



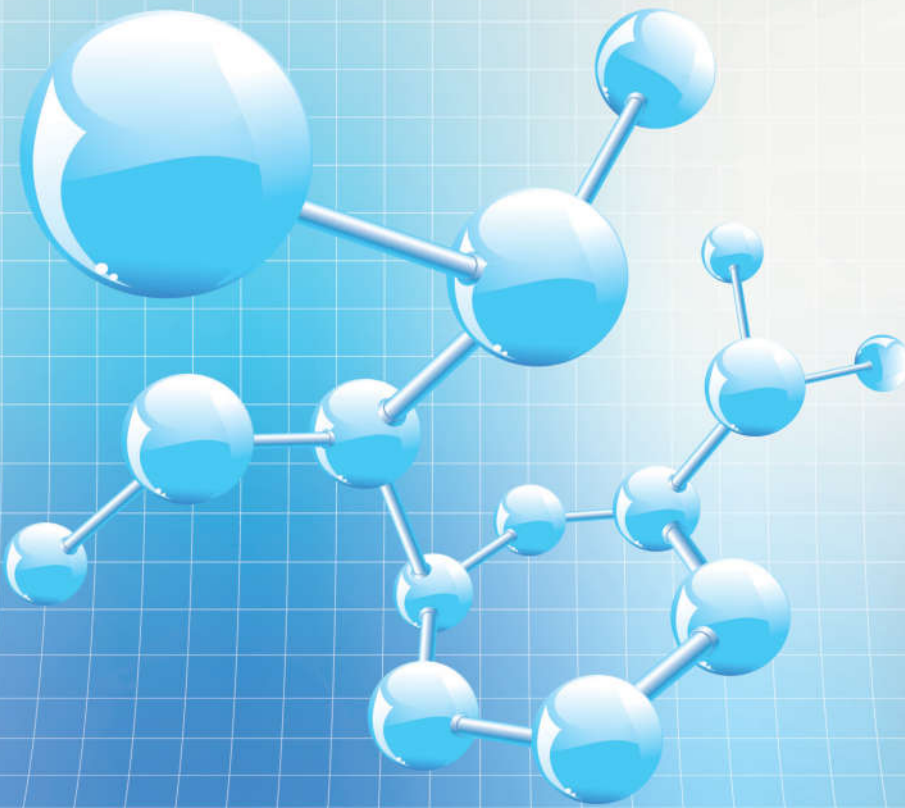
Tap chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

**P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X**



Số 4 (87)

2024

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Phạm Hoàng Hai

Assoc.Prof.Dr. Đoàn Ngọc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Ngọc Hà

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyễn Văn Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/>Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- Mô hình học sâu cho phát hiện bệnh trên cây lúa ở Việt Nam sử dụng YOLOv10 5 Hàn Hồng Hạnh
Cần Vũ Sơn Hà
Trần Văn Kiên
Đỗ Lê Trà My
Trịnh Công Đồng
Võ Đức Nhân
Ngô Phương Thủy
Bùi Đăng Thành
- Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây để giám sát trạng thái hoạt động của máy bơm tại nhà máy chế biến khoáng sản ở Việt Nam 12 Phạm Văn Nam
Triệu Tuấn Anh
Vương Anh Đức
Đỗ Văn Đĩnh
- Thiết kế hệ thống giám sát xâm nhập mặn ứng dụng công nghệ IoT 18 Nguyễn Thị Nhật Quỳnh
Phạm Minh Tiến
Nguyễn Trung Nam
Trần Ngọc Tạo
Nguyễn Văn Thái
Nguyễn Trọng Các
- Nghiên cứu tổng quan vật liệu silicon trong ngành thiết bị bán dẫn 25 Châu Thanh Phương

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Sự thay đổi đặc tính khi thử nghiệm độ bền kéo trong mặt phẳng của vật liệu kép 30 Phạm Văn Trọng
Phùng Đức Hải Anh
Cao Huy Giáp
Đỗ Tiến Quyết
- Nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc chi tiết máy theo phương pháp thiết kế sinh học 36 Mạc Văn Giang
Tạ Hồng Phong
Mạc Thị Nguyên
Trịnh Văn Cường
- Mô phỏng ứng suất và biến dạng khi làm việc của sàng rung 44 Trần Văn Dũng
Ngô Hữu Mạnh
Trần Hải Đăng
Vũ Văn Tấn
Mạc Văn Giang
- Nghiên cứu ảnh hưởng của một số nhân tố đến lực cắt và dao động khi phay thô thép SKD11 sử dụng mảnh cắt hình tròn 50 Nguyễn Thị Liễu

