



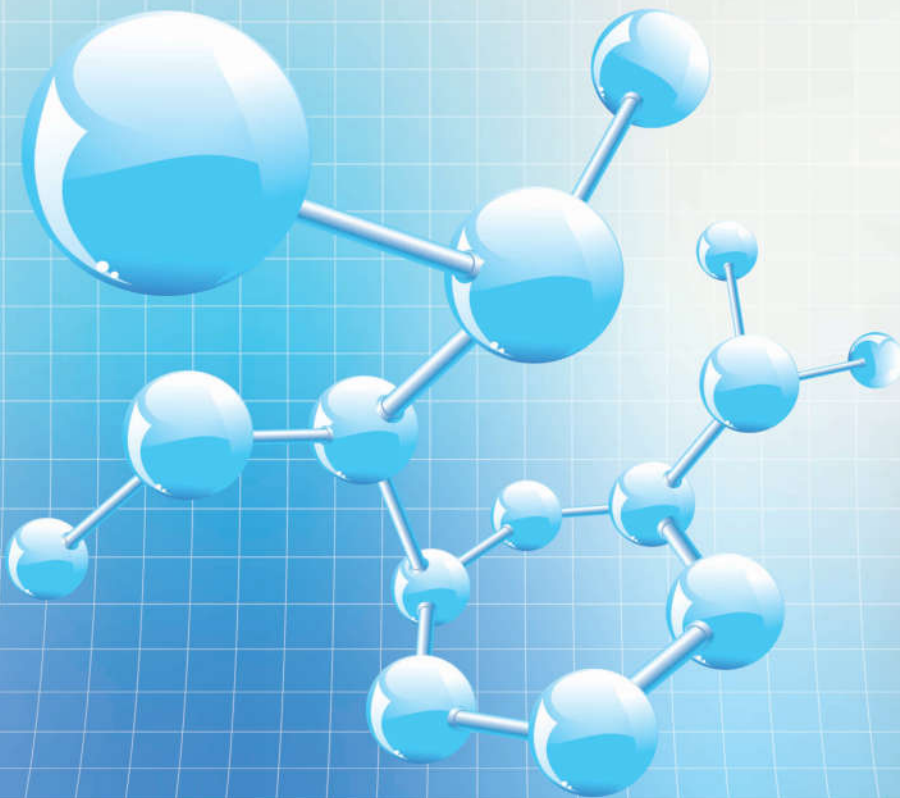
**Tạp chí**

# **NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

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



**Số 1 (88)**  
**2025**

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

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đình

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

**TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng**

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liên

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. Banh Tien 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. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van 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](mailto: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**

- Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của các mạng nhân tạo học sâu trong nhận dạng các tín hiệu ra-đa 5 Vũ Xuân Tùng
- Ứng dụng thuật toán tìm kiếm hấp dẫn mờ để tối ưu tham số cho mạng CNN trong nhận dạng 10 Nguyễn Thị Quyên  
Nguyễn Thị Phương  
Nguyễn Thị Phương Oanh
- Thiết kế các bộ điều khiển tách kênh cho hệ nhiều vào nhiều ra 17 Nguyễn Thu Hà  
Đinh Thị Lan Anh  
Cao Thành Trung  
Chu Đức Việt  
Nguyễn Đức Quang
- So sánh hiệu suất giữa bộ lọc FIR và LMS trong xử lý nhiễu tín hiệu điện não đồ EEG 24 Nguyễn Xuân Kiên  
Bùi Phương Thảo  
Đỗ Văn Đình

**LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC**

- Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ lái xe đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của ô tô sử dụng số sàn bằng phần mềm Carsim 31 Vũ Thành Trung  
Nguyễn Đình Cường  
Lê Đức Thắng  
Ngô Thị Mỹ Bình
- Nghiên cứu các tham số kích thước ảnh hưởng đến ứng suất của tấm phẳng có lỗ khoét hình tròn 37 Nguyễn Đức Hải  
Nguyễn Văn Hình  
Dương Thị Hà  
Nguyễn Thị Liễu
- Ứng dụng phương pháp phần tử biên trên phần mềm SimSolid phân tích dao động của trục chính máy phay CNC 43 Mạc Văn Giang  
Dương Thị Hà  
Đào Văn Kiên  
Mạc Thị Nguyên  
Trịnh Văn Cường
- Nghiên cứu phương pháp ghép nối thép tấm với thép trụ bằng công nghệ hàn điện trở: Tổng quan - Phần 1 49 Huỳnh Nguyệt Khuyến  
Ngô Hữu Mạnh  
Trần Văn An
- Nghiên cứu ổn định chuyển động của xe khách 16 chỗ trong điều kiện gió ngang 55 Đỗ Tiến Quyết  
Phùng Đức Hải Anh  
Nguyễn Lương Căn

