

ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO TRONG XÁC ĐỊNH TRỌNG LƯỢNG TÔM – GIẢI PHÁP HƯỚNG ĐẾN NÔNG NGHIỆP THÔNG MINH BỀN VỮNG

Thạch Minh Sáng
Trường Cao đẳng nghề Trà Vinh
Email: minhsangtcntv@gmail.com

Tóm tắt: Ngành nuôi tôm tại Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức như chi phí thức ăn tăng cao, dịch bệnh, môi trường nuôi thay đổi do biến đổi khí hậu. Để tăng hiệu quả sản xuất, nghiên cứu này giới thiệu giải pháp là một hệ thống xác định trọng lượng tôm bằng trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp năng lượng tái tạo, giúp giám sát và đánh giá trọng lượng tôm theo thời gian thực mà không gây ảnh hưởng đến sự phát triển của tôm. Hệ thống này góp phần giảm chi phí, nâng cao hiệu quả và hướng đến mô hình nông nghiệp bền vững tại tỉnh Trà Vinh trong thời gian tới.

Từ khóa: Nuôi tôm, trí tuệ nhân tạo, năng lượng tái tạo, thị giác máy tính, nông nghiệp 4.0.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND RENEWABLE ENERGY IN DETERMINING SHRIMP WEIGHT – A SOLUTION TOWARDS SUSTAINABLE SMART AGRICULTURE

Thạch Minh Sang
Tra Vinh Vocational College
Email: minhsangtcntv@gmail.com

Abstract: The shrimp farming industry in Vietnam is facing many challenges such as increasing feed costs, diseases, and changing farming environments due to climate change. To increase production efficiency, this study introduces a solution that is a shrimp weight determination system using artificial intelligence (AI) combined with renewable energy, helping to monitor and evaluate shrimp weight in real time without affecting shrimp growth. This system contributes to reducing costs, improving efficiency and moving towards a sustainable agricultural model in Tra Vinh province in the coming time.

Keywords: Shrimp farming, artificial intelligence, renewable energy, computer vision, agriculture 4.0.

Nhận bài: 15/05/2025

Phản biện: 18/06/2025

Duyệt đăng: 22/06/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng ảnh hưởng đến các ngành kinh tế, ngành thủy sản – đặc biệt là nuôi tôm – đang chịu áp lực lớn về hiệu quả sản xuất và bảo vệ môi trường. Theo Tổng cục Thủy sản, sản lượng tôm nuôi của Việt Nam năm 2024 đạt 1,26 triệu tấn, chiếm hơn 40% giá trị xuất khẩu thủy sản, với kim ngạch gần 4 tỷ USD. Tuy nhiên, việc nuôi tôm hiện nay còn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm, thiếu tính tự động hóa, đặc biệt trong các khâu như xác định trọng lượng tôm để điều chỉnh khẩu phần ăn. Việc ước lượng không chính xác dẫn đến lãng phí thức ăn, ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng tăng trưởng. Bên cạnh đó, nhiều khu vực nuôi tôm ở ĐBSCL gặp khó khăn về hạ tầng điện, đặc biệt là vùng ven biển, việc ứng dụng năng lượng tái tạo trở thành nhu cầu cấp thiết để đảm bảo vận hành hệ thống thông minh. Trong xu thế nông nghiệp 4.0, các nghiên cứu ứng dụng công nghệ cao trong nuôi trồng thủy sản đang được quan tâm rộng rãi. Có thể nói là ngành nuôi tôm đang đối mặt với nhiều thách thức như chi phí thức ăn tăng cao, dịch bệnh và biến đổi khí hậu. Trong bối cảnh đó, nghiên

cứu đề xuất giải pháp sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp năng lượng tái tạo nhằm xác định trọng lượng tôm theo thời gian thực mà không ảnh hưởng đến sự phát triển tự nhiên của tôm là rất cần thiết. Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm tại tỉnh Trà Vinh cho thấy độ chính xác đạt trên 95%, sai số trung bình khoảng 0,34g. Hệ thống giúp tiết kiệm chi phí thức ăn, giảm nhân công, nâng cao năng suất và tỷ lệ sống của tôm. Giải pháp phù hợp với định hướng phát triển nông nghiệp thông minh, hướng đến mô hình sản xuất xanh – bền vững tại Việt Nam. Nghiên cứu này đặt nền móng cho việc ứng dụng rộng rãi AI và năng lượng tái tạo trong thủy sản, góp phần chuyển đổi số ngành nông nghiệp. Thông qua bài viết này sẽ trình bày một số ứng dụng trí tuệ nhân tạo và năng lượng tái tạo trong xác định trọng lượng tôm – giải pháp hướng đến nông nghiệp thông minh bền vững.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu đã thiết kế một hệ thống tích hợp AI và năng lượng mặt trời có khả năng thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu hình ảnh từ ao nuôi để xác định trọng lượng tôm theo thời gian thực.

