

HỆ THỐNG IOT GIÁM SÁT DINH DƯỠNG VÀ TƯ VẤN CHĂM SÓC CÂY CÀ PHÊ CON Nguyễn Thị Như¹, Nguyễn Đức Thắng¹

Ngày nhận bài: 26/06/2025; Ngày phản biện thông qua: 05/09/2025; Ngày duyệt đăng: 06/09/2025

TÓM TẮT

Cà phê là cây trồng chiến lược của Việt Nam, đặc biệt tại Tây Nguyên, nhưng các phương pháp nhân giống truyền thống thường tạo ra cây con không đồng nhất, làm giảm chất lượng vườn sản xuất. Áp dụng quy trình chăm sóc giống khoa học và đồng bộ là giải pháp then chốt nhằm tạo nguồn giống khỏe mạnh, đồng đều, thích ứng với điều kiện bất lợi, góp phần nâng cao hiệu quả và tính bền vững của ngành cà phê. Bài báo trình bày thiết kế và thử nghiệm hệ thống giám sát và tư vấn dinh dưỡng cho cây cà phê giống tại vườn ươm, ứng dụng công nghệ IoT với các cảm biến đo độ ẩm đất, NPK, nhiệt độ và ẩm độ không khí. Hệ thống thu thập dữ liệu định kỳ, phân tích và đưa ra khuyến nghị chăm sóc, triển khai thử nghiệm trên ba vườn với 60.000 cây tại phường Tân Lập từ tháng 8/2024 đến 3/2025. Kết quả cho thấy năng suất cây giống tăng 5–7% so với phương pháp thông thường, đồng thời nâng cao tính tự động hóa, độ chính xác và hiệu quả kinh tế trong sản xuất giống cà phê.

Từ khóa: Internet vạn vật (IoT); cây cà phê con; dinh dưỡng cây trồng; vườn ươm; giám sát thông minh.

1. MỞ ĐẦU

Cà phê là cây công nghiệp mũi nhọn tại Tây Nguyên, trong đó tỉnh Đắk Lắk chiếm hơn 40% diện tích cà phê cả nước. Niên vụ 2023–2024, Đắk Lắk có 212.106 ha cà phê, sản lượng đạt 535.672 tấn và kim ngạch xuất khẩu đạt 915,795 triệu USD (UBND tỉnh Đắk Lắk, 2024). Để nâng cao chất lượng và sản lượng cà phê bền vững, đặc biệt trong giai đoạn cây con tại vườn ươm, cần áp dụng các giải pháp công nghệ hiện đại nhằm quản lý dinh dưỡng và môi trường sinh trưởng một cách khoa học. Hiện nay, phần lớn các vườn ươm vẫn chăm sóc dựa trên kinh nghiệm thủ công, chưa áp dụng tự động hóa, dẫn đến nguy cơ thiếu hụt hoặc dư thừa phân bón, tưới tiêu không hợp lý, ảnh hưởng đến chất lượng cây giống (Nguyễn Văn Hòa & Trần Thị Mai, 2023).

Trong sản xuất cà phê thương phẩm, một số mô hình ứng dụng Internet vạn vật (IoT) để quản lý tưới tiêu và bón phân thông minh đã được triển khai tại Đắk Lắk, Lâm Đồng và Gia Lai. Chẳng hạn, hệ thống tưới nhỏ giọt kết hợp cảm biến độ ẩm đất và điều khiển tự động đã giúp tiết kiệm từ 20–30% lượng nước và 15–20% lượng phân bón, đồng thời giảm đáng kể công lao động so với phương pháp thủ công. Các nghiên cứu quốc tế cũng ghi nhận hiệu quả tương tự, điển hình như tại Brazil – quốc gia sản xuất cà phê lớn nhất thế giới – việc ứng dụng IoT trong canh tác đã giúp giảm chi phí sản xuất 18% và tăng năng suất trung bình 12% (Rosdiana E. et al, 2025).

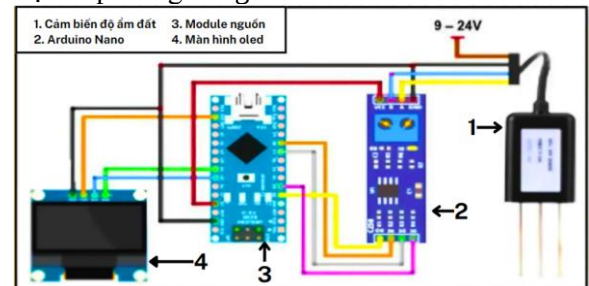
So với phương pháp truyền thống, mô hình chăm sóc cây cà phê dựa trên IoT có ưu thế vượt trội về khả năng giám sát liên tục, thu thập dữ liệu môi trường theo thời gian thực, phân tích chính xác nhu cầu nước và dinh dưỡng của cây, từ đó đưa ra

quyết định tưới, bón hợp lý. Ngược lại, phương pháp thủ công phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm cá nhân, thiếu tính nhất quán và khó mở rộng quy mô.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất một hệ thống quan trắc dinh dưỡng ứng dụng IoT cho cây cà phê con tại vườn ươm, tích hợp cảm biến môi trường, cơ sở dữ liệu và trí tuệ nhân tạo để theo dõi, phân tích và đưa ra khuyến nghị chăm sóc chính xác. Giải pháp nhằm tối ưu hóa quá trình chăm sóc, nâng cao chất lượng giống, giảm chi phí và tăng hiệu quả sản xuất.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Hệ thống được triển khai thử nghiệm tại vườn ươm cà phê thôn 11, phường Tân Lập, tỉnh Đắk Lắk. Các thiết bị chính bao gồm sensors của hãng DFRobot, 6 bộ đo dinh dưỡng NPK - DHT11 (MODBUS-RTU RS485 Soil NPK Sensor, IP68) và 02 bộ pH, nhiệt độ, độ ẩm – DHT22 (MODBUS-RTU RS485, IP68, 5-30V), được cắm trực tiếp thẳng đứng vào bầu đất sâu 10 - 20cm.



