



**Tạp chí**

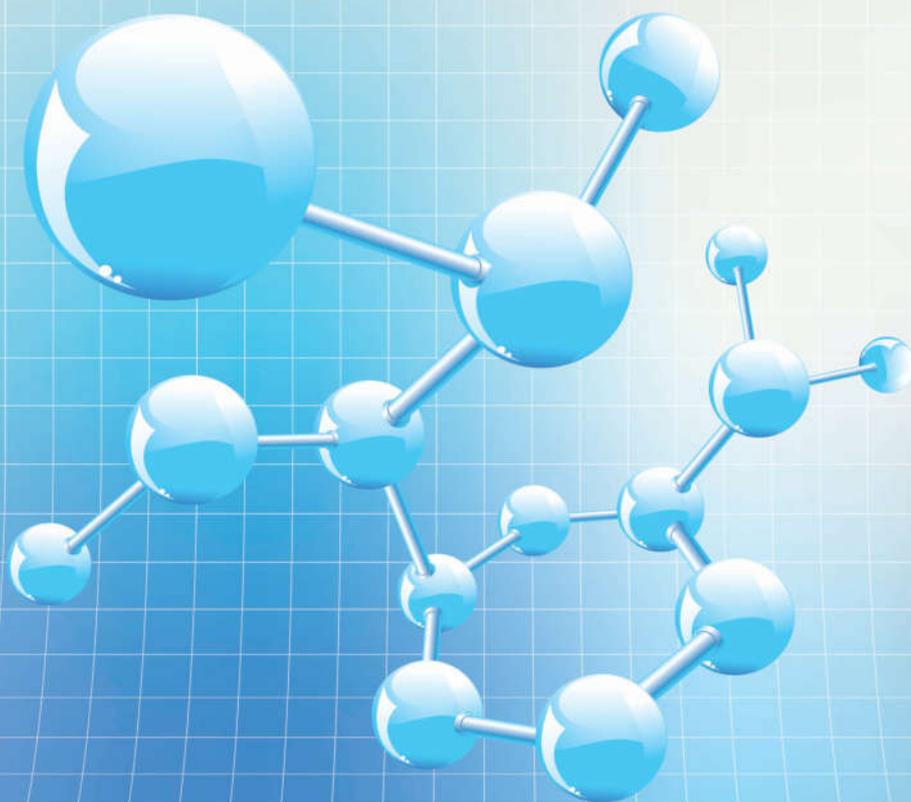
# **NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**Đ A I H O C S A O Đ O**

**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

P. ISSN 1859-4190

E. ISSN 2815-553X



**Số 2 (85)**

**2024**

**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**

NGND.TS. Đinh 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. Đinh Văn Sơn

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**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

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

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Quoc Cuong

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Tran Van Dich

Prof.Dr. Pham Minh Tuan

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Doan Y

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Dr. Vu Quang Thap

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất

Prof.Dr. Do Quang Khang

Dr. Bui Van Ngoc

Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van 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

**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 các chế độ làm việc của máy điện từ kháng SRM-2x550 5 Phạm Công Tảo  
Trần Duy Khánh  
Phạm Thị Hoan
- Phương pháp phát hiện tự động và cải thiện tỷ lệ giải mã mã Datamatrix trong công nghiệp 12 Hà Minh Tuấn  
Nguyễn Phương Ty  
Lê Thị Mai  
Lê Ngọc Hòa  
Nguyễn Thị Phương Oanh  
Phạm Thị Thảo
- Nghiên cứu mối liên hệ giữa tốc độ truyền thông và tốc độ đọc encoder trong điều khiển robot 17 Đàm Hải Quân  
Lê Thị Hồng Gấm  
Bùi Trung Thành  
Phạm Văn Bạch Ngọc

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ thêu đến độ co hình thêu trên vải Pe/Co 22 Đỗ Thị Tần  
Nguyễn Quang Thoại
- Nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ và chu kỳ giặt đến độ giãn và phục hồi giãn của vải dệt kim cotton 28 Tạ Văn Hiến  
Nguyễn Thị Hiền
- Quan sát dòng kim loại khi hàn bằng công nghệ hình ảnh X-ray đa chiều 34 Phùng Danh Sa  
Ngô Hữu Mạnh  
Trịnh Văn Cường  
Mạc Thị Nguyên  
Nguyễn Văn Anh
- Ứng dụng mô phỏng số thiết kế biên dạng cam trụ cần tịnh tiến theo phương pháp vết 40 Mạc Văn Giang  
Đào Văn Kiên
- Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mô phỏng vật liệu rời trong tối ưu hóa thông số làm việc của cơ cấu cấp hạt trên máy bóc vỏ hạt sen tươi 47 Hà Đình Soát  
Nguyễn Hữu Chấn  
Dương Thị Hà  
Vũ Tiến Hiếu