NGÀNH KINH TẾ

- Kiểm soát giá nhằm giảm tác động kép từ bão Yagi và dịp Tết Nguyên đán tại tỉnh Hải Dương 57 Ngô Thị Luyện
- Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua hàng đối với sản phẩm bánh trung thu của khách hàng tại Hà Nội 63 Nguyễn Thị Ngọc Mai
Lê Thị Huyền
- Chính sách hỗ trợ doanh nghiệp nhỏ và vừa tại tỉnh Hải Dương 69 Phạm Thị Hồng Hoa
Nguyễn Minh Tuấn
- Thu hút vốn đầu tư vào tỉnh Hải Dương và triển vọng những năm tiếp theo 76 Lương Thị Hoa

NGÀNH TOÁN HỌC

- Sự không tồn tại nghiệm của một lớp hệ phương trình gradient elliptic suy biến 82 Nguyễn Thị Diệp Huyền

NGÀNH HÓA HỌC - THỰC PHẨM

- Ảnh hưởng của các chất keo Carboxymethyl xellulose, Xanthan gum, Alginate natri đến độ bền phân tán của nha đam (*Aloe vera*) trong nước giải khát sắn dây 86 Bùi Văn Tú

NGÀNH KHOA HỌC GIÁO DỤC

- Tăng cường đào tạo kỹ năng số cho lực lượng lao động tại Việt Nam 93 Vũ Thị Thanh Thủy
- Phát triển du lịch gắn với phát triển văn hóa ở tỉnh Hải Dương 100 Trần Hoàng Yến
Đặng Thị Thanh

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- Lý luận về hàng hóa sức lao động của C. Mác và giá trị trong phát triển thị trường lao động thời kỳ Cách mạng công nghiệp 4.0 ở nước ta 106 Vũ Văn Đông
- Giải quyết việc làm cho lao động nông thôn ở Hải Dương hiện nay 113 Nguyễn Thị Kim Nguyên
- Quan điểm chỉ đạo của Đảng cộng sản Việt Nam về việc đẩy mạnh chuyển đổi số trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước 118 Phạm Văn Dự
- Lý luận của chủ nghĩa Mác-Lênin về giải phóng phụ nữ và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam 125 Trần Thị Hồng Nhung
Vũ Văn Đông

Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây để giám sát trạng thái hoạt động của máy bơm tại nhà máy chế biến khoáng sản ở Việt Nam

Research, design and construction of a wireless sensor network system for monitoring the operation status of pumps at mineral processing plants in Vietnam

Phạm Văn Nam¹, Triệu Tuấn Anh¹, Vương Anh Đức¹, Đỗ Văn Đình^{2*}

*Tác giả liên hệ: dinh.dv@saodo.edu.vn

¹Trường Đại học Công Nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 17/3/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 27/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 29/11/2024

Tóm tắt

Bài báo này tập trung trình bày việc thiết kế và xây dựng một hệ thống giám sát thông minh sử dụng mạng cảm biến không dây, được áp dụng cho các nhà máy chế biến khoáng sản tại Việt Nam. Hệ thống này nhằm mục đích cung cấp thông tin thời gian thực về trạng thái hoạt động của các máy bơm, giúp quản lý và duy trì hiệu suất của nhà máy. Bằng cách sử dụng mạng Support Vector Machine (SVM), hệ thống cũng có khả năng nhận dạng các lỗi của máy bơm, từ đó cung cấp thông báo cảnh báo và giúp phát hiện sớm các vấn đề trong quá trình vận hành. Điều này giúp cải thiện hiệu quả và độ tin cậy của quá trình chế biến khoáng sản tại các nhà máy ở Việt Nam.

Từ khóa: Công nghệ IoT; mạng SVM; Vi điều khiển; ESP32; Wifi; giao thức MQTT.

