



Tạp chí

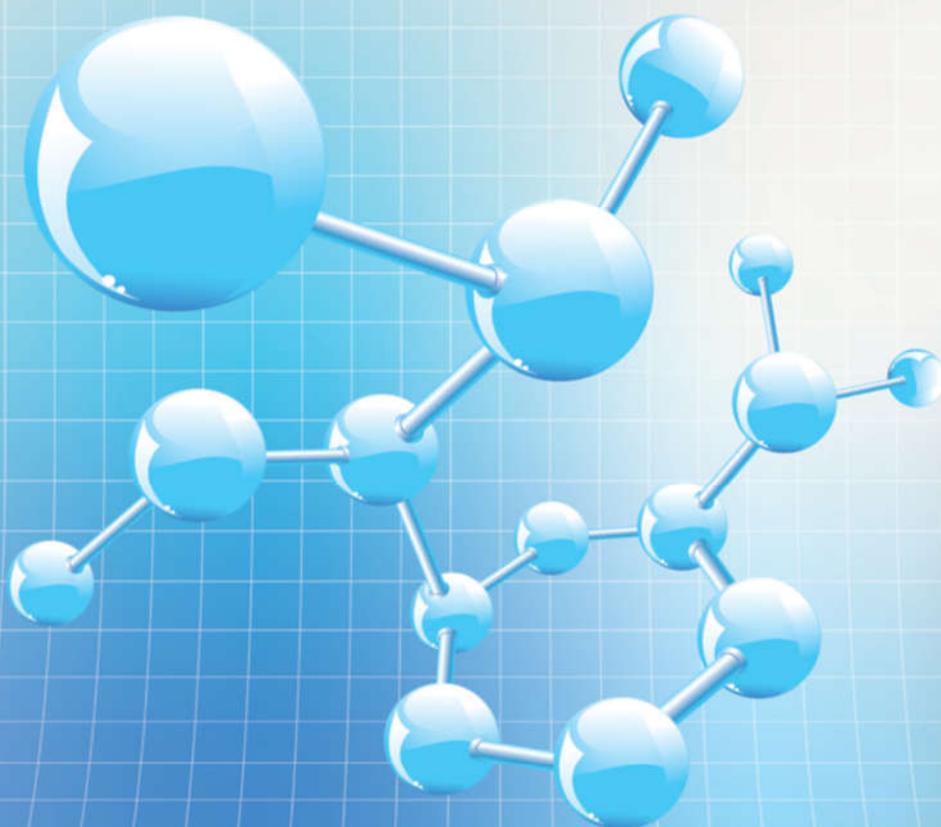
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190

E. ISSN 2815-553X



Số 3 (82)

2023

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**

TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

NGND.TS. Đình 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 Liên

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. Đình 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 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. Tran Thi Ha

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.

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.

TẠP CHÍ

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

TRONG SỐ NÀY

SỐ 3(82) 2023

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

Thiết kế bộ điều khiển bền vững thích nghi trên cơ sở mạng neuron hướng tâm cho robot tìm và làm sạch bản	5	Vũ Thị Yến Nguyễn Thị Sim Dương Thị Hoa
Ăng-ten phân cực kép cho các điểm truy cập vô tuyến 5G trong nhà	12	Lê Thị Cẩm Hà Lương Quang Năng Phạm Hồng Thịnh Nguyễn Trọng Các
Ứng dụng mạng tích chập cho nhận diện biển báo giao thông	17	Nguyễn Thế Trung Đặng Thành Trung Phạm Thị Hường Phạm Văn Kiên

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ nước, thời gian giặt và tốc độ vắt đến độ co của vải kaki thun vân chéo 2/1	23	Đỗ Thị Tần Nguyễn Quang Thoại
Phân tích sức bền giới hạn kết cấu tàu dưới tác dụng của tải trọng tổng thể và tải trọng cục bộ	29	Vũ Văn Tân Nguyễn Thị Hồng Nhung Nguyễn Hữu Chấn Phạm Ngọc Linh
Nghiên cứu, thiết kế và tối ưu hóa cấu trúc kết cấu cơ khí trên thiết bị sấy lồng quay của dây chuyền xử lý rác thải	34	Mạc Văn Giang
Nghiên cứu sự ảnh hưởng của mặt đường đến quỹ đạo quay vòng của xe ô tô tải	42	Đào Đức Thụ Nguyễn Đình Cường Phạm Văn Trọng Vũ Văn Chương Liu Qi-yue

NGÀNH TOÁN HỌC

Bất đẳng thức tích chập của phép biến đổi Fourier cosine và Laplace với hàm trọng	46	Nguyễn Kiều Hiền
---	----	------------------

