



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- Số 1: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Số 2: Số 72, đường Nguyễn Thái Học, phường Thái Học, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Điện thoại: (0220) 3882 269 Fax: (0220) 3882 921 Website: <http://saodo.edu.vn> Email: info@saodo.edu.vn



Tạp chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190

E. ISSN 2815-553X

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

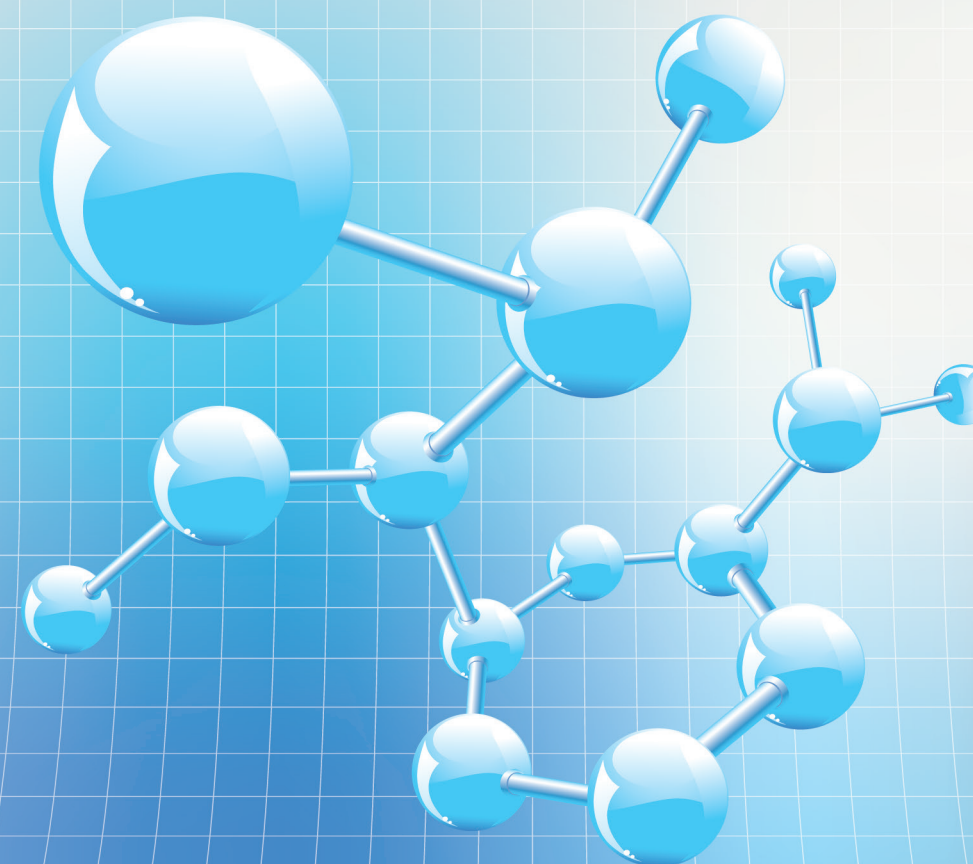
Số 2 (81)
2023



Số 2 (81) 2023

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

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



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 x 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

Số 2 (81)
2023

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

■ Tổng Biên tập

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ Phó Tổng biên tập

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ Thư ký Tòa soạn

TS. Ngô Hữu Mạnh

■ Hội đồng Biên tập

NGND.TS. Đĩnh Văn Nhung - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Quốc Cường

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Trần Văn Địch

GS.TS. Phạm Minh Tuấn

PGS.TS. Nguyễn Doãn Ý

GS.TS. Đĩnh Văn Sơn

PGS.TS. Trần Thị Hà

PGS.TS. Trương Thị Thủy

TS. Vũ Quang Thập

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Khang

TS. Bùi Văn Ngọc

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

TS. Nguyễn Văn Anh

■ Ban Biên tập

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Trưởng ban

ThS. Đào Thị Vân

■ Editor-in-Chief

Dr. Do Van Dinh

■ Vice Editor-in-Chief

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ Office Secretary

Dr. Ngo Huu Manh

■ Editorial Board

People's Teacher, Dr. Dinh Van Nhung - Chairman

Prof.Dr. Phạm Thị Ngọc Yến

Assoc.Prof.Dr.Sc. Trần Hoài Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Quốc Cường

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Văn Liễn

Prof.Dr.Sc. Thân Ngọc Hoàn

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Trần Văn Địch

Prof.Dr. Phạm Minh Tuấn

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Doãn Ý

Prof.Dr. Đĩnh Văn Sơn

Assoc.Prof.Dr. Trần Thị Hà

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Dr. Vũ Quang Thập

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất

Prof.Dr. Đỗ Quang Khang

Dr. Bùi Văn Ngọc

Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc.Prof.Dr. Khuất Văn Ninh

Prof.Dr.Sc. Phạm Hoàng Hải

Assoc.Prof.Dr. Đoàn Ngọc Hải

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Ngọc Hà

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Dr. Nguyễn Văn Anh

■ Editorial

MSc. Doan Thi Thu Hang - Head

MSc. Dao Thi Van

THẺ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

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

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

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

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 2 (81) 2023

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

- Ứng dụng các mô hình tính toán lượng tử phối hợp với thuật toán one - versus - all để xây dựng công cụ nhận dạng và phân loại 5 Trần Hoài Linh
- Ứng dụng xử lý ảnh và mô hình faster P-CNN trong hệ thống chẩn đoán lỗi chi tiết sản phẩm cơ khí 12 Đỗ Văn Đình
Phạm Văn Nam
Nguyễn Văn Thành
Nguyễn Huy Nam
Nguyễn Văn Dũng
- Ứng dụng học sâu trong phát hiện bệnh trên cây lúa sử dụng YOLOv5 19 Trịnh Công Đồng
Mạc Tuấn Anh
Giáp Đăng Khánh
Nguyễn Thanh Hoàng
Nguyễn Trọng Các
Bùi Đăng Thành
- Nghiên cứu hiệu quả thay thế động cơ phòng nổ không đồng bộ 3 pha bằng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp 24 Trần Hữu Phúc
Trần Thanh Tuyền
Trần Hữu Phan
Nguyễn Trọng Các

NGÀNH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

- Phân lớp người dùng tiềm năng của hệ thống học trực tuyến vuihoc 29 Hoàng Thị Ngọc Diệp
Trần Duy Khánh
Phạm Huy Hoàng
Trần Đình Khang

