



**Tạp chí**

**NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

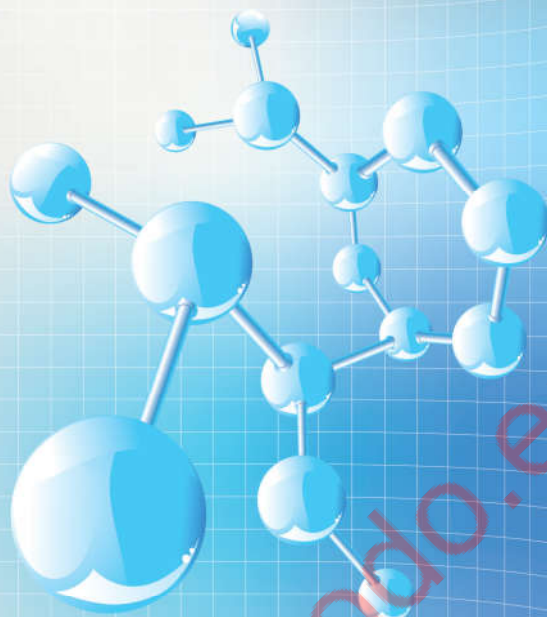
**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

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

SỐ 2 (81) 2023

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

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



**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: (02220) 3882 269 Fax: (02220) 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



**Đạp chí Đại học Sao Đỏ:**

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

# THẺ LỆ GỬI BÀI

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

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. Đinh Văn Nhượng - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Quốc Cường

PGS.TS. Nguyễn Văn Liên

GS.TSKH. Trần Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Trần Văn Địch

GS.TS. Phạm Minh Tuấn

PGS.TS. Nguyễn Đoàn Ý

GS.TS. Đinh 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 Kháng

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 Nhuong - Chairman

Prof. Dr. Phạm Thị Ngọc Yến

Assoc. Prof. Dr. Trần Hoài Linh

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Quốc Cường

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Văn Liên

Prof. Dr. Sc. Trần Ngọc Hoàn

Prof. Dr. Sc. Bành Tiến Long

Prof. Dr. Trần Văn Địch

Prof. Dr. Phạm Minh Tuấn

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Đoàn Ý

Prof. Dr. Đinh Văn Sơn

Assoc. Prof. Dr. Trần Thị Hà

Assoc. Prof. Dr. Trương Thị Thủy

Dr. Vũ Quang Thập

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Thị Bất

Assoc. Prof. Dr. Đỗ Quang Kháng

Prof. 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. Đoàn Thị Thu Hằng - Head

MSc. Đào Thị Vân

### 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://tapchikhn.saodo.edu.vn/> / Email: [tapchikhn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhn@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.

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://tapchikhn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về toà 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 Phán biên thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do toà soạn mời. Toà 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 x 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://tapchikhn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format\\_paper](http://tapchikhn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper)  
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhn.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://tapchikhn.saodo.edu.vn>

Email: [tapchikhn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhn@saodo.edu.vn)

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

#### 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 Hình  
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 Hiến  
Đỗ Thị Tàn

### 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 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 đa lớp

## Application of quantum computation models and one-versus-all approach to implement multi-class pattern recognition solutions

Trần Hoài Linh

Tác giả liên hệ: linh.tranhoai@hust.edu.vn

Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài: 02/4/2023

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

Ngày chấp nhận đăng: 20/6/2023

### Tóm tắt

Cơ học lượng tử đã được nghiên cứu từ đầu thế kỷ XX tuy nhiên nhờ vào các đột phá trong việc phát triển các mạch phần cứng thực tế để tái tạo lại các công thức lý thuyết mà các nghiên cứu ứng dụng mô hình tính toán lượng tử được thúc đẩy mạnh mẽ trong thời gian qua. Các mô hình tính toán này có cách tiếp cận khá khác biệt so với các mô hình kinh điển nên mở ra nhiều cơ hội để có thể đạt được các kết quả mới, có ưu điểm vượt hơn so với các mô hình kinh điển. Trong bài báo sẽ đề cập tới việc sử dụng một mô hình là mạch phân loại bằng biến thiên lượng tử (*Variation Quantum Classifier*) để áp dụng cho các bài toán nhận dạng. Giải pháp trong bài báo này sẽ áp dụng mô hình one-versus-all để sử dụng cho bài toán nhận dạng đa lớp. Giải pháp được áp dụng thử nghiệm cho bộ dữ liệu nhận dạng hoa diên vĩ, được so sánh với hai phương pháp kinh điển là phân loại bằng K-means và phân loại bằng Fuzzy Clustering cho thấy đạt độ chính xác cao hơn so với các phương pháp kinh điển.

Từ khóa: Tính toán lượng tử; biến thiên lượng tử; trích chọn đặc tính; mô hình nhận dạng.

