



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ

Số chuyên đề: SDMD 2022

website: ctujsvn.ctu.edu.vn



DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.189

## ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IOT VÀ MẠNG CẢM BIẾN TRONG GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG VÀ NÂNG CAO HIỆU QUẢ MÔ HÌNH LÚA TÔM Ở HUYỆN AN BIÊN TỈNH KIÊN GIANG

Trương Minh Thái<sup>1</sup> và Dương Nhựt Long<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Công nghệ thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trương Minh Thái (email: tmthai@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 29/08/2022

Ngày nhận bài sửa: 15/09/2022

Ngày duyệt đăng: 17/10/2022

### Title:

Application of IoT technology and sensor network in environmental management solutions and improvement of the efficiency of rice-shrimp models in An Bien district, Kien Giang province

### Từ khóa:

Công nghệ IoT, mạng cảm biến, mô hình lúa - tôm

### Keywords:

IoT technology, rice-shrimp model, sensor network

### ABSTRACT

The rice-shrimp model is a traditional farming model of farmers in An Bien district, Kien Giang province, which had been exploited mainly by folk experiences, with low economic efficiency. IoT technology and sensor networks are applied in environmental management in the rice-shrimp farming model in An Bien district, Kien Giang province to optimize the model's technical process, and improve farmers' profits. In the experiment, the monitoring system applied IoT technology and a sensor network to collect, monitor, and manage collected data on environmental factors (salinity, pH, NH<sub>4</sub>, DO, temperature) in the rice-shrimp farming model in 04 communes of the An Bien district has been designed, installed, and operated. This system helps farmers proactively decide the right time to supply more water to the field, creating stable quality of the water in the field, improving the survival rate of shrimp, and increasing economic efficiency.

### TÓM TẮT

Mô hình lúa - tôm là mô hình canh tác truyền thống của nông dân huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang, hoạt động khai thác mô hình chủ yếu từ kinh nghiệm dân gian, hiệu quả kinh tế thấp. Công nghệ IoT và mạng cảm biến được ứng dụng trong quản lý môi trường trong mô hình canh tác lúa - tôm ở huyện An Biên tỉnh Kiên Giang nhằm xây dựng hoàn thiện quy trình kỹ thuật vận hành mô hình, nâng cao lợi nhuận cho người canh tác lúa tôm. Trong thực nghiệm, hệ thống quan trắc ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến được dùng để thu thập, giám sát và quản lý dữ liệu của các yếu tố môi trường (độ mặn, pH, NH<sub>4</sub>, DO, nhiệt độ) trong mô hình canh tác lúa - tôm ở 4 xã của huyện thuộc huyện An Biên đã được triển khai thiết kế, lắp đặt và vận hành. Hệ thống này giúp cho nông dân chủ động quyết định thời gian phù hợp để cấp nước thêm cho ruộng tạo sự ổn định của chất lượng nước trong ruộng nuôi, nâng được tỷ lệ sống của tôm, tăng hiệu quả kinh tế.

### 1. MỞ ĐẦU

Định hướng phát triển nông nghiệp – thủy sản ứng dụng công nghệ cao đã và đang đóng góp đáng

kể vào sự gia tăng sản lượng và chất lượng chủng loại sản phẩm tiêu thụ ở thị trường nội địa và xuất khẩu trong khu vực và toàn cầu, góp phần làm giảm

nguồn cung cấp sản phẩm từ các hoạt động khai thác tự nhiên (Pekar et al., 2006), (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2009).

Những hạn chế từ thực tiễn sản xuất của nghề nuôi thủy sản trong các loại hình thủy vực, đặc biệt ứng với điều kiện sinh thái của mô hình lúa - tôm (theo các hình thức luân canh, quảng canh, quảng canh cải tiến) ở huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang, như: sử dụng chủ yếu thức ăn tự nhiên, không chủ động kiểm soát và quản lý tốt chất lượng nước, nên năng suất tôm nuôi đạt khá thấp từ 80 – 120 kg/ha, lợi nhuận cho người sản xuất không cao so với tiềm năng của mô hình nuôi tôm trong ruộng lúa ở nhiều vùng sinh thái có trong khu vực (Chi cục Thủy sản Kiên Giang, 2017).

Ngoài ra, những năm gần đây do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, môi trường với nồng độ muối và pH nước thường biến động, mô hình canh tác xuất hiện nhiều loại bệnh nguy hại cho tôm nuôi, tỷ lệ sống thấp, năng suất tôm nuôi thấp và biến động, gây nhiều thiệt hại cho người nuôi. Theo Lee and Wickins (1992) và Boyd (1990), yếu tố môi trường nước thường có ảnh hưởng rất lớn đến sự phân bố, sinh trưởng bắt mồi, sự tăng trưởng và tỷ lệ sống của tôm. Do vậy, hướng đến sự phát triển bền vững của mô hình canh tác lúa - tôm, rất cần nhiều giải pháp tác động hỗ trợ đồng bộ như khắc phục tình trạng thối giống nhiều lần trong năm, kiểm soát tốt chất lượng nước. Ứng dụng hiệu quả giải pháp công nghệ IoT và mạng cảm biến trong vận hành và quản lý tốt môi trường nuôi sẽ góp phần nâng cao hiệu quả và phát triển bền vững mô hình canh tác lúa - tôm.

Kết quả trình bày trong bài báo này được đúc kết qua 2 năm thực nghiệm dự án “*Ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến trong giải pháp quản lý môi trường và nâng cao hiệu quả mô hình canh tác lúa tôm ở huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang*” nhằm mục tiêu xác lập cơ sở khoa học và thực tiễn trong quản lý môi trường, nâng cao hiệu quả và phát triển bền vững mô hình lúa - tôm.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm, đối tượng và thời gian nghiên cứu

Dự án tập trung nghiên cứu giải pháp tự động giám sát điều kiện môi trường trên nền tảng ứng dụng công nghệ IoT để giải quyết các vấn đề về còn hạn chế trong giám sát, quản lý điều kiện môi trường (đo chỉ tiêu môi trường thủ công bằng test kit, đo không liên tục, số liệu đo không được quản lý), cùng tính hiệu quả của mô hình lúa tôm ở huyện An Biên khi áp dụng phương pháp dụng giải pháp giám sát tự động.

Thời gian thực hiện từ tháng 12 năm 2019 đến tháng 12 năm 2021 tại 3 xã: Nam Thái A, Nam Thái, Tây Yên A, huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang.

