

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
NGÀNH: CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
CHUYÊN NGÀNH: AN TOÀN THÔNG TIN

ĐỀ TÀI:  
**HỆ THỐNG PHÁT HIỆN VÀ CẢNH BÁO DẤU  
HIỆU BỆNH Ở TÔM**

Người hướng dẫn: TS. LÊ MINH TRÍ

TS. NINH KHÁNH DUY

Sinh viên thực hiện: HOÀNG HUÂN

Số thẻ sinh viên: 102200131

Lớp: 20TCLC\_DT3

Đà Nẵng, 01/2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
NGÀNH: CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
CHUYÊN NGÀNH: AN TOÀN THÔNG TIN

ĐỀ TÀI:  
**HỆ THỐNG PHÁT HIỆN VÀ CẢNH BÁO DẤU  
HIỆU BỆNH Ở TÔM**

Người hướng dẫn: TS. LÊ MINH TRÍ  
TS. NINH KHÁNH DUY

Sinh viên thực hiện: HOÀNG HUÂN

Số thẻ sinh viên: 102200131

Lớp: 20TCLC\_DT3

Đà Nẵng, 01/2026



**III. Tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên: (điểm tối đa 1đ)**

.....  
.....  
.....

**IV. Đánh giá:**

1. Điểm đánh giá: ...../10 (lấy đến 1 số lẻ thập phân)

2. Đề nghị:  Được bảo vệ đề án     Bổ sung đề bảo vệ     Không được bảo vệ

*Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2026*

**Người hướng dẫn**



## NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: Hoàng Huân

Số thẻ sinh viên: 102200131

Lớp: 20TCLC\_DT3

Khoa: Công nghệ Thông tin

Ngành: An toàn thông tin

- Tên đề tài đồ án:* Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm.
- Đề tài thuộc diện:*  Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện
- Các số liệu và dữ liệu ban đầu:* không có số liệu và dữ liệu ban đầu.
- Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:*

Nội dung trình bày bao gồm:

**PHẦN MỞ ĐẦU** - Chương này giới thiệu tổng quan về bối cảnh của đề tài, mục tiêu và các vấn đề cụ thể sẽ được giải quyết trong khóa luận. Phần này cũng nêu phạm vi các vấn đề sẽ được nghiên cứu và phân tích.

**CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI** - Chương này giới thiệu về đề tài và các quy trình làm việc, xây dựng hệ thống.

**CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT** - Chương này trình bày tất cả các kiến thức lý thuyết và công nghệ được sử dụng trong dự án.

**CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN** - Chương này mô tả quá trình phân tích bài toán và triển khai dự án, bao gồm những nhiệm vụ chính và phương pháp thực hiện.

**CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ** - Chương này bao gồm hình ảnh kết quả, chú thích và đánh giá ngắn gọn.

**KẾT LUẬN** - Phần kết luận tóm tắt những vấn đề đã được giải quyết, đồng thời nêu ra các hạn chế còn tồn tại và đưa ra định hướng, khuyến nghị cho các nghiên cứu hoặc phát triển tiếp theo.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO** - Phần trình bày chi tiết các nguồn tài liệu tham khảo đã được sử dụng.

- Các bản vẽ, đồ thị ( ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ ): Không có*
- Họ tên người hướng dẫn:* TS. Lê Minh Trí, TS. Ninh Khánh Duy

7. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 06/10/2025  
8. Ngày hoàn thành đồ án: 20/01/2026

*Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2026*

**Trưởng Bộ môn .....**

**Người hướng dẫn**

## LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Lê Minh Trí và thầy Ninh Khánh Duy đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, góp ý và chia sẻ nhiều kinh nghiệm quý báu cho tôi có thể thực hiện tốt đề tài đồ án tốt nghiệp này. Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các thầy cô bộ môn trong Khoa Công nghệ thông tin của trường Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng đã tận tình dạy dỗ, chỉ bảo cung cấp các kiến thức làm nền tảng trong suốt những năm qua để cho tôi thực hiện đề tài. Đồng thời đã tạo điều kiện thuận lợi nhất để cho tôi có thể hoàn thành đề tài theo như mong muốn.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến các bạn sinh viên trong Khoa Công nghệ thông tin đã không ngại mà chia sẻ các kiến thức cũng như các kinh nghiệm của mình trong quá trình tôi hoàn thành đề tài. Trong quá trình tìm hiểu và hoàn thành đề tài khó có thể tránh khỏi những sai sót mong quý thầy cô thông cảm và có thể góp ý để tôi có thể hoàn thiện hơn trong tương lai.

Một lần nữa tôi xin trân trọng cảm ơn!

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đồ án tốt nghiệp với đề tài “Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm.” dưới sự đồng hướng dẫn của TS. Lê Minh Trí và TS. Ninh Khánh Duy là công trình của tôi thực hiện. Không sao chép bất kỳ đồ án nào có sẵn trước đây.

Với tài liệu tham khảo và trích dẫn từ các tài liệu có liên quan được sử dụng trong đồ án đã được nêu rõ ở phần tài liệu tham khảo. Các thông tin, số liệu được nêu trong bài báo cáo đều mang tính trung thực. Nếu sai thì tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm và chịu mọi kỷ luật từ Thầy/ Cô và Nhà trường đã đề ra.

Sinh viên thực hiện

**Hoàng Huân**

## DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

KÝ HIỆU:

Chữ viết tắt	Tên đầy đủ	Diễn giải
AI	Artificial Intelligence	Trí tuệ nhân tạo
YOLO	You Only Look Once	Bạn chỉ nhìn một lần
IP	Internet Protocol	Giao thức internet
IoT	Internet of Things	Vạn vật kết nối
RTSP	Real-Time Streaming Protocol	Giao thức truyền luồng video từ camera
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Giao thức truyền thông dữ liệu
FPS	Frames Per Second	Số khung hình/giây khi trích xuất từ video
MAC	Media Access Control	Địa chỉ MAC thiết bị
ERD	Entity-Relationship Diagram	Mô hình thực thể - liên kết CSDL

THUẬT NGỮ:

Thuật ngữ	Diễn giải
Machine Learning	Học máy
Computer Vision	Thị giác máy tính
Object Detection	Phát hiện đối tượng
Deep Learning	Học sâu
Confidence score	Độ tin cậy của dự đoán
Learning Rate	Tốc độ học
One-stage detectors/ Two-stage detectors	Hai nhóm kiến trúc phát hiện đối tượng
Region Proposal	Bước đề xuất vùng trong two-stage

## MỞ ĐẦU

### 1. Mục đích của đề tài

Trong những năm gần đây, nuôi tôm đã và đang trở thành một trong những ngành thủy sản mũi nhọn của Việt Nam, đóng góp lớn vào kim ngạch xuất khẩu cũng như tạo sinh kế cho người dân tại nhiều địa phương ven biển. Tuy nhiên, đi cùng với sự phát triển đó là những thách thức lớn, đặc biệt là các loại dịch bệnh thường xuyên xảy ra trên tôm nuôi, gây thiệt hại nghiêm trọng về kinh tế nếu không được phát hiện và xử lý kịp thời.

Thực tế cho thấy, nhiều bệnh ở tôm biểu hiện sớm thông qua các dấu hiệu quan sát được bằng mắt thường như màu sắc cơ thể, trạng thái ruột, mức độ bám bẩn trên vỏ hoặc hành vi bơi lội bất thường. Tuy nhiên, việc giám sát ao nuôi hiện nay chủ yếu vẫn dựa vào quan sát thủ công và kinh nghiệm của người nuôi, không thể đảm bảo tính liên tục, đặc biệt vào ban đêm hoặc khi điều kiện môi trường không thuận lợi.

Sự phát triển của trí tuệ nhân tạo, đặc biệt là thị giác máy tính và học sâu, đã mở ra khả năng tự động phân tích hình ảnh và video theo thời gian thực với độ chính xác cao. Kết hợp với sự phổ biến của camera IP giá rẻ, điều này tạo tiền đề cho việc xây dựng các hệ thống giám sát thông minh trong nuôi trồng thủy sản.

Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài “*Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm*” được thực hiện nhằm nghiên cứu và xây dựng một hệ thống có khả năng phát hiện sớm các dấu hiệu bệnh ở tôm dựa trên hình ảnh video, từ đó đưa ra cảnh báo kịp thời, hỗ trợ người nuôi trong công tác giám sát và ra quyết định.

Đề tài không chỉ mang ý nghĩa thực tiễn trong sản xuất mà còn có giá trị khoa học trong việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào lĩnh vực thủy sản, góp phần thúc đẩy hướng đi nông nghiệp - thủy sản thông minh.

### 2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu chính của đề tài là xây dựng một hệ thống hoàn chỉnh có khả năng phát hiện và cảnh báo sớm dấu hiệu bệnh ở tôm dựa trên hình ảnh từ camera IP, hoạt động theo thời gian thực và phù hợp với điều kiện triển khai tại các trại nuôi.

Cụ thể, đề tài hướng tới các mục tiêu sau:

- Xây dựng hệ thống phần mềm cho phép thu nhận và xử lý luồng video RTSP từ camera IP trong ao nuôi.

- Ứng dụng các mô hình học sâu để phát hiện các dấu hiệu bệnh ở tôm thông qua hình ảnh.
- Hiển thị kết quả phát hiện, lưu trữ dữ liệu và đưa ra cảnh báo khi phát hiện dấu hiệu bất thường.
- Thiết kế hệ thống theo mô hình triển khai thực tế, ưu tiên hoạt động ổn định trong mạng LAN nội bộ.
- Đánh giá hiệu quả của hệ thống thông qua thực nghiệm và kết quả thu được.

### **3. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu: hình ảnh và video tôm thu được từ camera IP trong ao nuôi.
- Phạm vi nghiên cứu: tập trung vào các dấu hiệu bệnh có thể quan sát được bằng hình ảnh; hệ thống triển khai trong mạng nội bộ, không phụ thuộc Internet.
- Giới hạn đề tài: hệ thống chỉ mang tính hỗ trợ phát hiện và cảnh báo sớm, không thay thế chẩn đoán của chuyên gia thú y.

### **4. Phương pháp nghiên cứu**

Để hoàn thành đề tài, tôi thực hiện đã tiến hành:

- Nghiên cứu các tài liệu trong và ngoài nước liên quan đến trí tuệ nhân tạo, thị giác máy tính và các bệnh thường gặp ở tôm.
- Khảo sát các mô hình học sâu phù hợp cho bài toán phát hiện đối tượng trong hình ảnh.
- Thiết kế hệ thống theo kiến trúc Edge - Server, phù hợp với điều kiện triển khai thực tế.
- Xây dựng, huấn luyện và đánh giá mô hình AI.
- Thực nghiệm hệ thống và phân tích kết quả đạt được.

### **5. Cấu trúc của đồ án tốt nghiệp**

Nội dung chủ yếu của đồ án bao gồm 4 chương, cụ thể như sau:

- Chương 1: Tổng quan về đề tài
- Chương 2: Cơ sở lý thuyết
- Chương 3: Phương pháp thực hiện
- Chương 4: Thực nghiệm và kết quả

## MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI.....</b>	<b>1</b>
1.1. Giới thiệu chương 1.....	1
1.2. Giới thiệu về đề tài .....	1
1.2.1. Bối cảnh và tính cấp thiết của đề tài.....	1
1.2.2. Hướng tiếp cận đề tài và kiến trúc tổng thể của hệ thống.....	2
1.2.3. Quy trình làm việc của hệ thống.....	3
1.2.4. Quy trình xây dựng hệ thống .....	4
1.3. Kết luận chương 1 .....	4
<b>CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....</b>	<b>5</b>
2.1. Giới thiệu chương.....	5
2.2. Trí tuệ nhân tạo và học máy .....	5
2.2.1. Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence) .....	5
2.2.2. Học máy (Machine Learning).....	5
2.2.3. Quy trình làm việc của một mô hình Machine Learning .....	6
2.3. Học sâu (Deep Learning).....	8
2.4. Thị giác máy tính và bài toán phát hiện đối tượng.....	8
2.4.1. Thị giác máy tính (Computer Vision) .....	9
2.4.2. Bài toán phát hiện đối tượng (Object Detection).....	9
2.4.3. Bounding Box truyền thống và Oriented Bounding Box .....	9
2.5. Xác thực khuôn mặt bằng phương pháp Haar Cascade và LBPH .....	10
2.5.1. Bài toán xác thực khuôn mặt trong hệ thống.....	10
2.5.2. Phương pháp Haar Cascade .....	11
2.5.3. Phương pháp LBPH (Local Binary Patterns Histogram) .....	11
2.5.4. Lý do lựa chọn Haar Cascade + LBPH .....	11
2.6. Các phương pháp phát hiện đối tượng dựa trên học sâu.....	11
2.6.1. Phương pháp hai giai đoạn (Two-stage detectors) .....	12
2.6.2. Phương pháp một giai đoạn (One-stage detectors) .....	12
2.7. Tổng quan về YOLO và YOLOv11-OBB.....	13
2.7.1. Kiến trúc YOLO (You Only Look Once) .....	13
2.7.2. YOLOv11 và mở rộng OBB.....	14
2.7.3. Nguyên lý hoạt động của YOLOv11-OBB .....	14
2.8. Cơ chế huấn luyện và suy luận của YOLOv11-OBB.....	15
2.8.1. Cơ chế huấn luyện .....	15
2.8.2. Cơ chế suy luận và OBB-NMS .....	15

2.9.	Các chỉ số đánh giá mô hình phát hiện đối tượng với OBB.....	15
2.9.1.	Intersection over Union (IoU) cho OBB.....	16
2.9.2.	Precision và Recall .....	16
2.9.3.	mean Average Precision (mAP) .....	16
2.9.4.	Ý nghĩa đánh giá trong đề tài.....	16
<b>CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN.....</b>		<b>17</b>
3.1.	Giới thiệu chương 3.....	17
3.2.	Phân tích yêu cầu chính và bài toán thực tế .....	18
3.2.1.	Phân tích bài toán .....	18
3.2.2.	Các tác nhân của hệ thống .....	18
3.3.	Thiết kế kiến trúc triển khai (Edge - Server) .....	18
3.4.	Thiết kế cơ sở dữ liệu .....	20
3.4.1.	Nguyên tắc thiết kế .....	20
3.4.2.	Mô hình thực thể - liên kết (ERD).....	20
3.4.3.	Mô tả chi tiết các bảng dữ liệu chính .....	21
3.5.	Pipeline xử lý dữ liệu và YOLOv11-OBB .....	22
3.5.1.	Pipeline tổng quát .....	22
3.5.2.	Tiền xử lý dữ liệu .....	22
3.5.3.	Suy luận và hậu xử lý .....	22
3.6.	Thiết kế và triển khai xác thực khuôn mặt.....	22
3.7.	Cơ chế cảnh báo và lưu trữ kết quả .....	24
3.8.	Quy trình triển khai và vận hành .....	24
3.9.	Kết luận chương 3 .....	24
<b>CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ .....</b>		<b>25</b>
4.1.	Giới thiệu chương.....	25
4.2.	Môi trường và điều kiện thực nghiệm.....	25
4.2.1.	Môi trường phần cứng .....	25
4.2.2.	Môi trường phần mềm .....	25
4.2.3.	Dữ liệu thực nghiệm .....	26
4.3.	Quy trình thực nghiệm .....	26
4.4.	Dữ liệu huấn luyện và quá trình gắn nhãn .....	26
4.5.	Huấn luyện mô hình.....	27
4.5.1.	Các chỉ số đánh giá trong quá trình huấn luyện.....	27
4.5.2.	Quy trình huấn luyện .....	27