Abstract

This article focuses on designing and constructing an intelligent monitoring system using a wireless sensor network, applied to mineral processing plants in Vietnam. The system aims to provide real-time information on the operational status of pumps, aiding in plant management and performance maintenance. By utilizing Support Vector Machine (SVM) technology, the system also has the capability to identify pump faults, thereby issuing alerts and facilitating early detection of issues during operation. This contributes to improving the efficiency and reliability of the mineral processing process in factories across Vietnam.

Keywords: IoT Technology; Support Vector Machine (SVM); Microcontrollers; ESP32; Wifi; MQTT Protocol.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, các nhà máy đã áp dụng các hệ thống ứng dụng IoT để cải thiện quản lý và tối ưu hóa hoạt động. Dưới đây là một số ví dụ về hệ thống ứng dụng IoT đối với các nhà máy sản xuất than tiên tiến trên thế giới:

- Giám sát trạng thái và hiệu suất của các thiết bị khai thác và chế biến khoáng sản, chẳng hạn như máy khoan, máy đào, băng chuyền,... Dữ liệu thu thập được từ các cảm biến có thể được sử dụng để đưa ra cảnh báo sớm về sự cố và phân tích hiệu suất thiết bị để tối ưu hóa quy trình khai thác.

- Giám sát môi trường làm việc trong khu vực khai thác

như: Nồng độ bụi, độ ẩm, nhiệt độ... giúp phát hiện sớm các vấn đề liên quan đến môi trường làm việc.

- Sử dụng cảm biến IoT trên các phương tiện vận chuyển để giám sát quá trình vận chuyển vật liệu từ mỏ đến các điểm đích. Dữ liệu từ có thể bao gồm vị trí, tốc độ, độ rung và nhiệt độ. Điều này giúp quản lý và theo dõi quá trình vận chuyển một cách hiệu quả và giảm thiểu các rủi ro trong quá trình này.

- Giám sát an toàn và bảo vệ trong khu vực khai thác và chế biến khoáng sản. Các thiết bị như camera, cảm biến chuyển động và hệ thống báo động có thể được tích hợp và giám sát từ xa để đảm bảo an toàn cho khu vực làm việc và ngăn chặn truy cập trái phép.

- Giám sát và quản lý năng lượng trong quá trình vận hành thiết bị.

Người phản biện: 1. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn
2. TS. Đặng Thúy Hằng

- IoT cho phép thu thập dữ liệu từ các thiết bị và cảm biến trong quá trình vận hành thiết bị. Dữ liệu này có thể bao gồm thông tin về sản lượng, chất lượng than, thông số khai thác,... Các hệ thống IoT cung cấp khả năng lưu trữ, quản lý và phân tích dữ liệu để đưa ra thông tin hữu ích và phân tích xu hướng để hỗ trợ quyết định và cải tiến quy trình khai thác.

- Tự động hóa quy trình khai thác và chế biến khoáng sản. Các thiết bị IoT có thể điều khiển và giám sát từ xa các thiết bị và quy trình trong quá trình khai thác, giúp tăng tính tự động hóa và giảm sự can thiệp của con người. Điều này có thể cải thiện hiệu suất và đảm bảo sự ổn định của quá trình sản xuất.

Đối tượng áp dụng kết quả nghiên cứu:

Là giám sát 03 máy bơm nước tại mỏ than tại tỉnh Quảng Ninh, công suất trên 20 kW.



Hình 1. Máy bơm nước tại mỏ than

Mục tiêu nghiên cứu:

Thiết kế và xây dựng hệ thống IoT để thu thập dữ liệu, giám sát các thông số động cơ điện (nhiệt độ, độ rung, thời gian vận hành...) có thể theo dõi từ xa qua webserver. Xây dựng phần mềm cảnh báo sớm sự cố của động cơ.

Đã có nhiều nghiên cứu giám sát dòng điện của động cơ MCSA (Motor Current Signature Analysis) [4], phân tích phổ Fourier của dòng điện, phân tích biến đổi Gabor, wavelet [3], biến thiên mô-men, từ đó cũng dẫn tới biến thiên trong dòng điện của động cơ [1, 2, 5]. Bên cạnh tín hiệu điện (dòng, áp, công suất, tần số,...), nghiên cứu sử dụng một số loại cảm biến không tiếp xúc (âm thanh, rung động, hình ảnh...) để phát hiện sự

cố của động cơ: Như trong các nghiên cứu [7-13] đề xuất một phương pháp phát hiện bất thường cho động cơ điện dựa trên tín hiệu độ rung kết hợp với mạng nơ-ron. Tuy nhiên, họ hiện đang chỉ có dữ liệu từ điều kiện bình thường của động cơ và thiếu thông tin về dữ liệu trong các điều kiện lỗi. Trong nghiên cứu [14] trình bày một giải pháp sử dụng các đặc trưng của tín hiệu rung để làm đầu vào cho quá trình đào tạo mô hình nhận dạng.