### 2.2. Phương tiện nghiên cứu

Để đánh giá hệ thống quan trắc được triển khai, một số thiết bị đo môi trường nước đã được sử dụng như: thiết bị đo hàm lượng DO hòa tan cầm tay HI9142, bút đo pH HANNA HI98127, máy đo nhiệt độ và DO (OxyGuard, Đan Mạch).

Nhằm đánh giá mức độ chính xác và ổn định của hệ thống mạng quan trắc, quản lý môi trường từ ứng dụng công nghệ IoT, độ lệch RMSE (Root Mean Squared Error) được sử dụng để so sánh số liệu thu được từ hệ thống quan trắc với các dụng cụ đo bằng tay trong điều kiện môi trường nước ở ruộng nuôi và nguồn nước cấp. Dự án tiến hành đo các chỉ số nhiệt độ (TMP), độ pH, độ mặn (SAL), độ oxy hòa tan trong nước (DO) và NH<sub>4</sub> bằng các thiết bị đo bằng tay, đồng thời tính toán và so sánh kết quả đo từ hệ thống quan trắc, đánh giá độ lệch:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}}$$

Trong đó:

- $x_i$  là giá trị lần đo thứ  $i$  trên ruộng.
- $y_i$  là giá trị lần đo thứ  $i$  của hệ thống quan trắc trên kênh cấp.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

**Nội dung 1:** Khảo sát thực trạng kỹ thuật canh tác và hiệu quả tài chính mang lại từ mô hình lúa - tôm. Xác định những hạn chế, làm cơ sở lý luận cho việc xây dựng các giải pháp tác động cải thiện và xây dựng hoàn thiện các mô hình sản xuất lúa – tôm ở huyện An Biên.

Trong quá trình thực hiện, (1) *số liệu khảo sát thứ cấp* được thu thập qua tài liệu kỹ thuật, báo cáo tổng kết năm từ các cơ quan quản lý chuyên ngành ở địa phương; (2) *số liệu sơ cấp* thực hiện khảo sát với 60 hộ đang tham gia sản xuất các mô hình lúa - tôm tại các vùng nuôi của huyện. Phương pháp thực hiện bằng cách phỏng vấn trực tiếp nông hộ để thu thập thông tin về kỹ thuật và quản lý mô hình lúa tôm.

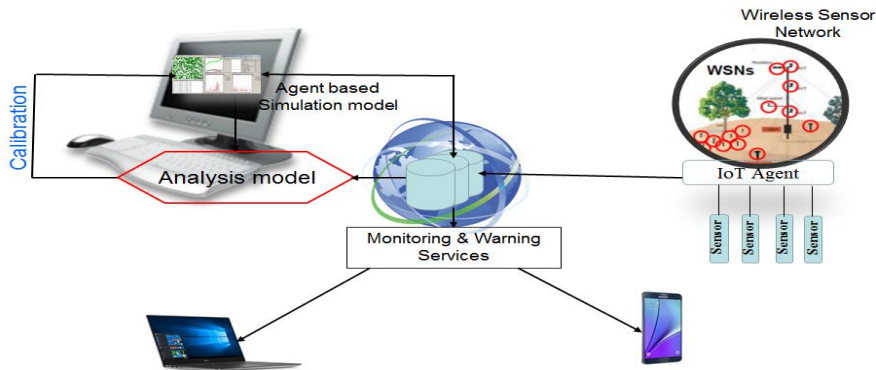
**Nội dung 2:** Thực nghiệm xây dựng mô hình ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến để giám sát và quản lý tốt điều kiện môi trường ở vùng canh tác lúa tôm với 18 hộ tham gia sản xuất trên diện tích ruộng 27 ha, bình quân 1,5 ha/hộ. Thực nghiệm thực hiện quy trình kỹ thuật sản xuất lúa - tôm phát triển

qua 2 giai đoạn (giống và nuôi thương phẩm) với 3 loại mô hình canh tác gồm: (1) mô hình 1: xây dựng mô hình nuôi tôm sú (bổ sung cua ở mật 1 con/10 m<sup>2</sup>) trong ruộng lúa vào mùa khô luân canh với tôm càng xanh trên nền đất ruộng ở xã Nam Thái A, huyện An Biên tỉnh Kiên Giang; (2) mô hình 2: xây dựng mô hình nuôi tôm sú (bổ sung cua ở mật 1 con/10 m<sup>2</sup>) vào mùa khô luân canh với lúa xen canh tôm càng xanh ở mùa mưa xã Nam Thái, huyện An Biên tỉnh Kiên Giang; (3) mô hình 3: xây dựng mô hình canh tác lúa – tôm đa dạng, phát triển bền vững (tôm sú, tôm càng xanh, cua và lúa, hoa màu) ở xã Tây Yên A, huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang.

Trong quá trình thực nghiệm, công nghệ IoT và mạng cảm biến được ứng dụng để khảo sát, chọn địa điểm đặt các trạm quan trắc môi trường và thực hiện lắp hệ thống phần cứng, phần mềm, đồng thời huấn luyện kỹ thuật sử dụng cho cán bộ quản lý và hộ dân tham gia dự án.

2.3.1. Mô hình hệ thống giám sát trên nền tác tử

Trong ứng dụng xây dựng hệ thống giám sát môi trường, mô hình hệ thống giám sát trên nền tác tử (AEMS – Agent based Environment Monitoring System) (Truong et al., 2020), là một mô hình dựa trên kỹ thuật mạng cảm biến không dây (WSN – Wireless Sensor Network), IoT (Internet of Thing), lưu trữ và phân tích dữ liệu trên nền tảng mô phỏng đa tác tử (Agent Based Simulation) kết hợp kho dữ liệu (Data Warehouse) đã được nghiên cứu. Thành phần trung tâm của hệ thống AEMS là máy chủ dịch vụ giám sát và cảnh báo (Monitoring and Warning Services), cung cấp các dịch vụ: (1) lưu trữ; (2) phân tích (Analysis model) và mô phỏng tác tử (Agent Based Simulation model); (3) Cảnh báo (Warning) thực hiện gửi các cảnh báo và giải pháp thích hợp đến người dùng (Hình 1).