4.5.3. Kết quả huấn luyện.....	28
4.6. Kết quả thực nghiệm phát hiện và cảnh báo .....	31
4.6.1. Thực nghiệm phương thức xác thực .....	31
4.6.2. Kết quả phát hiện trên luồng stream .....	32
4.6.3. Kết quả lưu trữ và quản lý dữ liệu.....	34
4.6.4. Các cấu hình .....	35
4.7. Đánh giá hiệu quả của hệ thống.....	36
4.7.1. Đánh giá định tính .....	36
4.7.2. Đánh giá định lượng .....	36
4.7.3. Đánh giá khả năng triển khai thực tế .....	38
4.8. Hạn chế của hệ thống .....	38
4.9. Kết luận chương 4 .....	38
<b>KẾT LUẬN</b> .....	<b>39</b>
1. Kết luận .....	39
2. Hướng phát triển của đề tài.....	39
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	<b>41</b>

## DANH SÁCH HÌNH MINH HỌA

Hình 1. Sơ đồ IoT của hệ thống.....	3
Hình 2. Quy trình làm việc của một mô hình Machine Learning.....	6
Hình 3. Mối quan hệ giữa AI, ML, Deep Learning.....	8
Hình 4. Sự khác nhau giữa Bounding Box truyền thống và Oriented Bounding Box .....	10
Hình 5. Kiến trúc mô hình YoloV11.....	14
Hình 6. Sơ đồ khối của hệ thống.....	17
Hình 7. Sơ đồ luồng hoạt động Edge - Server.....	19
Hình 8. Sơ đồ Thiết kế Cơ sở dữ liệu.....	21
Hình 9. Sơ đồ luồng xác thực FaceID.....	23
Hình 10. Quy trình xử lý và huấn luyện dữ liệu.....	28
Hình 11. Đồ thị loss.....	28
Hình 12. Đồ thị mAP.....	29
Hình 13. Ma trận nhầm lẫn.....	30
Hình 14. Đăng ký tài khoản và đăng ký faceID.....	31
Hình 15. Đăng nhập FaceID.....	32
Hình 16. Giao diện chính của Edge App.....	33
Hình 17. Kết quả nhận diện đối tượng.....	33
Hình 18. Kết quả lưu trữ và quản lý dữ liệu đã nhận diện được.....	34
Hình 19. Giao diện quản lý chung.....	34
Hình 20. Giao diện Quản lý Người dùng.....	35
Hình 21. Giao diện quản lý thiết bị.....	35
Hình 22. Cấu hình camera.....	35
Hình 23. Cấu hình AI.....	36
Hình 24. Đồ thị Precision - Recall.....	37

## **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI**

### **1.1. Giới thiệu chương 1**

Chương 1 trình bày tổng quan về đề tài “Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm”. Nội dung chương tập trung làm rõ bối cảnh thực tiễn, tính cấp thiết của đề tài, mục tiêu nghiên cứu, phạm vi áp dụng cũng như hướng tiếp cận và quy trình xây dựng hệ thống.

Bên cạnh đó, chương này cũng giới thiệu kiến trúc tổng thể của hệ thống theo hướng IoT kết hợp trí tuệ nhân tạo, trong đó sơ đồ kiến trúc IoT được sử dụng thay cho sơ đồ khối hệ thống, nhằm thể hiện đầy đủ các thành phần chức năng và luồng dữ liệu chính.

### **1.2. Giới thiệu về đề tài**

#### **1.2.1. Bối cảnh và tính cấp thiết của đề tài**

Nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi tôm, là một trong những ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam, đóng góp lớn vào kim ngạch xuất khẩu cũng như giải quyết việc làm cho người dân tại nhiều địa phương ven biển. Tuy nhiên, đi cùng với sự phát triển đó là những rủi ro lớn về dịch bệnh, gây thiệt hại nghiêm trọng cho người nuôi nếu không được phát hiện và xử lý kịp thời.

Trong quá trình nuôi, tôm thường gặp nhiều bệnh như cong thân - đục cơ, các bệnh đường ruột (như đứt, mờ hoặc teo ruột), mềm vỏ, đỏ thân, cũng như các bệnh nguy hiểm như hội chứng hoại tử gan tụy cấp (AHPND/EMS) hay bệnh đốm trắng (WSSV). Các bệnh này không chỉ làm giảm năng suất mà còn có thể dẫn đến hiện tượng chết hàng loạt trong ao nuôi.

Một điểm đáng chú ý là nhiều bệnh ở tôm có thể được nhận biết sớm thông qua các dấu hiệu thị giác như sự thay đổi màu sắc cơ thể, trạng thái ruột, mức độ bám bẩn trên vỏ hoặc hành vi bơi lội bất thường. Tuy nhiên, việc phát hiện các dấu hiệu này trong thực tế hiện nay chủ yếu vẫn dựa vào quan sát thủ công và kinh nghiệm của người nuôi, dẫn đến các hạn chế như không thể giám sát liên tục 24/7, khó phát hiện bệnh vào ban đêm hoặc khi nước ao đục.

Trong khi đó, sự phát triển mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo, đặc biệt là thị giác máy tính và học sâu, đã cho phép máy tính tự động phân tích hình ảnh và video với độ chính

xác cao. Kết hợp với sự phổ biến của camera IP giá rẻ, điều này mở ra khả năng xây dựng các hệ thống giám sát thông minh trong nuôi trồng thủy sản.

Tuy nhiên, phần lớn các giải pháp hiện nay vẫn tập trung vào việc giám sát môi trường nước (pH, DO, nhiệt độ), trong khi các dấu hiệu bệnh quan sát trực tiếp trên cơ thể tôm chưa được khai thác một cách hệ thống. Đây chính là tính cấp thiết và động lực để đề tài được thực hiện.

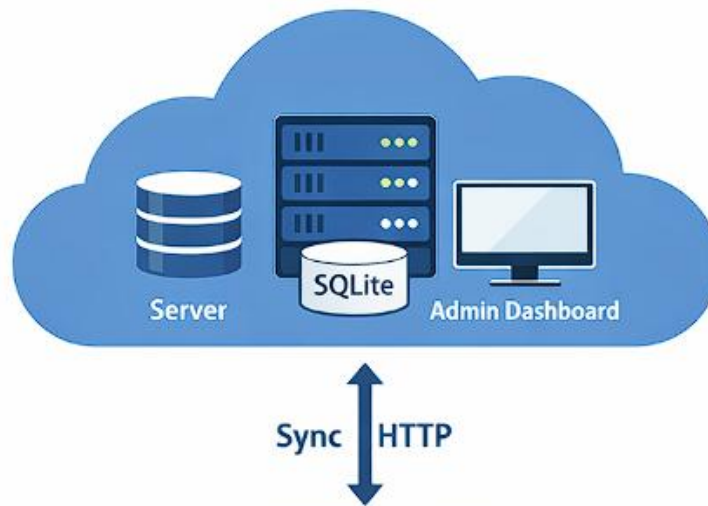
### **1.2.2. Hướng tiếp cận đề tài và kiến trúc tổng thể của hệ thống**

Đề tài tiếp cận bài toán theo hướng kết hợp giữa IoT và trí tuệ nhân tạo, trong đó camera IP đóng vai trò thiết bị IoT thu thập dữ liệu hình ảnh, còn các tác vụ xử lý và phân tích được thực hiện tại thiết bị biên (edge) và server trung tâm.

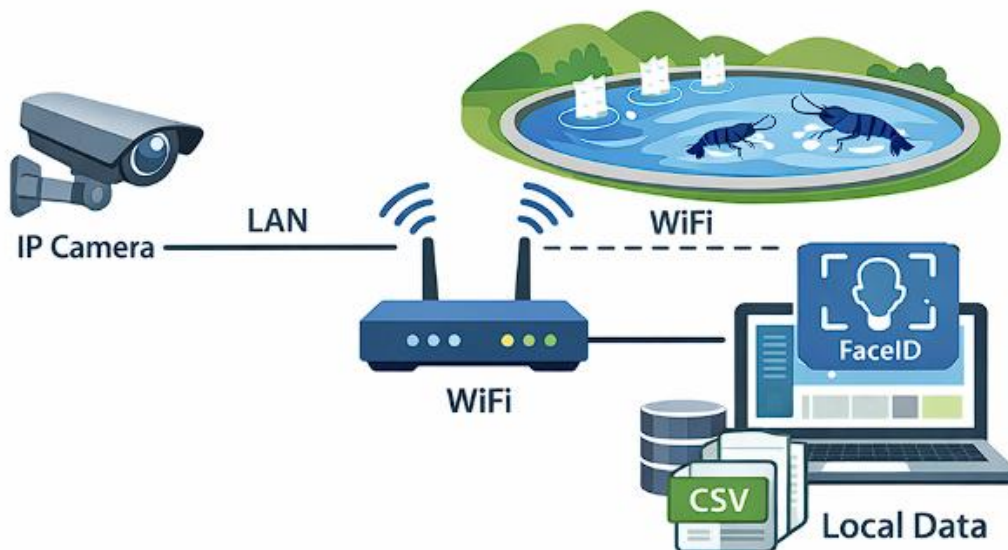
Hệ thống được thiết kế theo mô hình Edge - Server, bao gồm các thành phần chính:

- Camera IP thu nhận hình ảnh và truyền luồng video RTSP.
- Ứng dụng Desktop tại thiết bị biên thực hiện hiển thị video, xử lý hình ảnh -> suy luận mô hình AI, lưu trữ kết quả và xuất báo cáo.
- Server trung tâm đảm nhiệm vai trò quản lý thiết bị, người dùng.

## CLOUD SERVER



## SHRIMP FARM



Hình 1. Sơ đồ IoT của hệ thống

### 1.2.3. Quy trình làm việc của hệ thống

Quy trình làm việc tổng quát của hệ thống được thực hiện theo các bước sau:

- Camera IP thu nhận hình ảnh tôm trong ao nuôi và truyền luồng video về hệ thống thông qua giao thức RTSP.
- Ứng dụng Desktop tiếp nhận luồng video, tách thành các khung hình và thực hiện tiền xử lý.
- Các khung hình sau khi xử lý được đưa vào mô hình học sâu để phát hiện các dấu hiệu bệnh.
- Kết quả phát hiện được hiển thị trực tiếp lên giao diện người dùng và đồng thời được lưu trữ dưới dạng hình ảnh và dữ liệu.
- Khi phát hiện dấu hiệu bất thường, hệ thống đưa ra cảnh báo nhằm hỗ trợ người nuôi can thiệp kịp thời.
- Dữ liệu kết quả được đồng bộ về server để phục vụ quản lý và báo cáo.

#### **1.2.4. Quy trình xây dựng hệ thống**

Quy trình xây dựng hệ thống được thực hiện theo các bước:

Bước 1: Khảo sát yêu cầu và điều kiện thực tế tại trại nuôi.

Bước 2: Thiết kế kiến trúc hệ thống và cơ sở dữ liệu.

Bước 3: Thu thập, chuẩn hóa và xử lý dữ liệu hình ảnh.

Bước 4: Huấn luyện và đánh giá mô hình AI.

Bước 5: Tích hợp mô hình vào hệ thống phần mềm và triển khai thử nghiệm.

Bước 7. Triển khai hệ thống trên thiết bị máy tính, đánh giá và hoàn thiện.

### **1.3. Kết luận chương 1**

Chương 1 đã trình bày tổng quan về bối cảnh, mục tiêu và hướng tiếp cận của đề tài “*Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm*”. Thông qua chương này, người đọc có được cái nhìn toàn diện về tính cấp thiết của đề tài cũng như kiến trúc tổng thể của hệ thống.

## **CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

### **2.1. Giới thiệu chương**

Chương 2 trình bày các cơ sở lý thuyết làm nền tảng cho đề tài “Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm”. Nội dung chương tập trung vào các khái niệm và phương pháp liên quan đến trí tuệ nhân tạo, học máy, học sâu và đặc biệt là bài toán phát hiện đối tượng trong ảnh với khung bao xoay (Oriented Bounding Box - OBB).

Bên cạnh đó, chương này cũng giới thiệu kiến trúc và nguyên lý hoạt động của mô hình YOLOv11-OBB, là mô hình học sâu được sử dụng trong đề tài để phát hiện các dấu hiệu bệnh ở tôm từ hình ảnh thu được bởi camera IP.

### **2.2. Trí tuệ nhân tạo và học máy**

#### **2.2.1. Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence)**

Artificial Intelligence (Trí tuệ nhân tạo) là một lĩnh vực trong khoa học máy tính tập trung vào việc phát triển các hệ thống và chương trình có khả năng tự động thực hiện các nhiệm vụ thông minh mà trước đây chỉ có con người có thể thực hiện. Mục tiêu chính của trí tuệ nhân tạo là tạo ra các hệ thống có khả năng tư duy, học hỏi và ra quyết định tương tự con người.

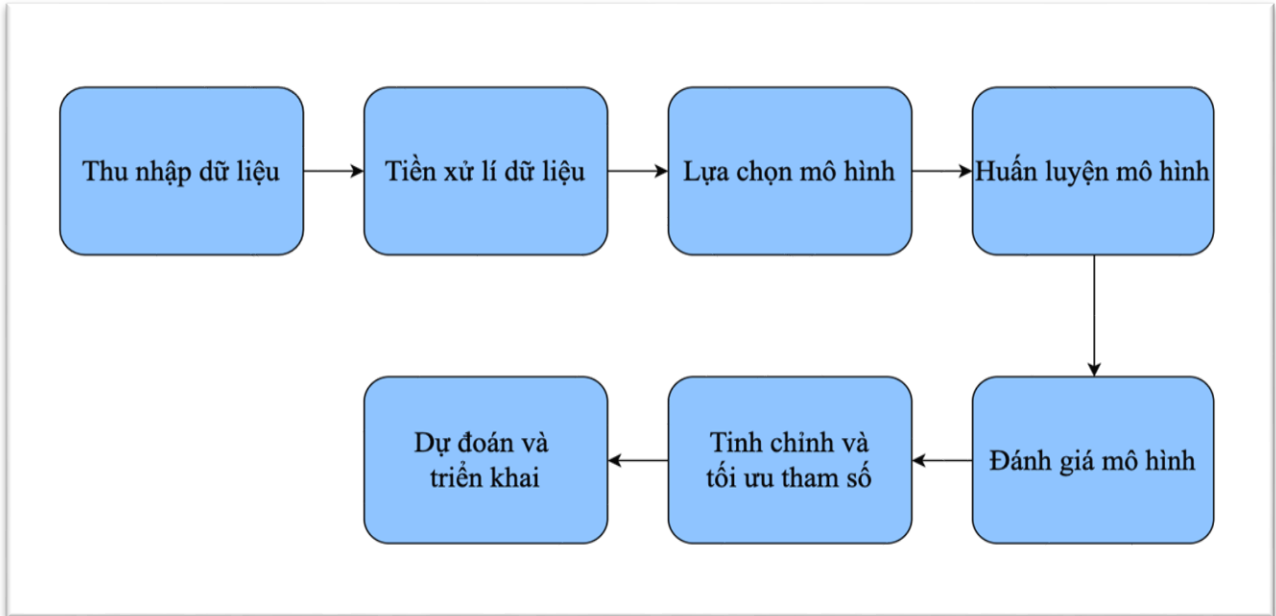
Trí tuệ nhân tạo bao gồm nhiều phương pháp, kỹ thuật và công nghệ, trong đó có Machine Learning (học máy), Deep Learning (học sâu), Computer Vision (thị giác máy tính), Natural Language Processing (xử lý ngôn ngữ tự nhiên) và nhiều lĩnh vực khác. Các phương pháp kỹ thuật này tương tác với nhau để xây dựng các hệ thống thông minh và học tập từ dữ liệu.