**NGÀNH KINH TẾ**

- Nợ và quản lý nợ nước ngoài tại Việt Nam 60 Nguyễn Minh Tuấn  
Phạm Thị Hồng Hoa
- Ứng dụng công nghệ mới vào hoạt động kế toán quản trị tại các công ty may trên địa bàn tỉnh Hải Dương 68 Vũ Thị Lý
- Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự hài lòng khi mua sắm tại Aeon mall Hà Đông 74 Nguyễn Thị Ngọc Mai
- Giải pháp hoàn thiện tổ chức công tác kế toán môi trường tại các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn tỉnh Hải Dương 80 Vũ Thị Lý  
Lương Thị Hoa  
Vũ Thị Thanh Thủy

**NGÀNH HÓA HỌC - THỰC PHẨM**

- Tối ưu một số điều kiện để sản xuất cây giống Hoàng đàn (*Cupressus torulosa* D. Don) bằng kỹ thuật nhân giống vô tính tại Vườn Quốc gia Hoàng Liên, Lào Cai 86 Vũ Đức Quyền  
Dương Toàn Thắng  
Dương Quyết Chiến  
Nguyễn Văn Sang

**NGÀNH KHOA HỌC GIÁO DỤC**

- Dạy học theo mô hình 5E để phát triển năng lực giải quyết vấn đề công nghệ cho sinh viên ngành Sư phạm Công nghệ 93 Lê Ngọc Hòa  
Trần Duy Khánh

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

- Vai trò của giảng viên lý luận chính trị với nhiệm vụ bảo vệ nền tảng tư tưởng của Đảng, đấu tranh phản bác các quan điểm sai trái, thù địch 99 Nguyễn Thị Nhan  
Phan Hoàng Đức
- Phát triển nông nghiệp bền vững vùng Đồng bằng sông Hồng và những yếu tố tác động 105 Vũ Văn Đông  
Vũ Văn Chương  
Vũ Hồng Phong
- Tư tưởng nhân văn của Hồ Chí Minh và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam hiện nay 111 Đỗ Thị Thùy  
Đặng Thị Dung  
Phạm Thị Mai
- Nâng cao ý thức chính trị của sinh viên Việt Nam trong bối cảnh hiện nay 117 Nguyễn Thị Hiền
- Chuyển đổi số trong giảng dạy các môn Lý luận chính trị ở Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay 123 Phạm Xuân Đức

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

- Research on evaluating the performance of deep learning networks in radar signal recognition 5 Vu Xuan Tung
- Application of fuzzy attractive search algorithm to optimize parameters for CNN network in recognition 10 Nguyen Thi Quyen  
Nguyen Thi Phuong  
Nguyen Thi Phuong Oanh
- Design of decoupling controllers for Multi-Input Multi-Output systems 17 Nguyen Thu Ha  
Dinh Thi Lan Anh  
Cao Thanh Trung  
Chu Duc Viet  
Nguyen Duc Quang
- Performance comparison between FIR and LMS filters in noise processing of EEG signals 24 Nguyen Xuan Kien  
Bui Phuong Thao  
Do Van Dinh

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

- Study on the impact of driving modes on fuel consumption of manual transmission cars using Carsim software 31 Vu Thanh Trung  
Nguyen Dinh Cuong  
Le Duc Thang  
Ngo Thi My Binh
- Investigation of dimensional parameters affecting the stress in plate with circular cut-out 37 Nguyen Duc Hai  
Nguyen Van Hinh  
Duong Thi Ha  
Nguyen Thi Lieu
- Application of the boundary element method on SimSolid software to analyze the vibrations of the CNC milling machine spindle 43 Mac Van Giang  
Duong Thi Ha  
Dao Van Kien  
Mac Thi Nguyen  
Trinh Van Cuong
- Study on joining of sheet and cylindrical steels by the arc stud welding technology: Review - Part 1 49 Huynh Nguyet Khuyen  
Ngo Huu Manh  
Tran Van An
- Research on the Stability of a 16-Seat Minivan under Crosswind 55 Do Tien Quyet  
Phung Duc Hai Anh  
Nguyen Luong Can

**TITLE FOR ECONOMICS**

- Debt and foreign debt management in Vietnam 60 Nguyen Minh Tuan  
Pham Thi Hong Hoa
- Applying new technology to management accounting activities at  
garment companies in Hai Duong province 68 Vu Thi Ly
- Research factors affecting satisfaction when shopping at Aeon mall  
Ha Dong 74 Nguyen Thi Ngoc Mai
- Solutions to improve environmental accounting work at manufactur-  
ing enterprises in Hai Duong province 80 Vu Thi Ly  
Luong Thi Hoa  
Vu Thi Thanh Thuy

