

# RESEARCH PROPOSAL

<b>Research title</b>	Giải pháp IoT cho quản lý hồ cá và giao dịch thủy sinh trực tuyến
<b>Members</b> <i>(2 -3 students)</i>	Nguyễn Nhật An
	Phạm Hoàng Minh Châu
	Full name 2

## Abstract

Trong những năm gần đây, việc ứng dụng Internet of Things (IoT) vào nông nghiệp thông minh nói chung và nuôi trồng thủy sản nói riêng đang trở thành xu hướng tất yếu. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện tại vẫn chủ yếu tập trung vào giám sát chất lượng nước hoặc tự động cho ăn, đặt ra câu hỏi: Vì sao vẫn chưa có hệ thống tích hợp toàn diện cho cá cảnh?

Nghiên cứu này hướng tới việc phát triển một nền tảng IoT thông minh cho quản lý hồ cá và thương mại thủy sinh trực tuyến, với mục tiêu trả lời các câu hỏi:

- Hệ thống này cụ thể tạo ra giá trị gì?
- Vì sao việc tích hợp IoT, ML và web lại cần thiết trong giai đoạn hiện nay?
- Hệ thống sẽ được triển khai bằng cách nào?
- Ai sẽ là đối tượng thụ hưởng, người nuôi cá cảnh, cửa hàng hay cơ sở kinh doanh nhỏ?
- Ở đâu hệ thống này có thể áp dụng hiệu quả nhất, trong hộ gia đình hay trại nuôi mô hình?
- Cuối cùng, khi nào là thời điểm phù hợp để triển khai nhằm bắt kịp xu thế chuyển đổi số của ngành thủy sản?

Hệ thống được thiết kế để thu thập dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến môi trường nước (pH, nhiệt độ, DO, độ đục), xử lý và hiển thị trực quan trên nền tảng web. Nghiên cứu này đặt nền tảng cho một hệ sinh thái thủy sinh thông minh, nơi giám sát, phân tích và thương mại điện tử cùng kết hợp để nâng cao hiệu quả quản lý và phát triển bền vững.

## Key words:

### 1. Introduction / Giới thiệu

#### 1.1. Literature review / Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

Trong những năm gần đây, việc ứng dụng IoT vào quản lý hồ cá và hệ thống nuôi trồng thủy sản đã thu hút được nhiều sự quan tâm nghiên cứu trên thế giới. Nhiều công trình đã tập trung vào việc giải quyết các thách thức trong quản lý thủy sinh như chất lượng nước, nhiệt độ, oxy hòa tan, cho ăn và giám sát tình trạng cá.

Tại Việt Nam, các ứng dụng IoT trong nuôi trồng thủy sản chủ yếu tập trung vào giám sát thông số môi trường cho các loài thương mại như tôm và cá tra (Pangasius). Cụ thể, Tepbac đã phát triển phần mềm và thiết bị IoT giúp quản lý từ xa và giám sát chất lượng nước và phòng bệnh<sup>[20]</sup>. Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) xây dựng hệ thống giám sát IoT tự động cho khu nuôi quy mô lớn<sup>[21]</sup>, và RYNAN Aquaculture áp dụng IoT sáng tạo trong quản lý trang trại tôm<sup>[22]</sup>. Tuy nhiên, các nghiên cứu về cá cảnh, đặc biệt là cá bảy màu, còn hạn chế, chủ yếu dừng ở mức giám sát cơ bản mà chưa tích hợp kho hàng hay nền tảng thương mại điện tử.