NGÀNH KINH TẾ

Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ chuỗi khối (Blockchain) trong lĩnh vực kế toán - kiểm toán tại Việt Nam	51	Nguyễn Thị Quỳnh
Xu hướng chuyển dịch nguồn nhân lực phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững ở Hải Dương hiện nay - những vấn đề đặt ra	57	Vũ Văn Đông

NGÀNH KINH TẾ

Chuyển đổi số - những thách thức và cơ hội cho sự phát triển du lịch Việt Nam 63 Nguyễn Thị Thảo
Trần Thị Mai Hương

LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Nghiên cứu khả năng hấp phụ xanh methylen trong nước của vật liệu chế tạo từ đất sét Trúc Thôn và tro trấu 68 Vũ Hoàng Phương

LIÊN NGÀNH KHOA HỌC TRÁI ĐẤT - MỎ

Đẩy mạnh phát triển du lịch sinh thái nhằm hạn chế và ứng phó với biến đổi khí hậu 73 Nguyễn Thị Thảo
Trần Thị Mai Hương
Tăng Thị Hồng Minh

Xây dựng các sản phẩm du lịch đặc thù của tỉnh Hải Dương hiện nay 80 Nguyễn Đăng Tiến

LIÊN NGÀNH VĂN HÓA - NGHỆ THUẬT - THỂ DỤC THỂ THAO

Phát triển hoạt động tổ chức Teambuilding cho sinh viên du lịch Trường Đại học Sao Đỏ 87 Nguyễn Thị Sao
Nguyễn Thị Hương Huyền
Nguyễn Thị Xuyên

Xây dựng môi trường văn hóa ở tỉnh Hải Dương hiện nay 93 Trần Hoàng Yến
Đặng Thị Thanh

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

Đạo đức Phật giáo và ảnh hưởng của đạo đức đó với xã hội Việt Nam hiện nay 100 Vũ Văn Đông
Vũ Văn Chương
Hà Đình Soát

Phát huy năng lực tự học của sinh viên trong dạy học Triết học Mác - Lênin 108 Nguyễn Thị Nhan
Vũ Văn Chương

Đổi mới phương pháp giảng dạy học phần Lịch sử Đảng Cộng sản Việt Nam gắn với giá trị cốt lõi của Trường Đại học Sao Đỏ 113 Đặng Thị Dung

Phát huy giá trị đạo đức truyền thống trong việc xây dựng đạo đức mới cho phụ nữ hiện nay 120 Trần Thị Hồng Nhung

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

Design of the robust adaptive controller based RBF neural network for cleaning and detecting robot manipulators	5	Vu Thi Yen Nguyen Thi Sim Duong Thi Hoa
Dual polarized antenna for 5G indoor access points	12	Le Thi Cam Ha Luong Quang Nang Pham Hong Thinh Nguyen Trong Cac
Traffic sign recognition using convolutional network	17	Nguyen The Trung Dang Thanh Trung Pham Thi Huong Pham Van Kien

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

Study on the effect of water temperature, washing time and spin speed on shrinkage of 2/1 twill weave khaki fabric	23	Do Thi Tan Nguyen Quang Thoai
Ultimate strength analysis of ship structures under combined global and local load	29	Vu Van Tan Nguyen Thi Hong Nhung Nguyen Huu Chan Pham Ngoc Linh
Study, design and optimize the mechanical structure on the rotary drum dryer of the waste treatment line	34	Mac Van Giang
Studying the influence of road surface on the turning trajectory of trucks	42	Dao Duc Thu Nguyen Dinh Cuong Pham Van Trong Vu Van Chuong Liu Qi-yue

TITLE FOR MATHEMATICS

Convolution inequalities of the Fourier cosine transform and the Laplace with a weight function	46	Nguyen Kieu Hien
---	----	------------------

NGÀNH KINH TẾ

Promoting the application of Blockchain technology (Blockchain) in the field of accounting and auditing in Viet Nam	51	Nguyen Thi Quynh
The current trend of shifting human resources to serve sustainable agricultural development in Hai Duong - issues raised	57	Vu Van Dong
Digital transformation - challenges and opportunities for Vietnam's tourism development	63	Nguyen Thi Thao Tran Thi Mai Huong

TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY

Study on capacity adsorption of methylene blue ion in water of materials prepared from Truc Thon clay and rice husk ash 68 Vu Hoang Phuong

TITLE FOR EARTH SCIENCE - MINING

Promote development of ecotourism to reduce and cope with climate change 73 Nguyen Thi Thao
Tran Thi Mai Huong
Tang Thi Hong Minh

Build up the specific tourism products of Hai Duong province 80 Nguyen Dang Tien

TITLE FOR CULTURE - ART - SPORTS

Developing teambuilding activities for tourism students at Sao Do University 87 Nguyen Thi Sao
Nguyen Thi Huong Huyen
Nguyen Thi Xuyen