**TITLE FOR CHEMISTRY - FOOD**

- Optimization of some conditions for production of cypress seedlings  
(*Cupressus torulosa* D. Don) using asexual propagation technique  
at Loang Lien National park, Lao Cai 86 Vu Duc Quyen  
Duong Toan Thang  
Duong Quyet Chien  
Nguyen Van Sang

**TITLE FOR EDUCATION SCIENCE**

- Teaching according to the 5E model to develop technological problem-  
solving competences for students majoring in Technology Education 93 Le Ngoc Hoa  
Tran Duy Khanh

**TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE**

- The role of political theory lecturers with the task of protecting the  
Party's ideological foundation and fighting against erroneous and  
hostile viewpoints 99 Nguyen Thi Nhan  
Phan Hoang Duc
- Sustainable agricultural development in the red river and the influ-  
encing factors 105 Vu Van Dong  
Vu Van Chuong  
Vu Hong Phong
- Humanitarian thoughts of Ho Chi Minh and the current application  
by the Communist Party of Vietnam 111 Do Thi Thuy  
Dang Thi Dung  
Pham Thi Mai
- Raising political awareness of Vietnamese students in the current  
context 117 Nguyen Thi Hien
- Digital transformation in teaching Political Theory subjects at Sao  
Do University in the current period 123 Pham Xuan Duc

# Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của các mạng nhân tạo học sâu trong nhận dạng các tín hiệu ra-đa

## Research on evaluating the performance of deep learning networks in radar signal recognition

Vũ Xuân Tùng

Tác giả liên hệ: [tunglam130219@gmail.com](mailto:tunglam130219@gmail.com)

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Ngày nhận bài: 08/10/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 26/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/02/2025

### Tóm tắt

Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực dân sự và quân sự. Đặc biệt trong lĩnh vực quân sự, có nhiều cấu trúc mạng nhân tạo đã được đề xuất để giải quyết bài toán nhận dạng các tín hiệu ra-đa. Các mạng nhân tạo được xây dựng tương đối độc lập và dựa trên các ý tưởng thiết kế riêng và chưa có nghiên cứu tổng quan nào để đánh giá hiệu quả của từng mạng nói trên. Chính vì vậy, trong bài báo này tác giả tiến hành mô phỏng, so sánh và đánh giá hiệu quả của các mạng nhân tạo như: SqueezeNet, AlexNet, DarkNet-53 và DenseNet-201 cho bài toán nhận dạng tín hiệu ra-đa. Kết quả mô phỏng cho thấy, với cùng một tập dữ liệu đầu vào các mạng nói trên yêu cầu thời gian huấn luyện tương đương nhau nhưng mạng AlexNet cho độ chính xác cao nhất ( $P = 87,5\%$ ), tiếp theo là DarkNet-53 ( $P = 85,62\%$ ), DenseNet-201 ( $P = 84,32\%$ ) và độ chính xác thấp nhất là mạng SqueezeNet ( $P = 75,0\%$ ).

**Từ khóa:** Mạng học sâu; độ chính xác nhận dạng; thời gian huấn luyện; ma trận đánh giá.

### Abstract

Artificial intelligence (AI) is widely used in civil applications such as: target recognition, object recognition, automatic flight control or natural language processing. In military applications, AI is also used for classifying and recognizing radar signals. Nowadays, there are different deep learning networks used for solving these problems such as: SqueezeNet, AlexNet, DarkNet-53 and DenseNet-201. This paper compares the performance of these networks by simulated radar signals in MATLAB environments. The simulated results showed that all network required the same training time. However, the AlexNet provided the highest accuracy ( $P = 87.5\%$ ), following by DarkNet-53 ( $P = 85.62\%$ ), DenseNet-201 ( $P = 84.32\%$ ) and the lowest accuracy was provided by SqueezeNet with  $P = 75.0\%$ .

**Keywords:** Deep learning network; recognition accuracy; training time; confusion matrix.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào lĩnh vực quân sự đã và đang được nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trong, ngoài nước. Đặc biệt trong lĩnh vực tác chiến điện tử như: Hệ thống tự động trình sát phát hiện, nhận dạng, bám và theo dõi mục tiêu hay hệ thống tự động gây nhiễu [1-2]. Một trong những ứng dụng đầu tiên trong lĩnh vực trình sát điện tử phải kể tới là nhận dạng các tín hiệu ra-đa và thông tin. Mạng học sâu đầu tiên được sử dụng để nhận dạng các tín hiệu nói trên là