#### **2.2.2. Học máy (Machine Learning)**

Machine Learning (Học máy) là lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, trong đó máy tính tự động học từ dữ liệu và cải thiện hiệu suất theo thời gian mà không cần lập trình cụ thể cho từng tình huống. Khái niệm cơ bản của Machine Learning là máy tính tự học từ kinh nghiệm thông qua việc cung cấp dữ liệu đầu vào và đầu ra tương ứng, từ đó tạo ra quy tắc và mô hình dự đoán

### 2.2.3. Quy trình làm việc của một mô hình Machine Learning

Để tạo ra một mô hình Machine Learning tiêu chuẩn có thể hoạt động được thì cần thực hiện những bước sau:



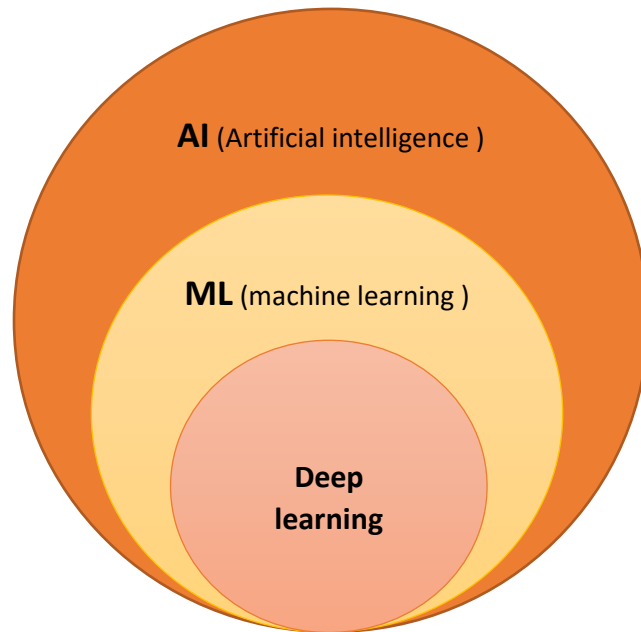
Hình 2. Quy trình làm việc của một mô hình Machine Learning

Chi tiết các bước trong quy trình làm việc như sau:

- Thu thập dữ liệu: Đây là bước đầu tiên trong quy trình, dữ liệu là huyết mạch của mô hình, chất lượng và số lượng của data sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất mô hình. Dữ liệu được lấy từ nhiều nguồn khác nhau như cơ sở dữ liệu, file text, hình ảnh, audio, hoặc lấy từ các trang web. Sau khi thu nhập xong thì phải tổ chức lại dữ liệu theo format chẳng hạn như file csv hoặc là một database, và đảm bảo dữ liệu liên quan đến vấn đề cần giải quyết.
- Tiền xử lý dữ liệu: Dữ liệu thu thập được thường cần được tiền xử lý để chuẩn hoá, loại bỏ nhiễu, xử lý thiếu sót hoặc chuyển đổi thành định dạng phù hợp cho việc huấn luyện và đánh giá mô hình.
- Lựa chọn mô hình: Sau khi chuẩn bị đầy đủ dữ liệu, bước tiếp theo là lựa chọn mô hình phù hợp với tài đề bài toán. Có nhiều loại có thể lựa chọn như: linear

regression, decision trees, và neural networks. Sự lựa chọn mô hình dựa vào dữ liệu của bạn và vấn đề bạn muốn giải quyết. Các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình gồm kích thước và kiểu dữ liệu, độ phức tạp của vấn đề cũng như là các tài liệu sẵn có.

- Huấn luyện mô hình: Trong quá trình huấn luyện, mô hình được cung cấp với dữ liệu huấn luyện đã được gán nhãn, và nó sẽ tự động điều chỉnh các tham số để tối ưu hoá hiệu suất trên dữ liệu huấn luyện. Trong quá trình huấn luyện điều quan trọng là phải tránh overfitting và underfitting.
- Đánh giá mô hình: Sau khi đã huấn luyện được mô hình, sẽ bắt đầu đánh giá nó. Điều này liên quan tới việc đánh giá mô hình dựa vào các dữ liệu chưa từng xuất hiện trong tập dữ liệu ban đầu. Các số liệu để đánh giá hiệu suất của mô hình bao gồm accuracy (đối với vấn đề phân loại), precision và recall (đối với phân loại nhị phân), ...
- Cải thiện mô hình: Sau khi đánh giá mô hình. Có thể biết mô hình lúc này đã tốt hay không. Nếu kết quả chưa tốt như mong đợi thì cần tìm ra nguyên nhân qua từng bước. Sau khi tìm ra được nguyên nhân khiến cho mô hình hoạt động không tốt thì bắt đầu quay lại các bước trên để tiến hành lại. Cho đến khi đạt kết quả như mong muốn thì dừng lại.
- Dự đoán và triển khai: Sau khi mô hình được huấn luyện và tối ưu hoá thì ta sẽ đến với quá trình đánh giá. Quá trình bao gồm việc đưa các dữ liệu mới vào mô hình và sử dụng đầu ra của mô hình để đưa ra quyết định hoặc phân tích thêm. Sau đó đưa mô hình vào môi trường sản xuất, nơi có thể xử lý dữ liệu thực tế và cung cấp thông tin chi tiết theo thời gian thực.



Hình 3. Mối quan hệ giữa AI, ML, Deep Learning

### 2.3. Học sâu (Deep Learning)

Deep Learning (học sâu) là một phương pháp trong lĩnh vực Machine Learning mà trong đó các mô hình mạng Neural Network sâu được xây dựng để học và hiểu các đặc trưng phức tạp của dữ liệu.

Khái niệm cơ bản của Deep Learning là xây dựng các mô hình mạng Neural Network sâu, có nhiều lớp ẩn (hidden layers) để mô phỏng cấu trúc của não người. Mạng Neural Network sâu này sẽ tự động học từ dữ liệu thông qua việc điều chỉnh các trọng số và các tham số kết nối giữa các nơ-ron trong mạng.

Deep Learning có khả năng tự học các mô hình phức tạp và phát hiện các đặc trưng ẩn sâu trong dữ liệu. Điều này cho phép nó đạt được hiệu suất tốt trong việc xử lý và phân tích các loại dữ liệu phức tạp như hình ảnh, âm thanh, văn bản và video.

### 2.4. Thị giác máy tính và bài toán phát hiện đối tượng

### 2.4.1. Thị giác máy tính (Computer Vision)

Thị giác máy tính là lĩnh vực nghiên cứu giúp máy tính có khả năng thu nhận, xử lý và hiểu nội dung của hình ảnh hoặc video. Các bài toán phổ biến trong thị giác máy tính bao gồm:

- Phân loại ảnh (Image Classification).
- Phân vùng ảnh (Image Segmentation).
- Phát hiện đối tượng (Object Detection).
- Theo dõi đối tượng (Object Tracking).

Trong đề tài này, bài toán trọng tâm là phát hiện đối tượng, trong đó mỗi dấu hiệu bệnh ở tôm được xem như một đối tượng cần phát hiện trong ảnh.

### 2.4.2. Bài toán phát hiện đối tượng (Object Detection)

Bài toán phát hiện đối tượng yêu cầu mô hình xác định:

- Vị trí của đối tượng trong ảnh (bounding box).
- Nhãn lớp của đối tượng.
- Độ tin cậy (confidence score) của dự đoán.

Khác với bài toán phân loại ảnh chỉ đưa ra một nhãn cho toàn bộ ảnh, phát hiện đối tượng cho phép xác định nhiều đối tượng cùng lúc trong một khung hình.

### 2.4.3. Bounding Box truyền thống và Oriented Bounding Box

Trong phát hiện đối tượng, bounding box truyền thống thường được biểu diễn dưới dạng khung chữ nhật song song với trục ảnh (axis-aligned bounding box - AABB). Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp thực tế, đối tượng có hình dạng nghiêng hoặc xoay, khiến AABB bao phủ dư thừa nhiều vùng nên không cần thiết.

Để khắc phục hạn chế này, Oriented Bounding Box (OBB) được sử dụng. OBB cho phép biểu diễn đối tượng bằng khung chữ nhật có góc xoay, thường được mô tả bởi:

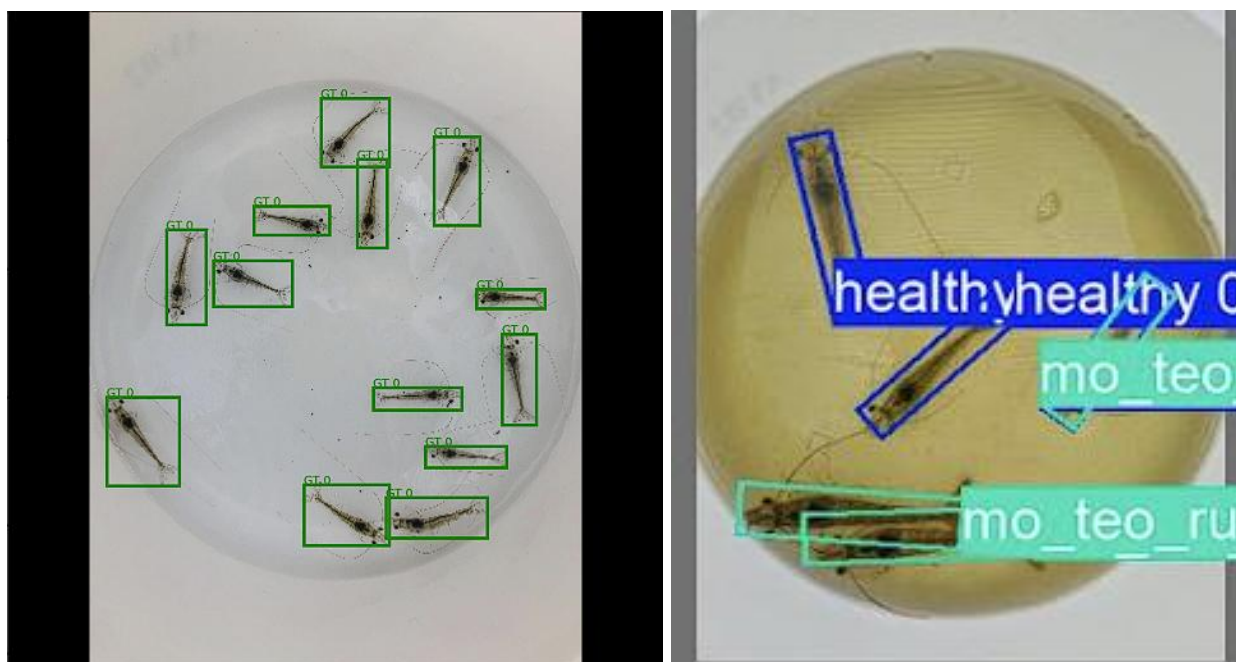
- Tọa độ tâm  $(x, y)$ .
- Chiều rộng  $(w)$  và chiều cao  $(h)$ .

- Góc xoay  $\theta$ .

### Ưu điểm của OBB:

- Biểu diễn chính xác hình dạng đối tượng nghiêng.
- Giảm vùng nền dư thừa.
- Phù hợp với các bài toán có đối tượng dài, mảnh hoặc xoay ngẫu nhiên.

Trong bối cảnh nuôi tôm, tôm thường xoay theo nhiều hướng khác nhau trong nước, do đó việc sử dụng OBB giúp mô hình phát hiện chính xác hơn so với bounding box truyền thống.



Hình 4. Sự khác nhau giữa Bounding Box truyền thống và Oriented Bounding Box

## 2.5. Xác thực khuôn mặt bằng phương pháp Haar Cascade và LBPH

### 2.5.1. Bài toán xác thực khuôn mặt trong hệ thống

Xác thực khuôn mặt là bài toán nhận dạng danh tính người dùng dựa trên đặc trưng khuôn mặt, nhằm đảm bảo chỉ những người được cấp quyền mới có thể truy cập và vận hành hệ thống.

Trong đề tài, xác thực khuôn mặt được sử dụng để:

- Đăng ký người dùng
- Đăng nhập hệ thống

### 2.5.2. Phương pháp Haar Cascade

Haar Cascade là phương pháp phát hiện khuôn mặt dựa trên các đặc trưng Haar-like và thuật toán AdaBoost. Phương pháp này có ưu điểm là:

- Tốc độ xử lý nhanh
- Phù hợp với hệ thống thời gian thực
- Dễ triển khai với OpenCV

Haar Cascade được sử dụng trong đề tài để phát hiện vùng khuôn mặt trong ảnh đầu vào từ camera.

### 2.5.3. Phương pháp LBPH (Local Binary Patterns Histogram)

LBPH là phương pháp nhận dạng khuôn mặt dựa trên đặc trưng cục bộ của ảnh xám. Đặc trưng LBPH thể hiện mối quan hệ giữa các pixel lân cận, giúp mô hình ít nhạy cảm với thay đổi ánh sáng.

Trong đề tài, LBPH được sử dụng để:

- Trích xuất đặc trưng khuôn mặt
- So khớp và nhận dạng danh tính người dùng

### 2.5.4. Lý do lựa chọn Haar Cascade + LBPH

Phương pháp Haar Cascade kết hợp với LBPH được lựa chọn vì:

- Không yêu cầu tài nguyên tính toán cao
- Hoạt động ổn định trong môi trường cục bộ
- Phù hợp với mục tiêu xác thực người dùng, không yêu cầu độ chính xác cao như Face Recognition hiện đại.

## 2.6. Các phương pháp phát hiện đối tượng dựa trên học sâu

Phát hiện đối tượng (Object Detection) là một trong những bài toán trung tâm của thị giác máy tính, với mục tiêu xác định vị trí, loại đối tượng và độ tin cậy của các đối tượng xuất hiện trong ảnh. Dựa trên kiến trúc và cách thức xử lý, các phương pháp phát hiện đối tượng dựa trên học sâu có thể được chia thành hai nhóm chính: phương pháp hai giai đoạn (two-stage detectors) và phương pháp một giai đoạn (one-stage detectors).

### 2.6.1. Phương pháp hai giai đoạn (Two-stage detectors)

Phương pháp hai giai đoạn là nhóm các mô hình phát hiện đối tượng truyền thống dựa trên học sâu, trong đó quá trình phát hiện được chia thành hai bước tách biệt:

- Giai đoạn đề xuất vùng (Region Proposal). Ở giai đoạn này, mô hình tìm kiếm các vùng trong ảnh có khả năng chứa đối tượng. Các vùng này được gọi là region proposals.
- Giai đoạn phân loại và tinh chỉnh. Các region proposals được đưa vào một mạng nơ-ron để:
  - Phân loại đối tượng.
  - Tinh chỉnh lại vị trí bounding box.

Các mô hình tiêu biểu thuộc nhóm này bao gồm:

- R-CNN
- Fast R-CNN
- Faster R-CNN
- Mask R-CNN

#### Ưu điểm:

- Độ chính xác cao.
- Khả năng phát hiện tốt các đối tượng nhỏ hoặc phức tạp.
- Phù hợp với các bài toán yêu cầu độ chính xác cao hơn tốc độ.

#### Nhược điểm:

- Thời gian suy luận dài do phải thực hiện hai giai đoạn.
- Kiến trúc phức tạp, khó triển khai trên thiết bị biên.
- Không phù hợp với các hệ thống thời gian thực.

Trong bối cảnh đề tài, mặc dù các phương pháp hai giai đoạn cho độ chính xác tốt, nhưng không đáp ứng yêu cầu xử lý thời gian thực trên luồng video RTSP, do đó không được lựa chọn làm mô hình triển khai chính.

### 2.6.2. Phương pháp một giai đoạn (One-stage detectors)

Khác với phương pháp hai giai đoạn, các phương pháp một giai đoạn thực hiện phát hiện và phân loại đối tượng trong một lần suy luận duy nhất. Các mô hình này trực tiếp dự đoán bounding box và xác suất lớp từ ảnh đầu vào.

### **Các mô hình tiêu biểu:**

- YOLO (You Only Look Once)
- SSD (Single Shot Detector)
- RetinaNet.

### **Ưu điểm:**

- Tốc độ suy luận nhanh.
- Kiến trúc gọn nhẹ, dễ triển khai.
- Phù hợp với các ứng dụng thời gian thực.

### **Nhược điểm:**

- Trước đây có độ chính xác thấp hơn two-stage detectors.
- Khó phát hiện đối tượng nhỏ trong các phiên bản cũ.