Building a cultural environment in Hai Duong province today 93 Tran Hoang Yen
Dang Thi Thanh

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

Buddhist ethics and its influence on Vietnamese society today 100 Vu Van Dong
Vu Van Chuong
Ha Dinh Soat

Promoting students' self-study capacity in teaching Marxist-Leninist philosophy 108 Nguyen Thi Nhan
Vu Van Chuong

Innovating teaching methods for the History of the Communist Party of Vietnam course in association with the core values of Sao Do University 113 Dang Thi Dung

Promoting traditional moral values in building a new morality for today's women 120 Tran Thi Hong Nhung

Design of the robust adaptive controller based RBF neural network for cleaning and detecting robot manipulators

Thiết kế bộ điều khiển bền vững thích nghi trên cơ sở mạng nơron hướng tâm cho robot tìm và làm sạch bồn

Vu Thi Yen¹, Nguyen Thi Sim^{2*}, Duong Thi Hoa²

*Corresponding Author: ntsim1982@gmail.com

¹Hanoi University of Industry

²Sao Do University

Received date: 20/4/2023

Accepted date: 26/6/2023

Published date: 02/10/2023

Abstract

This paper proposes a robust adaptive controller based on Radial Basis Function Neural Network (RARBFNN) for cleaning and detecting robot manipulators (CDRM) in uncertain dynamical environments. By combining the sliding mode technique with Radial Basis Function neural network and adaptive controller the tracking control was improved. The RARBFNN works well with the defined problems because of its simple structure, faster training update laws and better approximation for the unknown dynamic of CDRM. The adaptive turning rules for the network parameters were derived using the Lyapunov stability theorem. In this control scheme, a robust compensator was constructed as an auxiliary controller to guarantee the stability and robustness under various environments' conditions such as the mass variation, the external disturbances, and modeling uncertainties. Therefore, the stability, the robustness and the desired tracking performance of RARBFNN for CDRM were guaranteed. Finally, the simulation results in comparison with adaptive Radial Basis Function Neural Network controller are provided to verify the effectiveness of the proposed controller.

Keywords: Robot manipulator; neural network; RBF network; sliding mode control; adaptive control.

Tóm tắt

Bài báo đề xuất một bộ điều khiển bền vững thích nghi trên cơ sở mạng nơron hướng tâm (RARBFNN) cho robot tìm và làm sạch bồn (CDRM) trong môi trường động lực học bất định. Ở đây, bằng sự kết hợp công nghệ trượt, mạng nơron hướng tâm và điều khiển thích nghi để cải thiện điều khiển bám. RARBFNN có thể xử lý thành công bởi cấu trúc đơn giản, tốc độ học nhanh và khả năng xấp xỉ tốt hơn cho động học bất định của robot tìm và làm sạch bồn. Các luật học của các tham số mạng được xác định trên cơ sở thuyết ổn định Lyapunov. Trong cấu trúc điều khiển này, bộ điều khiển bù trượt được xây dựng giống như một bộ điều khiển phụ để đảm bảo tính ổn định và bền vững trong môi trường khác nhau như sự thay đổi của tải, nhiễu bên ngoài tác động và mô hình bất định. Do đó, tính ổn định, bền vững và hiệu suất bám của RARBFNN cho robot tìm và làm sạch bồn được đảm bảo. Cuối cùng, kết quả mô phỏng được so sánh với bộ điều khiển thích nghi nơron hướng tâm (ARBFNN) để kiểm chứng tính hiệu quả của bộ điều khiển đề xuất.

Từ khóa: Tay máy robot; mạng nơron; mạng RBF; điều khiển trượt; điều khiển thích nghi.

1. INTRODUCTION

In general, robot manipulators are multivariable nonlinear system, and they usually suffer from various uncertainties in their dynamics, such as external disturbance, nonlinear friction, highly time-varying, and payload variation. Therefore, it is difficult to establish exactly mathematical model to achieve the exact trajectory tracking performance for reference inputs and the robustness for the external disturbances of robot manipulators. To overcome these problems,

adaptive control strategies have been developed of many researchers, as shown in [1-6], for example.