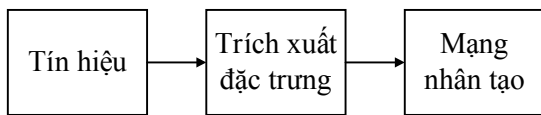
SqueezeNet và các cải tiến của nó [3-4]. Trong các nghiên cứu [5-6], cấu trúc mạng AlexNet đã được đề xuất và sử dụng trong bài toán nhận dạng các đồ vật. Cấu trúc mạng gồm có 8 lớp học sâu và sử dụng ảnh đầu vào có kích thước  $227 \times 227 \times 3$  và nhận dạng đồng thời được 1000 loại đồ vật như: Bàn phím, chuột máy tính, bút và các động vật. Năm 2018, Joseph Redmon đã đề xuất cấu trúc mạng DarkNet-53 [7-8], đây là phiên bản cải tiến so với các cấu trúc DarkNet-19 và DarkNet-21 để nâng cao khả năng phát hiện đối tượng. Ngoài ra, DarkNet-53 được thiết kế với mục đích cân bằng giữa tốc độ và độ chính xác để cho nó phù hợp với các ứng dụng phát hiện đối tượng theo giới gian thực. Trong các nghiên cứu [9-10], nhóm tác giả đã đề xuất sử dụng mạng DenseNet-201 để

Người phản biện: 1. GS.TSKH. Trần Hoài Linh  
2. TS. Đỗ Văn Đình

nhận dạng các đồ vật. DenseNet-201 bao gồm 201 lớp và đầu vào là ảnh RGB có kích thước 224×224×3. DenseNet-201 đã học được cách biểu diễn tính năng phong phú cho nhiều loại hình ảnh. Như đã đề cập ở trên, các cấu trúc mạng này đã được huấn luyện và kiểm chứng trong bài toán nhận dạng các đồ vật với các tập dữ liệu đầu vào khác nhau. Trên thực tế, chưa có nghiên cứu nào đánh giá chi tiết hiệu quả của các cấu trúc mạng nói trên trong bài toán nhận dạng các tín hiệu ra-đa và thông tin. Vì vậy, bài báo này tiến hành khảo sát và đánh giá hiệu quả của các cấu trúc mạng đề xuất trong nhận dạng các tín hiệu ra-đa. Bộ tham số được sử dụng để đánh giá cấu trúc mạng bao gồm: Độ chính xác nhận dạng, thời gian huấn luyện.

Bố cục của bài báo gồm có các phần chính như sau: Mô hình nhận dạng tín hiệu ra-đa được trình bày ở phần 2. Phần 3 tổng hợp, so sánh và đánh giá hiệu quả của các cấu trúc mạng. Kết luận tổng quan được tổng hợp trong phần 4.

**2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG NHẬN DẠNG CÁC TÍN HIỆU RA-ĐA**



Hình 1. Mô hình nhận dạng tín hiệu ra-đa sử dụng trí tuệ nhân tạo

Sơ đồ cấu trúc chung của hệ thống nhận dạng tín hiệu ra-đa sử dụng trí tuệ nhân tạo được minh họa trên Hình 1 và gồm có 2 bước chính sau:

- Trích xuất đặc trưng của tín hiệu trên cả hai miền thời gian - tần số.
- Nhận dạng tín hiệu bằng các cấu trúc mạng nhân tạo.

**2.1. Trích xuất đặc trưng tín hiệu**

Trong hệ thống ra-đa, các kỹ thuật được sử dụng để trích xuất đặc trưng tín hiệu trên cả hai miền thời gian - tần số bao gồm: Biến đổi Fourier thời gian ngắn (Short time Fourier transform - STFT) [11], phân bố Wigner-Ville (Wigner-Ville distribution - WVD) [12] và biến đổi Wavelet liên tục (continuous Wavelet transform - CWT) [13]. Trong nghiên cứu [14], nhóm tác giả đã tiến hành so sánh, đánh giá hiệu quả của các kỹ thuật nói trên trong xử lý tín hiệu ra-đa. Các kết quả cho thấy, WVD là kỹ thuật có khả năng xử lý được tín hiệu có công suất thấp với tỉ số tín/tạp (SNR) tối thiểu là SNR = - 6dB. Tuy nhiên, hạn chế của WVD là yêu cầu thời gian xử lý lớn. Ngược lại, STFT có tốc độ xử lý nhanh hơn. Chính vì vậy, bài báo này sử dụng kỹ thuật STFT để trích xuất đặc trưng của tín hiệu. STFT của tín hiệu s(t) được biểu diễn theo công thức (1).

