HIỆN TRẠNG KỸ THUẬT–TÀI CHÍNH VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO INTERNET KẾT NỐI VẠN VẬT (AIoT) TRONG NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG SIÊU THÂM CANH TẠI TỈNH CÀ MAU

CURRENT STATUS OF TECHNICAL–FINANCIAL CONDITIONS AND THE POTENTIAL APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENT OF THINGS (AIoT) DEVICE IN SUPER-INTENSIVE WHITELEG SHRIMP FARMING IN CA MAU PROVINCE

Nguyễn Thị Kim Quyên[1*], Đặng Thị Phượng[1], Nguyễn Minh Tú[2]

1. Trường Thủy Sản, Trường Đại học Cần Thơ

2. Viện Nghiên cứu Phát triển Kinh tế Tuần hoàn

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Kim Quyên, Email: ntkquyen@ctu.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/12/2025; Ngày phản biện thông qua: 13/01/2026 ; Ngày duyệt đăng: 25/03/2026

TÓM TẮT

Ngày nay, các mô hình nuôi tôm ngày càng thâm canh hóa và hiện đại hóa, đòi hỏi ứng dụng các công nghệ hiện đại, nhất là các giải pháp dựa trên trí tuệ nhân tạo kết nối vạn vật (AIoT). Nghiên cứu này tiến hành phỏng vấn 50 hộ nuôi tôm thẻ chân trắng (TTCT) siêu thâm canh ở Cà Mau. Phương pháp thống kê mô tả và hồi qui đa biến được sử dụng để đánh giá các chỉ tiêu tài chính – kỹ thuật của mô hình nghiên cứu. Kết quả khảo sát cho thấy mật độ thả nuôi khá cao, lên đến 201 con/m², mang lại năng suất 32 tấn/ha/vụ. Mô hình đòi hỏi chi phí đầu tư cao và lợi nhuận mang lại cũng khá cao (tương ứng là 887,07 và 509,75 triệu đồng/ha/vụ). Các thiết bị AIoT được sử dụng phổ biến là máy cho ăn tự động, camera giám sát, điều khiển từ xa. Tỷ lệ người nuôi sử dụng Internet phục vụ nuôi tôm là 37,5%. Kết quả hồi quy cho thấy sử dụng các thiết bị AIoT có ảnh hưởng đến lợi nhuận nuôi TTCT. Tuy nhiên, chưa đến 50% số hộ sẵn sàng ứng dụng công nghệ này do chi phí cao, lo ngại về kết quả chính xác và chưa phù hợp với quy mô nhỏ. Do đó, giải pháp đề xuất tập trung vào tuyên truyền nâng cao nhận thức, trình diễn công nghệ và hỗ trợ chi phí.

Từ khóa: *AIoT, Cà Mau, siêu thâm canh, tôm thẻ chân trắng.*

ABSTRACT:

In recent years, shrimp farming systems have become increasingly intensive and modernized, requiring the adoption of advanced technologies, particularly solutions based on Artificial Intelligence of Things (AIoT). This study interviewed with 50 super-intensive whiteleg shrimp farmers in Ca Mau Province. Descriptive statistics and multivariate regression analysis were employed to evaluate the technical and financial indicators of the farming models. The stocking density was relatively high, reaching up to 201 individuals per m², resulting in a productivity of 32 tons per hectare per crop. This farming model requires a high level of investment and yields correspondingly high profits, with average investment costs and net returns of 887.07 million VND and 509.75 million VND per hectare per crop, respectively. Commonly used AIoT-related devices include automatic feeders, surveillance cameras, and remote control systems. The proportion of farmers using the Internet to support shrimp farming activities was 37.5%. Regression results show that the use of AIoT devices and technologies has a significant effect on shrimp farming profitability. However, fewer than 50% of the surveyed households expressed readiness to adopt AIoT technologies due to high investment costs, concerns about data accuracy, and incompatibility with their current farming scale. Therefore, the proposed solutions focus on awareness-raising, technology demonstration, and financial support to promote AIoT adoption in super-intensive whiteleg shrimp farming.

Keywords: *AIoT, Ca Mau, super-intensive, whiteleg shrimp.*

I. GIỚI THIỆU

Ngành thủy sản là một trong những lĩnh vực then chốt của nền kinh tế Việt Nam, đóng góp phần lớn vào xuất khẩu và mang lại nguồn thu ngoại tệ quan trọng. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) tuy chỉ chiếm 12% diện tích và gần 18% dân số cả nước, nhưng có vị trí quan trọng về sản xuất nông nghiệp và thủy sản [8]. Đây là vùng nuôi tôm chủ yếu của cả nước, cung cấp hơn 85% tổng sản lượng tôm nuôi của Việt Nam với 677.700 ha mặt nước nuôi tôm [8, 21]. Trong đó, tôm thẻ chân trắng (TTCT) là loài nuôi chủ lực với diện tích 93.804 ha, sản lượng nuôi đạt gần 628.203 tấn vào năm 2022 [1]. Đánh giá cao vai trò của ngành hàng tôm đối với nền kinh tế, Chính phủ đã ban hành nhiều chính sách phát triển ngành tôm, như Quyết định số 79/QĐ-TTg ngày 18/01/2018; Quyết định số 339/QĐ-TTg ngày 11/03/2021; Quyết định 255/QĐ-TTg, ngày 25/02/2021 cùng nhiều văn bản chỉ đạo khác. Trong đó, nội dung chủ yếu của các văn bản này là nhằm xây dựng ngành hàng tôm theo định hướng hiện đại, áp dụng công nghệ cao trong sản xuất, chú trọng chuyển đổi số trong thủy sản và sản xuất sản phẩm chất lượng cao đáp ứng yêu cầu của thị trường nhập khẩu. Để giải quyết vấn đề đó, việc ứng dụng các thành tựu khoa học và công nghệ (KH&CN) được xem là giải pháp cần thiết để phát triển bền vững nghề nuôi tôm ở ĐBSCL. Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ, đặc biệt là công nghệ cao như trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp với Internet vạn vật (IoT), hay còn gọi là trí tuệ nhân tạo vạn vật (Artificial Intelligence of Things - AIoT), còn khá xa lạ và chưa phổ biến.