Ở cấp độ quốc tế, Balasubramani et al. (2020)<sup>[1]</sup> đề xuất hệ thống hồ cá thông minh giám sát chất lượng nước, điều khiển chiếu sáng, sưởi ấm và cho ăn tự động. Rewatkar et al. (2018)<sup>[2]</sup> mở rộng với hiển thị LCD, ứng dụng Blynk và camera IP; Idachaba et al. (2017)<sup>[3]</sup> tập trung vào tự động thay nước và giám sát độ pH, độ đục. Gần đây, Trisha et al. (2025) [4] và Amrita et al. (2021)<sup>[5]</sup> kết hợp IoT và trí tuệ nhân tạo để tăng hiệu quả giám sát hồ cá. Ngoài ra, các hệ thống sử dụng Arduino, NodeMCU theo dõi pH, độ mặn và cho ăn tự động<sup>[23][25]</sup>; nghiên cứu kết hợp IoT và học máy phân tích hành vi cá vàng<sup>[6]</sup>; cùng các tổng quan nhấn mạnh vai trò IoT trong nuôi trồng thủy sản chính xác<sup>[27]</sup>.

Tổng quan các công trình trên cho thấy ứng dụng IoT trong giám sát và quản lý hồ cá đang ngày càng trở nên cần thiết và phổ biến. Các nghiên cứu không chỉ chứng minh tính khả thi trong quy mô hộ gia đình mà còn mở rộng sang quy mô thương mại, góp phần nâng cao hiệu quả vận hành, giảm thiểu rủi ro và thúc đẩy phát triển bền vững trong lĩnh vực thủy sinh.

## 1.2. The limitation of current works / Những hạn chế của các nghiên cứu hiện tại

### a. Tính linh hoạt thấp:

- Khả năng mở rộng thấp:** Thiết kế ban đầu không tính đến việc mở rộng quy mô. Khi người dùng muốn thêm hồ cá hoặc thay đổi loại thủy sinh, hệ thống hiện có thường không thể tích hợp hoặc điều chỉnh một cách linh hoạt, buộc phải xây dựng lại hoặc bổ sung các module phức tạp.
- Thiếu tính linh hoạt khi áp dụng với các mô hình nhỏ:** Đa số hệ thống nuôi công nghiệp phục vụ cho việc xuất khẩu thủy sản lớn như tôm và cá tra. Không thể áp dụng mô hình này cho nhiều loại cá với quy mô nhỏ hơn và đa dạng hơn về giống loài.

### b. Chức năng còn hạn chế và thiếu tính tự động hóa cao:

- Thiếu khả năng phân tích dữ liệu chuyên sâu:** Các hệ thống hiện tại ít chú trọng đến việc phân tích các dữ liệu thu thập được để tìm ra các mối tương quan, dự báo xu hướng thay đổi môi trường, hoặc phát hiện sớm các vấn đề tiềm ẩn.

### c. Thiếu giao diện quản lý trực quan, đồng bộ và tập trung:

- Sử dụng ứng dụng di động riêng lẻ, phân mảnh:** Nhiều nghiên cứu và dự án thường sử dụng các nền tảng ứng dụng di động riêng lẻ như Blynk, app tùy chỉnh hoặc các giao diện đơn giản khác. Việc này gây khó khăn khi người dùng muốn quản lý nhiều hồ cá khác nhau, mỗi hồ có thể yêu cầu một ứng dụng hoặc giao diện riêng biệt.
- Thiếu web-based dashboard tập trung:** Hầu hết các hệ thống chưa phát triển một bảng điều khiển dựa trên web (web-based dashboard) tập trung. Một dashboard như vậy sẽ cho phép người dùng truy cập và quản lý toàn bộ hệ thống (nhiều thiết bị, nhiều hồ cá) từ bất kỳ đâu, trên bất kỳ thiết bị nào có trình duyệt web, với giao diện trực quan và khả năng tùy chỉnh cao. Sự thiếu vắng này làm giảm tính tiện lợi và khả năng quản lý tổng thể.

#### d. Ứng dụng thương mại còn yếu và mô hình kinh doanh chưa bền vững:

- **Thiếu sự kết hợp giữa IoT và thương mại điện tử:** Một trong những hạn chế lớn nhất là việc các hệ thống quản lý hồ cá thông minh chưa khai thác triệt để tiềm năng của việc kết hợp IoT với các nền tảng thương mại điện tử.
- **Hạn chế khả năng mở rộng ra mô hình kinh doanh bền vững:** Việc thiếu vắng các tính năng thương mại điện tử và dịch vụ gia tăng đã hạn chế khả năng mở rộng của các giải pháp hiện tại ra ngoài phạm vi quản lý đơn thuần. Điều này khiến các dự án khó có thể phát triển thành một mô hình kinh doanh bền vững, tạo ra doanh thu và giá trị kinh tế lâu dài cho người phát triển cũng như mang lại sự tiện lợi toàn diện cho người dùng.