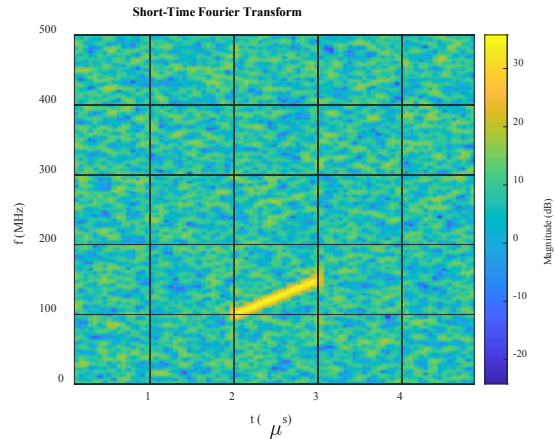
$$X(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) w(t - \tau) e^{-j\omega t} dt$$

Trong đó:

w(t) là hàm cửa sổ và thường là các hàm Hann hoặc Gaussian;

$\tau$  là khoảng thời gian lặp;

$\omega = 2\pi f$  biểu diễn tần số góc của tín hiệu.



Hình 2. Kết quả tính STFT

Hình 2 biểu diễn kết quả tính STFT của tín hiệu điều tần tuyến tính (LFM) với SNR = 0dB. Kết quả mô phỏng cho thấy, STFT có thể trích xuất đặc trưng của tín hiệu LFM với mức công suất thấp (đường màu vàng).

**2.2. Cấu trúc mạng nhân tạo**

Như đã đề cập bên trên, bài báo sử dụng các mạng học sâu như: SqueezeNet, AlexNet, DarkNet-53 và DenseNet-201 để nhận dạng tín hiệu đồng thời so sánh hiệu suất của chúng. Các tham số của các cấu trúc mạng trên được tổng hợp trong Bảng 1. Bảng 1 cho thấy các cấu trúc mạng đều nhận dữ liệu đầu vào là ảnh thời gian-tần số của tín hiệu. Mạng DenseNet-201 có cấu trúc phức tạp nhất (708 lớp) và mạng AlexNet có cấu trúc đơn giản nhất (25 lớp). Số lượng lớp tích chập tác động trực tiếp đến thời gian huấn luyện và hiệu quả nhận dạng của từng mạng.

Bảng 1. Tham số của mạng học sâu

Mạng học sâu	Kích thước đầu vào	Tổng số lớp	Kích thước mạng (MB)
SqueezeNet	227×227×3	68	5,20
AlexNet	227×227×3	25	227,0
DarkNet-53	256×256×3	184	155,0
DenseNet-201	224×224×3	708	77,0

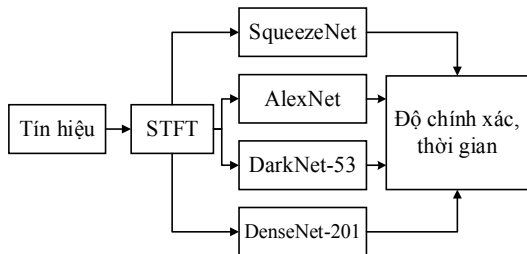
**3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

Trong bài báo này, tác giả tập trung đánh giá hiệu quả của các mạng học sâu nói trên cho bài toán nhận dạng các tín hiệu như: Xung ra-đa, tín hiệu liên tục (CW), LFM, Barker, Frank, mã P và mã Zadoff-Chu [15-16]. Các bước mô phỏng bao gồm có:

- Xây dựng cơ sở dữ liệu các tín hiệu ra-đa.
- Huấn luyện các mạng học sâu nói trên.

- Đánh giá hiệu quả của các mạng học sâu đã huấn luyện.

Sơ đồ tổng quan của quá trình mô phỏng đánh giá hiệu quả các cấu trúc mạng nói trên được trình bày ở Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ khối đánh giá hiệu quả các cấu trúc mạng nhân tạo học sâu

### 3.1. Cơ sở dữ liệu

Trong bài báo này, các dạng tín hiệu được sử dụng để đánh giá hiệu quả của mạng nhân tạo bao gồm: Xung ra-đa, CW, LFM, Barker, Frank, mã P và mã Zadoff-Chu. Tham số của các mã điều chế pha được tổng hợp trong Bảng 2. Các tham số cơ bản để xây dựng cơ sở dữ liệu được liệt kê trong Bảng 3. Tham số của STFT được ghi trong Bảng 4.