AIoT đang được ứng dụng rộng rãi trong tất cả các lĩnh vực của cuộc sống, đặc biệt trong nông nghiệp, nhờ khả năng kết nối thiết bị và hỗ trợ các hệ thống quản lý tự động trong sản xuất. Trong thủy sản, để phát triển nghề nuôi TTCT bền vững, bên cạnh yếu tố về con giống và kỹ thuật nuôi thì việc ứng dụng những thành tựu KH&CN, nhất là AIoT rất quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả vận hành và năng suất sản xuất [5, 12]. Cà Mau là một trong những địa phương có tiềm năng kinh tế thủy sản lớn nhất cả nước, với diện tích nuôi trồng thủy sản (NTTS) của tỉnh là 304.911 ha, trong đó diện tích nuôi tôm gần 280.000 ha. Năm 2022, tổng sản lượng thủy sản của tỉnh đạt 622.100 tấn, kim ngạch xuất khẩu thủy sản đạt 1,08 tỷ USD. Trong đó, sản lượng NTTS đạt 386.000 tấn, sản lượng tôm nuôi là 218.450 tấn [8]. Trong nhiều năm liền, Cà Mau luôn là tỉnh dẫn đầu cả nước về sản lượng tôm nuôi thương phẩm. Ngành tôm liên quan đến sinh kế trên 50% dân số của tỉnh, giải quyết việc làm trên 350.000 lao động, trong đó tham gia trực tiếp hoạt động nuôi tôm hơn 300.000 người [7]. Nuôi tôm tại Cà Mau ngày càng thâm canh hóa và hiện đại hóa với các mô hình nuôi siêu thâm canh, thâm canh trong bể lót bạt, nuôi tôm đa giai đoạn,… Việc này đòi hỏi phải ứng dụng các công nghệ và thiết bị hiện đại, đặc biệt là các giải pháp dựa trên AIoT vào sản xuất. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về hiện trạng và hiện quả kinh tế cũng như khả năng áp dụng AIoT tại địa bàn nghiên cứu. Do đó, nghiên cứu này tiến hành điều tra hiện trạng kỹ thuật – tài chính tương ứng với thực trạng ứng dụng các công nghệ AIoT trong sản xuất tôm, đánh giá hiệu quả sử dụng các thiết bị này thông qua các chỉ tiêu tài chính kỹ thuật, từ đó đề xuất các giải pháp góp phần nhân rộng việc sử dụng các công nghệ này trong thời gian sắp tới, phù hợp với xu hướng phát triển của ngành hàng tôm nuôi của Cà Mau và cả nước.

II. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 10/2024 đến tháng 5/2025. Số liệu thứ cấp được thu thập từ các tạp chí khoa học, luận văn thạc sĩ, bài báo có liên quan đến lĩnh vực NTTS và mô hình nuôi TTCT siêu thâm canh đã được công bố từ Sở NN&PTNT Cà Mau, Chi cục Thủy sản, Tổng cục Thống kê, các Viện, Trường đại học, các website chuyên ngành. Số liệu sơ cấp được thu thập thông qua phỏng vấn trực tiếp 50 hộ nuôi

TTCT siêu thâm canh trong ao lót bạt tại tỉnh Cà Mau. Phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên đơn giản được áp dụng, theo đó, dựa vào danh sách người nuôi tôm được cung cấp bởi cán bộ quản lý để tiến hành bốc thăm ngẫu nhiên, chọn ra 50 hộ đang nuôi TTCT ở huyện Cái Nước và Đầm Dơi (trên tổng số khoảng 1500 hộ nuôi, chiếm 3,33% tổng số hộ) để phỏng vấn những thông tin về hiện trạng sử dụng các thiết bị hỗ trợ nuôi tôm và tính năng sử dụng, mức độ đầu tư trang thiết bị tại các hộ nuôi tôm, mức độ hiểu biết về AIoT và nhu cầu ứng dụng trong tương lai. Sử dụng bảng câu hỏi cấu trúc soạn sẵn, các thông tin chính cần thu thập bao gồm:

(1) Thông tin chung của những hộ được phỏng vấn: Họ tên, tuổi, giới tính, trình độ học vấn, kinh nghiệm nuôi tôm, số người trong gia đình, số lao động gia đình tham gia nuôi tôm, thông tin về lao động thuê mướn;...

(2) Thông tin về hoạt động nuôi tôm: Diện tích, số ao nuôi, diện tích trung bình của ao nuôi, độ sâu, số vụ nuôi/ năm, mật độ, kích cỡ, hệ số thức ăn (FCR), sản lượng thu hoạch vụ vừa qua, kích cỡ thu hoạch, nguồn tiêu thụ;....

(3) Thông tin về tài chính: thu hoạch, tiêu thụ, giá bán, doanh thu, chi phí và cơ cấu chi phí, lợi nhuận, tỷ suất lợi nhuận; ....

(4) Thông tin về AIoT: những thiết bị, công nghệ AIoT có sử dụng, chức năng, đánh giá hiệu quả sử dụng, các thiết bị hỗ trợ, thông tin về phần mềm và các ứng dụng có liên quan, thuận lợi, khó khăn, điều kiện áp dụng AIoT,….

Số liệu phỏng vấn được kiểm tra, mã hóa và nhập vào máy tính và được xử lý bằng chương trình Excel. Các phương pháp thống kê sử dụng bao gồm: Thống kê mô tả, thể hiện các trị số trung bình, độ lệch chuẩn, tần suất, tỷ lệ phần trăm các biến số, giá trị tối đa và tối thiểu; phương pháp phân tích mô hình hồi quy đa biến nhằm phân tích mối quan hệ giữa biến phụ thuộc là biến lợi nhuận nuôi tôm (Y) (triệu đồng/ha) và các biến độc lập. Mô hình hồi qui đa biến có dạng:

$$Y=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\ldots\ldots+\beta_kX_k+u$$

