PHÂN LOẠI HÀNH VI CỦA ĐỘNG VẬT DÙNG THUẬT TOÁN HỌC MÁY: TÁC ĐỘNG CỦA ĐỘ DÀI CỬA SỔ CHỒNG LẤP

Trần Đức Nghĩa[1*], Đỗ Viết Mạnh[1], Trần Đức Tân[2],
Nguyễn Cảnh Minh[3], Phùng Công Phi Khanh[4]

Tóm tắt: *Theo xu hướng chung về việc ứng dụng công nghệ cao vào thực tiễn, chăn nuôi bò công nghệ cao đang được đầu tư phát triển mạnh mẽ trên quy mô toàn cầu. Việc theo dõi và chẩn đoán các biểu hiện bất thường và bệnh tật của đàn bò có thể được thực hiện qua việc gắn các cảm biến gia tốc vào chúng để thu thập dữ liệu, đánh giá hành vi. Chúng tôi đã đề xuất một hệ thống nhận dạng hành vi bằng cách sử dụng máy học, với cốt lõi là sử dụng dữ liệu được đồng bộ hóa từ hai cảm biến gia tốc ba trục gắn ở chân và cổ bò. Nghiên cứu này kiểm thử việc sử dụng các độ dài cửa sổ dữ liệu chồng lấp (tương ứng với số mẫu trong một bản ghi) thì hiệu suất của việc phân loại hành vi thay đổi thế nào, từ đó tìm ra cửa sổ dữ liệu tốt nhất. Việc tính toán và khảo sát được kiểm chứng trên bộ dữ liệu thực nghiệm với đối tượng thí nghiệm là bò.*

Từ khóa: Phân loại; Giám sát; Cảm biến; Gia tốc; Hành vi; Bò.

1. MỞ ĐẦU

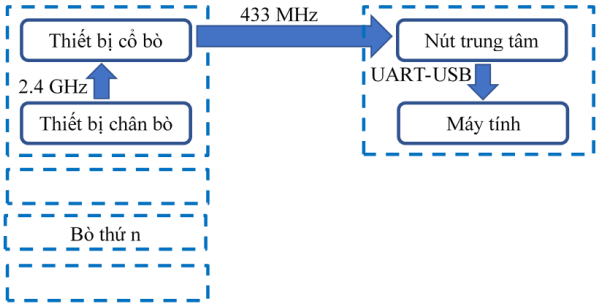
Trong lĩnh vực chăn nuôi, việc quản lý chăn thả đối với bò có nhiều lợi ích kinh tế và lợi ích xã hội [1]. Trước đây, chăn nuôi bò rất phổ biến với các hộ gia đình và trang trại trên toàn thế giới. Đối với chăn nuôi quy mô nhỏ, kinh nghiệm của người chăn nuôi có thể dễ dàng theo dõi sức khỏe và tình trạng khác của vật nuôi. Đối với chăn nuôi thâm canh, rất khó áp dụng biện pháp giám sát thủ công. Giám sát hoạt động hành vi là một cách tiếp cận hữu ích cho việc quản lý bò nói chung, rõ ràng là cũng đúng cho việc quản lý bò chăn thả. Phân tích những thay đổi hành vi của động vật có thể cải thiện việc ra quyết định liên quan đến sức khỏe gia súc, do đó cải thiện quản lý trang trại [1-5].

Cảm biến gia tốc phù hợp với việc thu thập dữ liệu [1, 6, 7], từ đó đánh giá hành vi bò. Tuy nhiên, cho đến nay, hầu hết các nghiên cứu liên quan đến giám sát bò ăn cỏ chủ yếu chỉ quan tâm đến thời gian chăn thả và lượng cỏ ăn vào [1]. Việc thu thập và xác minh dữ liệu rất khó khăn đối với bò chăn thả, điều đó dẫn đến thiếu các nghiên cứu về giám sát các thay đổi trong hoạt động hành vi [1].

Trong nghiên cứu trước [1], chúng tôi đã đề xuất một hệ thống dựa trên nền tảng IoT có thể phân loại bốn hành vi quan trọng của bò bao gồm: đi bộ, ăn, nằm và đứng. Bài báo này có mục đích kiểm chứng và tìm ra cửa sổ dữ liệu tốt nhất khi sử dụng bài toán học máy Random Forest đối với bộ dữ liệu thực nghiệm của chúng tôi, để góp phần cải tiến hệ thống giám sát hành vi bò sử dụng kết hợp hai cảm biến gia tốc gắn ở chân và cổ đã đề xuất.

