

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

**PHÙNG CÔNG PHI KHANH**

**NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG**  
**GIÁM SÁT HOẠT ĐỘNG, HỖ TRỢ CHĂN NUÔI GIA SÚC**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử

Mã số: 9520203.01

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ**

**Hà Nội – 2021**

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc Gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Trần Đức Tân

Phản biện: .....

.....

Phản biện: .....

.....

Phản biện: .....

.....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm luận án tiến sĩ họp tại

vào hồi ... giờ ... ngày ... tháng ... năm ...

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

# MỞ ĐẦU

## 1. Lý do chọn đề tài

Việc chăn nuôi bò công nghệ cao đang được đầu tư và phát triển mạnh. Trước đây, việc chăn nuôi bò là rất phổ biến với các hộ gia đình và các nông trại trên toàn thế giới, với quy mô chăn nuôi nhỏ thì việc giám sát tình trạng sức khỏe, sinh sản vật nuôi sẽ rất đơn giản và theo kinh nghiệm của người chăn nuôi. Tuy nhiên, với những trang trại hay doanh nghiệp cần chăn nuôi với số lượng lớn bò phục vụ cho mục đích lấy thịt và sữa hay lấy con giống ..., thì việc giám sát trở nên rất khó khăn nếu áp dụng giám sát theo hình thức thủ công.

## 2. Mục đích nghiên cứu

- Nghiên cứu giải thuật phân loại hành vi bò dựa trên dữ liệu cảm biến gia tốc ba trục.
- Đề xuất, xây dựng hệ thống phân loại hành vi của bò (bao gồm phần cứng và phần mềm).

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các cảm biến gia tốc được gắn trên bò để thu dữ liệu. Dữ liệu nhận được là tín hiệu gia tốc ba trục thu được từ bò. Các đặc trưng của dữ liệu gia tốc thu được từ bò, các thuật toán học máy phục vụ cho phân loại hành vi bò

## 4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứu

Các kỹ thuật xử lý tín hiệu tiên tiến kết hợp với các nghiên cứu cơ bản về các hoạt động của gia súc, để xây dựng một hệ thống giám sát. Có thể thấy rằng tính liên ngành của đề tài. Việc đề xuất các kỹ thuật xử lý tín hiệu thông minh cho tín hiệu từ cảm biến MEMS kết hợp với mô hình IoT có ý nghĩa khoa học trong nước và quốc tế. Việc xây dựng thành hệ thống hiện tính công nghệ và thực tiễn cao.

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

## 1.1. Nghiên cứu trên thế giới

Trong thập kỷ vừa qua, đã có sự gia tăng lớn trong việc sử dụng các thiết bị giám sát từ xa như máy theo dõi định vị toàn cầu (GPS), cảm biến vị trí và cảm biến gia tốc để ghi lại hành vi động vật tự động [7][12][13][14][24][30][36]. Trong [40], việc phân loại các hành vi của con bò được thiết kế và thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu video dùng camera. Các sự kiện hành vi quan tâm trong các nghiên cứu này bao gồm nằm, đứng, đi lại và giao phối.

Những tiến bộ gần đây trong thiết bị điện tử cảm biến độ nhạy cao và cung cấp các kịch bản mới để ghi lại các hoạt động của bò [10]. Một số hệ thống hiện có dựa trên công nghệ cảm biến đã được phát triển để phân tích hành vi bò sữa một cách tự động [35][56]. Với lợi thế kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ và tiêu thụ điện năng thấp, cảm biến gia tốc cung cấp một phương pháp đo không làm ảnh hưởng tới bò, khách quan trong phân loại hành vi bò trong điều kiện trang trại [5][6][8][13][16][31][34][41][49]. Cách tiếp cận dựa vào cảm biến gia tốc có sự nhấn mạnh hơn vào sức khỏe và hiệu suất của từng cá nhân hơn là cách tiếp cận dựa trên bầy đàn truyền thống. Tuy nhiên, việc giải thích dữ liệu được thu thập bởi các cảm biến như vậy khi mô tả loại hành vi vẫn còn những thách thức lớn cho các nhà phát triển, liên quan đến độ phức tạp của hoạt động, trích xuất các đặc trưng cho phép phân biệt hành vi, mất dữ liệu đặc trưng do máy thu phát không dây và việc xử lý dữ liệu phức tạp cần có để xử lý nhiều vốn có trong các phép đo thu thập được.

## **1.2. Nghiên cứu trong nước**

Một số nhóm được biết đến gồm có nhóm nghiên cứu của PGS Trần Đức Tân. Nhóm hiện đã có nhiều công trình khoa học về cảm biến và các giải thuật xử lý tín hiệu cho cảm biến. Về nội dung giám sát hoạt động, hỗ trợ chăm sóc sức khỏe gia súc, nhóm đã có một số kết quả nghiên cứu tốt [2][3][64][65][66][68], một số công bố sử dụng cảm biến gia tốc thu dữ liệu ở cổ bò hoặc chân trước bò, sau đó dùng các thuật toán phân loại hành vi như thuật toán cây quyết định [65][66], thuật toán máy véc tơ hỗ trợ [68], để phân loại một số hành vi của bò gồm: đi, đứng, nằm, ăn.

Một nhóm khác là nhóm của Đại học Cần thơ đại diện là tiến sỹ Trần Công Án. Nhóm nghiên cứu về nhận dạng hành vi của bò dùng cảm biến gia tốc và giải thuật học máy rừng ngẫu nhiên. Cảm biến gia tốc ba trục HOBO (HoBo, 2017) được gắn ở chân phải phía sau của bò. Nhóm tác giả sử dụng thuật toán rừng ngẫu nhiên nhận dạng bốn hành vi: đi, đứng, nằm và ăn [1].