Recently, the applications of intelligent control such as fuzzy control and neural control to the position control of robotic manipulator have received considerable attention [11-15]. Research on neural networks techniques have been provided online learning algorithms and deal with unmodeled unknown dynamics in robot model. In [16], adaptive control based on neural networks have been designed on wheeled inverted pendulum (WIP) system for dynamic balance and motion tracking of desired trajectories by using the LQR optimization technique to minimize both the

Reviewer: 1. Prof.Dr. Than Ngoc Hoan
2. Ass.Prof.Dr. Tran Hoai Linh

motion tracking error and the transient acceleration for the best driving comfort. In [17], adaptive neural control was presented for a rehabilitation robot with unknown system dynamics to deal with the system uncertainties and improve the robustness. The adaptive NNs were used to approximate the unknown model of the robot and to adapt interactions between the robot and the patient. In [18], a neural-based control with robust force motion tracking performance for constrained robot manipulators was proposed to deal with the uncertain environmental constrains, disturbances, and unknown robotic dynamics. In [19], a robust neural network output feedback control scheme, that included a novel neural network observer, was presented for the motion control of robot manipulator.

In addition, the radial basis function network has been applied also to control dynamic systems. The RBF network is a special architecture of neural network [20]. It has been very useful to control the dynamic systems [21-23]. The RBF network adaptation can improve the control performance with large uncertainty of the system. The adaptation rule is derived using the Lyapunov method so that the stability of the entire system and the convergence of the weight adaptation are guaranteed. In [24], an adaptive controller using RBF network was proposed to derive elements of inertia matrix, Coriolis matrix and gravitational force vector for the dynamics of robot manipulators in task space. By designing the control law in the task space, force control can be easily formulated. In [39], multiple parameters model-based sliding mode technique was presented to improve the tracking performance for a certain class of nonlinear mechanical system. The introduced method could be used to remove the chattering and infinitely fast switching control problem from the robust control strategy. In this paper, we propose an adaptive RBF network-based NN controller which combines with SMC robust compensator to control problems for two-link robot manipulator which the conventional controllers cannot properly handle large disturbances and parameter changes. The weights of RBFNN are updated online by using Lyapunov stability theory. We also use Lyapunov stability theory to prove that the proposed scheme is not only ensure the stability of the control system, but also has the robustness to the unmodeled dynamics. When compared with the existing results in the literatures, our proposed controller is more flexible, and the time-consuming training process is not necessary. Furthermore, based on simulation and ex- periment results, the disadvantages which are the chattering phenomenon, tracking errors from the discontinuous control efforts of SMC, are improved.

2. STRUCTURE OF RBF NEURAL NETWORKS

The RBF neural networks configuration is described in Fig. 1.

Layer 1 (Input layer) In this layer, input signals $x = [x_1; x_2; \dots; x_n]$ are moved directly to next layer.

Layer 2 (Hidden layer) This layer consists of an array

of computing units which is called hidden nodes. Each neuron of the hidden layer is activated by a radial basis function. The output of hidden layer is calculated as follows:

$$h_j(x) = \exp\left(-\frac{\|x - a_j\|^2}{2b_j^2}\right), j = 1, \dots, m \tag{1}$$

Where:

m is the number of hidden nodes;

$a_j = [a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jn}]$ is the center vector of neural net j , b_j notes the standard deviation of the j th radial basis function, $b = [b_1, b_2, \dots, b_n]^T$ and h_j is Gaussian activation function for neural net j .

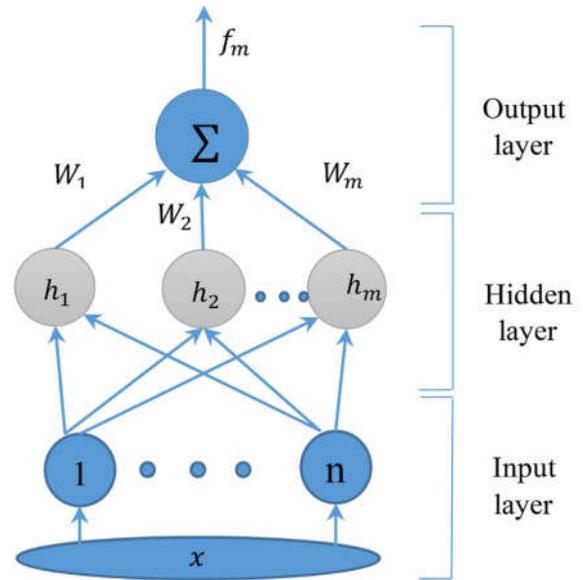


Fig. 1. Structure of RBFNN

Layer 3 (Output layer) In this layer, the output signal is calculated as follows:

$$f_j(x) = \sum_{j=1}^m W_{ji} h_j(x, a, b); i = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

where W_{ji} is the weight connecting the j -th hidden node to the i -th output node and n is the number of inputs.