NGÀNH KINH TẾ

- Nghiên cứu nhận thức và định hướng của sinh viên khoa Kinh tế Trường Đại học Sao Đỏ về nhân lực trong nền kinh tế số 54 Vũ Thị Lý

#### NGÀNH KINH TẾ

Tác động của các yếu tố thuộc về quản lý nguồn nhân lực xanh đối với hiệu suất xanh của doanh nghiệp	60	Phạm Thị Lĩnh Phạm Thị Mộng Hằng
Các yếu tố ảnh hưởng đến động lực làm việc của người lao động tại các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương	66	Nguyễn Thị Huệ
Đẩy mạnh hoạt động E-Marketing trong phát triển du lịch chất lượng cao trên địa bàn tỉnh Hải Dương	72	Vũ Thị Hương
Công tác kế toán tiền lương và bảo hiểm bắt buộc tại các doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn tỉnh Hải Dương - Thực trạng và giải pháp	78	Nguyễn Thị Quỳnh Vũ Thị Lý Định Thị Kim Thiết Đoàn Thị Thu Hằng

#### NGÀNH TOÁN HỌC

Điều khiển phản hồi của phương trình 2D $g$ -Navier-Stokes bằng các tham số xác định hữu hạn	84	Nguyễn Việt Tuấn Nguyễn Kiều Hiền
--	----	--------------------------------------

#### LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - THỰC PHẨM

Tổng hợp và nghiên cứu tính chất phát quang của hệ hybrid cluster/perovskite ứng dụng trong chiếu sáng	90	Phạm Thị Điệp Mạc Thị Lê
--	----	-----------------------------

#### NGÀNH GIÁO DỤC HỌC

Giáo dục trực tuyến - xu hướng đào tạo du lịch trong bối cảnh hội nhập phát triển kinh tế	97	Nguyễn Thị Sao Tăng Thị Hồng Minh
Đánh giá văn hóa ứng xử trong du lịch bằng phương pháp định lượng: Nghiên cứu các điểm du lịch tỉnh Hải Dương	103	Nguyễn Thị Thảo

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

Vận dụng Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII của Đảng Cộng sản Việt Nam vào giảng dạy Chủ nghĩa xã hội khoa học	109	Nguyễn Thị Nhan Nguyễn Mạnh Tường
Tư tưởng Hồ Chí Minh về giải phóng dân tộc và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam trong công cuộc đổi mới	115	Nguyễn Thị Hiền
Giảng dạy các học phần lý luận chính trị cho sinh viên ở Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay	122	Phạm Xuân Đức

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

- Research on working modes of switched reluctance machine SRM-2×550 5 Pham Cong Tao  
Tran Duy Khanh  
Pham Thi Hoan
- A methodology for automatic detection and improving Datamatrix code decoding rate in industry 12 Ha Minh Tuan  
Nguyen Phuong Ty  
Le Thi Mai  
Le Ngoc Hoa  
Nguyen Thi Phuong Oanh  
Pham Thi Thao
- Research the relationship between microcontroller communication speed and encoder value in robot control 17 Dam Hai Quan  
Le Thi Hong Gam  
Bui Trung Thanh  
Pham Van Bach Ngoc

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

- The influence of some embroidery technology factors on the shrinkage of embroidery patterns on Pe/Co fabric 22 Do Thi Tan  
Nguyen Quang Thoai
- Research the effects of temperature and washing cycle on the stretch and stretch recovery of cotton knitted fabrics 28 Ta Van Hien  
Nguyen Thi Hien
- Metal flow observation by multi-dimensional innovated X-ray image technology 34 Phung Danh Sa  
Ngo Huu Manh  
Trinh Van Cuong  
Mac Thi Nguyen  
Nguyen Van Anh
- Application of digital simulation for designing the profile of a cam cylinder that needs translation according to the trace method 40 Mac Van Giang  
Dao Van Kien
- Study on the application of discrete element method in optimizing operating parameters of the feeding mechanism in fresh lotus seed decorticating machine 47 Ha Dinh Soat  
Nguyen Huu Chan  
Duong Thi Ha  
Vu Tien Hieu

**TITLE FOR ECONOMICS**

- Research on perception and orientation of students of the faculty of Economics of Sao Do University on human resources in the digital economy 54 Vu Thi Ly

**TITLE FOR ECONOMICS**

- The impact of green human resource management factors on enterprises green performance 60 Pham Thi Linh  
Pham Thi Mong Hang
- Factors affecting the work motivation of workers in industrial parks in Hai Duong province 66 Nguyen Thi Hue
- Promote E-Marketing activities in developing high-quality tourism in the Hai Duong province 72 Vu Thi Huong
- Salary accounting and compulsory insurance at construction enterprises in Hai Duong province - current situation and solutions 78 Nguyen Thi Quynh  
Vu Thi Ly  
Dinh Thi Kim Thiet  
Doan Thi Thu Hang