Nói chung các nhóm nghiên cứu trong nước đều là bước đầu nghiên cứu, và ở các khía cạnh khác nhau, chưa có nghiên cứu đầy đủ từ thiết bị đến giải thuật để có thể triển khai trong thực tiễn. Số lượng hành vi được phân loại ít chỉ có đi, đứng, nằm và ăn. Thiết bị còn thô sơ, chưa có nền tảng không dây, hiệu suất phân loại thấp.

Với bối cảnh như trên, luận án đi vào hoàn thiện hệ thống thu dữ liệu hơn theo mô hình IoT ở đó giải quyết các vấn đề chọn vị trí lắp đặt cảm biến để cải thiện chất lượng dữ liệu; lựa chọn và phân tích các thông số đặc trưng của dữ liệu; ứng dụng thuật toán học máy phù hợp.

## **1.3. Nội dung, phương pháp nghiên cứu**

Đề tài được thực hiện thông qua 4 nội dung chính như sau:

- 1) Nghiên cứu về các hệ thống giám sát và nhận dạng hành vi của bò.
- 2) Nghiên cứu các thuật toán nhằm xử lý dữ liệu từ cảm biến để phân loại hành vi của bò.
- 3) Nghiên cứu giải pháp và mô hình tích hợp các cảm biến phục vụ việc ghi nhận và xử lý dữ liệu về hành vi của bò.
- 4) Xây dựng phần mềm phân loại hành vi của bò và chạy thử nghiệm.

#### **1.4. Đóng góp mới của luận án**

Luận án này có 3 đóng góp mới:

1/ Xây dựng bộ phân loại bảy hành vi của bò sử dụng dữ liệu cảm biến gia tốc ba trục gắn ở chân bò.

*Công trình công bố tương ứng: công trình số 2,3,4*

2/ Xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây ứng dụng IoT ở đó mỗi nút mạng được gắn lên một con bò. Hai cảm biến gia tốc ba trục được gắn tại vị trí chân và cổ. Dữ liệu gia tốc từ chân và cổ bò được đồng bộ để phục vụ cho bài toán phân loại hành vi của bò.

*Công trình công bố tương ứng: công trình số 1,5*

3/ Xây dựng bộ phân loại hành vi của bò sử dụng dữ liệu đồng bộ từ cảm biến gia tốc gắn chân bò và cổ bò.

*Công trình công bố tương ứng: công trình số 1,6*

#### **1.5. Kết luận chương**

Chương 1 đề cập đến sự tiến bộ trong lĩnh vực giám sát và phân loại hành vi của động vật như sử dụng các cảm biến vi cơ và các thuật toán thông minh để phân loại hành vi. Chương 1 cũng nêu ra hệ thống thu dữ liệu, nên hoàn thiện hơn theo mô hình IoT. Vấn đề chọn vị trí lắp đặt cảm biến để cải thiện dữ liệu. Vấn đề lựa chọn và phân tích các thông số đặc trưng của dữ liệu và vấn đề ứng dụng thuật toán học máy phù hợp.

## CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ THU DỮ LIỆU

### 2.1. Thiết kế hệ thống giám sát bò dạng mạng cảm biến không dây

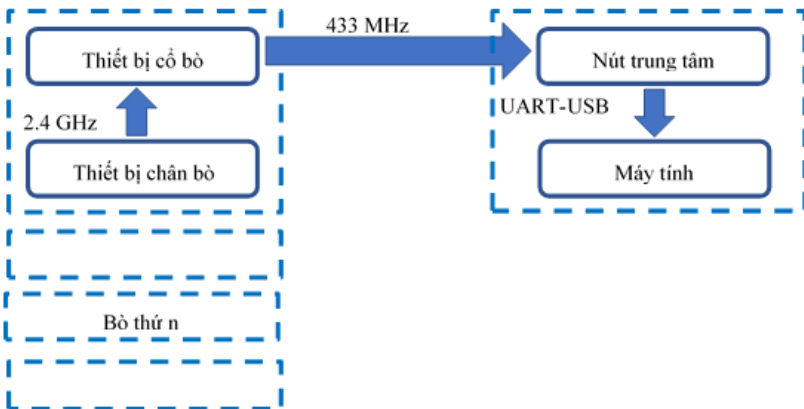
Hệ thống cảm biến không dây thu nhận dữ liệu từ bò của chúng tôi thiết kế cần được đảm bảo một số tiêu chí kỹ thuật sau:

- 1/ Mỗi nút mạng được gắn lên một con bò với khoảng cách truyền tin từ mỗi nút mạng tới nút trung tâm đạt tới 1km.
- 2/ Dữ liệu gia tốc ở chân và cổ phải được đồng bộ theo mỗi giây.
- 3/ Những thông tin khác (ID nhận dạng bò, vị trí bò, phần trăm pin còn lại của nút mạng).

#### 2.1.1. Mô hình hệ thống

Trong nghiên cứu này đề xuất hệ giám sát trạng thái hành vi trên bò thông qua mô hình mạng cảm biến không dây. Mỗi nút mạng sẽ là sự kết hợp của hai thiết bị giám sát gắn trên cổ bò và chân bò (Hình 2. 1).

Hệ thống gồm được chia thành hai phần: Phần một gồm thiết bị đo chuyển động tại chân và thiết bị đo chuyển động tại cổ bò truyền thông RF với nhau ở tần số 2,4 GHz và tạo thành một nút mạng.



Hình 2.1. Mô hình mạng cảm biến không dây

Phần hai gồm thiết bị đóng vai trò là nút trung tâm, nhận dữ liệu từ các nút mạng nhờ truyền thông không dây ở dải tần 433MHz. Nút trung tâm được kết nối với máy tính và dữ liệu được đưa về máy tính.

