

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO TÀU TỰ HÀNH QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG NƯỚC TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

VŨ PHAN MINH HẢI¹, NGUYỄN AN PHÚC¹, LÊ HOÀNG DUY KHANG¹,
TRẦN VĂN VŨ¹, TRẦN TRUNG HÒA¹, LÊ NGỌC TRẦN¹

¹ Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh,

* Tác giả liên hệ: haiminhvuphan30111@gmail.com

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v72i6.4977>

Tóm tắt. Nghiên cứu này phát triển một phương tiện tự hành trên mặt nước (Autonomous Surface Vehicle - ASV) nhằm nâng cao hiệu quả giám sát chất lượng nước trong các ao nuôi tôm. ASV được thiết kế cơ khí bằng phần mềm NX, kiểm tra động lực học qua mô phỏng trên Matlab và chế tạo mô hình bằng công nghệ in 3D, hướng đến tối ưu hóa hiệu suất và độ tin cậy. Thiết bị này được trang bị cảm biến định vị toàn cầu (GPS) và cảm biến siêu âm, giúp ASV tự động định vị, tránh chướng ngại vật và giảm thiểu sự can thiệp từ con người. Pin Lithium-Polymer (Li-Po) cung cấp nguồn năng lượng kéo dài thời gian hoạt động, trong khi các thiết bị điện tử như ESP32 và Raspberry Pi 4 hỗ trợ kết nối Wi-Fi và Internet. Điều này cho phép thiết lập một máy chủ web để hiển thị dữ liệu môi trường nước được thu thập theo thời gian thực. Mục tiêu chính của nghiên cứu là phát triển một hệ thống có khả năng thu thập dữ liệu liên tục, chính xác và điều hướng đến các vị trí định trước với sai số dưới 3 mét. Các tiêu chí đánh giá bao gồm độ chính xác của định vị, thời gian hoạt động liên tục và độ chính xác của cảm biến. Kết quả nghiên cứu không chỉ giúp giảm chi phí và cải thiện độ chính xác của dữ liệu, mà còn tăng cường hiệu quả quản lý trong nuôi tôm. Về mặt lâu dài, việc áp dụng ASV góp phần bảo vệ môi trường sống của tôm, hỗ trợ sự phát triển bền vững của ngành nuôi trồng thủy sản và mang lại giá trị kinh tế cao.

Từ khóa. Nuôi tôm, Giám sát chất lượng nước, Oxy hòa tan, Phương tiện tự hành trên mặt nước (ASVs), Giám sát thời gian thực.

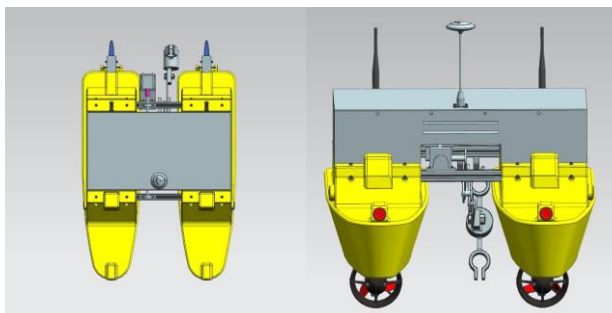
1. GIỚI THIỆU

Giám sát chất lượng nước là điều cần thiết để nuôi tôm khỏe mạnh và hiệu quả. Tuy nhiên, các phương pháp lấy mẫu thủ công hiện nay sử dụng thuyền hoặc phao có những hạn chế đáng kể về chi phí, nhân công và tính liên tục của dữ liệu [1-3]. Phương tiện tự hành trên mặt nước (ASV) mang đến cơ hội tự động hóa quy trình giám sát chất lượng nước với tính linh hoạt cao hơn, chi phí thấp hơn cũng như giảm thời gian và rủi ro của con người so với lấy mẫu thủ công [4-6]. Mặc dù, ASV đã được nghiên cứu và sử dụng cho các ứng dụng như thu thập dữ liệu đại dương và an ninh hàng hải [7,8], nhưng việc phát triển ASV được tùy chỉnh cho các điều kiện và nhu cầu cụ thể của các ao và trang trại nuôi trồng thủy sản nhỏ vẫn còn hạn chế. Do đó, mục tiêu tổng quát của nghiên cứu này là thiết kế, phát triển và đánh giá một phương tiện tự hành trên mặt nước để theo dõi liên tục, theo thời gian thực các thông số chất lượng nước trong ao nuôi tôm nhỏ. Mục tiêu nghiên cứu chính là: 1) Thiết kế một ASV với kích thước vật lý nhỏ gọn được tối ưu hóa để điều hướng ổn định trong các ao tôm có diện tích 1 ha; 2) Phát triển các thuật toán điều hướng hiệu quả và tránh chướng ngại vật phù hợp cho hoạt động trong môi trường ao; 3) Kết hợp các cảm biến chất lượng nước và cơ chế truyền dẫn không dây để thu thập và truyền dữ liệu thời gian thực; và 4) Để thu thập số liệu hiệu suất về các thông số chính như độ chính xác của vị trí, độ tin cậy truyền dữ liệu, xác thực cảm biến và tuổi thọ pin.

ASV vùng nước nông tùy chỉnh được phát triển thông qua nghiên cứu này dự kiến sẽ cho phép thu thập dữ liệu chất lượng nước thường xuyên hơn và đáng tin cậy hơn so với các phương pháp lấy mẫu thủ công hiện có. Các kết quả được dự đoán sẽ chứng minh tiềm năng của ASV trong việc giám sát chất lượng nước theo thời gian thực ở khắp các trang trại nuôi tôm, cho phép ngăn ngừa sớm các bệnh và tối ưu tăng trưởng thông qua các phương pháp quản lý nuôi trồng thủy sản.

2. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

2.1 Thiết kế cơ khí



Hình 1. Mô hình tàu tự hành quan trắc môi trường nuôi trồng thủy sản.

Tàu tự hành được thiết kế với hệ thống đẩy hai bánh lái chuyên dụng và động cơ không chổi than, tối ưu hóa tính cơ động, hiệu suất vận hành và khả năng thích ứng với điều kiện ao nuôi trồng thủy sản. Cấu trúc thân tàu đôi cải thiện độ ổn định và cung cấp các vị trí lắp đặt mô-đun cảm biến giám sát, trong khi các thanh nhôm định hình đảm bảo độ cứng cấu trúc và trọng lượng nhẹ. Một động cơ bước được tích hợp để điều chỉnh độ cao của cảm biến, hỗ trợ giám sát chính xác. Hệ thống bánh lái kép cung cấp khả năng điều hướng linh hoạt, động cơ không chổi than nâng cao hiệu suất đẩy và giảm tiếng ồn, trong khi kiến trúc mô-đun giúp dễ dàng nâng cấp cảm biến và đơn giản hóa việc bảo trì.

Thiết kế tàu sử dụng vật liệu nhựa PLA – loại nhựa sinh học phân hủy được – giúp giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Hệ thống điện và cơ khí được tối ưu hóa để giảm tiêu thụ năng lượng, giảm ô nhiễm tiếng ồn và hạn chế phát sinh chất thải, đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững. Thiết kế này hỗ trợ các hoạt động đặc thù như giám sát chất lượng nước và phát hiện biến đổi môi trường trong các ao nuôi, đồng thời đảm bảo khả năng vận hành hiệu quả trong điều kiện địa hình phức tạp. Sự kết hợp giữa tính thân thiện với môi trường và khả năng nâng cấp mô-đun tạo ra một nền tảng lý tưởng cho các ứng dụng nuôi trồng thủy sản bền vững và chính xác.

Bảng 1: Tóm tắt các thông số kỹ thuật cơ học chính của ASV

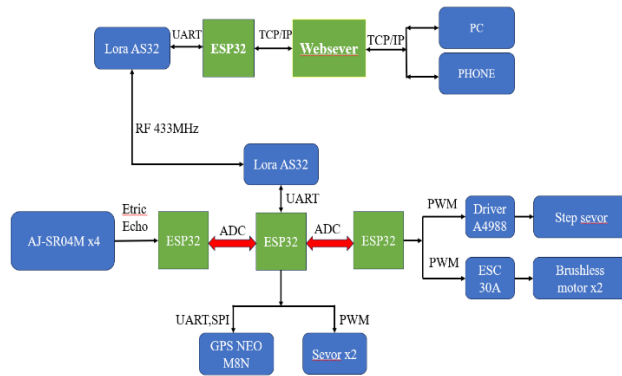
Đặc điểm	Giá trị
Kích thước	680 × 520 × 230 mm
Tốc độ tối đa	2 m/s
Trọng lượng không tải	15 kg
Tải tối đa	5 kg
Đường kính động cơ	8 × 4 × 20 cm
Kích thước trục nâng hạ cảm biến (khi di chuyển)	200 × 12 × 60 mm
Kích thước trục nâng hạ cảm biến (khi tiến hành đo).	200 × 12 × 870 mm

Tóm lại, thiết kế cơ khí của tàu được tối ưu hóa để điều hướng ổn định, lực đẩy hiệu quả và tính linh hoạt trong các ao nông, hạn chế đồng thời hỗ trợ trọng tải giám sát môi trường chuyên dụng. Việc tập trung vào hoạt động thân thiện với môi trường và khả năng nâng cấp mô-đun cung cấp một nền tảng linh hoạt được thiết kế riêng cho các ứng dụng nuôi trồng thủy sản bền vững, chính xác.

2.2 Thiết kế hệ thống điện

Hệ thống điện bao gồm một hệ thống con điều khiển để tự chủ và một hệ thống con truyền thông để truyền dữ liệu (Hình 3). Lớp điều khiển sử dụng ba mô-đun ESP32 được kết nối với nhau để điều phối việc điều hướng GPS, tránh chướng ngại vật, lực đẩy và định vị cảm biến. Lớp giao tiếp trao đổi dữ liệu giữa các hệ thống trên tàu và máy chủ web trên bờ thông qua mô-đun thu phát LoRa. Raspberry Pi lưu trữ máy chủ web với các ứng dụng Python và JavaScript tùy chỉnh. Điều này cho phép giám sát và kiểm soát tàu theo thời gian thực. Kiến trúc đa bộ điều khiển được tối ưu hóa cung cấp khả năng vận hành tự động linh hoạt và hiệu quả bên cạnh việc ghi và phân tích dữ liệu dựa trên đám mây linh hoạt.

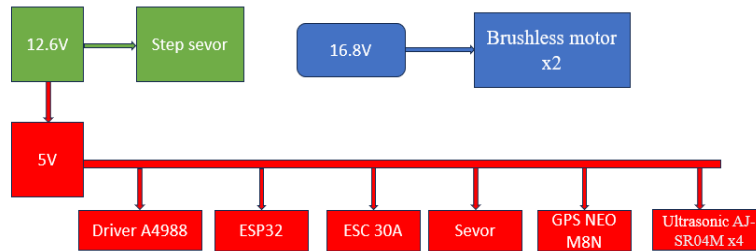
Tóm lại, hệ thống tích hợp bộ vi điều khiển ESP32 chuyên dụng để điều khiển tàu theo thời gian thực với liên lạc không dây tầm xa tới máy chủ web dựa trên đám mây. Điều này cho phép giám sát và thu thập dữ liệu liên tục trong các cuộc khảo sát tự động, đồng thời cho phép ra lệnh từ xa khi được yêu cầu. Thiết kế hai lớp mang lại khả năng thích ứng cho các ứng dụng nuôi trồng thủy sản đang phát triển.