2. PHƯƠNG PHÁP

2.1. Thiết bị thu dữ liệu gia tốc 3 trục

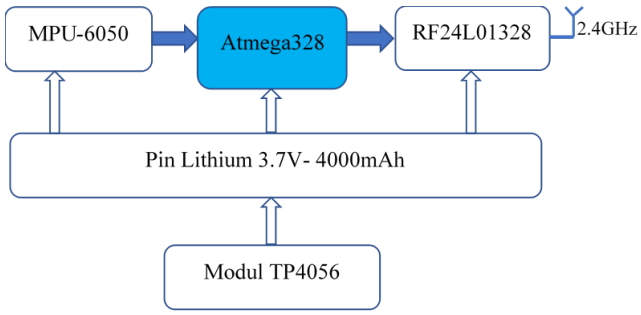


Hình 1. *Mô hình mạng cảm biến không dây.*

Trong nghiên cứu này sử dụng hệ giám sát hành vi 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, hai thiết bị được kết nối không dây với nhau và được phát triển dựa trên cảm biến gia tốc 3 trục giúp việc xác định trạng thái được chính xác hơn (hình 1). Nút trung tâm được kết nối với máy tính và dữ liệu được đưa về máy tính. Máy tính lưu dữ liệu thành các bản ghi phục vụ cho việc lưu trữ, xử lý và đưa ra phân tích về hành vi của bò.

2.1.1. Sơ đồ khối thiết bị đo chuyển động gắn vào chân bò

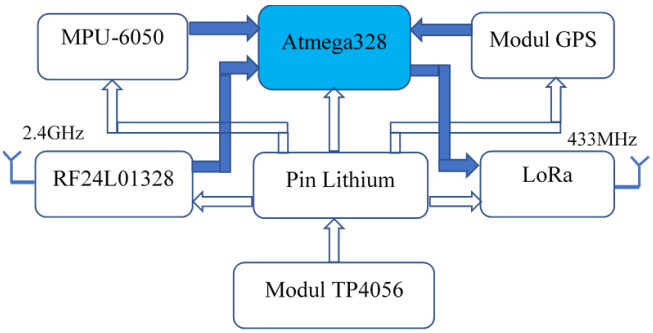
Thiết bị gắn chân bò được thiết kế để đo chuyển động tại chân bò. Hình 2 là sơ đồ khối của thiết bị đo chuyển động ở chân. Thành phần của một thiết bị đo gắn chân gồm có: Nhân vi xử lý Atmega328 để xử lý dữ liệu thu được và tạo luồng truyền dữ liệu, cảm biến MPU-6050 để đo gia tốc 3 trục, modul truyền thông RF24L01 giúp truyền thông và giao tiếp với thiết bị trên cổ, modul hoạt động tại tần số 2.4GHz, và thiết bị được cung cấp bởi nguồn pin 3.7V-4000mAh.



Hình 2. *Sơ đồ khối thiết bị đo chuyển động ở chân.*

2.1.2. Sơ đồ khối thiết bị đo chuyển động gắn vào cổ bò

Thiết bị trên cổ được thiết kế nhằm mục đích phát hiện các chuyển động tại cổ bò. Hình 3 là sơ đồ khối của thiết bị này, bao gồm: nhân vi xử lý Atmega328 giúp nhận dữ liệu, xử lý dữ liệu và điều phối luồng dữ liệu; cảm biến gia tốc MPU-6050 giúp nhận dữ liệu về gia tốc 3 trục, modul truyền thông RF24L01 giúp hai thiết bị trên cổ và ở chân có thể giao tiếp và nhận dữ liệu của nhau; modul Lora đóng vai trò là thiết bị cuối, cùng với Modul Lora nút trung tâm tạo thành một mạng cảm biến không dây. Pin 3.7 V – 4000 mAh sẽ cung cấp nguồn cho thiết bị trên cổ.



