2.2. Thiết kế và thi công hệ thống

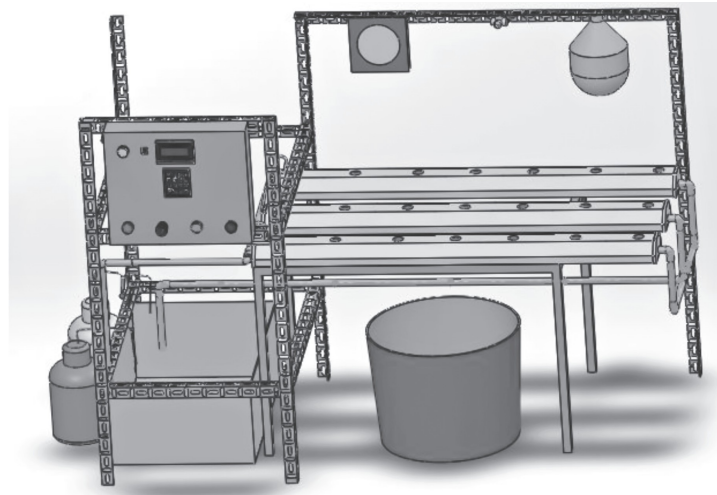
2.2.1. Phần cơ khí

Mô hình 3D (hình 2) được thiết kế và

mô phỏng trên phần mềm Inventor, gồm các thành phần chính như giàn thủy canh, các đường ống nước, thùng dinh dưỡng, tủ

điều khiển, quạt, đèn, khung chân ống thủy canh và khung cố định các cơ cấu chấp hành. Giàn thủy canh được thiết kế để đặt các ống thủy canh và các đường ống nước để tạo thành một hệ thống hồi lưu với các thông số chiều dài, chiều ngang, chiều cao

lần lượt là 170 x 70 x 100 cm. Mô hình được gia công, lắp đặt sử dụng những vật liệu phổ biến như sắt hộp, thép V lỗ, ống nhựa PVC, và được tinh chỉnh một cách phù hợp nhằm giúp khung trở nên kiên cố, chắc chắn hơn.

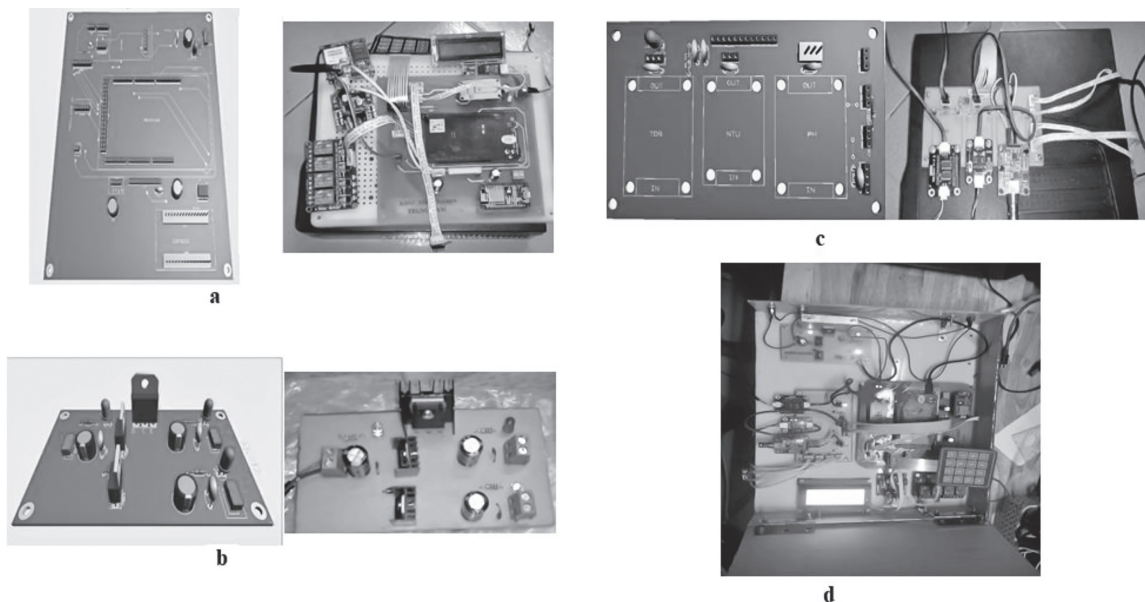


Hình 2: Mô hình 3D tổng quan.