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công vật liệu hợp kim đồng - Crom (C18150) trên máy phay CNC cao tốc 37 Mạc Văn Giang
- Ứng dụng mô phỏng số kết hợp với công nghệ Synchronous trong thiết kế và tối ưu hóa cơ cấu Cam 44 Nguyễn Văn Hinh
Mạc Văn Giang
- Nghiên cứu khí động học trên xe ô tô 50 Đỗ Tiến Quyết
Nguyễn Lương Căn
Lê Đức Thắng

Xác định thông số công nghệ may tối ưu cho đường may 301 trên quan điểm giảm thiểu độ trượt trên vải tơ tằm 55 Nguyễn Thị Hiền
Tạ Văn Hiền
Đỗ Thị Tần

NGÀNH TOÁN HỌC

Tính chất toán tử tích chập của phép biến đổi Fourier cosine và Laplace 61 Nguyễn Kiều Hiền

NGÀNH KINH TẾ

Chính sách an sinh xã hội đối nông dân Việt Nam, kinh nghiệm từ Trung Quốc 67 Phạm Thị Hồng Hoa
Nguyễn Minh Tuấn

Giải pháp thúc đẩy thực hành ESG (Environmental - Social - Governance) tại doanh nghiệp 75 Nguyễn Thị Ngọc Mai
Trần Thị Hằng

Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến thu nhập của người lao động tại các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương 83 Nguyễn Thị Huệ

Thực trạng chuyển đổi số ngành ngân hàng tại Việt Nam 89 Lương Thị Hoa

LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Tổng hợp, nghiên cứu tính chất quang học và độ bền của tế bào năng lượng mặt trời dựa trên vật liệu cluster và perovskite 96 Phạm Thị Điệp

NGÀNH GIÁO DỤC

Nâng cao chất lượng dạy học các học phần thực hành cho sinh viên khối ngành kỹ thuật tại Trường Đại học Sao Đỏ 104 Phạm Thị Hường
Nguyễn Thị Phương Oanh
Nguyễn Thị Hồng Nhung

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

Tư tưởng Hồ Chí Minh về sử dụng trí thức yêu nước của xã hội cũ phục vụ sự nghiệp kháng chiến, kiến quốc - sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam trong thời kỳ đổi mới đất nước 111 Phạm Văn Dự
Vũ Văn Chương

Vận dụng tư tưởng Hồ Chí Minh về văn hóa vào xây dựng lối sống văn hóa cho sinh viên Việt Nam hiện nay 117 Phùng Thị Lý

Sự vận dụng tư tưởng Hồ Chí Minh về giáo dục của Đảng trong đổi mới giáo dục đại học ở Việt Nam hiện nay 123 Nguyễn Thị Hải Hà

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- Application of quantum computation models and one-versus-all approach to implement multi-class pattern recognition solutions 5 Tran Hoai Linh
- Application of image processing and faster R-CNN network model in error diagnosis system for mechanical product components 12 Do Van Dinh
Pham Van Nam
Nguyen Van Thanh
Nguyen Huy Nam
Nguyen Van Dung
- Using deep learning for rice leaf diseases detection using YOLOv5 19 Trinh Cong Dong
Mac Tuan Anh
Giap Dang Khanh
Nguyen Thanh Huong
Nguyen Trong Cac
Bui Dang Thanh
- Effectiveness research replacement of explosion – proof ventilation fan asynchronous motor 3 phase by line-start permanent magnet synchronous motor 24 Tran Huu Phuc
Tran Thanh Tuyen
Tran Huu Phan
Nguyen Trong Cac

TITLE FOR INFORMATION TECHNOLOGY

- Classify potential users of online learning system vuihoc 29 Hoang Thi Ngoc Diep
Tran Duy Khanh
Pham Huy Hoang
Tran Dinh Khang

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- Study on the effect of cutting mode to rough surface when machining copper - chromium alloy materials (C18150) on high speed CNC milling machines 37 Mac Van Giang
- Application of digital simulation combined with Synchronous technology in designing and optimizing of the Cam mechanism 44 Nguyen Van Hinh
Mac Van Giang
- Study aerodynamics on the car 50 Do Tien Quyet
Nguyen Luong Can
Le Duc Thang
- Determination of optimal sewing technology parameters for seam 301 from the point of view of minimizing slip on silk fabrics 55 Nguyen Thi Hien
Ta Van Hien
Do Thi Tan

TITLE FOR MATHEMATICS

Convolution operator properties of the Fourier cosine transform and the Laplace 61 Nguyen Kieu Hien

TITLE FOR ECONOMICS

Social security policy for Vietnamese farmers, experience from China 67 Pham Thi Hong Hoa
Nguyen Minh Tuan

Solutions to promote ESG (Environmental - Social - Governance) practice at Enterprises 75 Nguyen Thi Ngoc Mai
Tran Thi Hang

Research on factors affecting the income of workers in industrial zones in Hai Duong province 83 Nguyen Thi Hue

The current situation of digital transformation of the banking industry in Vietnam 89 Luong Thi Hoa

TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY

Synthesis and study of optical properties, durability of solar cells based on cluster and perovskite materials 96 Pham Thi Diep

TITLE FOR EDUCATION

Improving the quality of teaching and learning practical modules for engineering students at Sao Do University 104 Pham Thi Huong
Nguyen Thi Phuong Oanh
Nguyen Thi Hong Nhung

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

Ho Chi Minh's thought on using patriotic intellectuals of the old society to serve the cause of resistance war and national construction - the application of the Communist Party of Vietnam in the period of national renewal 111 Pham Van Du
Vu Van Chuong

Applying Ho Chi Minh's thought on culture to build a cultural lifestyle for Vietnamese students today 117 Phung Thi Ly

The application of Ho Chi Minh's thought on education by the Party in the reform of higher education in Vietnam today 123 Nguyen Thi Hai Ha

Ứng dụng xử lý ảnh và mô hình faster R-CNN trong hệ thống chẩn đoán lỗi chi tiết sản phẩm cơ khí

Application of image processing and faster R-CNN network model in error diagnosis system for mechanical product components

Đỗ Văn Đình^{1*}, Phạm Văn Nam², Nguyễn Văn Thành²,
Nguyễn Huy Nam², Nguyễn Văn Dũng²