Hình 1. Sơ đồ phân cứng hệ thống IoT

Dữ liệu từ cảm biến (1) được chuyển đổi sang dạng số qua module ADC (2) rồi truyền qua module WiFi ESP8266 (3) về máy chủ IoT (4). Hệ thống sử dụng bộ nguồn điều chỉnh (5–24V) để cấp điện cho các module.

Các tham số dinh dưỡng khuyến nghị tốt cho quá trình phát triển cây cà phê con giai đoạn một

¹Khoa Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Trường Đại học Tây Nguyên;

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Như; Email: ntnhu@ttn.edu.vn.

đến sáu tháng tuổi sẽ được thu thập từ chuyên gia, được xem là ngưỡng chuẩn cho từng tham số NPK, pH, độ ẩm, nhiệt độ. Các tham số này được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu để làm chuẩn, so sánh với dữ liệu lấy từ cảm biến và ra khuyến nghị cho chủ vườn cách chăm sóc cây.

Thử nghiệm được triển khai tại ba vườn tổng cộng 60.000 cây; mỗi vườn 20.000 cây, được chia thành hai luống, mỗi luống 10.000 cây, tổng cộng 6 luống trên cả ba vườn. Mỗi vườn sẽ cắm 2 bộ vào luống giám sát, khuyến nghị bằng cảm biến và luống đối chứng. Thời gian thực hiện từ tháng 8/2024 đến tháng 3/2025. Mỗi vườn có chế độ chăm sóc giống nhau nên bộ cảm biến được cắm vào bầu cây mẫu để lấy tham số đại diện.

Trong thử nghiệm, hệ thống IoT được cấu hình thu thập dữ liệu 15 phút/lần. Dữ liệu thu thập (nhiệt độ, độ ẩm, pH, NPK) được lưu trữ trên firebase, sau đó dữ liệu được lấy về lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và tiến hành so sánh với dữ liệu ngưỡng chuẩn tại bảng 1. (được chuyên gia của Viện khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên cung cấp.) để đánh giá định lượng dinh dưỡng. Hệ thống ra cảnh báo nếu dữ liệu thực nghiệm vượt ra ngoài ngưỡng chuẩn.

Hệ thống phần mềm và ứng dụng điện thoại được thiết kế, xây dựng để lưu trữ dữ liệu từ hệ thống IoT, so sánh, phân tích và đưa ra khuyến nghị

dinh dưỡng. Chatbot được tích hợp và huấn luyện từ dữ liệu của hệ thống và Internet để tư vấn chăm sóc, chế độ dinh dưỡng cho cây cà phê con.

Kết quả thử nghiệm sẽ được so sánh với lô đối chứng trên từng vườn về lượng phân bón, lượng nước tưới và số lượng cây đạt chuẩn để xuất trồng ra đồng ruộng và cây ghép.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu về dinh dưỡng cây cà phê con.

Dinh dưỡng đóng vai trò then chốt trong sinh trưởng và năng suất cây cà phê. Cây cần được cung cấp cân đối các nguyên tố đa lượng (N, P, K) và vi lượng (Mg, Zn, Fe) để phát triển toàn diện. Nitơ thúc đẩy tăng trưởng sinh khối, photpho hỗ trợ phát triển rễ và ra hoa, còn kali cải thiện sức đề kháng và chất lượng hạt. Bón phân theo giai đoạn sinh trưởng giúp cây phát triển đồng đều, tăng tỷ lệ đậu quả. Kết hợp phân vô cơ, hữu cơ và chế phẩm sinh học góp phần cải thiện đất, thúc đẩy hệ vi sinh vật và phát triển bền vững (Lê Quốc Điền, 2020). Về kỹ thuật chăm sóc, cần tưới nước theo nguyên tắc phù hợp với kích thước cây, bón phân đúng liều lượng, điều chỉnh ánh sáng theo từng giai đoạn lá thật nhằm tối ưu hóa điều kiện sinh trưởng. Đây là hướng tiếp cận quan trọng nhằm nâng cao năng suất và chất lượng cà phê trong bối cảnh biến đổi khí hậu (Viện khoa học Kỹ thuật Nông lâm nghiệp Tây Nguyên, 2022).