2.2.2. Phần điều khiển và giám sát

Hệ thống điều khiển và giám sát cho toàn bộ hệ thống bao gồm thiết kế phần cứng và phần mềm, và được điều khiển thông qua các phím nhấn. Các mạch phần cứng được

thiết kế trên phần mềm Proteus và được thi công tương ứng như hình 3 bao gồm bảng mạch cảm biến (hình 3a), bảng mạch nguồn (hình 3b); bảng mạch điều khiển (hình 3c) và tủ điều khiển hoàn chỉnh (hình 3d):



Hình 3: Thiết kế tủ điều khiển. a. Bảng mạch điều khiển; b. Bảng mạch nguồn; c. Bảng mạch cảm biến; d. Tủ điều khiển hoàn chỉnh.

+ Nguồn 12VDC 10A cấp vào khối nguồn sẽ được lọc và chuyển đổi về 5V 3A và 9V 1A để cấp cho khối điều khiển và khối cảm biến; đồng thời cũng cung cấp năng lượng cho một số cơ cấu chấp hành.

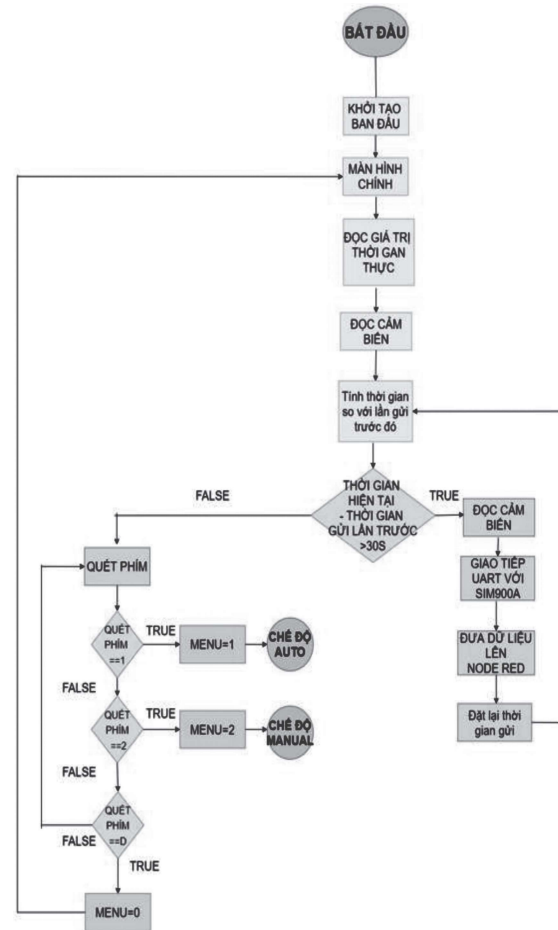
+ Khối xử lý trung tâm gồm 01 Arduino Mega - dùng để đọc tín hiệu từ khối các cảm biến và điều khiển các thiết bị chấp hành của hệ thống (máy bơm nước làm mát, máy bơm dung dịch dinh dưỡng, máy bơm nhu động để thực hiện pha dung dịch dinh dưỡng, đèn, quạt làm mát) và kết hợp với MCU ESP 8266 để truyền dữ liệu cho Web Server. Ngoài ra, nó còn truyền thông tin cho màn hình và truyền tín hiệu cảnh báo tới người dùng thông qua Module sim 900A.

+ Khối cảm biến bao gồm: Cảm biến pH, cảm biến TDS, cảm biến đo độ đục, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm.

Phần mềm là chương trình điều khiển được viết bằng ngôn ngữ C\C++ trên board Arduino Mega. Hoạt động tổng quan được thể hiện trên sơ đồ hình 4. Hệ thống sẽ luôn đọc dữ liệu thời gian thực và đọc giá trị từ bàn phím. Trong khi đó, giá trị đọc được từ các cảm biến sẽ được truyền qua khối kết nối Internet lên Web server sau mỗi 30s. Hoạt động của hệ thống gồm 2 chế độ chính:

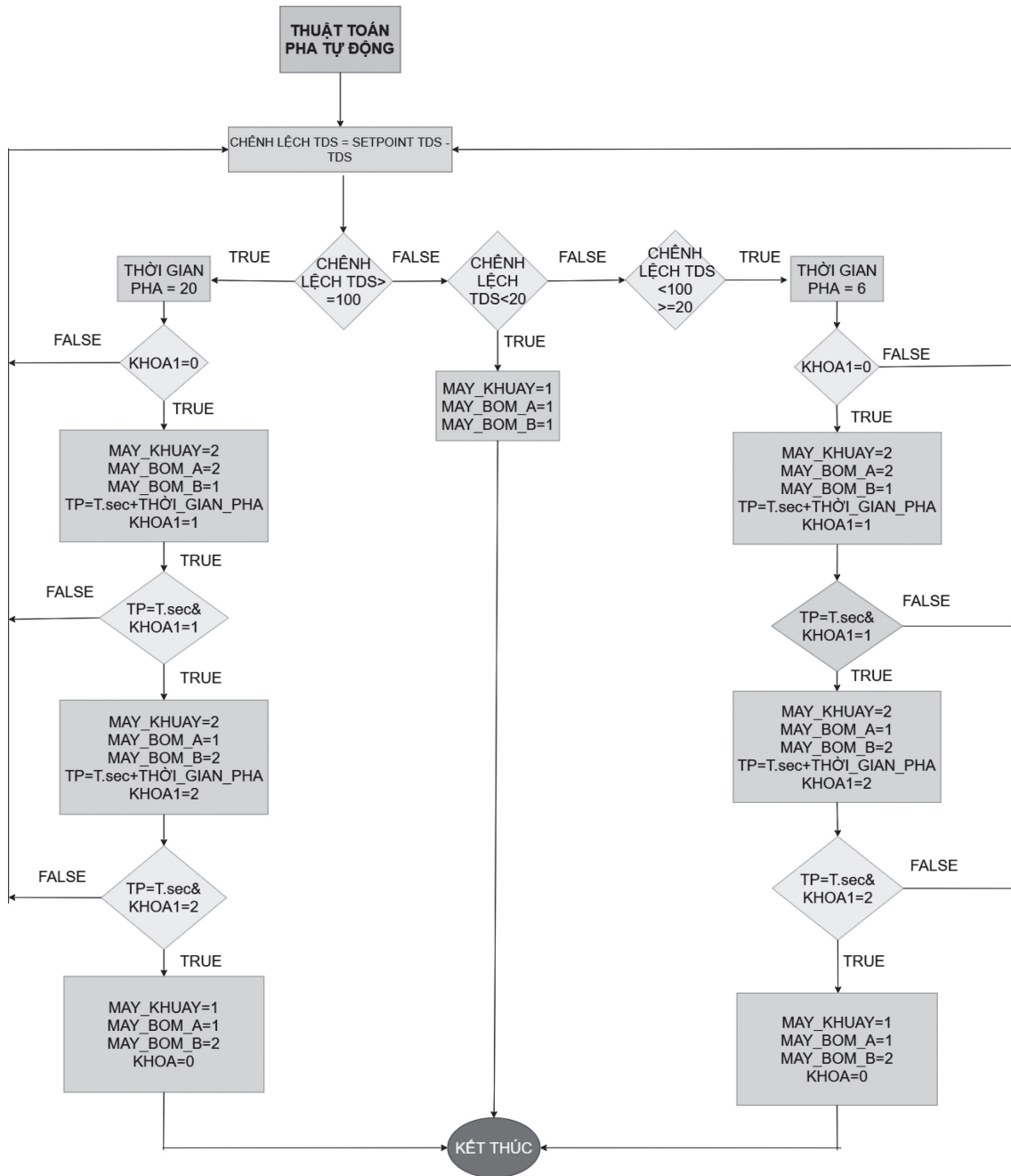
Chế độ Auto: cho phép người dùng cài đặt chu kỳ bơm và thời gian bơm dung dịch dinh dưỡng. Người điều khiển còn có thể cài đặt các giá trị đặt (Setpoint) như Setpoint nhiệt độ, Setpoint độ ẩm, Setpoint ppm (nồng độ chất rắn hòa tan). Một cách cơ bản, đây là các hệ thống điều khiển vòng kín đơn lẻ dựa trên sự so sánh giữa Setpoint

với giá trị đọc được từ cảm biến để bộ điều khiển tính toán và điều khiển các cơ cấu chấp hành tương ứng nhằm đưa hệ thống hoạt động tại các Setpoint này.



Hình 4: Hoạt động tổng quan.