Hình 3. *Sơ đồ khối thiết bị đo ở cổ.*

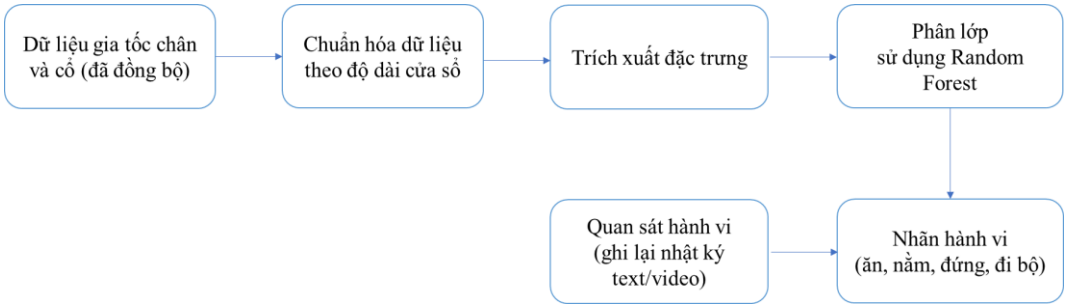
2.2. Phân loại hành vi bò sử dụng thuật toán Random Forest

2.2.1. Mô hình thuật toán

Hình 4 mô tả mô hình phân loại hành vi bò chúng tôi đề xuất. Dữ liệu gia tốc chân và cổ (đã được đồng bộ hóa) được chuẩn hóa với độ dài cửa sổ cố định: bản ghi thứ i chứa dữ liệu gia tốc 10 giây (10 mẫu), bao gồm dữ liệu gia tốc t giây cuối (t mẫu cuối, trong nghiên cứu này t được khảo sát các giá trị từ 1 đến 5) của bản ghi thứ (i-1). Giá trị hiệu dụng (RMS), độ lệch chuẩn (SD) và giá trị trung bình được tính toán cho tất cả các bản ghi dưới dạng các đặc trưng dữ liệu. Dữ liệu được gắn nhãn dựa trên những quan sát thực tế về hành vi của bò. Có bốn hành vi (bốn lớp): đi, ăn, nằm và đứng.

Mô hình phân loại được huấn luyện bằng dữ liệu đào tạo (training data) đã gắn nhãn dựa trên các đặc trưng đề xuất. Sau đó, dữ liệu thử nghiệm (test data) được gắn nhãn bằng cách sử dụng mô hình phân loại. Các kết quả phân loại này được đánh giá bằng cách so sánh các quan sát thực

tế (các hành vi thực - dữ liệu được gắn nhãn từ việc quan sát).



Hình 4. *Mô hình phân loại hành vi của bò.*

2.2.2. Các hành vi được phân loại

Dữ liệu thực nghiệm từ một con bò được chúng tôi thu thập, trong nghiên cứu này chúng tôi tập trung vào các hành vi cơ bản, được mô tả trong bảng 1.

Bảng 1. *Các hành vi phân loại.*

Hành vi	Định nghĩa
Ăn	Bò ăn (nhai và lấy thức ăn dùng miệng)
Nằm	Bò ở tư thế nằm nghỉ ngơi.
Đứng	Bò đứng trên tất cả 4 chân.
Đi	Bò bước trong vòng 1 giây (ít nhất 3 cử động chân liên tiếp).

2.2.3. Trích chọn đặc trưng

Trích chọn đặc trưng là bước quan trọng ảnh hưởng lớn đến hiệu quả phân loại. Với các đặc trưng tốt, thuật toán học máy sẽ 'học' được mô hình tốt có khả năng phân loại chính xác. Chúng tôi đề xuất một bộ đặc trưng hiệu quả để phân loại bốn hành vi của bò như sau:

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

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

$$RMS_{X_j} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i^2} \quad (3)$$

trong đó, X là dữ liệu của trục X; X_j là bản ghi j; N là số lượng mẫu của một bản ghi (kích thước cửa sổ); x_i là mẫu i của bản ghi X_j; $m(X_j)$ là trung bình của X_j; $\sigma(X_j)$ là độ lệch chuẩn của X_j; RMS_{Xj} là giá trị hiệu dụng của X_j. Lưu ý rằng, tất cả các công thức (1 – 3) dành cho trục X; công thức cho trục Y, trục Z tương tự.