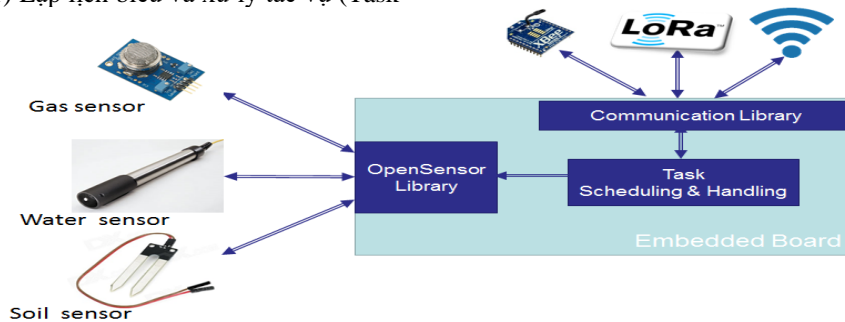


Hình 1. Hệ thống giám sát môi trường trên nền tác tử

Phần thu thập các yếu tố môi trường do các trạm quan trắc môi trường thực hiện. Các trạm quan trắc được xây dựng dựa trên công nghệ IoT và tác tử (Agent). Các IoT Agent liên kết với nhau qua hệ thống mạng không dây tạo nên một mạng lưới các trạm cảm biến (Wireless Sensor Network).

Cơ bản, IoT Agent được xây dựng dựa trên các thành phần: (1) Lập lịch biểu và xử lý tác vụ (Task

Scheduling and Handling); (2) Giao tiếp cảm biến (OpenSensor Library) thực hiện giao tiếp với các cảm biến nhằm thu thập giá trị của các yếu tố môi trường; và (3) Giao tiếp truyền tin (Communication Library) thực hiện truyền dữ liệu thu thập từ môi trường về trung tâm lưu trữ dữ liệu và nhận lệnh từ người sử dụng (Hình 2).



Hình 2. Các thành phần của IoT Agent

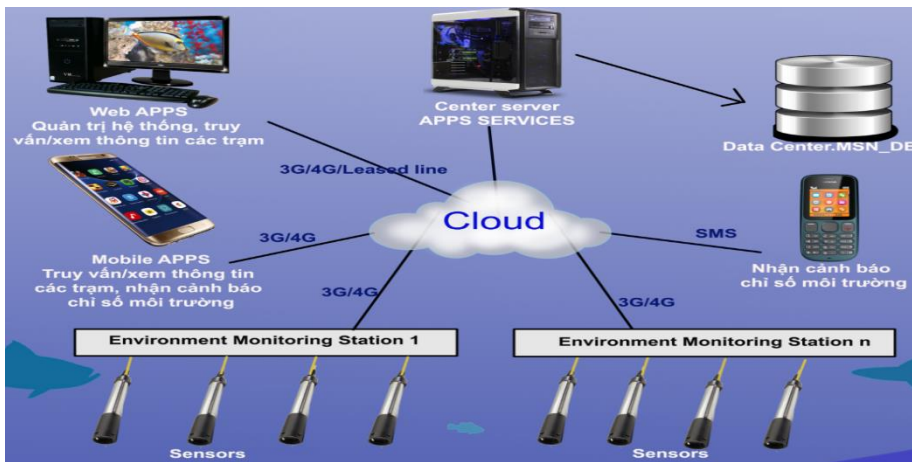
Hoạt động của các trạm cảm biến được thực hiện bởi bộ phận xử lý công việc theo lịch biểu được thiết lập cho từng trạm cảm biến. Thời gian đọc dữ liệu từ cảm biến là cứ sau mỗi 5 phút, 10 phút... tùy theo yêu cầu thu thập dữ liệu của người sử dụng.

2.3.2. Hệ thống quan trắc và quản lý dữ liệu quan trắc các yếu tố môi trường nước cho mô hình lúa – tôm ở huyện An Biên

Mô hình triển khai

Thực nghiệm hệ thống giám sát chất lượng nước của mô hình lúa - tôm, dự án đã phát triển ở các trạm

giám quan trắc môi trường kết nối với 05 loại cảm biến (độ mặn, nhiệt độ, độ oxy hòa tan - DO, độ pH, NH<sub>4</sub>) và hệ thống có thể mở rộng kết nối với các loại cảm biến khác khi phát sinh nhu cầu. Các trạm quan trắc được đặt ở nguồn cấp nước cho vùng sản xuất: kênh cấp và thoát, ao, ruộng lúa. Máy chủ dịch vụ trong hệ thống giám sát môi trường được phát triển trên nền tảng đám mây giúp giảm chi phí phần cứng và dễ dàng tích hợp thêm các dịch vụ mới cho hệ thống. Hệ thống giám sát môi trường nước cung cấp dịch vụ quản lý, và xem dữ liệu thông qua hệ thống phần mềm web và ứng dụng di động (Hình 3).

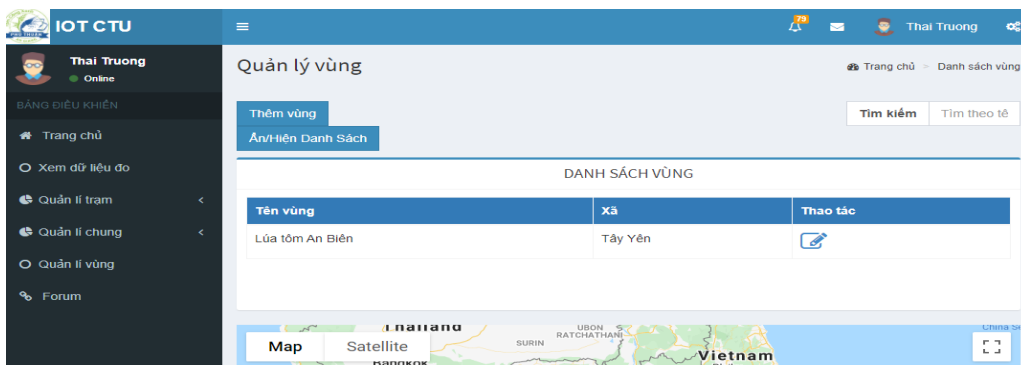


Hình 3. Mô hình triển khai hệ thống giám sát môi trường nước của mô hình lúa - tôm