Bảng 1. Các tham số ngưỡng chuẩn sinh trưởng cây cà phê từ 1 đến 4 tháng tuổi

CT	LL	CHIỀU CAO CÂY (CM)				DÀI RỄ (CM)				SỐ CẤP LÁ				TRỌNG LƯỢNG THÂN	TRỌNG LƯỢNG RỄ (G)
		C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB		
1 tháng	1	6,88	6,60	7,25	6,91	5,70	6,00	5,80	5,83	1	1	1	1,00	2,03	0,64
	2	6,30	6,50	7,00	6,60	9,30	9,00	8,75	9,02	1	1	1	1,00	2,28	0,61
	3	7,13	7,30	6,60	7,01	6,20	9,00	9,90	8,37	1	1	1,5	1,17	2,01	0,72
	4	6,70	7,13	7,00	6,94	9,00	10,00	9,25	9,42	1	2	1	1,33	2,22	0,46
		6,75	6,88	6,96	6,86	7,55	8,50	8,43	8,16	1,00	1,25	1,13	1,13	2,13	0,61
CT	LL	CHIỀU CAO CÂY (CM)				DÀI RỄ (CM)				SỐ CẤP LÁ				TRỌNG LƯỢNG THÂN	TRỌNG LƯỢNG RỄ (G)
		C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB		
2 tháng	1	13,75	13,20	14,50	13,82	11,50	11,35	11,20	11,35	2	2	2	2,00	4,07	1,28
	2	12,30	15,00	14,00	13,77	12,60	12,00	11,50	12,03	1	2	2	1,67	4,56	1,23
	3	14,25	14,60	15,00	14,62	11,10	12,00	13,80	12,30	2	2	3	2,33	4,01	1,44
	4	15,25	14,25	14,00	14,50	12,00	14,00	12,50	12,83	2,00	2,00	2,00	2,00	4,44	0,93
		13,89	14,26	14,38	14,18	11,80	12,34	12,25	12,13	1,75	2,00	2,25	2,00	4,27	1,22
CT	LL	CHIỀU CAO CÂY (CM)				DÀI RỄ (CM)				SỐ CẤP LÁ				TRỌNG LƯỢNG THÂN	TRỌNG LƯỢNG RỄ (G)
		C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB		
3 tháng	1	15,50	15,00	17,00	15,83	11,70	12,70	10,70	11,70	3	3	3	3,00	8,13	2,56
	2	13,50	18,00	16,00	15,83	15,20	14,00	13,00	14,07	3	4	3	3,33	9,11	2,45
	3	16,50	17,20	18,00	17,23	12,20	13,70	12,50	12,80	3	3	4	3,33	8,02	2,88
	4	18,50	16,50	16,00	17,00	14,00	12,70	15,00	13,90	4	3	3	3,33	8,87	1,85
		16,00	16,68	16,75	16,48	13,28	13,28	12,80	13,12	3,25	3,25	3,25	3,25	8,53	2,44
CT	LL	CHIỀU CAO CÂY (CM)				DÀI RỄ (CM)				SỐ CẤP LÁ				TRỌNG LƯỢNG THÂN	TRỌNG LƯỢNG RỄ (G)
		C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB	C1	C2	C3	TB		
4 tháng	1	17,3	17,8	19,7	18,27	17,50	19,00	18,00	18,17	5	4	5	4,67	20,02	7,61
	2	22,2	14,5	19,4	18,70	15,00	13,30	14,50	14,27	4	4	3	3,67	15,72	5,15

3	19,7	16,5	17,2	17,80	18,00	14,00	15,00	15,67	5	4	4	4,33	14,30	4,20
4	15,5	19	16,3	16,93	13,50	14,50	14,50	14,17	4	4	4	4,00	10,01	3,47
	18,68	16,95	18,15	17,93	16,00	15,20	15,50	15,57	4,50	4,00	4,00	4,17	15,01	5,11

Bảng 2. Tham số sinh trưởng trung bình của cây cà phê con từ 1 đến 4 tháng tuổi

THÁNG	Cao cây	Dài rễ	Số cặp lá	Trọng lượng thân	Trọng lượng rễ
1	6,86	8,16	1,13	2,13	0,61
2	14,18	12,13	2,00	4,27	1,22
3	16,48	13,12	3,25	8,53	2,44
4	17,93	15,57	4,17	15,01	5,11

Tổng hợp trung bình các tham số sinh trưởng của cây cà phê con giai đoạn từ 1 đến 4 tháng tuổi

3.2. Thiết kế hạ tầng IoT

Lắp đặt các cảm biến đo đặc dinh dưỡng đất (NPK), cảm biến pH, cảm biến độ ẩm, cảm biến nhiệt độ và camera giám sát tại vườn ươm.

Kết nối các cảm biến với vi điều khiển ESP8266 và mô-đun RS485 để thu thập và truyền dữ liệu.

Thiết lập hệ thống mạng không dây (wifi) để kết nối giữa các thiết bị IoT và máy chủ.

Tích hợp relay module để điều khiển hệ thống tưới nước và bón phân tự động theo khuyến nghị từ hệ thống.