### **2.1.2. Sơ đồ khối thiết bị đo chuyển động gắn vào chân bò**

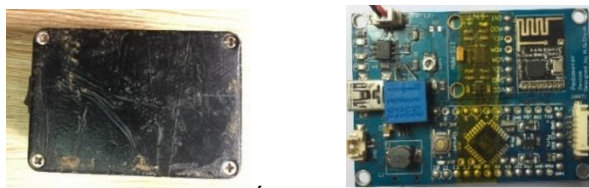
### **2.1.3. Sơ đồ khối thiết bị đo chuyển động gắn vào cổ bò**

### **2.1.4. Nút trung tâm thu dữ liệu và xử lý dữ liệu**

## **2.2. Các modul thành phần**

## **2.3. Các thiết bị**

Thiết bị thu dữ liệu ở chân (Hình 2.10) có kích thước 85×60×35mm.



*Hình 2.10 Thiết bị thu dữ liệu ở chân*

Thiết bị thu dữ liệu ở cổ (Hình 2.11) có kích thước giống ở chân.



*Hình 2.11 Thiết bị thu dữ liệu ở cổ*

Trung tâm thu thập dữ liệu gồm một modul thu phát (Hình 2.12).



*Hình 2.12 Nút trung tâm thu dữ liệu*



## **2.4. Căn chỉnh cảm biến và chuẩn hóa dữ liệu**

### *Căn chỉnh cảm biến*

Thu nhận dữ liệu và tiền xử lý dữ liệu là cần thiết trong các hệ đo. Các cảm biến mặc dù đã được căn chỉnh tại nơi sản xuất nhưng vẫn cần được hiệu chỉnh trong hệ thống mà nó được sử dụng. Căn chỉnh là một phương pháp cải thiện hiệu năng của cảm biến bằng cách loại bỏ hoặc giảm thiểu sai số trong dữ liệu đầu ra cảm biến. Lỗi cảm biến phân làm 2 loại là lỗi tất định và lỗi ngẫu nhiên.

### *Chuẩn hóa dữ liệu*

Chuẩn hóa giải đo từ giá trị thô dùng modul MPU6050. Modul MPU6050 thiết lập để đo giá trị 16 bit có các giải đo  $\pm 2$ , 4, 8, 16g. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng giải  $\pm 4g$ .

## **2.5. Kết luận chương**

Cảm biến gia tốc ba chiều cung cấp một phương pháp không xâm lấn để phân loại hành vi của bò trong điều kiện trang trại. Theo hiểu biết của nghiên cứu sinh, trước đây chưa có công trình nào về hệ thống phân loại sử dụng đồng thời hai cảm biến gia tốc 3 trục (một gắn trên chân và một trên cổ). Chính vì thế, đóng góp của chương này là đã thành công trong việc xây dựng một mạng cảm biến không dây gắn trên bò mà ở đó mỗi nút mạng sẽ thu thập dữ liệu đồng bộ từ chân và cổ bò. Công trình khoa học liên quan tới chương này là số 4, 5 và 6.

## CHƯƠNG 3: ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN HỌC MÁY PHÂN LOẠI HÀNH VI CỦA BÒ

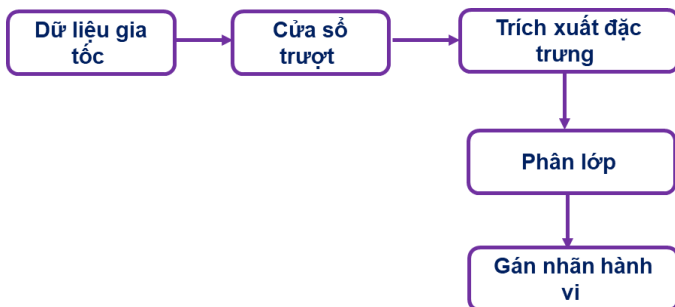
### 3.1. Dữ liệu sử dụng

Chúng tôi sử dụng tập dữ liệu công khai trực tuyến trong nghiên cứu của Jun Wang và cộng sự [34] tại địa chỉ:

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203546.t006>

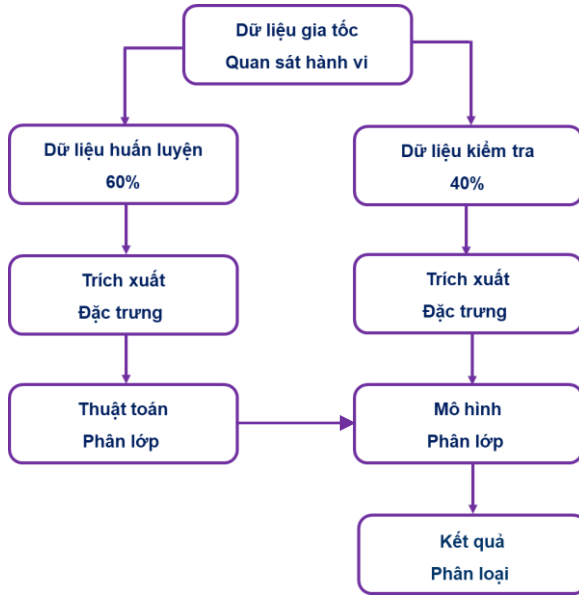
### 3.2. Phương pháp phân loại đề xuất

Phương pháp của chúng tôi để phân loại hành vi của bò sử dụng 5 đặc điểm của dữ liệu gia tốc, đó là: giá trị trung bình, trung vị, SD, RMS và dải giá trị. Chúng tôi đã sử dụng cửa sổ trượt có độ rộng cố định. Từ mỗi cửa sổ một vectơ gồm 5 đặc trưng sẽ được thu thập. Quá trình nhận dạng hành vi được thể hiện trong Hình 3. 3.



Hình 3. 3. Quy trình nhận dạng hành vi.

Hình 3. 4 phác thảo quy trình xây dựng của bộ phân loại trong nghiên cứu này. 60% dữ liệu được chọn ngẫu nhiên làm tập dữ liệu đào tạo và 40% còn lại được sử dụng làm tập dữ liệu thử nghiệm. Một chương trình được viết bằng Python đã được phát triển áp dụng các thuật toán học có giám sát khác nhau để kiểm tra tính hiệu quả của phương pháp được đề xuất.