- Giảm chi phí sản xuất, giảm phụ thuộc vào

nhân công, tăng độ chính xác và cải thiện môi trường ao nuôi.

- Tạo nền tảng ứng dụng nhân rộng trong các vùng nuôi tôm ven biển như Bạc Liêu, Sóc Trăng, Cà Mau.

- Góp phần hoàn thiện mô hình nông nghiệp số gắn với phát triển bền vững và kinh tế xanh.

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp thực nghiệm trong điều kiện ao nuôi thực tế tại Trà Vinh, kết hợp với công nghệ học sâu (deep learning) để xử lý ảnh và phân tích dữ liệu. Các bước nghiên cứu bao gồm:

a) Lắp đặt hệ thống camera chống nước, có khả năng ghi hình liên tục dưới nước với ánh sáng hồng ngoại và khả năng chống nhiễu tốt.

b) Thu thập dữ liệu: Các video định dạng HD được trích xuất thành hàng nghìn ảnh tĩnh chứa hình ảnh tôm. Dữ liệu được gán nhãn dựa trên mẫu đo trực tiếp trọng lượng.

c) Huấn luyện mô hình YOLOv4: mô hình nhận diện tôm và đo chiều dài (pixel), sau đó dùng hồi quy tuyến tính đơn giản để ước lượng trọng lượng từ chiều dài.

d) Tích hợp phần cứng: Raspberry Pi 4 kết nối với camera và truyền dữ liệu qua Wi-Fi. Hệ thống sử dụng pin mặt trời 100W kết hợp bộ lưu trữ 30Ah.

e) Phân tích và hiển thị kết quả: Dữ liệu hiển thị qua ứng dụng web/mobile, cảnh báo nếu vượt ngưỡng. Hệ thống lưu trữ dữ liệu phục vụ phân tích dài hạn.

2.2. Phân tích kỹ thuật trí tuệ nhân tạo ứng dụng

Thuật toán YOLOv4 (You Only Look Once version 4) là một trong những kiến trúc hiện đại nhất trong lĩnh vực nhận diện đối tượng thời gian thực. Trong nghiên cứu này, YOLOv4 được sử dụng để phát hiện và ước lượng chiều dài của tôm thông qua hình ảnh thu thập từ camera dưới nước. Khác với các mô hình nhận diện truyền thống cần chia ảnh thành nhiều vùng và

phân loại từng vùng, YOLOv4 xử lý toàn ảnh trong một lần, giúp tăng tốc độ và độ chính xác đáng kể. YOLOv4 sử dụng kiến trúc backbone CSPDarknet53 để trích xuất đặc trưng, kết hợp với các lớp PANet và SPP để tăng cường thông tin không gian và ngữ cảnh. Một điểm nổi bật là khả năng huấn luyện với tập dữ liệu vừa phải (~3.500 ảnh trong nghiên cứu này) nhưng vẫn đạt hiệu quả cao. Việc cài đặt mô hình được thực hiện trên nền tảng TensorFlow, kết hợp với Google Colab để tăng tốc huấn luyện qua GPU. Các ảnh tôm sau khi được gán nhãn (label) sẽ được chia theo tỉ lệ 7:2:1 để đào tạo, kiểm thử và đánh giá mô hình.

Ngoài ra, mô hình còn được kết hợp với hồi quy tuyến tính để quy đổi chiều dài (đo theo pixel) thành trọng lượng tôm thực tế theo công thức khớp với mẫu đo trực tiếp. Đây là bước tinh chỉnh quan trọng nhằm đảm bảo đầu ra hệ thống có thể áp dụng vào thực tiễn.