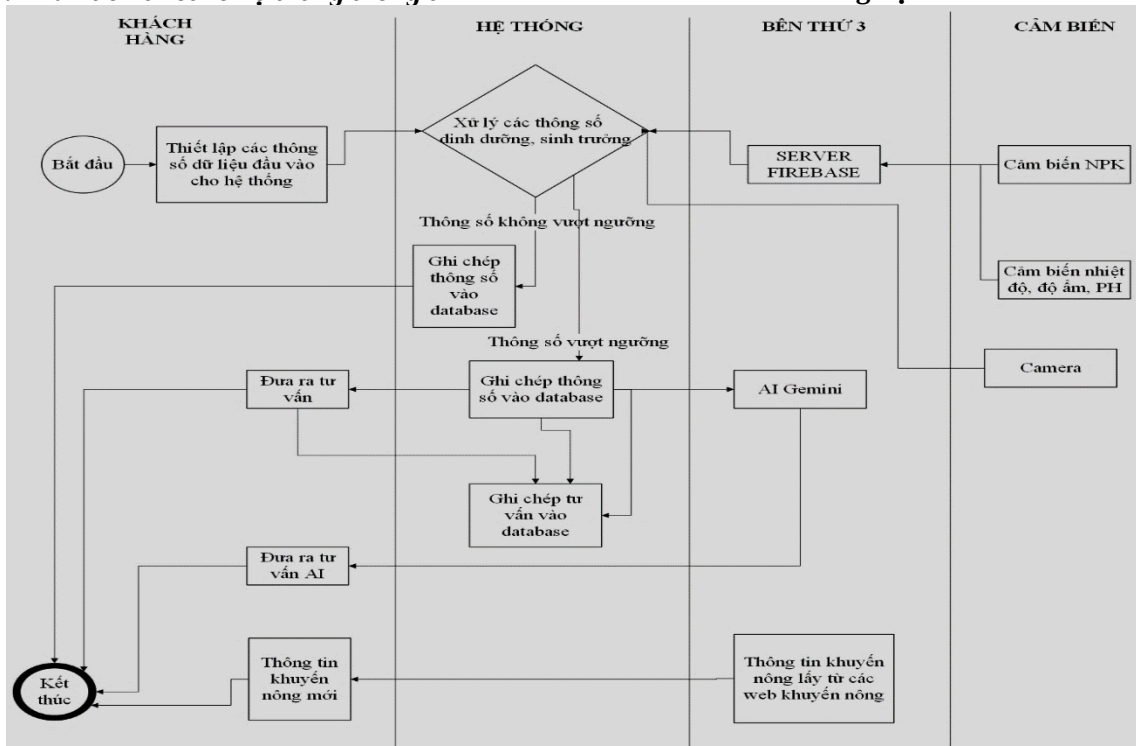
Ghi nhận dữ liệu theo thời gian thực, lưu trữ lên đám mây và sau đó lưu trữ vào cơ sở dữ liệu để phục vụ cho quá trình phân tích và đánh giá.

3.3. Phân tích thiết kế hệ thống thông tin

Hệ thống tư vấn được thiết kế nhằm hỗ trợ người dùng (nông hộ) trong việc quản lý dinh dưỡng và sinh trưởng cây trồng dựa trên dữ liệu cảm biến và trí tuệ nhân tạo. Quy trình hoạt động của hệ thống được mô tả như sau:



Hình 2. Hình ảnh lắp đặt thiết bị tại vườn thử nghiệm



Hình 3. Sơ đồ luồng chuyển hệ thống

Người dùng khởi tạo quá trình bằng cách thiết lập các thông số đầu vào về dinh dưỡng và sinh trưởng cây trồng. Các thông số này được hệ thống xử lý và so sánh với ngưỡng chuẩn đã định. Song

song đó, các cảm biến (bao gồm cảm biến NPK, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, pH và camera) liên tục thu thập dữ liệu môi trường và cây trồng, sau đó gửi dữ liệu về server Firebase để xử lý trung gian.



Hình 4. Giao diện ứng dụng Hệ thống theo dõi dinh dưỡng cây cà phê con

Nếu các thông số thu thập được nằm trong giới hạn cho phép (giữa ngưỡng max - đường màu xanh và ngưỡng min - đường màu đỏ trong biểu đồ hình 4), hệ thống sẽ ghi nhận vào cơ sở dữ liệu và đưa ra tư vấn phù hợp. Ngược lại, nếu vượt ngưỡng cho phép, hệ thống tiếp tục ghi nhận vào cơ sở dữ liệu và kích hoạt AI Gemini để phân tích và đề xuất giải pháp. Các kết quả tư vấn từ AI cũng được lưu trữ đồng thời vào cơ sở dữ liệu.

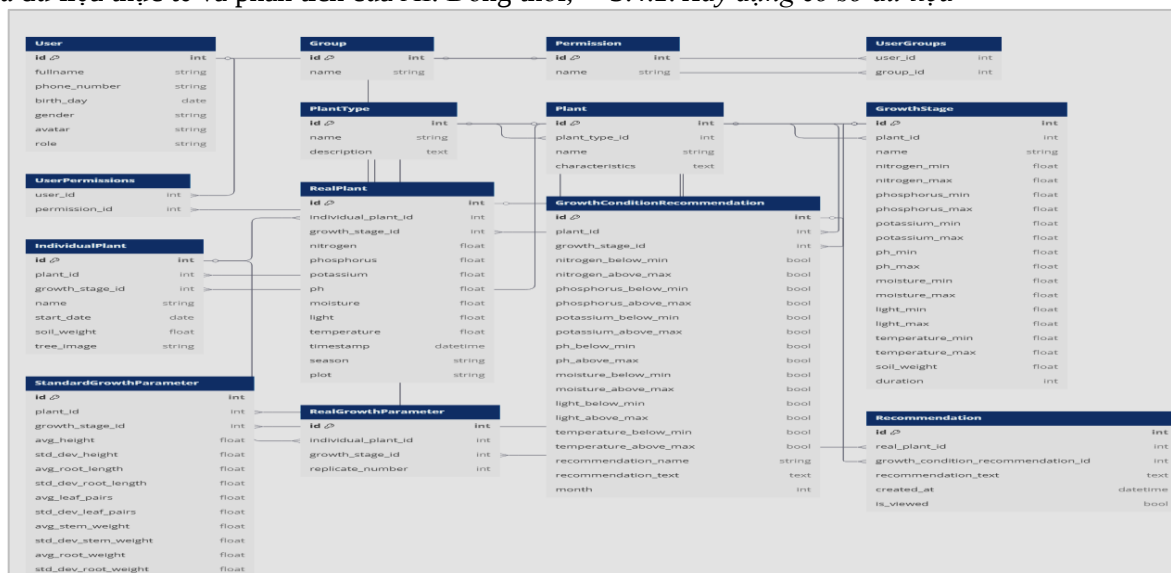
Hệ thống sau đó đưa ra khuyến nghị dựa trên cả dữ liệu thực tế và phân tích của AI. Đồng thời,