### Abstract

Quantum mechanics is a relatively new field of physics, which has been studied since the beginning of the twentieth century, but the latest breakthroughs in the development of practical hardware circuits implementing theoretical formulas helped to intensify the finding of new applications of quantum mechanics in computation algorithms in recent years. These computation algorithms have quite different approaches from the classical models, which open up new opportunities to achieve new results with advantages over the classical models. In this paper, we will present an application of *Variation Quantum Classifier* in recognition problems. The solution in this paper will apply also one-versus-all approach to deal with multi-class recognition problem. The solution is experimentally tested with the Iris recognition dataset, and compared with two classical classifiers, K-means classification and Fuzzy Clustering, showing higher accuracy than the classic methods.

Keywords: Quantum computing; variation quantum classifier; features extraction; classification model.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cơ học lượng tử (*Quantum Mechanics*) là một chuyên ngành của vật lý nghiên cứu về các hiện tượng chủ yếu ở mức độ các hạt hạ nguyên tử [1, 2]. Trong thế giới lượng tử, những hạt kích thước siêu nhỏ này có các quan hệ ràng buộc và các tương tác vật lý rất khác so với những mô hình quan sát được trong thế giới vĩ mô. Một trong những nguyên tắc chính của cơ học lượng tử là một hạt (một đối tượng) không có trạng thái xác định khi chúng ta chưa tiến hành quan sát nó. Có nghĩa là nếu một đối tượng trong thế giới vĩ mô có thể xuất hiện ở nhiều trạng thái khác nhau thì trong thế giới lượng tử,

hạt đó sẽ tồn tại đồng thời ở tất cả các trạng thái với các xác suất hiện thực hóa tương ứng. Khi ta tiến hành quan sát (hay còn gọi là đo một đối tượng) thì trạng thái của đối tượng sẽ chuyển thành 1 trong các trạng thái đích với xác suất nêu trên. Sau khi đối tượng đã chuyển về trạng thái xác định này thì sẽ không quay lại trạng thái lượng tử như trước đó được nữa. Việc sử dụng khái niệm xác suất cũng có nghĩa là chúng ta chỉ có thể dự đoán khả năng xảy ra của một kết quả cụ thể, thay vì có thể dự đoán kết quả một cách chắc chắn.

Tính toán lượng tử là một định hướng mới sử dụng các ý tưởng của cơ học lượng tử để thực hiện các mô hình tính toán [3, 4]. Trong các phương pháp số kinh điển, một bit được sử dụng để lưu trữ và thao tác đơn vị thông tin cơ bản với hai trạng thái là 0 hoặc 1. Trong tính toán lượng tử, một khái niệm *bit lượng tử* (qubit

Người phân biện: 1. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn  
2. PGS.TS. Nguyễn Long Giang

- quantum bit) được sử dụng thay thế, có thể ở trạng thái 0 và 1 cùng một lúc cũng như nhiều trạng thái khác cùng một lúc (với các xác suất tương ứng). Đây là một dạng tổng quát hóa thông tin logic kinh điển. Điều này cho phép các thuật toán lượng tử thực hiện một số loại tính toán đa dạng hơn so với các thuật toán truyền thống [5].

Tính toán lượng tử vẫn là một lĩnh vực tương đối mới và có nhiều thách thức cần phải vượt qua. Tuy nhiên, nó có tiềm năng cách mạng hóa điện toán và giải quyết các vấn đề tốt hơn so với máy tính truyền thống. Để thực hiện các tính toán lượng tử, ý tưởng cơ bản là sử dụng các mạch lượng tử để thực hiện các thao tác trên qubit nhằm biến đổi dữ liệu đầu vào thành một dạng mà máy tính cổ điển có thể xử lý dễ dàng hơn.

Giống như các mô hình học máy kinh điển, các mô hình tính toán lượng tử cũng có thể được huấn luyện để điều chỉnh các thông số của mình để có được đáp ứng đầu ra mong muốn. Một số mô hình đã được đề xuất sử dụng cho các bài toán nhận dạng và ước lượng, trong đó phần lớn các bài toán nhận dạng hai lớp cho kết quả khả quan, nhưng các bài toán nhận dạng đa lớp còn có nhiều hạn chế về độ chính xác [6, 7]. Trong bài báo này sẽ trình bày một phương pháp ứng dụng các mô hình lượng tử để xây dựng các mô hình phân loại và nhận dạng đa lớp. Phương pháp đề xuất sẽ được thử nghiệm trên bộ số liệu mẫu kinh điển phân loại các dạng hoa diên vĩ và cho kết quả với sai số kiểm tra đạt 6,67%.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ MÔ HÌNH

### 2.1. Giới thiệu về các mô hình lượng tử và tính toán lượng tử

Trong các tính toán dựa trên logic Boole và hệ số hóa hiện nay, bit là đơn vị cơ bản của thông tin, có thể nhận 1 trong 2 giá trị là 0 hoặc 1. Trong các mô hình lượng tử, đơn vị tương ứng được gọi là qubit (*quantum bit*) và 2 trạng thái tương ứng sẽ được ký hiệu là  $|0\rangle$  và  $|1\rangle$ , với toán tử  $|\_ \rangle$  được gọi là toán tử ket [8]. Khi đó các bit lượng tử sẽ là tổ hợp tuyến tính của hai trạng thái  $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$  với các hệ số phức thỏa mãn điều kiện  $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$  do điều kiện ràng buộc biên độ bằng 1. Với biểu diễn này, một qubit có thể được mô tả bởi một véc-tơ 2 phần tử  $\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$ . Với mô tả này, hai trạng thái cơ bản sẽ có dạng:

$$|0\rangle = 1 \cdot |0\rangle + 0 \cdot |1\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$|1\rangle = 0 \cdot |0\rangle + 1 \cdot |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Xác suất để từ một trạng thái ta thu được kết quả 0 hoặc 1 khi đo trạng thái là:

$$|x\rangle = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

$$\rightarrow \begin{cases} P(x \rightarrow 0) = |\alpha|^2 \\ P(x \rightarrow 1) = |\beta|^2 \end{cases} \quad (3)$$

Một chuỗi (tập hợp)  $N$  qubit sẽ tạo thành một thanh ghi lượng tử.