Hình 2. Sơ đồ tổng quan hệ thống điện của tàu tự hành.

Hệ thống điện sử dụng thiết kế đa điện áp đáp ứng yêu cầu cụ thể của từng bộ phận (Hình 4). Nguồn điện 24V điều khiển động cơ bước để định vị cảm biến. Động cơ đẩy hoạt động ở điện áp 16,8V để điều khiển không chổi than hiệu quả. Bộ vi điều khiển, GPS, ESC và các thiết bị điện tử hỗ trợ khác chạy trên đường ray 5V. Kiến trúc nguồn được tối ưu hóa này mang lại khả năng vận hành ổn định, hiệu quả bằng cách cấp nguồn cho từng hệ thống con ở mức điện áp lý tưởng.

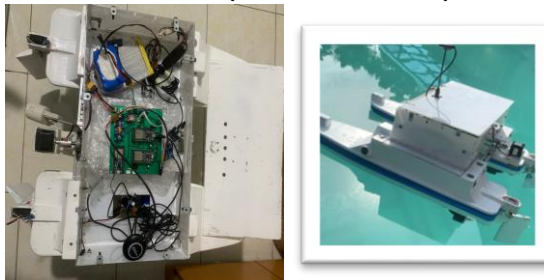
Tóm lại, bộ cấp nguồn phân tầng với các đường ray cách ly cho động cơ, logic kỹ thuật số và mạch analog giúp nâng cao tính ổn định và hiệu quả của hệ thống. Điều này cho phép phân bổ điện áp tối ưu phù hợp với nhu cầu của từng hệ thống con.



Hình 3. Sơ đồ cấp điện của tàu tự hành.

2.3 Thiết kế hoàn chỉnh

Cấu hình tàu cuối cùng bố trí một cách chiến lược các bộ điều khiển động cơ ở cảng và mạn phải một cách đối xứng để cân bằng sự phân bổ trọng lượng và giảm nhiễu điện từ trong khi bảng mạch chính được gắn ở trung tâm để làm trung tâm tích hợp cho các hệ thống điện tử phụ (Hình 4). Bộ thu GPS được cố tình đặt ở điểm cao nhất của tàu để tối ưu hóa việc thu tín hiệu từ các vệ tinh phía trên bằng cách giảm thiểu vật cản. Tóm lại, thiết kế hoàn chỉnh sử dụng vị trí thành phần có chủ ý để nâng cao hiệu suất hệ thống thông qua cân bằng trọng lượng đối xứng để đảm bảo độ ổn định, các mạch tập trung để tích hợp đơn giản và định vị GPS bên trên được tối ưu hóa để tối đa hóa độ chính xác của việc điều hướng.



Hình 4. Bộ cục hệ thống sau khi hoàn thành giai đoạn thiết kế và cài đặt.

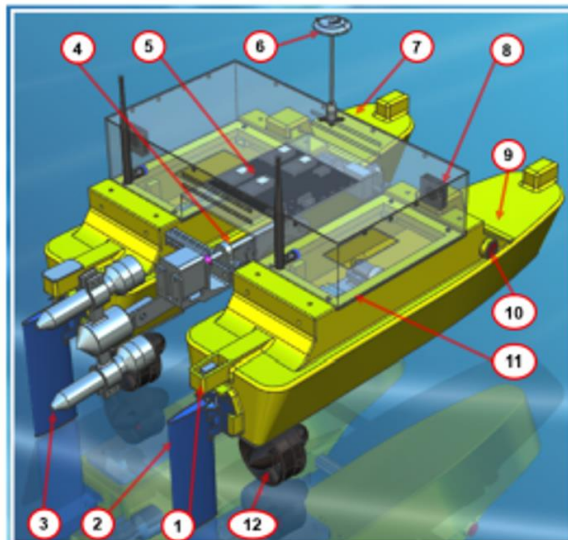
2.4 Kiến trúc hệ thống

Hệ thống tàu tự hành được thiết kế với kiến trúc chia thành ba mô-đun chính: Cảm biến, Xử lý dữ liệu, và

Truyền động, mỗi mô-đun đảm nhận một vai trò quan trọng trong vận hành.

Cảm biến bao gồm cảm biến GPS để định vị không gian địa lý và cảm biến siêu âm nhằm phát hiện chướng ngại vật theo thời gian thực, đảm bảo khả năng vận hành an toàn và chính xác. Xử lý dữ liệu, dựa trên nền tảng vi điều khiển ESP32, tích hợp các thuật toán tiên tiến cùng mô hình học máy và trí tuệ nhân tạo để xử lý dữ liệu từ cảm biến. Những kỹ thuật này tối ưu hóa hiệu quả điều hướng của tàu. Truyền động nhận dữ liệu đã xử lý để điều khiển linh hoạt các động cơ đẩy và hệ thống lái, đảm bảo tàu di chuyển hiệu quả đến các vị trí được xác định trước hoặc được tính toán linh hoạt.

Hình 5 minh họa chi tiết các thành phần chính của hệ thống tàu tự hành, bao gồm các mô-đun chức năng và sự liên kết chặt chẽ giữa chúng, thể hiện tính linh hoạt và khả năng thích ứng cao trong giám sát môi trường nuôi trồng thủy sản.