thông tin khuyến nông cập nhật từ các trang web chuyên ngành cũng được tích hợp nhằm cung cấp thêm dữ liệu hỗ trợ quyết định.

Toàn bộ kết quả tư vấn và dữ liệu được phản hồi lại cho người dùng, giúp đưa ra các điều chỉnh kịp thời trong quản lý, chăm sóc, từ đó nâng cao hiệu quả sản xuất cây giống; hạn chế cây bị bệnh, còi cọc; giảm dư lượng phân bón thải ra môi trường và tăng tính bền vững trong nông nghiệp.

3.4. Xây dựng hệ thống giám sát và khuyến nghị

3.4.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu

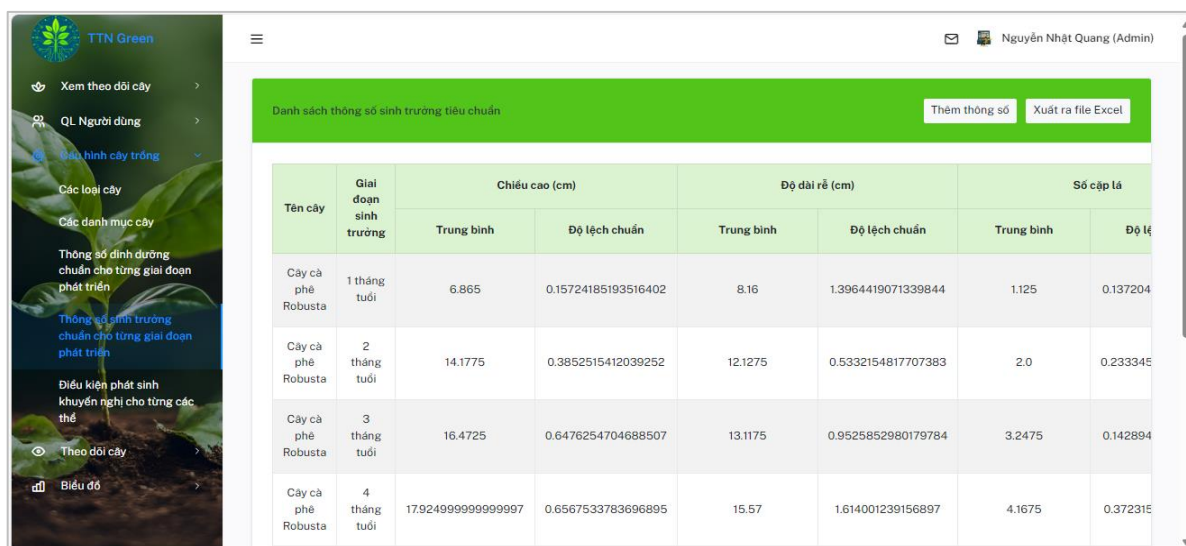


Hình 5. Cơ sở dữ liệu quan hệ

Hệ thống được thiết kế với mô hình cơ sở dữ liệu quan hệ, hỗ trợ lưu trữ, xử lý thông tin liên quan đến người dùng, cây trồng, giai đoạn sinh trưởng, dữ liệu cảm biến và khuyến nghị tư vấn. Hệ thống lưu thông tin người dùng (User), nhóm (Group), quyền truy cập (Permission) và thiết lập mối quan hệ nhiều-nhiều thông qua các bảng trung

gian UserGroups và UserPermissions.

Mỗi loại cây (PlantType) có thể có nhiều giống cây cụ thể (Plant), với các cá thể được theo dõi riêng biệt (IndividualPlant). Dữ liệu đặc trưng như ngày trồng, khối lượng đất và hình ảnh cây đều được lưu trữ.



The screenshot shows the TTN Green web application. On the left is a sidebar with navigation links: 'Xem theo dõi cây', 'QL Người dùng', 'Cấu hình cây trồng', 'Các loại cây', 'Các danh mục cây', 'Thông số dinh dưỡng chuẩn cho từng giai đoạn phát triển', 'Thông số sinh trưởng chuẩn cho từng giai đoạn phát triển', 'Điều kiện phát sinh khuyến nghị cho từng các thể', 'Theo dõi cây', and 'Biểu đồ'. The main content area is titled 'Danh sách thông số sinh trưởng tiêu chuẩn' and includes buttons for 'Thêm thông số' and 'Xuất ra file Excel'. Below the title is a table with growth parameters for Robusta coffee plants.