*Tác giả liên hệ: dodinh75@gmail.com

¹Trường Đại học Sao Đỏ

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Ngày nhận bài: 26/3/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 16/6/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/6/2023

Tóm tắt

Học máy, thị giác máy tính, ngày càng được áp dụng rộng rãi trong nhận dạng lỗi các sản phẩm trong nhiều lĩnh vực công nghiệp, nông nghiệp,... làm tăng hiệu quả, độ chính xác và giảm chi phí nhân công. Nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng xử lý ảnh bằng ứng dụng thư viện OpenCV, kết hợp học máy dựa trên mô hình FASTER R-CNN để xác định lỗi bề mặt, kích thước vòng bi. So với các nghiên cứu trước đây, nghiên cứu này chú trọng xác định các bán kính của vòng bi cùng với sai lệch 0,02 mm, các nghiên cứu trước chủ yếu đo các vật thể dạng hộp, hoặc chỉ xác định một bán kính ngoài vật thể. Mô hình FASTER R-CNN trong bài báo này đã xác định được các vòng bi lỗi với độ chính xác 98%, đồng thời kết quả nhận dạng từ mạng này cũng chính xác hơn các mô hình khác như YOLO, SSD...

Từ khóa: OpenCV; thị giác máy tính; chi tiết cơ khí; mạng nơ-ron tích chập.

Abstract

Computer Vision and Machine Learning are increasingly being applied in detecting product defects across various industries such as industrial and agricultural, leading to increased efficiency, accuracy, and reduced labor costs. In this study, we utilized image processing algorithms with OpenCV library, combined with deep learning model FASTER R-CNN to identify bearing faults. Unlike previous studies that mainly focused on measuring box-shaped objects or only identifying the outer radius of an object, our study emphasizes identifying the radii of bearings along with a deviation of 0.02 mm. The proposed FASTER R-CNN model to accurately identify faulty bearings with a precision of 98%. Through our research and experimentation, we have also found that the CNN model is more accurate in detection than other models such as YOLO and SSD.

Keywords: OpenCV; computer vision; mechanical product details; convolutional neural networks (CNN).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một dây chuyền sản xuất trong một giờ có thể liên tục sản xuất ra hàng trăm, hàng ngàn sản phẩm tùy chủng loại. Tuy nhiên, mọi thành phẩm đầu ra không thể hoàn hảo 100% mà chắc chắn sẽ có những sản phẩm lỗi. Khâu kiểm tra cuối cùng trước khi đóng sản phẩm vào hộp, thường do công nhân thực hiện, nên sẽ rất tốn thời gian. Do đó, để tiết kiệm thời gian, tăng độ chính xác, những năm gần đây nhiều nhà máy sản xuất đã ứng dụng của công nghệ thị giác máy để giải quyết vấn đề này.

Do có nhu cầu thực tế cao, nên rất nhiều các nghiên cứu, các công ty công nghệ sản xuất máy đã tích hợp thêm công nghệ xử lý ảnh (một số còn gọi là đo lường

không tiếp xúc). Ví dụ như là ứng dụng để đo kích thước các chi tiết có kích thước nhỏ [1], xác định các lỗi về đường ray xe lửa (như tằm buộc, chốt, neo và bu lông, xác định khuyết tật, phân tích mức độ nghiêm trọng của khuyết tật và phân tích tình trạng thời gian cũng như đánh giá dự đoán dài hạn) [2], xác định các lỗi về kết cấu mặt đường, kiểm tra an toàn cho các kết cấu cao tầng, hình ảnh được thu thập từ máy bay UAV [3], kiểm tra chất lượng đường ống, các vết laser xuất hiện trên bề mặt bên trong của đường ống tiết lộ hình dạng của đường ống. Hình dạng 3D của đường ống có thể được tái tạo xem xét chuyển động của robot di động dọc theo đường ống [4].

Hiện nay, nhiều ứng dụng sử dụng công nghệ thị giác máy đã được phát triển trong các lĩnh vực nông nghiệp, chẳng hạn như viễn thám trên đất liền và trên không đối với khu vực tự nhiên đánh giá nguồn lực, canh tác chính xác, chất lượng và an toàn sản phẩm sau thu

Người phản biện: 1. PGS.TSKH. Trần Hoài Linh
2. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

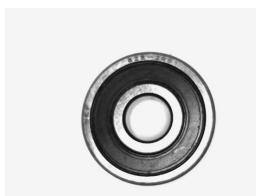
hoạch phát hiện, phân loại và sắp xếp, và tự động hóa quy trình. Điều này có thể thực hiện được do hệ thống thị giác máy không chỉ nhận dạng kích thước, hình dạng, màu sắc và kết cấu của các đối tượng, mà còn phân tích và đánh giá được các giá trị thuộc tính của các đối tượng hoặc cảnh được chụp [5]. Công nghệ xử lý ảnh và AI cũng được ứng dụng trong lĩnh vực y tế, chuẩn đoán bệnh qua hình ảnh [6, 7]. Có thể nhắc tới thêm một số lĩnh vực đã áp dụng ứng dụng công nghệ thị giác máy tính và AI trong công nghiệp hiện nay như máy phát hiện lỗi chi tiết cơ khí, chạy trên băng tải [13], hay hệ thống kiểm tra phanh đĩa ô tô [15]. Các hệ thống này sử dụng camera của hãng Cognex và đầu đọc mã vạch được sử dụng để cải thiện chất lượng nhận dạng và giảm chi phí nhân công.



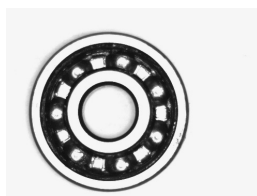
Hình 1. Máy phát hiện lỗi trên bề mặt sản phẩm cơ khí chạy trên băng tải

Đối với lĩnh vực sản xuất cơ khí (như các nhà máy phụ trợ sản xuất linh kiện cho ô tô, xe máy, hay sản xuất máy móc đòi hỏi độ chính xác cao...), hay trong lĩnh vực chế tạo máy, lắp ráp nói chung, chi tiết cơ khí như vòng bi, trục vít, đồ gá jig,... cần được kiểm định chất lượng về nhiều thông số, trong đó việc xác định kích thước và lỗi bề mặt chi tiết là phổ biến và quan trọng nhất.