**TITLE FOR MATHEMATICS**

- Feedback control of 2D g-Navier-Stokes equations by finite determining parameters 84 Nguyen Viet Tuan  
Nguyen Kieu Hien

**TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY**

- Study of luminescent properties of hybrid cluster/perovskite systems applied in lighting 90 Pham Thi Diep  
Mac Thi Le

**TITLE FOR EDUCATION**

- Online education - the trend on tourism training in the context of economic integration and development 97 Nguyen Thi Sao  
Tang Thi Hong Minh
- Assessing behaviour culture in tourism by quantitative methods: Research tourist destinations in Hai Duong province 103 Nguyen Thi Thao

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

- Applying Documents of the 13<sup>th</sup> National Congress of the Communist Party of Vietnam to teaching Scientific Socialism 109 Nguyen Thi Nhan  
Nguyen Manh Tuong
- Ho Chi Minh's ideology on national defense and the application of the Communist Party of Vietnam in the reform process 115 Nguyen Thi Hien
- Teaching political theory courses for students at Sao Do University today 122 Pham Xuan Duc

# Feedback control of 2D $g$ -Navier-Stokes equations by finite determining parameters

## Điều khiển phản hồi của phương trình 2D $g$ -Navier-Stokes bằng các tham số xác định hữu hạn

Nguyen Viet Tuan\*, Nguyen Kieu Hien

\*Corresponding Author: nguyentuandhsd@gmail.com

Sao Do University

Received date: 06/4/2024

Accepted date: 05/6/2024

Published date: 30/6/2024

### Abstract

The paper studies the issue of stabilization of solutions to the  $g$ -Navier-Stokes equations in a two-dimensional bounded domain  $\Omega$  by finitedimensional feedback control. The designed feedback control scheme are based on the finite number of determining parameters (degrees of freedom), namely, finite number of determining Fourier modes, determining nodes, and determining interpolants and projections.

**Keywords:**  $g$ -Navier-Stokes equations; feedback controller; stationary solutions; stabilization.

### Tóm tắt

Bài viết nghiên cứu vấn đề ổn định hóa nghiệm của phương trình  $g$ -Navier-Stokes trong miền hai chiều bị chặn  $\Omega$  bằng điều khiển phản hồi hữu hạn chiều. Sơ đồ điều khiển phản hồi được thiết kế dựa trên số lượng hữu hạn các tham số xác định (bậc tự do), cụ thể là số hữu hạn của các mode Fourier xác định, các nút xác định, các phép nội suy và phép chiếu xác định.

**Từ khóa:** Phương trình  $g$ -Navier-Stokes; điều khiển phản hồi; nghiệm dừng; ổn định hóa.

### 1. INTRODUCTION

Let  $\Omega = [0, L]^2$ ,  $L > 0$ , be a domain in  $\mathbb{R}^2$  with boundary  $\partial\Omega$ . We consider the following 2D  $g$ -Navier-Stokes equations with periodic boundary conditions.

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - \nu \Delta u + (u \cdot \nabla)u = \nabla p + f & \text{in } \Omega \times \mathbb{R}^+ \\ \nabla \cdot (gu) = 0 & \text{in } \Omega \times \mathbb{R}^+ \\ u(0, t) = u(L, t) & t \in \mathbb{R}^+ \\ u(x, 0) = u_0(x), & x \in \Omega \end{cases} \quad (1)$$

Where  $u = u_{(x,t)} = (u_1, u_2)$  is the unknown velocity vector,  $p = p(x, t)$  is the unknown pressure,  $\nu > 0$  is the kinematic viscosity coefficient,  $u_0$  is the initial velocity.

The 2D  $g$ -Navier-Stokes equations arise in a natural way when we study the standard 3D Navier-Stokes problem in a 3D thin domain  $\Omega_g = \Omega \times (0, g)$  (see [16]). As mentioned in [15,16] good properties of the 2D  $g$ -Navier-Stokes equations can lead to an initial study of the 3D Navier-Stokes equations in the thin domain

$\Omega_g$ . In the last few years, the existence and long-time behavior of solutions in terms of existence of attractors for 2D  $g$ -Navier-Stokes equations have been studied extensively in both autonomous and non-autonomous cases (see e.g. [1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 16] and references therein).

In this paper we will study the problem of stability and stabilization for strong stationary solutions to (1). To do this, we assume that the function  $g$  satisfies the following assumption:

(G)  $g \in W^{1,\infty}(\Omega)$  such that

$0 < m_0 \leq g(x) \leq M_0$  for all  $x = (x_1, x_2) \in \Omega$

and  $|\nabla g|_\infty < m_0 \lambda_1^{1/2}$

Where  $\lambda_1 > 0$  is the first eigenvalue of the  $g$ -Stokes operator in  $\Omega$  (i.e. the operator  $A$  is defined in Section 2 below).