Tên cây	Giai đoạn sinh trưởng	Chiều cao (cm)		Độ dài rễ (cm)		Số cặp lá	
		Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch
Cây cà phê Robusta	1 tháng tuổi	6.865	0.15724185193516402	8.16	1.3964419071339844	1.125	0.137204
Cây cà phê Robusta	2 tháng tuổi	14.1775	0.3852515412039252	12.1275	0.5332154817707383	2.0	0.233345
Cây cà phê Robusta	3 tháng tuổi	16.4725	0.6476254704688507	13.1175	0.9525852980179784	3.2475	0.142894
Cây cà phê Robusta	4 tháng tuổi	17.924999999999997	0.6567533783696895	15.57	1.614001239156897	4.1675	0.372315

Hình 6. Giao diện phần mềm hệ thống

Các giai đoạn tăng trưởng (GrowthStage) được xác định cho từng giống cây, bao gồm các chỉ tiêu sinh lý và môi trường tối ưu. Bảng StandardGrowthParameter cung cấp các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn cho các đặc trưng hình thái.

Dữ liệu cảm biến và theo dõi thực tế. Cảm biến ghi nhận các chỉ số môi trường thực tế (N, P, K, pH, độ ẩm, ánh sáng, nhiệt độ) trong bảng RealPlant. Song song đó, chỉ số hình thái được lưu trong RealGrowthParameter.

Đề xuất khuyến nghị: Bảng GrowthConditionRecommendation mô tả các điều kiện phát triển lý tưởng, đồng thời phát hiện tình trạng vượt hoặc dưới ngưỡng. Khi dữ liệu thực tế vi phạm các giới hạn này, hệ thống sinh khuyến nghị và lưu vào bảng Recommendation.

Mô hình dữ liệu này tạo nền tảng cho việc tích hợp dữ liệu đa nguồn, phân tích điều kiện dinh dưỡng, và cung cấp khuyến nghị cá thể hóa theo từng cây trồng và giai đoạn phát triển.

3.4.2. Thiết kế và xây dựng giao diện

Hệ thống quản lý cây trồng TTN Green cung cấp giao diện trực quan hỗ trợ người dùng nhập và giám sát các thông số sinh trưởng tiêu chuẩn của cây trồng theo từng giai đoạn phát triển.

Giao diện được xây dựng phù hợp cho từng chức năng: đăng nhập, đăng xuất, đăng ký người dùng, phân quyền người dùng gồm quản lý nhập liệu và tùy chỉnh hệ thống; giao diện cho người dùng cuối (nông hộ, chủ vườn ươm).

Giao diện hiển thị trong Hình 6 minh họa chức năng quản lý thông số sinh trưởng của cây cà phê Robusta.

Thanh điều hướng bên trái: Cho phép truy cập nhanh đến các chức năng chính như theo dõi cây trồng, quản lý người dùng, cấu hình cây trồng, thông số sinh trưởng, khuyến nghị điều kiện phát triển và biểu đồ.

Vùng tiêu đề nội dung để hiển thị tiêu đề “Danh sách thông số sinh trưởng tiêu chuẩn” cùng hai nút chức năng:

- “Thêm thông số”: Cho phép người dùng thêm dữ liệu sinh trưởng mới.
- “Xuất ra file Excel”: Hỗ trợ xuất dữ liệu sang định dạng Excel phục vụ phân tích hoặc lưu trữ.

Bảng dữ liệu chính là vùng trình bày thông tin chi tiết các thông số sinh trưởng theo từng giai đoạn phát triển của cây. Các trường thông tin bao gồm:

Thiết kế giao diện nhấn mạnh tính trực quan và dễ sử dụng, hỗ trợ người dùng nhanh chóng nhập liệu, đối chiếu và trích xuất dữ liệu phục vụ cho việc giám sát, phân tích sinh trưởng cây trồng.

3.4.3. Hệ thống khuyến nghị

Hệ thống được xây dựng dựa trên dữ liệu thu thập thực tế, đã lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và tích hợp chatbot Gemini để tìm kiếm, tổng hợp và phân tích nhằm cung cấp đánh giá và phân tích chuyên sâu từ hệ thống AI, đưa ra những khuyến nghị phù hợp về tình trạng cây trồng. Chẳng hạn, nếu pH vượt ngưỡng cho phép (cao hơn hoặc thấp hơn), hệ thống sẽ cảnh báo và hướng dẫn cách chăm sóc, thay đổi lượng pH cho phù hợp; hoặc độ ẩm dưới 40% thì hệ thống cảnh báo và kích hoạt hệ thống tưới tự động. Các khuyến nghị sẽ được gửi tới người dùng và lưu trữ để người dùng có thể xem lại lịch sử về quá trình bón phân, tưới nước và các chế độ dinh dưỡng cho cây.

Giao diện được xây dựng thân thiện với người dùng, hiển thị thông tin môi trường cây trồng và các khuyến nghị từ hệ thống AI. Các thông số được trình bày gồm: Potassium, pH, độ ẩm, ánh sáng, nhiệt độ, mùa vụ và lô trồng. Phần bên dưới là danh sách khuyến nghị gần nhất, liệt kê theo thứ tự thời gian, bao gồm: mức pH vượt ngưỡng, thừa Phosphorus và khuyến nghị tổng hợp từ AI.