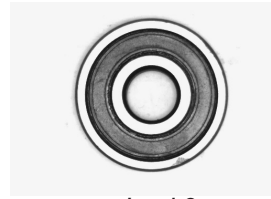
Đối tượng nghiên cứu trong bài báo này là vòng bi, vì đây là một chi tiết cơ khí quan trọng trong nhiều ứng dụng công nghiệp. Chúng được sử dụng để giảm ma sát và hỗ trợ quay cho các trục xoay trong các máy móc và thiết bị khác nhau. Để đảm bảo chất lượng của vòng bi tròn trước khi đưa ra thị trường, quy trình kiểm tra chất lượng thông thường qua nhiều bước như: Kiểm tra chất liệu, mài mòn, bôi trơn, tải trọng, độ bền.... Trong đó, có khâu kiểm tra kích thước và hình dạng, cụ thể vòng bi tròn phải tuân thủ các thông số kỹ thuật được quy định, bao gồm đường kính, độ chính xác hình dạng, bề mặt....



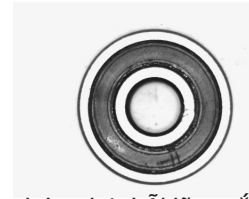
a. Loại 1: Bình thường



b. Loại 2: Lỗi chưa đóng nắp bi



c. Loại 3: Lỗi vết xước/mê cạnh



d. Loại 4: Lỗi lõm nắp bi

Hình 2. Hình ảnh vòng bi và một số lỗi cơ bản

Mục tiêu nghiên cứu cụ thể của bài báo: Xây dựng giải pháp phân tích hình ảnh để phân sản phẩm vòng bi thành 2 loại: Đạt và không đạt, cụ thể như sau:

(1) Về kích thước, yêu cầu đo kích thước của 2 mặt trên và dưới cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đường kính trong: Kích thước tiêu chuẩn 10 mm, yêu cầu dung sai $\pm 0,02$ mm;

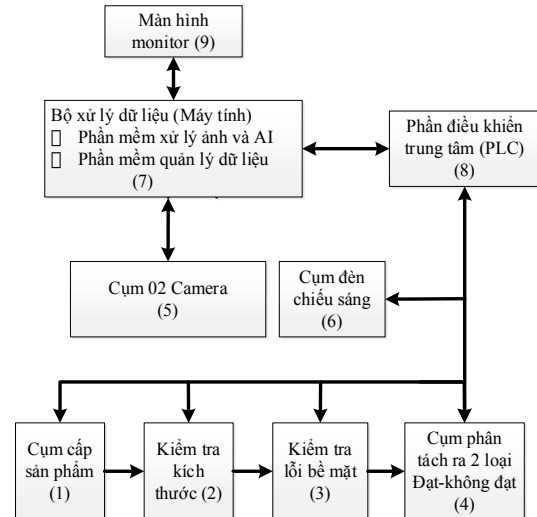
- Đường kính ngoài: Kích thước tiêu chuẩn 24 mm, yêu cầu dung sai $\pm 0,02$ mm, kiểm tra 2 mặt trên và dưới.

(2) Lỗi bề mặt, sản phẩm không đạt khi gặp 1 trong các lỗi như miêu tả trong Hình 2.

2. XÂY DỰNG VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

2.1. Đề xuất phương án

Xuất phát từ các mục tiêu trên, bài báo đề xuất sơ đồ công nghệ của hệ thống nhận dạng sản phẩm lỗi như sau:



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống nhận dạng và phân loại lỗi tự động

a. Nguyên lý hoạt động

Đầu tiên, sản phẩm từ thùng chứa được cho vào bộ phân cấp sản phẩm (1). Sản phẩm được đẩy vào khu kiểm tra kích thước (2) và kiểm tra lỗi bề mặt sản phẩm (3) bằng cụm camera (5) gồm 02 camera kiểm tra lần lượt hai mặt trên và dưới của sản phẩm: khâu này kiểm tra được lỗi về kích thước đường kính trong, đường kính ngoài và các lỗi bề mặt của sản phẩm.

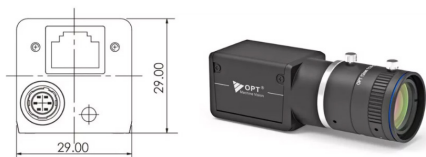
Để đảm bảo chất lượng ảnh tốt, cần có hệ thống chiếu sáng nền (6). Sản phẩm sau khi đi qua hai công đoạn

kiểm tra (2 và 3), phần mềm xử lý dữ liệu tự động sử dụng phối hợp công nghệ xử lý ảnh và AI trên máy tính (7) để đưa ra kết quả phân loại là đạt và không đạt.

Toàn bộ quá trình thực hiện được hiển thị trên giao diện màn hình monitor (9), kết quả được truyền đến bộ điều khiển trung tâm (8) để điều khiển các cơ cấp chấp hành (4) để đẩy sản phẩm không đạt ra bên ngoài băng tải.

b. Lựa chọn Camera

Ở đây để đảm bảo kết quả đo lường kích thước vòng bi có sai số 0,02mm và có chất lượng hình ảnh tốt để xử lý ảnh để dàng ta dùng Camera có độ phân giải 4K (3840x2748), nên chọn Camera OPT-CM1000-GL-04 sử dụng trong khối Lấy mẫu.



Hình 4. Camera OPT-CM1000-GL-04

Bảng 1. Thông số Camera OPT-CM1000-GL-04

Độ phân giải	3840x2748
Diện tích điểm ảnh(μm ³)	0.185x0.185
Loại Cảm biến	CMOS Rolling
Sensor	MT9J003
Tốc độ khung hình (FPS)	9
Kiểu truyền thông	Ethernet
Thời gian chụp	143μs-1s
Màu sắc ảnh	Mono

Nội dung tiếp theo của bài báo sẽ giới thiệu phần mềm để đo kích thước và nhận dạng lỗi bề mặt sản phẩm... ứng dụng thư viện OpenCV và mô hình Faster R- CNN.