Trong những năm gần đây, với sự phát triển của học sâu Deep Learning (DL) ngày càng nhiều nhà nghiên cứu quan tâm đến việc sử dụng các phương pháp DL [14-19] để nhận dạng một số lỗi của hệ thống động cơ điện: Áp dụng để chẩn đoán lỗi vòng bi; mạng CNN, YOLO, SVM được rất sử dụng việc phân loại phổ ảnh tần số. Phân tích tín hiệu rung là một phương pháp mới để phát hiện/chẩn đoán sớm các sự cố của động cơ.

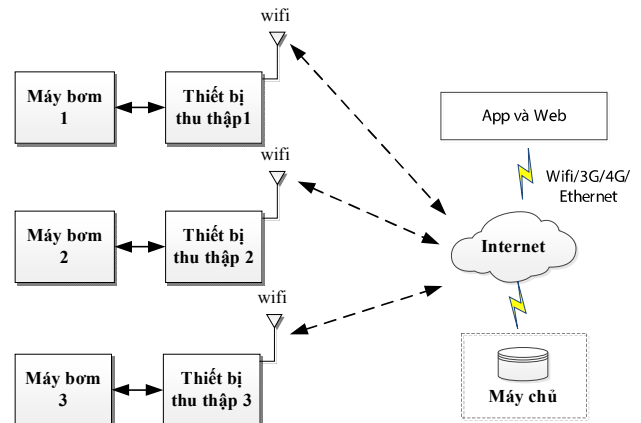
Bài báo này tập trung trình bày một thiết bị thu thập các dữ liệu về độ rung động theo ba chiều X, Y, Z, xây dựng một hệ thống giám sát và cảnh báo một số trường hợp sự cố của động cơ điện online từ xa, ứng dụng mạng SVM để xây dựng phần mềm cảnh báo lỗi của máy bơm, nghiên cứu tiến hành phân tích lỗi dựa trên tín hiệu độ rung kết hợp với nhiệt độ của máy bơm.

2. XÂY DỰNG HỆ THỐNG

2.1. Đề xuất phương án thiết kế

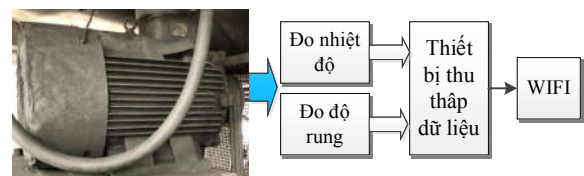
2.1.1. Tổng quan về hệ thống

Internet of Things (IoT) hay còn được gọi với cái tên internet vạn vật là một mạng lưới các thiết bị kết nối bằng internet, sau đây là sơ đồ khối của hệ thống.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống IOT giám sát hoạt động máy bơm

2.1.2. Nguyên lý hoạt động của bộ thu thập



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý thu thập dữ liệu

2.3. Phần mềm quản lý tại trung tâm

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã tích hợp một cơ sở dữ liệu vào hệ thống để lưu trữ dữ liệu thu thập từ các thiết bị, phục vụ cho việc xử lý và hiển thị dữ liệu về sau. Lựa chọn sử dụng giao thức MQTT vì những lý do sau đây:

- Giao thức MQTT được thiết kế đơn giản, dễ hiểu và dễ triển khai.

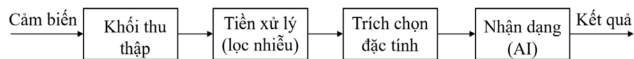
- MQTT sử dụng các bản tin nhỏ, làm giảm lượng dữ liệu được truyền qua mạng và tiết kiệm băng thông mạng. Điều này là một lợi ích lớn đặc biệt đối với các ứng dụng có tài nguyên hạn chế như IoT, nơi mà việc tiết kiệm tài nguyên mạng là rất quan trọng.