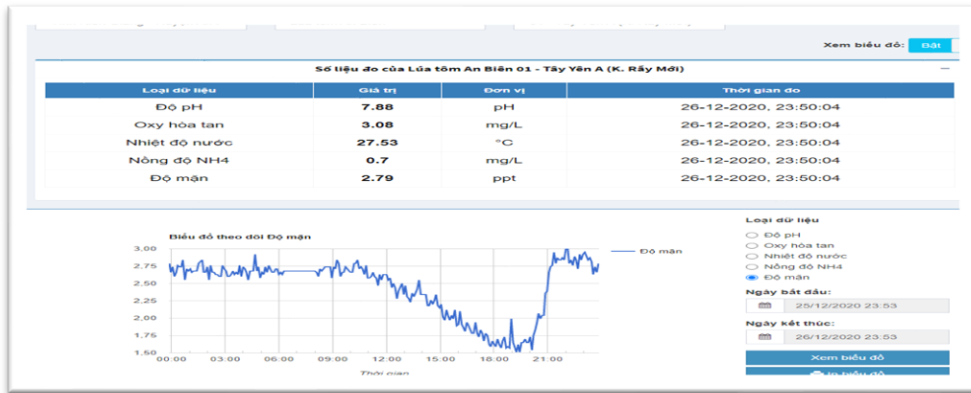
Phần mềm quản lý trạm quan trắc và dữ liệu môi trường

Phần mềm quản lý trên nền tảng web và phần mềm giám sát các yếu tố môi trường được triển khai

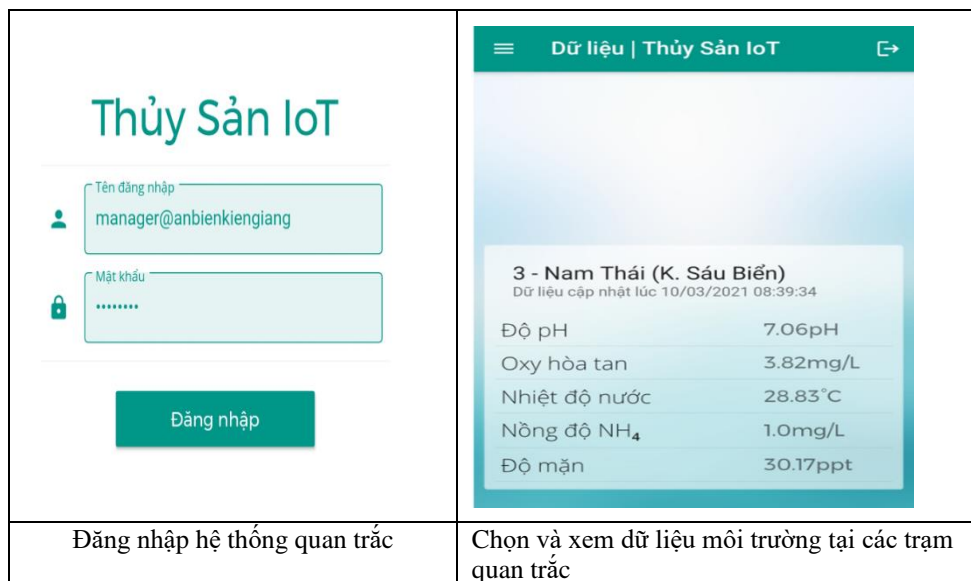
trên điện thoại thông minh, giúp cho cán bộ kỹ thuật cơ sở và hộ dân sớm phát hiện điều kiện chất lượng môi trường nước vùng và ruộng nuôi, đưa ra những giải pháp xử lý thích hợp nhất (Hình 4, 5, 6).



Hình 4. Giao diện phần mềm quản lý vùng nuôi trong huyện An Biên



Hình 5. Xem dữ liệu đo tại trạm quan trắc trong vùng nuôi tại huyện An Biên



Hình 6. Quan sát số liệu môi trường trên ứng dụng di động

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Thực trạng kỹ thuật canh tác, quản lý hệ thống và hiệu quả từ mô hình sản xuất lúa - tôm ở huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang

##### 3.1.1. Một số đặc điểm kỹ thuật mô hình sản xuất lúa - tôm

Kết quả được trình bày ở Bảng 1 cho thấy diện tích ruộng nuôi tôm các loại mô hình khảo sát dao động từ 2,12 – 2,31 ha. Mực nước trong các mương bao quanh ruộng bình quân giữa các nông hộ dao động từ 0,95 – 1,10 m. Mực nước trên mặt ruộng là khá thấp, dao động từ 0,48 - 0,52 m. Mùa khô nắng nóng nhiệt độ tăng cao, là hạn chế chính của các mô hình lúa - tôm. Theo Vromant et al.

(1998), một mô hình nuôi tôm tốt, hiệu quả, mương bao quanh ruộng phải đủ rộng và sâu, không bị che phủ ánh sáng và giàu dinh dưỡng. Tuy nhiên, diện tích ao ương ở huyện An Biên nhỏ, trung bình từ 0,08 – 0,09 ha. Tỷ lệ diện tích ao ương thấp, chiếm từ 3,6 – 4,2% so với tổng diện tích ruộng, làm giảm tỷ lệ sống, tăng trưởng và năng suất tôm nuôi thấp.

Nguồn cấp giống ở địa phương đa dạng và khó kiểm soát chất lượng. Mật độ thả nuôi tôm càng xanh là 24 con/10 m<sup>2</sup>, tôm sú 53 con/10 m<sup>2</sup> và cua 1 con/10 m<sup>2</sup>. Trong quá trình quản lý, các hộ nuôi rất ít thay nước, chủ yếu cấp nước thêm chiếm tỷ lệ 72%, còn lại 28% có thay nước trong quá trình nuôi. Hầu hết các hộ không sử dụng thức ăn công nghiệp trong quá trình chăm sóc mô hình, có 8% số hộ cho tôm ăn bằng các loại thức ăn có ở địa phương như

cá tạp, nhuyễn thể, còn lại không cho tôm ăn chiếm tỷ lệ 92%.