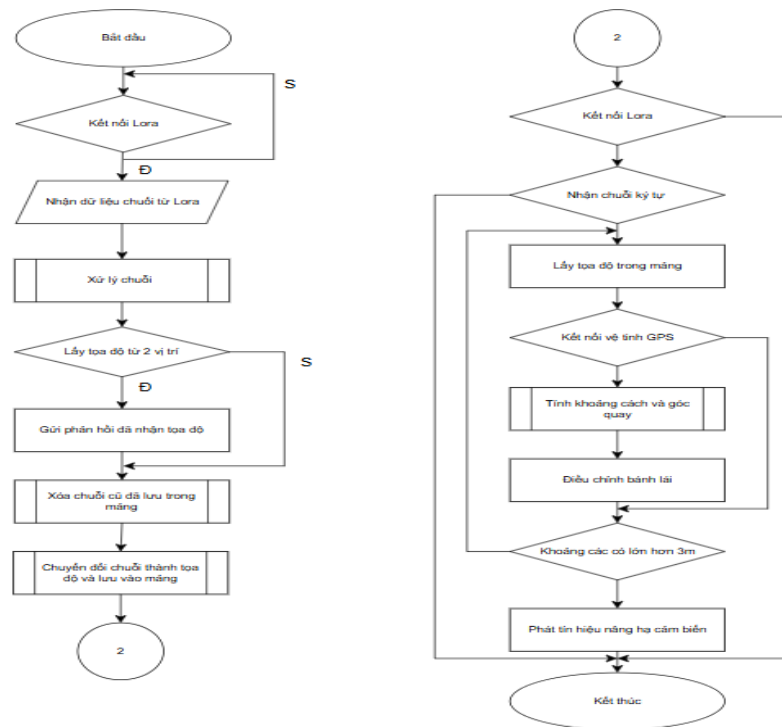
1. Động cơ Servo điều khiển cánh lái MG90S.
2. Cánh lái.
3. Cảm biến DO.
4. Hệ thống nâng hạ cảm biến.
5. Bộ điều khiển trung tâm.
6. Mô-đun cảm biến GPS M8N và Cảm biến gia tốc.
7. Thân tàu.
8. Quạt tản nhiệt cho bộ điều khiển.
9. Pin Lithium-Polymer.
10. Cảm biến siêu âm.
11. Bộ điều tốc động cơ không chổi than (ESC - Electronic Source Controll).
12. Động cơ đẩy không chổi than (BLDC - Brushless DC Motor).

Hình 5. Các thành phần chính tàu tự hành quan trắc môi trường nuôi trồng thủy sản.

2.5 Thuật toán và lưu đồ giải thuật

2.5.1 Thuật toán điều khiển của tàu:

Thuật toán Điều hướng (hình 6) đóng vai trò là hạt nhân đưa ra quyết định trong hệ thống điều hướng tự động. Thuật toán này sử dụng dữ liệu đầu vào từ cảm biến của Hệ thống định vị toàn cầu (GPS) và các kỹ thuật tối ưu hóa để xác định hướng và tốc độ di chuyển, giảm thiểu thời gian và năng lượng tiêu thụ khi đến đích.



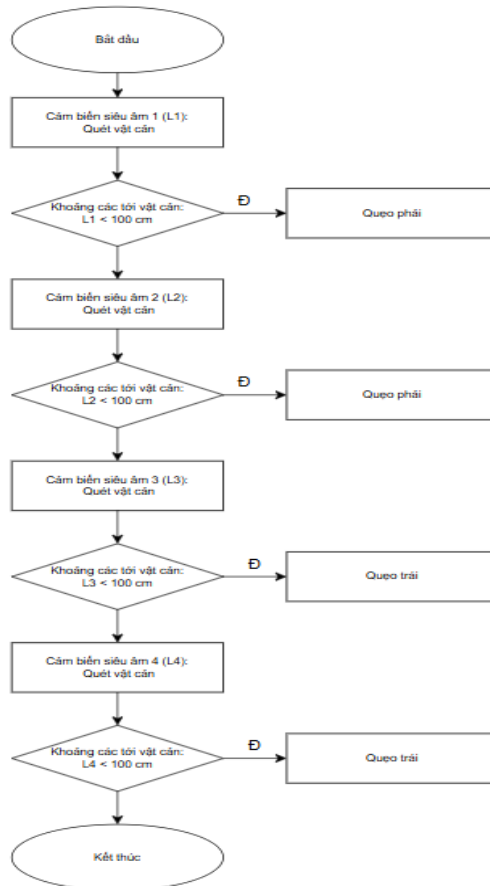
Hình 6. Sơ đồ thuật toán điều khiển thuyền

Giải thích lưu đồ:

1. Khởi tạo: Khi bật nguồn, hệ thống sẽ đồng bộ với Mô-đun chính Lora về dữ liệu tuyến đường và vị trí.
2. Thiết lập tọa độ: Tọa độ đặt trước từ web được nhận, xác nhận và phân tích thành một mảng.
3. Điều hướng: Thuyền kết nối với GPS, tính toán khoảng cách và góc tới điểm tiếp theo và di chuyển trong khi tránh chướng ngại vật.
4. Kích hoạt động cơ: Động cơ được bật để giữ thuyền ở một vị trí cụ thể.
5. Triển khai cảm biến: Nếu đến gần đích hơn 3 m, thuyền dừng lại và triển khai cảm biến.
6. Đi vòng hoặc quay lại: Thuyền di chuyển đến điểm tiếp theo hoặc quay lại điểm xuất phát nếu đã ghé thăm tất cả các điểm.