Trong đó, Y: lợi nhuận nuôi tôm (triệu đồng/ha); $X_1 \ldots X_k$: các biến độc lập khác có ảnh hưởng đến Y; β_0: Là hệ số tự do; β_1, β_2, β_k: Là hệ số hồi quy riêng; u: Là sai số. Một số biến độc lập liên quan đến AIoT được đưa vào mô hình như: Camera (*0: không sử dụng; 1: có sử dụng*); Có biết về AIoT (*0: không; 1: có*); Sử dụng thiết bị điều khiển từ xa (remote) (*0: không; 1: có*); sử dụng các ứng dụng trên điện thoại phục vụ nuôi tôm (*0: không; 1: có*); Sử dụng mạng xã hội *(0: không; 1: có*). Việc lựa chọn biến phụ thuộc và các biến độc lập đưa vào mô hình dựa vào khung phân tích của Ajoge và cộng sự; Joffre và cộng sự; và Rather và cộng sự [11, 18, 23]. Các tác giả đã đưa ra nhận định rằng việc ứng dụng các thiết bị/công nghệ có liên quan đến AIoT nhằm mục đích nâng cao năng suất và lợi nhuận trong NTTS. Trong đó việc ứng dụng các thiết bị và công nghệ AIoT có thể được phân thành các nhóm bao gồm các thiết bị phần cứng như camera, cảm biến, máy cho ăn tự động. Nhóm các ứng dụng, phần mềm, mạng xã hội phục vụ nuôi tôm. Nhóm liên quan đến tập huấn và hỗ trợ nhằm nâng cao nhận thức người nuôi trồng thủy sản về việc ứng dụng KH&CN trong NTTS.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Thông tin chung về hộ nuôi

Kết quả khảo sát cho thấy tuổi trung bình của chủ hộ nằm trong độ tuổi trung niên (45,35±10,46 tuổi), kinh nghiệm nuôi tôm khá lâu (12,3±5,06 năm) nhưng nuôi TTCT siêu thâm canh trong ao lót bạt mới áp dụng trong những năm gần đây (6,5±2,52 năm). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Lê Thị Phương Mai và cộng sự (2021) với kinh nghiệm nuôi tôm ở thời điểm đó là 2,4±1,2 năm. Số thành viên trong gia đình trung bình là 4,5±1,27 người, trong đó mỗi hộ có 1,23±0,42 người trực tiếp tham gia nuôi tôm, hầu hết đều là nam giới và là người đảm nhận chính với hoạt động nuôi tôm [2]. Điều này cho thấy nuôi tôm là công việc cần có sức khỏe tốt, là công việc nặng nhọc, phải thường xuyên tiếp xúc với môi trường nước (Bảng 1).

Bảng 1. Thông tin chung về hộ nuôi tôm được khảo sát

Chỉ tiêu/thông số	Trung bình±độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất–lớn nhất
Độ tuổi (tuổi)	45,35±10,46	32–77
Kinh nghiệm nuôi tôm (năm)	12,3±5,06	1,5–20
Kinh nghiệm nuôi tôm siêu thâm canh (năm)	6,5±2,52	1,5–11
Số thành viên trong gia đình (người)	4,5±1,27	2–8
Số thành viên tham gia nuôi tôm (người)	1,23±0,42	1–2

2. Khía cạnh kỹ thuật của mô hình nuôi

Do nhu cầu tiêu dùng sản phẩm TTCT ngày càng cao và có thể thả nuôi liên tục, nên hiện nay TTCT hầu như được thả nuôi quanh năm với trung bình 2,82±0,5 vụ/năm, dao động từ 2-3 vụ/năm. Thời gian thả giống gần như quanh năm, nhưng tập trung nhiều vào tháng 4 đến tháng 10 dương lịch. Kích cỡ giống thả nuôi là PL 11,42±1,22 với mật độ thả khá cao (200,75±61,45 con/m^2) (Bảng 2). Kết quả này thấp hơn so với 253±109 con/m^2 trong nghiên cứu của Lê Thị Phương Mai và cộng sự (2021). Thời gian nuôi trung bình 92,38±1,49 ngày, dài hơn so thời gian nuôi TTCT thâm canh tại Cà Mau trong nghiên cứu của Trần Lê Tiểu Trúc và cộng sự (2018) với trung bình 87,0±7,2 ngày. Hệ số tiêu tốn thức ăn là 1,24±0,14, dao động từ 1 đến 1,5. Kích cỡ thu hoạch đạt 54,9±33,22 con/kg, mang lại năng suất đạt khá cao với 31,94±16,97 tấn/ha/vụ, tuy nhiên thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của Lê Thị Phương Mai và cộng sự (2021) do sự khác nhau về mật độ nuôi cũng như là hiệu quả nuôi tôm còn phụ thuộc nhiều vào yếu tố tự nhiên và thời điểm khảo sát [2, 9].

Bảng 2. Thông tin về kỹ thuật của mô hình TTCT siêu thâm canh

Chỉ tiêu/thông số	Trung bình±độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất–lớn nhất
Số vụ nuôi (vụ/năm)	2,82±0,5	1–4
Mật độ thả nuôi (con/m^2)	200,75±61,45	100–300
Kích cỡ con giống (PLs)	11,42±1,22	8–12
Thời gian nuôi (ngày)	92,38±1,49	70–120
Hệ số thức ăn (FCR)	1,24±0,14	1–1,5
Kích cỡ thu hoạch (con/kg)	54,9±33,22	20–200
Năng suất (tấn/ha/vụ)	31,94±16,97	6,5–70

3. Khía cạnh tài chính của mô hình

Trong tổng chi phí của mô hình nuôi TTCT siêu thâm canh ở tỉnh Cà Mau thì chi phí cố định chiếm từ 5,66 - 7,41%, chủ yếu là chi phí khấu hao công trình ao với 68%, tiếp theo là chi phí khấu hao máy móc 31%, còn lại là khấu hao nhà kho (0,6%). Đa số những hộ nuôi có qui mô nhỏ thường không đầu tư cho nhà kho nên phần chi phí này chiếm tỉ lệ thấp nhất. Trong tổng chi phí biến đổi thì chi phí thức ăn chiếm tỷ lệ cao nhất với 59% (trung bình là 1.367,94 triệu đồng/ha/vụ), kết quả này thấp hơn so với mô hình nuôi TTCT siêu thâm canh trên bể nổi ở Cà Mau là 63,92% [6], kế đến là thuốc hóa chất chiếm 10,5%, chi phí con giống chiếm 9,5% và nhiên liệu chiếm 8,6% (các chỉ tiêu lần lượt là 220,41 và 199,41 triệu đồng/ha/vụ), và thấp nhất là chi phí lãi vay 0,7%, qua khảo sát đa số các hộ nuôi đều sử dụng vốn có sẵn, chỉ số ít vay mượn ngân hàng.