**Bảng 1. Thông tin đặc điểm tổng thể các mô hình canh tác lúa - tôm ở địa phương**

Hạng mục	Mô hình lúa - tôm
Diện tích canh tác (ha)	2,12 - 2,31
Mực nước trong ruộng (m)	0,95 - 1,10
Mực nước trên trảng ruộng lúa (m)	0,48 - 0,52
Diện tích ao ương (ha)	0,08 - 0,09
Tỷ lệ diện tích ao ương (%)	3,6 - 4,2
Tỷ lệ hộ có ao ương (%)	8,6 - 12,3

**3.1.2. Đặc điểm điều kiện môi trường vùng canh tác lúa tôm**

Bảng 2 cho thấy nhiệt độ nước trong mô hình nuôi tôm sú bình quân qua các tháng nuôi dao động từ 31,1°C đến 33,1°C; pH nước từ 7,3 đến 7,9; độ mặn từ 19,8‰, đến 31,8‰, hàm lượng DO trong

ruộng nuôi khoảng 4,5 – 5,6 mg/L, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dao động trong khoảng 0,23 – 0,50 mg/L. Những số liệu phân tích trên cho thấy điều kiện môi trường nước trong ruộng nuôi tôm ở xã Nam Thái biểu hiện ở nhiều điểm khá tương đồng so với điều kiện môi trường nước ở xã Nam Thái A, đặc biệt vào giai đoạn đỉnh điểm của mùa khô (tháng 3) độ mặn ghi nhận tăng khá cao (31,8 ± 4,4‰) đã ảnh hưởng bất lợi đến sự tăng trưởng của tôm sú trong mô hình. Tuy nhiên, việc áp dụng tốt các biện pháp quản lý chất lượng nước trong hệ thống nuôi, qua việc cải tạo tốt đồng ruộng, duy trì mức nước ngập sâu (> 60 cm) kết hợp sử dụng men vi sinh hữu ích và zeolite hoặc vôi bột theo chế độ định kỳ 1 lần/2 tuần đã góp phần duy trì sự sống, tăng trưởng, tăng sức đề kháng, hạn chế bệnh của tôm nuôi trong mô hình. Từ thực tế trên, căn cứ vào đặc điểm sinh lý, sinh học và sinh thái học của tôm sú, các yếu tố môi trường nước vừa trình bày đã không ảnh hưởng bất lợi và nguy hại đến sự tồn tại và phát triển của tôm nuôi trong mô hình (Stickney, 2000).

**Bảng 2. Các yếu tố môi trường nước trong ruộng nuôi tôm sú ở mùa khô**

TT	Chỉ tiêu	Tháng (T.) 3/2020	T. 4/2020	T. 5/2020	T. 6/2020
1	Nhiệt độ (°C)	32,2±2,1	32,1±1,7	33,1±1,1	31,1±0,6
2	pH nước	7,4±0,7	7,3±0,4	7,7±0,5	7,9±0,4
3	Độ mặn (‰)	23,0±3,8	25,5±3,0	31,8±4,4	19,8±1,5
4	DO (mg/L)	5,6±0,3	5,1±0,3	4,7±0,4	4,5±0,4
5	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,23±0,13	0,27±0,23	0,30±0,24	0,50±0,06

**3.1.3. Năng suất, tỷ lệ sống của tôm, cua và năng suất lúa trong các mô hình**

Kết quả phân tích số liệu cho thấy tỷ lệ sống của tôm sú ở mô hình dao động từ 18,4% đến 19,7%. Kích cỡ tôm càng xanh thu đạt khoảng 25 - 30

con/kg, tỷ lệ sống khoảng 14,7 - 16% và năng suất tôm đạt từ 116 đến 121 kg/ha/năm. Kích cỡ cua thu hoạch đạt từ 3 - 6 con/kg, tỷ lệ sống là 2,95±1,80% và năng suất cua đạt 115,5 ± 47,9 kg/ha/năm. Nhìn chung, năng suất tôm, cua nuôi trong các mô hình khảo sát còn khá thấp (Bảng 3).

**Bảng 3. Năng suất, tỷ lệ sống của tôm, cua và năng suất lúa**

Đối tượng	Kích thước (con/kg)	Năng suất (kg/ha)	Tỷ lệ sống (%)
Tôm sú	20 - 30 (con/kg)	298 - 311	18,4 - 19,7
Tôm càng xanh	25 - 30 (con/kg)	116 - 121	14,7 - 16,0
Cua	3 - 6 (con/kg)	116±48 <sup>a</sup>	2,95±1,80 <sup>a</sup>
Lúa (2517, 5451)		4.728 - 4.900	

**3.1.4. Hiệu quả tài chính từ các mô hình khảo sát**

Hệ thống các trạm quan trắc điều kiện môi trường đã giúp nông dân và nhà quản lý giám sát liên tục điều kiện môi trường tại vùng nuôi. Đặc biệt, hệ thống giúp cho nông dân chủ động quyết định thời gian phù hợp để cấp nước thêm cho ruộng tạo sự ổn định cho môi trường nước ruộng nuôi, nâng được tỷ lệ sống của tôm, cua, tăng hiệu quả kinh tế.

Phân tích hiệu quả tài chính ghi nhận, lợi nhuận từ mô hình lúa - tôm đạt từ 30,9 đến 43,4 triệu đồng/ha, tỷ suất lợi nhuận đạt khoảng 80 - 82%, cao hơn so với kết quả khảo sát thực trạng mô hình canh tác lúa tôm tại huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau, lợi nhuận mang lại từ mô hình là 34,4 ± 14,8 triệu đồng/ha/năm và tỷ suất lợi nhuận đạt bình quân 59% (Long et al., 2018).

**3.2. Thực nghiệm xây dựng mô hình ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến để đo đạc, giám sát và quản lý tốt điều kiện môi trường vùng sản xuất lúa - tôm ở huyện An Biên tỉnh Kiên Giang**

**3.2.1. Xây dựng và lắp đặt hệ thống quan trắc**

Triển khai trong thực tế, phần cứng, phần mềm của hệ thống quản lý hệ thống quan trắc được thiết kế và cài đặt; ứng dụng di động được dùng để xem dữ liệu đo từ các trạm quan trắc, giúp cho cán bộ

quản lý hệ thống và bà con nông dân tham gia dự án lúa tôm biết được số liệu phản ánh điều kiện môi trường ở vùng sản xuất tại huyện An Biên tỉnh Kiên Giang. Bốn trạm quan trắc môi trường nước được lắp đặt ở các xã: (1) Tây Yên A, Nam Thái – Nam Yên và Nam Thái A. Trong đó, có 3 trạm lắp đặt nhằm giám sát và quản lý chất lượng nguồn nước cấp cho hệ thống sản xuất và 1 trạm nhằm giám sát và quản lý điều kiện chất lượng nước vùng nội đồng hệ thống sản xuất của mô hình (Hình 7).