Hình 3. 4. Lưu đồ quá trình xây dựng của bộ phân loại.

Dải giá trị: có thể được chọn làm một đặc trưng để nắm bắt sự khác biệt giữa giá trị cao nhất và thấp nhất giữa các trạng thái đó.

$$range(X_j) = \left[ \min_{i=1}^N \{x_i\}, \max_{i=1}^N \{x_i\} \right] \quad (3.1)$$

Giá trị trung bình đề cập đến các phép đo trung tâm. Trung vị cho phép đo các đặc trưng để phân biệt trạng thái tĩnh với trạng thái động và cũng để phân loại trạng thái tĩnh với nhau.

$$m(X_j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} median(X_j) &= 0,5X_{[\#0,5N]} + 0,5 X_{[\#0,5N+1]} && \text{nếu } N \text{ chẵn} \\ median(X_j) &= X_{[\#(N+1)/2]} && \text{nếu } N \text{ lẻ} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Trong đó  $m(X_j)$  là trung bình của  $X_j$ , các giá trị  $x_i$  nằm trong  $X_j$ .  
Độ lệch chuẩn (SD):

$$\sigma(X_j) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - m)^2} \quad (3.4)$$

Trong đó  $\sigma(X_j)$  là độ lệch chuẩn của  $X_j$ .

Bình phương trung bình gốc (*RMS*).

$$RMS_{X_j} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (3.5)$$

Trong đó  $RMS_{X_j}$  là bình phương trung bình gốc của  $X_j$ .

### 3.3. Các tham số đánh giá hiệu suất phân loại

- TP: Một kết quả phân loại là dương tính thật, khi kết quả phát hiện hành vi và hành vi đó xuất hiện.

- TN: Một kết quả phân loại là âm tính thật, khi kết quả không phát hiện hành vi và hành vi đó không xuất hiện.

- FP: Một kết quả phân loại là dương tính giả, khi kết quả phát hiện hành vi nhưng hành vi đó không xuất hiện.

- FN: Một kết quả phân loại là âm tính giả, khi kết quả không phát hiện hành vi nhưng hành vi đó xuất hiện.

- Acc (Độ chính xác); Sen (Độ nhạy; PPV (Giá trị tiên đoán dương tính); NPV (Giá trị tiên đoán âm). Từ các định nghĩa, chúng tôi có các công thức (3.6 đến 3.9). Trong đó: *PPV* là giá trị tiên đoán dương và *NPV* là giá trị tiên đoán âm.

$$Acc = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (3.6)$$

$$Sen = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3.7)$$

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3.8)$$

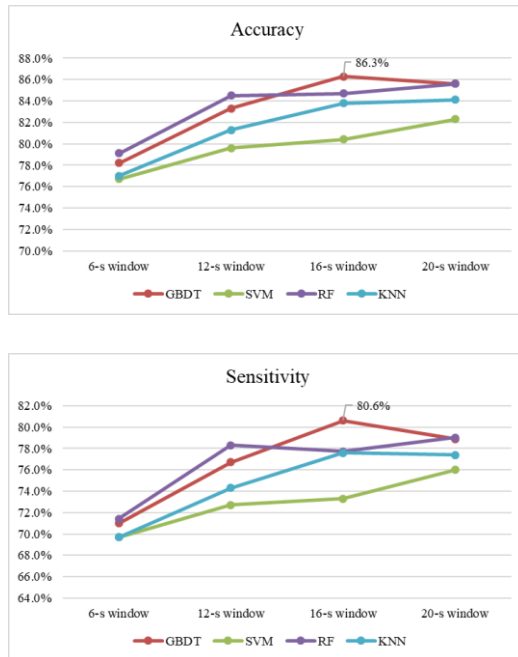
$$NPV = \frac{TN}{TN + FN} \quad (3.9)$$

### 3.4. Kết quả

#### 3.3.1. Thử nghiệm với bốn phương pháp học máy

Đánh giá hiệu quả phân loại của 4 phương pháp học máy riêng lẻ với các cửa sổ khác nhau (6 giây, 12 giây, 16 giây và 20 giây) và 5 đặc trưng. Chúng tôi so sánh giữa các thuật toán GBDT, SVM, Rừng ngẫu nhiên và KNN. Trên hình 3.7, bằng cách sử dụng cùng một bộ dữ liệu đầu vào. Độ chính xác, độ nhạy tổng thể được tính là độ chính xác trung bình cho 7 hành vi.

Chúng tôi thấy rằng thuật toán GBDT (cửa sổ 16 giây) có thể đạt được hiệu suất cao nhất, với độ chính xác tổng thể 86,3% và độ nhạy tổng thể 80,6%.



Hình 3. 7 So sánh hiệu suất của 4 thuật toán học máy khác nhau.

### 3.3.2. Thử nghiệm với thuật toán GBDT

Trong Bảng 3. 8 các ma trận nhầm lẫn đạt được từ việc phân loại dữ liệu thử nghiệm hành vi bò (1456 bản ghi, đã giải thích trong phần 3.1) theo thuật toán GBDT (cửa sổ 16-giây).

*Bảng 3. 8 Các ma trận nhầm lẫn đạt được từ việc phân loại dữ liệu hành vi bò sữa*

Hành vi thực tế	Dự đoán hành vi							
	Ăn	Nằm	Đứng	Nằm xuống	Đứng lên	Đi bình thường	Đi nhanh	Toàn bộ
Ăn	<b>220</b>	0	23	0	0	0	0	243
Nằm	0	<b>290</b>	0	0	0	0	0	290
Đứng	57	0	<b>120</b>	0	0	2	0	179
Nằm xuống	0	0	0	<b>71</b>	53	0	5	129
Đứng lên	0	0	0	47	<b>65</b>	3	5	120
Đi bình thường	0	0	0	1	0	<b>290</b>	0	291
Đi nhanh	0	0	0	2	2	0	<b>200</b>	204
Toàn bộ	277	290	143	121	120	295	210	<b>1456</b>

Theo Bảng 3. 8, nằm (290/290), đi bình thường (290/291) và đi nhanh (200/204) đã được phân loại tốt. Ăn và đứng được phân loại sai với nhau (57/179 ăn được phân loại sai là đứng và 23/243 đứng được phân loại sai là ăn). Nằm xuống được phân loại sai với đứng lên (53/129 nằm xuống được phân loại sai là đứng lên và 47/120 đứng lên được phân loại sai là nằm xuống). Hiệu suất của mô hình được đánh giá như trong Bảng 3. 9.