Một cổng logic lượng tử trong trường hợp tổng quát sẽ có đầu vào là 1 thanh ghi lượng tử  $N$ -qubit và đầu ra là 1 thanh ghi lượng tử  $M$ -qubit. Hàm truyền đạt của cổng lượng tử được mô tả bằng ma trận trong miền phức  $\mathbf{U}$  thỏa mãn điều kiện đối xứng sau:

$$\mathbf{U} \in \mathbb{C}^{2^n} : \mathbf{U} \cdot \mathbf{U}^\dagger = \mathbf{U}^\dagger \cdot \mathbf{U} = \mathbf{I} \quad (4)$$

Trong đó:  $\mathbf{U}^\dagger$  là ma trận chuyển vị liên hợp của ma trận  $\mathbf{U}$  (tương đương với  $U_{i,j}^\dagger = U_{j,i}^*$ ). Cũng sử dụng chuyển vị liên hợp ta định nghĩa toán tử bra ở dạng:

$$\langle x| = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \rightarrow \langle x| = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}^\dagger = (\alpha^* \quad \beta^*) \quad (5)$$

Với các định nghĩa toán tử ket và toán tử bra, ta có một số ví dụ tính toán sau:

$$|0\rangle\langle 1| = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{và} \quad |1\rangle\langle 0| = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Trong số các cổng lượng tử cơ bản, có thể kể tới các cổng sau:

- Các cổng Pauli: Gồm 3 cổng được ký hiệu:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} = |0\rangle \cdot \langle 1| + |1\rangle \cdot \langle 0|$$

$$\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} = -i \cdot |0\rangle \cdot \langle 1| + i \cdot |1\rangle \cdot \langle 0| \quad (7)$$

$$\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} = |0\rangle \cdot \langle 0| - |1\rangle \cdot \langle 1|$$

Các cổng Pauli này xuất phát từ ý tưởng của Nguyên lý loại trừ Pauli, theo đó các electron trong một nguyên tử cần phải được sắp xếp sao cho không có hai electron nào có thể đồng thời chiếm giữ cùng một trạng thái lượng tử, hay hiểu thay một cách đơn giản thì trong một quỹ đạo nhất định, chỉ có hai electron có thể chiếm các trạng thái lượng tử khác nhau. Hai electron chiếm giữ trong một trạng thái lượng tử nhất định phải có spin ngược chiều hay nói cách khác, phải phân song song với nhau.

- Cổng Hadamard: có ma trận mô tả như sau:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

- Cổng xoay: Có 3 dạng xoay khác nhau, được tuần tự cho theo các ma trận như sau:

$$\begin{aligned}
 R_x(\theta) &= \begin{pmatrix} \cos(\frac{\theta}{2}) & -i\sin(\frac{\theta}{2}) \\ -i\sin(\frac{\theta}{2}) & \cos(\frac{\theta}{2}) \end{pmatrix} \\
 R_y(\theta) &= \begin{pmatrix} \cos(\frac{\theta}{2}) & -\sin(\frac{\theta}{2}) \\ \sin(\frac{\theta}{2}) & \cos(\frac{\theta}{2}) \end{pmatrix} \\
 R_z(\theta) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\theta} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{9}$$

- Cổng CNOT (Controlled-NOT): Là cổng tính NOT lượng tử của một qubit tùy theo trạng thái của một qubit điều khiển khác.

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \tag{10}$$

- Cổng CZ (Controlled-Z): Là cổng đổi dấu pha của một qubit tùy theo trạng thái của một qubit điều khiển khác.

$$CZ = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{11}$$

- Khi một trạng thái lượng tử được đo, trạng thái lượng tử sẽ trở thành một trong trạng thái vật lý theo các xác suất tương ứng. Phép đo một trạng thái lượng tử để đạt được một trạng thái  $v$  (value) được ký hiệu bởi toán tử  $M_v$ .

$$P(x \rightarrow v) = \langle x | \cdot M_v^\dagger \cdot M_v \cdot | x \rangle \tag{12}$$

- Trạng thái lượng tử của hệ thống sau khi thực hiện phép đo sẽ là:

$$\frac{M_v \cdot | x \rangle}{\langle x | \cdot M_v^\dagger \cdot M_v \cdot | x \rangle} \tag{13}$$

