XÂY DỰNG HỆ THỐNG TƯỚI TỰ ĐỘNG DẠNG FARMBOT CÓ SỬ DỤNG CAMERA ĐỂ PHÁT HIỆN RAU

Đỗ Vinh Quang[1], Nguyễn Thành Lợi[1], Đoàn Hoàng Khang[1], Trần Ngọc Liên[1], Phan Văn Tổng Em[2] và Huỳnh Trung Lưu[3]

[1]Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ,
[2]Trường Đại học Nam Cần Thơ,
[3]Trường Cao đẳng Kiên Giang.
Email:dvquang@ctuet.edu.vn

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 13.01.2024
Ngày nhận bài sửa: 16.02.2024
Ngày duyệt đăng: 20.02.2024

Từ khóa:
Farmbot, phát hiện rau, tự động hóa, tưới nước.

TÓM TẮT

Trong nông nghiệp thông minh, việc tưới tự động cho cây trồng là một trong những yêu cầu quan trọng. Hệ thống được trình bày có thể thực hiện công việc trên thông qua điện thoại hoặc màn hình giám sát HMI. Hệ thống được xây dựng từ đầu bao gồm thiết kế, gia công cơ khí, lắp tủ điều khiển, lập trình điều khiển và thiết kế giao diện. Phần mềm Solidworks được áp dụng vào thiết kế mô hình 3D để từ đó tiến hành gia công phần cứng, lắp đặt thiết bị. Hệ thống sau đó được lập trình điều khiển trên phần mềm TIA Portal V15 và lập trình xử lý ảnh trên Python sử dụng thư viện Tkinter và OpenCV. Hệ thống có thể được điều khiển từ xa thông qua Web server dựa trên phần mềm Node-RED hoặc trên điện thoại sử dụng công cụ Blynk IoT hoặc thao tác trực tiếp trên tủ điều khiển. Kết quả vận hành cho thấy hệ thống hoạt động tốt với độ chính xác phát hiện các ô có rau đạt hơn 90%; đầu phun với chức năng cân chỉnh vị trí bắt đầu có thể dừng đúng vị trí được lập trình trước; lượng nước tưới được kiểm soát; thời gian hoạt động có thể được lập trình sẵn.

1. GIỚI THIỆU

Tự động hóa việc tưới tiêu cây trồng (vườn rau) là một giải pháp đem đến nhiều lợi ích quan trọng cho ngành nông nghiệp tại Việt Nam. Sự tiến bộ của công nghệ, hệ thống tưới cây tự động ngày càng được nâng cấp, mang lại hiệu suất cao và tính hiện đại. Điều này không chỉ góp phần tăng cường năng suất và chất lượng của sản phẩm nông nghiệp mà còn hướng tới mục tiêu xây dựng nền nông nghiệp bền vững.

Một số phương pháp tưới phổ biến dựa trên tiêu chí lượng nước được phân phối bao gồm (i) tưới ngập nước (flood irrigation), (ii) tưới phun mưa (spray irrigation), (iii) tưới nhỏ giọt (drip irrigation), và (iv) tưới phun sương (nebulizer irrigation). Trong xu hướng nông nghiệp thông minh thì việc tưới này hoàn toàn có thể thực hiện tự động. Laura García và cộng sự (2020) đã dựa trên 178 tài liệu khoa học liên quan đến các hệ thống tưới thông minh để tóm lược về xu hướng gần đây đối với các hệ thống IoT vừa

và nhỏ cũng như các cảm biến cho tưới tiêu và nông nghiệp chính xác. Bài báo có thống kê các thông số thường được giám sát như lượng nước và chất lượng nước, đặc tính đất và điều kiện thời tiết. Công nghệ giám sát và điều khiển cũng được trình bày bao gồm các cảm biến, cơ cấu chấp hành, các bộ điều khiển, các công nghệ truyền thông và các dịch vụ đám mây.

Hiệp và Tùng (2019) đã đề xuất cấu trúc điều khiển hệ thống tưới nước tự động áp dụng công nghệ IoT mà đáp ứng được yêu cầu về độ ẩm theo đặc tính sinh trưởng của cây trồng. Tại cụm cây trồng thứ i trong trang trại, các thông số về độ ẩm của đất và nhiệt độ được các cảm biến đo đạc và gửi đến mạch Arduino thứ i. Mạch này sẽ gửi yêu cầu điều khiển đến Arduino Server qua mạng WiFi để phối hợp điều khiển tưới nước. Tất cả các Arduino kết nối với nhau qua WiFi và kết nối với các smartphone qua mạng internet hoặc mạng di động để điều khiển và giám sát hệ thống từ xa.