Bảng 3. 9 Tóm tắt các chỉ số hiệu suất của thuật toán GBDT

	Các chỉ số			
	Độ chính xác	Độ nhạy	PPV	NPV
<b>Ăn</b>	94,0%	90,5%	79,4%	97,8%
<b>Nằm</b>	100%	100%	100%	100%
<b>Đứng</b>	93,9%	67,0%	83,9%	95,1%
<b>Nằm xuống</b>	92,1%	55,0%	58,7%	95,3%
<b>Đứng lên</b>	91,9%	54,2%	54,2%	95,6%
<b>Đi bình thường</b>	99,5%	99,7%	98,3%	99,9%
<b>Đi nhanh</b>	98,9%	98,0%	95,2%	99,6%

Hiệu suất tổng thể của mô hình GBDT là tốt.

Độ nhạy Sen là cao ( $> 90\%$ ) cho tất cả các lớp trừ đứng (67%), nằm xuống (55%) và đứng lên (54,2%). Độ chính xác Acc là rất tốt cho tất cả các lớp ( $> 91,9\%$ ) hành vi, cũng như cho hiệu suất phân loại tổng thể. PPV tốt cho việc nằm (100%), đứng (83,9%), ăn (79,4%), đi bình thường (98,3%), đi nhanh (95,2%). Các giá trị PPV thấp hơn cho đứng lên (54,2%) và nằm xuống (58,7%).

- NPV cũng xuất sắc cho tất cả các lớp ( $> 95\%$ ) hành vi.

### 3.5. Thảo luận

Chúng tôi đã so sánh chi tiết về hiệu suất tổng thể với công việc của Jun Wang khi sử dụng cùng một bộ dữ liệu. Bảng 3. 10 cho thấy kết quả so sánh khi chúng tôi sử dụng phương pháp đánh giá trung bình vĩ mô (macro. Bảng 3. 11 cho thấy kết quả so sánh khi chúng tôi sử dụng phương pháp đánh giá trung bình vi mô (micro).

*Bảng 3. 10 Các chỉ số hiệu suất tổng thể sử dụng phương pháp đánh giá trung bình vĩ mô.*

Các chỉ số	Jun Wang và cộng sự [34]	Kết quả của chúng tôi
Độ chính xác	92,3%	95,8%
Độ nhạy	79,1%	80,6%
PPV	82,1%	81,4%
NPV	Không cung cấp	97,6%

*Bảng 3. 11. Các chỉ số hiệu suất tổng thể sử dụng phương pháp đánh giá trung bình vi mô.*

Các chỉ số	Jun Wang và cộng sự [34]	Kết quả của chúng tôi
Độ chính xác	86,6%	96,6%
Độ nhạy	85,2%	86,3%
PPV	79,8%	86,0%
NPV	Không cung cấp	98,3%

### **3.6. Kết luận chương**

NCS đã đề xuất một bộ phân loại các hành vi của bò một cách hiệu quả. Dữ liệu được tạo ra bởi cảm biến gia tốc được sử dụng để huấn luyện sử dụng một số phân loại, bao gồm KNN, SVM, Rừng ngẫu nhiên và Cây quyết định tăng cường được hỗ trợ bởi thư viện Scikit-learn library. Công bố khoa học liên quan tới chương này là công trình số 2 và 3.



## CHƯƠNG 4. PHÂN LOẠI HÀNH VI SỬ DỤNG DỮ LIỆU ĐỒNG BỘ TỪ CHÂN VÀ CỔ BÒ

### 4.1. Động lực nghiên cứu

### 4.2. Dữ liệu sử dụng

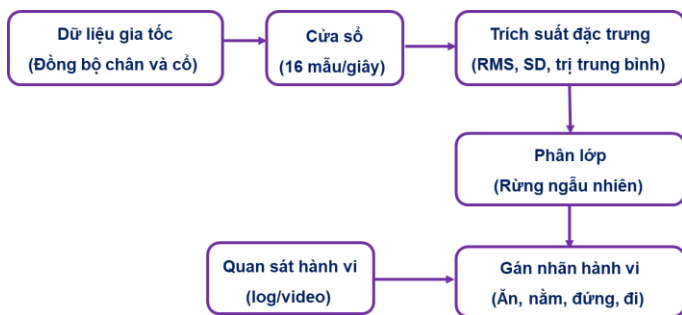
Điểm cơ bản của nghiên cứu là đồng bộ hóa dữ liệu gia tốc ở chân và cổ. Mỗi 0,1 giây, bộ vi điều khiển trên cổ nhận được hai bộ dữ liệu. Tính trung bình trong 1 giây để có khung dữ liệu cập nhật là một giây.

Việc phân loại các hành vi của bò được thực hiện trên máy tính. Năm con bò được chỉ định năm ID tương ứng (ID1, ID2, ID3, ID4 ID5) chia làm 2 nhóm. Nhóm 1 các cảm biến được gắn vào bò hai tuần trước khi thử nghiệm (bao gồm ID1 và ID4), và nhóm 2 các cảm biến được gắn vào bò vào ngày thử nghiệm (bao gồm ID2, ID3 và ID5).

- Tập dữ liệu (DATASET01) chứa dữ liệu từ cảm biến gắn trên chân.
- Tập dữ liệu (DATASET02) bao gồm dữ liệu từ cảm biến gắn trên cổ.
- Tập dữ liệu (DATASET03) đồng bộ hóa dữ liệu trên chân và cổ.