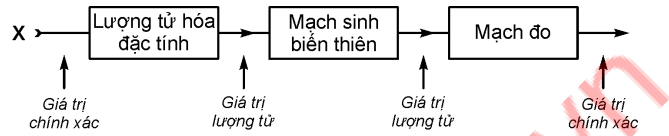
Từ các phép tính cơ bản, ta có thể tổng hợp được thành các thuật toán tính toán lượng tử phức tạp hơn. Nếu như trong tính toán truyền thống, một bit được sử dụng để lưu trữ và thao tác thông tin, trong đó mỗi bit có thể là 0 hoặc 1, thì trong điện toán lượng tử, một qubit được sử dụng thay thế, có thể ở nhiều trạng thái cùng một lúc và có thể là cả 0 và 1 cùng một lúc. Điều này cho phép máy tính lượng tử thực hiện một số loại tính toán nhanh hơn nhiều so với máy tính truyền thống.

Tính toán lượng tử được thực hiện bằng cách sử dụng các mạch lượng tử, là chuỗi các hoạt động lượng tử điều khiển các qubit. Các mạch lượng tử có thể được sử dụng để thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau, bao gồm giải các bài toán, mô phỏng các hệ thống lượng tử và thực hiện học máy lượng tử.

## 2.2. Mô hình VQC và ứng dụng trong bài toán nhận dạng

Mô hình Mạch phân loại bằng biến thiên lượng tử (VQC – Variational Quantum Classifier) là một mô

hình nhận dạng và phân loại sử dụng các thuật toán tính toán lượng tử [9]. Trong mô hình VQC, một mạch lượng tử được sử dụng để biến đổi dữ liệu đầu vào thành trạng thái lượng tử, sau đó đưa qua các cổng tính toán lượng tử và cuối cùng được đo để thu được đầu ra kinh điển tương ứng với lớp dự đoán của dữ liệu đầu vào.



Hình 1. Sơ đồ khối của mạng VQC dùng trong nhận dạng

Cấu trúc cơ bản của mô hình VQC bao gồm ba phần như trên Hình 1 [9]:

- Khối lượng tử hóa đặc tính (*Feature Map*): Phần đầu tiên của mô hình VQC là khối lượng tử hóa đặc tính, được thực hiện bằng một mạch lượng tử để biến đổi dữ liệu đầu vào thành trạng thái lượng tử.

- Mạch sinh biến thiên (*Variational Circuit*): Phần thứ hai của mô hình VQC là mạch sinh biến thiên, là một mạch lượng tử chứa các thông số có thể điều chỉnh để tối ưu hóa độ chính xác của đầu ra bằng các thuật toán học.

- Mạch đo: Phần cuối cùng của mô hình VQC là mạch đo, được sử dụng để thu được đầu ra chính xác từ các trạng thái lượng tử của mạch sinh biến thiên.

Các thông số của các khối trong mô hình VQC có thể được huấn luyện bằng các thuật toán học có hướng dẫn như các mô hình học máy kinh điển.

### 2.2.1. Khối lượng tử hóa đặc tính

Khối lượng tử hóa đặc tính là một mạch lượng tử ánh xạ dữ liệu đầu vào chính xác sang trạng thái lượng tử. Nó thường bao gồm một loạt các cổng lượng tử mã hóa dữ liệu chính xác thành các biên độ của trạng thái lượng tử. Ví dụ như khối lượng tử hóa đặc tính Pauli là một trong những khối lượng tử hóa đơn giản nhất và nó sử dụng cổng Pauli để mã hóa dữ liệu đầu vào. Đối với vectơ đầu vào nhị phân  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , khối lượng tử hóa đặc tính Pauli được cho bởi [10, 11]:

$$\Phi(x) = e^{-i\theta(x)(\sigma_x(x_1) \otimes \sigma_z(x_2) \otimes \dots \otimes \sigma_z(x_n))} \tag{14}$$

Trong đó:  $\theta(x)$  là một thông số phụ thuộc vào vectơ đầu vào  $x$ , qubit  $x_1$  được đưa qua cổng  $\sigma_x(\cdot)$  còn các qubit còn lại được đưa qua cổng  $\sigma_z(\cdot)$ . Toán tử  $\otimes$  trong công thức trên biểu diễn tích tensor của các toán tử Pauli tác động lên các qubit khác nhau. Ví dụ: Biểu thức  $\sigma_x(x_1) \otimes \sigma_z(x_2) \otimes \sigma_z(x_3)$  biểu thị toán tử  $\sigma_x(\cdot)$  tác động trên qubit 1, toán tử  $\sigma_z(\cdot)$  tác động trên qubit 2, toán tử  $\sigma_z(\cdot)$  tác động trên qubit 3. Tích tensor này có thể hiểu là hoạt động đồng thời trên cả

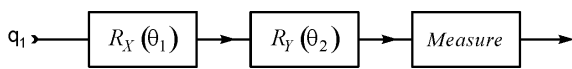
bốn qubit. Ví dụ thứ hai là khối lượng tử hóa dùng các cổng quay  $R(\cdot)$ . Khi sử dụng cổng quay quanh trục  $Y$ , khối lượng tử hóa  $R_y$  biến đổi vectơ đầu vào nhị phân  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  theo công thức:

$$\Phi(\mathbf{x}) = \prod_{j=1}^n R_y(\theta(\mathbf{x}, j)) \cdot |0\rangle \quad (15)$$

Trong đó:  $\theta(\mathbf{x}, j)$  là hàm điều khiển góc quay của qubit thứ  $j$  và phụ thuộc vào vectơ đầu vào  $\mathbf{x}$ .