- MQTT có hiệu suất truyền dẫn cao, đảm bảo rằng dữ liệu được truyền dẫn một cách nhanh chóng và đáng tin cậy. Điều này là quan trọng đặc biệt khi cần truyền dữ liệu trực tiếp từ các thiết bị cảm biến hoặc thiết bị IoT đến máy chủ hoặc các thiết bị khác.

2.4. Áp dụng mạng SVM để xây dựng hệ thống chẩn đoán lỗi máy bơm

2.4.1. Mạng SVM

Máy vectơ hỗ trợ (Support Vector Machine - SVM) là một thuật toán học máy phổ biến được sử dụng rộng rãi cho bài toán phân loại. Trong ứng dụng phân loại hình ảnh, SVM được sử dụng rộng rãi nhờ hiệu suất cao trong xử lý dữ liệu đa chiều, làm cho nó trở nên phù hợp để phân tích dữ liệu hình ảnh.



Hình 9. Hệ thống phát hiện lỗi động cơ

SVM nhằm tìm ra mặt phẳng phân chia tốt nhất giữa các lớp trong không gian đặc trưng đa chiều. SVM tìm kiếm mặt phẳng phân chia sao cho tối đa hóa ranh giới, tức là khoảng cách giữa mặt phẳng phân chia và điểm gần nhất từ mỗi trong hai lớp. Một ranh giới lớn thường dẫn đến khả năng tổng quát và hiệu suất tốt hơn [15].



Hình 10. Mô hình thử nghiệm

Trong quá trình nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng một mô hình thử nghiệm dựa theo nghiên cứu [16], như trong Hình 11, mô hình gồm có:

- Một động cơ 3 pha, 1 bộ gối đỡ trục;
- Phần điều khiển: Một biến tần điều chỉnh tốc độ quay của động cơ từ 1.500 đến 1.750 RPM.

Tập dữ liệu thu thập chia thành 2 loại:

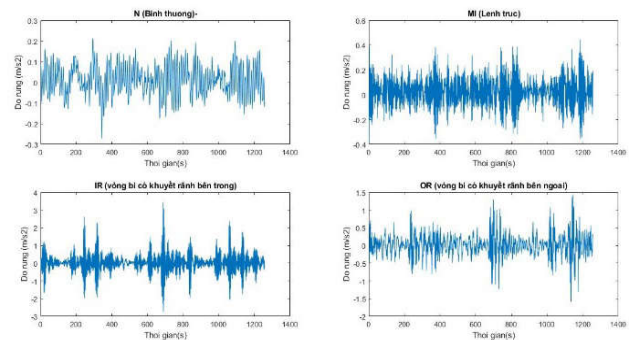
- N: Động cơ hoạt động bình thường.
- MI: Lỗi lệch trục, ốc bắt động cơ bị lỏng...

Dữ liệu thu thập được miêu tả cụ thể như sau:

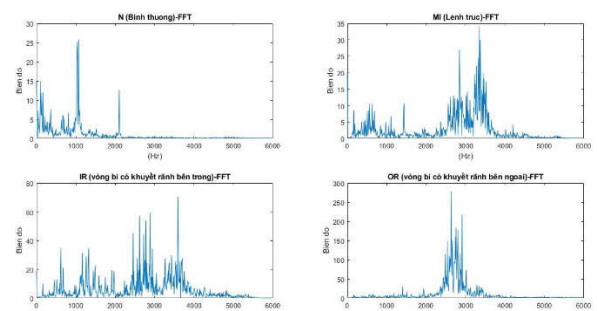
Bảng 1. Dữ liệu thu thập từ mô hình thử nghiệm

Trạng thái	Tần số lấy mẫu (Hz)	Thời gian lấy mẫu (phút)
N	2000	30
MI	2000	30

Dưới đây là một hình ảnh của bộ dữ liệu thu thập sau khi được biểu diễn tại miền thời gian:

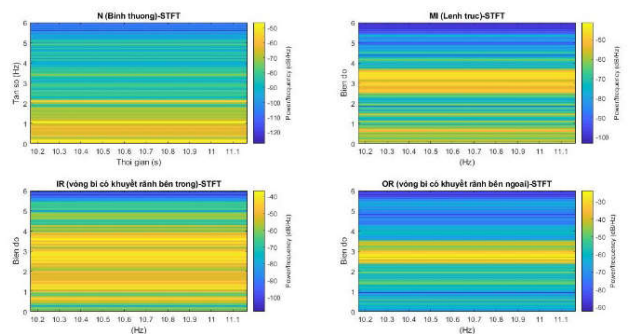


Hình 11. Biểu đồ tín hiệu độ rung trong miền thời gian



Hình 12. Tín hiệu trên miền tần số

Bài báo sử dụng biến đổi STFT (Short-Time Fourier Transform) để chuyển đổi tín hiệu từ miền thời gian sang miền phổ.