### 4.3. Phương pháp phân loại đề xuất

Hình 4. 3 là quy trình phân loại hành vi bò mà chúng tôi sử dụng.

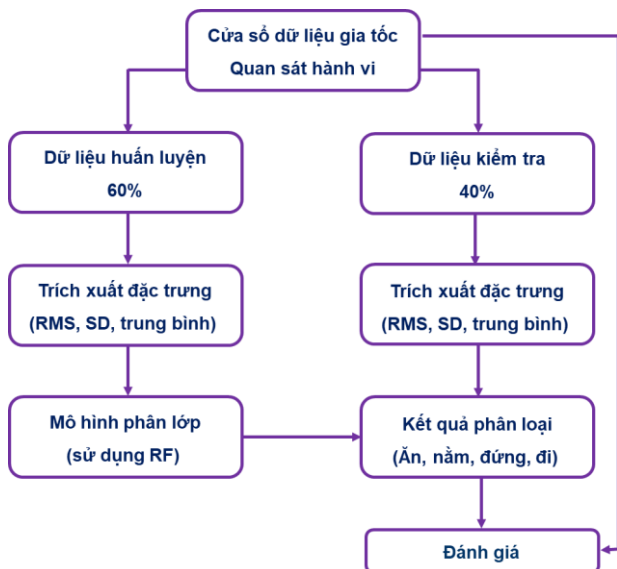


Hình 4. 3 Quy trình phân loại hành vi bò.

Dữ liệu gia tốc chân và ở cổ được hiển thị với độ dài cố định: bản ghi thứ  $i$  chứa dữ liệu gia tốc 16 giây (16 mẫu), bao gồm dữ liệu gia tốc 10 giây cuối cùng (10 mẫu cuối cùng) của bản ghi thứ  $(i-1)$ .

Ở chương này chúng tôi chỉ sử dụng các đặc trưng gồm: RMS, độ lệch chuẩn (SD) và giá trị trung bình cho tất cả các bản ghi. Dữ liệu được gắn nhãn hành vi của bò gồm bốn hành vi: đi, đứng, nằm và ăn.

Hình 4. 4 là quy trình hoạt động của bộ phân loại



Hình 4. 4 Quy trình hoạt động của bộ phân loại

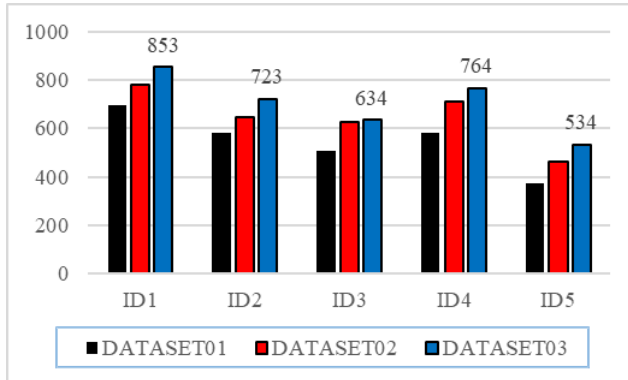
Dữ liệu huấn luyện được lựa chọn ngẫu nhiên 60% của bộ dữ liệu. Phần còn lại 40% là dữ liệu thử nghiệm. Sự phân chia này đã được chứng minh là phù hợp với bài toán phân loại tập tính bò [34][35].

#### 4.4. Kết quả

Thử nghiệm được đưa ra để đánh giá hiệu suất phân loại của thuật toán RF được áp dụng với cửa sổ 16 giây và ba đặc trưng (trung bình,

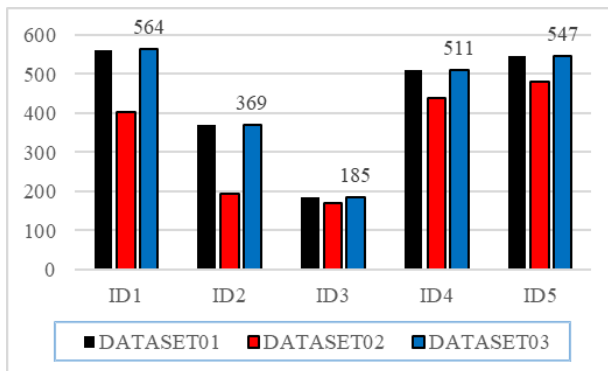
SD và RMS). Chúng tôi đã so sánh hiệu suất phân loại về Acc, Sen và PPV khi nghiên cứu bốn loại hành vi: đi, đứng, nằm và ăn.

Dữ liệu DATASET03 cung cấp số lượng TP lớn nhất. Ta nhận thấy số lượng TP từ cảm biến gắn trên cổ (DATASET02) nhiều hơn so với cảm biến gắn ở chân (DATASET01).



Hình 4. 6 TP của hành vi đứng và ăn

Hình 4.7 dữ liệu đồng bộ (DATASET03) cung cấp số lượng TP lớn nhất. Như dự kiến, số lượng TP từ cảm biến gắn trên chân (DATASET01) lớn hơn trên cổ (DATASET02).



Hình 4. 7 TP của nằm và đi.

Bảng 4. 5 trình bày kết quả của phương pháp đánh giá trung bình vĩ mô và phương pháp đánh giá trung bình vi mô.