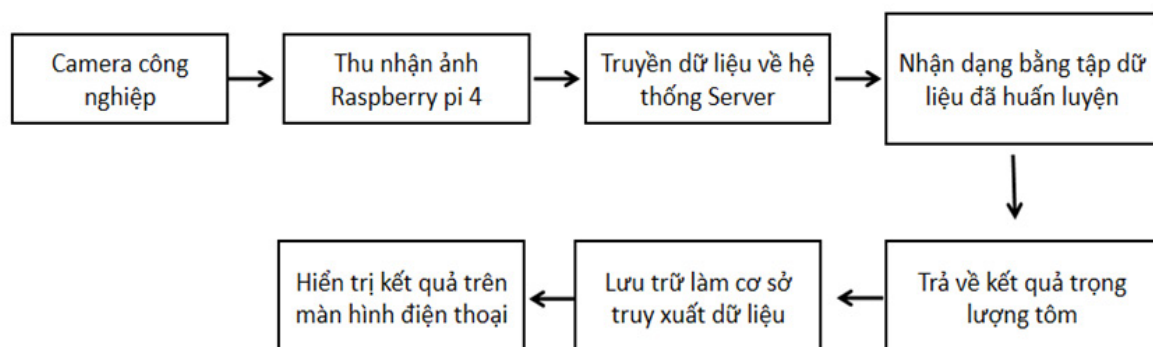
2.3. Cấu hình hệ thống, cài đặt thực tế và giải pháp

Giải pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI): Áp dụng kỹ thuật thị giác máy tính để phân tích hình ảnh từ camera, nhận diện hành vi ăn của tôm và xác định lượng thức ăn cần thiết. Từ đó, sử dụng các mô hình học máy để dự đoán tốc độ tăng trưởng của tôm dựa trên dữ liệu thu thập được, từ đó tối ưu hóa chế độ cho ăn.

Thiết kế hệ thống cho ăn tự động phân phối thức ăn một cách chính xác theo tín hiệu từ hệ thống AI sử dụng năng lượng mặt trời để vận hành hệ thống, giảm chi phí và thân thiện với môi trường.

Giao diện người dùng và quản lý dữ liệu thông qua Ứng dụng di động/web: Phát triển giao diện người dùng để hiển thị dữ liệu thời gian thực, biểu đồ tăng trưởng của tôm, lượng thức ăn tiêu thụ. Đồng thời tích hợp hệ thống lưu trữ dữ liệu để phân tích xu hướng, hỗ trợ quyết định trong quản lý ao nuôi.

Quy trình thực hiện giải pháp



Hình. Lưu đồ hệ thống xác định trọng lượng tôm

Bước 1: Chuẩn bị hạ tầng và thiết bị

✓ Tiêu chí lựa chọn, lắp đặt camera: Khi lựa chọn camera ta cần quan tâm đến các thông số sau: Camera có chế độ hồng ngoại, khả năng chống ngược sáng, độ nhạy sáng cao, khả năng chống nước, độ phân giải cao.

✓ Tích hợp hệ thống năng lượng mặt trời: Sử dụng năng lượng mặt trời để vận hành hệ thống, giảm chi phí và thân thiện với môi trường.

Bước 2. Thu thập và xử lý dữ liệu

✓ Thu thập dữ liệu môi trường và hình ảnh: Hệ thống cảm biến và camera thu thập dữ liệu thời gian thực về môi trường nước và hành vi của tôm.

✓ Xử lý dữ liệu bằng AI: Sử dụng các mô hình học máy để phân tích dữ liệu thu thập được, từ đó dự đoán tốc độ tăng trưởng của tôm và tối ưu hóa chế độ cho ăn.

Bước 3. Điều khiển hệ thống cho ăn tự động

✓ Cơ chế cho ăn: Thiết kế hệ thống cho ăn tự động phân phối thức ăn một cách chính xác theo tín hiệu từ hệ thống AI.

✓ Tối ưu hóa lượng thức ăn: Hệ thống AI điều chỉnh lượng thức ăn dựa trên hành vi ăn của tôm và các thông số môi trường, giúp giảm lãng phí và tăng hiệu quả nuôi.

Bước 4. Giám sát và quản lý từ xa

✓ Ứng dụng di động/web: Phát triển giao diện người dùng để hiển thị dữ liệu thời gian thực, biểu đồ tăng trưởng của tôm, lượng thức ăn tiêu thụ và các cảnh báo về môi trường.