Bảng 3. Các chỉ tiêu tài chính của mô hình TTCT siêu thâm canh

Chỉ tiêu/thông số	Trung bình±độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất–lớn nhất
Tổng chi phí (tr.đ/ha/vụ)	887,07±638,66	161,9–2.569,63
Chi phí cố định (tr.đ/ha/vụ)	151,92±83,61	33,75–385,57
Chi phí biến đổi (tr.đ/ha/vụ)	2.322,17±1.071,1	555,25–5.039,89
Giá bán tôm (nghìn đồng/kg)	117,65±33,1	50–220
Doanh thu (tr.đ/ha/vụ)	1.354,74± 1.273,02	-1.441,8–3.888,14
Lợi nhuận (tr.đ/ha/vụ)	509,75±872,1	20–200
Tỉ suất lợi nhuận (lần)	0,57±0,71	-0,89–2,46
Số hộ nuôi có lãi (%)	75	-
Mức lãi (tr.đ/ha/vụ)	703,04±816,32	1,72–3.888,14
Mức thua lỗ (tr.đ/ha/vụ)	-370,63±529,19	-14–-1441,8

Mô hình nuôi TTCT siêu thâm canh yêu cầu chi phí đầu tư cao với 2.474,09 triệu đồng/ha/vụ (Bảng 3). Mức chi phí này cao hơn 1,7 lần so với kết quả của Huỳnh Văn Hiền và cộng sự, nhưng thấp hơn 1,3 lần so với nghiên cứu của Lê Thị Phương Mai và cộng sự với cùng mô hình [2-3]. Tuy chi phí đầu tư cao nhưng cũng mang lại doanh thu và lợi nhuận cao (tương ứng là 1.354,74 và 515,15 triệu đồng/ha/vụ) với giá bán trung bình 117,65 nghìn đồng/kg cho kích cỡ 55 con/kg. Có 75% số hộ nuôi có lãi, các hộ bị thua lỗ chủ yếu do rủi ro dịch bệnh, phải thu hoạch sớm khi tôm còn nhỏ. Tỷ suất lợi nhuận đạt 0,62 lần, dao động từ -0,89 đến 2,83, cao hơn so với kết quả 0,42 lần của mô hình nuôi tôm năng suất cao tại hợp tác xã ở Cà Mau. Trung bình, các hộ khảo sát đạt mức lãi 703,04 triệu đồng/ha/vụ, trong khi mức lỗ trung bình là -370,63 triệu đồng/ha/vụ.

4. Hiện trạng và lợi ích sử dụng các thiết bị/công nghệ AIoT

Các hộ nuôi TTCT siêu thâm canh ở Cà Mau có mức độ nhận biết về các thiết bị công nghệ cũng như tầm quan trọng của việc ứng dụng AIoT trong nuôi TTCT khá cao. Có 65% hộ nuôi đều biết thông tin về những máy móc, thiết bị AIoT liên quan đến hoạt động nuôi TTCT, những hộ biết rõ chiếm 10% và không biết là 25%. Kết quả này cao hơn so với nghiên cứu của Lưu Thị Quỳnh Trang và cộng sự (55,4%) và Nguyễn Duy Tài và cộng sự (50%) cho thấy nhận thức về việc ứng dụng các thiết bị công nghệ AIoT có cải thiện nhưng ở mức chậm [4-5]. Về nhóm các thiết bị phần cứng dựa trên công nghệ AIoT, tất cả các hộ nuôi có sử dụng máy cho ăn tự động. Đa phần các máy cho ăn tự động đều được sử dụng dựa trên cơ chế phun thức ăn theo tần suất được cài đặt sẵn. Hiện nay, việc sử dụng hệ thống cho ăn tự động ngày càng phổ biến cùng với mức độ thâm canh hóa trong NTTS do hiệu quả trong việc giảm công lao động và hạn chế thức ăn thừa [12, 15, 24]. Camera là một trong những thiết bị ứng dụng dựa trên công nghệ AI được áp dụng rộng rãi trong NTTS. Kết quả khảo sát cho thấy có 87,5% số hộ có sử dụng camera giám sát trên cạn (Bảng 4). Trong khi việc sử dụng camera dưới nước để quan sát hoạt động và hành vi của tôm nuôi đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới như Mỹ, Ấn Độ, Đài Loan,… thì ở Việt Nam chưa được sử dụng [17, 19]. Bộ điều khiển từ xa (remote) cho quạt nước, hệ thống sục khí,… và bộ đàm để liên lạc nhân công chiếm tỷ lệ thấp 7,5%, ứng dụng pin năng lượng mặt trời cho đèn chiếu sáng chỉ chiếm 5% do chi phí lắp đặt quá lớn và chưa phù hợp với quy mô nhỏ lẻ. Sử dụng thiết bị cảm biến để giám sát chất lượng nước là công nghệ chính dựa trên IoT thường được các nước ứng dụng trong NTTS ở các nước trên thế giới và cả Việt Nam [5, 17,

25]. Tuy nhiên hiện tại các hộ nuôi tại Cà Mau không ứng dụng công nghệ này. Nghiên cứu của Nguyễn Duy Tài và cộng sự chỉ ra rằng thời điểm năm 2019 – 2020 có 11,1% hộ nuôi có ứng dụng các giải pháp cảm biến trong quản lý chất lượng nước do có được sự hỗ trợ từ các các doanh nghiệp và quản lý ngành trong việc cung cấp các thiết bị cảm biến với giá ưu đãi. Tuy nhiên sau chương trình và sau thời gian sử dụng thì các hộ không tái đầu tư vào công nghệ này.