2.2. Xây dựng phần mềm

2.2.1. Phương pháp xác định kích thước

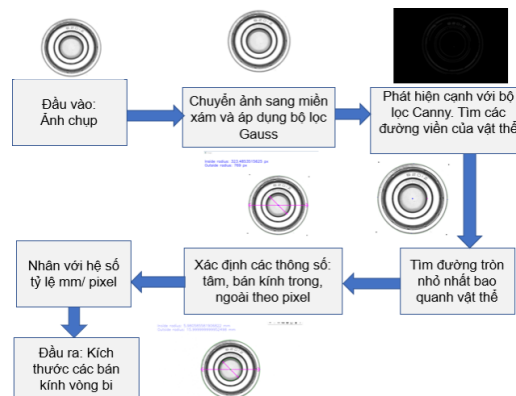
Các nghiên cứu [6, 7] đã chỉ ra phương pháp đo kích thước cho các vật thể dựa vào hình chữ nhật nhỏ nhất bao quanh vật, và chỉ đo phần kích thước ngoài cùng vật thể. Các nghiên cứu trước áp dụng xử lý ảnh để xác định kích thước chủ yếu dạng hình hộp, hoặc chỉ đo thông số bán kính ngoài mà chưa áp dụng cho đối tượng cơ khí dạng phức tạp, như vòng bi. Từ những cơ sở của các nghiên cứu trước, chúng tôi đưa ra phương pháp xác định các bán kính của vòng bi cơ khí và sử dụng phương pháp đường tròn nhỏ nhất bao quanh vật thể, cũng như xác định thông qua các điểm nhị phân ảnh.

Để thực hiện việc đo đặc bán kính, các số liệu liên quan đến khoảng cách trong bài báo cần sử dụng OpenCV, một thư viện của Python để hỗ trợ đo kích

thước, khoảng cách. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp vật tham chiếu.

Phương pháp này được thực hiện như sau: Đầu tiên, chúng tôi lựa chọn một đối tượng chuẩn đã biết kích thước gọi là “Vật tham chiếu”. Đối tượng chuẩn này có hình dạng tương đồng với hình dạng của đối tượng cần đo về hình dạng, kết cấu để dễ dàng hơn trong việc tính toán. Vật tham chiếu được dùng trong nghiên cứu có dạng trụ tròn được chụp góc từ phía trên xuống, có bán kính đo được $R = 16,002\text{mm}$. Bước tiếp theo, tiến hành chụp vật tham chiếu ở độ cao $h = 18\text{cm}$ cố định cho trước, cường độ ánh sáng đủ. Sau đó, sử dụng thuật toán tách đối tượng, xác định bán kính của vật tham chiếu là $R_c = 769\text{px}$ (pixel) mm, suy ra kích thước thật của 1 pixel là $\frac{16,002}{769}\text{mm}$ (gọi là hệ số tỷ lệ mm/ px).

Để thực hiện với xác định đúng các bán kính vòng bi, chúng tôi đã xử lý quy trình như sau:



Hình 5. Quy trình xử lý ảnh để xác định kích thước vòng bi

Ở trong nghiên cứu này, việc chuyển ảnh từ không gian màu BGR sang không gian màu xám (grayscale) bằng hàm `cv2.cvtColor (image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)` nhằm giảm kích thước ảnh và quá trình tính toán. Bộ lọc Gauss, hàm `cv2.GaussianBlur()` giúp làm mờ ảnh, loại bỏ nhiễu trên ảnh cùng với đó làm mờ các chi tiết thừa.

Áp dụng bộ lọc Canny để phát hiện cạnh liền của vật thể trong ảnh bằng hàm `cv2.Canny()`. Những đường viền của vật thể được tìm bằng hàm `cv2.findContours()`.

Sau khi có các đường viền, việc lọc các đường viền để tìm đường viền lớn nhất và chọn đường viền đó để xác định kích thước vật thể. Từ đường viền đó, xác định tâm vòng bi và tính toán các bán kính. Tiếp đó, tính toán kích thước vật thể trong ảnh dựa vào tỷ lệ mm trên điểm ảnh, số P (rate). Hiển thị kết quả hoặc lưu kết quả vào file để sử dụng sau này. Cuối cùng, tiến hành chụp ảnh nhân bán kính đo được ở đơn vị pixel với số P là sẽ ra kích thước thật của vật.

2.2.2. Mô hình Faster R-CNN

Các kết quả trong [10] đã chỉ ra rằng độ chính xác Faster R-CNN cao hơn so với các mô hình khác. Qua quá trình nghiên cứu trên, nhóm tác giả nhận thấy

các mô hình YOLOv3, YOLOv4, hay SSD có tốc độ xử lý nhanh. Tuy nhiên, các mô hình đó có độ chính xác không cao bằng mô hình Faster R-CNN. Cùng với đó, Faster R-CNN thể hiện khả năng phát hiện vật thể trong điều kiện ánh sáng tối, các chi tiết có kích thước nhỏ vượt trội hơn các mô hình còn lại. Do đó, chúng tôi lựa chọn mô hình Faster R-CNN cho phát hiện các lỗi với kích thước nhỏ của vòng bi.

Faster R-CNN là mô hình tốt nhất của họ các mạng R-CNN, được công bố đầu tiên vào năm 2015. Phiên bản đầu tiên của Faster R-CNN là R-CNN, với nguyên lý đơn giản. Faster R-CNN sử dụng một mạng CNN để trích xuất feature map và một Region Proposal Network (RPN) để tạo ra các vùng quan tâm cao (region proposals). Sau đó sử dụng CNN để trích chọn đặc tính từ các vùng quan tâm cao đó. Faster R-CNN có nhiều ưu điểm như tốc độ xử lý nhanh hơn so với các thuật toán cùng họ phát hiện đối tượng khác, độ chính xác cao và phát hiện được nhiều đối tượng khác nhau trong cùng một hình ảnh.

Mô hình bao gồm các giai đoạn sau:

- Mạng đề xuất vùng (RPN): Giai đoạn này tạo ra một tập hợp các hộp giới hạn ứng viên cho đối tượng. Nó nhận một hình ảnh đầu vào và tạo ra một tập các đề xuất hình chữ nhật, mỗi đề xuất có điểm số về tính đối tượng. Những đề xuất này được chuyển sang giai đoạn tiếp theo để xử lý tiếp.

- Trích xuất đặc trưng: Các vùng được đề xuất từ giai đoạn trước được sử dụng để trích xuất đặc trưng từ hình ảnh bằng một mạng nơron tích chập (CNN). Trong Faster R-CNN, CNN này có thể được huấn luyện trước trên một tập dữ liệu lớn như ImageNet.