Bảng 2. Tham số tín hiệu mã hóa pha

Dạng tín hiệu	Độ dài mã hóa
Barker	7, 11, 13
Frank	9, 16, 25
Mã P (P1, Px)	9, 16, 25
Mã Zadoff-chu	9, 16, 25

Bảng 3. Tham số để xây dựng cơ sở dữ liệu

Tham số	Giá trị
Tần số lấy mẫu (MHz)	1.000
Tần số sóng mang (MHz)	50 đến 100
Độ rộng xung (μs)	0,1 đến 25
Số tín hiệu/dạng điều chế (-)	1000
Tỉ số SNR (dB)	-10 đến 20
Dạng nhiễu (-)	Tạp chuẩn trắng

Bảng 4. Tham số của kỹ thuật STFT

Tham số	Giá trị
Số điểm FFT	2048
Hàm cửa sổ	Hann
Độ dài hàm cửa sổ	256

### 3.2. Huấn luyện mạng nhân tạo

Để huấn luyện các cấu trúc mạng đã đề cập ở trên, tác giả sử dụng máy tính ASUSVivoBook có các tham số như sau: RAM 8GB, chip Intel core i7 13900, tốc độ xử lý tối đa 2,3 GHz. Cơ sở dữ liệu được chia thành 3 phần chính: 75% sử dụng để huấn luyện các mạng, 15% cho kiểm tra và 15% để đánh giá. Các tham số để

huấn luyện mạng được tổng kê trong Bảng 5. Tác giả sử dụng phần mềm MATLAB 2021b và các thư viện học sâu (deep learning toolbox) để tạo ra các tập tín hiệu ra-đa (1000 mẫu cho từng tín hiệu). Tập tín hiệu được đưa và huấn luyện và đánh giá hiệu quả của các cấu trúc mạng. Ngoài ra, điều kiện để dừng quá trình huấn luyện là sau 500 lần lặp.

Bảng 5. Các tham số huấn luyện mạng

Tham số	Giá trị
Tốc độ huấn luyện	0.001
Số lần lặp tối đa	5
Tần xuất đánh giá	5

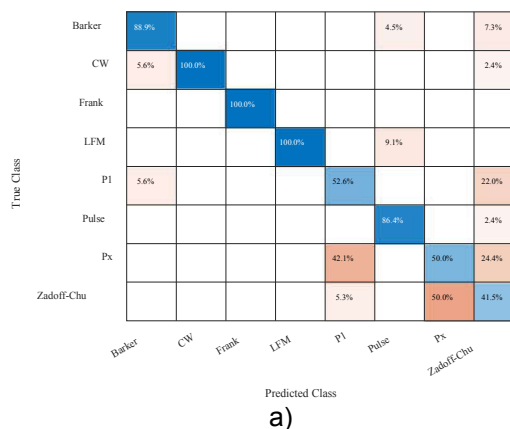
### 3.3. So sánh đánh giá hiệu quả các mạng nhân tạo

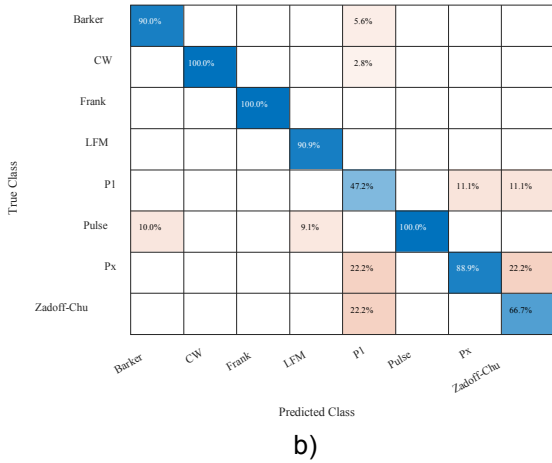
Độ chính xác, thời gian huấn luyện, của các cấu trúc mạng nói trên được tổng hợp trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả so sánh các cấu trúc mạng

Mạng	Độ chính xác (%)	Thời gian (s)
SqueezeNet	75,0	485
AlexNet	87,5	433
DarkNet-53	85,62	1.532
DenseNet-201	84,32	1.772

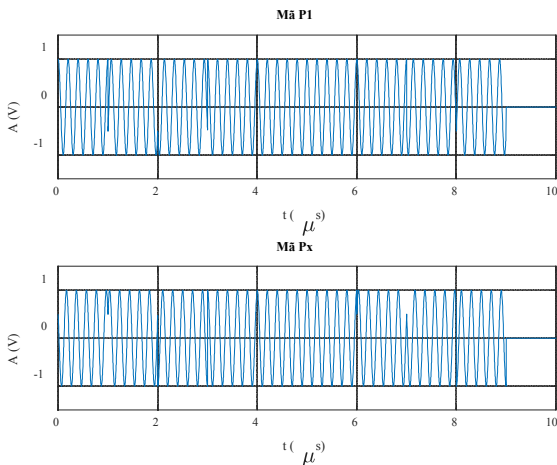
Các kết quả mô phỏng trong Bảng 6 cho thấy, cấu trúc mạng SqueezeNet có độ chính xác nhận dạng thấp nhất (P = 75%). Trong khi đó, các cấu trúc mạng còn lại có độ chính xác nhận dạng tương đương nhau như là AlexNet (P = 87,5%), DarkNet-53 (P = 86,62%) và DenseNet-201 (P = 84,32%). Ngược lại, mạng SqueezeNet và AlexNet cần ít thời gian huấn luyện t = 433 (s) (giảm 1/4) so với các cấu trúc mạng còn lại (t = 1532 s). Lý do đưa ra ở đây là mạng AlexNet có kích thước nhỏ và được thiết kế với mục đích dung hòa giữa độ chính xác và thời gian huấn luyện. Chính vì vậy, căn cứ vào yêu cầu bài toán thực tế nên sử dụng mạng AlexNet để đảm bảo cân bằng về mặt thời gian cũng như độ chính xác. Trong thực tế các ứng dụng cần xử lý thời gian thực nên sử dụng mạng AlexNet, đặc biệt là các ứng dụng liên quan đến trinh sát và cập nhật bản đồ tình huống điện tử.