2.5.2. Thuật toán tránh vật cản:

The Thuật toán tránh chướng ngại vật (hình 7) sử dụng dữ liệu từ cảm biến siêu âm để phát hiện các chướng ngại vật tiềm ẩn trên đường đi của thuyền. Được tích hợp với các kỹ thuật học máy, thuật toán này có khả năng đưa ra quyết định tránh va chạm theo thời gian thực.



Hình 7: Sơ đồ thuật toán tránh chướng ngại vật.

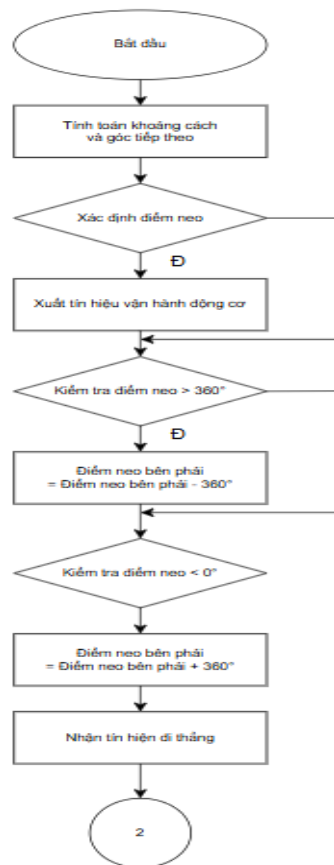
Giải thích lưu đồ:

Bắt đầu tính toán và đo khoảng cách từ thuyền đến chướng ngại vật ở đây giới hạn khoảng cách để tàu xử lý và bắt đầu tránh vật cản là 100 cm.

1. Nếu khoảng cách đến chướng ngại vật phía trước (L1) và phía bên trái (L2) ngắn thì thuyền sẽ rẽ phải để tránh chướng ngại vật.
2. Nếu khoảng cách đến chướng ngại vật phía trước (L3) và phía bên phải (L4) ngắn, thuyền sẽ rẽ trái để tránh chướng ngại vật.
3. Nếu không có chướng ngại vật, thuyền sẽ đi thẳng.
4. Nếu không gặp chướng ngại vật, thuyền sẽ điều khiển theo điểm định sẵn để đến vị trí đã định trước.

2.5.3 Thuật toán tránh vật cản:

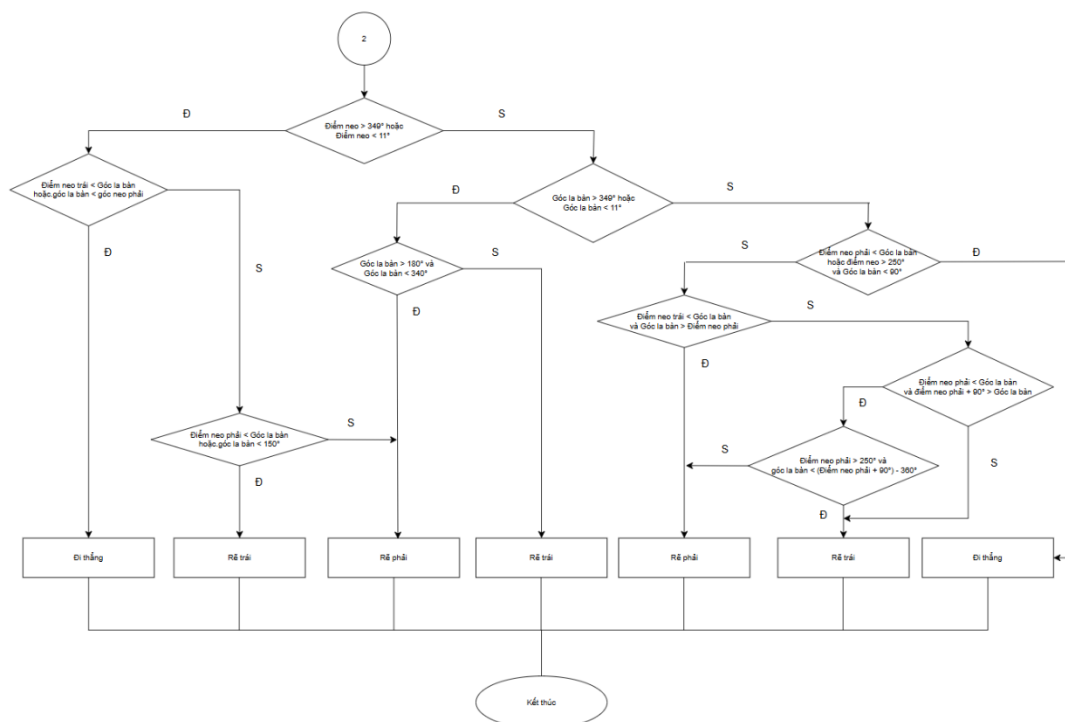
Thuật toán điều khiển hướng (Hình 8 – 9) là một phần thiết yếu để đảm bảo tính ổn định và hiệu suất điều hướng. Nó sử dụng các kỹ thuật tối ưu hóa để tính toán góc cần điều chỉnh dựa trên hướng hiện tại và hướng mục tiêu, sau đó điều khiển động cơ và hệ thống lái để thực hiện điều chỉnh này.



Hình 8: Lưu đồ xác định góc quay.

Giải thích lưu đồ

1. Sau khi xác định được điểm neo, động cơ sẽ được khởi động.
2. Cho phép căn lề góc theo các điểm neo bên trái và bên phải. Nếu điểm neo bên phải lớn hơn 360° thì cần phải chuyển đổi, ví dụ 380° sẽ thành góc 20°. Tương tự, nếu điểm neo bên trái là -5 thì nên chuyển đổi thành 355°.
3. Sau khi xác định được điểm neo bên trái và bên phải, điều chỉnh tay lái để dẫn thuyền đến vị trí tiếp theo.
4. Thuyền gặp chướng ngại vật sẽ ưu tiên tránh; nếu không, nó sẽ tiếp tục đi theo hướng mục tiêu.