Sự kết hợp giữa dữ liệu thực tế và thông tin được tổng hợp, phân tích từ AI giúp cho hệ thống đưa ra khuyến nghị tốt hơn, đa chiều, nhiều thông tin hữu ích cho người sử dụng.

Ứng dụng di động được xây dựng nhằm hỗ trợ người dùng tiện lợi trong việc theo dõi các thông số dinh dưỡng, nhận khuyến nghị và tư vấn từ AI.

Chatbot hỗ trợ tư vấn, khuyến nghị được huấn luyện bằng các kịch bản xây dựng với các câu hỏi thường gặp trong thực tế, kết hợp với thông tin cập nhật từ internet do chatbot tổng hợp.



Hình 7. Ứng dụng di động khuyến nghị

3.5. Kết quả thực nghiệm

Về hệ thống IoT: đã vận hành và thu thập dữ liệu về hệ thống ổn định. Tuy nhiên, thiết bị được lắp đặt tại vườn trong thời gian dài thường xảy ra lỗi, lỗi ESP8266 phải thay thế; lỗi cảm biến do ảnh hưởng nhiệt độ môi trường khiến dữ liệu chuyển về máy chủ không đầy đủ tham số (thi thoảng NPK gửi dữ liệu về 0 0 0 hoặc chỉ một hoặc 2 tham số).

Về tham số dinh dưỡng và sinh trưởng: mới theo dõi một số tham số cơ bản NPK, nhiệt độ, độ ẩm, pH. Trên thực tế, dinh dưỡng và sinh trưởng của cây cà phê con còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác như vi lượng, giá thể, kích thích bầu đất,...

Về hệ thống phần mềm còn đơn giản, mới ghi nhận dữ liệu, so sánh, tính độ lệch chuẩn và đưa khuyến nghị dựa trên tham số lệch chuẩn. Hệ thống cần ghi nhận dữ liệu nhiều hơn để tổng hợp và phân tích, đưa ra các quy luật để khuyến nghị như chuyên gia.

Kết quả thực hiện trên 03 vườn ươm với 3 luống theo dõi IoT và 03 luống đối chứng tương ứng cho thấy mức độ cải thiện đáng kể về kết quả năng suất, tỉ lệ cây đủ chất lượng xuất vườn của luống theo dõi bằng IoT tăng hơn từ 5% đến 7% so với phương pháp kinh nghiệm truyền thống, lượng nước tưới, phân bón cũng tiết kiệm hơn. Cụ thể:

Điều kiện đầu vào như nhau về bầu cây, giá thể, nguồn giống cây lá má robusta, đảo bầu theo kinh nghiệm chủ vườn và thực hiện như nhau trên cả 2 luống mẫu suốt sáu tháng theo dõi.

Chủ vườn sắp xếp mức độ dày đặc như nhau: mỗi luống có 10.000 cây trên diện tích 1.000m²

Luống A1, B1, C1 được theo dõi và khuyến nghị chăm sóc từ hệ thống IoT.

Luống A2, B2, C2 được theo dõi bằng phương pháp truyền thống – kinh nghiệm của người làm vườn

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm

Vườn 1			
	Lô A1	Lô A2	Chênh lệch
Số lượng cây Đạt	9217	8634	583
Tỉ lệ Đạt	92,17 %	86,34 %	5,83%
Lượng nước (Lít)	825	935	110
Lượng phân bón (Kg)	780	850	70

Vườn 2			
	Lô B1	Lô B2	Chênh lệch
Số lượng cây Đạt	9125	8615	510
Tỉ lệ Đạt	91,25 %	86,15 %	5,1%
Lượng nước (Lít)	800	950	150
Lượng phân bón (Kg)	790	850	60

Vườn 3			
	Lô C1	Lô C2	Chênh lệch
Số lượng cây Đạt	9332	8637	695
Tỉ lệ Đạt	93,32 %	86,37 %	6,95%
Lượng nước (Lít)	800	1000	200
Lượng phân bón (Kg)	790	850	60

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng và triển khai thành công hệ thống giám sát dinh dưỡng và tư vấn chăm sóc cây cà phê con tại vườn ươm dựa trên công

nghe IoT. Hệ thống tích hợp các cảm biến môi trường và dinh dưỡng (NPK, độ ẩm, pH, nhiệt độ) cùng mô hình dữ liệu quan hệ và trí tuệ nhân tạo để thu thập, xử lý và phân tích thông tin cây trồng theo thời gian thực.

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc ứng dụng hệ thống IoT trong giám sát và quản lý vườn ươm cây cà phê con đã mang lại hiệu quả rõ rệt so với phương pháp quản lý truyền thống. Cụ thể, tỉ lệ cây đạt tiêu chuẩn xuất vườn tăng 5–7%, đồng thời giảm đáng kể lượng nước tưới và phân bón sử dụng. Hệ thống đã vận hành ổn định, tuy vẫn tồn tại một số hạn chế về độ bền thiết bị và tính đầy đủ của dữ liệu thu thập, đặc biệt khi cảm biến chịu tác động của điều kiện môi trường. Ngoài ra, dữ liệu hiện tại mới tập trung vào các chỉ số NPK, nhiệt độ, độ ẩm và pH, chưa phản ánh toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng.