Nhờ các cải tiến về kiến trúc mạng, hàm mất mát và cơ chế học đặc trưng đa tỉ lệ, các mô hình YOLO thế hệ mới đã thu hẹp đáng kể khoảng cách về độ chính xác, đồng thời vẫn giữ được ưu thế về tốc độ. Vì vậy, YOLOv11-OBB được lựa chọn trong đề tài này.

## **2.7. Tổng quan về YOLO và YOLOv11-OBB**

### **2.7.1. Kiến trúc YOLO (You Only Look Once)**

YOLO (You Only Look Once) là một họ mô hình phát hiện đối tượng theo hướng one-stage. Thay vì xử lý từng vùng ảnh riêng biệt, YOLO coi toàn bộ bài toán phát hiện là một bài toán hồi quy duy nhất, ánh xạ trực tiếp từ ảnh đầu vào sang các bounding box và xác suất lớp.

Một kiến trúc YOLO hiện đại thường bao gồm ba thành phần chính:

- Backbone: trích xuất đặc trưng từ ảnh đầu vào.
- Neck: kết hợp đặc trưng ở nhiều mức độ khác nhau.
- Head: dự đoán bounding box, xác suất lớp và độ tin cậy.



- $\theta$ : góc xoay so với trục ngang.

### **Lợi ích của OBB trong bài toán nuôi tôm**

Việc sử dụng OBB giúp:

- Bao phủ sát hình dạng tôm.
- Giảm nhiễu từ nền nước.
- Nâng cao độ chính xác của mô hình phát hiện.

## **2.8. Cơ chế huấn luyện và suy luận của YOLOv11-OBB**

### **2.8.1. Cơ chế huấn luyện**

Trong quá trình huấn luyện YOLOv11-OBB, mô hình học đồng thời:

- Hồi quy tọa độ OBB.
- Học góc xoay của đối tượng.
- Phân loại dấu hiệu bệnh.
- Dự đoán độ tin cậy (objectness score).

Hàm mất mát của mô hình thường bao gồm:

- Loss vị trí (Localization Loss) cho  $(x, y, w, h)$ .
- Loss góc xoay (Angle Loss) cho  $\theta$ .
- Loss phân loại (Classification Loss).
- Loss độ tin cậy (Objectness Loss).

### **2.8.2. Cơ chế suy luận và OBB-NMS**

Trong giai đoạn suy luận:

- Mô hình sinh ra nhiều OBB ứng viên.
- Mỗi OBB có nhãn lớp, độ tin cậy và góc xoay.
- Áp dụng Non-Maximum Suppression cho OBB (OBB-NMS) để loại bỏ các dự đoán trùng lặp.

Khác với NMS truyền thống, OBB-NMS tính IoU giữa các đa giác xoay, phản ánh chính xác hơn mức độ chồng lấn giữa các bounding box.

## **2.9. Các chỉ số đánh giá mô hình phát hiện đối tượng với OBB**

Việc đánh giá mô hình phát hiện đối tượng là bước quan trọng nhằm xác định hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống.

### **2.9.1. Intersection over Union (IoU) cho OBB**

- IoU đo mức độ chồng lấn giữa bounding box dự đoán và ground truth.
- Đối với OBB, IoU được tính trên đa giác xoay, thay vì hình chữ nhật song song trục.

### **2.9.2. Precision và Recall**

- Precision: tỷ lệ dự đoán đúng trên tổng số dự đoán, tránh cảnh báo giả (Precision cao).
- Recall: tỷ lệ phát hiện đúng trên tổng số đối tượng thực tế, không bỏ sót dấu hiệu bệnh (Recall cao).

### **2.9.3. mean Average Precision (mAP)**

- mAP là chỉ số tổng hợp đánh giá chất lượng mô hình phát hiện đối tượng, được tính bằng trung bình Average Precision của tất cả các lớp.
- Đối với bài toán OBB, mAP phản ánh chính xác hơn hiệu quả phát hiện trong các trường hợp đối tượng xoay và chồng lấn.

### **2.9.4. Ý nghĩa đánh giá trong đề tài**

Trong đề tài này:

- mAP được sử dụng để đánh giá độ chính xác tổng thể của mô hình.
- Precision/Recall được dùng để đánh giá khả năng cảnh báo sớm.
- Kết hợp với tốc độ suy luận (FPS) để đánh giá khả năng triển khai thời gian thực.

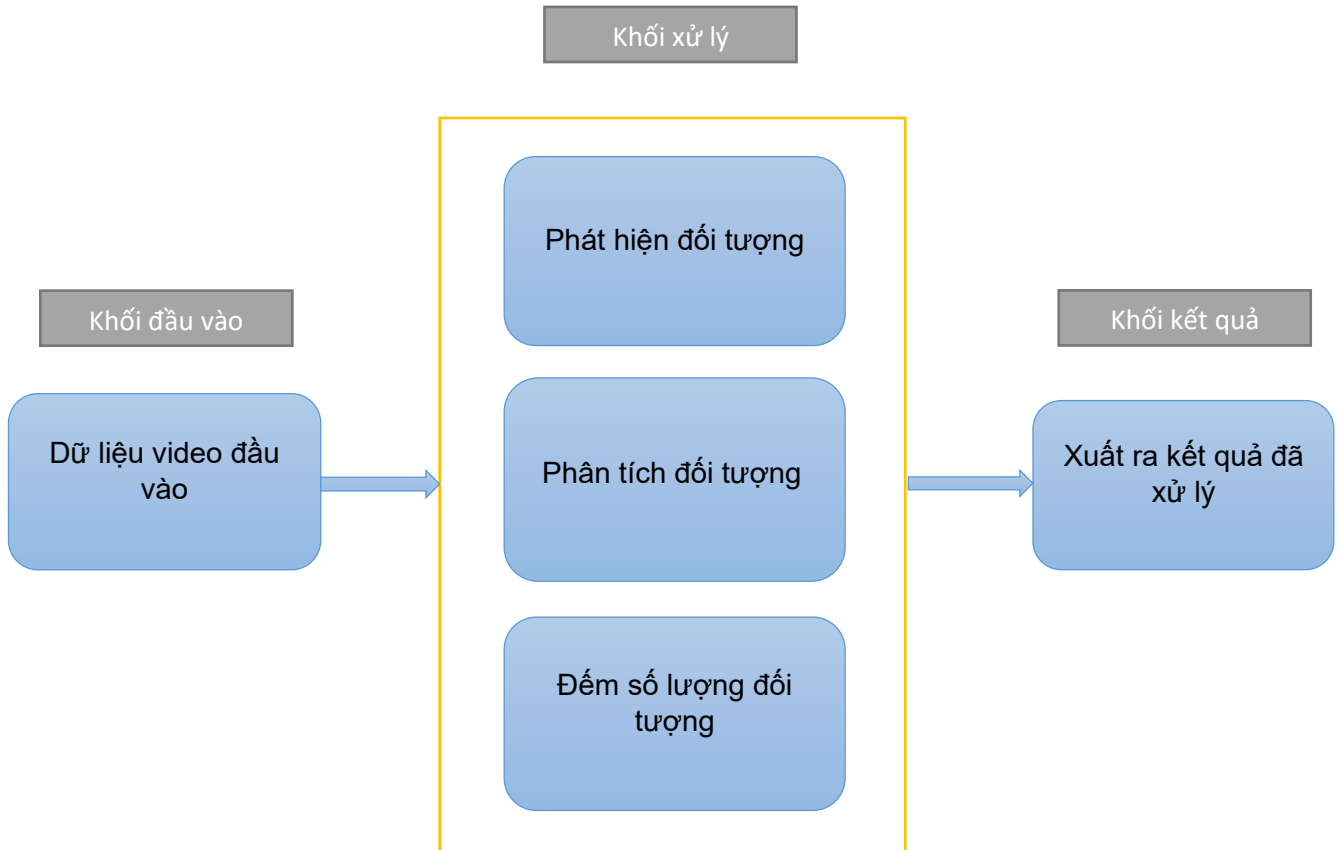
### CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

#### 3.1. Giới thiệu chương 3

Chương 3 trình bày chi tiết phương pháp thực hiện đề tài “*Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm*”. Nội dung chương tập trung mô tả cách thức phân tích yêu cầu, thiết kế kiến trúc triển khai, thiết kế cơ sở dữ liệu, xây dựng pipeline xử lý dữ liệu hình ảnh và tích hợp mô hình học sâu YOLOv11-OBB vào hệ thống thực tế.

Sơ đồ kiến trúc IoT tổng thể của hệ thống đã được trình bày ở Chương 1 (Hình 1.1). Trong chương này, các nội dung sẽ đi sâu vào hiện thực hóa kiến trúc đó thông qua thiết kế dữ liệu, quy trình xử lý và cơ chế vận hành hệ thống.

#### Khái quát mô hình phát hiện các đối tượng



Hình 6. Sơ đồ khối của hệ thống

Mô tả các khối có trong mô hình:

- Khối đầu vào: Khối này nhằm mục đích lấy dữ liệu khung hình từ video để tiến hành đưa vào khối xử lý để xử lý.
- Khối xử lý: Khối xử lý gồm ba nhiệm vụ khác nhau. Đầu tiên là nhiệm vụ phát hiện được các đối tượng. Tiếp theo là nhiệm vụ theo dõi các đối tượng đã được phát hiện.

### **3.2. Phân tích yêu cầu chính và bài toán thực tế**

#### **3.2.1. Phân tích bài toán**

Từ bối cảnh thực tế tại ao nuôi, bài toán cần giải quyết bao gồm các yêu cầu chính:

- Giám sát tôm nuôi liên tục thông qua hình ảnh.
- Phát hiện sớm các dấu hiệu bệnh có thể quan sát được.
- Cảnh báo kịp thời cho người vận hành.
- Lưu trữ dữ liệu phục vụ theo dõi và báo cáo.

Các ràng buộc thực tế:

- Điều kiện ánh sáng thay đổi (ngày/đêm).
- Nước ao có thể đục, gây nhiễu hình ảnh.
- Tôm có hình dạng dài, mảnh và thường xuyên xoay theo nhiều hướng.
- Hệ thống phải hoạt động ổn định trong mạng nội bộ.

Do đó, bài toán được xác định là bài toán phát hiện đối tượng theo thời gian thực với khung bao xoay (Oriented Bounding Box - OBB), triển khai trên thiết bị biên.

#### **3.2.2. Các tác nhân của hệ thống**

Hệ thống bao gồm các tác nhân sau:

- Camera IP: thiết bị IoT thu nhận hình ảnh và truyền luồng video RTSP.
- Webcam: thực hiện xác thực khuôn mặt.
- Thiết bị biên (Edge Device): máy tính chạy ứng dụng Desktop, thực hiện suy luận AI và hiển thị kết quả.
- Người dùng (User): người trực tiếp theo dõi và nhận cảnh báo.
- Quản trị viên (Admin): quản lý thiết bị, người dùng và dữ liệu trên server.

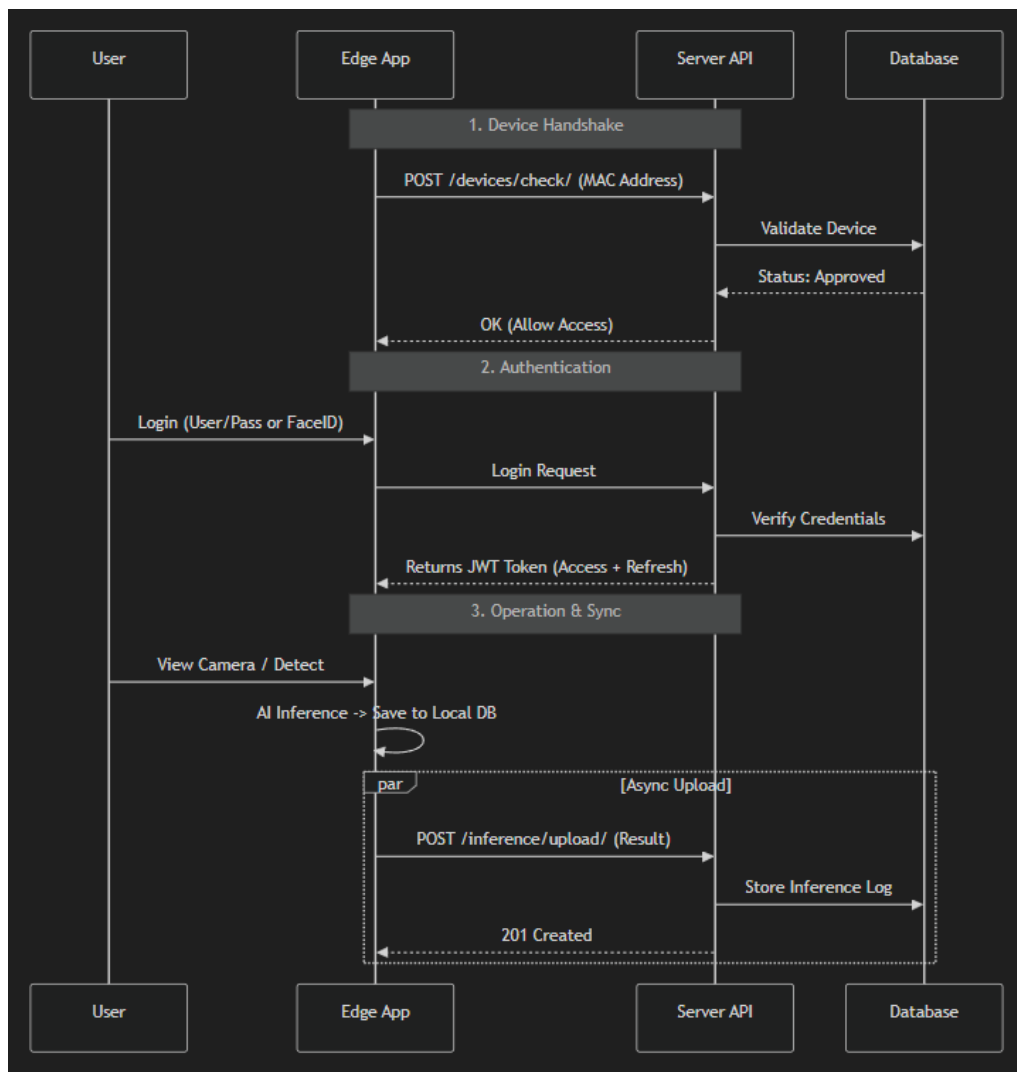
### **3.3. Thiết kế kiến trúc triển khai (Edge - Server)**

Hệ thống được triển khai theo mô hình Edge - Server, trong đó:

- Edge đảm nhiệm các chức năng xác thực, tác vụ yêu cầu thời gian thực như xử lý hình ảnh và suy luận YOLOv11-OBB.
- Server đảm nhiệm các tác vụ quản lý, lưu trữ lâu dài và xuất báo cáo.

Luồng dữ liệu tổng quát:

- Camera IP → Edge (RTSP).
- Edge → xử lý & suy luận.
- Edge → lưu trữ cục bộ.
- Edge → đồng bộ Server.
- Server → quản trị & báo cáo.