### 2.2.2. Mạch sinh biến thiên và khối đo lường

Khối sinh ngẫu nhiên là một khối biến đổi các thông số đầu vào của các qubit sử dụng các khối tính toán (cổng) cơ bản [12, 13]. Ví dụ trên Hình 2 là một khối sinh ngẫu nhiên gồm hai cổng quay mắc nối tiếp là quay xung quanh trục  $x$  một góc  $\theta_1$ , và quay xung quanh trục  $y$  một góc  $\theta_2$ . Trong đó các góc  $\theta$  và  $\theta_2$  là các tham số có thể được điều chỉnh trong các quá trình huấn luyện sau này.



Hình 2. Ví dụ minh họa một khối sinh biến thiên gồm 2 cổng quay theo trục  $X$  và  $Y$

Ví dụ xét  $\theta_1 = \pi/3$ ,  $\theta_2 = \pi/4$ . Khi đó các ma trận quay tương ứng theo (9) sẽ trở thành:

$$R_x\left(\frac{\pi}{3}\right) = \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) & -i \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \\ -i \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) & \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$R_y\left(\frac{\pi}{4}\right) = \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) & -\sin\left(\frac{\pi}{8}\right) \\ \sin\left(\frac{\pi}{8}\right) & \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) \end{pmatrix}$$

Nếu đầu vào là qubit  $|0\rangle = (1, 0)^T$  thì đầu ra sau hai khối quay (trước khối đo *Measurement*) là:

$$R_y\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot R_x\left(\frac{\pi}{3}\right) \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,61 \\ 0,33 - i \cdot 0,46 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Biểu diễn kết quả trên ở dạng tổ hợp của hai qubit cơ bản  $|0\rangle = (1, 0)^T$  và  $|1\rangle = (0, 1)^T$  thu được:

$$\begin{pmatrix} 0,61 \\ 0,33 - i \cdot 0,46 \end{pmatrix} = 0,61 \cdot |0\rangle + (0,33 - i \cdot 0,46) \cdot |1\rangle \quad (18)$$

Với kết quả như trên, khối đo sẽ có xác suất đầu ra là 0 hoặc 1 tương ứng là:

$$P(\rightarrow 0) = \frac{0,61^2}{0,61^2 + |0,33 - i \cdot 0,46|^2} = 0,53$$

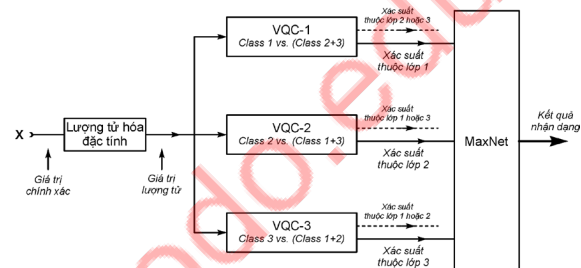
$$P(\rightarrow 1) = \frac{|0,33 - i \cdot 0,46|^2}{0,61^2 + |0,33 - i \cdot 0,46|^2} = 0,47 \quad (19)$$

Trạng thái đầu ra 0 hoặc 1 này có thể được sử dụng trong bài toán nhận dạng nhị phân để phân loại hai

nhóm đối tượng [6, 7]. Đối với các bài toán nhận dạng đa lớp, việc tăng số lượng trạng thái trung gian thường làm tăng sai số nhận dạng [6, 7].

### 2.3. Mô hình VQC phối hợp với thuật toán one-vs-all

Do các giá trị của qubit sẽ được quy về một trong hai giá trị 0 hoặc 1 ở khối đo cuối cùng nên mạng VQC sẽ phù hợp để ứng dụng trong các bài toán phân loại 2 lớp. Mô hình VQC nhận dạng trực tiếp đa lớp cũng đã được một số tác giả đề xuất thử nghiệm, tuy nhiên kết quả nhận dạng chỉ đạt độ chính xác khi kiểm tra là 70% [20] khi dùng trực tiếp 4 đặc tính và 73% khi dùng bổ sung thêm phân tích PCA (Principle Component Analysis) [20].



Hình 3. Mô hình phối hợp thuật toán VQC và thuật toán one-versus-all

Do các giá trị của qubit sẽ được quy về một trong hai giá trị 0 hoặc 1 ở khối đo cuối cùng nên mạng VQC sẽ phù hợp để ứng dụng trong các bài toán phân loại 2 lớp. Mô hình VQC nhận dạng trực tiếp đa lớp cũng đã được một số tác giả đề xuất thử nghiệm, tuy nhiên kết quả nhận dạng chỉ đạt độ chính xác khi kiểm tra là 70% [20] khi dùng trực tiếp 4 đặc tính và 73% khi dùng bổ sung thêm phân tích PCA (Principle Component Analysis) [20].