Trong tương lai, cần mở rộng phạm vi thu thập dữ liệu, tăng độ tin cậy của thiết bị và ứng dụng các phương pháp phân tích nâng cao để hệ thống có khả năng đưa ra khuyến nghị ở mức độ chuyên gia, đồng thời tích hợp các thuật toán học máy nhằm nâng cao khả năng phân tích dự đoán sinh trưởng và phát hiện sớm các bất thường.

Để nâng cao hiệu quả ứng dụng hệ thống IoT trong quản lý và giám sát vườn ươm cây cà phê con, nhóm nghiên cứu đề ra một số hướng cải tiến:

- Tăng cường độ bền và ổn định của thiết bị bằng cách đầu tư, lựa chọn phần cứng chịu được điều kiện khắc nghiệt ngoài trời, cải thiện khả năng chống nhiễu và chống hư hỏng cho cảm biến.

- Mở rộng tập dữ liệu thu thập như bổ sung các thông số vi lượng, đặc tính giá thể, kích thước bầu đất và các yếu tố sinh lý khác để phản ánh toàn diện tình trạng dinh dưỡng và sinh trưởng.

- Ứng dụng phân tích dữ liệu nâng cao như sử dụng mô hình học máy hoặc trí tuệ nhân tạo để phát hiện quy luật, dự báo xu hướng sinh trưởng và đưa ra khuyến nghị tối ưu mang tính cá thể hóa cho từng luống hoặc từng cây.

- Thử nghiệm trên quy mô lớn hơn. Chẳng hạn, triển khai tại nhiều vườn ươm với điều kiện thổ nhưỡng và khí hậu khác nhau để kiểm chứng và hiệu chỉnh mô hình khuyến nghị.

- Kết nối với hệ thống quản lý nông nghiệp tổng thể như tích hợp dữ liệu IoT vào nền tảng quản lý sản xuất nông nghiệp để đồng bộ hóa thông tin, hỗ trợ ra quyết định ở quy mô trang trại hoặc vùng trồng.

Ngoài ra, việc kết nối hệ thống với các cơ sở dữ liệu khuyến nông và nền tảng tư vấn chuyên gia có thể tăng cường giá trị ứng dụng trong thực tiễn, hướng tới xây dựng hệ sinh thái nông nghiệp thông minh phù hợp với điều kiện vùng Tây Nguyên và các khu vực nông nghiệp trọng điểm khác.

IoT SYSTEM FOR MONITORING NUTRITION AND PROVIDING CARE ADVICE FOR YOUNG COFFEE TREES

Nguyen Thi Nhu¹, Nguyen Duc Thang¹

Received Date: 26/06/2025; Revised Date: 05/09/2025; Accepted for Publication: 06/09/2025

ABSTRACT

Coffee is a strategic crop in Vietnam, particularly in the Central Highlands, but traditional propagation methods often produce inconsistent seedlings, reducing the quality of production gardens. Implementing a scientific and standardized seedling care process is a key solution to create healthy, uniform seedlings that are adaptable to adverse conditions, thereby enhancing the efficiency and sustainability of the coffee industry. This paper presents the design and testing of a monitoring and nutritional advisory system for coffee seedlings in nurseries, utilizing IoT technology with sensors measuring soil moisture, NPK, temperature, and air humidity. The system collects data periodically, analyzes it, and provides care recommendations. It was tested in three nurseries with 60,000 plants in Tan Lap Ward from August 2024 to March 2025. Results showed a 5–7% increase in seedling yield compared to conventional methods, while enhancing automation, accuracy, and economic efficiency in coffee seedling production.

Keywords: Internet of Things (IoT); coffee seedlings; plant nutrition; nursery; smart monitoring.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên (2022). *Hướng dẫn kỹ thuật chăm sóc và phê vườn ươm và trồng mới*.

Nguyễn Văn Hòa, Trần Thị Mai (2021). “Ảnh hưởng của chế độ phân bón đến năng suất và chất lượng cà phê chè,” *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, vol. 20, no. 4, pp. 45–52.

- Lê Quốc Điền (2020). “Ứng dụng phân hữu cơ sinh học trong canh tác cà phê bền vững,” *Tạp chí Khoa học đất*, vol. 58, no. 3, pp. 78–85.
- Rosdiana, E., Ali, F. Y., Pristiwaningsih, E. R., Purbaningtyas, R., Hartadi, D. R. and Utomo, D. T. (2024). ‘IoT for Agricultural Innovation: Enhancing Robusta Coffee Seedling Growth in Controlled Environments with Intelligent Air Quality Control System (IAQCS)’, *International Journal of Technology, Food and Agriculture*, 2(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.25047/tefa.v2i1.5752>.
- Ủy ban Nhân dân tỉnh Đắk Lắk (2024). *Niên vụ cà phê 2023–2024: Tổng sản lượng toàn tỉnh đạt 535.672 tấn* [Báo cáo trực tuyến]. Truy cập: daklak.gov.vn.

¹Faculty of Natural Sciences and Technology, Tay Nguyen University;
Corresponding author: Nguyen Thi Nhu; Email: ntnhu@ttn.edu.vn.