Hình 9: Sơ đồ thuật toán hướng quay.

Giải thích lưu đồ:

1. Thông thường, điểm neo bên phải sẽ lớn hơn điểm neo bên trái. Tuy nhiên, trong những trường hợp đặc biệt khi góc neo nằm trong khoảng từ 349° đến 11° và chúng tôi cho phép sai số 10°, lý thuyết này không thành công và cần có cách xử lý khác.
2. Các trường hợp khác tàu sẽ di chuyển như bình thường. Tuy nhiên, có một trường hợp đặc biệt khác, nếu góc la bàn nằm trong khoảng từ 349° đến 11° thì lý thuyết trên về bên phải lớn hơn bên trái sẽ không đúng. Vì vậy, trong mỗi trường hợp, chúng tôi xử lý khác nhau để đảm bảo chuyển động của tàu chính xác nhất.
3. Nếu tàu đang ở góc quay nào thì sẽ tính toán tìm góc quay ngắn nhất để quay về hướng cần thiết.

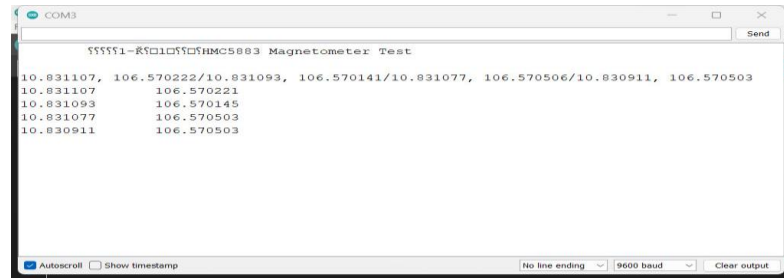
2.6 Thuật toán điều khiển

Logic chính cho việc điều hướng tự động và thu thập dữ liệu cảm biến được viết bằng Python và C++. Các tập lệnh Python chủ yếu chạy trên Raspberry Pi, tập trung vào các tác vụ cấp cao như quản lý dữ liệu, theo dõi điểm tham chiếu GPS và liên lạc với máy chủ web. Mã C++ chạy trên ESP32 và xử lý các tác vụ theo thời gian thực, chẳng hạn như thu thập dữ liệu cảm biến, điều khiển động cơ và giao tiếp LoRa.

Để điều hướng, chúng tôi sử dụng thuật toán theo dõi điểm tham chiếu sử dụng dữ liệu của mô-đun GPS để tính toán khoảng cách và góc tới điểm tham chiếu tiếp theo. Tùy thuộc vào thông tin này, bộ vi điều khiển sẽ điều chỉnh tốc độ và hướng của ASV.

2.7 Thu thập và truyền dữ liệu

Cảm biến chất lượng nước của ASV giao tiếp với mô-đun bộ điều khiển ESP32 để đóng gói và truyền dữ liệu không dây đến mô-đun máy thu LoRa trên bờ cách xa tới 2 km bằng cách sử dụng liên lạc LoRa tầm xa (Hình 9). Mô-đun cổng LoRa trên bờ chuyển dữ liệu cảm biến ASV qua WiFi đến máy chủ Raspberry Pi để xử lý, lưu trữ và lưu trữ theo thời gian thực, cho phép giám sát từ xa qua WiFi. Hệ thống này cũng cho phép ra lệnh và điều khiển từ xa hoàn toàn đối với LoRa bằng cách gửi các điểm tham chiếu và lệnh kích hoạt từ Raspberry Pi đến bộ điều khiển ESP32 của ASV thông qua mô-đun LoRa trên bờ (Hình 10). Kiến trúc thu thập dữ liệu và điều khiển không dây tích hợp này cung cấp khả năng giám sát chất lượng nước theo thời gian thực linh hoạt và vận hành không cần người điều khiển.



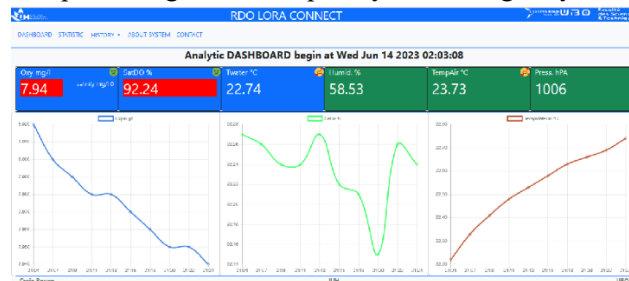
Hình 10. Gửi chuỗi tọa độ từ nhà Lora và phân tích tọa độ chuyển động của tàu.

2.8 Phát triển máy chủ web

Máy chủ web được phát triển bằng Django, một khung web Python cấp cao. Máy chủ chạy trên Raspberry Pi và cung cấp bảng điều khiển thời gian thực hiển thị các thông số chất lượng nước, chẳng hạn như nhiệt độ, độ pH và mức oxy hòa tan, cùng nhiều thông số khác. Máy chủ Django cũng cung cấp các điểm cuối API có thể được sử dụng để phân tích dữ liệu nâng cao hơn và tích hợp với các hệ thống khác.