3. DYNAMIC OF ROBOT MANIPULATORS

Consider the dynamic equation of two-link Cleaning and Detecting robot manipulator [9]:

$$M_{CD}(\eta)\ddot{\eta} + C_{CD}(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta} + G_{CD}(\eta) + F_{CD}(\dot{\eta}) = \tau - \tau_0 \tag{3}$$

Where:

$(\eta, \dot{\eta}, \ddot{\eta}) \in R^{n \times 1}$ are the vectors of joint position, velocity and acceleration, respectively;

$M_{CD}(\eta) \in R^{n \times n}$ is the symmetric inertial matrix;

$C_{CD}(\eta, \dot{\eta}) \in R^{n \times n}$ is the vector of Coriolis and centripetal forces;
 $G_{CD}(\eta) \in R^{n \times 1}$ expresses the gravity vector;
 $F(\dot{\eta})$ represents the vector of the frictionis;
 $\tau_0 \in R^{n \times 1}$ the unknown disturbances input vector and
 $\tau \in R^{n \times 1}$ is the joints torque input vector.

For the purpose of designing controller, there are four properties [6] for the dynamics of the robot model (1) as follows.

Property 1: The inertial matrix $M_{CD}(\eta)$ is a positive symmetric matrix and bounded:

$$\forall x \in R^{n \times 1} : \quad m_1 \|x\|^2 \leq x^T M_{CD}(\eta)x \leq m_2 \|x\|^2 \quad (4)$$

With m_1 and m_2 are known positive constants.

Property 2: $M_{CD}(\dot{\eta}) - 2C_{CD}(\eta, \dot{\eta})$ is a skew symmetric matrix, for any vector x :

$$x^T [M_{CD}(\dot{\eta}) - 2C_{CD}(\eta, \dot{\eta})]x = 0 \quad (5)$$

Property 3: $C_{CD}(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta}$, $G_{CD}(\eta)$ and $F_{CD}(\dot{\eta})$ are bounded as follows:

$$\begin{aligned} C_{CD}(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta} &\leq C_k \dot{\eta}^2, G_{CD}(\eta) \leq G_k \\ F_{CD}(\dot{\eta}) &\leq F_k(\dot{\eta}) + F_0 \end{aligned} \quad (6)$$

with C_k, G_k, F_k, F_0 are positive constants.

Property 4: $\tau_0 > 0; \tau_0 \in R^{n \times 1}$ is the unknown disturbance and bounded as:

$$\tau_0 \leq E_0 \quad (7)$$

4. DESIGN OF ADAPTIVE NEURAL NETWORK CONTROLLER

4.1. Adaptive RBFNN with SMC robust compensator

The block diagram of the adaptive radial basis function neural network is shown in Fig. 2. The output of the RBF neural network (2) can be rewritten as follows:

$$f(x) = W^T h(x) + \varepsilon \quad (8)$$

where $h = [h_1, h_2, \dots, h_m]^T$, W is optimum weight value and ε is an approximation error vector.