Để phân loại được nhiều lớp, ví dụ như minh họa 3 lớp số liệu như trên Hình 3, trong bài báo này đề xuất sử dụng giải pháp *one\_versus\_all* [15] bằng cách chuyển bài toán phân loại 3 mẫu về 3 bài toán phân loại 2 mẫu: mô hình 1 phân loại mẫu 1 và không phải 1 (tức là mẫu thuộc nhóm 2 hoặc 3); mô hình 2 phân loại mẫu 2 và không phải 2, ... Tổng quát hóa, nếu bài toán có  $N$  lớp thì sẽ có  $N$  khối phân loại nhị phân. Mỗi một mẫu số đầu vào sẽ được test với cả  $N$  mô hình. Kết quả nào có xác suất cao nhất sau  $N$  lần test sẽ được lựa chọn. Trường hợp có 2 kết quả có cùng xác suất thì sẽ lựa chọn ngẫu nhiên 1 trong 2 trường hợp là kết quả cuối cùng.

### 3. BÀI TOÁN NHẬN DẠNG HOA DIÊN VĨ

Bộ dữ liệu hoa diên vĩ (*Iris data set*) là một bộ dữ liệu được sử dụng phổ biến trong các minh họa về học máy. Bộ dữ liệu này được giới thiệu lần đầu tiên bởi nhà sinh vật học người Anh Ronald Fisher vào năm 1936 và kể từ đó đã trở thành một bộ dữ liệu chuẩn phổ biến cho các mô hình nhận dạng và phân cụm.

Bộ dữ liệu này bao gồm 150 mẫu, với 50 mẫu cho mỗi loài trong số ba loài hoa diên vĩ: *Iris setosa*, *Iris*

versicolor và Iris virginica như trên hình... [14, 15]. Mỗi mẫu bao gồm các kết quả đo 4 đặc tính của mỗi mẫu hoa là: chiều dài đài hoa (sepal length), chiều rộng đài hoa (sepal width), chiều dài cánh hoa (petal length) và chiều rộng cánh hoa (petal width). Mỗi đặc tính được đo bằng centimet.



a. Setosa



b. Versicolour



c. Virginica

Hình 4. Ba loại hoa diên vĩ (IRIS) được sử dụng trong bộ 150 mẫu của Fisher

Bộ dữ liệu này bao gồm 150 mẫu, với 50 mẫu cho mỗi loài trong số ba loài hoa diên vĩ: Iris setosa, Iris versicolor và Iris virginica như trên hình... [14, 15]. Mỗi mẫu bao gồm các kết quả đo 4 đặc tính của mỗi mẫu hoa là: chiều dài đài hoa (sepal length), chiều rộng đài hoa (sepal width), chiều dài cánh hoa (petal length) và chiều rộng cánh hoa (petal width). Mỗi đặc tính được đo bằng centimet.

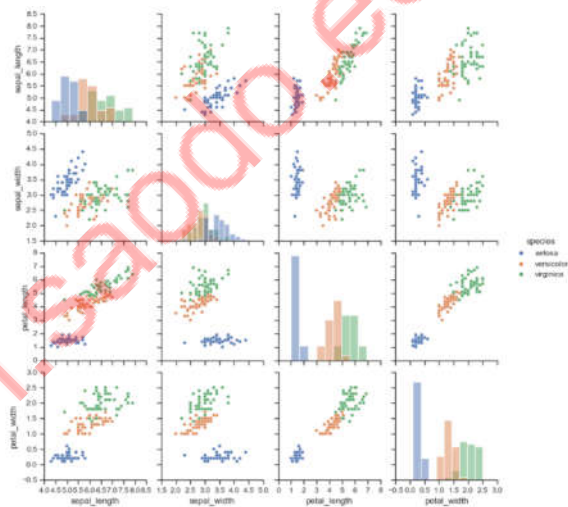
Đầu ra của nhận dạng có 3 loại nên ta sẽ mã hóa thành: Setosa → d = 1; Versicolour → d = 2; Virginica → d = 3.

Bảng 1. Ví dụ 9 mẫu cho 3 loại hoa diên vĩ

TT	$x_1$ (cm)	$x_2$ (cm)	$x_3$ (cm)	$x_4$ (cm)	Loại
1	5,4	3,9	1,7	0,4	Setosa
2	4,6	3,4	1,4	0,3	Setosa

TT	$x_1$ (cm)	$x_2$ (cm)	$x_3$ (cm)	$x_4$ (cm)	Loại
3	5,0	3,4	1,4	0,3	Setosa
4	5,7	2,8	4,5	1,3	Versicolour
5	6,3	3,3	4,7	1,6	Versicolour
6	4,9	2,4	3,3	1,0	Versicolour
7	7,6	3,0	6,6	2,1	Virginica
8	4,9	2,5	4,5	1,7	Virginica
9	7,3	2,9	4,5	1,7	Virginica

Trên Hình 5 là minh họa phân bố các mẫu theo từng cặp đặc tính có trong cơ sở dữ liệu. Ta có thể nhận thấy rất nhiều mẫu của các loại hoa khác nhau nhưng lại bị chồng chéo lên nhau khiến cho bài toán phân loại sẽ khó hơn.