Hình 4. Ma trận đánh giá: a) SqueezeNet; b) AlexNet

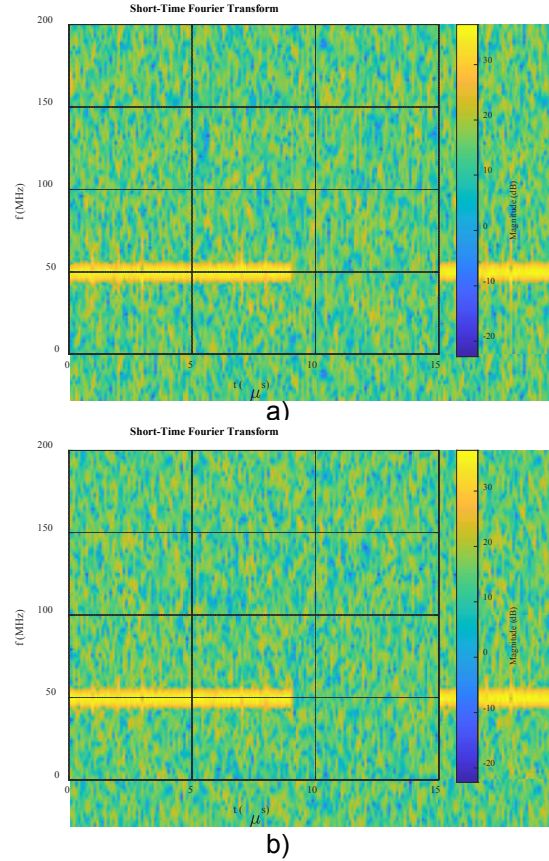
Hình 4 minh họa ma trận kiểm tra của các cấu trúc mạng SqueezeNet và AlexNet. Hình 4a cho thấy, cấu trúc mạng SqueezeNet có độ chính xác nhận dạng thấp nhất đối với tín hiệu mã Zadoff-Chu với  $P = 41,5\%$  và các tín hiệu mã P với độ chính xác  $P = 50\%$ . Trong khi đó, cấu trúc mạng AlexNet đã khắc phục được các hạn chế của mạng SqueezeNet và đã nâng cao được độ chính xác nhận dạng tín hiệu Zadoff-Chu ( $P = 66,7\%$ ) và Px ( $P = 88,9\%$ ). Tuy nhiên, độ chính xác nhận dạng các tín hiệu mã P1 còn thấp ( $P = 42,7\%$ ) và còn nhầm lẫn với Px và Zadoff-Chu ( $P = 22,2\%$ ). Lý do chính dẫn tới các kết quả trên là các tín hiệu mã P và Zadoff-Chu tương đối giống nhau về mặt cấu trúc và kỹ thuật STFT khó phân biệt được sự khác nhau giữa các tín hiệu. Lý do thứ 2 là do số lượng tín hiệu mẫu chưa đủ. Hình 5 là ví dụ minh họa mã P1 và Px trong trường hợp không có nhiễu.



Hình 5. Ví dụ minh họa mã P1 và Px

Hình 5 cho thấy, mã P1 và Px có cấu trúc tương đối giống nhau (cùng thời điểm thay đổi pha - ô chữ nhạt màu đỏ) và chỉ khác nhau về độ lớn của các pha. Hình 6 là kết quả tính STFT của các tín hiệu P1 (Hình 6a) và Px (Hình 6b) với  $SNR = -3$  dB. Hình 6

cho thấy trong trường hợp tín hiệu có công suất thấp ( $SNR = -3$ dB) kỹ thuật STFT cho kết quả tương tự nhau của các tín hiệu. Từ các lý do trên, yêu cầu cấu trúc mạng phải có độ sâu và khả năng lọc tách được các đặc trưng của tín hiệu.