3. THU THẬP DỮ LIỆU CẢM BIẾN

Giám sát chất lượng nước theo thời gian thực là rất quan trọng đối với nuôi trồng thủy sản (Hình 11) năng suất nhưng việc lấy mẫu thủ công truyền thống có những hạn chế, do đó cần có hệ thống dựa trên cảm biến để cho phép đo liên tục và phát hiện sớm các vấn đề như nồng độ oxy thấp. Hệ thống được đề xuất kết hợp nhiều cảm biến khác nhau để theo dõi các thông số bao gồm oxy hòa tan sử dụng phương pháp dập tắt huỳnh quang quang học, độ dẫn điện thông qua đo dòng khuếch tán, độ pH thông qua các điện cực phát hiện sự khác biệt tiềm năng và độ đục bằng cách đo ánh sáng tán xạ ngược. Cần phải hiệu chuẩn thường xuyên và bù nhiệt độ cho các cảm biến để đảm bảo kết quả đọc chính xác. Bằng cách tích hợp các công nghệ phù hợp, hệ thống này nhằm mục đích cung cấp khả năng giám sát tự động, đáng tin cậy và liên tục các thông số chất lượng nước quan trọng để hỗ trợ quản lý nuôi trồng thủy sản hiệu quả.



Hình 11. IHM real time inside the PI board



Hình 12. Thống kê về tất cả các giá trị (tối đa 1000)



Hình 13. Lịch sử trên 1H, 8H hoặc 24H

4. THỬ NGHIỆM

Trường hợp thử nghiệm: Thuyền tự trị điều hướng theo mô hình ZigZag:

Tiêu chí đánh giá thử nghiệm

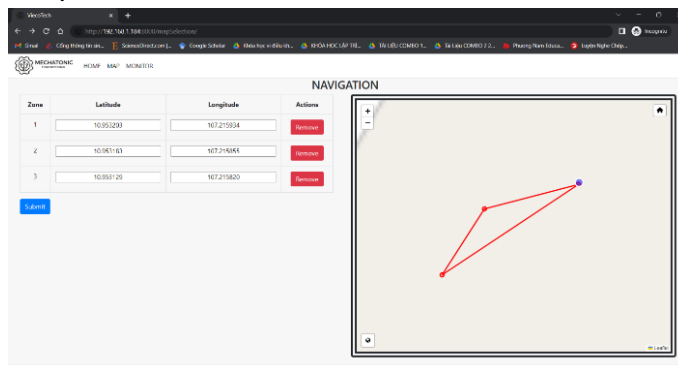
- Độ chính xác điều hướng: Được đánh giá thông qua khoảng cách sai lệch giữa tuyến đường thực tế và tuyến đường mục tiêu.
- Tính tin cậy của hệ thống: Được đo lường bằng tỷ lệ hoàn thành các điểm mục tiêu mà không gặp sự cố.
- Hiệu suất năng lượng: Lượng năng lượng tiêu thụ khi di chuyển trên tuyến ZigZag được ghi nhận và so sánh với các tuyến đường thông thường.

Thông số đầu vào và đầu ra

- Đầu vào: Tọa độ các điểm ZigZag, dữ liệu cảm biến GPS và siêu âm để tránh chướng ngại vật.
- Đầu ra: Tọa độ các điểm thực tế trên hành trình, dữ liệu log vận tốc, thời gian hoàn.

Trình tự thực hiện thử nghiệm:

Bước 1: Chọn điểm đến du lịch trên bản đồ.

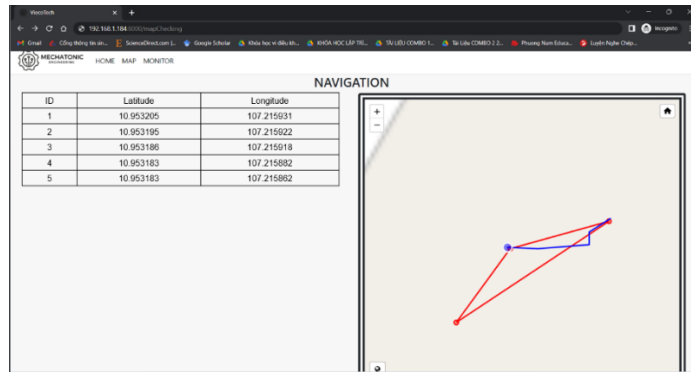


Hình 14: Chọn điểm cho đường ZigZag cho thuyền tự hành.

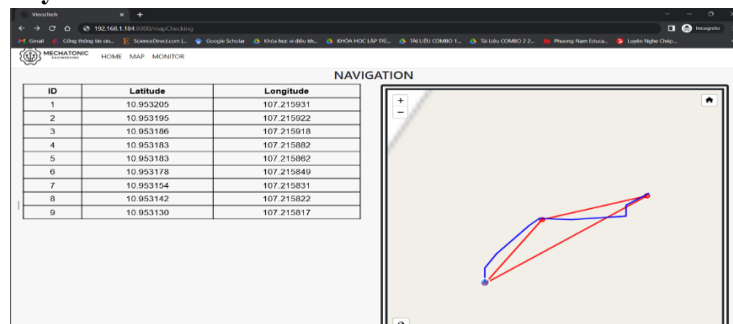
Bước 2: Thuyền tự hành nhận dữ liệu từ trang web.

Bước 3: Thuyền tự hành di chuyển dọc theo lối đi.

Thuyền tự hành đi từ điểm 1 đến điểm 2.



Hình 15: Thuyền tự hành di chuyển đến điểm 2 theo mô hình ZigZag như được đánh dấu trên trang web. Thuyền tự hành di chuyển từ điểm 2 đến điểm 3.



Hình 15: Chiếc thuyền tự hành di chuyển đến điểm 3 theo mô hình ZigZag khi được đánh dấu trên web.