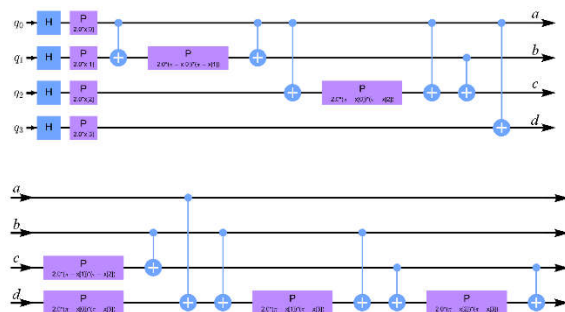


Hình 5. Phân bố các mẫu trong bộ số liệu Iris

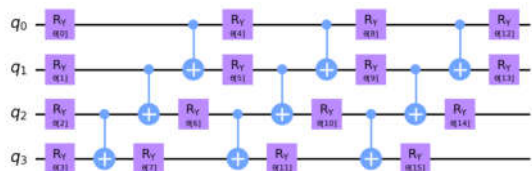
#### 4. CÁC KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG

Để xây dựng các mô hình nhận dạng bằng các thuật toán huấn luyện có hướng dẫn, từ bộ số liệu gồm 150 mẫu, 120 mẫu được lựa chọn ngẫu nhiên để làm bộ mẫu huấn luyện, 30 mẫu còn lại được sử dụng để làm bộ mẫu kiểm tra. Mô hình VQC được đề xuất sử dụng khối lượng tử hóa đặc tính là khối với tên gọi là ZZFeatureMap [16, 17] như mô tả trên Hình 6.

Còn khối tạo biến thiên lượng tử được sử dụng là khối Ansatz [9, 18, 19] như biểu diễn trên Hình 7.



Hình 6. Sơ đồ khối lượng tử hóa cho 4 đầu vào đặc tính của hoa diên vĩ



Hình 7. Sơ đồ khối sinh biến thiên dùng trong mô hình VQC đề xuất

Khối đo tại đầu ra của VQC sẽ sử dụng mô hình tính xác suất và đưa ra kết quả là trạng thái có xác suất lớn nhất để làm kết quả nhận dạng cuối cùng.

Để phân loại được 3 lớp số liệu như trong bài toán nhận dạng hoa diên vĩ, trong bài báo này đề xuất sử dụng giải pháp one\_versus\_all [15] bằng cách chuyển bài toán phân loại 3 mẫu về 3 bài toán phân loại 2 mẫu như đã trình bày trong tiểu mục 2.2.

Các mạng VQC được huấn luyện bằng thuật toán COBYLA [21, 22] (*Constrained Optimization By Linear Approximation optimizer*) với 150 lần lặp. Sai số đầu ra của mạng VQC được minh họa trên Hình 8. Có thể nhận thấy, sau khoảng 100 lần lặp thì sai số đầu ra được cải thiện rất ít, quá trình học có thể được coi là đã hội tụ.



Hình 8. Giá trị của hàm sai số đầu ra trong quá trình học mạng VQC

Kết quả huấn luyện, mạch VQC phân loại chính xác 108 mẫu trong tổng số 120 mẫu, đạt độ chính xác 90%. Kết quả kiểm tra trên 30 mẫu mới, mạch VQC phân loại chính xác 28 mẫu, đạt độ chính xác 93,33%.

Bộ số liệu mẫu học và kiểm tra được sử dụng để chạy thử với hai mô hình nhận dạng kinh điển là mô hình phân lớp K-means và mô hình Fuzzy Clustering [15, 23]. Kết quả nhận dạng được tổng hợp như trong Bảng 2.

Bảng 2. Các kết quả nhận dạng bằng các mô hình kinh điển và bằng VQC

Mô hình	Sai số học	Sai số học (%)	Sai số kiểm tra	Sai số kiểm tra (%)
K-means 3 lớp	13	10,83%	4	13,33%
Fuzzy Clustering	12	10%	4	13,33%
VQC	12	10	2	6,67%