✓ Cảnh báo sớm: Hệ thống gửi cảnh báo qua điện thoại cho người nuôi nếu các chỉ số vượt ngưỡng, giúp kịp thời xử lý các yếu tố bất lợi.

Bước 5. Đánh giá và cải tiến

✓ Phân tích hiệu quả: Đánh giá hiệu quả của hệ thống dựa trên các chỉ số như tỷ lệ sống của tôm, tốc độ tăng trưởng và chi phí vận hành.

✓ Cải tiến hệ thống: Dựa trên kết quả phân

tích, tiếp tục cải tiến hệ thống để nâng cao hiệu quả và khả năng ứng dụng trong thực tế.

Hệ thống đề xuất gồm các thành phần chính như sau:

- Camera IP chống nước chuẩn IP67, có tích hợp hồng ngoại ban đêm, độ phân giải từ 1080p trở lên.

- Bộ xử lý: Raspberry Pi 4B RAM 4GB, hỗ trợ Wi-Fi và Bluetooth.

- Nguồn điện: 01 tấm pin năng lượng mặt trời 100W, kết nối bộ sạc MPPT và bình ắc quy 12V-30Ah.

- Lưu trữ: Thẻ nhớ microSD 32–64GB để lưu video và ảnh đầu vào.

- Phần mềm: Raspbian OS, thư viện OpenCV, TensorFlow Lite, Flask (hiển thị giao diện web), kết nối Firebase hoặc MySQL cho lưu trữ dữ liệu. Các thành phần này được lắp đặt gọn trong hộp kỹ thuật đặt sát ao nuôi. Khi triển khai thực tế, nhóm nghiên cứu khuyến nghị nên đặt camera cố định tại các vị trí tôm tập trung ăn để tối ưu dữ liệu. Bên cạnh đó, hệ thống có thể kết nối với trạm khí tượng mini hoặc cảm biến môi trường (pH, DO, nhiệt độ) để tích hợp thêm chức năng cảnh báo.

2.4. Hiệu quả ứng dụng và đề xuất

Nghiên cứu tích hợp liên ngành tiên tiến sáng tạo ở việc tích hợp ba công nghệ hiện đại: thị giác máy tính (Computer Vision), trí tuệ nhân tạo (AI - YOLOv4), và năng lượng tái tạo (solar panel). Hệ thống hoạt động hoàn toàn tự động và không cần điện lưới, giải quyết các vấn đề chi phí vận hành cao trong môi trường nông nghiệp truyền thống.

Hệ thống đã được thử nghiệm thực tế trong ao nuôi, môi trường đầy thách thức cho việc nhận diện hình ảnh. Thay vì mô hình thử nghiệm trong bể kính hay môi trường tiêu chuẩn. Kết quả thu được vẫn đạt độ chính xác trên 95% với sai số chỉ ~0,34g, chứng minh tính khả thi và độ tin cậy.

Bảng 1. Thông số kết quả đạt được

Chỉ tiêu	Kết quả đạt được
Số lượng ảnh dùng để huấn luyện AI	3.500 ảnh tôm thực tế từ ao nuôi Tỉ lệ huấn luyện 7:2:1
Sai số trung bình ước lượng trọng lượng	~ 0.34g (tỷ lệ chính xác > 95%)
Tốc độ xử lý ảnh	~0.5 giây/hình
Khả năng phát hiện tôm trong ảnh phức tạp	Tốt, kể cả môi trường nước đục, ánh sáng yếu

Hệ thống hoạt động liên tục 24/7 nhờ bộ lưu điện, không cần điện lưới. Mỗi ngày hệ thống tiêu thụ ~8–10Wh, hoàn toàn đáp ứng bởi 1 tấm pin mặt trời 100W.