Gần đây, mô hình tưới nông nghiệp tương tự cấu trúc máy in 3D cũng được áp dụng mà đơn cử là mô hình Farmbot được phát triển bởi một nhóm kỹ sư và nhà khoa học tại Mỹ và đã được bán rộng rãi (Farmbot, 2024). Đây là một hệ thống trồng trọt tự động ở hầu hết các khâu bao gồm gieo hạt, bón phân, tưới tiêu, và thu hoạch. Hiện tại Farmbot đã được triển khai rộng rãi với mã nguồn mở (Open-Source) nhằm cung cấp các chương trình để người dùng có thể tối ưu hoá vườn rau của mình.

Tại Việt Nam, Hiển và Thái (2018) đã xây dựng và trồng thử nghiệm thành công một số loại rau củ với mô hình Farmbot. Mô hình đã sử dụng cơ cấu truyền động dây đai V-slot và động cơ bước size 42 với bộ điều khiển Arduino Mega và Shield CNC. Mô hình có giao diện điều khiển được thiết kế trên Winform và có chức năng tưới theo thời gian thực được cài đặt trước.

Mô hình dạng Farmbot còn được điều chỉnh để thực hiện một số công việc khác. Özlüoymak và cộng sự (2019) đã phát triển và thử nghiệm robot phun thuốc tự động dựa trên thị giác máy để phát hiện, theo dõi và diệt cỏ dại. Phần mềm LabVIEW được sử dụng để phân biệt màu xanh lá cây các đối tượng trong ảnh chụp bởi webcam; một vòi phun được vận hành tùy theo sự hiện diện của cỏ và tọa độ của nó. Hệ thống đã được vận hành thử nghiệm lần lượt ở tốc độ 0,42 - 0,54 - 0,66 - 0,78 và 0,90 km/h, để kiểm tra hiệu quả làm việc của hệ thống. Một ứng dụng khác là ở nghiên cứu của Jianjun và cộng sự (2020), tác giả đã áp dụng mạng tích chập CNN (Convolutional Neural Network) để giám sát tình trạng phát triển của nhiều loại bắp cải khác nhau. Các mô hình CNN đa giai đoạn cho việc nhận diện đối tượng và phân đoạn đã được tích hợp để liên kết giữa việc chụp ảnh và phân loại đặc tính của cây trồng. Hơn nữa, tốc độ tăng trưởng và tích lũy của bắp cải cũng được tính toán dựa trên các đường cong biến đổi của đặc tính tĩnh tại 8 thời điểm tăng trưởng khác nhau của rau.

Các nghiên cứu ở trên đã cho thấy Farmbot là một mô hình mang tính ứng dụng đa năng và khả năng áp dụng công nghệ tự động hóa rất cao. Do vậy, nhóm tác giả trên tinh thần kế thừa đã lựa chọn mô hình Farmbot này đồng thời tích hợp webcam để tự động hóa việc tưới rau theo

phương pháp phun mưa (nhằm tiết kiệm lượng nước tưới và đủ nhanh để làm ẩm đất). Hệ thống được xây dựng từ đầu bao gồm thiết kế, gia công cơ khí và lắp đặt tủ điều khiển, lập trình điều khiển và thiết kế giao diện để điều khiển thông qua máy tính hoặc điện thoại. Kết quả vận hành cho thấy hệ thống hoạt động tốt với tỉ lệ phát hiện các ô có rau đạt mức độ chính xác cao; lượng nước tưới được kiểm soát tốt; thời gian hoạt động có thể được lập trình trước.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