Các kết quả mô phỏng cho thấy mạng VQC có khả năng tương tự như các mô hình kinh điển. Với các kết quả học khá tương đương nhau, mạng VQC có kết quả kiểm tra tốt hơn so với hai mạng kinh điển đã thử nghiệm là K-means và Fuzzy Clustering. Tuy nhiên, do bộ số liệu còn hạn chế nên các kết quả bước đầu này còn cần được kiểm chứng lại với các bài toán khác, nhất là với các bài toán có các bộ số liệu lớn, quá trình học phức tạp và có nhiều các điểm cực trị địa phương có ảnh hưởng tiêu cực tới chất lượng của quá trình học.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về khả năng sử dụng mô hình mạch phân loại bằng biến thiên lượng tử VQC để áp dụng cho các bài toán nhận dạng. Giải pháp trong bài báo này đã mở rộng khả năng nhận dạng các bài toán hai lớp thành khả năng nhận dạng các bài toán đa lớp sử dụng phương pháp one\_versus\_all. Giải pháp đã được áp dụng thử nghiệm cho bộ dữ liệu nhận dạng hoa diên vĩ, và đã được so sánh với hai phương pháp kinh điển là phân loại bằng K-means và phân loại bằng Fuzzy Clustering cho thấy đạt độ chính xác khi kiểm tra cao hơn so với các phương pháp kinh điển khi sai số của các quá trình học là tương đương nhau. Các kết quả này phần nào cho thấy được tiềm năng của mạch VQC nói riêng và các mô hình tính toán lượng tử nói chung trong việc giải quyết các bài toán với tín hiệu chính xác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Gillespie D.T (1974), *A Quantum Mechanics Primer: An Introduction to the Formal Theory of Non-relativistic Quantum Mechanics*, John Wiley & Sons, New York.
- [2]. Hannabuss K (1997), *An Introduction to Quantum Theory*, Oxford University Press, New York.
- [3]. Adleman L.M., DeMarrais J., Huang M.D.A. (1997), *Quantum computability*, SIAM Journal on Computing, 26(5):1524–1540.
- [4]. Aharonov D (1999), *Quantum computation*, Annual Reviews of Computational Physics VI, pp. 259–346.
- [5]. Bennett C.H., Bernstein E., Brassard G., Vazirani U (1997), *Strengths and weaknesses of quantum computing*, SIAM Journal on Computing, 26(5):1510–1523, 1997.
- [6]. Zhao W., Wang Y., Qu Y., Ma H., Wang S (2022), *Binary Classification Quantum Neural Network Model Based on Optimized Grover Algorithm*, Entropy, vol. 24(12), doi.org/10.3390/e24121783.

- [7]. Bokhan D., Mastiukova A., Boev A., Trubnikov D., Fedorov A (2022), *Multiclass classification using quantum convolutional neural networks with hybrid quantum-classical learning*, Front. Phys., Sec. Quantum Engineering and Technology, vol. 10, doi.org/10.3389/fphy.2022.1069985.
- [8]. Barenco A. et al (1995), *Elementary gates for quantum computation*, *Physical Review A*, 52(5):3457–3467.
- [9]. Alberto Peruzzo et al (2014), *A variational eigenvalue solver on a photonic quantum processor*, *Nature Communications*, vol. 5, Article number: 4213.
- [10]. Schuld M., Sinayskiy I., Petruccione F (2014), *The quest for a quantum neural network*, *Quantum Information Processing*, vol. 13, pp. 2567–2586.
- [11]. Farhi, E., Neven, H (2018), *Classification with quantum neural networks on near term processors*, <https://arxiv.org/abs/1802.06002>
- [12]. Havlicek V. et al (2019), *Supervised learning with quantum-enhanced feature spaces*, *Nature*, 567(7747), 209–212.
- [13]. Benedetti M., Realpe-Gómez J., Biswas R., Perdomo-Ortiz A (2019), *Parameterized quantum circuits as machine learning models*, *Quantum Science and Technology*, 4(4), 043001.
- [14]. Fisher R.A. (1936), *The use of multiple measurements in taxonomic problems*, *Annual Eugenics*, 7, Part II, pp. 179–188.
- [15]. Trần Hoài Linh (2017), *Kỹ thuật nhận dạng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [16]. Maria Schuld, Alex Bocharov, Krysta M. Svore, Nathan Wiebe (2020), *Circuit-centric quantum classifiers*, *Physics Reviews A*, vol. 101(3), pp. 032308.
- [17]. Maria Schuld, Ryan Sweke, Johannes Jakob Meyer. (2021), *The effect of data encoding on the expressive power of variational quantum machine learning models*, *Physics Reviews A*, vol. 103(3), pp. 032430.
- [18]. Jacob Biamonte, Peter Wittek, Nicola Pancotti, Patrick Rebentrost, Nathan Wiebe, Seth Lloyd. (2017), *Quantum Machine Learning*, *Nature* 549, pp. 195–202.
- [19]. Sukin Sim, Peter D. Johnson, Alan Aspuru-Guzik (2019), *Expressibility and Entangling Capability of Parameterized Quantum Circuits for Hybrid Quantum-Classical Algorithms*, *Advanced Quantum Technology*, vol. 2.
- [20]. Anugrah M. (2022), VQC PauliFeatureMap Iris Dataset, <https://www.kaggle.com/code/muhammadrizkyanugrah/vqc-paulifeaturemap-iris-dataset>.
- [21]. Powell, M.J.D. (1994), *A direct search optimization method that models the objective and constraint functions by linear interpolation*, In Fiacco A.V., McCormick G.P. (eds.). *Nonlinear optimization and related topics*. New York: Springer. pp. 51–67.
- [22]. Quantum Optics and Quantum Information Group, University of Paderborn (2022), PySCF Documentation: COBYLA optimizer. <https://sunqm.github.io/pyscf/opt.html#cobyala-optimizer>
- [23]. Haykin S. (1998), *Neural networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall.

---

#### AUTHOR INFORMATION

**Tran Hoai Linh**

Corresponding Author: [linh.tranhoai@hust.edu.vn](mailto:linh.tranhoai@hust.edu.vn)

Hanoi University of Science and Technology.