Bảng 4. Hiện trạng ứng dụng các thiết bị, công nghệ AIoT (phần cứng) và công nghệ thông tin

Các thiết bị AIoT phần cứng	Không (%)	Có (%)	Công nghệ thông tin	Không (%)	Có (%)
Điều khiển từ xa	92,5	7,5	Tìm thông tin qua YouTube, Google	62,5	37,5
Sử dụng Camera	12,5	87,5	Mạng Wifi/4G phục vụ nuôi tôm	22,5	77,5
Thiết bị ứng dụng năng lượng mặt trời	95	5	Mạng xã hội Zalo, Facebook	25	75

Về việc ứng dụng phần mềm hỗ trợ cho thấy đa phần người nuôi tiếp cận được với công nghệ thông tin, có 37,5% (Bảng 4) số hộ sử dụng YouTube và Google để tìm hiểu thông tin, kiến thức và những chia sẻ từ những người nuôi có kinh nghiệm phục vụ cho nuôi tôm. Có đến 77,5% số hộ có trang bị mạng wifi/4G để kết nối với Internet cho mục đích sử dụng camera, sử dụng mạng xã hội phục vụ nuôi tôm. Hơn 75% người nuôi sử dụng các ứng dụng mạng xã hội như Zalo, Facebook ngoài việc giải trí còn giúp họ chia sẻ, học hỏi kinh nghiệm nuôi và giao việc cho công nhân thông qua tin nhắn/gọi điện.

Khi lượng hóa việc sử dụng các thiết bị công nghệ AIoT, kết quả chỉ ra rằng các hộ nuôi tôm sử dụng trung bình 4 thiết bị/hộ đối với các thiết bị phần cứng, 3,8 thiết bị đối với các thiết bị hỗ trợ phần mềm (điện thoại, máy tính, laptop). Chi phí đầu tư cho các thiết bị thuộc công nghệ AIoT (đã khấu hao) chiếm 53% trong chi phí cố định, cho thấy chi phí đầu tư cho các thiết bị AIoT chiếm tỷ lệ khá cao trong tổng chi phí cố định.

5 Ảnh hưởng của các thiết bị công nghệ AIoT đến lợi nhuận tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh

Kết quả phân tích hồi quy với biến phụ thuộc Y là biến lợi nhuận (tr.đ/ha/năm) cho thấy có 6 biến ảnh hưởng đến lợi nhuận được trình bày trong Bảng 5, cụ thể như sau:

Biến X_1: Số thành viên trong gia đình (người) có tương quan tỷ lệ nghịch với lợi nhuận. Nếu tăng thêm 1 thành viên thì lợi nhuận sẽ giảm -244,764 triệu đồng/ha/vụ. Số thành viên trung bình của mỗi hộ là 4,5±1,27 người/hộ, nhưng chỉ có 1,23 người trực tiếp tham gia nuôi tôm, điều này thể hiện cho việc nhiều thành viên trong gia đình nhưng đa số là người phụ thuộc (người già và trẻ em). Điều này có thể dẫn đến việc lao động nuôi tôm bị phân tán thời gian, từ đó gây ảnh hưởng đến hiệu quả nuôi tôm.

Biến X_4: Diện tích thả nuôi (ha) có tương quan thuận với lợi nhuận, khi tăng quy mô diện tích thả nuôi lên 1 ha thì làm cho lợi nhuận tăng lên 1.112 triệu đồng. Khi diện tích nuôi tôm tăng lên, người nuôi có thể tận dụng được lợi thế kinh tế theo quy mô [14], điều này có nghĩa là chi phí sản xuất trên mỗi đơn vị diện tích sẽ giảm khi quy mô sản xuất tăng do các chi phí cố định như (cơ sở hạ tầng, hệ thống quạt nước, máy móc, thiết bị) nuôi tôm có thể được phân bổ trên diện tích rộng hơn và không tăng tương ứng. Hiện tại diện tích nuôi tôm của các hộ vẫn còn khá nhỏ nên việc mở rộng quy mô sản xuất giúp tăng lợi nhuận, tạo cơ hội đạt hiệu quả kinh tế theo quy mô.

Biến X_6: Kinh nghiệm nuôi tôm (năm) lại có tương quan nghịch chiều đến lợi nhuận, khi tăng 1 năm kinh nghiệm nuôi lên thì lại làm cho lợi nhuận giảm đi 151,645. Theo đó,

nghề nuôi tôm thường phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người nuôi. Tuy nhiên, xu hướng phát triển nghề nuôi tôm hiện nay là nuôi theo công nghệ cao, áp dụng các thiết bị thông minh vào trong sản xuất, việc kinh nghiệm nuôi lâu năm lại là một trong những cản trở cho người nuôi tiếp cận các công nghệ hiện đại. Bên cạnh đó, năng suất và hiệu suất canh tác trong nông nghiệp và thủy sản gần như mang tính may rủi [5], do đó, việc kinh nghiệm nuôi tôm có tác động nghịch biến với lợi nhuận cũng là điều có thể giải thích được.

Đối với biến về công nghệ thì biến X_9: Có biết về công nghệ AIoT (0=không; 1= có) có tương quan cùng chiều với lợi nhuận. Khi có nhận thức về thiết bị công nghệ AIoT lợi nhuận cao hơn 507,215 triệu đồng/ha/vụ so với hộ chưa từng biết về các thiết bị công nghệ, đặc biệt là AIoT trong sản xuất. Sử dụng những công nghệ thông minh giúp giải phóng năng lượng và được đánh giá là mang lại doanh thu tốt [4].

Biến X_{11}: Có sử dụng camera giám sát ao nuôi (0=không; 1=có), khi có sử dụng Camera để giám sát ao nuôi sẽ giúp cho hộ nuôi tăng lên 531,436 triệu đồng/ha/vụ. Thực tế khảo sát cho thấy khi có sự giám sát của Camera sẽ giúp giảm công lao động của người nuôi trong việc quan sát ao và kịp thời khắc phục khi có sự cố xảy ra. Việc nâng cao năng lực giám sát điều kiện tăng trưởng và sức khỏe của vật nuôi bằng các công nghệ kết nối thông minh được đánh giá có thể đem lại doanh thu rất tốt trong những năm tới [4].