**Hình 7. Trạm quan trắc kênh Rẫy Mới giám sát nguồn nước cấp cho các ruộng nuôi tôm tại xã Tây Yên A huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang**

**3.2.2. Phân tích, lập trình và kiểm thử sản phẩm phần cứng - phần mềm**

Kết quả phân tích cho thấy có sự khác biệt và biến động về điều kiện chất lượng nước giữa hai loại hình thủy vực: thủy vực cấp nước (nguồn cấp nước từ các tuyến sông, kênh cấp) và vùng thủy vực nội đồng (ao, ruộng nuôi tôm) cũng như có sự chênh lệch về giá trị đo đạc của các yếu tố môi trường giữa các khu vực tiếp giáp trực tiếp nguồn cấp nước (xã Nam Thái A) so sánh với vị trí, điều kiện thực tế của vùng nội đồng nuôi tôm (ruộng lúa nuôi tôm) ở xã Nam Thái và vùng nuôi của xã Tây Yên A (cuối nguồn cấp nước). Khác biệt này được ghi nhận qua quá trình khảo sát sự biến động về độ mặn giữa các ruộng lúa nuôi tôm và độ mặn (%) ở các kênh cấp nước ở xã Nam Thái A là lớn nhất, trung bình là 13,7%. Sự phát hiện sớm độ mặn xuất hiện từ các kênh cấp nước đã giúp cho các hộ canh tác với mô hình kịp thời xử lý với giải pháp ngăn mặn hợp lý, góp phần kiểm soát được điều kiện môi trường, duy trì sự phát triển ổn định của mô hình theo đúng quy trình kỹ thuật đã xác lập. Ngược lại, do vị trí vùng ruộng lúa nuôi tôm ở xã Tây Yên A cách khá xa từ nguồn cấp nước chính, sự xuất hiện và gia tăng về

độ mặn ở các tuyến kênh cấp nước cho các ruộng nuôi của xã Tây Yên A xuất hiện thường chậm và có giá trị thấp nhất. Tuy nhiên, sự ổn định về điều kiện nồng độ muối trong các thủy vực nuôi tôm ở Tây Yên A đã góp phần quan trọng cho việc duy trì điều kiện thuận lợi cho các hộ dân thực hiện tốt các biện pháp tác động kỹ thuật trong quá trình ương dưỡng và nâng cao chất lượng tôm giống (sú và tôm càng xanh) đạt hiệu quả với tỷ lệ sống cùng năng suất tôm nuôi trong mô hình khá cao. Đồng thời, kết quả đánh giá về độ lệch (RMSE) từ các chỉ tiêu đo đạc trong các loại hình thủy vực cũng cho thấy có sự khác biệt về yếu tố nhiệt độ giữa ruộng nuôi và kênh cấp nước ở xã Nam Thái A là lớn nhất (4,5°C), độ lệch (RMSE) của yếu tố pH nước và hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giữa các ruộng nuôi và nguồn cấp nước là không lớn, thể hiện mức độ ổn định về điều kiện chất lượng nước từ nguồn cấp nước vào các thủy vực nội đồng các mô hình canh tác, góp phần ổn định điều kiện môi trường, thuận lợi cho tôm hô hấp, ăn môi, tăng trưởng và phát triển tốt trong các mô hình sản xuất lúa - tôm ở địa phương (Bảng 4).

Tóm lại, việc xây dựng các trạm quan trắc, quản lý điều kiện môi trường nước vùng lúa tôm, dựa vào

công nghệ IoT và mạng cảm biến tại các nguồn cấp nước và vùng nuôi tôm - lúa ở các địa phương hỗ trợ rất nhiều cho cán bộ kỹ thuật và hộ dân trong việc chủ động nắm bắt được cơ sở dữ liệu chất lượng nước thông qua diễn biến khác biệt các thông số (pH, DO, nồng độ muối và N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) xuất hiện trong

quá trình vận hành mô hình sản xuất. Qua đó, các hộ dân tham khảo và phân tích, đánh giá tốt chất lượng vận hành của mô hình mà họ đang khai thác, nhằm kịp thời đề ra các quyết định tác động hay định hình với các giải pháp xử lý sao cho thích hợp nhất, để mô hình vận hành đạt hiệu quả.

**Bảng 4. So sánh kết quả đo trên ruộng, kênh và độ lệch RMSE của mẫu tháng 11 năm 2020**

Xã Nam Thái										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 1	32,1	7,8	2	4,6	0,51	27,5	8,6	1,6	4,2	0,20
Hộ 2	31,4	7,5	1	4,5	0,52	27,5	8,6	1,6	4,2	0,20
Hộ 3	31,5	7,8	0	4,5	0,33	27,5	8,6	1,6	4,2	0,20
Hộ 4	32,2	7,7	6	4,7	0,42	27,5	8,6	1,6	1,6	0,20
Hộ 5	31,4	7,6	6	4,4	0,43	27,5	8,6	1,6	4,2	0,20
Hộ 6	31,8	7,6	1	4,6	0,32	27,5	8,6	1,6	4,2	0,20
RMSE (TMP)						4,2				
RMSE (pH)						0,9				
RMSE (SAL)						2,7				
RMSE (DO)						1,3				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,2				
Xã Nam Thái A										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 7	32,1	7,7	2	4,4	0,58	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
Hộ 8	31,8	7,7	1	4,7	0,53	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
Hộ 9	32,3	7,9	0	4,9	0,63	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
Hộ 10	32,8	8,1	1	4,6	0,47	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
Hộ 11	33,1	7,5	2	4,9	0,57	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
Hộ 12	31,8	7,7	2	4,5	0,65	29,3	7,4	3,7	6,8	0,70
RMSE (TMP)						3,1				
RMSE (pH)						0,4				
RMSE (SAL)						2,5				
RMSE (DO)						2,1				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,2				
Xã Tây Yên A										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (°C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 13	31,5	7,8	0	4,8	0,32	30	7,8	0,9	4,2	0,30
Hộ 14	32,8	8	1	4,6	0,41	30	7,8	0,9	4,2	0,30
Hộ 15	31,2	7,8	0	4,5	0,41	30	7,8	0,9	4,2	0,30
Hộ 16	31,9	8,2	0	4,6	0,52	30	7,8	0,9	4,2	0,30
Hộ 17	33,1	7,7	1	4,7	0,51	30	7,8	0,9	4,2	0,30
Hộ 18	32,3	7,9	0	4,6	0,43	30	7,8	0,9	4,2	0,30
RMSE (TMP)						2,2				
RMSE (pH)						0,2				
RMSE (SAL)						0,7				
RMSE (DO)						0,4				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,1				