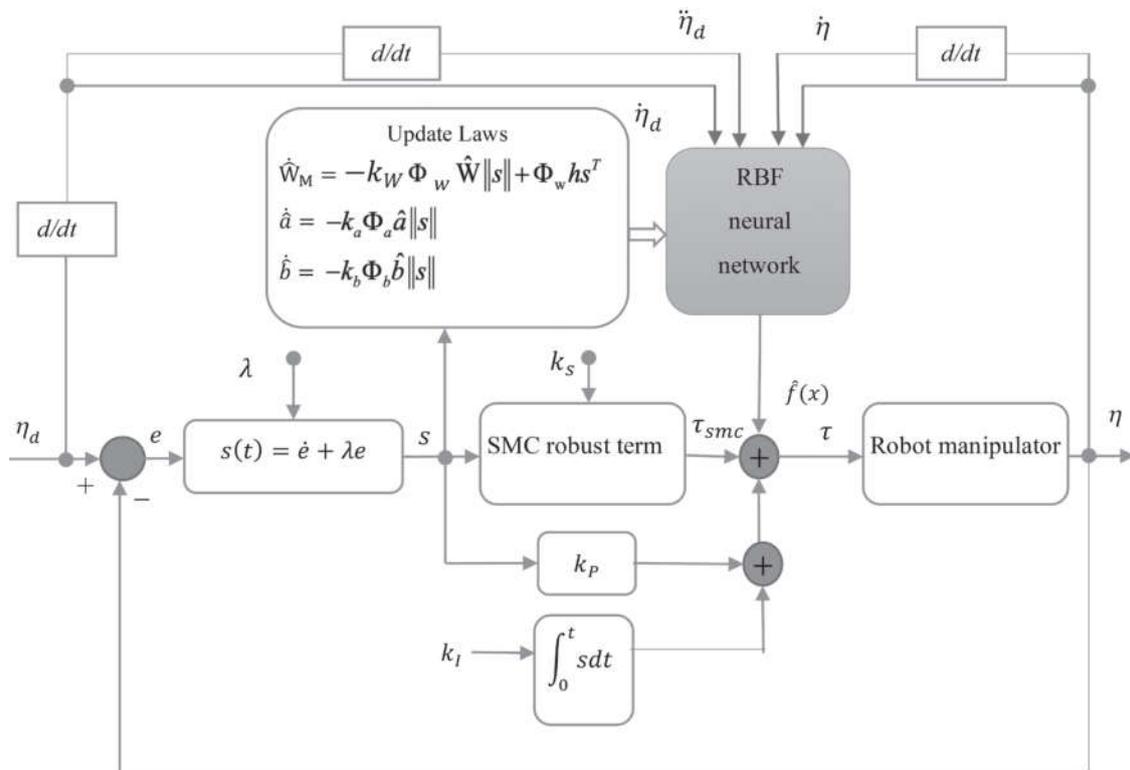


Figure 2. Architecture of the adaptive RBFNN

Assumption 1 The approximation error ε is a positive real constant and bounded as follows:

$$\varepsilon \leq \varepsilon_0 \quad (9)$$

The approximate value of the output RBF is designed as:

$$\hat{f}(x) = \hat{W}^T h(x, a, b) \quad (10)$$

Where $\hat{W}^T = [\hat{W}_1 \hat{W}_2 \dots \hat{W}_m]^T$

From (8) and (10), we have

$$\tilde{f}(x) = f(x) - \hat{f}(x) = W^T h(x) + \varepsilon - \hat{W}^T h(x) \quad (11)$$

$$\tilde{f}(x) = \tilde{W}^T h(x) + \varepsilon$$

Where $\tilde{W} = W - \hat{W}$

In this section, we consider that by using an approximate adaptive robust law, the system stability is guaranteed and tracking errors is converged to zero when $t \rightarrow \infty$. Define a tracking error vector and the sliding mode function as the following equation:

$$e(t) = \eta_d - \eta \quad (12)$$

$$s(t) = \dot{e} - \lambda e \quad (13)$$

Where $\lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ is a diagonal positive definite matrix.

It is typical to define an error metric $s(t)$ to be a performance measure. When the sliding surface $s(t) = 0$, the sliding mode is governed by the following differential equation according to the theory of sliding mode control:

$$\dot{e} = -\lambda e$$

The behavior of the system on the sliding surface is determined by the structure of the matrix λ . When the error metric $s(t)$ is smaller, the performance is better. Therefore, (3) can be rewritten as:

$$M_{CD}\dot{s} = M_{CD}(\ddot{e} + \lambda\dot{e})$$

$$M_{CD}\dot{s} = M_{CD}(\ddot{\eta} + \lambda\dot{\eta}) - M_{CD}\ddot{\eta} \quad (14)$$

$$M_{CD}\dot{s} = f(x) - C_{CD}s - \tau + \tau_0$$

Here, $f(x)$ is defined as follows:

$$f(x) = M(\eta)(\ddot{\eta} + \lambda\dot{\eta}) + C(\eta, \dot{\eta})(\ddot{\eta} + \lambda\dot{\eta}) + G(\eta) + F(\dot{\eta}) \quad (15)$$

The adaptive law is represented as follows:

$$\tau = \tau_{smc} + K_p s + K_I \int_0^\tau s dt + \hat{f}(x) \quad (16)$$

Where K_p, K_I are the positive definite matrix and

$K_p = \text{diag}(K_{p1}, K_{p2}, \dots, K_{pn})$, $K_I = \text{diag}(K_{I1}, K_{I2}, \dots, K_{In})$

$\hat{f}(x)$ is the approximation of the adaptive function $f(x)$. And τ_{smc} is a robust term that is used to suppress the effects of uncertainties and approximation errors. The sliding mode controller τ_{smc} is designed by:

$$\tau_{smc} = k_s \text{sgn}(s) + \frac{s}{\|s\|} \left(\frac{k_w W^2}{4} + \frac{k_a a^2}{4} + \frac{k_b b^2}{4} \right) \quad (17)$$

where k_s is positive constant as: $k_s = (\varepsilon_0 + \tau_0)$

Substituting (16) into (14) and using (11) yields.

$$\begin{aligned} M\dot{s} &= f(x) - C_{CD}s - (\tau_{smc} + K_p s + K_I \int_0^\tau s dt + \hat{f}(x)) + \tau_0 \\ &= \tilde{f}(x) - (K_p + C_{CD})s - K_I \int_0^\tau s dt - \tau_{smc} + \tau_0 \end{aligned} \quad (18)$$

$$M\dot{s} = -(K_p + C_{CD})s - K_I \int_0^\tau s dt + \tilde{W}^T h(x)$$

$$+ \varepsilon + \tau_0 - \tau_{smc}$$

By applying the adaptive control law (16) to the dynamic (1) and using the sliding mode control robust compensator (17), the online RBF adaptive update laws are selected as:

$$\begin{cases} \dot{\hat{W}} = -k_w \Phi_w \hat{W} \|s\| + \Phi_w h s^T \\ \dot{\hat{a}} = -k_a \Phi_a \hat{a} \|s\| \\ \dot{\hat{b}} = -k_b \Phi_b \hat{b} \|s\| \end{cases} \quad (19)$$

Where $\Phi_w; \Phi_a; \Phi_b; k_w; k_a; k_b$ are positive.