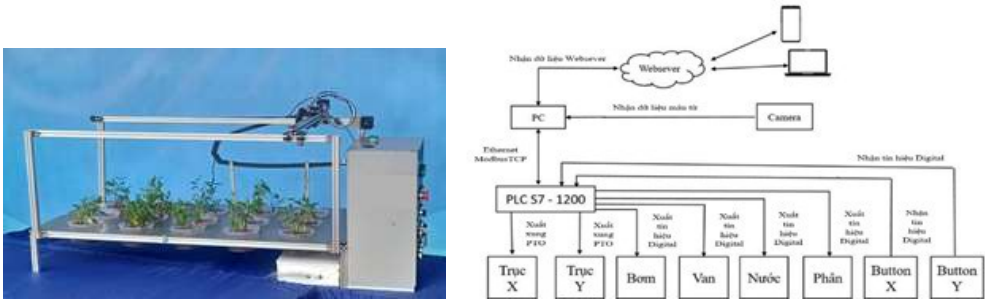
2.1. Tổng quan mô hình

Mô hình hệ thống tưới tự động sử dụng camera phát hiện rau được xây dựng như Hình 1a với kích thước 120x50x40 cm, trọng lượng 20 kg gồm các thành phần chính như hệ thống trượt, hệ thống camera, hệ thống tưới và tủ điện điều khiển (Hình 2). Các thiết bị chính sử dụng cho hệ thống được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Linh kiện chính sử dụng cho hệ thống

TT	Linh kiện	Số lượng	Thông số
1	Motor bước trục X	01	Nema, 17/1.8°, 5 mm
2	Motor bước trục Y	01	Nema, 17/1.8°, 5 mm
3	Driver điều khiển	02	TB6600
4	PLC	02	Siemens 1212C DC/DC/DC
5	Dây đai	02	GT2 D6 mm
6	Pulley	04	GT2 D5 mm
7	Bơm	02	Bơm tự mồi 12 VDC, 1 A
8	Camera	01	Webcam 480 p, 5 VDC
9	Tủ điện	01	Thiếc 20x30x40 cm
10	Van điện	03	24 VDC, Ø21
11	Nhôm định hình	10	Nhôm 20x20 mm
12	Bàn trượt	20	V-slot 20x20
13	Nguồn	02	24 VDC, 5 A

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).



a b

Hình 1. a) Mô hình thực tế; b) Nguyên lý hoạt động tổng quát

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

Hình 2. Bên trong và bên ngoài tủ điện

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

Nguyên lý hoạt động của hệ thống được thể hiện ở Hình 1b. Hệ thống gồm phần cơ khí có thể di chuyển đầu phun nước theo trục X và Y để tưới cho các chậu cây được đặt cố định bên dưới. Việc di chuyển này được thực hiện bởi các động cơ bước mà được cài đặt số bước cố định thông qua việc điều khiển xung PTO (Pulse Train Output) của PLC (Programmable Logic Controller). Quyết định tưới hay không phụ thuộc vào việc camera đi kèm có phát hiện chậu có cây hay chưa có. Hệ thống có thể được điều khiển thông qua tủ điều khiển được đặt tại hiện trường, hoặc có thể được điều khiển từ xa thông qua giao diện máy tính, web server và điện thoại.

2.2. Thiết kế và thi công hệ thống

2.2.1. Phần cơ khí

Mô hình được thiết kế, chế tạo tương tự hình dáng của hệ thống Farmbot được thương mại. Các linh kiện được sử dụng và quy cách, kích thước của chúng được trình bày trong Bảng 1. Phần mềm SolidWorks được sử dụng để vẽ mô hình 3D của hệ thống (Hình 3) trước khi tiến hành xuất bản vẽ 2D và thi công. Kết quả thu được là mô hình thực tế hoàn chỉnh như đã giới thiệu ở Hình 1a.