Hình 7. Sơ đồ luồng hoạt động Edge - Server

### **3.4. Thiết kế cơ sở dữ liệu**

#### **3.4.1. Nguyên tắc thiết kế**

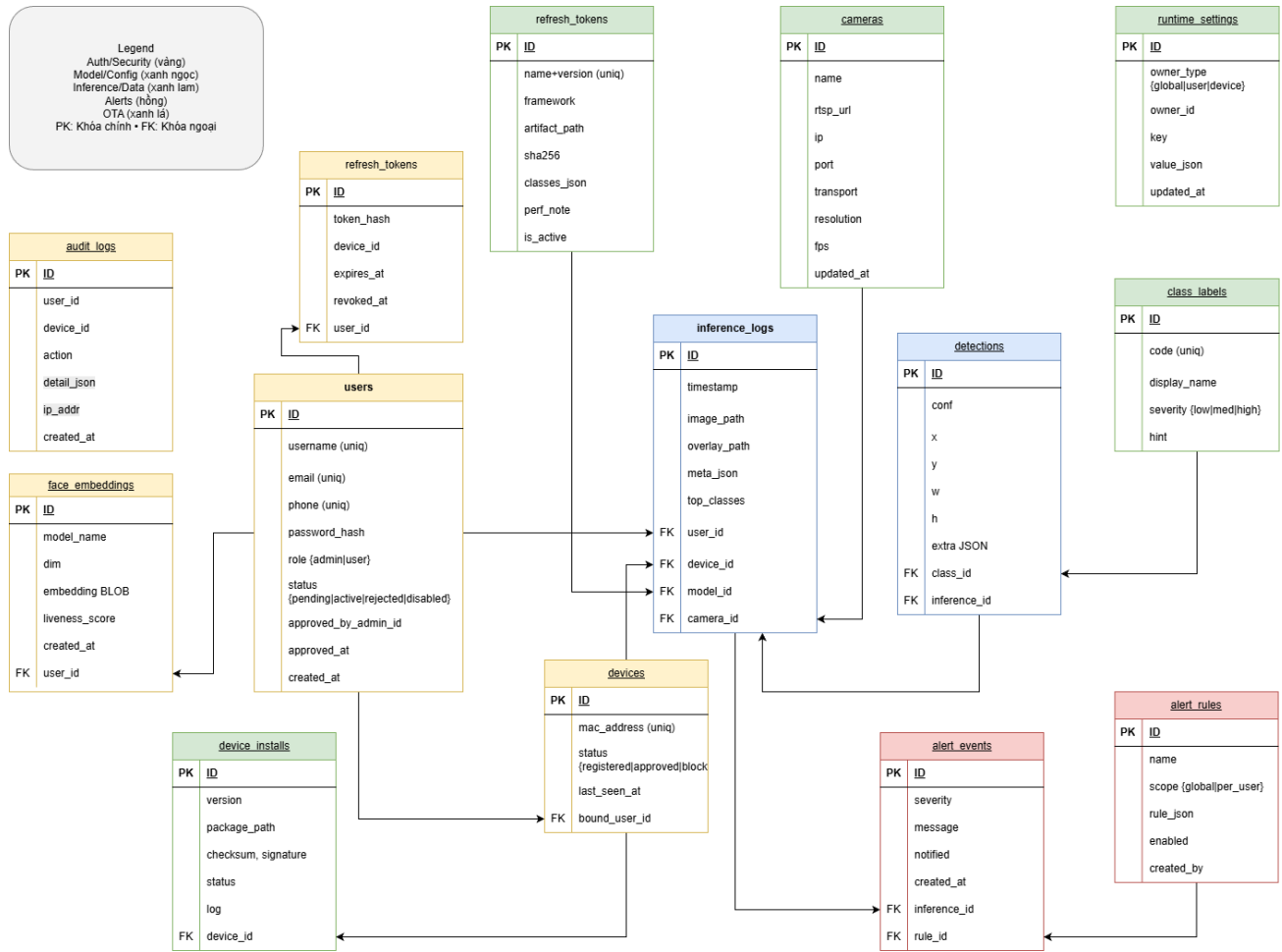
Cơ sở dữ liệu được thiết kế nhằm:

- Đảm bảo truy vết đầy đủ từ ảnh gốc → kết quả phát hiện → cảnh báo.
- Hỗ trợ đồng bộ dữ liệu giữa Edge và Server.
- Thuận tiện cho thống kê, phân tích và mở rộng hệ thống.

#### **3.4.2. Mô hình thực thể - liên kết (ERD)**

Cơ sở dữ liệu của hệ thống được tổ chức thành các nhóm bảng chính:

- Nhóm người dùng: users, roles
- Nhóm thiết bị: devices, cameras
- Nhóm mô hình: refresh\_tokens
- Nhóm kết quả suy luận: inference\_logs, detections
- Nhóm cảnh báo: alert\_rules, alert\_events
- Nhóm nhật ký hệ thống: audit\_logs



Hình 8. Sơ đồ Thiết kế Cơ sở dữ liệu

### 3.4.3. Mô tả chi tiết các bảng dữ liệu chính

- **users**: lưu thông tin tài khoản, phân quyền và trạng thái.
- **devices**: quản lý thiết bị theo địa chỉ MAC, trạng thái hoạt động.
- **cameras**: lưu cấu hình camera IP (RTSP, độ phân giải, FPS).
- **refresh\_tokens**: quản lý phiên bản model đang sử dụng.
- **inference\_logs**: lưu thông tin mỗi lần suy luận (thời gian, ảnh, mô hình).
- **detections**: lưu chi tiết OBB (x, y, w, h,  $\theta$ , class, confidence).
- **alert\_events**: lưu lịch sử các cảnh báo được phát sinh.

### 3.5. Pipeline xử lý dữ liệu và YOLOv11-OBB

#### 3.5.1. Pipeline tổng quát

Pipeline xử lý dữ liệu của hệ thống gồm các bước:

- Bước 1: Nhận luồng RTSP từ camera IP.
- Bước 2: Trích xuất khung hình theo FPS cấu hình.
- Bước 3: Tiền xử lý ảnh (resize, chuẩn hóa).
- Bước 4: Suy luận mô hình YOLOv11-OBB.
- Bước 5: Hậu xử lý (OBB-NMS, lọc ngưỡng).
- Bước 6: Hiển thị, lưu trữ và cảnh báo.
- Bước 7: Đồng bộ dữ liệu lên server.

#### 3.5.2. Tiền xử lý dữ liệu

- Chuẩn hóa kích thước ảnh đầu vào.
- Giảm nhiễu trong điều kiện ánh sáng yếu.
- Đảm bảo định dạng dữ liệu phù hợp với mô hình YOLOv11-OBB.

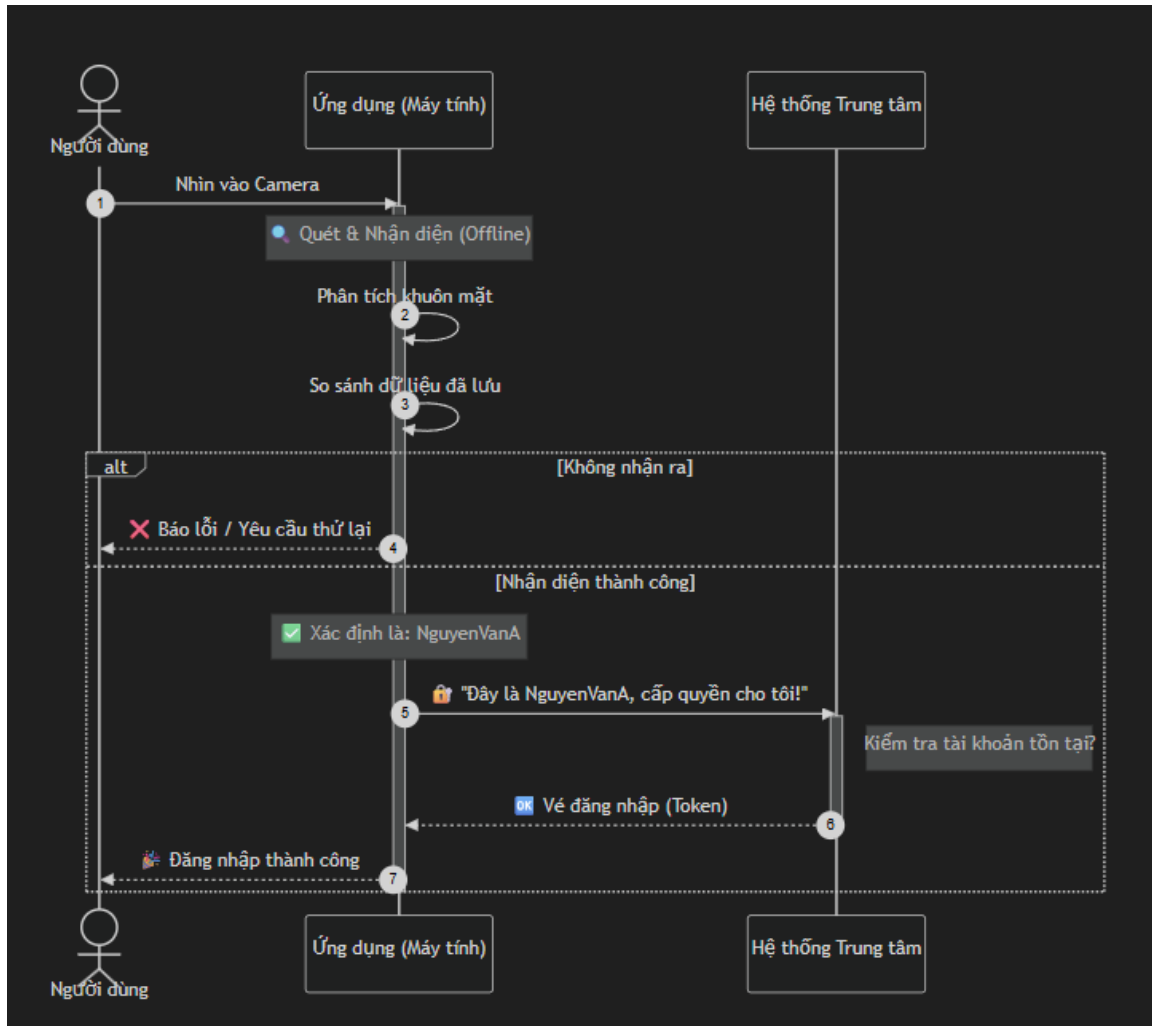
#### 3.5.3. Suy luận và hậu xử lý

- Mô hình sinh ra các OBB ứng viên.
- Áp dụng OBB-NMS để loại bỏ các dự đoán trùng lặp.
- Lọc kết quả theo ngưỡng độ tin cậy.
- Chuẩn bị dữ liệu cho hiển thị và lưu trữ.

### 3.6. Thiết kế và triển khai xác thực khuôn mặt

- Để đảm bảo an toàn và kiểm soát quyền truy cập hệ thống, đề tài tích hợp chức năng xác thực người dùng dựa trên khuôn mặt, chức năng này được sử dụng trong quá trình đăng nhập.
- Trong hệ thống, phương pháp Haar Cascade được sử dụng để phát hiện vùng khuôn mặt từ ảnh thu nhận bởi camera. Phương pháp này cho phép xác định nhanh và tương đối chính xác vị trí khuôn mặt, phù hợp với yêu cầu xử lý thời gian thực trong môi trường triển khai cục bộ. Sau khi vùng khuôn mặt được phát hiện, phương pháp LBPH (Local Binary Patterns Histogram) được áp dụng để trích xuất đặc trưng và thực hiện nhận dạng khuôn mặt.
- Quy trình xác thực khuôn mặt bao gồm các bước chính: thu nhận ảnh khuôn mặt từ camera, phát hiện vùng khuôn mặt bằng Haar Cascade, trích xuất đặc trưng bằng LBPH và so khớp với dữ liệu khuôn mặt đã được đăng ký trước đó trong hệ

thống. Kết quả so khớp được sử dụng để quyết định cho phép hoặc từ chối quyền truy cập.



Hình 9. Sơ đồ luồng xác thực FaceID

- Việc lựa chọn kết hợp Haar Cascade và LBPH xuất phát từ yêu cầu triển khai hệ thống trong điều kiện cục bộ, tài nguyên tính toán hạn chế và mục tiêu xác thực người vận hành, không yêu cầu độ chính xác cao như các hệ thống nhận dạng sinh trắc học quy mô lớn. Phương pháp này đảm bảo tốc độ xử lý nhanh, dễ triển khai và đủ độ tin cậy cho mục đích kiểm soát truy cập trong phạm vi đề tài.
-

### **3.7. Cơ chế cảnh báo và lưu trữ kết quả**

Khi phát hiện dấu hiệu bệnh:

- Hệ thống hiển thị cảnh báo trực tiếp trên giao diện.
- Lưu ảnh góc, ảnh overlay và metadata.
- Ghi nhận sự kiện cảnh báo vào bảng alert\_events.
- Đồng bộ dữ liệu về server trung tâm.

### **3.8. Quy trình triển khai và vận hành**

Quy trình triển khai hệ thống gồm các bước:

- Cài đặt ứng dụng Desktop tại thiết bị biên.
- Cấu hình camera IP và kết nối RTSP.
- Cấu hình mô hình YOLOv11-OBB.
- Kiểm tra hoạt động và đưa vào vận hành thử nghiệm.

### **3.9. Kết luận chương 3**

- Chương 3 đã trình bày chi tiết phương pháp thực hiện đề tài, từ phân tích yêu cầu, thiết kế kiến trúc triển khai, thiết kế cơ sở dữ liệu đến xây dựng pipeline xử lý dữ liệu và tích hợp mô hình YOLOv11-OBB. Đây là nền tảng quan trọng để tiến hành đánh giá, thực nghiệm và phân tích kết quả trong Chương 4 - Thực nghiệm và kết quả.

## CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

### 4.1. Giới thiệu chương

Chương 4 trình bày quá trình thực nghiệm và đánh giá kết quả của “*Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm*”. Nội dung chương tập trung mô tả môi trường thực nghiệm, cách thức triển khai hệ thống trong điều kiện thực tế, kết quả phát hiện của mô hình YOLOv11-OBB cũng như đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống.

Mục tiêu của chương này là kiểm chứng khả năng vận hành của hệ thống, mức độ chính xác trong phát hiện dấu hiệu bệnh và tính khả thi khi triển khai tại môi trường ao nuôi.

### 4.2. Môi trường và điều kiện thực nghiệm

#### 4.2.1. Môi trường phần cứng

Hệ thống được triển khai theo mô hình Edge - Server, trong đó các tác vụ suy luận thời gian thực được thực hiện tại thiết bị biên.

- **Camera IP**
  - Độ phân giải: 720p / 1080p
  - Giao thức truyền: RTSP
  - Lắp đặt cố định tại ao nuôi
- **Thiết bị biên (Edge Device)**
  - Máy tính cá nhân đặt tại trại nuôi.
  - Có khả năng xử lý suy luận mô hình YOLOv11-OBB theo thời gian thực.
- **Server trung tâm**
  - Quản lý người dùng, thiết bị.
  - Lưu trữ dữ liệu kết quả và hỗ trợ xuất báo cáo.

#### 4.2.2. Môi trường phần mềm

- Hệ điều hành: Windows
- Ngôn ngữ lập trình: Python
- Thư viện xử lý ảnh: OpenCV
- Mô hình AI: YOLOv11-OBB

- Cơ sở dữ liệu: SQLite (Edge, Server)
- Giao thức: RTSP, HTTP

#### **4.2.3. Dữ liệu thực nghiệm**

Dữ liệu đầu vào của hệ thống là luồng video trực tiếp từ camera IP quan sát ao nuôi. Các khung hình được trích xuất theo FPS cấu hình và được đưa vào mô hình cấu hình để suy luận.

#### **4.3. Quy trình thực nghiệm**

Quy trình thực nghiệm được tiến hành lần lượt theo các bước sau:

- Cấu hình camera IP và thiết lập kết nối RTSP.
- Khởi động ứng dụng Desktop tại thiết bị biên.
- Tiếp nhận và hiển thị luồng video trực tiếp.
- Thực hiện suy luận mô hình YOLOv11-OBB trên từng khung hình.
- Hiển thị kết quả phát hiện (OBB, nhãn lớp, độ tin cậy).
- Lưu trữ dữ liệu và phát cảnh báo khi phát hiện dấu hiệu bất thường.
- Đồng bộ dữ liệu về server trung tâm để phục vụ quản lý và báo cáo.

#### **4.4. Dữ liệu huấn luyện và quá trình gắn nhãn**

Dữ liệu dùng để huấn luyện mô hình được thu thập từ nhiều nguồn hình ảnh khác nhau trong điều kiện thực tế của ao nuôi tôm.