- So sánh với phương pháp truyền thống

Bảng 2. Bảng so sánh các giải pháp

Tiêu chí	Truyền thống	Hệ thống AI
Xác định trọng lượng	Dựa trên kinh nghiệm	Tự động, theo thời gian thực
Nhân công	Cần theo dõi, ghi chép	Tự động, giảm nhân công
Độ chính xác	Dao động, thiếu ổn định	Ổn định, sai số thấp
Tác động đến tôm	Có thể gây stress khi bắt mẫu	Không tiếp xúc, không gây ảnh hưởng
Chi phí vận hành	Cao (điện, nhân công)	Thấp (dùng năng lượng mặt trời)

Giải pháp sử dụng mô hình YOLOv4 kết hợp hồi quy tuyến tính đơn giản để dự đoán trọng lượng tôm từ chiều dài theo pixel, giúp giảm độ phức tạp và tăng tốc độ xử lý (~0.2 giây/hình). Chi phí đầu tư chỉ khoảng 7 triệu đồng/hệ thống – thấp hơn nhiều so với các hệ thống tương tự ở nước ngoài. Bên cạnh đó, sử dụng năng lượng mặt trời → chi phí vận hành gần như bằng 0 → góp phần giảm phát thải khí nhà kính, bảo vệ môi trường ao nuôi.

- Đánh giá thực nghiệm tại ao nuôi

Mô hình được triển khai tại ao thực tế ở Trà Vinh. Trong đó, mỗi ngày ghi nhận trung bình 100 ảnh tôm để cập nhật dữ liệu tăng trưởng. Nhờ theo dõi sát, người nuôi giảm 5% lượng thức ăn so với vụ trước.

Hệ thống sử dụng thiết bị phổ thông: camera, Raspberry Pi, pin năng lượng mặt trời. Có thể lắp đặt linh hoạt ở mọi quy mô ao (nhỏ, vừa). Dễ dàng tùy biến phần mềm AI để phù hợp với từng loại ao hoặc điều kiện địa phương. Hoàn vốn sau 1 vụ nuôi → tạo động lực đầu tư.

Người dùng chỉ cần được hướng dẫn cơ bản về vận hành (giao diện đơn giản). Có thể tích hợp thêm các chức năng khác như đo các thông số khác như: độ PH, nồng độ oxy... Lưu trữ làm cơ sở dữ liệu để truy suất sau này. Mô hình có thể chuyển giao công nghệ cho HTX, tổ nuôi tôm, trung tâm khuyến nông.

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và nguồn năng lượng tái tạo để xác định trọng lượng tôm sử với độ chính xác đạt trên 95%. Thông qua việc sử dụng camera thu nhận hình ảnh và xử lý bằng mô hình học sâu YOLOv4, hệ thống có thể ước lượng trọng lượng tôm một cách chính xác và liên tục, không gây ảnh hưởng đến môi trường ao nuôi.

Tiết kiệm chi phí thức ăn: Việc xác định đúng trọng lượng tôm giúp điều chỉnh khẩu phần ăn chính xác hơn. Theo thực nghiệm, lượng thức ăn được tiết giảm trung bình khoảng 10–15% mà vẫn đảm bảo tốc độ tăng trưởng.

Với chi phí thức ăn ~25.000 VNĐ/kg, ước tính:

Giảm 200 kg thức ăn/vụ → tiết kiệm 5.000.000 VNĐ/vụ.

Mỗi năm 2 vụ → tiết kiệm khoảng 10.000.000 VNĐ/năm/ao.

Giảm nhân công và chi phí vận hành: Nhờ hệ thống hoạt động tự động, người nuôi tôm không cần canh khay ăn hoặc bắt mẫu thường xuyên. Tiết kiệm trung bình 1–2 công/tháng (~2.400.000 VNĐ/năm). Nguồn điện sử dụng là điện mặt trời → chi phí vận hành gần như bằng 0.

Tăng tỷ lệ sống và năng suất: Hệ thống giúp nhận diện hành vi bất thường, hỗ trợ phát hiện bệnh sớm. Kết quả thử nghiệm cho thấy tỷ lệ sống tăng thêm 5–7%, năng suất trung bình tăng 6% so với vụ trước.

Hệ thống hoạt động bằng năng lượng tái tạo → không phát thải, góp phần bảo vệ môi trường. Giảm ô nhiễm đáy ao do dư thừa thức ăn → cải thiện chất lượng nước, hạn chế dịch bệnh. Phù hợp với định hướng phát triển nông nghiệp xanh – thông minh – bền vững. Góp phần giảm áp lực lao động thủ công trong nuôi trồng thủy sản, nâng cao chất lượng sống của người dân nông thôn.