The aim of this paper are twofold. First, we shall show the existence, uniqueness and stability of strong stationary solutions to Problem (1). The existence of stationary solutions is proved by using the compactness method. When the viscosity is "larger" than the external force, we show that the stationary solution is unique and is globally exponentially stable. In other cases, i.e. when

Reviewers: 1. Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh  
2. Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Tuyen

stationary solutions are not unique and unstable, we show that any stationary solution to 2D  $g$ -Navier-Stokes equations can be exponentially stabilized by using an interpolant operator as feedback controllers. Here the feedback control scheme only uses finitely many of observables and controllers, such as finite number of determining Fourier modes, determining nodes, and determining interpolants and projections (see, e.g., [3]) for the theory of such determining functionals.

This paper is organized as follows. In Section 2, for convenience of the reader, we recall some results on function spaces and operators related to 2D  $g$ -Navier-Stokes equations which will be used. We also show the existence, uniqueness and exponential stability of strong stationary solutions to 2D  $g$ -Navier-Stokes equations. In the last section, we show that any unstable stationary solution to  $g$ -Navier-Stokes equations can be exponentially stabilizable by using finite-dimensional feedback control.

## 2. PRELIMINARY RESULTS

Let  $\mathbb{L}^2(\Omega, g) = (L^2(\Omega))^2$  and  $\mathbb{H}_0^1(\Omega, g) = (H_0^1(\Omega))^2$  be endowed, respectively, with the inner products

$$(u; v)_g = \int_{\Omega} u \cdot v g dx, \quad u, v \in \mathbb{L}^2(\Omega, g)$$

and

$$((u; v))_g = \int_{\Omega} \sum_{j=1}^2 \nabla u_j \cdot \nabla v_j g dx$$

$$u = (u_1, u_2), v = (v_1, v_2) \in \mathbb{H}_0^1(\Omega, g)$$

and norms  $|u|^2 = (u, u)_g$ ,  $\|u\|^2 = ((u, u))_g$ . Thanks to assumption (G), the norms  $|\cdot|$  and  $\|\cdot\|$  are equivalent to

the usual ones in  $(L^2(\Omega))^2$  and in  $(H_0^1(\Omega))^2$ . Let

$$\mathcal{V} = \{u \in (C_0^\infty(\Omega))^2 : \nabla \cdot (gu) = 0\}.$$

Denote by  $H_g$  the closure of  $\mathcal{V}$  in  $\mathbb{L}^2(\Omega, g)$ , and by  $V_g$  the closure of  $\mathcal{V}$  in  $\mathbb{H}_0^1(\Omega, g)$ . It follows that  $V_g \subset H_g \equiv H'_g \subset V'_g$ , where the injections are dense and continuous. We will use  $\|\cdot\|_*$  for the norm in  $V'_g$  and  $\|\cdot\|_*$  for duality pairing between  $V_g$  and  $V'_g$ . We define the  $g$ -Stokes operator  $A: V_g \rightarrow V'_g$  by

$$\langle Au, v \rangle = ((u, v))_g, \quad \text{for all } u, v \in V_g.$$

Then  $A = -P_g \Delta$  and  $D(A) = H^2(\Omega, g) \cap V_g$ .

Where  $P_g$  is the ortho-projector from  $\mathbb{L}^2(\Omega, g)$  onto  $H_g$ . We also define the operator  $B: V_g \times V_g \rightarrow V'_g$  by

$$(B(u, v), w) = b(u, v, w), \quad \text{for all } u, v, w \in V_g.$$

Where

$$b(u, v, w) = \sum_{i,j=1}^2 \int_{\Omega} u_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} w_j g dx.$$

It is easy to check that if  $u, v, w \in V_g$ , then

$$(b(u, v, w) = -b(u, w, v), \quad b(u, v, v) = 0.$$

In the case of periodic boundary conditions the bilinear term possesses the additional orthogonality property (see [16]):

$$b(u, u, Au) = 0, \quad \forall u \in D(A) \tag{2}$$

Furthermore, we define  $C: V_g \rightarrow H_g$  by:

$$(Cu, v)_g = \left( \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u, v \right)_g = b \left( \frac{\nabla g}{g}, u, v \right), \quad \forall v \in V_g.$$

Since

$$-\frac{1}{g} (\nabla \cdot g \nabla) u = -\Delta u - \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u,$$

We have.

$$\begin{aligned} (-\Delta u, v)_g &= ((u, v))_g + \left( \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u, v \right)_g \\ &= (Au, v)_g + \left( \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u, v \right)_g, \quad \forall u, v \in V_g. \end{aligned}$$

In what follows, we will frequently use the following inequalities:

Cauchy's inequality.

$$ab \leq \varepsilon a^2 + \frac{b^2}{4\varepsilon}, \quad \text{for all } a, b, \varepsilon > 0.$$

Young's inequality.

$$ab \leq \varepsilon a^p + \frac{1}{(\varepsilon p)^{q/p} q} b^q, \quad \text{for all } a, b, \varepsilon > 0,$$

With:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1, \quad 1 < p, q < +\infty.$$

We recall some known results which will be used in the paper.