Hình 3. Mô hình 3D hệ thống

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

2.2.2. Xây dựng chương trình điều khiển

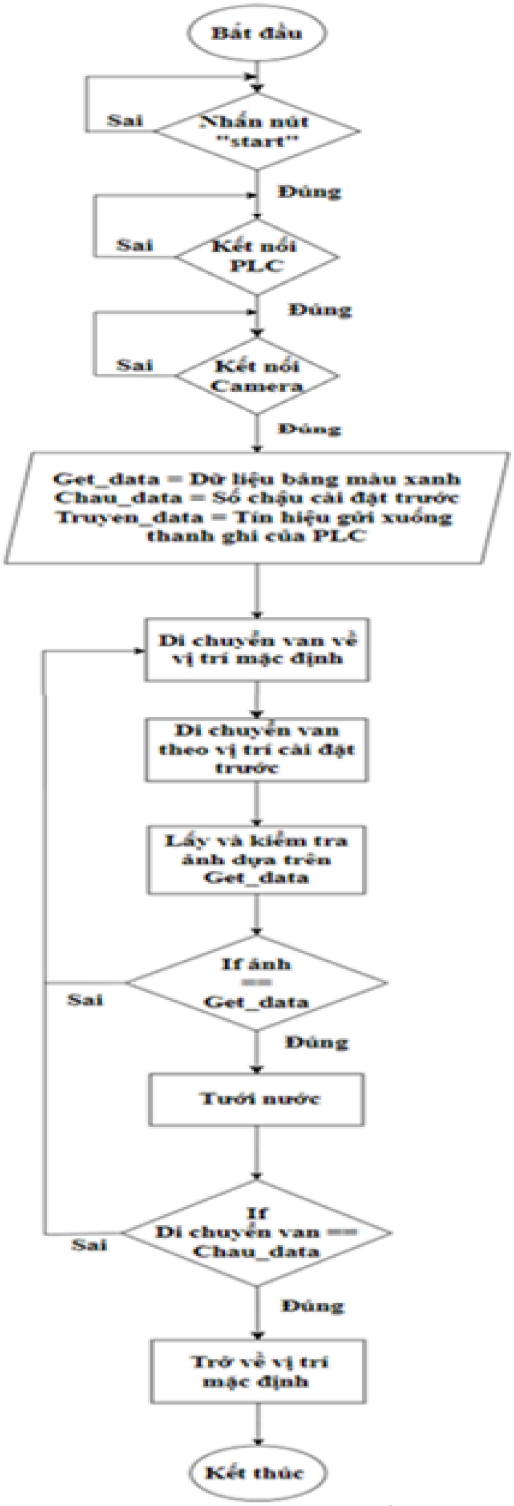
Với mô hình đã có, một chương trình điều khiển đã được xây dựng dựa trên phần mềm TIA Portal V15 và Python. Yêu cầu điều khiển là hệ thống vận hành ổn định, phát hiện chính

xác vị trí có rau, đầu phun dừng đúng vị trí cũng như có chức năng cân chỉnh vị trí và hệ thống có thể được điều khiển và giám sát từ xa thông qua máy tính hoặc điện thoại. Chương trình điều khiển gồm 02 chế độ: tự động *(auto)* và bằng tay *(manual)*.

Lưu đồ giải thuật chế độ tự động được trình bày ở Hình 4. Khi người dùng nhấn nút *Start*, hệ thống sẽ di chuyển đầu phun đến vị trí ban đầu. Hệ thống cũng sẽ tự kết nối PLC với Camera để bắt đầu lấy ảnh và kiểm tra ảnh dựa trên biến *Get_data*. Nếu mã màu là trùng khớp ứng với việc có rau ở vị trí ô hiện tại thì van sẽ được mở để tưới nước (hoặc phân bón). Nếu mã màu không khớp (ứng với việc không phát hiện rau) thì đầu phun sẽ di chuyển đến vị trí ô tiếp theo. Quá trình được lặp lại đến khi đầu phun di chuyển đến đủ số ô được lập trình trước và sau đó quay về vị trí ban đầu. Trong quá trình làm việc, nếu người dùng nhấn nút Stop, hệ thống sẽ dừng làm việc. Chế độ Manual chủ yếu được dùng để kiểm tra tình trạng thiết bị, trong đó người dùng có thể điều khiển từng thiết bị riêng lẻ để kiểm tra tình trạng của chúng.

2.2.3. Xây dựng giao diện điều khiển giám sát

Để điều khiển và giám sát hệ thống, một số giao diện đã được xây dựng dựa trên ngôn ngữ và ứng dụng lập trình như Python, Blynk IoT, hoặc Node-RED. Giao diện điều khiển hệ thống trên máy tính (Hình 6a) được thiết kế qua ngôn ngữ Python. Hệ thống điều khiển được hoàn thành từ việc kết hợp các chức năng của thư viện Tkinter để tạo giao diện (David, 2024), OpenCV để xử lý ảnh (OpenCV, 2024), dữ liệu màu RGV để so sánh dữ liệu màu RGV với ảnh chụp được, giao thức truyền thông Modbus TCP/IP để truyền thông 2 PLC thông qua bộ chia mạng (Truyền thông CN, 2024).



Hình 4: Lưu đồ điều khiển ở chế độ Tự động

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

Bên cạnh đó, để điều khiển và giám sát hệ thống thông qua Web server, một giao diện điều khiển (Hình 5a) được thiết kế dựa vào công cụ Node-RED với ngôn ngữ lập trình Javascript; cùng với thư viện Snap 7 để kết nối với PLC S7-1200. Các bước thực hiện bao gồm:

Bước 1: Xây dựng giao diện điều khiển trên Web server bằng công cụ Node-RED, sau đó lưu dưới dạng file .json.