Việc thu thập dữ liệu hình ảnh và quá trình gắn nhãn được tham khảo từ thực tế và tìm hiểu tài liệu sau đó thực hiện thủ công, dưới sự hướng dẫn và xác nhận của chuyên gia trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, nhằm đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy của dữ liệu. Các nhãn được xác định dựa trên các dấu hiệu bệnh có thể quan sát bằng mắt thường, phù hợp với mục tiêu phát hiện và cảnh báo sớm của hệ thống.

Trên cơ sở tập dữ liệu đã được chuẩn hóa và gắn nhãn, mô hình YOLOv11-OBB được huấn luyện trong phạm vi đề án. Quá trình huấn luyện nhằm giúp mô hình học được đặc trưng hình dạng và tư thế xoay của tôm, cũng như các dấu hiệu bệnh xuất hiện trên cơ thể tôm trong môi trường ao nuôi.

## 4.5. Huấn luyện mô hình

### 4.5.1. Các chỉ số đánh giá trong quá trình huấn luyện

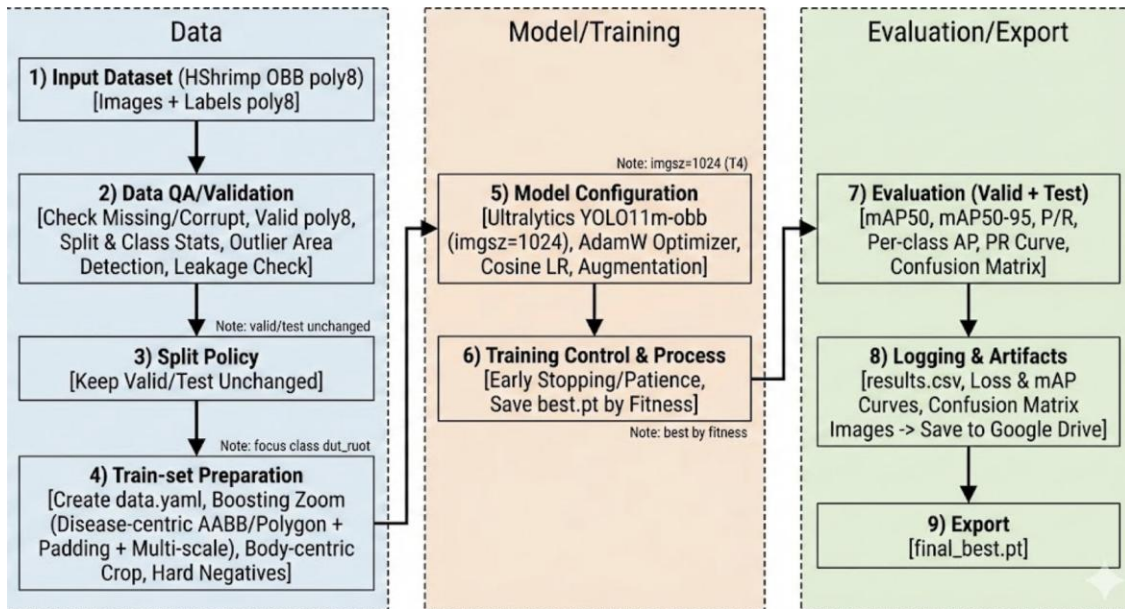
Theo thông tin và kết quả huấn luyện đi kèm mô hình, các chỉ số đánh giá chính bao gồm:

- Precision: phản ánh tỷ lệ dự đoán đúng trên tổng số dự đoán.
- Recall: phản ánh khả năng phát hiện đầy đủ các đối tượng.
- mAP (mean Average Precision): đánh giá tổng thể chất lượng mô hình.
- OBB-IoU: mức độ chồng lấn giữa khung bao xoay dự đoán và nhãn thực tế.

Các chỉ số này cho thấy mô hình YOLOv11-OBB đạt hiệu quả tốt trong bài toán phát hiện các đối tượng có hình dạng dài, mảnh và xoay tự do - phù hợp với đặc điểm hình dạng của tôm trong môi trường ao nuôi.

### 4.5.2. Quy trình huấn luyện

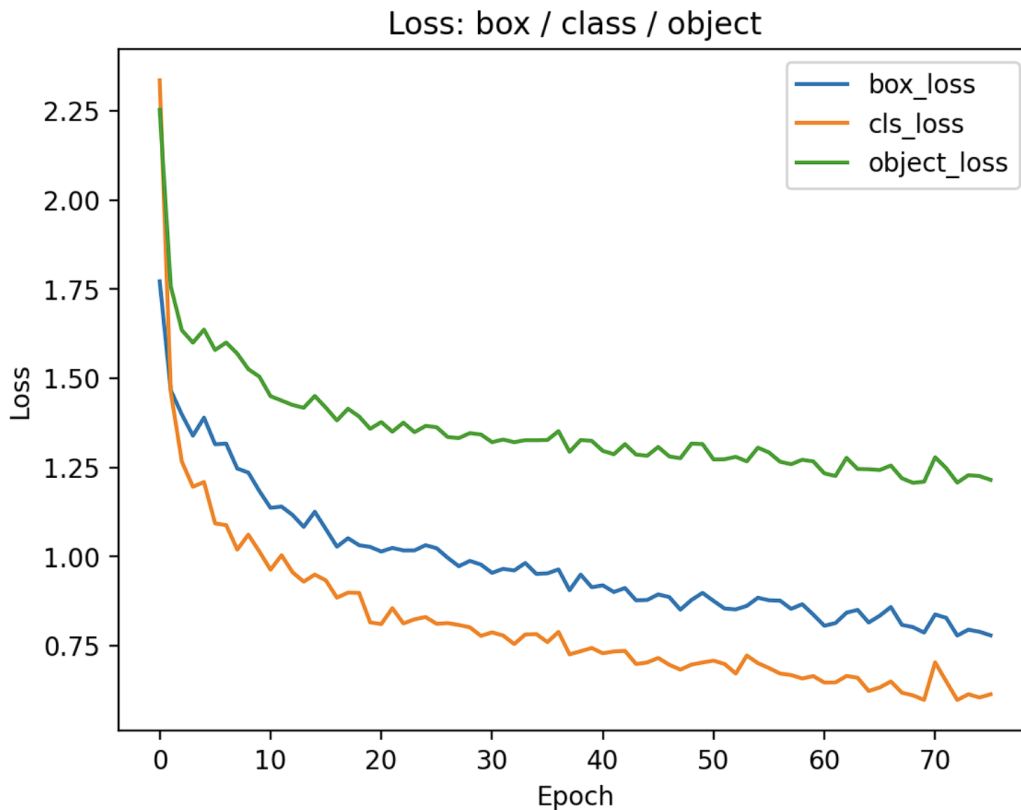
- Tập dữ liệu HShrimp-6\_OBB với kích thước 313 ảnh, được chia train:valid:test theo tỉ lệ 70:20:10. Gồm 4 lớp (Shrimp, Shrimp-Cthun, Shrimp-Druot, mcm) với nhãn dạng OBB polygon poly8 (mỗi đối tượng gồm nhãn lớp và 8 tọa độ chuẩn hóa). Dữ liệu được chia cố định thành các tập train, valid và test. Trong toàn bộ quy trình, chỉ tập train được tác động, còn valid và test được giữ nguyên để đảm bảo tính khách quan khi đánh giá.
- Trước khi huấn luyện, dữ liệu được kiểm tra tính hợp lệ của nhãn OBB, bao gồm cấu trúc nhãn, phạm vi tọa độ và tính hợp lệ hình học của polygon. Đồng thời, dữ liệu được rà soát các ảnh lỗi, thiếu nhãn, thống kê phân bố lớp, phát hiện outlier về kích thước đối tượng và kiểm tra trùng lặp ảnh giữa các tập. Nếu phát hiện trùng lặp, ảnh chỉ bị loại khỏi tập train, không ảnh hưởng đến valid và test.
- Tăng cường dữ liệu được áp dụng chỉ trên tập train theo hai hướng. Thứ nhất là tăng cường online trong quá trình huấn luyện của YOLO11-OBB như mosaic, mixup, biến đổi màu sắc, lật, xoay và scale, nhằm tăng tính đa dạng của dữ liệu. Thứ hai là tăng cường theo hướng tập trung vào vùng bệnh, trong đó các ảnh được crop và zoom quanh vùng đối tượng bệnh với padding phù hợp để tăng mật độ thông tin cho các dấu hiệu nhỏ. Chỉ các đối tượng có polygon nằm hoàn toàn trong vùng crop mới được giữ lại để đảm bảo an toàn nhãn.



Hình 10. Quy trình xử lý và huấn luyện dữ liệu

### 4.5.3. Kết quả huấn luyện

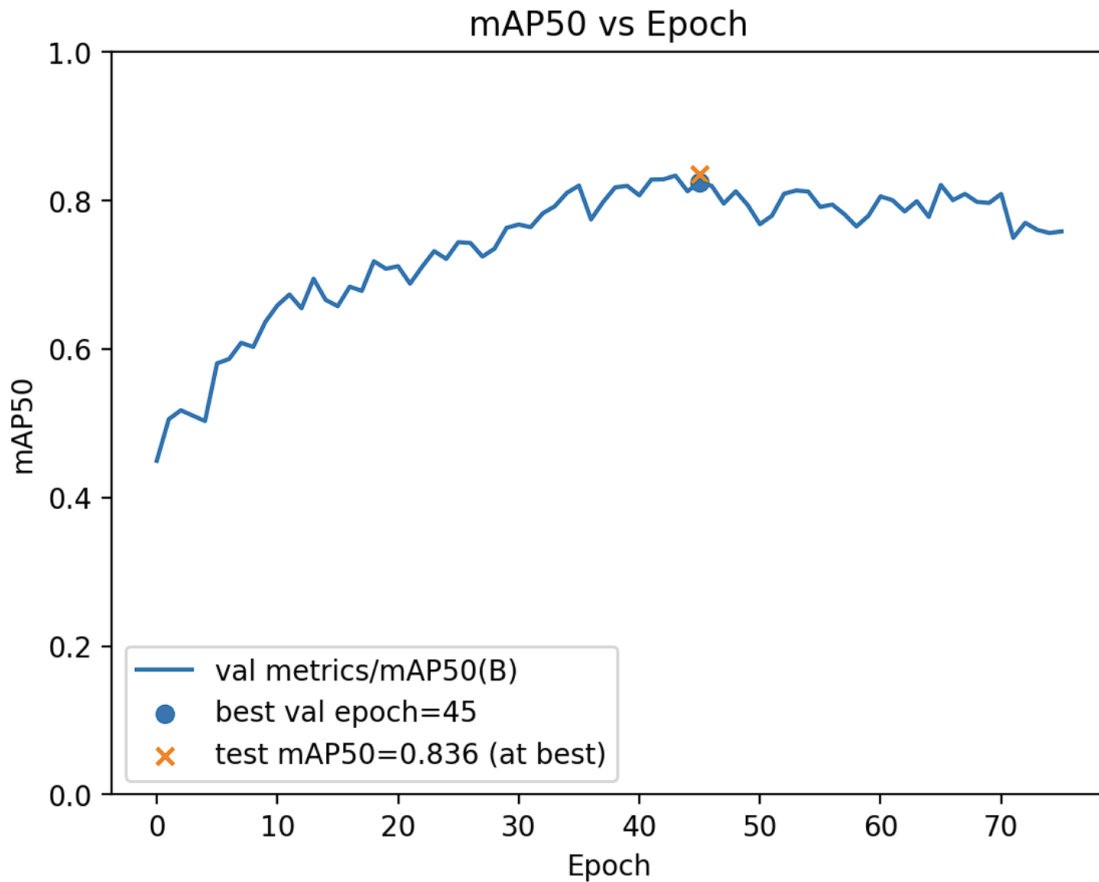
- Biểu đồ loss theo epoch:



Hình 11. Đồ thị loss

Nhận xét: Các đường loss giảm nhanh ở giai đoạn đầu và giảm chậm dần về cuối, tạo dạng hội tụ mượt và ít dao động, cho thấy tối ưu ổn định (không có dấu hiệu learning rate/augment gây nhiễu mạnh). cls\_loss giảm rõ rệt thể hiện mô hình học phân biệt lớp tốt, trong khi thành phần object/định vị giảm chậm hơn và plateau cao hơn, phù hợp với đặc thù bài toán OBB và dấu hiệu bệnh nhỏ.

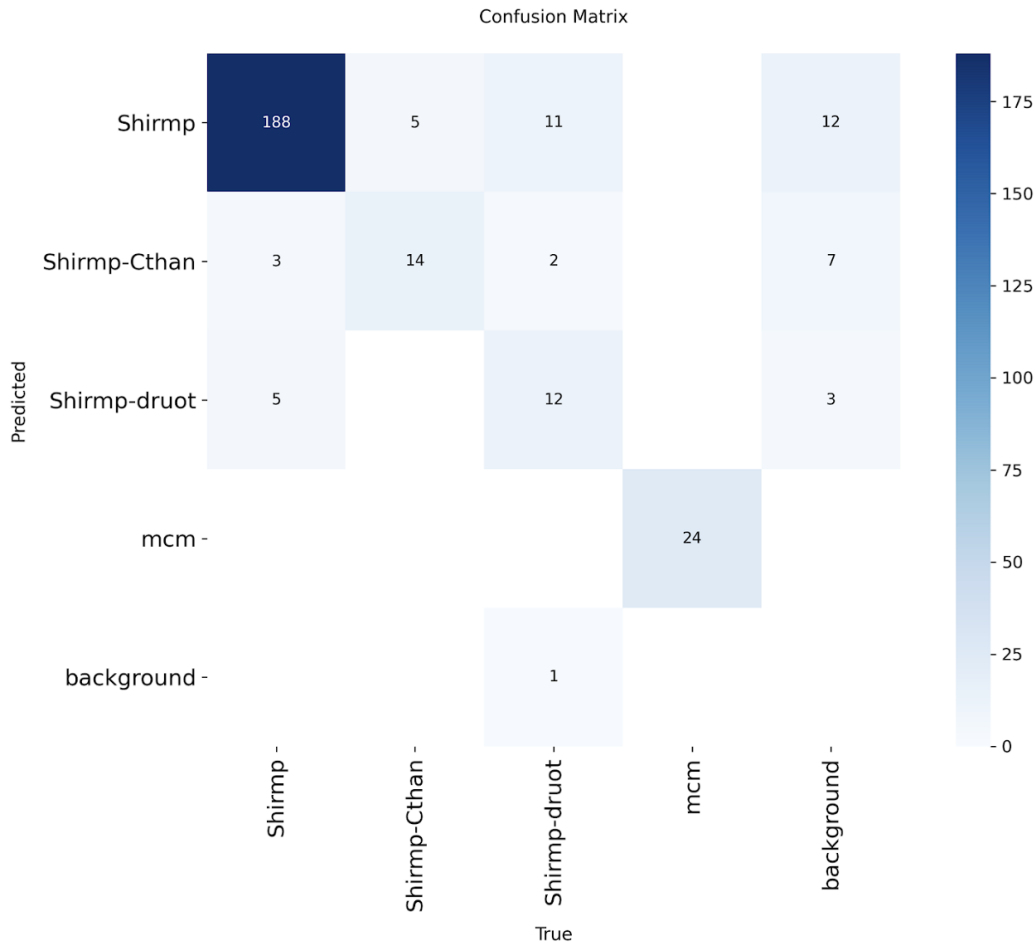
- Biểu đồ mAP theo epoch:



Hình 12. Đồ thị mAP

Nhận xét: mAP50 tăng nhanh ở các epoch đầu, đạt cực đại khoảng epoch 45, sau đó dao động và có xu hướng giảm nhẹ; đây là dấu hiệu bắt đầu overfit nhẹ hoặc lợi ích cận biên giảm khi tiếp tục train.