- Rol Pooling: Các bản đồ đặc trưng đầu ra từ giai đoạn trước được sử dụng để gom nhóm các đặc trưng cho mỗi vùng được đề xuất thành một bản đồ đặc trưng có kích thước cố định. Quá trình này được gọi là Rol Pooling.

- Phân loại và dự đoán: Cuối cùng, các bản đồ đặc trưng đã được gom nhóm từ Rol Pooling được đưa vào một mạng nơron đầy đủ kết nối để phân loại đối tượng và ước tính các hộp giới hạn cuối cùng cho các đối tượng được phát hiện trong hình ảnh ban đầu.

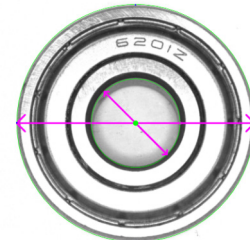
Qua các giai đoạn trên, Faster R-CNN đã cho thấy hiệu quả cao trong việc phát hiện và định vị đối tượng trên các tập dữ liệu kiểm tra phổ biến như PASCAL, VOC và COCO.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả xác định kích thước vật thể

Kết quả xác định kích thước vật thể chính xác với sai số $e = \pm 0,02\text{mm}$. Kết quả này cho thấy tiềm năng của việc áp dụng công nghệ xử lý ảnh trong các ứng dụng công nghiệp để nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm thiểu lỗi trong quá trình sản xuất.

Inside radius: 5.980585581906822 mm
Outside radius: 15.999999999952498 mm



Hình 6. Kết quả xác định kích thước

Ngoài ra, kết quả đo được còn phụ thuộc khoảng cách từ camera đến vòng bi, tạm gọi là h , được thống kê dưới dạng bảng sau:

Bảng 2. Các số liệu một số lần đo với chiều cao h khác nhau

Bán kính ngoài thực tế: 16.002 mm	$h=13$ cm	$h=15$ cm	$h=18$ cm	$h=20$ cm	$h=23$ cm
Bán kính ngoài đo được ở dạng pixel	929	916	769	676	568
Hệ số tỷ lệ mm/px	0.017	0.017	0.021	0.024	0.028

Từ các số liệu trên, thu được hàm quan hệ giữa khoảng cách từ camera đến vòng bi, ký hiệu là h với hệ số tỷ lệ mm/pixel bằng phương pháp Lagrange:

$$L(x) = \frac{-1}{840}h^4 + \frac{19}{420}h^3 - \frac{13}{140}h^2 + \frac{1883}{210}h - \frac{3191}{420} \quad (14)$$

Trong đó: $L(x)$ là hệ số tỷ lệ mm/pixel;
 h là khoảng cách từ camera đến vòng bi.

3.2. Kết quả nhận dạng đối tượng

Việc áp dụng mô hình mạng CNN vào việc xác định lỗi bề mặt sản phẩm cơ khí gồm các phần:

Đầu tiên, chúng tôi tiến hành thu thập các hình ảnh của vòng bi từ nhiều góc độ khác nhau. Sau đó, chúng tôi sử dụng các trang chuyên dụng: Roboflow.com để xử lý ảnh và tạo dataset với các nhãn: "Good" cho sản phẩm đạt, "Scratch error" cho lỗi xước, "Rusty error" cho lỗi han, gỉ và "Other error" với các lỗi khác.

Tiếp theo, các hình ảnh này được đưa vào mô hình mạng Faster R-CNN để huấn luyện và kiểm tra kết quả.

Mô hình sẽ tự động phát hiện các đặc trưng trên bề mặt chi tiết sản phẩm cơ khí, như lỗ, nứt, vết trầy xước, và đánh dấu chúng là các lỗi. Khi phát hiện được lỗi, mô hình sẽ tự động đưa ra kết luận về tình trạng của sản phẩm, từ đó giúp cho quá trình bảo trì và sửa chữa trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn. Phương pháp xác định lỗi bề mặt bằng mô hình mạng CNN là một phương pháp tiên tiến và hiệu quả trong việc chẩn đoán lỗi sản phẩm cơ khí. Nó mang lại nhiều lợi ích cho ngành công nghiệp cơ khí, giúp tăng cường chất lượng sản phẩm và tối ưu hóa quá trình sản xuất.

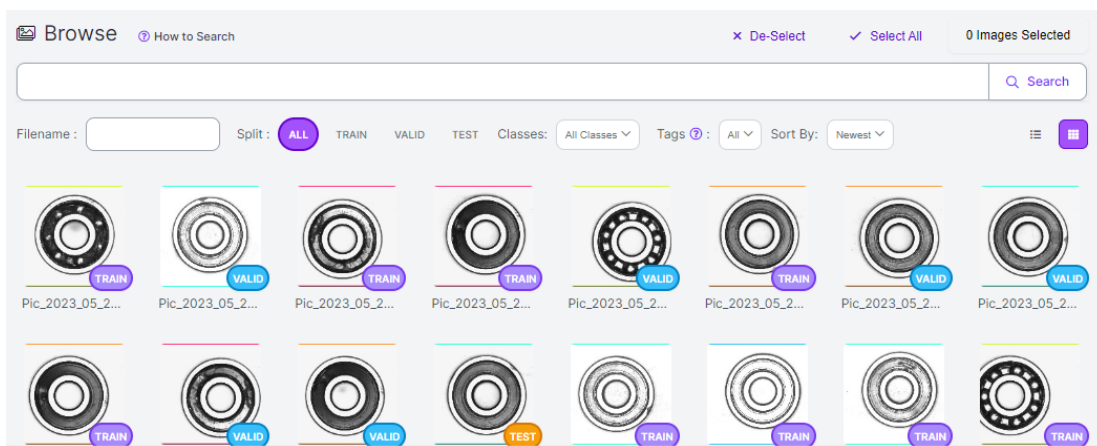


Hình 7. Ảnh sau khi xử lý, gán nhãn

Việc áp dụng mô hình mạng CNN vào việc xác định lỗi bề mặt sản phẩm cơ khí gồm các phần:

Đầu tiên, chúng tôi tiến hành thu thập các hình ảnh của vòng bi từ nhiều góc độ khác nhau. Sau đó, chúng tôi

sử dụng các trang chuyên dụng: Roboflow.com để xử lý ảnh và tạo dataset với các nhãn: “OK” cho sản phẩm đạt, “NG-1” cho lỗi chưa đóng nắp, “NG-2” cho lỗi đóng ngược nắp, “NG-3” cho lỗi lõm và “NG-4” với lỗi xước.