Hình 13. Hình ảnh sau chuyển đổi STFT

3. KẾT QUẢ

3.1. Phần cứng

Nghiên cứu đã thực hiện xây dựng một mô hình thử nghiệm để kiểm tra khả năng thu thập dữ liệu độ rung lưu vào thẻ nhớ SD và truyền thông theo chuẩn WIFI. Bộ cơ sở dữ liệu này sẽ được sử dụng cho việc huấn luyện mô hình AI, tần số lấy mẫu 2 KHz.



Hình 14. Hình ảnh thiết bị thu thập



Hình 15. Thử nghiệm trên máy bơm

3.2. Kết quả chuẩn đoán lỗi động cơ

Kết quả của quá trình huấn luyện và đánh giá mô hình Máy hỗ trợ Vector (SVM) được trình bày dưới dạng Bảng 2.

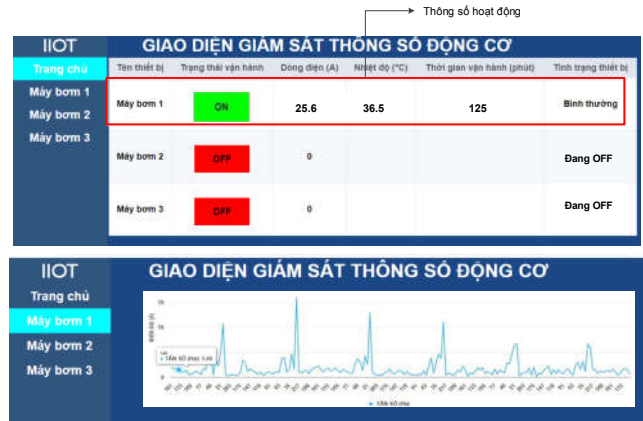
Bảng 2. Kết quả và đánh giá hiệu quả của SVM

Model	Độ chính xác của mô hình			
	Test Accuracy	Val_accuracy	Val_loss	Test loss
SVM	97,72%	95,53%	0,127%	0,223%

Mô hình đạt được độ chính xác kiểm tra ấn tượng là 97,72% là một chỉ số tích cực khác về hiệu suất của mô hình. Đánh giá này quan trọng trong quá trình huấn luyện, đóng vai trò là một công cụ chủ chốt để theo dõi hiệu suất của mô hình trên một tập dữ liệu độc lập, từ đó giảm thiểu rủi ro quá mức phù hợp.

3.3. Kết quả phần mềm giám sát trên Web

Website có thể hiển thị dữ liệu thu thập ở miền thời gian và miền tần số trên phút theo thời gian thực, theo dõi tình trạng của máy bơm.



Hình 16. Website sử dụng giao thức MQTT

4. KẾT LUẬN

Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã chỉ ra rằng, chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của động cơ trong quá trình vận hành đang được quan tâm đặc biệt. Nghiên cứu đã thiết kế và thi công một thiết bị đo và giám sát trạng thái hoạt động của động cơ. Kết quả nghiên cứu đã chứng minh thiết bị này hoạt động chính xác trong việc đo tín hiệu rung từ mô hình thử nghiệm. Trong tương lai, nhóm tác giả dự định tích hợp các thuật toán học sâu, nhằm cải thiện chẩn đoán lỗi máy móc và mở ra triển vọng đáng kể trong lĩnh vực này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Benbouzid, M. El Hachemit (2000), *A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection*, IEEE transactions on industrial electronics 47.5: 984-993.
- [2]. Benbouzid, M. E. H., and H. Nejjari (2001), *A simple fuzzy logic approach for induction motors stator condition monitoring*, IEMDC 2001. IEEE International Electric Machines and Drives Conference (Cat. No. 01EX485). IEEE, 2001.
- [3]. Cardoso, AJ Marques, S. M. A. Cruz and D. S. B. Fonseca (1999), *Inter-turn stator winding fault diagnosis in three-phase induction motors, by Park's vector approach*, IEEE Transactions on Energy Conversion 14.3: 595-598.
- [4]. Dorrell, David G., William T. Thomson and Steven Roach (1997), *Analysis of airgap flux, current, and vibration signals as a function of the combination of static and dynamic airgap eccentricity in 3-phase induction motors*, IEEE Transactions on Industry applications 33.1: 24-34.