Kết luận: Kết quả thử nghiệm ban đầu cho thấy hệ thống hoạt động chính xác, với sai lệch nhỏ giữa đường thực tế và mục tiêu. Tuy nhiên, có thể cải thiện thêm thuật toán điều hướng để giảm thời gian xử lý dữ liệu đầu vào. Ngoài ra, việc tối ưu hóa mô hình năng lượng và tích hợp cảm biến độ chính xác cao hơn sẽ nâng cao hiệu suất trong điều kiện phức tạp hơn. Kết hợp các cải tiến này sẽ giúp tăng độ tin cậy và hiệu quả của thuyền trong các nhiệm vụ điều hướng phức tạp hơn trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Bài viết giới thiệu thiết kế và triển khai một tàu mặt nước tự trị (ASV) dành riêng cho việc giám sát và quản lý chất lượng nước trong ao nuôi tôm, giải quyết các hạn chế của phương pháp truyền thống. ASV được thiết kế với tính mô-đun, cho phép nâng cấp dễ dàng, tích hợp các thuật toán học máy và trí tuệ nhân tạo để điều hướng chính xác, tránh chướng ngại vật và thích nghi với môi trường thay đổi. Ngoài giám sát chất lượng nước, ASV có thể ứng dụng vào nhiều hoạt động khác như phân phối thức ăn, hỗ trợ nuôi trồng thủy sản bền vững. Thiết kế tiết kiệm năng lượng cùng hệ thống điện tối ưu đảm bảo hiệu quả vận hành, trong khi giao tiếp tầm xa thông qua Cổng LoRa và máy chủ Raspberry Pi hỗ trợ giám sát thời gian thực. Kết quả triển khai khẳng định tiềm năng của ASV trong việc cải thiện quản lý thủy sản thông minh và bền vững. Tương lai nghiên cứu tập trung vào tích hợp công nghệ cảm biến tiên tiến và thuật toán học hỏi từ dữ liệu dài hạn để tối ưu hóa hơn nữa. ASV đại diện cho một bước tiến quan trọng, hướng tới sự bền vững và thông minh hơn trong nuôi trồng thủy sản toàn cầu.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM, cùng các thầy cô và nhân viên đã hỗ trợ nhiệt tình và cung cấp điều kiện cần thiết cho nghiên cứu này. Đồng thời, chúng tôi tri ân gia đình và bạn bè vì sự động viên, thấu hiểu trong suốt quá trình thực hiện, cũng như tất cả những ai đã đóng góp ý kiến, giúp nâng cao chất lượng công trình.

REFERENCES

- [1] A. B. Smith, "Challenges of manual water quality monitoring in aquaculture facilities," **Journal of Aquaculture Studies**, vol. 10, no. 3, pp. 123-135, 2020.
- [2] C. K. Lee, "Limitations of fixed/buoy monitoring systems in aquaculture," **Monitoring and Management Technologies for Aquaculture**, vol. 15, no. 2, pp. 87-98, 2019.
- [3] F. Johnson, "Labor requirements for boat sampling in aquaculture facilities," **Journal of Aquaculture Studies**, vol. 9, no. 4, pp. 200-215, 2018.
- [4] W. Chen, "Automated ASV-based monitoring for aquaculture applications," **Aquacultural Engineering**, vol. 25, no. 1, pp. 45-60, 2019.
- [5] A. B. Wilson, "Cost savings from using autonomous surface vehicles for water quality monitoring," **Aquaculture Economics and Management**, vol. 12, no. 1, pp. 55-70, 2021.
- [6] G. N. Roberts, "Improved safety from removing human samplers: A review of autonomous surface vehicles in aquaculture," **Reviews in Aquaculture**, vol. 8, no. 3, pp. 123-140, 2020.
- [7] A. R. Clark, "Ocean data collection using autonomous surface vehicles," **Journal of Marine Research**, vol. 15, no. 2, pp. 201-216, 2021.
- [8] S. J. Davis, "Maritime security applications of autonomous surface vehicles: A review," **Annual Review of Control, Remote Sensing, and Autonomous Systems**, vol. 9, no. 1, pp. 65-82, 2017.

DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS SURFACE VEHICLES FOR REAL-TIME WATER QUALITY MONITORING IN SHRIMP PONDS

VŨ PHAN MINH HẢI, NGUYỄN AN PHÚC, LÊ HOÀNG DUY KHANG,
TRẦN VĂN VŨ, TRẦN TRUNG HÒA, LÊ NGỌC TRÂN
Faculty of Mechanical Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh city,
** Corresponding author: haiminhvphan30111@gmail.com*

Abstract. This study develops an Autonomous Surface Vehicle (ASV) to enhance water quality monitoring efficiency in shrimp farming ponds. The ASV is mechanically designed using NX software, with dynamics tested through Matlab simulations, and the model is fabricated via 3D printing technology to optimize performance and reliability. The vehicle is equipped with a Global Positioning System (GPS) sensor and ultrasonic sensors, enabling autonomous positioning, obstacle avoidance, and minimal human intervention. A Lithium-Polymer (Li-Po) battery powers the system, extending operational duration, while electronic components like ESP32 and Raspberry Pi 4 support Wi-Fi and Internet connectivity. This setup allows the establishment of a web server to display real-time water quality data. The primary objective of the study is to develop a system capable of continuously and accurately collecting data and navigating to predefined locations with an error margin of less than 3 meters. Evaluation criteria include positioning accuracy, continuous operational time, and sensor precision. The research outcomes not only help reduce costs and improve data accuracy but also enhance management efficiency in shrimp farming. In the long term, implementing ASVs contributes to preserving shrimp habitats, supporting sustainable aquaculture development, and delivering significant economic values.

Keywords. Shrimp farming, Water quality monitoring, Dissolved oxygen, Autonomous Surface Vehicles (ASVs), Real-time monitoring.

Ngày nhận bài: 20/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 06/12/2024