Những hạn chế này cho thấy rằng, mặc dù công nghệ IoT đã mở ra nhiều tiềm năng cho lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, vẫn còn nhiều khoảng trống cần được lắp đầy để tạo ra một hệ thống thực sự thông minh, toàn diện và có giá trị thương mại cao.

#### 1.3. The necessity of the research / **Sự cần thiết tiến hành nghiên cứu**

##### **Bàn về tính mới, tính thời sự, ý nghĩa khoa học và sự cần thiết**

Trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy mạnh chuyển đổi số trong lĩnh vực nông nghiệp và thủy sản, việc ứng dụng công nghệ IoT để quản lý môi trường nuôi trồng trở nên đặc biệt cấp thiết. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã chứng minh hiệu quả của các hệ thống giám sát tự động trong nuôi trồng thủy sản, đặc biệt ở các lĩnh vực như nuôi tôm và cá tra. Tuy nhiên, các giải pháp này chủ yếu tập trung ở quy mô công nghiệp, trong khi lĩnh vực nuôi cá cảnh, một ngành kinh tế và thú chơi phát triển mạnh tại Việt Nam, vẫn chưa có nhiều ứng dụng IoT toàn diện.

Hiện nay, phần lớn các hệ thống IoT cho cá cảnh chỉ dừng lại ở mức giám sát hoặc điều khiển đơn lẻ như đo pH, nhiệt độ, hoặc tự động cho ăn. Chưa có mô hình tích hợp hoàn chỉnh (“all-in-one”) kết hợp giám sát, cảnh báo, điều khiển, lưu trữ dữ liệu đám mây và giao diện quản lý trực quan qua web hoặc ứng dụng di động. Điều này dẫn đến việc người nuôi vẫn phải phụ thuộc nhiều vào thao tác thủ công, trong khi nhu cầu duy trì môi trường nước ổn định ngày càng trở nên quan trọng do tác động của biến đổi khí hậu và ô nhiễm.

Về mặt khoa học, nghiên cứu này đóng góp mô hình tham chiếu cho việc ứng dụng IoT trong quản lý thủy sinh quy mô nhỏ, đồng thời phát triển khung hệ thống tích hợp IoT – Cloud – Web/Mobile có khả năng mở rộng sang các lĩnh vực nông nghiệp số khác. Các dữ liệu thu thập được từ hệ thống không chỉ hỗ trợ người nuôi trong vận hành hồ cá mà còn có giá trị cho các nghiên cứu về sinh học thủy sinh.

Về mặt thực tiễn, hệ thống được đề xuất giúp người nuôi cá cảnh dễ dàng giám sát và điều chỉnh các thông số môi trường, giảm thiểu rủi ro và công chăm sóc, đồng thời có thể mở rộng thành nền tảng thương mại điện tử cho các sản phẩm và dịch vụ thủy sinh. Đây là bước tiến quan trọng trong việc hướng tới mô hình nuôi thủy sinh thông minh, bền vững và phù hợp với xu hướng chuyển đổi số tại Việt Nam giai đoạn 2025–2030.

## 2. Research objectives / Mục tiêu của đề tài

Xây dựng và mô phỏng một hệ thống IoT tích hợp cho quản lý hồ cá cảnh, cho phép giám sát, điều khiển môi trường nước, lưu trữ dữ liệu cảm biến trên nền tảng đám mây, đồng thời kết nối với nền tảng giao dịch thủy sinh trực tuyến, hướng tới phát triển một hệ sinh thái thông minh, tự động và bền vững cho người nuôi cá cảnh.