Bước 2: Cấu hình Node-RED cho PLC S7-1200, bằng cách nhập IP (Internet Protocol) của PLC lên Node-RED thông qua thư viện *node-red-contrib-s7*.

Bước 3: Tiến hành thiết kế giao diện trên Node-RED sử dụng các khối chức năng có sẵn của nó như Function *(hàm), Network (mạng lưới)* hoặc *Dashboard (bảng điều khiển)*.

Thời gian gần đây, việc điều khiển hệ thống bằng ứng dụng trên điện thoại cũng ngày càng trở nên phổ biến. Do vậy, giao diện điều khiển trên điện thoại cũng được thiết kế (Hình 5b) bằng cách sử dụng ứng dụng Blynk IoT và thư viện Snap 7 để kết nối với PLC S7-1200.

a b

Hình 5. Giao diện điều khiển trên web server (a) và trên điện thoại (b)

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Giao diện điều khiển hệ thống

Kết quả vận hành các giao diện người - máy đều hoạt động đúng theo mục đích thiết kế. Hệ thống vận hành ổn định ở 2 chế độ *tự động* và *thủ công*. (i) Giao diện điều khiển trên tủ điện được bố trí đơn giản để người dùng có thể vận hành dễ dàng tại chỗ; (ii) Giao diện trên máy tính (lập trình bằng Python) có tích hợp hình ảnh gửi liên tục từ camera để người dùng có cái nhìn trực quan, và việc xác định các ô có cây

cũng được thực hiện với giao diện này; (iii) Giao diện web server (lập trình thông qua Node-RED) cho phép người dùng giám sát và điều khiển hệ thống từ xa thông qua mạng nội bộ; (iv) Giao diện lập trình thông qua công cụ Blynk IoT cho phép giám sát và điều khiển hệ thống bằng điện thoại.

3.2. Chạy thực nghiệm

Kết quả phát hiện rau dựa trên bảng màu RGB kết hợp thư viện OpenCV được thể hiện ở Hình 6. Khi nhận dạng đúng với mã màu, rau răm sẽ xuất hiện các chấm xanh nhỏ bám vào lá rau (Hình 6b). Lúc đó, hệ thống sẽ thực hiện công việc tưới nước trong thời gian cài đặt sẵn (1 giây). Việc thử nghiệm chức năng đặt lịch tưới và thời gian tưới hàng ngày cho các chậu cây cũng vận hành như thiết kế. Lượng nước theo phương pháp phun mưa đủ làm ẩm đất và tiết kiệm hơn so với việc phải tưới liên tục.

Quá trình chạy thực nghiệm được thực hiện lần lượt với 4 giao diện điều khiển nhằm kiểm tra đánh giá tỷ lệ thành công của hệ thống. Mỗi chế độ được thực hiện trong 30 phút với 03 lần lặp lại. Hệ thống hoàn thành việc tưới 15 chậu sau 45 giây với thời gian dừng để tưới mỗi chậu là 1 giây. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2 cho thấy hệ thống hoạt động ổn định trong thời gian dài ở điều kiện ngoài trời. Tuy nhiên, điều kiện sáng bên ngoài lớn cũng sẽ làm ảnh hưởng đến khả năng làm việc của hệ thống. Thực tế qua các lần thử nghiệm cho thấy tỷ lệ phát hiện thành công các chậu có rau là hơn 90%. Thêm vào đó, việc phát hiện các ô có rau chỉ đơn thuần dựa trên nhận dạng màu sắc (màu xanh lá), nên hệ thống chưa thể phân biệt giữa rau với cỏ, hoặc các loại rau khác nhau.

Bảng 2. Kết quả nhận biết các chậu có rau

Chế độ	Tỷ lệ thành công lần 1	Tỷ lệ thành công lần 2	Tỷ lệ thành công lần 3
Auto (Tủ điện)	14/15 chậu	14/15 chậu	14/15 chậu
Manual (Tủ điện)	15/15 chậu	15/15 chậu	15/15 chậu
Auto (Máy tính)	12/15 chậu	14/15 chậu	14/15 chậu
Auto (Web server)	13/15 chậu	14/15 chậu	14/15 chậu
Auto (Điện thoại)	11/15 chậu	13/15 chậu	14/15 chậu

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

a **b**

Hình 6. Giao diện điều khiển trên máy tính: a) Trước khi nhận dạng màu; b) Sau khi nhận dạng màu

Nguồn: Công bố của tác giả, (2023).