Bảng 5. Kết quả hồi quy đa biến các yếu tố ảnh hưởng đến lợi nhuận

Các yếu tố ảnh hưởng	Hệ số B	Giá trị t	P-value
Hằng số	657,095	0,351	0,728
X_1: Số thành viên trong gia đình (người)	-244,764	-2,243**	0,021
X_2: Trình độ học vấn của người nuôi (lớp)	82,916	0,542	0,592
X_3:Tuổi (tuổi)	5,548	0,470	0,642
X_4: Diện tích thả nuôi (ha)	1.112,579	2,835***	0,008
X_5: Số vụ nuôi trong năm (vụ)	-49,093	-0,201	0,842
X_6: Kinh nghiệm nuôi tôm (năm)	-151,645	-3,631***	0,001
X_7: Hệ số FCR	1.156,980	1,230	0,229
X_8: Biết về AIoT (0=không; 1= có)	507,215	1,787*	0,085
X_9: SD mạng Wifi/4G cho nuôi tôm (0=không; 1=có)	1.121,074	-1,51	0,143
X_{10}: Sử dụng ứng dụng thông minh (0=không; 1=có) (0=không; 1=có)	512,462	-1,016	0,319
X_{11}: Có sử dụng Camera giám sát ao nuôi (0=không; 1=có)	531,436	2,179**	0,038
X_{12}: Sử dụng mạng xã hội Zalo/Facebook (0=không; 1= có)	658,917	0,920	0,366
R= 0,817; R^2= 0,668;	R^2 hiệu chỉnh = 0,482		

*Ghi chú: *: mức ý nghĩa <10%, **: mức ý nghĩa <5%, ***: mức ý nghĩa <1%,*

6. Thuận lợi, khó khăn và tiềm năng mở rộng ứng dụng công nghệ AIoT

Việc ứng dụng các thiết bị và công nghệ AIoT mang lại nhiều lợi ích cho người nuôi, nhất là giảm công lao động, tiết kiệm thời gian và hạn chế rủi ro trong quá trình sản xuất. Kết quả khảo sát cho thấy, máy cho ăn tự động được đánh giá cao nhất về tính tiện lợi và hiệu

quả sử dụng với 75% ý kiến cho rằng thiết bị này giúp tiết kiệm chi phí thức ăn và giảm ô nhiễm môi trường ao nuôi. Camera giám sát được sử dụng phổ biến nhằm theo dõi ao nuôi và xử lý kịp thời các sự cố phát sinh (70%). Bên cạnh đó, 37,5% hộ nuôi sử dụng điện thoại thông minh để tìm kiếm thông tin, trao đổi kinh nghiệm và kết nối từ xa với hệ thống camera, quạt nước và hệ thống sục khí. Thiết bị điều khiển từ xa với lợi ích chủ yếu là giảm công lao động trong vận hành các thiết bị như quạt nước, oxy và siphon đáy ao. Nhìn chung, các thiết bị này góp phần nâng cao tính chủ động trong quản lý ao nuôi và cải thiện hiệu quả sản xuất (Bảng 6).

Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ này vẫn gặp nhiều hạn chế. Đối với các hộ đã sử dụng thiết bị công nghệ, các khó khăn chính bao gồm thiết bị khó sử dụng (73%), dễ hư hỏng (48%) và thiếu dịch vụ sửa chữa, thay thế. Đối với các hộ chưa áp dụng, rào cản lớn nhất là chi phí đầu tư cao (72,5%), cùng với lo ngại về độ an toàn và độ chính xác của thiết bị. Đặc biệt, đối với các hộ nuôi quy mô nhỏ, việc đầu tư các thiết bị công nghệ cao như AIoT được đánh giá là chưa phù hợp và chưa thật sự cần thiết.

Về định hướng trong tương lai, phần lớn hộ nuôi không có kế hoạch đầu tư thêm các thiết bị và công nghệ cao, bao gồm AIoT (72,7%). Chỉ một tỷ lệ rất nhỏ (6,2%) có ý định đầu tư các thiết bị cảm biến và công nghệ AIoT, trong khi các hộ còn lại chủ yếu dự kiến bổ sung hoặc thay thế các thiết bị truyền thống đang sử dụng như máy cho ăn tự động, camera giám sát và các dụng cụ đo môi trường nước. Điều này cho thấy mặc dù người nuôi đã có nhận thức nhất định về công nghệ AIoT, nhưng mức độ sẵn sàng thay đổi và mở rộng ứng dụng các công nghệ này trong thực tế còn hạn chế.

Bảng 6. Lợi ích, hạn chế và định hướng ứng dụng thiết bị công nghệ trong nuôi tôm TTCT siêu thâm canh

Chỉ tiêu/thông số	Tỷ lệ hộ (%)
1. Lợi ích khi ứng dụng thiết bị/công nghệ	
Sử dụng camera giám sát để theo dõi ao nuôi, xử lý kịp thời sự cố	70,0
Camera phát hiện người lạ tiếp cận ao nuôi	10,0
Sử dụng điện thoại thông minh để tìm kiếm thông tin, học hỏi kinh nghiệm	37,5
Điều khiển từ xa hệ thống quạt nước, oxy, siphon đáy ao	12,5
Sử dụng máy cho ăn tự động giúp tiết kiệm thức ăn, giảm ô nhiễm nước	75,0
2. Khó khăn khi ứng dụng thiết bị/công nghệ	
Khó sử dụng	73,0
Dễ hư hỏng	48,0
Thiếu dịch vụ sửa chữa, thay thế	35,5
3. Rào cản	
Chi phí đầu tư cao	72,5
Lo ngại về độ an toàn, chất lượng và độ chính xác	46,0
4. Định hướng đầu tư tương lai	
Không có kế hoạch đầu tư thiết bị và công nghệ cao (bao gồm AIoT)	72,7
Chưa có dự định đầu tư công nghệ thông tin	9,1
Dự định đầu tư thiết bị AIoT (cảm biến, hệ thống thông minh)	6,2