- Confusion matrix:



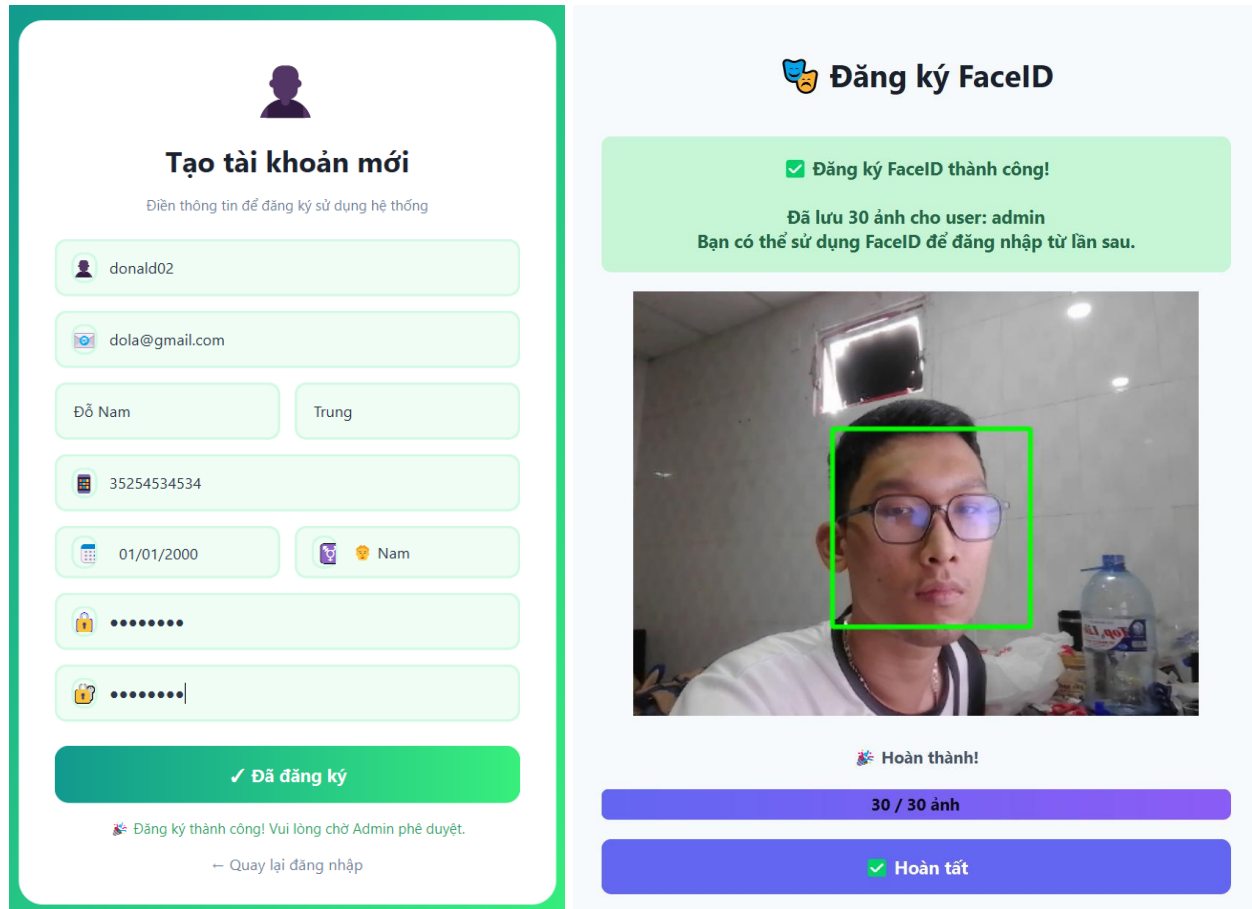
Hình 13. Ma trận nhầm lẫn

Nhận xét: Ma trận nhầm lẫn cho thấy mô hình dự đoán đúng khá tốt ở các lớp mạnh (shrimp và mcm), trong khi lỗi tập trung chủ yếu ở nhầm lẫn giữa lớp bệnh và shrimp, nổi bật nhất là Druot bị nhầm sang shrimp tương đối nhiều.

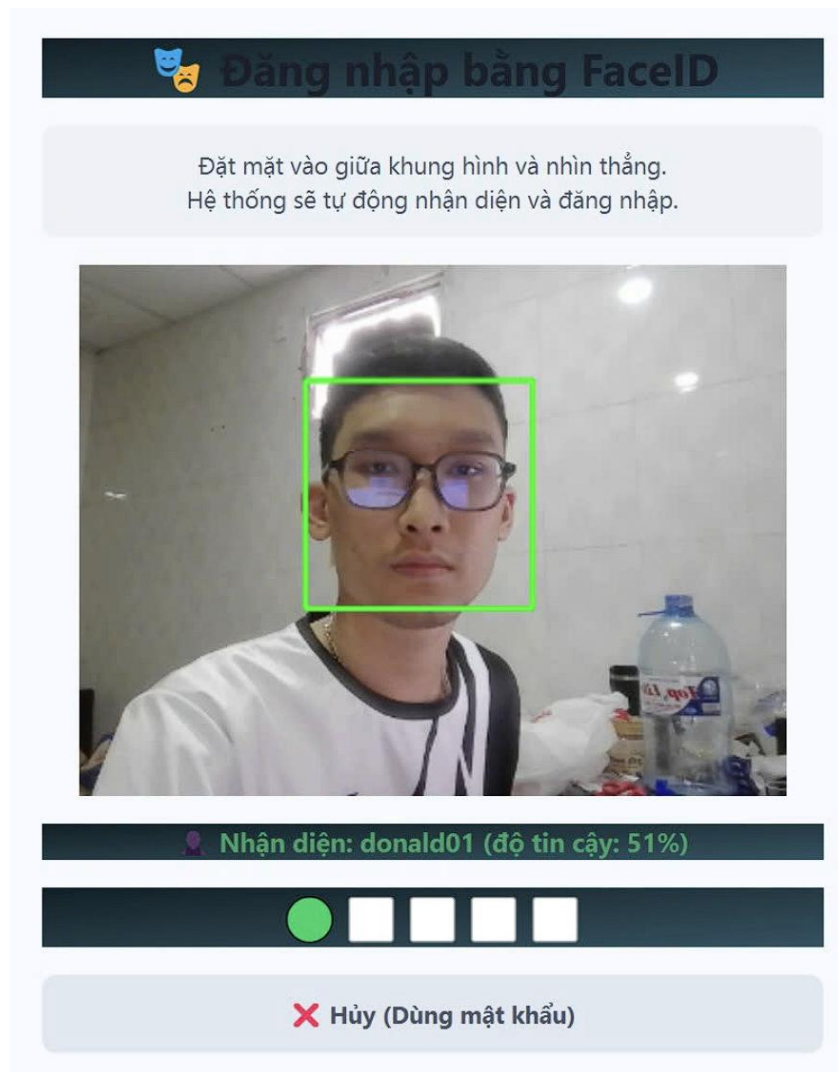
- Nhận xét tổng quan: Kết quả rất tốt và ổn định. mAP50 đạt 0.811 (val) và 0.836 (test); mAP50-95 khoảng 0.665-0.697 cho thấy định vị OBB khá tốt.

## 4.6. Kết quả thực nghiệm phát hiện và cảnh báo

### 4.6.1. Thực nghiệm phương thức xác thực



Hình 14. Đăng ký tài khoản và đăng ký faceID

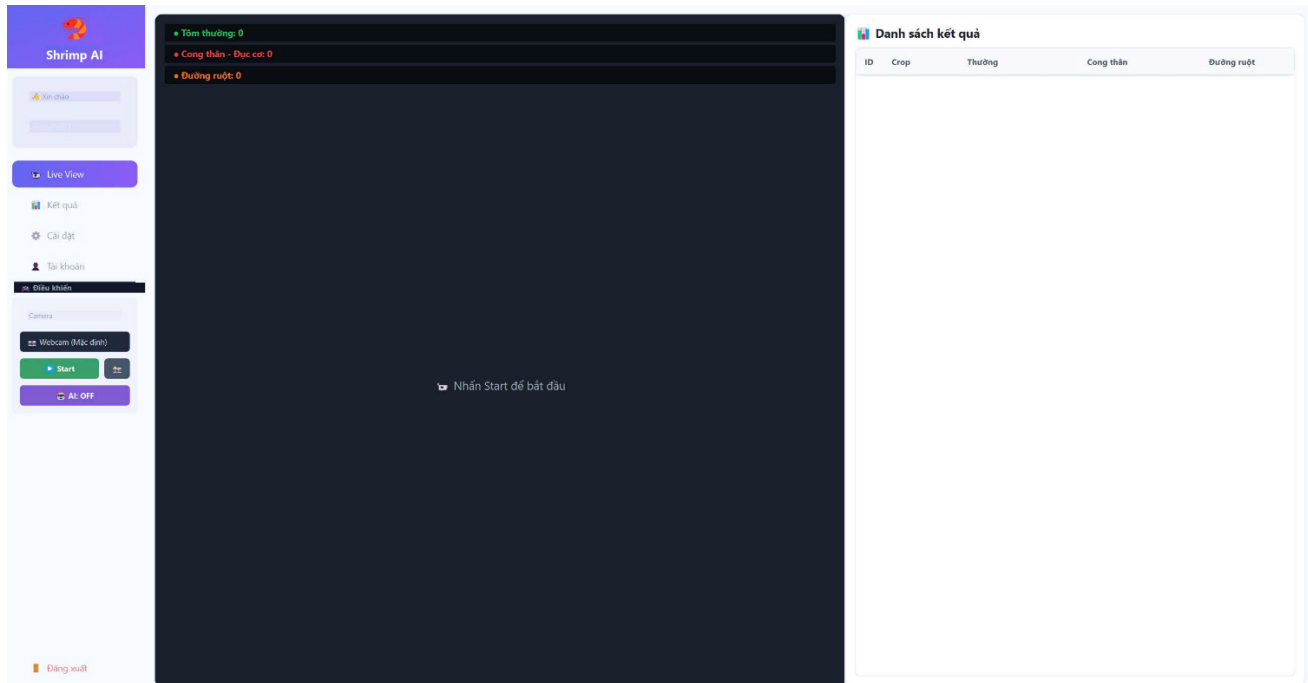


Hình 15. Đăng nhập FaceID

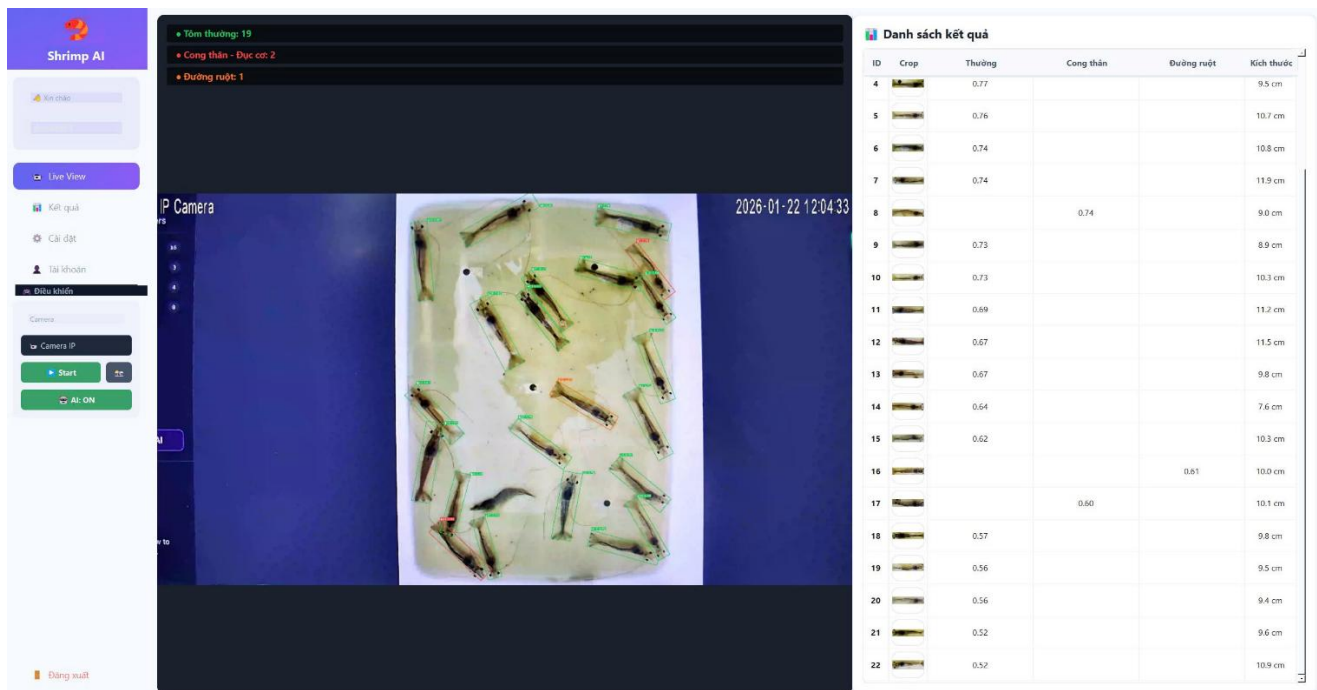
#### 4.6.2. Kết quả phát hiện trên luồng stream

Trong quá trình thực nghiệm, hệ thống đã phát hiện được các dấu hiệu bệnh ở tôm thông qua hình ảnh thu được từ camera IP. Kết quả phát hiện được hiển thị trực tiếp trên giao diện ứng dụng dưới dạng khung bao xoay (OBB), kèm theo nhãn lớp và độ tin cậy.

Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm



Hình 16. Giao diện chính của Edge App



Hình 17. Kết quả nhận diện đối tượng

### 4.6.3. Kết quả lưu trữ và quản lý dữ liệu

**Kết quả phát hiện**

Từ ngày: 15/01/2020 Đến ngày: 22/01/2020 Xóa Tải dữ liệu

ID	Thời gian	Người thao tác	Thường	Cong thán	Đường ruột	Tổng bệnh	Tình trạng	Ảnh	Hành động	Xóa
1	22/01 12:28	donald01	9	2	0	2	Cảnh báo			
2	22/01 12:27	donald01	18	1	0	1	Ổn định			
3	22/01 11:32	admin	11	5	4	9	Cảnh báo			

Hình 18. Kết quả lưu trữ và quản lý dữ liệu đã nhận diện được.

**Dashboard**

**1**  
Tổng thiết bị

**0**  
Thiết bị chờ duyệt

**4**  
Tổng người dùng

**1**  
User chờ duyệt

**Thiết bị mới đăng ký** Xem tất cả

TÊN	MAC	TRẠNG THÁI
Device of Farm 1	88:AE:4D:67:B3:8A	<span>Đã duyệt</span>

**Người dùng mới đăng ký** Xem tất cả

USERNAME	EMAIL	TRẠNG THÁI
admin01	admin01@gmail.com	<span>Chờ duyệt</span>
donald01	huan7914@gmail.com	<span>Hoạt động</span>
huan01	huan0568@gmail.com	<span>Hoạt động</span>
admin	admin@example.com	<span>Hoạt động</span>

Hình 19. Giao diện quản lý chung

## Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm

**Shrimp AI**  
Admin Portal

Xin chào, Admin  
**Admin Portal**

Dashboard

PHÊ DUYỆT

Thiết bị

**Người dùng** 1

### Quản lý Người dùng

Thêm người dùng

Tìm theo tên, email, SĐT..  Tất cả vai trò

Tất cả (4) Chờ duyệt (1) Đã duyệt (3) Đã từ chối (0)

STT	HỌ VÀ TÊN	EMAIL	SĐT	VAI TRÒ	TRẠNG THÁI	HÀNH ĐỘNG
1	<b>Admin Portal</b> @admin	admin@example.com	2456332423	Quản trị viên	Hoạt động	
2	<b>Hoàng Donald</b> @donald01	huan7914@gmail.com	435235235	Quản trị viên	Hoạt động	
3	<b>Admin 01</b> @admin01	admin01@gmail.com	2131423523	Người dùng	Chờ duyệt	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Hình 20. Giao diện Quản lý Người dùng

**Shrimp AI**  
Admin Portal

Xin chào, Admin  
**Admin Portal**

Dashboard

PHÊ DUYỆT

Thiết bị

**Người dùng** 1

### Quản lý Thiết bị

Tất cả (1) Chờ duyệt (0) Đã duyệt (1) Đã khóa (0)

STT	TÊN THIẾT BỊ	MAC ADDRESS	CÔNG TY	TRẠNG THÁI	HÀNH ĐỘNG
1	Device of Farm 1	88:AE:4D:67:B3:8A 	DUT ITF	Đã duyệt	

Hình 21. Giao diện quản lý thiết bị

### 4.6.4. Các cấu hình

### Cài đặt

Camera AI Hệ thống

Quản lý danh sách camera RTSP và webcam.