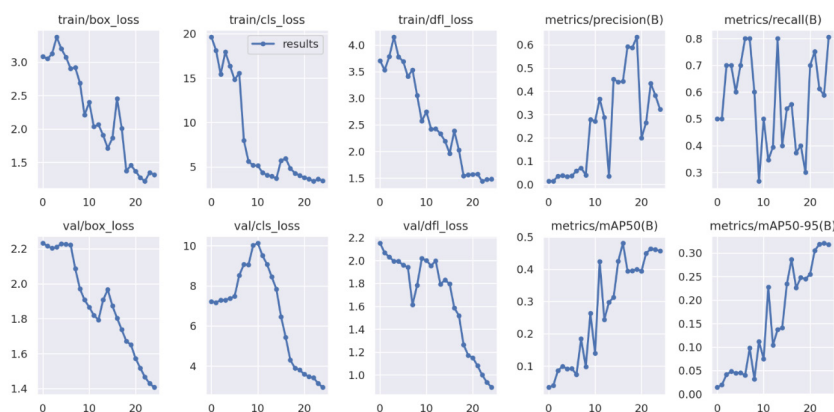


Hình 8. Ảnh sau khi xử lý, gán nhãn

Tiếp theo, các hình ảnh này được đưa vào mô hình mạng Faster R-CNN để huấn luyện và kiểm tra kết quả.

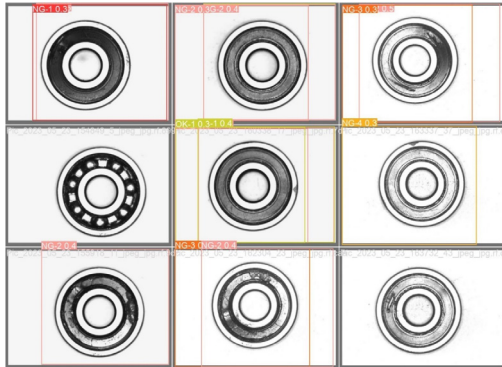
Mô hình sẽ tự động phát hiện các đặc trưng trên bề mặt chi tiết sản phẩm cơ khí, như lỗ, nứt, vết trầy xước và đánh dấu chúng là các lỗi. Khi phát hiện được lỗi, mô hình sẽ tự động đưa ra kết luận về tình trạng của sản

phẩm, từ đó giúp cho quá trình bảo trì và sửa chữa trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn. Phương pháp xác định lỗi bề mặt bằng mô hình mạng CNN là một phương pháp tiên tiến và hiệu quả trong việc chẩn đoán lỗi sản phẩm cơ khí. Nó mang lại nhiều lợi ích cho ngành công nghiệp cơ khí, giúp tăng cường chất lượng sản phẩm và tối ưu hóa quá trình sản xuất.



Hình 9. Đồ thị đánh giá quá trình huấn luyện mô hình

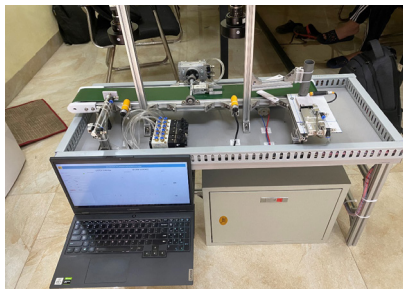
Kết quả nhận dạng đối tượng cho nghiên cứu với đối tượng là vòng bi cho thấy rằng mô hình mạng Faster R- CNN có thể nhận dạng chính xác các lỗi chi tiết trên vòng bi. Các lỗi như nứt, trầy xước, và lệch kích thước đều được phát hiện và phân loại một cách chính xác. Điều này cho thấy tiềm năng lớn của việc áp dụng mô hình mạng Faster R- CNN trong việc chẩn đoán lỗi chi tiết sản phẩm cơ khí.



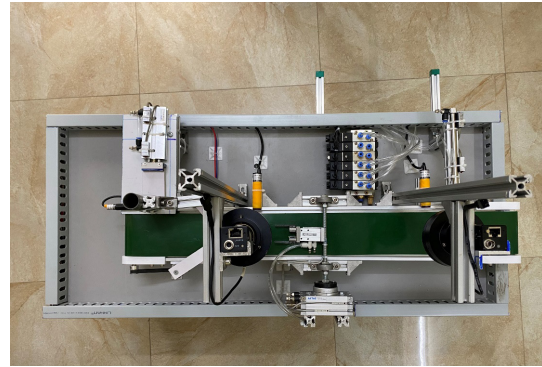
Hình 10. Kết quả thử nghiệm

4.3. Kết quả xây dựng mô hình thử nghiệm

Giới thiệu một số hình ảnh của mô hình thực nghiệm:



Hình 11. Hình ảnh tổng quan mô hình

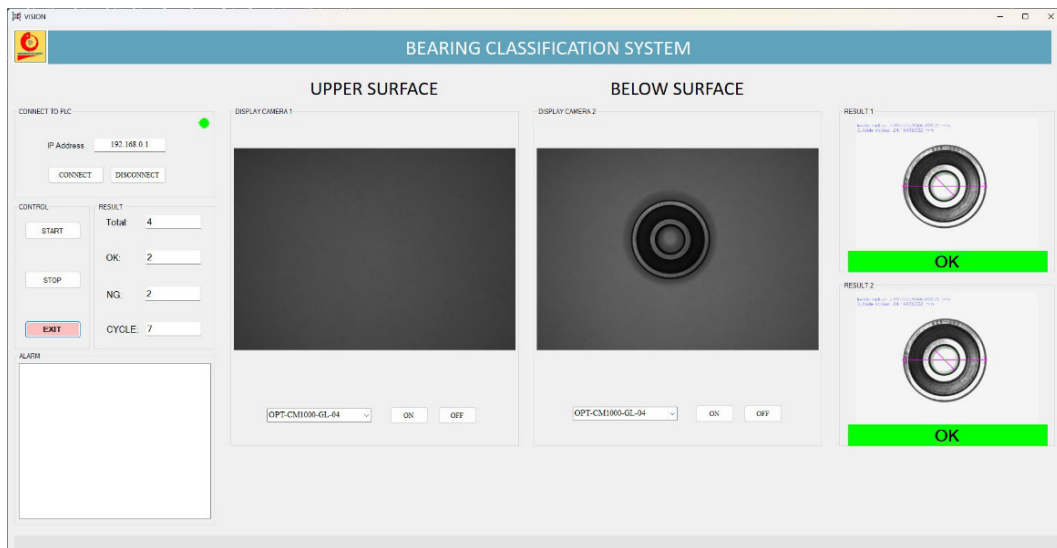


Hình 12. Hình ảnh mô hình từ bên trên



Hình 13. Cụm Lật hoạt động

Khối Giám sát sử dụng phần mềm Microsoft Visual Studio để thiết kế giao diện điều khiển trên Winform – C#. Khối Xử lý ảnh sử dụng Microsoft Visual Studio Code để xử lý ảnh bằng ngôn ngữ lập trình Python.