Về điều kiện để áp dụng và nhận rộng ứng dụng các thiết bị dựa trên công nghệ AIoT, kết quả khảo sát chỉ ra rằng qui mô diện tích đủ lớn là điều kiện quan trọng (39,0% ý kiến). Theo Võ Thị Thu Em và Trần Thị Thanh Nga (2021) cho rằng nếu không ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong sản xuất sẽ hạn chế việc mở rộng qui mô sản xuất, cản trở hộ sản xuất đạt được hiệu quả kinh tế theo qui mô [10]. Các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng hộ nuôi thuỷ sản có qui mô diện tích nhỏ sẽ là thách thức trong triển khai ứng dụng IoT [22]. Khả năng về vốn đầu tư cũng là điều kiện quan trọng để đầu tư thiết bị công nghệ AIoT với 29,3% ý kiến. Giá bán các thiết bị và thiết kế hệ thống sử dụng hiện nay ở mức khá cao so với khả năng chi trả của hộ [16, 20]. Nghiên cứu của Nguyễn Duy Tài và cộng sự (2020) đã chỉ ra rằng hiện nay có khá nhiều công ty cung cấp các thiết bị cảm biến kiểm soát môi trường nước trên thị trường với giá cả khác nhau nhưng nhìn chung còn khá cao đối với khả năng người dân. Hơn nữa, phụ tùng các thiết bị này dễ bị hư hỏng, trong khi mỗi công ty sẽ có những thông số kỹ thuật khác nhau dẫn đến việc khó khăn và gia tăng chi phí tìm kiếm thiết bị thay thế phù hợp. Ngoài ra cũng có 10,9% số hộ dân nuôi tôm còn đưa ra một số điều kiện cần thiết để ứng dụng công nghệ AIoT. Thứ nhất là điều kiện kỹ thuật của lao động nông hộ. Người trực tiếp nuôi tôm cần hiểu rõ hơn về công nghệ, cần có sự hỗ trợ từ cán bộ kỹ thuật để hướng dẫn sử dụng để có thể sử dụng đúng và thành thạo các trang thiết bị này. Thứ 2 là cần nâng cao nhận thức của người nuôi tôm. Người dân có tâm lý ngại thay đổi và chưa tin tưởng vào hiệu quả của các thiết bị/công nghệ mới nên chưa sẵn sàng thay đổi và áp dụng. Bên cạnh đó, việc ứng dụng các thiết bị, công nghệ này cần có cơ sở hạ tầng hỗ trợ phù hợp, như hệ thống điện, đường xá đi lại, các thiết bị hỗ trợ như điện thoại, máy tính, máy tính bảng, và cơ sở hạ tầng mạng kết nối internet. Một số vùng nông thôn, vùng sâu vùng xa còn khá khó khăn để lắp đặt các thiết bị này. Các công nghệ và thiết bị AIoT phải cho kết quả đo lường kết quả chính xác và có độ an toàn cao, quản lý được bệnh tôm và tiết kiệm được thời gian lao động xử lý (so với xử lý thủ công) trong quá trình nuôi tôm. Tính chính xác thông tin từ IoTs làm tăng năng suất trong nuôi thuỷ sản và đặc biệt là có thể kiểm soát được rủi ro trong sản xuất [13].

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nuôi TTCT siêu thâm canh là mô hình nuôi công nghệ cao, đòi hỏi mức đầu tư lớn và sự hỗ trợ của các thiết bị công nghệ, trong đó có AIoT. Các chỉ tiêu kỹ thuật cho thấy mô hình nuôi được áp dụng với mật độ thả cao, thời gian nuôi tương đối ngắn, hệ số chuyển đổi thức ăn thấp và năng suất bình quân cao.

Tổng chi phí đầu tư ở mức cao, trong đó chi phí biến đổi chiếm tỷ trọng lớn, phản ánh đặc trưng thâm canh của mô hình. Doanh thu và lợi nhuận trung bình đạt mức khá, với 75% số hộ nuôi có lãi. Tuy nhiên độ lệch chuẩn lớn và biên độ dao động rộng cho thấy rủi ro sản xuất vẫn đáng kể. Điều này cho thấy hiệu quả tài chính phụ thuộc nhiều vào trình độ quản lý, kiểm soát chi phí và điều kiện sản xuất của từng hộ nuôi.

Việc ứng dụng công nghệ AIoT hiện nay chủ yếu dừng ở các thiết bị hỗ trợ quản lý và giám sát như camera, điều khiển từ xa và các ứng dụng thông minh, trong khi việc khai thác Internet cho học hỏi kỹ thuật và áp dụng AIoT còn hạn chế.

Khả năng mở rộng ứng dụng AIoT trong thời gian tới chưa cao do chi phí đầu tư lớn, khó sử dụng và chưa phù hợp với quy mô sản xuất của nhiều hộ nuôi, cho thấy cần có các giải pháp hỗ trợ phù hợp để thúc đẩy ứng dụng công nghệ này trong thực tiễn.

2. Kiến nghị

Mối liên hệ tác động của việc sử dụng các thiết bị AIoT đến các chỉ tiêu kỹ thuật và hiệu