Một ví dụ là quá trình pha dung dịch tự động dựa trên nồng độ chất rắn hòa tan TDS như thể hiện ở Hình 5. Đầu tiên hệ thống tính sai số $TDS = \text{Setpoint TDS} - \text{giá trị TDS}$ mà cảm biến đọc được để quyết định thời gian pha sẽ là 20s nếu sai số lớn hơn 100 PPM, hoặc 6s nếu sai số nhỏ hơn 20 PPM. Do thể tích dung dịch pha trộn phụ thuộc vào thời gian bơm, nên để cải thiện độ chính xác, các đường ống hút và đường ống xả của 2 máy bơm nhu động, cũng như vận tốc quay của chúng phải tương đương nhau.



Hình 5: Lưu đồ chương trình pha tự động.

Chế độ Manual: cho phép người dùng điều khiển trực tiếp các cơ cấu chấp hành bằng các phím có trên hệ thống. Khi người điều khiển vào chế độ Manual hệ thống sẽ ưu tiên chế độ này và tạm dừng chế độ Auto.

Ngoài ra chế độ cảnh báo qua tin nhắn SMS cũng được ứng dụng trong hệ thống

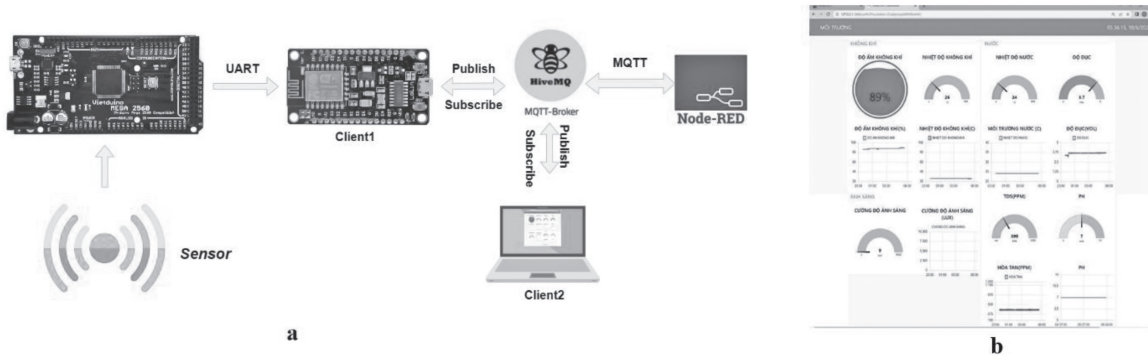
thủy canh này. Khi các giá trị cảm biến nhiệt độ lớn hơn 37 °C hoặc giá trị nhiệt độ nước nhỏ hơn 16 °C, hệ thống sẽ gửi tin nhắn cho số điện thoại ta đã cài đặt trước.

2.2.3 Giao diện Web server

Một giao diện Web server được xây dựng sử dụng Node-RED thông qua giao thức MQTT (hình 6b) để hiển thị và lưu trữ

số liệu đọc được từ các cảm biến. Cụ thể hơn, khi khối xử lý trung tâm MEGA2560 đọc các dữ liệu cảm biến 30s một lần thì sẽ lập tức truyền qua khối kết nối Internet Node MCU ESP8266. Khối này sẽ gán các

dữ liệu vào topic tương ứng để tiếp tục đưa lên Broker (HiveMQ) thông qua giao thức MQTT. Cuối cùng, Node RED sẽ lấy các dữ liệu tại Broker (HiveMQ) thông qua giao thức MQTT (hình 6a).



Hình 6: a. Sơ đồ tổng quát truyền dữ liệu lên Web server; b. Giao diện Web server.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hệ thống sau khi hoàn thành được tiến hành vận hành thử nghiệm với kết quả thu được là khả quan: vận hành ổn định ở chế độ Manual và Auto thông qua việc điều khiển các phím nhấn; giám sát được các thông số môi trường về nhiệt độ, độ ẩm, cường độ ánh sáng, độ PH, nhiệt độ, và TDS của dung dịch dinh dưỡng; các thông số được giám sát trong thời gian dài với các tín hiệu truyền lên Web server ổn định, không bị nhiễu bởi các tải cảm; dữ liệu thu thập được có thể được lưu về máy tính ở định dạng file Excel; hệ thống gửi tin nhắn cảnh báo về điện thoại người điều khiển.