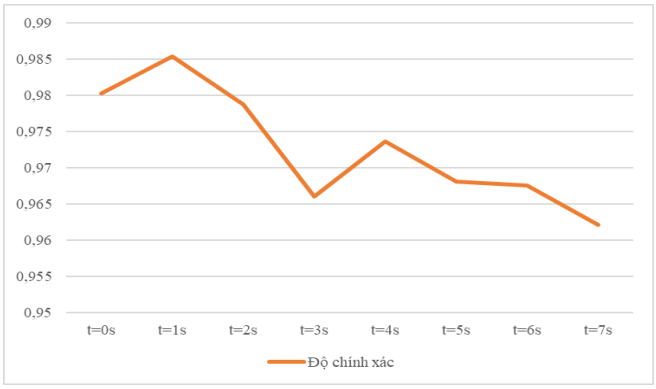
2.2.4. Đánh giá việc phân loại

TP là kết quả phân loại là dương tính thật, khi kết quả phát hiện hành vi và hành vi đó xuất hiện. TN là kết quả phân loại là âm tính thật, khi kết quả không phát hiện hành vi và hành vi đó không xuất hiện. FP là kết quả phân loại là dương tính giả, khi kết quả phát hiện hành vi và hành vi đó không xuất hiện. FN là kết quả phân loại là âm tính giả, khi kết quả không phát hiện hành vi và hành vi đó xuất hiện. *Acc* là độ chính xác:

$$Acc = \frac{\mathrm{TP} + \mathrm{TN}}{\mathrm{TP} + \mathrm{FP} + \mathrm{FN} + \mathrm{TN}} \quad (4)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Như đã trình bày trong phần phương pháp, nghiên cứu này khảo sát giá trị lặp (t) nào là tốt nhất cho mô hình phân loại mà chúng tôi đề xuất. Cửa sổ dữ liệu được lựa chọn có giá trị không đổi là 10 giây đã được các tác giả bài báo [3] kiểm chứng là phù hợp với bài toán phân loại hành vi bò. Sau quá trình huấn luyện với các giá trị t khác nhau, các mô hình tương ứng được đánh giá theo tiêu chí độ chính xác, kết quả thể hiện trong hình 5. Độ chính xác thể hiện trong hình là độ chính xác bình quân của việc phân loại 4 hành vi gồm: đi, ăn, nằm và đứng.



Hình 5. *Khảo sát độ chính xác phân loại khi sử dụng cửa sổ dữ liệu 10 giây với các giá trị lặp (t) khác nhau cho dữ liệu cảm biến gia tốc chân và cổ, sử dụng mô hình phân loại chúng tôi đề xuất.*

Việc sử dụng cửa sổ lặp giúp gia tăng số liệu dữ liệu quan sát có thể sử dụng để huấn luyện. Kết quả cho thấy, dù với giá trị lặp nào thì độ chính xác của mô hình đề xuất cho việc phân loại bốn hành vi cũng rất tốt với giá trị đều đạt trên 0.96. Trong đó, với giá trị lặp t=1s thì độ chính xác đạt được là cao nhất. Kết quả này tốt hơn [3] và phù hợp với kỳ vọng khi mà mô hình đề xuất đã được kiểm chứng là hoạt động rất tốt [1]. Khác với nghiên cứu trước đó của nhóm, chúng tôi tiến hành khảo sát sử dụng cửa sổ dữ liệu với độ dài ngắn hơn (10 giây thay vì 16 giây) và không cố định giá trị lặp (biến thiên từ 1 giây đến 7 giây). Với việc cửa sổ dữ liệu ngắn hơn, lợi ích mang lại là có thể quan sát được số lượng hành vi nhiều hơn, hạn chế việc có hơn một hành vi trong khoảng thời gian quan sát (một bản ghi dữ liệu). Ví dụ trong 16 giây có thể có 10 giây con bò đứng, rồi có 6 giây con bò đi, dẫn tới sai sót trong việc phân loại hành vi trong thực tế. Với kết quả tích cực này, kết hợp với các tiến bộ về việc xây dựng mạng wsn (wireless sensor network) [8-10], chúng tôi tiến tới xây dựng một hệ thống dựa trên nền IoT nhằm giám sát hành vi bò trong tương lai.

4. KẾT LUẬN

Đóng góp quan trọng của hệ thống được đề xuất của chúng tôi là kết hợp các thành phần chi phí thấp như máy đo gia tốc gắn ở chân và gắn trên cổ để đạt được hiệu suất tuyệt vời cho việc phân loại các hành vi của bò. Từ dữ liệu gia tốc của chúng tôi, khi chúng tôi áp dụng thuật toán Random Forest với các đặc trưng là trung bình, độ lệch chuẩn và giá trị hiệu dụng: hiệu suất trong trường hợp tốt nhất là độ chính xác 0.9854 khi sử dụng cửa sổ dữ liệu là 10 giây với 1 giây lặp. Điều này mang lại sự cải tiến đáng kể so với các hệ thống khác. Hệ thống của chúng tôi là một hệ thống dựa trên nền IoT nhằm giám sát và phân loại các hành vi của bò với hiệu suất cao. Trong tương lai, chúng tôi sẽ thiết kế và triển khai hệ thống dựa trên IoT này với nhiều hành vi được giám sát hơn.