### Mục tiêu cụ thể:

- **Hệ thống IoT:** Thiết kế và triển khai hệ thống IoT ổn định có khả năng đo lường và giám sát các thông số quan trọng của hồ cá (pH, nhiệt độ, độ đục, mực nước, TDS...) liên tục.
- **Nền tảng online có thể truy cập mọi lúc:** Xây dựng ứng dụng web/mobile giúp người dùng theo dõi dữ liệu theo thời gian thực, cài đặt ngưỡng cảnh báo, và điều khiển thiết bị từ xa (bơm, đèn, lọc nước...).
- **Nền tảng buôn bán trực tuyến:** Tích hợp mô-đun thương mại điện tử nhỏ cho phép người dùng đăng bán, trao đổi, hoặc chia sẻ thủy sinh – cá cảnh dựa trên dữ liệu hồ nuôi.
- **Đòn bẩy cho những phát minh công nghệ tương tự:** Đề xuất định hướng phát triển tương lai mở rộng sang mô hình nuôi trồng thủy sản quy mô lớn, góp phần chuyển đổi số trong nông nghiệp thông minh tại Việt Nam.
- **Áp dụng Blockchain vào quy trình sản xuất:** Nâng cao tính minh bạch và khả năng truy vết của quy trình nuôi và giám sát cá bảy màu, giúp người dùng hiểu rõ chất lượng cá, đảm bảo được sự minh bạch trong từng giai đoạn nhằm tạo được sự tin tưởng từ khách hàng.
- **Phát triển mô hình dự đoán tăng trưởng cá:** Phát triển và áp dụng mô hình máy học có độ chính xác cao để dự đoán tốc độ tăng trưởng, sinh sản và sức khỏe của cá bảy màu dựa trên dữ liệu cảm biến được thu thập.

## 3. Research scope / Phạm vi nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu:** Ứng dụng cho loài cá bảy màu (*Poecilia reticulata*) - một trong những loài cá cảnh nước ngọt phổ biến nhất, đồng thời mang lại lợi ích kinh tế ở phạm vi hộ gia đình. Các thông số môi trường nước được giám sát trọng tâm là: Nhiệt độ, pH, ánh sáng, mật độ chất rắn hòa tan. Hành vi cá được quan sát bao gồm: bơi lội bình thường, bơi lờ đờ, bỗn ăn, gấp nhẹ mặt nước.
- **Phạm vi công nghệ:** Nghiên cứu tập trung vào việc tích hợp các cảm biến thương mại sẵn có, vi điều khiển (Arduino/ESP32), giao thức truyền thông không dây (Wi-Fi/Bluetooth) và các thuật toán học máy phổ biến bằng thư viện Python (kể thừa từ mô hình Decision Tree). Đồng thời, hệ thống sẽ gồm hai nền tảng web chính được

phát triển dựa trên hai nền tảng web sử dụng **Angular (TypeScript)** cho giao diện người dùng và **ASP.NET (C#)** cho phía máy chủ:

- **Web quản lý (Admin):** cho phép theo dõi sức khỏe của cá, giám sát các thông số môi trường và quản lý kho hàng.
- **Web thương mại:** hiển thị và bán các sản phẩm, thiết bị được lấy dữ liệu trực tiếp từ kho hàng của web quản lý.
- **Phạm vi tích hợp:** Hệ thống sẽ được kết nối với một phần mềm quản lý kho hàng mã thông qua API, và dữ liệu sẽ được hiển thị, cập nhật trên một website sản phẩm tự xây dựng.
- Không bao gồm nuôi quy mô công nghiệp hoặc loài cá khác.

#### 4. Feasibility of research / Tính khả thi của đề tài

**Về mặt kỹ thuật:** Các thành phần công nghệ cốt lõi (cảm biến, vi điều khiển, thuật toán ML) đã chín muồi và được chứng minh trong nhiều nghiên cứu, đặc biệt là hiệu quả của Decision Tree trong phân tích hành vi cá<sup>[6]</sup>. Việc tích hợp chúng là một bước phát triển có logic rõ ràng.