**Bảng 5. So sánh kết quả trên ruộng, kênh và độ lệch RMSE của mẫu tháng 01/2021**

Xã Nam Thái										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 1	31,5	8,5	6	4,2	0,71	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
Hộ 2	30,8	8	9	4,2	0,52	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
Hộ 3	30,6	8,3	7	4,1	0,62	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
Hộ 4	31	7,9	10	4,5	0,53	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
Hộ 5	30,7	8,1	12	4,3	0,64	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
Hộ 6	30,9	7,8	6	4,6	0,52	28,9	7,4	26,0	4,4	0,59
RMSE (TMP)						2,0				
RMSE (pH)						0,8				
RMSE (SAL)						17,8				
RMSE (DO)						0,2				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,1				
Xã Nam Thái A										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 7	29,5	8,2	12	4,3	0,81	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
Hộ 8	29,7	7,8	7	4,6	0,72	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
Hộ 9	28,9	8,3	13	4,4	0,63	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
Hộ 10	30,2	8,1	12	4,5	0,52	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
Hộ 11	30,4	7,6	6	4,3	0,71	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
Hộ 12	29,7	7,9	7	4,2	0,55	25,5	9,8	20,2	3,6	0,29
RMSE (TMP)						4,3				
RMSE (pH)						1,8				
RMSE (SAL)						11,0				
RMSE (DO)						0,8				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,4				
Xã Tây Yên A										
Hộ	Ruộng lúa					Kênh				
	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	TMP (0C)	pH	SAL (‰)	DO (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Hộ 13	30,2	8,2	2	4,4	0,52	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
Hộ 14	29,7	8	1	4,3	0,51	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
Hộ 15	30,1	7,8	2	4,3	0,46	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
Hộ 16	29,2	7,9	2	4,4	0,61	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
Hộ 17	29,6	7,7	1	4,3	0,62	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
Hộ 18	30,1	7,8	3	4,2	0,61	28,6	7,9	4,5	3,1	0,35
RMSE (TMP)						1,3				
RMSE (pH)						0,2				
RMSE (SAL)						2,8				
RMSE (DO)						1,2				
RMSE (NH <sub>4</sub> )						0,2				

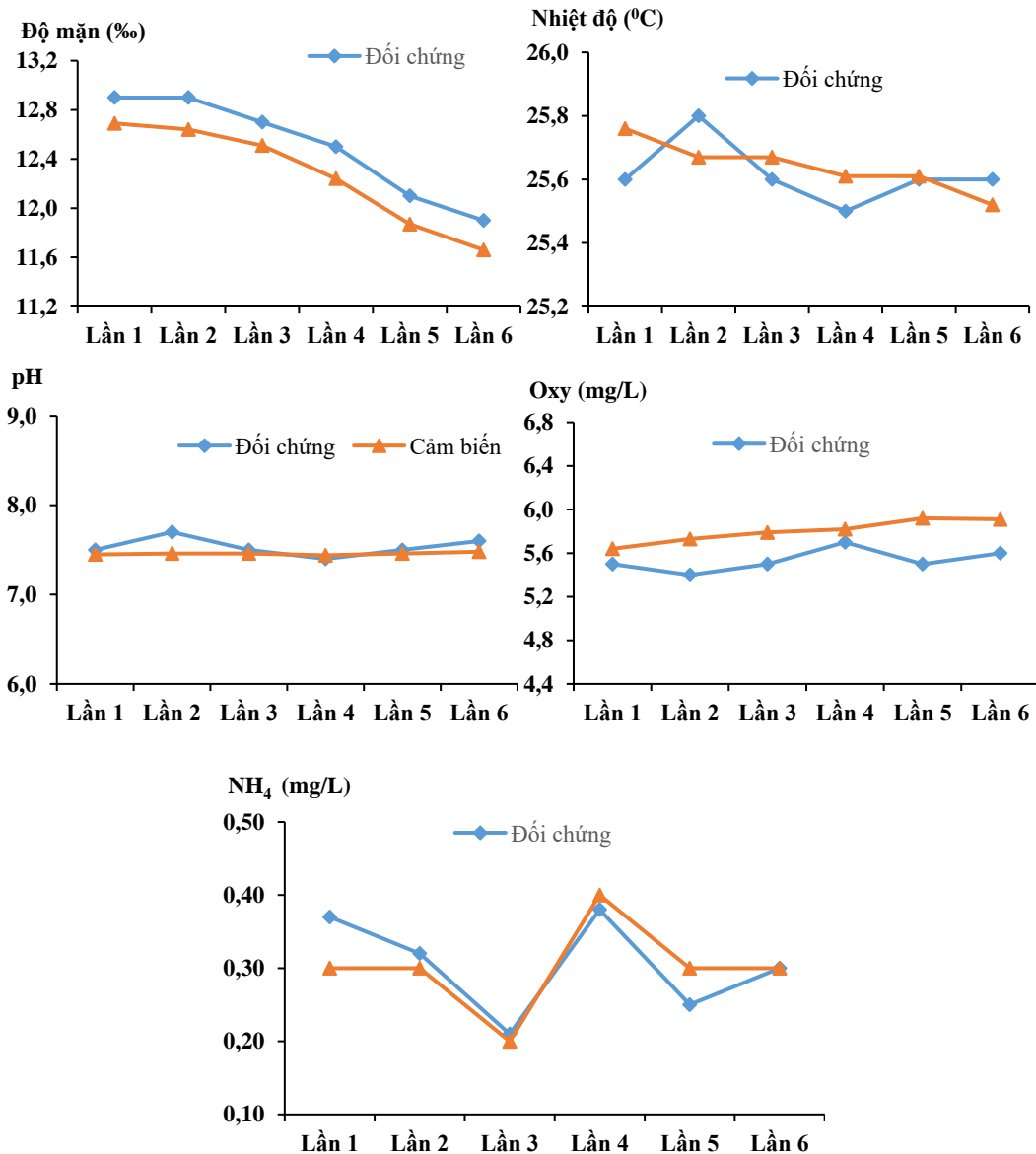
Qua kết quả trình bày ở Bảng 5, Bảng 6 và phân tích sai số RMSE, độ lệch RMSE của ôxy hòa tan (DO) trong môi trường nước so giữa hai thiết bị nhỏ hơn 0,3 mg/L độ lệch trung bình của DO 0,21 mg/L; độ lệch lớn nhất về nhiệt độ nhỏ hơn 0,3°C và độ

lệch trung bình của nhiệt độ giữa thiết bị đo cầm tay Hanna và kết quả từ trạm là 0,18°C; tương tự kết quả đánh giá sai số RMSE trung bình nhỏ nhất và lớn nhất giữa các trạm đo và máy đo cầm tay theo chỉ số môi trường được trình bày ở Bảng 6. Sự khác biệt

về sai số trên có thể được giải thích do ảnh hưởng bởi sự khác biệt về độ sâu mực nước lấy mẫu cũng như các thao tác khi thực hiện lấy mẫu phân tích điều kiện môi trường. Tuy nhiên sự khác biệt không lớn, tiêu biểu như sai số (RMSE) trung bình nồng độ muối < 0,25%. So sánh và đánh giá sai số cho thấy giá trị thu thập về điều kiện môi trường giữa các trạm quan trắc và các dụng cụ, thiết bị, máy đo cầm tay yếu tố môi trường là tương đồng (Hình 8), các giá trị sai số đều nằm trong giới hạn cho phép từ các thiết bị cầm biên ứng dụng để đo các yếu tố môi trường.