4. KẾT LUẬN

Một mô hình Farmbot mang tính ứng dụng cao, được áp dụng công nghệ tự động hóa đã được xây dựng và vận hành. Hệ thống có thể được điều khiển bằng tủ điện đặt tại hiện trường hoặc thông qua máy tính và điện thoại. Kết quả vận hành đã cho thấy hệ thống hoạt động tốt với tỷ lệ xác định chính xác hơn 90%; lượng nước tưới và thời gian làm việc có thể được kiểm soát thông qua việc lập trình trước cho PLC; giao diện điều khiển được thiết kế sinh động trên nhiều nền tảng và thân thiện với người dùng. Mô hình dạng Farmbot này có tiềm năng được sử dụng rộng rãi để trồng rau tại nhà và hứa hẹn mang lại sự thích thú cho những ai yêu thích ứng dụng công nghệ vào nông nghiệp.

Tài liệu tham khảo

David, A., "Python GUI Programming With Tkinter", xem tại: https://realpython.com/python-gui-tkinter/, (ngày truy cập: 5 tháng 2 năm 2024).

Farmbot Team, Farmbot, xem tại: https://farm.bot, (ngày truy cập: 12 tháng 1 năm 2024).

García, L., Lorena, P., Jose, M. J., Jaime, L., and Pascal, L.(2020), "IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture" Sensors 20, no. 4: 1042. https://doi.org/10.3390/s20041042.

Hiệp, L. T. và Tùng, B. L. (2019), "Điều Khiển Và Giám Sát Thệ Thống Tưới Nước Tự Động Sử dụng Mạng Không Dây Trong Thời Đại Công Nghệ IoT", Tạp chí Khoa Học Trường Đại Học Quy Nhơn, 1, 33-43, https://ln.run/rxUZ7.

Hiển, H. M. và Thái, N. T. (2018), "Thiết kế và chế tạo mô hình trồng rau tự động Farmbot", LVTN, Đại học Đà Nẵng.

Jianjun, D., Xianju, L., Jiangchuan, F., Yajuan Q., Xiaozeng, Y., Xinyu, G. (2020),

"Image-Based High-Throughput Detection and Phenotype Evaluation Method for Multiple Lettuce Varieties", Frontiers in Plant Science, 11, https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.563386.

OpenCV, OpenCV-Python Tutorials, xem tại: https://docs.opencv.org/3.4/d6/d00/tutorial_py_root.html, (ngày truy cập: 05 tháng 02 năm 2024).

Özlüoymak, Ö. B., Bolat, A., Bayat, A., and Güzel, E. (2019), "Design, development, and evaluation of a target oriented weed control system using machine vision," Turkish Journal of Agriculture and Forestry: Vol. 43: No. 2.

Truyền thông CN, "Modbus - Phần 4: Các chuẩn Modbus đang phổ biến – Modbus-TCP/IP", xem tại: https://www.peritec.vn/knowledgebase/modbus-phan-4-cac-chuan-modbus-dang-pho-bien-modbus-tcp-ip/, (ngày truy cập: 05 tháng 02 năm 2024).

CONSTRUCTION FROM SCRATCH OF A FARMBOT-WATERING SYSTEM EQUIPPED WITH CAMERA FOR PLANT DETECTION

ABSTRACT

In smart agriculture, automated irrigation for crops is a significant requirement. The presented system is capable of performing this task via a mobile phone or an HMI (Human Machine Interface). The system is constructed from scratch, including mechanical design, machining, control cabinet assembly, control programming, and interface design. Solidworks software is employed to design 3D models for subsequent hardware fabrication and installation. The system is then programmed for control using TIA Portal V15 and for image processing using Python with the Tkinter and OpenCV libraries. Remote control of the system is possible through a Web server based on Node-RED software, or via a phone using the Blynk IoT tool, alternatively, direct operation is available through the control panel. Operational results demonstrate the system's effectiveness, with over 90% accuracy in detecting vegetable plots; the nozzle with programmable calibration capabilities can stop at precise predetermined positions; water irrigation quantity is controlled, and operation schedules can be pre-programmed.

Keywords: *Farmbot, crop detection, automation, irrigation.*