**Về mặt chuyên môn:** Nhóm nghiên cứu có kiến thức nền tảng vững chắc về Kỹ thuật Điện tử, Khoa học Máy tính và Kỹ thuật phần mềm, đảm bảo khả năng thực hiện các nhiệm vụ kỹ thuật và diễn giải dữ liệu chuyên ngành.

**Về mặt kinh phí và thời gian:** Dự án có thể bắt đầu với quy mô phòng thí nghiệm và một vài bể nuôi thử nghiệm, giúp kiểm soát chi phí. Kế hoạch thực hiện được chia thành các giai đoạn rõ ràng, đảm bảo tính khả thi về mặt tiến độ, phù hợp với khung thời gian một năm học cho nghiên cứu sinh viên<sup>[7]</sup>.

#### 5. Approach and Method / Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

**Cách tiếp cận:** Dự án áp dụng cách tiếp cận "Nghiên cứu & Phát triển (R&D)" kết hợp với phương pháp "Thử nghiệm - Đánh giá". Một nguyên mẫu (prototype) hệ thống sẽ được xây dựng, sau đó triển khai thử nghiệm trong môi trường thực tế để thu thập phản hồi và đánh giá hiệu quả.

#### Phương pháp nghiên cứu:

- **Phương pháp kỹ thuật:** Tập trung vào việc thiết kế và lắp đặt hệ thống phần cứng IoT, bao gồm lựa chọn và hiệu chỉnh cảm biến phù hợp, thiết kế mạch điều khiển, xây dựng cơ chế truyền nhận dữ liệu để theo dõi môi trường nuôi cá.

- **Phương pháp khoa học dữ liệu:** Thu thập, làm sạch và gán nhãn dữ liệu từ cảm biến và hình ảnh. Áp dụng các kỹ thuật học máy, kế thừa và tối ưu mô hình Decision Tree<sup>[6]</sup> và thử nghiệm các mô hình Ensemble (kết hợp Random Forest, XGBoost) để xây dựng mô hình dự đoán tăng trưởng và phân loại hành vi. Mô hình sẽ được huấn luyện, xác thực và kiểm tra chéo để đảm bảo độ tin cậy.

Giai đoạn	Mô tả	Công cụ
<b>Thu thập dữ liệu</b>	Dữ liệu cảm biến từ hệ thống IoT (Arduino, ESP32) gửi về server qua API	Python + PostgreSQL
<b>Tiền xử lý</b>	Làm sạch dữ liệu, chuẩn hóa giá trị (pH, DO, TDS...)	pandas, numpy
<b>Huấn luyện mô hình</b>	Random Forest hoặc XGBoost để dự đoán và phân loại hành vi	scikit-learn, xgboost
<b>Triển khai mô hình</b>	Đưa mô hình lên web quản lý (Angular + .NET backend) để hiển thị kết quả, cảnh báo	FastAPI / Flask + Angular
<b>Cập nhật liên tục</b>	Học thêm từ dữ liệu mới (online learning)	Python scheduler hoặc Edge Function

*Table X. Các công cụ hỗ trợ cho Phương pháp Khoa học dữ liệu.*

- **Phương pháp phát triển phần mềm Agile:** Để xây dựng nền tảng web và các API tích hợp theo các vòng lặp tăng trưởng, cho phép linh hoạt điều chỉnh theo yêu cầu phát sinh.
- **Phương pháp đánh giá hệ thống:** Sử dụng các chỉ số định lượng (độ chính xác của mô hình, thời gian phản hồi hệ thống) và định tính (phỏng vấn, khảo sát người dùng cuối) để đánh giá toàn diện hiệu quả của hệ thống.

## 6. Expected results / Dự kiến kết quả đề tài

- Một báo cáo khoa học tổng quan về hệ thống, quy trình xây dựng mô hình ML và kết quả đánh giá.