**Lemma 1** ([1]). If  $n = 2$ , then.

$$|b(u, v, w)| \leq \begin{cases} c_1 |u|^{1/2} \|u\|^{1/2} \|v\| |w|^{1/2} \|w\|^{1/2} \\ \quad \forall u, v, w \in V_g \\ c_2 |u|^{1/2} \|u\|^{1/2} \|v\|^{1/2} |Av|^{1/2} |w| \\ \quad \forall u \in V_g, v \in D(A), w \in H_g \\ c_3 |u|^{1/2} |Au|^{1/2} \|v\| |w|. \\ \quad \forall u \in D(A), v \in V_g, w \in H_g \\ c_4 |u| \|v\| |w|^{1/2} |Aw|^{1/2} \\ \quad \forall u \in H_g, v \in V_g, w \in D(A) \end{cases}$$

Where:  $c_i, i = 1, \dots, 4$ , are appropriate constants.

**Lemma 2** ([2]).

Let  $u \in L^2(0, T; D(A)) \cap L^\infty(0, T; V_g)$ , then the function  $Bu$  defined by:

$$(Bu(t), v)_g = b(u(t), u(t), v)$$

$$\forall v \in H_g, \text{ a.e. } t \in [0, T]$$

Belongs to  $L^4(0, T; H_g)$ , therefore also belongs to  $L^2(0, T; H_g)$ .

**Lemma 3** ([4]). Let  $u \in L^2(0, T; H_g)$ , then the function  $Cu$  defined by:

$$\begin{aligned} (Cu(t), v)_g &= \left( \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u, v \right)_g \\ &= b\left( \frac{\nabla g}{g}, u, v \right), \forall v \in V_g \end{aligned}$$

Belongs to  $L^2(0, T; H_g)$  and hence also belongs to  $L^2(0, T; V'_g)$ . Moreover,

$$\|Cu(t)\| \leq \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0} \|u(t)\|, \text{ for a.e. } t \in (0, T),$$

$$\|Cu(t)\|_* \leq \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}} \|u(t)\|, \text{ for a.e. } t \in (0, T)$$

**Definition 1.** Let  $f \in H_g$  be given. A strong stationary solution to problem (1) is an element  $u^* \in D(A)$  such that.

$$\nu Au^* + \nu Cu^* + B(u^*, u^*) = f \text{ in } H_g \tag{3}$$

We have the following result.

**Theorem 1** ([15]). If  $f \in H_g$ , then problem admits at least one strong stationary solution  $u^*$  satisfying.

$$\|u^*\| \leq \frac{1}{\lambda_1^{1/2} \nu \left( 1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}} \right)} \|f\| \tag{4}$$

Moreover, if the following condition holds.

$$\nu^2 \left( 1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}} \right)^2 > \frac{c_1 \|f\|}{\lambda_1} \tag{5}$$

Where:  $c_1$  is the constant in Lemma 1, then the strong stationary solution to (1) is unique and globally exponentially stable.

**3. STABILIZATION OF THE 2D  $g$ -NAVIER-STOKES EQUATION BY USING AN INTERPOLANT OPERATOR AS FEEDBACK CONTROLLERS**

Let  $u^*$  be a strong stationary solution to problem (1). From the results of Theorem, it is known that if condition (5) does not hold, that is, when.

$$\nu^2 \left( 1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}} \right)^2 \leq \frac{c_1 \|f\|}{\lambda_1} \tag{6}$$

Then problem (1) may have more than one stationary solution and thus the solution  $u^*$  may be unstable. In this section, we will stabilize the solution  $u^*$  by using an interpolant operator as feedback controllers.

We consider the following controlled 2D  $g$ -Navier-Stokes equations with interpolant operator  $I_h$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - \nu \Delta u + (u \cdot \nabla)u + \nabla p \\ = -\mu I_h(u - u^*) + f \text{ in } \Omega \times \mathbb{R}^+ \\ \nabla \cdot (gu) = 0 \quad \text{in } \Omega \times \mathbb{R}^+ \\ u(0, t) = u(L, t) \quad t \in \mathbb{R}^+ \\ u(x, 0) = u_0 \quad \text{in } \Omega \end{cases}$$

Where:  $f \in H_g$  is given.