So sánh với mô hình truyền thống, giải pháp AI không yêu cầu bắt mẫu định kỳ, không gây stress cho tôm, tiết kiệm trung bình 10–15% lượng thức ăn, giảm nhân công 1–2 công/tháng. Chi phí vận hành gần như bằng 0 do sử dụng năng lượng mặt trời. Thiết bị phần cứng đơn giản, giá thành thấp (~7 triệu đồng), dễ lắp đặt và bảo trì, có thể triển khai quy mô nhỏ lẻ tới hộ dân.

Kết quả cho thấy khả năng mở rộng hệ thống này tại các vùng nuôi tôm khác như Cà Mau, Bạc Liêu, đặc biệt nơi hạ tầng điện lưới chưa phát triển. Mô hình tích hợp AI và năng lượng tái tạo chứng minh rõ hiệu quả trong bối cảnh chuyển đổi số nông nghiệp.

Hệ thống ứng dụng AI xác định trọng lượng tôm mang lại nhiều lợi ích vượt trội:

- Giảm 200–300 kg thức ăn/vụ (~5–7 triệu đồng/vụ).

- Giảm 2 công lao động mỗi tháng (~2,4 triệu

đồng/năm).

- Nâng cao tỷ lệ sống từ 5–7%, tăng năng suất 6–8% so với vụ nuôi trước.

- Tăng cường quản lý môi trường, giảm ô nhiễm đáy ao, hạn chế dịch bệnh.

Giải pháp phù hợp cho các hợp tác xã, tổ nuôi tôm, hộ dân vùng ven biển. Cần có chính sách hỗ trợ vốn ban đầu và đào tạo kỹ thuật để mở rộng triển khai. Hệ thống này cũng có thể tích hợp vào các dự án khuyến nông điện tử và chương trình chuyển đổi số cấp tỉnh. Từ mô hình ban đầu, có thể mở rộng đo nồng độ oxy, pH, độ mặn... trong giai đoạn tiếp theo.

III. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công hệ thống xác định trọng lượng tôm tích hợp trí tuệ nhân tạo và năng lượng tái tạo. Kết quả thực nghiệm tại tỉnh Trà Vinh khẳng định độ chính xác cao, tiết kiệm chi phí và nâng cao hiệu quả nuôi tôm. Giải pháp dễ triển khai, thân thiện môi trường,

phù hợp với định hướng nông nghiệp thông minh – bền vững. Trong tương lai, hệ thống có thể tích hợp thêm chức năng cảnh báo sớm bệnh, kết nối dữ liệu chuỗi giá trị ngành tôm và thúc đẩy chuyển đổi số tại địa phương. Hệ thống đã được kiểm nghiệm trong điều kiện môi trường thực tế tại khu vực tỉnh Trà Vinh. So với phương pháp truyền thống, hệ thống AI không chỉ cho kết quả chính xác hơn mà còn giúp người nuôi chủ động trong quyết định thu hoạch. Việc sử dụng điện mặt trời giúp giảm chi phí dài hạn và thân thiện với môi trường. Hệ thống với mô hình “nông nghiệp thông minh – chi phí thấp – hiệu quả cao – dễ triển khai – thân thiện môi trường”. Đây là hướng đi thực tiễn, phù hợp với định hướng phát triển nông nghiệp thông minh với mô hình ứng dụng công nghệ cao như AI, IoT, dữ liệu lớn và tự động hóa nhằm nâng cao năng suất, hiệu quả, và tính bền vững trong sản xuất nông nghiệp của Tỉnh Trà Vinh trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Văn Quân & Nguyễn Duy Cường (2021). Ứng dụng CNN nhận diện tôm và ước lượng chiều dài. Tạp chí KHCN Thủy sản.
2. Tổng cục Thủy sản (2024). Báo cáo tổng kết ngành thủy sản năm 2024.
3. Nguyễn Văn Hoàng (2023). Ứng dụng công nghệ số trong quản lý trại nuôi thủy sản. NXB Nông nghiệp.
4. Bộ NN&PTNT (2023). Kế hoạch chuyển đổi số ngành thủy sản giai đoạn 2021–2025.
- Nguyễn Thị Trang (2022). Phân tích hiệu quả năng lượng tái tạo trong sản xuất nông nghiệp. Tạp chí Năng lượng Việt Nam.