- Một nguyên mẫu hệ thống phần cứng IoT hoàn chỉnh cho giám sát bể cá bảy màu, có khả năng mở rộng.
- Một mô hình Máy học được huấn luyện và kiểm chứng cho việc dự đoán tăng trưởng và phân loại hành vi cá bảy màu.
- Một nền tảng phần mềm web cho phép giám sát thời gian thực, xem báo cáo dự báo và quản lý kho hàng tích hợp.
- Một bài báo khoa học và hướng dẫn sử dụng hệ thống chi tiết.

## References

- [1] S. Balasubramani, A. R. S, A. B. S, and B. N. Nd, "Smart Aquarium Management System,".
- [2] Dr. R.M. Rewatkar, Mr. Harish T. Mahajan, Mr. Pawan P. Mahajan, Ms. Gauri R.Dhage, Ms. Poonam A.Kapse, Ms. Sanchalika M. Dubale , Design and implementation of Automatic Aquarium System using IOT. International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering, ISSN: 2454-4248, Volume: 4 Issue: 4 354 – 356.
- [3] F. E. Idachaba, J. O. Olowoleni, A. E. Ibhaze, and O. O. Oni, "IoT Enabled Real-Time Fishpond Management System." [Truy cập]. Available: [\(PDF\) IoT Enabled Real-Time Fishpond Management System](#)
- [4] F. M. Trisha, M. Sultana, A. Abdullah, M. S. Alam and M. Akhtaruzzaman, "IoT Integrated Smart Aquarium Management System with Real-Time Water Quality Monitoring," 2025 International Conference on Quantum Photonics, Artificial Intelligence, and Networking (QPAIN), Rangpur, Bangladesh, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/QPAIN66474.2025.11171621.
- [5] Amrita, C. Mercy; Babiyola, D.; Kamalakkannan, M.; Nivetha, S.; Sivanesan, P. (2021). IoT based Smart Water Quality Management in Aquarium. Biotica Research Today, 3(9), 741-744.
- [6] K. S. K. Patro, V. K. Yadav, V. S. Bharti, A. Sharma, A. Sharma, and T. Senthilkumar, "IoT and ML approach for ornamental fish behaviour analysis," Aquaculture International, vol. 32, pp. 1103–1120, 2024. doi: 10.1007/s10499-023-01122-5
- [7] Lin, Y.B., Tseng, H.C., 2019. FishTalk: An IoT-based mini aquarium system. IEEE Access 7, 35457-35469.
- [9] M.-C. Chiu, W.-M. Yan, S. A. Bhat, and N.-F. Huang, "Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 213, p. 108179, 2023, doi: 10.1016/j.compag.2023.108179.
- [8] ICAR-CIFRI, Training Manual: NFDB Sponsored Skill Development Programme on Inland Ornamental Fisheries Management for Income Generation, Training Manual No. CIFRI/Training Manual/2019/04, ICAR-Central Inland Fisheries Research Institute, Barrackpore, Kolkata, India, 2019.
- [10] T. D. Chuyen, D. D. Nguyen, N. C. Cuong, and V. V. Thong, "Design and manufacture control system for water quality based on IoT technology for aquaculture in the Vietnam," International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 9, no. 3, pp. 210–215, Mar. 2020.