We will consider two cases of  $I_h$  which were introduced in [3] to stabilize the stationary solution  $u^*$  when the stability condition (5) does not hold. We consider interpolant observables given by linear interpolants  $I_h: D(A) \rightarrow H_g$ , that satisfy the following approximation property:

$$\begin{aligned} \|\varphi - I_h(\varphi)\|^2 &\leq \frac{1}{2} c_0^2 h^2 \|\varphi\|^2 + \frac{1}{4} c_0^4 h^4 |A\varphi|^2 \\ &\forall \varphi \in D(A), \end{aligned} \tag{7}$$

For some positive constant  $c_0 > 0$ .

Our main result is the following:

**Theorem 2.** Let  $f \in H_g$  and  $u^*$  be any strong stationary solution to (1) as in Theorem 1. Suppose  $I_h$  satisfies (8),  $\mu$  and  $h$  be positive parameters such that  $\mu c_0^2 h^2 < \nu$  and.

$$\begin{aligned} (Cu(t), v)_g &= \left( \left( \frac{\nabla g}{g} \cdot \nabla \right) u, v \right)_g \\ &= b\left( \frac{\nabla g}{g}, u, v \right), \forall v \in V_g \end{aligned} \tag{8}$$

Where:  $c_2, c_3$  are the constants in Lemma 1.

Then for each  $u_0 \in V_g$ , there exists a solution  $u$  to system (7) satisfies for any  $T > 0$ ,

$$u \in C([0, T]; V_g) \cap L^2(0, T; D(A))$$

$$\frac{du}{dt} \in L^2(0, T; H_g)$$

and

$$\|u(t) - u^*\| \leq \|u_0 - u^*\| e^{-\lambda t}, \forall t \geq 0 \tag{9}$$

Where:

$$\lambda = \mu + \frac{\nu \lambda_1}{4} - 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} - \frac{216c^4 \|f\|^4}{\nu^7 \lambda_1^3 \left( 1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}} \right)^4}$$

*Proof.* We set  $z = u - u^*$  and rewrite system (7) as

$$\begin{cases} z' + \nu Az + \nu Cz + Bz + B_0 z + \mu P_g I_h(z) = 0 \\ z(0) = u(0) - u^* =: z_0 \end{cases} \quad (10)$$

Where:  $P_g$  is the orthogonal projector from  $\mathbb{L}^2(\Omega, g)$  onto  $H_g$  and  $B_\nu z$  is defined by:

$$(B_\nu z, w)_g = b(u^*, z, w) + b(z, u^*, w), \forall w \in V_g.$$

(i) Existence. Let  $\{w_j\}_{j=1}^\infty$  be a basis of  $D(A)$  consisting of eigenfunctions of the  $g$ -Stokes operator  $A$ . First, we use the  $n$ -dimensional Galerkin approximation  $z_n = \sum_{j=1}^n z_{nj}(t)w_j$ . The equation for  $z_n$  is.

$$\begin{cases} z'_n + \nu Az_n + \nu P_n Cz_n + P_n Bz_n + P_n B_0 z_n + \mu P_n P_g I_h(z_n) = 0 \\ z_n(0) = P_n z_0 \end{cases} \quad (11)$$

Where:  $P_n z = \sum_{j=1}^n (z, w_j)w_j$  Taking the inner product of

(12) with  $Az_n$  and noticing that  $P_n z_n = z_n$ , we have:

$$\begin{aligned} & (z'_n, Az_n)_g + \nu (Az_n, Az_n)_g + \nu (Cz_n, Az_n)_g \\ & + (Bz_n, Az_n)_g + (B_0 z_n, z_n)_g \\ & + \mu (I_h(z_n), Az_n)_g = 0 \end{aligned}$$

as

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|z_n\|^2 + \nu |Az_n|^2 = -\nu (Cz_n, Az_n)_g \\ & - b(u^*, z_n, Az_n) - b(z_n, u^*, Az_n) \\ & - \mu (I_h(z_n), Az_n)_g \end{aligned}$$

Since  $(Bz_n, Az_n)_g = b(z_n, z_n, Az_n) = 0$ .

By the Cauchy inequality and using (8) we obtain.

$$\begin{aligned} & -\mu (I_h(z_n), Az_n)_g \\ & = \mu (z_n - I_h(z_n), Az_n)_g - \mu \|z_n\|^2 \\ & \leq \frac{\mu^2}{\nu} |z - I_h(z_n)|^2 + \frac{\nu}{4} |Az_n|^2 - \mu \|z_n\|^2 \\ & \leq \frac{\mu^2 c_0^2 h^2}{2\nu} \|z_n\|^2 + \frac{\mu^2 c_0^4 h^4}{4\nu} |Az_n|^2 \\ & + \frac{\nu}{4} |Az_n|^2 - \mu \|z_n\|^2 \\ & \leq \frac{\nu}{2} |Az_n|^2 - \frac{\mu}{2} \|z_n\|^2 \end{aligned} \quad (12)$$