4.2. Stability and convergence analysis

We choose the Lyapunov function as follows:

$$\begin{aligned} V(t) &= \frac{1}{2} \left(s^T M_{CD} s + \left(\int_0^t s dt \right)^T K_I \left(\int_0^t s dt \right) \right) \\ &+ \frac{1}{2} \text{tr}(\tilde{W}^T \Phi_w^{-1} \tilde{W}) + \frac{1}{2} \text{tr}(\tilde{a}^T \Phi_a^{-1} \tilde{a}) \\ &+ \frac{1}{2} \text{tr}(\tilde{b}^T \Phi_b^{-1} \tilde{b}) \end{aligned} \quad (20)$$

Where $\text{tr}(\cdot)$ is a trace operator and $\tilde{W} = W - \hat{W}$;

$\tilde{a} = a - \hat{a}$; $\tilde{b} = b - \hat{b}$.

Differentiating $V(t)$ along to time, we have:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &= s^T M_{CD} \dot{s} + \frac{1}{2} s^T \dot{M}_{CD} s + s^T K_I \int_0^t s dt \\ &- \text{tr}(\tilde{W}^T \Phi_w^{-1} \dot{\tilde{W}}) - \text{tr}(\tilde{a}^T \Phi_a^{-1} \dot{\tilde{a}}) - \text{tr}(\tilde{b}^T \Phi_b^{-1} \dot{\tilde{b}}) \end{aligned} \quad (21)$$

Substituting (18) into (21), yields:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &= -s^T K_p s + \frac{1}{2} s^T (\dot{M}_{CD} - 2C_{CD}) s \\ &+ s^T E - s^T \tau_{smc} + \tilde{W}^T h(x) s^T - \text{tr}(\tilde{W}^T \Phi_w^{-1} \dot{\tilde{W}}) \\ &- \text{tr}(\tilde{a}^T \Phi_a^{-1} \dot{\tilde{a}}) - \text{tr}(\tilde{b}^T \Phi_b^{-1} \dot{\tilde{b}}) \end{aligned} \quad (22)$$

Where $E = \varepsilon + \tau_0$

By using property 2 and since $\dot{\tilde{W}} = -\dot{\hat{W}}$; $s^T \tilde{W}^T h(x) s = \text{tr}(\tilde{W}^T h(x) s^T)$ and from adaptive law (19), (22) becomes:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &= -s^T K_p s + s^T E + \|s\| k_w \text{tr}(\tilde{W}^T \hat{W}) \\ &- s^T \tau_{smc} + \|s\| k_a \text{tr}(\tilde{a}^T \hat{a}) + \|s\| k_b \text{tr}(\tilde{b}^T \hat{b}) \end{aligned} \quad (23)$$

Substituting (17) into (22), we have:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &= s^T \left(-\frac{s}{\|s\|} \left(\frac{k_w W^2}{4} + \frac{k_a a^2}{4} + \frac{k_b b^2}{4} \right) \right) \\ &- s^T K_p s + s^T E + \|s\| k_w \text{tr}(\tilde{W}^T \hat{W}) \\ &+ \|s\| k_a \text{tr}(\tilde{a}^T \hat{a}) + \|s\| k_b \text{tr}(\tilde{b}^T \hat{b}) \end{aligned} \quad (24)$$

By using

$$\begin{aligned} \text{tr} \tilde{W}^T (W - \tilde{W}) &= (\tilde{W}, W) - \|\tilde{W}\|^2 \\ &\leq \|\tilde{W}\| \|W\| - \|\tilde{W}\|^2 \end{aligned}$$

(24) can be rewritten as:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq s^T \left(-k_s \text{sgn}(s) - \frac{s}{\|s\|} \left(\frac{k_w w^2}{4} + \frac{k_a a^2}{4} + \frac{k_b b^2}{4} \right) \right. \\ &\quad \left. - s^T K_p s + s^T E + \|s\| k_w \left(\|\tilde{W}\| \|W\| - \|\tilde{W}\|^2 \right) \right. \\ &\quad \left. + \|s\| k_a \left(\|\tilde{a}\| \|a\| - \|\tilde{a}\|^2 \right) + \|s\| k_b \left(\|\tilde{b}\| \|b\| - \|\tilde{b}\|^2 \right) \right) \end{aligned}$$

$$\dot{V}(t) \leq -s^T K_p s + \|s\| k_w \left(\frac{W}{2} - \|\tilde{W}\| \right)^2$$

$$+ \|s\| k_a \left(\frac{a}{2} - \|\tilde{a}\| \right)^2 + \|s\| k_b \left(\frac{b}{2} - \|\tilde{b}\| \right)^2$$

$$\dot{V}(t) \leq -s^T K_p s$$

Then

$$\dot{V}(t) \leq 0$$

From this result we see that, will converge to zero when and the global stability of the control system for CDRM is guaranteed.