- [12] “Tìm kiếm giải pháp cho những hạn chế khi nuôi trồng thủy sản thủ công tại Việt Nam,” FPT Digital, 17 Tháng 2, 2020. [Truy cập: 06-10-2025].
- [11] “Các mặt hàng xuất khẩu chủ lực của Việt Nam (2023),” ALS, 14.07.2023, trang web. [Truy cập: 06/10/2025]
- [13] B. Cai and K. Chui, “Intelligent Aquarium Based on Android and Web Technology,” Proceedings of the 9th International Conference on Computer Engineering and Networks (CENet 2023), Zhengzhou, China, pp. 1153–1162, 2023.  
doi:10.1007/978-981-99-0915-2\_130.
- [14] N. Thuy, “Ho Chi Minh City aims to reach USD 100 million in ornamental fish export by 2030,” Vietnam Agriculture Newspaper, Apr. 17, 2023. [Online]. Available: <https://van.nongnghiepmoitruong.vn/ho-chi-minh-city-aims-to-reach-usd-100-million-in-ornamental-fish-export-by-2030-d348665.html>
- [15] “KẾ HOẠCH Triển khai thực hiện nghiên cứu khoa học sinh viên Năm học 2024–2025,” Trang thông tin Khoa học và Công nghệ, 20-Sep-2024. [Online]. Available: <https://nckh.donga.edu.vn/ct-bai-viet/ke-hoach-trien-khai-thuc-hien-nghien-cuu-khoa-hoc-sinh-vien-nam-hoc-2024-2025-36738> . [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [16] “Các bước làm bài Nghiên cứu Khoa học”, Trường Đại học Kinh Tế - Luật. [Online] . Available at: <https://qlkh.uel.edu.vn/goc-nckh/cac-buoc-lam-bai-nghien-cuu-khoa-hoc>. [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [17] “Quy trình thực hiện nghiên cứu khoa học”, Cộng đồng sinh viên kinh tế nghiên cứu khoa học. [Online]. Available: <https://rces.info/sinh-vien-kinh-te-nckh/quy-trinh-thuc-hien-nghien-cuu-khoa-hoc/>. [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [18] M. Z. Abdul Rahman and K. Rajendra, "Smart Aquarium Monitoring System (SAMS)," Jurnal Kejuruteraan, Teknologi dan Sains Sosial, vol. 10, no. 1, pp. 72–79, Jun. 2024, e-ISSN: 2716-6848.
- [19] AgFunderNews, 'Tepbac deploys software & IoT to boost Vietnam's shrimp farming sector,' AgFunderNews, [Online]. Available: <https://agfundernews.com/tepbac-deploys-software-iot-to-boost-vietnams-shrimp-farming-sector>.
- [20] Pha Distribution, 'Fish Farm Monitoring in Vietnam by Controlling Water Quality in Ponds and Tanks,' Libelium World, Aug. 2016, [Online]. Available: <https://www.libelium.com/libeliumworld/success-stories/fish-farm-monitoring-in-vietnam-by-controlling-water-quality-in-ponds-and-tanks/>.
- [21] V. H. Hoang et al., 'Automatic monitoring of aquaculture water quality parameters,' Vietnam Academy of Science and Technology, 12/07/2023, [Online]. Available:

<https://vast.gov.vn/web/vietnam-academy-of-science-and-technology/tin-chi-tiet/-/chi-tiet/automatic-monitoring-of-aquaculture-water-quality-parameters-89992-871.html>.

[22] RYNAN Aquaculture, 'Reimagine The World of Aquaculture,' rynanaquaculture.com, [2024?], [Online]. Available: <https://rynaquaculture.com/>.

[23] Y. W. M. Yusof, M. Kassim, and N. A. N. Azlan, "Design and Analysis of IoT-based Aquarium Monitoring System for Guppy Fish Habitats," 2022 12th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), Bandung, Indonesia, 2022, pp. 182-187, doi: 10.1109/ICSET55691.2022.10010912.

[24] P. Periyadi, G. I. Hapsari, Z. Wakid, and S. Mudopar, "IoT-based guppy fish farming monitoring and controlling system," TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), vol. 18, no. 3, 2020, doi: 10.12928/telkomnika.v18.3.14850.

[25] A. N. Asyikin, I. Hastuti, A. Yusuf, D. Wiyiani, N. A. Pitaloka, and U. N. Rahma, "IoT Based Smart Aquarium using NodeMCU," Letters in Informatics and Interdisciplinary Research, vol. 5, 2024, doi: 10.52731/liir.v005.214.

[27] M. N. I. Nayoun, S. A. Hossain, K. M. Rezaul, K. N. e. A. Siddiquee, M. S. Islam, and T. Jannat, "Internet of Things-Driven Precision in Fish Farming: A Deep Dive into Automated Temperature, Oxygen, and pH Regulation," Computers, vol. 13, no. 10, p. 267, Oct. 2024, doi: 10.3390/computers13100267.

## Appendix (*if any*)