Where we used the assumption  $\mu c_0^2 h^2 \leq \nu$ . Using Lemmas 1 and 3, we see that.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|z_n\|^2 + \nu |Az_n(t)|^2 \leq \\ & \nu \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0} \|z_n\| |Az_n| \\ & + c_2 |u^*|^{1/2} \|u^*\|^{1/2} \|z_n\|^{1/2} |Az_n|^{3/2} + \\ & \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|z_n\|^2 + \nu |Az_n(t)|^2 \\ & \leq \nu \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0} \|z_n\| |Az_n| \\ & + c_2 |u^*|^{1/2} \|u^*\|^{1/2} \|z_n\|^{1/2} |Az_n|^{3/2} + \\ & c_3 |z_n|^{1/2} \|u^*\| |Az_n|^{3/2} + \frac{\nu}{2} |Az_n|^2 \\ & - \frac{\mu}{2} \|z_n\|^2 \\ & \leq \nu \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0} \|z_n\| |Az_n| \\ & + c |u^*|^{1/2} \|u^*\|^{1/2} \|z_n\|^{1/2} |Az_n|^{3/2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + c |z_n|^{1/2} \|u^*\| |Az_n|^{3/2} + \frac{\nu}{2} |Az_n|^2 - \frac{\mu}{2} \|z_n\|^2 \\ & \leq \frac{\nu}{8} |Az_n|^2 + 2\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} \|z_n\|^2 + \frac{\nu}{8} |Az_n|^2 + \\ & + \frac{54c^4}{\nu^3} |u^*|^2 \|u^*\|^2 \|z_n\|^2 + \frac{\nu}{8} |Az_n|^2 \\ & + \frac{54c^4}{\nu^3} \|u^*\|^4 \|z_n\|^2 + \frac{\nu}{2} |Az_n|^2 - \frac{\mu}{2} \|z_n\|^2 \end{aligned}$$

Thanks to the Young inequality. This implies.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|z_n\|^2 + \frac{\nu}{2} |Az_n|^2 \leq 2\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} \|z_n\|^2 \\ & + \frac{108c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \|z_n\|^2 - \frac{\mu}{2} \|z_n\|^2 \end{aligned}$$

So that

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \|z_n\|^2 + \frac{\nu}{4} |Az_n|^2 \leq \\ & \left( -\mu + 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} + \frac{216c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \right) \|z_n\|^2 \end{aligned} \quad (13)$$

Integrating both sides between 0 and  $t$  yields.

$$\begin{aligned} & \|z_n(t)\|^2 + \frac{\nu}{4} \int_0^t |Az_n(s)|^2 ds \\ & \leq \left( -\mu + 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} + \frac{216c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \right) \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \int_0^t \|z_n(s)\|^2 ds + \|z_n(0)\|^2 \\ & \leq \left( -\mu + 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} + \frac{216c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \right) \times \\ & \quad \times \int_0^t \|z_n(s)\|^2 ds + \|z(0)\|^2. \end{aligned}$$

Rewriting this as,

$$\begin{aligned} & \|z_n(t)\|^2 + \frac{\nu}{4} \int_0^t |Az_n(s)|^2 ds \\ & + \left( \mu - 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} - \frac{216c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \right) \times \\ & \quad \times \int_0^t \|z_n(s)\|^2 ds \leq \|z(0)\|^2 \end{aligned}$$

and using (4) we obtain.

$$\begin{aligned} & \|z_n(t)\|^2 + \frac{\nu}{4} \int_0^t |Az_n(s)|^2 ds \\ & + \left[ \mu - 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} - \frac{216c^4 |f|^4}{\nu^7 \lambda_1^3 \left(1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}}\right)^4} \right] \times \quad (14) \\ & \quad \times \int_0^t \|z_n(s)\|^2 ds \leq \|z(0)\|^2. \end{aligned}$$

Because of (9), the third term on the left - hand side of (15) is positive and this implies that  $\{Z_n\}$  is bounded in.

$$L^\infty(0, T; V_g) \cap L^2(0, T; D(A)).$$

By applying the arguments as while the proof of Theorem 2, we obtain.

$$\frac{dz}{dt} + \nu Az + \nu Cz + Bz + B_0 z + \mu P_g I_h(z) = 0 \quad (15)$$

in  $L^2(0, T; H_g)$

and  $z(0) = z_0$ . This proves that  $z$  is a solution of (11).(ii) Stabilization. Take the inner product of (12) with  $Az$  gives.

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} (z, Az)_g + \nu (Az, Az)_g = \\ & -\nu (Cz, Az)_g - b(z, z, Az) - b(z, u^*, Az) \\ & \quad - b(u^*, z, Az) - \mu (I_h(z), Az)_g. \end{aligned}$$

Thus, using (2), we have.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|z\|^2 + \nu |Az|^2 = -\nu (Cz, Az)_g \\ & - b(z, u^*, Az) - b(u^*, z, Az) - \mu (I_h(z), Az)_g \end{aligned}$$

Hence from (14), we obtain.