**Bảng 6. Bảng đánh giá kết quả sai số (RMSE) trung bình (Mean), nhỏ nhất (Min) và lớn nhất (Max) giữa các trạm và máy đo cầm tay theo chỉ số môi trường**

RMSE	Mean	Min	Max
RMSE (TMP)	0,18	0,12	0,30
RMSE (pH)	0,15	0,10	0,21
RMSE (SAL)	0,25	0,21	0,29
RMSE (DO)	0,21	0,17	0,29
RMSE (NH4)	0,19	0,17	0,22



**Hình 8. Đồ thị đối chiếu các yếu tố môi trường do cán bộ lấy mẫu và số liệu từ trạm quan trắc xã Nam Thái A (ngày 20/12/2020)**

Việc ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến trong quá trình thu thập các yếu tố môi trường xuất hiện ở các tuyến kênh cấp nước đã giúp ích cho bà con nuôi tôm trong vùng rất nhiều qua việc giúp họ sớm quyết định thời điểm cấp và thay nước cho ruộng nuôi một cách thích hợp và an toàn nhất, hạn chế được những rủi ro mà họ thường gặp phải trước đây. Qua đó, đã giúp họ nâng cao được nhận thức, tư duy kỹ thuật và năng lực ứng dụng khoa học - công nghệ vào việc hoạch định phương thức canh tác mới trên nền đất sản xuất của họ đạt hiệu quả cao nhất, đặc biệt thích ứng với điều kiện biến đổi khí hậu và phát triển bền vững, phù hợp với chủ trương và chính sách về “*chuyển đổi cơ cấu vật nuôi và cây trồng, góp phần nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm và lợi nhuận của mô hình sản xuất*” của địa phương đã chỉ đạo.

#### 4. KẾT LUẬN

Mô hình lúa - tôm là mô hình canh tác truyền thống của nông dân huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang, hoạt động khai thác mô hình chủ yếu đến từ kinh nghiệm dân gian. Tuy nhiên do biến đổi liên tục của điều kiện môi trường dưới tác động của biến đổi khí hậu và ảnh hưởng do hoạt động sản xuất nên người nông dân không thể tiếp tục canh tác dựa trên kinh nghiệm mà rất cần có nhiều giải pháp và ứng

dụng các tiến bộ về khoa học – công nghệ, xây dựng hiệu quả quy trình vận hành mô hình, mang lại hiệu quả tích cực cho địa phương.

Trong thực nghiệm ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến, quản lý môi trường vùng canh tác lúa - tôm, dự án đã triển khai thiết kế và lắp đặt 4 trạm quan trắc môi trường nước ở các xã Tây Yên A, Nam Thái – Nam Yên và Nam Thái A cùng với hệ thống phần mềm quản lý dữ liệu quan trắc các yếu tố môi trường nước ở huyện An Biên. Kết quả cho thấy hệ thống các trạm quan trắc điều kiện môi trường nước cho mô hình canh tác lúa – tôm ở huyện An Biên có độ tin cậy cao, giúp nông dân giám sát liên tục điều kiện môi trường tại vùng sản xuất, nhà quản lý quản lý được dữ liệu đo và sự biến động của các yếu tố độ mặn, pH, NH<sub>4</sub>, DO và nhiệt độ theo thời gian. Đặc biệt, hệ thống giúp cho nông dân chủ động quyết định thời gian phù hợp để cấp nước thêm cho ruộng tạo sự ổn định cho môi trường nước ruộng nuôi, nâng được tỷ lệ sống của tôm, tăng hiệu quả kinh tế. Kết quả này đã tạo tiền đề thuận lợi cho việc phát triển nhân rộng, chuyển giao kỹ thuật hay mời gọi sự hợp tác sản xuất cùng các doanh nghiệp, hợp tác xã, góp phần tạo ra sản phẩm chất lượng và đạt hiệu quả cao cho thị trường tiêu dùng trong nước và xuất khẩu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in pond for aquaculture*. Agriculture Experiment Station, Auburn University.
- Chi cục Thủy sản Kiên Giang. (2017). *Tổng kết nuôi trồng thủy sản năm 2017 và kế hoạch công tác năm 2018*.
- FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 ear of publication 2018*.
- Lee, D. O., & Wickins, F. (1992). Crustacean farming, Blackwell, laboratory. *J. Tokyo Univ. Fish*, 55(2), 179-20.
- Long, D. N., Lan, L. M., Thanh, N. H., Tâm, V. H. L. Đ., Khánh, Q. H. L., & Lư, N. V. (2018). *Phát triển và nâng cao hiệu quả mô hình lúa – tôm ở huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau*. Báo cáo dự án.
- New, M. B. (1988). *Freshwater prawn: Status of global aquaculture. NACA technical manual 6. A word fooday 1988*. Publication of the Network of aquaculture centers in ASIA. (UNDP/FAO.RAS/86/047) Bangkok-Thai land.
- Pekar, S. F., DeConto, R. M., & Harwood, D. M. (2006). Resolving a late Oligocene conundrum: Deep-sea warming and Antarctic glaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 231(1-2), 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.07.024>.
- Truong, T. M., Phan, C. H., Tran, H. V., Duong, L. N., Nguyen, L. V., & Ha, T. T. (2020). To Develop a Water Quality Monitoring System for Aquaculture Areas Based on Agent Model. *In Fourth International Congress on Information and Communication Technology* (pp. 47-58). Springer, Singapore.
- Vromant, N., Rothuis, A. J., Cuc, N.T.T., & Ollevier, F. (1998). The effect of fish on the abundance of the rice caseworm *Nymphula depunctalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) in direct seeded, concurrent rice-fish fields. *Biocontrol Science and Technology*, 8, 539-546.