*Bảng 4. 5 Hiệu suất sử dụng trung bình vi mô và trung bình vĩ mô so sánh ba tập dữ liệu (a), năm con bò của DATASET03 (b)*

(A)

Bộ dữ liệu		Độ chính xác	Độ nhạy	PPV
01	Micro	0.81	0.81	0.81
	Macro	0.84	0.84	0.84
02	Micro	0.82	0.82	0.82
	Macro	0.80	0.80	0.81
03	Micro	0.94	0.94	0.94
	Macro	0.95	0.95	0.95

(B)

COW ID		Độ chính xác	Độ nhạy	PPV
ID1	Micro	0.99	0.99	0.99
	Macro	0.99	0.99	0.99
ID2	Micro	0.92	0.92	0.92
	Macro	0.93	0.94	0.92
ID3	Micro	0.89	0.89	0.89
	Macro	0.93	0.93	0.93
ID4	Micro	0.96	0.96	0.96
	Macro	0.97	0.97	0.96
ID5	Micro	0.92	0.92	0.92
	Macro	0.93	0.93	0.95

Như thể hiện trong Bảng 4. 5(a), trung bình vi mô và trung bình vĩ mô của DATASET01 và DATASET02 là gần nhau. Kết quả có ý nghĩa vì DATASET01 cho kết quả nằm và đi tốt hơn và DATASET02 cho kết quả đứng và ăn tốt hơn. Hiệu suất của DATASET03 là đáng kể hơn so với trường hợp của DATASET01 và DATASET02. Hiệu suất phân loại tổng thể của chúng tôi cho DATASET03: độ chính xác 0,94, độ nhạy 0,94 và 0,94 PPV trong trường hợp trung bình vi mô; Độ chính xác 0,95, độ nhạy 0,95 và 0,95 PPV trong trường hợp trung bình vĩ mô. Bảng 4. 5(b) cho thấy trung bình vi mô và trung bình vĩ mô của năm con bò. ID1 có hiệu suất tốt nhất với tất cả các giá trị bằng 0,99. ID4 có hiệu suất tốt giá trị nhỏ nhất là 0,96. ID3 có hiệu suất thấp nhất. Tuy nhiên, ba chỉ tiêu vẫn ở mức cao (0,89 ở trung bình vi mô và 0,93 ở trung bình vĩ mô).

#### **4.5. Thảo luận**

Như kết quả trình bày trong các bảng trên, các hành vi của bò có thể được phân loại thành công với hiệu suất cao bằng cách đạt được độ chính xác 0,95, độ nhạy 0,95 và 0,95 PPV khi sử dụng đề xuất của chúng tôi (DATASET03). So với các kết quả tài liệu, phương pháp kết hợp cảm biến gia tốc gắn trên chân và gắn trên cổ của chúng tôi được áp dụng ở đây có thể được coi là đạt được hiệu suất phân loại hành vi rất tốt. Chúng tôi đã đạt được hiệu suất cao khi phân loại ăn (độ chính xác 0,914, độ nhạy 0,884 và PPV 0,956) và đứng (độ chính xác 0,88, độ nhạy 0,928 và PPV 0,842), thường là có một giới hạn [8][9][34][35][55][62][63][64][68]. Chúng tôi đã thực hiện những kết quả này mà không yêu cầu bất kỳ điều kiện nào cho trang trại.

Bảng 4. 6 trình bày so sánh với một số nghiên cứu liên quan.

Bảng 4. 6 Tóm tắt các nghiên cứu liên quan

Các công trình	Các hành vi	Công nghệ sử dụng	Tần số lấy mẫu	Cửa sổ dữ liệu	Phương pháp sử dụng
P. Martiskainen and M. Jarvinen [62]	đứng, nằm, ăn, đi và bốn hành vi khác	cảm biến gia tốc gắn cổ	10 Hz	10 giây	SVM
Oudshoorn et al [19]	ăn (bò chăn thả)	cảm biến gia tốc gắn cổ	1 Hz	10 phút	So sánh ngưỡng
Arcidiacono et al [9]	đứng và đi	cảm biến gia tốc gắn cổ	4 Hz	5 giây	So sánh ngưỡng
Jun Wang [34]	đứng, nằm, ăn, đi, nằm xuống, đứng lên, đi nhanh	combining leg-mounted accelerometer and location sensor	1 Hz	6 giây	AdaBoost
Barwick et al [28]	đứng, nằm, ăn, đi	cảm biến gia tốc gắn cổ, cảm biến gia tốc gắn chân, cảm biến gia tốc gắn tai	12 Hz	3, 5 và 10 giây	Random Forest
Nghiên cứu của chúng tôi	đứng, nằm, ăn, đi	cảm biến gia tốc gắn cổ và cảm biến gia tốc gắn chân	10 Hz	16 giây	Random Forest

P. Martiskainen và M. Jarvinen [62] đã sử dụng SVM (máy vectơ hỗ trợ) để nhận ra các hành vi dựa trên dữ liệu gia tốc gắn trên cổ. Họ thu được kết quả tốt trong hành vi ăn (0,96 độ chính xác, 0,75 độ nhạy, 0,81 PPV), nhưng không tốt trong nằm (0,84 độ chính xác, 0,80 độ nhạy, 0,83 PPV) và đi (0,99 độ chính xác, 0,79 độ nhạy, 0,79 PPV), so với các nghiên cứu dữ liệu gia tốc gắn trên chân [34][35][63].

Arcidiacono và cộng sự [9] đã đề xuất một công cụ phân loại làm giảm ngưỡng cảm biến gia tốc. Hệ thống của họ tập trung vào việc đứng và ăn. Tần số lấy mẫu là 4 Hz và thời lượng cửa sổ là 5 giây. Vì vậy, có 20 mẫu mỗi bản ghi. Vì bài toán phân loại chỉ phân biệt giữa đứng và ăn, nên chỉ có một đặc trưng (trung vị) được sử dụng để tính ngưỡng.

Jun Wang và cộng sự [34] đề xuất một phương pháp dựa trên việc kết hợp cảm biến gia tốc và cảm biến vị trí gắn trên chân. Dùng thuật toán AdaBoost để phân loại bảy hành vi của bò. Hiệu suất của chúng tôi tốt hơn của họ đối với tất cả các chỉ số: độ chính xác (0,95 so với 0,86), độ nhạy (0,95 so với 0,85) và PPV (0,95 so với 0,80). Kết quả ăn của họ là độ chính xác 0,75, độ nhạy 0,73 và 0,75 PPV. Kết quả đứng là độ chính xác 0,75, độ nhạy 0,78 và 0,72 PPV. Những kết quả này thấp hơn trường hợp xấu nhất của chúng tôi (bò ID2).