Tên Camera	Loại	URL/Index
1 Webcam (Mặc định)	Webcam	Webcam #0
2 Camera IP	RTSP	rtsp://**@192.168.1.100:554/11

Hình 22. Cấu hình camera



Hình 23. Cấu hình AI.

## 4.7. Đánh giá hiệu quả của hệ thống

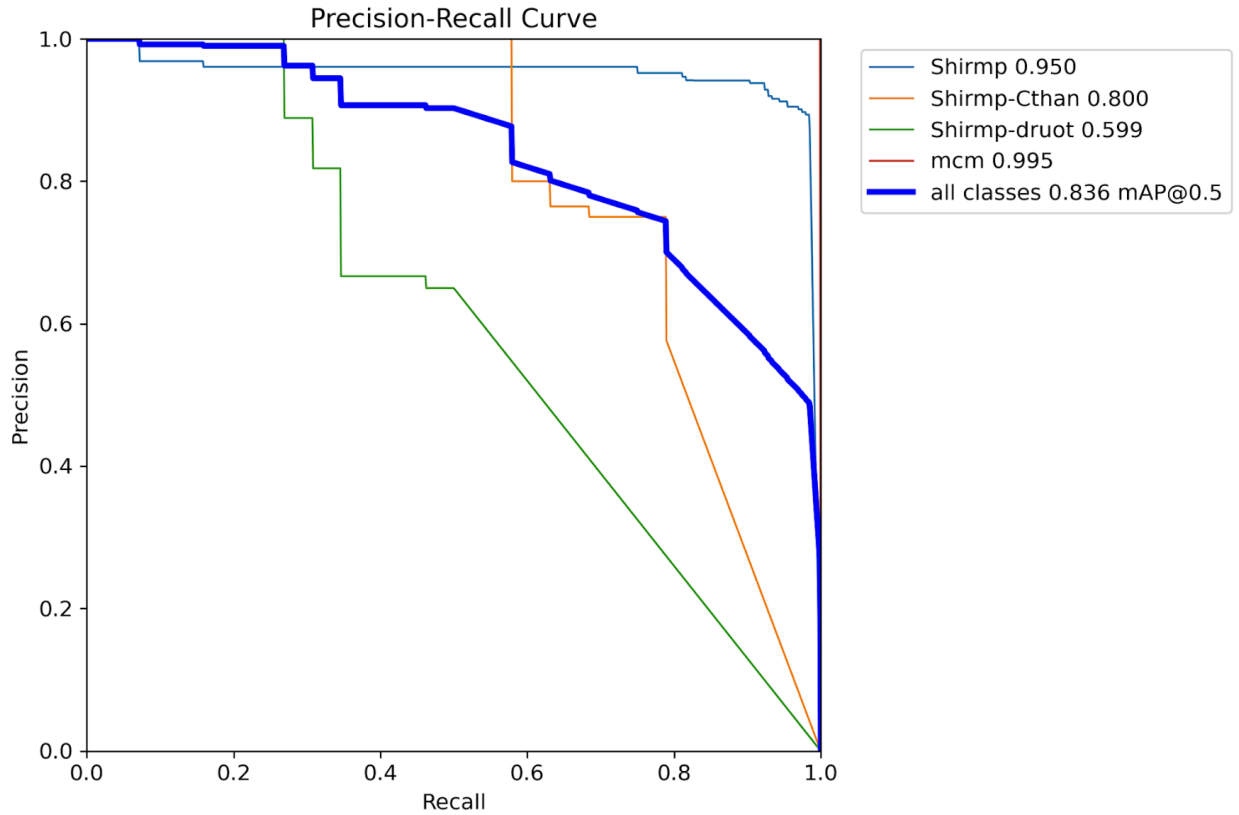
### 4.7.1. Đánh giá định tính

Kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Hệ thống hoạt động ổn định trong điều kiện thực tế.
- Khung bao xoay bám sát hình dạng tôm, giảm nhiều nền so với bounding box truyền thống.
- Giao diện trực quan, hỗ trợ tốt cho người vận hành.

### 4.7.2. Đánh giá định lượng

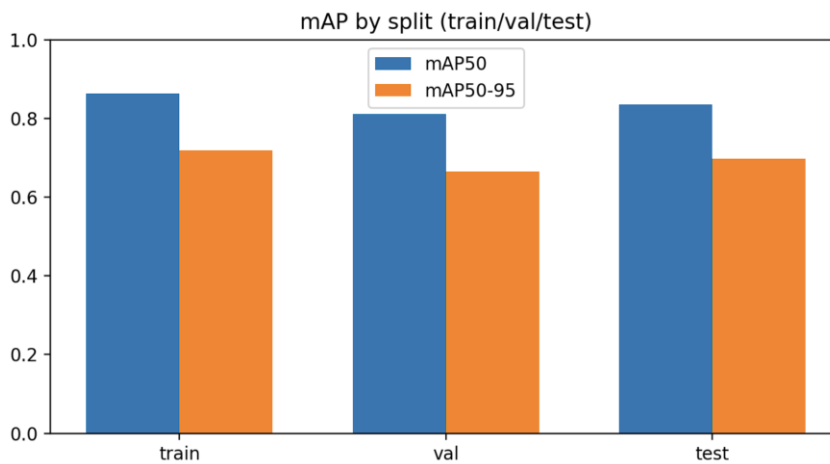
- Precision & Recall



Hình 24. Đồ thị Precision - Recall

Nhận xét: Hiệu năng theo lớp không đồng đều: mcm và healthy rất cao, Cthan khá, còn Druot thấp nhất ( $\sim 0.6$  AP@0.5)  $\Rightarrow$  nút thắt cần ưu tiên cải thiện là lớp Druot (tăng zoom/oversample/hard negatives, fine-tune giảm FP).

- mAP:



- Tốc độ xử lý (FPS)

#### **4.7.3. Đánh giá khả năng triển khai thực tế**

Hệ thống có tính khả thi cao khi triển khai thực tế nhờ:

- Không phụ thuộc Internet.
- Không yêu cầu hạ tầng phức tạp.
- Có thể mở rộng cho nhiều camera trong cùng khu vực nuôi.

#### **4.8. Hạn chế của hệ thống**

Một số hạn chế được ghi nhận:

- Chất lượng phát hiện phụ thuộc vào ánh sáng và độ trong của nước ao.
- Một số dấu hiệu bệnh khó phân biệt trong điều kiện hình ảnh nhiễu mạnh.
- Chưa kết hợp dữ liệu môi trường để tăng độ chính xác cảnh báo.

#### **4.9. Kết luận chương 4**

Chương 4 đã trình bày quá trình thực nghiệm và các kết quả đạt được của hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm. Trong phạm vi đề án, quá trình thu thập dữ liệu, gắn nhãn và huấn luyện mô hình YOLOv11-OBB đã được thực hiện một cách có hệ thống, với sự hỗ trợ và xác nhận của chuyên gia. Kết quả cho thấy hệ thống đáp ứng tốt mục tiêu đề ra, hoạt động ổn định và có tiềm năng ứng dụng trong thực tế nuôi trồng thủy sản.

## KẾT LUẬN

### 1. Kết luận

Trong phạm vi đề án tốt nghiệp, đề tài “*Hệ thống phát hiện và cảnh báo dấu hiệu bệnh ở tôm*” đã được nghiên cứu, xây dựng và triển khai một cách có hệ thống, đáp ứng các mục tiêu đề ra cả về mặt học thuật lẫn ứng dụng thực tiễn.

Đề án đã nghiên cứu và tổng hợp các cơ sở lý thuyết liên quan đến trí tuệ nhân tạo, thị giác máy tính và bài toán phát hiện đối tượng với khung bao xoay (Oriented Bounding Box). Trên cơ sở đó, mô hình YOLOv11-OBB được lựa chọn nhằm phù hợp với đặc điểm hình dạng dài, mảnh và tư thế xoay đa dạng của tôm trong môi trường ao nuôi. Trong phạm vi đề án, toàn bộ quá trình thu thập dữ liệu, gán nhãn và huấn luyện mô hình YOLOv11-OBB đã được thực hiện, trong đó việc gán nhãn dữ liệu được tiến hành thủ công dưới sự hướng dẫn và xác nhận của chuyên gia trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản. Quá trình huấn luyện giúp mô hình học được các đặc trưng hình dạng và dấu hiệu bệnh xuất hiện trên cơ thể tôm trong điều kiện thực tế.

Về mặt hệ thống, đề án đã xây dựng thành công một hệ thống giám sát và phát hiện dấu hiệu bệnh ở tôm dựa trên hình ảnh từ camera IP, triển khai theo mô hình xử lý cục bộ tại thiết bị biên. Hệ thống có khả năng tiếp nhận luồng video RTSP, thực hiện suy luận mô hình YOLOv11-OBB theo thời gian gần thực, hiển thị kết quả phát hiện dưới dạng khung bao xoay, lưu trữ dữ liệu trong cơ sở dữ liệu SQLite và hỗ trợ cảnh báo khi phát hiện dấu hiệu bất thường.

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định trong điều kiện triển khai thực tế, phát hiện được các dấu hiệu bệnh có thể quan sát bằng mắt thường và hỗ trợ hiệu quả cho công tác giám sát ao nuôi. Việc sử dụng khung bao xoay giúp kết quả phát hiện bám sát hình dạng tôm hơn so với phương pháp bounding box truyền thống, qua đó giảm nhiễu nền và nâng cao độ chính xác. Nhìn chung, đề án đã hoàn thành các nội dung nghiên cứu và triển khai theo đúng mục tiêu đề ra, thể hiện khả năng ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, đồng thời góp phần đề xuất một giải pháp hỗ trợ phát hiện sớm dịch bệnh ở tôm.

### 2. Hướng phát triển của đề tài

Mặc dù mô hình đã đạt được một số kết quả khả quan, nhưng vẫn còn tồn tại một số vấn đề về độ chính xác và tốc độ xử lý. Ngoài ra, các yếu tố môi trường bên ngoài như độ

sáng, độ chói và góc nhìn của camera cũng gây ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng hoạt động của mô hình. Trong tương lai, mô hình có thể được mở rộng để khắc phục những vấn đề này và cải thiện hiệu suất hoạt động như:

- **Mở rộng và đa dạng hóa tập dữ liệu:** Thu thập thêm dữ liệu hình ảnh trong nhiều điều kiện khác nhau như ánh sáng, độ trong của nước, mật độ nuôi và các giai đoạn sinh trưởng của tôm nhằm nâng cao khả năng tổng quát hóa của mô hình.
- **Tối ưu và huấn luyện nâng cao mô hình:** Tiếp tục tinh chỉnh siêu tham số hoặc huấn luyện bổ sung mô hình YOLOv11-OBb trên tập dữ liệu lớn hơn để cải thiện độ chính xác và khả năng phân biệt các dấu hiệu bệnh tương đồng.
- **Kết hợp dữ liệu đa nguồn:** Tích hợp thêm dữ liệu từ các cảm biến môi trường như pH, nhiệt độ, DO, độ mặn... để xây dựng hệ thống cảnh báo dựa trên nhiều yếu tố, từ đó nâng cao độ tin cậy trong phát hiện bệnh.
- **Nâng cấp cơ chế cảnh báo và giao diện người dùng:** Phát triển các hình thức cảnh báo đa kênh như thông báo qua ứng dụng di động hoặc dashboard tổng hợp nhằm hỗ trợ người nuôi theo dõi và phản ứng kịp thời.
- **Mở rộng quy mô và phạm vi triển khai:** Nghiên cứu khả năng triển khai hệ thống cho nhiều ao nuôi hoặc trang trại quy mô lớn, hướng tới xây dựng một nền tảng giám sát tập trung cho nuôi trồng thủy sản.
- **Tối ưu hiệu năng và triển khai trên thiết bị nhúng:** Nghiên cứu triển khai mô hình trên các thiết bị phần cứng chuyên dụng hoặc thiết bị nhúng nhằm giảm chi phí và tăng tính linh hoạt khi ứng dụng thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nur'aini, Y. L., & Taukhid, T. (2009). *Infectious Myonecrosis Virus (IMNV) in Pacific White Shrimp (Litopenaeus vannamei) in Indonesia*. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 61. <https://doi.org/10.46989/001c.20553>
- [2] Saravanan, K., Rathinam, R. B., Ibrahım, S. A., Praveenraj, J., Kiruba-Sankar, R., & Kumar, G. (2025). *Dissection of Emerging Shrimp Viruses Through Scientometric Assessment: Insights into Infectious Myonecrosis Virus (IMNV) and Decapod Iridescent Virus 1 (DIV1)*. *Viruses*, 17(8), 1115. <https://doi.org/10.3390/v17081115>
- [3] Wang, J., Shen, F., Tian, M., Zeng, F., Huang, L., Yao, J., Zong, C., Chen, J., Zhang, D., & Guo, H. (2025). *Pathogenicity and genomic characterization of Vibrio parahaemolyticus VSP1: A pathogen linked to enteritis outbreak in shrimp (Penaeus vannamei)*. *Pathogens*, 14(11), 1188. <https://doi.org/10.3390/pathogens14111188>
- [4] Zhou, R., Weng, S., & He, J. (2025). *Bacterial infection disrupts the intestinal bacterial community and facilitates the enrichment of pathogenic bacteria in the intestines of Penaeus vannamei*. *Microorganisms*, 13(4), 864. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13040864>
- [5] Wang, Y., Wang, X., Gai, C., Li, Y., Xu, L., Wang, S., Li, L., Yu, X., Fu, R., Diao, J., Ye, H., Fan, Y., & Cao, H. (2025). *WSSV infection in the gut microbiota of the black tiger shrimp Penaeus monodon*. *Fishes*, 10(9), 440. <https://doi.org/10.3390/fishes10090440>
- [6] Aranguren Caro, L. F., Mai, H. N., Cruz-Florez, R., Marcos, F. L. A., Alenton, R. R., & Dhar, A. K. (2021). *Experimental reproduction of White Feces Syndrome in whiteleg shrimp, Penaeus vannamei*. *PLoS ONE*, 16(12), e0261289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261289>
- [7] Tang, K. F., Pantoja, C. R., Redman, R. M., Han, J. E., & Lightner, D. V. (2015). *Development of in situ hybridization and PCR assays for the detection of Enterocytozoon hepatopenaei (EHP), a microsporidian parasite infecting penaeid shrimp*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 130, 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.06.009>
- [8] Zhang, M., Han, R., Li, S., & Li, Y. (2023). *A Smart Aquaculture System Exploiting IoT, AI and Cloud Computing*. *2023 6th International Conference on Information*

*Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)*, 25-27.

<https://doi.org/10.1109/ICISCAE59013.2023.10255478>

[9] Jose, D. P., D'Souza, A. L., Thomas, A. A., & Daniel, D. (2019). IoT Based Water Management Using HC-12 and Django. *2019 International Conference on Data Science and Communication (IconDSC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IconDSC.2019.8816917>

[10] Li, Y., Wang, L., & Wang, Y. (2023). Intelligent Dissolved Oxygen Monitoring System for Aquaculture Based on Multi-Sensor Fusion and Edge Computing. *2023 International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 1-6.

<https://doi.org/10.1109/SMC53992.2023.10394012>