Hình 14. Giao diện giám sát trên máy tính

4. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu đã giới thiệu về việc ứng dụng xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo trong hệ thống chẩn đoán lỗi các chi tiết sản phẩm cơ khí. Sử dụng mạng nơon tích chập (CNN) và các kỹ thuật xử lý ảnh, chúng tôi

đã thành công trong việc phát hiện và phân loại các lỗi bề mặt như xước, chưa mài, hỏng, đồng thời xác định kích thước sản phẩm. Phương pháp được triển khai bằng ngôn ngữ lập trình Python, đạt kết quả khả quan và thể hiện tiềm năng ứng dụng trong thực tế.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, chúng tôi đưa ra các khuyến nghị sau:

- Tiếp tục nghiên cứu và phát triển các phương pháp nâng cao hiệu suất của mô hình, đặc biệt là trong việc phát hiện các lỗi bề mặt có độ tương tự cao hoặc kích thước nhỏ.

- Mở rộng ứng dụng của phương pháp cho các loại sản phẩm cơ khí khác, không chỉ giới hạn ở các chi tiết cơ khí đã được nghiên cứu trong bài báo.

- Hợp tác với các nhà sản xuất và chuyên gia ngành cơ khí để nắm bắt nhu cầu thực tế, điều chỉnh và cải tiến mô hình phù hợp với từng loại sản phẩm và môi trường sản xuất cụ thể.

Bằng việc áp dụng những khuyến nghị trên, chúng tôi tin rằng hệ thống chẩn đoán lỗi và xác định kích thước sản phẩm cơ khí sử dụng trí tuệ nhân tạo và xử lý ảnh sẽ tiếp tục được phát triển và ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực sản xuất và kiểm tra chất lượng sản phẩm. Điều này sẽ giúp nâng cao hiệu quả và độ chính xác trong quá trình sản xuất, đồng thời giảm thiểu lỗi sản phẩm, tăng cường độ tin cậy và uy tín của nhà sản xuất.

Trong kết luận này, chúng tôi mong muốn rằng bài báo nghiên cứu của chúng tôi sẽ làm nổi bật tiềm năng của mô hình mạng CNN và xử lý ảnh trong việc giải quyết các vấn đề thực tế và khuyến khích các nhà nghiên cứu, doanh nghiệp và chính phủ đầu tư vào nghiên cứu và ứng dụng những công nghệ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Li, Z., Li, B., & Li, J. (2020), *An Intelligent Method for Surface Defect Detection of Mechanical Parts Based on Deep Learning*, IEEE Access, 8, 37690-37699.

[2]. Singh, A., Verma, A. K., & Singh, A. (2020), *Deep learning based fault diagnosis of mechanical systems: a review*, Journal of Intelligent Manufacturing, 31(1), 1-26.

[3]. Liu, Y., Zhang, Y., & Shu, L. (2021), *A defect detection method for mechanical parts based on improved deep convolutional neural network*, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 41(2), 2263-2272.

[4]. Ma, T., Wang, Q., & Liu, H. (2021), *A new intelligent recognition system for surface defects of mechanical parts based on deep learning*, Measurement, 176, 108390.

[5]. Wei, Q., & Fan, J. (2019), *A defect detection method of mechanical parts based on deep convolutional neural network*, Journal of Physics: Conference Series, 1234(1).

[6]. Othman, Nashwan & Salur, Mehmet & Karakose, Mehmet & Aydin, Ilhan. (2018), *An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size*, 10.1109/IDAP.2018.8620812.

[7]. I. B. Mustafa and S. F. B. M. Khairul (2017), *Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Raspberry Pi*, 2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS), Melaka, Malaysia, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICORAS.2017.8308068.

[8]. S. Albawi, T. A. Mohammed and S. Al-Zawi (2017), *Understanding of a convolutional neural network*, 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), Antalya, Turkey, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186.

[9]. Youzi Xiao, Zhiqiang Tian, Jiachen Yu, Yinshu Zhang, Shuai Liu, Shaoyi Du & Xuguang Lan (2020), *A review of object detection based on deep learning*, SpringerLink.

[10]. Adel Ammar, A. Koubâa (2019), *Aerial Images Processing for Car Detection using Convolutional Neural Networks: Comparison between Faster R-CNN and YoloV3*.

[11]. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle (2009), *Image processing, analysis, and machine vision (Cited by: 4579) [J]*, J Electron Imaging xix(82), 685-686 .

[12]. D. Michael (1999), *Machine Vision Methods for Identifying Extrema of Objects in Rotated Reference Frames[J]*.

[13]. Y. Chen (2015), *Machine vision inspection technology in industrial applications detection[J]*, Electronic Test. 18:79-80.

[14]. Carlos Calderon-Cordova, María Guajala, Rodrigo Barba, et al (2016), *Design of a Machine Vision Applied to Educational Board Game[C]*, International Conference on Information Technology and Science.

[15]. <https://www.cognex.com/applications/return-on-investment-eliminate-defects>, truy cập ngày 15/01/2023

[16]. <https://www.cognex.com/applications/products-in-action/disc-brake-inspection>, truy cập ngày 20/01/2023

[17]. <https://www.cognex.com/applications/products-in-action/medical-device-inspection>, truy cập ngày 22/01/2023

AUTHORS INFORMATION

Do Van Dinh^{1*}, Pham Van Nam², Nguyen Van Thanh², Nguyen Huy Nam², Nguyen Van Dung²

*Corresponding Author: dodinh75@gmail.com

¹Sao Do University;

²Hanoi University of Industry.