#### **4.6. Kết luận chương**

Đóng góp quan trọng trong chương này là đề xuất việc sử dụng dữ liệu đồng bộ hóa từ hai cảm biến gắn ở chân và cổ bò cho bộ phân loại bốn hành vi quan trọng của bò. Công bố liên quan tới chương này là công trình số 1 và 6.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

### **1. Kết luận**

Luận án của nghiên cứu sinh đã thành công trong việc nghiên cứu xây dựng 01 hệ thống mạng cảm biến không dây để phân loại hành vi của bò. Luận án này có 3 đóng góp mới:

1/ Xây dựng bộ phân loại bảy hành vi của bò sử dụng dữ liệu cảm biến gia tốc gắn chân bò.

2/ Xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây ứng dụng IoT ở đó mỗi nút mạng được gắn lên một con bò. Hai cảm biến gia tốc ba trục được gắn tại vị trí chân và cổ.

3/ Xây dựng bộ phân loại hành vi của bò sử dụng dữ liệu đồng bộ từ cảm biến gia tốc gắn chân bò và cổ bò.

Trong tất cả các nghiên cứu trước đây, không có công trình nào về hệ thống phân loại sử dụng đồng thời hai cảm biến gia tốc 3 trục. Đáng kể là dữ liệu gia tốc từ hai cảm biến này đã được đồng bộ hóa. Dữ liệu được đồng bộ hóa đã cung cấp kết quả phân loại rất tốt

### **2. Hướng nghiên cứu tiếp theo**

1/ Thiết kế và triển khai hệ thống phân loại hành vi thời gian thực với điểm mấu chốt là kết hợp các cảm biến gia tốc gắn ở chân và được gắn trên cổ cho các hành vi phân loại.

2/ Bổ sung thêm các hành vi khác như hành vi động dục ở bò. Hiểu biết tốt về chu kỳ sinh sản ở bò, có thể giúp người chăn nuôi giải quyết các khó khăn về sinh sản ở bò cái. Hành vi này cũng rất quan trọng khi sử dụng thuốc để kiểm soát và đồng bộ hóa chu kỳ sinh sản.

3/ Nghiên cứu phát hiện, dự đoán bệnh của bò trên cơ sở kết quả phân loại hành vi.



## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ

### A. Danh mục công trình sử dụng trong luận án

#### *Công bố khoa học:*

1. Duc Nghia Tran, T. N. Nguyen, P. C. P. Khanh, Duc-Tan Tran, *An IoT-based Design Using Accelerometers in Animal Behavior Recognition Systems*, IEEE Sensors Journal, DOI: 10.1109/JSEN.2021.3051194. [SCIE].
2. Phung Cong Phi Khanh, Duc-Tan Tran, Van Tu Duong, Nguyen Hong Thinh, Duc-Nghia Tran, “*The new design of cows' behavior classifier based on acceleration data and proposed feature set*”, Mathematical Biosciences and Engineering, 2020, 17(4): 2760-2780. DOI: 10.3934/mbe.2020151 [SCIE]
3. Phung Cong Phi Khanh, Kieu Thi Nguyen, Duc-Nghia Tran, Dinh-Chinh Nguyen, Trung Hoang Quang, Thang Van Nguyen, Duc-Tan Tran\*, *Classification of Cow's Behaviors Based on 3-DoF Accelerations from Cow's Movements*, International Journal of Electrical and Computer Engineering, ISSN 2088-8708, Vol 9, No 3: June 2019, pp. 1656-1662, DOI: 10.11591/ijece.v9i3.pp.1662-1650 [SCOPUS].
4. Phùng Công Phi Khanh, Hoàng Quang Chung, Nguyễn Tiến Anh, Trần Đức Tân, “*Một phương pháp thu nhận và tiền xử lý dữ liệu cảm biến gia tốc ba trục, phục vụ phân loại hành vi của bò*”. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, tháng 8 năm 2018, 340-347.
5. Nguyễn Đình Chinh, Phùng Công Phi Khanh, Trần Đức Tân, Lê Vũ Hà, “*Nghiên cứu và thiết kế mô hình hệ thống giám sát hành vi trên bò*”, Kỷ yếu Hội thảo toàn quốc về Điện tử, Truyền thông và Công

nghệ thông tin (REV - 2016), Nhà xuất bản công thương, tháng 12 năm 2016, trang 6-19 đến 6-22.

**Sáng chế:**

6. Trần Đức Tân, Trần Đức Nghĩa, Phùng Công Phi Khanh, *Hệ thống phân loại hành vi bò sử dụng cảm biến gia tốc ba trục gắn trên chân và cổ bò*, Sáng chế, số đơn 1-2020-06462, chủ đơn: Trường ĐH Phenikaa, đã có chấp nhận đơn hợp lệ (Ngày chấp nhận đơn: 23/11/2020), số 18194w/QĐ-SHTT.

**B. Danh mục công trình khác**

1. Quang-Trung Hoang, Phung Cong Phi Khanh, Bui Trung Ninh, Chu Thi Phuong Dung, Duc-Tan Tran. “*Cow Behavior Monitoring Using a Multidimensional Acceleration Sensor and Multiclass SVM*”. International Journal of Machine Learning and Networked Collaborative Engineering. Vol. 02, No. 3, (2018), pp. 110–118, ISSN:2581-3242.

2. Phung Cong Phi Khanh, Ton That Long, Nguyen Dinh Chinh, Tran Duc -Tan. “*Performance Evaluation of a Multi-stage Classification for Cow Behavior*”. Telecommunications & Computing (SigTelCom) 2018 2nd International Conference on Recent Advances in Signal Processing, Telecommunications & Computing (SigTelCom), IEEE, 2018, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 121-125.