Đối với việc pha dung dịch tự động: hệ thống đạt được Setpoint TDS là 400PPM trong gần 40 phút với sai số thấp hơn 10%. Giá trị TDS đo được từ cảm biến cũng được so sánh với kết quả từ thiết bị đo thương mại với sai lệch vào khoảng 10%. Kết quả thực nghiệm của hệ thống thực tế được thể hiện ở hình 7. Quá trình thử nghiệm được lặp lại 6 lần với kết quả tóm tắt ở Bảng 2. Ta thấy, hệ thống pha dung dịch tự động chạy ổn định với sai số điều khiển không quá 10%. Kết quả này là hoàn toàn là chấp nhận được.

Bảng 2: Đánh giá chất lượng pha dung dịch tự động.

Số lần thực hiện	Setpoint TDS	Kết Quả đo được
1	200	220
2	350	330
3	400	392
4	400	430
5	400	437
6	400	399



Hình 7: Đáp ứng của hệ thống với Setpoint TDS.

Hệ thống được tiến hành thử nghiệm vào giai đoạn 2 với việc trồng trên rau muống. Kết quả cho thấy, hệ thống có thể vận hành liên tục một cách ổn định trong thời gian dài. Cây rau phát triển và được thu hoạch thành công trên hệ thống (hình

8). Về mặt kỹ thuật trồng rau, một số kinh nghiệm cũng được rút ra như sự cần thiết phải kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm để hạn chế bệnh gỉ trắng, sử dụng màn che để hạn chế sâu bệnh, côn trùng, quan tâm vấn đề cung cấp dinh dưỡng để cây lớn đồng đều.



Hình 8: Cây phát triển trên giàn ngày thứ 18.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống trồng rau thủy canh ứng

dụng công nghệ IoT và pha dung dịch tự động đã được hoàn thành. Hệ thống đảm bảo được việc thu thập thông tin từ đối tượng canh tác cũng như truyền nhận dữ liệu lên Web Server phục vụ tốt cho quá trình giám sát, lưu trữ dữ liệu và đưa ra cảnh báo. Quá trình pha dung dịch tự động cho kết quả tốt với sai số không quá 10% so với giá trị đặt. Kết quả trồng thực nghiệm trên rau muống là khả quan với tỉ lệ cây phát triển đến khi thu hoạch đạt hơn 90%. Mặc dù một số cải tiến cần được thực hiện như việc vệ sinh cảm biến, ổn định nhiệt độ dung dịch dinh dưỡng hay bảo vệ rau trồng khỏi côn trùng có hại, mô hình cơ bản đã đáp ứng được việc tự động hóa công đoạn chăm sóc và giám sát trong trồng rau thủy canh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. L. Chang, G. F. Hong, and W. L. Fu, "Design and Implementation of a Knowledge-Based Nutrient Solution Irrigation System for Hydroponic Applications," *Trans. ASABE*, vol. 61, no. 2, pp. 369–379, 2018, doi: <https://doi.org/10.13031/trans.11564>.
- [2] S. Ruengittinun, S. Phongsamsuan, and P. Sureeratanakorn, "Applied internet of thing for smart hydroponic farming ecosystem (HFE)," in *2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media)*, 2017, pp. 1–4, doi: 10.1109/UMEDIA.2017.8074148.
- [3] R. S. V. Gonzalez, A. L. G. Garcia, E. V. Zapata, J. D. O. B. Sanchez, and J. C. S. Savedra, "A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations," *Agriculture*, vol. 12, no. 5, p. 646, Apr. 2022, doi: 10.3390/agriculture12050646.
- [4] L. X. D. Pham, "Thiết kế hệ thống giám sát và kiểm soát thông số môi trường trồng rau thủy canh", Luận văn thạc sĩ, Đại học Cần Thơ, 2021.
- [5] T. Xuân, "Trồng rau thủy canh thông minh Greedy". (2023) <http://tapchimoitruong.vn/giai-phap-cong-nghe-xanh-22/M%C3%B4-h%C3%A0nh-tr%E1%BB%93ng-rau-th%E1%BB%A7y-canhh-th%E1%BB%93ng-minh-Greedy-1>
- [6] C. J. G. Aliac and E. Maravillas, "IOT Hydroponics Management System," in *2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, 2018, pp. 1–5, doi:10.1109/HNICEM.2018.8666372.
- [7] R. Tandil, J. Yapson, W. Atmadja, S. Liawatimena, and R. Susanto, "Hydroponic nutrient mixing system based on STM32," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 195, p. 12052, 2018, doi:10.1088/1755-1315/195/1/012052.