Lời cảm ơn: *Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VinIF, VINBIGDATA) đã hỗ trợ Trần Đức Nghĩa, mã số học bổng VINIF.2021.STS.21. Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) đã tài trợ cho đề tài ĐLTE00.02/20-21.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. D. N. Tran, T. N. Nguyen, P. C. P. Khanh and D. T. Tran, "*An IoT-based Design Using Accelerometers in Animal Behavior Recognition Systems*" in IEEE Sensors Journal, (2021), doi: 10.1109/JSEN.2021.3051194.

[2]. C. P. K. Phung, D. T. Tran, V. T. Duong, H. T. Nguyen, D. N. Tran, "*The new design of cows' behavior classifier based on acceleration data and proposed feature set*", Math. Biosci. Eng., **Vol. 17** (2020), pp. 2760-2780.

[3]. P. Martiskainen, M. Jarvinen, "*Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines*", Appl. Anim. Behav. Sci., **Vol. 119 (**2009**)**, pp. 32–38.

[4]. C. P. K. Phung, T. K. Nguyen, D. C. Nguyen, D. N. Tran, D. T. Tran, "*Classification of cow's behaviors based on 3-DoF accelerations from cow's movements*", Int. J. Electr. Comput. Eng., **Vol. 9** (2019), pp. 1656–1662.

[5]. Q. T. Hoang, C. P. K. Phung, T. N. Bui, T. P. D. Chu, D. T. Tran, "*Cow behavior monitoring using a multidimensional acceleration sensor and multiclass SVM*", Int. J. Mach. Learn. Networked Collab. Eng., **Vol. 2** (2018), pp. 110–118.

[6]. V. T. Pham *et al.*, "*Highly accurate step counting at various walking states using low-cost inertial measurement unit support indoor positioning system*", Sensors, **Vol. 18** (2018), pp. 3186.

[7]. D. T. Tran. *et al., "Optimum design considerations for a 3-DOF micro accelerometer using nanoscale piezoresistors"*, IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, (2008), pp. 770-773.

[8]. D. D. Do *et al.*, "*Wireless ad hoc network based on global positioning system for marine monitoring, searching and rescuing (MSnR)*", In Asia-Pacific Microwave Conference 2011, (2011), pp. 1510-1513.

[9]. D. T. Tran, D. C. Nguyen, D. N. Tran, D. T. Ta, "*Development of a rainfall-triggered landslide system using wireless accelerometer network*", Int. J. Adv. Comput. Technol., **Vol. 7** (2015), pp. 14.

[10]. D. C. Nguyen, D. T. Tran., D. N. Tran, "*Application of compressed sensing in effective power consumption of WSN for landslide scenario*", Asia Pacific Conference on Multimedia and Broadcasting (2015), pp. 1-5.

ABSTRACT

CLASSIFYING THE ANIMAL BEHAVIOUR USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS: INVESTIGATING THE IMPACT OF VARYING OVERLAP PERIOD OF THE WINDOW

According to the general trend of applying high technology in practice, high-tech cow breeding is being invested and developed strongly on a global scale. Monitoring the behavior of the cow can be done by using accelerometer sensors. We proposed a behavioral recognition system using machine learning, with the core of using synchronized data from two three-axis accelerometer sensors mounted in the legs and the neck of a cow. This study aims to find out when varying the data window length (corresponding to the number of samples in a record), how the performance of the behavior classification changes, thereby finding the best window length of data. The proposed method was verified on the experimental data set with a real cow.

Keywords: Classification; Monitoring; Sensor; Acceleration; Behavior; Cow.

Nhận bài ngày 15 tháng 4 năm 2021
Hoàn thiện ngày 05 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: [1] Phòng Tin học Quản lý, Viện Công nghệ Thông tin (IOIT-VAST), Hà Nội, Việt Nam;
[2] Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Phenikaa, Hà Nội, Việt Nam;
[3] Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam;
[4] Trường Đại học Sư phạm Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam.
* Email: nghiatd@ioit.ac.vn.