- [5]. Milimonfared, Jafar, et al (1999), *A novel approach for broken-rotor-bar detection in cage induction motors*, IEEE Transactions on Industry Applications 35.5: 1000-1006.
- [6]. Toliyat, H. A (1999), *Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines, a review*, IEEE-IAS 1999 Annual Meeting, Phoenix, AZ.
- [7]. Chen, Z., Li, C., and Sanchez, R. V (2015), *Gearbox Fault Identification and Classification with Convolutional Neural Networks*, Shock and Vibration, vol. 2015, p. 390134.
- [8]. Zhao, J., Yang, S., Li, Q., Liu, Y., Gu, X., and Liu, W (2021), *A New Bearing Fault Diagnosis Method Based on Signal-to-Image Mapping and Convolutional Neural Network*, Measurement, vol. 176, p. 109088.
- [9]. Gao, Y.; Liu, X.; Huang, H.; Xiang, J (2021), *A hybrid of FEM simulations and generative adversarial networks to classify faults in rotor-bearing systems*, ISA Trans. 2021, 108, 356-366.
- [10]. Liu, H.; Zhou, J.; Xu, Y.; Zheng, Y.; Peng, X.; Jiang, W (2018), *Unsupervised fault diagnosis of rolling bearings using a deep neural network based on generative adversarial networks*, Neurocomputing 2018, 315, 412-424.
- [11]. Wang, R.; Jiang, H.; Li, X.; Liu, S (2020), *A reinforcement neural architecture search method for rolling bearing fault diagnosis*, Measurement 2020, 154, 107417.
- [12]. Y. A. Almatheel and M. Osman (2021), *Bearing Element Fault Diagnosis Using Support Vector Machine*, 2020 International Conference on Computer, Control, Electrical and Electronics Engineering (ICCCEEE), Khartoum, Sudan, 2021, pp. 1-5
- [13]. X. Zhang, Y. Liang, J. Zhou, and Y. zang (2015), *A novel bearing fault diagnosis model integrated permutation entropy, ensemble empirical mode decomposition and optimized SVM*, Measurement, vol. 69, pp. 164-179, 2015.
- [14]. C. Zhang, J. Chen, and X. Guo (2010), *A gear fault diagnosis method based on EMD energy entropy and SVM*, Journal of Vibration and Shock, vol. 29, no. 10, pp. 216-220, 2010.
- [15]. S. Zgarni and A. Braham (2018), *Classification of Bearing Fault Detection Using Multiclass SVM: A Comparative Study*, 2018 15th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), Yasmine Hammamet, Tunisia, 2018, pp. 888-892.
- [16]. J. Redmon and A. Farhadi (2017), *YOLO9000: better, faster, stronger*, in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2017, pp. 7263-7271.
- [17]. C.-Y. Wang, A. Bochkovskiy, and H.-Y. M. Liao (2022), *YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors*, arXiv preprint arXiv:2207.02696, 2022.
- [18]. Van-Nam Pham, Quang-Huy Do Ba, Duc-Anh Tran Le, Quang-Minh Nguyen, Alberto Ernesto Coboi, Thanh - Lam Bui (2024), *Using Artificial Intelligence (AI) for Diagnosing Electric Motor Faults Based on Vibration Signals* 2024 International Conference on Information Networking (ICOIN). IEEE, 2024.
- [19]. Van-Nam Pham, Quang-Huy Do Ba,... (2024), *Applying SVM network to build a diagnostic system for bearing faults in electric motors based on vibration signals*, Hội nghị VCCA-2024

AUTHORS INFORMATION

**Pham Van Nam¹, Trieu Tuan Anh¹,
Vuong Anh Duc¹, Do Van Dinh^{2*}**

*Corresponding author: dinh.dv@saodo.edu.vn

¹Hanoi University of Industry;

²Sao Do University.