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \|z\|^2 + \frac{\nu \lambda_1}{4} \|z\|^2 \leq \\ & \left( -\mu + 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} + \frac{216c^4}{\nu^3 \lambda_1} \|u^*\|^4 \right) \|z\|^2 \end{aligned}$$

and so

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \|z\|^2 \leq \left( -\mu - \frac{\nu \lambda_1}{4} + 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} \right) \|z\|^2 \\ & + \frac{216c^4 |f|^4}{\nu^7 \lambda_1^3 \left(1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}}\right)^4} \|z\|^2. \end{aligned}$$

Therefore, by virtue of Gronwall's inequality and assumption (9), yields.

$$\|z\|^2 \leq e^{-\lambda t} \|z(0)\|^2$$

Where:

$$\lambda = \mu + \frac{\nu \lambda_1}{4} - 4\nu \frac{|\nabla g|_\infty^2}{m_0^2} - \frac{216c^4 |f|^4}{\nu^7 \lambda_1^3 \left(1 - \frac{|\nabla g|_\infty}{m_0 \lambda_1^{1/2}}\right)^4}$$

This completes the proof of the theorem.

### ACKNOWLEDGMENTS

This research is funded by Sao Do University under Grant Number 08.KHCN/23-24.

### REFERENCES

- [1]. C.T. Anh and D.T. Quyet (2012), *Long-time behavior for 2D non-autonomous g-Navier-Stokes equations*, Ann. Pol. Math. 103, 277-302.
- [2]. C.T. Anh, D.T. Quyet and D.T. Tinh (2013), *Existence and finite time approximation of strong solutions of the 2D g-Navier-Stokes equations*, Acta Math. Vietnam. 28, 413-428.
- [3]. A. Azouani, E. Olson and E.S. Titi (2014), *Continuous data assimilation using general interpolant observables* J. Nonlinear Sci. 24, 277-304.
- [4]. H. Bae and J. Roh (2004), *Existence of solutions of the g-Navier-Stokes equations*, Taiwanese J. Math. 8, 85-102.
- [5]. S.C. Brenner and R. Scott (2007), *The Mathematical Theory of Finite Element Methods*, Springer, Berlin, Non-autonomous g-Navier-Stokes.
- [6]. J. Jiang and Y. Hou (2009), *The global attractor of g-Navier-Stokes equations with linear dampness on  $\mathbb{R}^2$* , Appl. Math. Comp. 215, 1068-1076.

- [7]. J. Jiang and Y. Hou (2010), *Pullback attractor of 2D equations on some bounded domains*, *App. Math. Mech.* -Engl. Ed. 31 697-708.
- [8]. J. Jiang, Y. Hou and X. Wang (2011), *Pullback attractor of 2D nonautonomous g-Navier-Stokes equations with linear dampness*, *Appl. Math. Mech.*, Engl. Ed. 32, 151-166.
- [9]. J. Jiang and X. Wang (2013), *Global attractor of 2D autonomous g-Navier-Stokes equations*, *Appl. Math. Mech.* (English Ed.) 34, 385-394.
- [10]. D.A. Jones and E.S. Titi (1992), *Determining finite volume elements for the 2D Navier-Stokes equations*, *Physica D.* 60, 165-174.
- [11]. D.A. Jones and E.S. Titi (1993), *Upper bounds on the number of determining modes, nodes and volume elements for the Navier-Stokes equations*, *Indiana Univ. Math. J.* 42, 875-887.
- [12]. M. Kwak, H. Kwean and J. Roh (2006), *The dimension of attractor of the 2D g-Navier-Stokes equations*, *J. Math. Anal. Appl.* 315, 436-461.
- [13]. [13] H. Kwean (2012), *The  $H^{-1}$ -compact global attractor of two-dimensional g-Navier-Stokes equations*, *Far East J. Dyn. Syst.* 18, 1-20.
- [14]. H. Kwean and J. Roh (2005), *The global attractor of the 2D g-Navier-Stokes equations on some unbounded domains*, *Commun. Korean Math. Soc.* 20, 731-749.
- [15]. D.T. Quyet (2014), *Asymptotic behavior of strong solutions to 2D g-Navier-Stokes equations*, *Commun. Korean Math. Soc.* 29, 505-518.
- [16]. J.C. Robinson (2001), *Introduction to Infinite-Dimensional Dynamical Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.

---

#### THÔNG TIN TÁC GIẢ

**Nguyễn Việt Tuấn\*, Nguyễn Kiều Hiên**

\*Tác giả liên hệ: [nguyentuandhsd@gmail.com](mailto:nguyentuandhsd@gmail.com)

Trường Đại học Sao Đỏ.

# 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](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 2 (85) 2024**



**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 2 (85)**  
**2024**

**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.