quả cài chính được thể hiện một phần qua nghiên cứu này. Tuy nhiên, nghiên cứu hiện tại còn khá hạn chế về số mẫu cũng như phạm vi không gian và thời gian nghiên cứu. Do đó chưa phản ánh đầy đủ sự đa dạng về điều kiện nuôi, mức độ ứng dụng AIoT cũng như sự khác biệt trong trình độ quản lý giữa các hộ nuôi. Bên cạnh đó, việc đánh giá tác động của từng nhóm thiết bị AIoT riêng lẻ** còn chưa được phân tích sâu. Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần mở rộng quy mô mẫu, thực hiện khảo sát theo chuỗi thời gian dài hơn và kết hợp các phương pháp phân tích định lượng nâng cao nhằm làm rõ hơn mối quan hệ nhân – quả giữa mức độ ứng dụng AIoT và hiệu quả sản xuất. Đồng thời, việc đánh giá hiệu quả kinh tế – kỹ thuật của từng loại thiết bị cụ thể, sẽ góp phần cung cấp cơ sở khoa học vững chắc hơn cho các khuyến nghị chính sách và định hướng phát triển nuôi tôm công nghệ cao trong thời gian tới.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐH-QG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số DS2022-56-01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Thủy Sản (2024), Kết quả sản xuất tôm nước lợ năm 2023, nhiệm vụ, giải pháp trọng tâm năm 2024, Hội nghị Triển khai nhiệm vụ phát triển ngành tôm nước lợ năm 2024. Bạc Liêu, ngày 23/3/2025.
2. Lê Thị Phương Mai, Võ Nam Sơn, Đỗ Thị Thanh, Dương Văn Ni, và Trần Ngọc Hải (2016), "Đánh giá ảnh hưởng của độ mặn lên cá sặc rằn (*Trichogaster pectogalis*) và khả năng nuôi cá ở tỉnh Hậu Giang trong điều kiện xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu", *Tạp chí Khoa học trường đại học Cần Thơ, 43,* tr. 133-142.
3. Huỳnh Văn Hiền, Đặng Thị Phượng, và Nguyễn Thị Kim Quyên (2021), "Hiệu quả kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh trong ao lót bạt ở Đồng Bằng Sông Cửu Long". *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ Nông Nghiệp Việt Nam*, *5*(126), tr. 109-114.
4. Lưu Thị Quỳnh Trang, Vương Quang Huy, Vũ Minh Trung, Nguyễn Trường Sơn, Chu Đức Hà, La Việt Hồng và Phạm Minh Triển (2022), "Công nghệ kết nối trong sản xuất nông nghiệp thông minh và định hướng cho Việt Nam", *Tạp chí khoa học và công nghệ*, *4*, tr. 25-28.
5. Nguyễn Duy Tài, Nguyễn Thị Hạnh Quyên, Đào Duy Minh, Nguyễn Thị Hà Giang, Vũ Hoàng Hải và Trần Thùy Anh (2020), "Thực trạng ứng dụng IoT trong nuôi tôm thẻ chân trắng ở Đồng Bằng Sông Cửu Long", *Tạp chí khoa học và công nghệ*, *12*, tr. 32-34.
6. Phạm Tiến Sĩ, Lê Quốc Việt, Võ Nam Sơn và Trần Ngọc Hải (2024), "Phân tích khía cạnh kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus Vannamei*) siêu thâm canh trên bể nổi ở Cà Mau", *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 60*, tr. 264-273.
7. Sở Nông nghiệp và Môi trường (2024), Báo cáo tham luận kết quả thực hiện nuôi tôm 2023, nhiệm vụ và giải pháp 2024.
8. Tổng cục Thống kê (2024), "Số liệu thống kê nông, lâm và thủy sản", truy cập tại địa chỉ https://www.gso.gov.vn/so-lieu-thong-ke/, truy cập ngày 12/4/2025.
9. Trần Lê Tiểu Trúc, Nguyễn Thị Hồng Ngọc, Đặng Thị Thu Trang, Phạm Việt Nữ, Ngô Thị Diễm Trang, Đặng Thị Thúy Ái và Nguyễn Thị Bé Ly (2018), "Hiện trạng quản lý và xử lý chất thải từ ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh tại tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau", *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ,* 54(1B), tr. 82-91.
10. Võ Thị Thu Em và Trần Thị Thanh Nga (2021), "Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nuôi trồng thủy sản", *Tạp chí Khoa học – Trường Đại học Phú Yên*, 28 (2021), tr. 71-80.
11. Ajoge, N. S., Ahmed, M. A., and Balarabe (2024), "A. Design of a framework for an AI-IoT based system

for improving fish production in a smart pond", The 20th Annual Conference of the National Science and Technology Forum (NSTF), Kaduna Polytechnic, Nigeria. On 25th to 30th July, 2023. Theme: Advancing Science and Technology for Effective Service Delivery (pp 1 – 13). Kaduna Polytechnic Nigeria.

12. Assaf, R., Okut, N., and Asmatulu, E. (2024), "Unlocking the potential of Internet of Things in Aquaculture: Addressing challenges and exploring future trends", *Advanced Engineering Technology and Application*, 13(1), pp. 117 – 130.
13. Bachtiar, M. F., Hidayat, R. and Anantama, R. (2022), "Internet of Things (IoT) Based Aquaculture Monitoring System", *MATEC Web of Conferences*, 372(2):04009.
14. Begg, D., Fischer, S., and Dornbusch, R. (1992), *Economics,* McGraw Hill
15. Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., ... and Valenti, W. C. (2020), "Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges", *Journal of the world aquaculture society,* 51(3), pp. 578-633.
16. Hsu, W.C, Chao, P.Y, Wang, C.S, Hsieh, J.C. and Huang, W. (2020), "Application of Regression Analysis to Achieve a Smart Monitoring System for Aquaculture", *Information*, 11 (8), pp. 387.
17. Huang, Y. P. and Khabusi, S. P. (2025), "Artificial Intelligence of Things (AIoT) Advances in Aquaculture: A Review", *Processes, 13*(1), pp. 73.
18. Joffre, O. M., Klerkx, L., Dickson, M. and Verdegem, M. (2017), "How is innovation in aquaculture conceptualized and managed? A systematic literature review and reflection framework to inform analysis and action", *Aquaculture, 470,* pp. 129-148.
19. Lim, L. W. K. (2024), "Implementation of artificial intelligence in aquaculture and fisheries: deep learning, machine vision, big data, internet of things, robots and beyond", *Journal of Computational and Cognitive Engineering, 3*(2), pp. 112-118.
20. Nasir, O. A. and Mumtazah, S. (2020), "IoT-Based Monitoring of Aquaculture System", *International Journal of Science and Technology*. 6(1), pp. 113-137.
21. Quyen, N. T. K., Yen, T. T. B. and Riple, A. K. L. (2022), "Adoption of Vietnamese Good Agricultural Practices (VietGAP) in aquaculture: Evidence from small-scale shrimp farming", *Asian Fisheries Science, 34*(4), pp. 393-403.
22. Rastegari, H., Nadi, F., Lam, S.S., Ikhwanuddin, M., Azman Kasan, M., Rahmat, R. F. and Mahari, W. A. W. (2023), "Internet of Things in aquaculture: A review of the challenges and potential solutions based on current and future trends", *Smart Agricultural Technology*, 4 , pp. 100187.
23. Rather, M. A., Ahmad, I., Shah, A., Hajam, Y. A., Amin, A., Khursheed, S., ... and Rasool, S. (2024), "Exploring opportunities of Artificial Intelligence in aquaculture to meet increasing food demand", *Food Chemistry, X, pp.* 101309.
24. Romano, E., Brambilla, M., Cutini, M., Giovinazzo, S., Lazzari, A., Calcante, A., ... and Bragaglio, A. (2023), "Increased cattle feeding precision from automatic feeding systems: considerations on technology spread and farm level perceived advantages in Italy", *Animals*, *13*(21), pp. 3382.
25. Satra, R., Hadi, M. S., Sujito, S., Febryan, F., Fattah, M. H. and Busaeri, S. R. (2024), "IoAT: Internet of Aquaculture Things for Monitoring Water Temperature in Tiger Shrimp Ponds with DS18B20 Sensors and WeMos D1 R2", *Journal of Robotics and Control (JRC), 5*(1), pp. 62-71.