Hình 6. Kết quả STFT của tín hiệu: a) P1; b) Px

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, tác giả tiến hành mô phỏng và so sánh hiệu quả của các mạng nhân tạo trong giải quyết bài toán nhận dạng các tín hiệu ra-đa như là: Xung, CW, LFM và các dạng tín hiệu mã hóa pha. Các kết quả mô phỏng cho thấy cấu trúc mạng AlexNet cho độ chính xác nhận dạng cao nhất ( $P = 87,5\%$ ) và đồng thời cho thời gian huấn luyện ngắn nhất ( $t = 433$  s) so với các cấu trúc mạng còn lại như là: SqueezeNet ( $P = 75\%$  và  $t = 485$  s), DarkNet-53 ( $P = 85,62\%$  và  $t = 1532$ s) và DenseNet-201 ( $P = 84,32\%$  và  $t = 1772$ s). Các kết quả trên cho thấy, mạng AlexNet được thiết kế đảm bảo cả về thời gian và độ chính xác nhận dạng.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả tiến hành tối ưu hóa các tham số của STFT và kiểm tra độ chính xác nhận dạng bằng các tín hiệu từ máy phát và từ máy thu thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bangrui Li (2024), *Advances in Radar Signal Processing: Integrating Deep Learning Approaches*, In 7<sup>th</sup> Int. Con. On Mechatronics, Control and Electronic Engineering, vol. 97, Dallas, USA, April 13-14, 2024. ISBN: 979-8-89183-064-6.
- [2]. V. M. Duong, T. P. Nguyen and N. G. Phan (2024), *Advanced Method for Polyphase Coded Radar Signal Classification and Recognition Based on Deep Learning*, In Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems and Networks, ICISN 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1077. Springer, Singapore. Doi: 10.1007/978-981-97-5504-2\_28
- [3]. S. Wei, Q. Qu and H. Su (2020), *Intra-pulse modulation radar signal recognition based on Squeeze-and-Excitation networks*, SIVIP 14, 1133-1141 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11760-020-01652-0>.
- [4]. M. Walenczykowska, A. Kawalec and K. Krenc (2023), *An Application of Analytic wavelet transform and convolutional neural network for radar intrapulse modulation recognition*. Sensors (Basel), 2023 Feb 10;23(4):1986. doi: 10.3390/s23041986.
- [5]. J. N. Njoku, M. E. Morocho-Cayamcela and W. Lim (2020), *Automatic radar waveform recognition using Wigner-Ville distribution and AlexNet-SVM*, In the KICS 2020 Summer Conference, August 2020, Pyeongchang, South of Korea.
- [6]. K. Alex, I. Sutskever and G. E. Hinton (2017), *ImageNet classification with Deep convolutional Neural Networks*. Communications of the ACM 60, no. 6 (May 24, 2017): 84-90, <https://doi.org/10.1145/3065386>.
- [7]. Redmon, Joseph, Darknet, *Open Source Neural Networks in C*. <https://pjreddie.com/darknet>.
- [8]. T. Yulin, S. Jin, G. Bian and Y. Zhang (2019), *Shipwreck target recognition in side-scan sonar images by improved YOLOv3 model based on transfer learning*, IEEE Access, December 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3024813.
- [9]. ImageNet. <http://www.image-net.org>.
- [10]. H. Gao, Z. Liu, L. Maaten and K. Q. Weinberger (2017), *Densely connected convolutional networks*, In 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2261-69. Honolulu, HI: IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>.
- [11]. K. M. Sanjit (2001), *Digital signal processing: A computer-based approach*, 2<sup>nd</sup> Ed. New York: McGraw-Hill.
- [12]. C. Leon (1995), *Time-Frequency analysis: theory and applications*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [13]. M. Stéphane (1999), *A Wavelet tour of signal processing*, Second Edition. San Diego, CA: Academic Press.
- [14]. Nguyen, T.P., Nguyen, T.T., Nguyen, V.M., Le, H.D (2024), *An Integrated toolbox of time-frequency techniques for preprocessing in AI networks*, In: Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems and Networks. ICISN, Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1077. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-5504-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-97-5504-2_14).
- [15]. N. Levanon and E. Mozeson (2004), *Radar signals*, John Wiley & Sons, Inc, NJ, Units States, 2004, ISBN: 0-471-47378-2.
- [16]. G. R. Cury (2005), *Radar System Performance Modeling*, Artech House Radar Library, London, UK, 2005, ISBN: 1-58053-816-9.

## AUTHOR INFORMATION

**Vu Xuan Tung**

\*Corresponding author: [tunglam130219@gmail.com](mailto:tunglam130219@gmail.com)

Hanoi University of Industry

# 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/Kỳ 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](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](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn)

**Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 1 (88) 2025**



**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](mailto:info@saodo.edu.vn)

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

**Số 1 (88)**  
**2025**



**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](mailto: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.