5. SIMULATION RESULTS

In this section, this study will consider the two link Cleaning and Detecting robot manipulator to verify the effectiveness of the proposed intelligent adaptive control method by using the RARBFNN (Fig.3).



Fig. 3. The Cleaning and Detecting robot manipulator

The detailed system parameters of the two link Cleaning and Detecting robot manipulator are given as following:

$$M_{CD}(\eta) \ddot{\eta} + C_{CD}(\eta, \dot{\eta}) + G_{CD}(\eta) + F_{CD}(\dot{\eta}) = \tau - \tau_0$$

Where

$$M_{CD}(\eta) = \begin{bmatrix} M_{11}(\eta) & M_{12}(\eta) \\ M_{21}(\eta) & M_{22}(\eta) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (m_1 + m_2)l_1^2 + m_2l_2^2 + 2m_2l_1l_2 \cos(\eta_2) & m_2l_2^2 + m_2l_1l_2 \cos(\eta_2) \\ m_2l_2^2 + m_2l_1l_2 \cos(\eta_2) & m_2l_2^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} C_{CD}(\eta, \dot{\eta}) &= \begin{bmatrix} C_{11}(\eta) & C_{12}(\eta) \\ C_{21}(\eta) & C_{22}(\eta) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -m_2l_1l_2 \sin(\eta_2)\dot{\eta}_2 & -m_2l_1l_2 \sin(\eta_2)(\dot{\eta}_1 + \dot{\eta}_2) \\ m_2l_1l_2 \sin(\eta_2)\dot{\eta}_1 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{CD}(\eta) &= \begin{bmatrix} G_1(\eta_1, \eta_2) \\ G_2(\eta_1, \eta_2) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (m_1 + m_2)l_1g \cos(\eta_2) & m_2l_2g \cos(\eta_1 + \eta_2) \\ m_2l_2g \cos(\eta_1 + \eta_2) & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$(25) \quad F(\dot{\eta}) = \begin{bmatrix} F_1(\dot{\eta}_1) \\ F_2(\dot{\eta}_2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \text{sign}(\dot{\eta}_1) \\ 0.5 \text{sign}(\dot{\eta}_2) \end{bmatrix}$$

$$\tau = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix}$$

$$\tau_{1d} = \tau_{2d} = 0,1 \sin(t)$$

In which m_1 and m_2 are the mass of joint 1 and joint 2, respectively, l_1 and l_2 are the length of joint 1 and joint 2, respectively and g is acceleration of gravity. The parameters of two-link robot manipulator are given as:

$$m_1 = 3(\text{kg}); m_2 = 2(\text{kg});$$

$$l_1 = 0.8(\text{m}); l_2 = 1(\text{m});$$

$$g = 10(\text{m/s}^2).$$

The parameter values used in the adaptive control system are:

$$\lambda = \text{diag}[5, 5]; K_p = \text{diag}[20, 20]; \Phi_w = \text{diag}[15, 15]$$

The control objective is to control the joint angles of a two-link robot manipulator to follow the desired trajectories. The desired position trajectories of two-link robot manipulators are chosen by: $\eta_{1d} = \eta_{2d} = 0.1 \sin(t)$ and initial positions of joints are $\eta_0 = [0.1 \quad -0.1]^T$ and initial velocities of joints are $\dot{\eta}_0 = [0.0 \quad -0.0]^T$. Let $e = \eta_d - \eta = [e_1 \quad e_2]^T$ be the tracking errors.

The structure of the proposed controller can be characterized by $m=4$ nodes.

Since these simulated results in Fig.4, the tracking errors of the ARBFNN and the proposed intelligent control are converged. However, the proposed intelligent controller converges faster than the ARBFNN. In addition, based on tracing errors for links, we see that tracking errors of the proposed RARBFNN is smaller than tracking errors of the ARBFNN. It means that the proposed controller has position tracking improvements better than ARBFNN and the approximation ability of the dynamics structure RARBFNN is also better than the ARBFNN. Moreover, from Fig.4 can observe that, the control force of the proposed controller is smoother and has smaller oscillation than the ARBFNN.

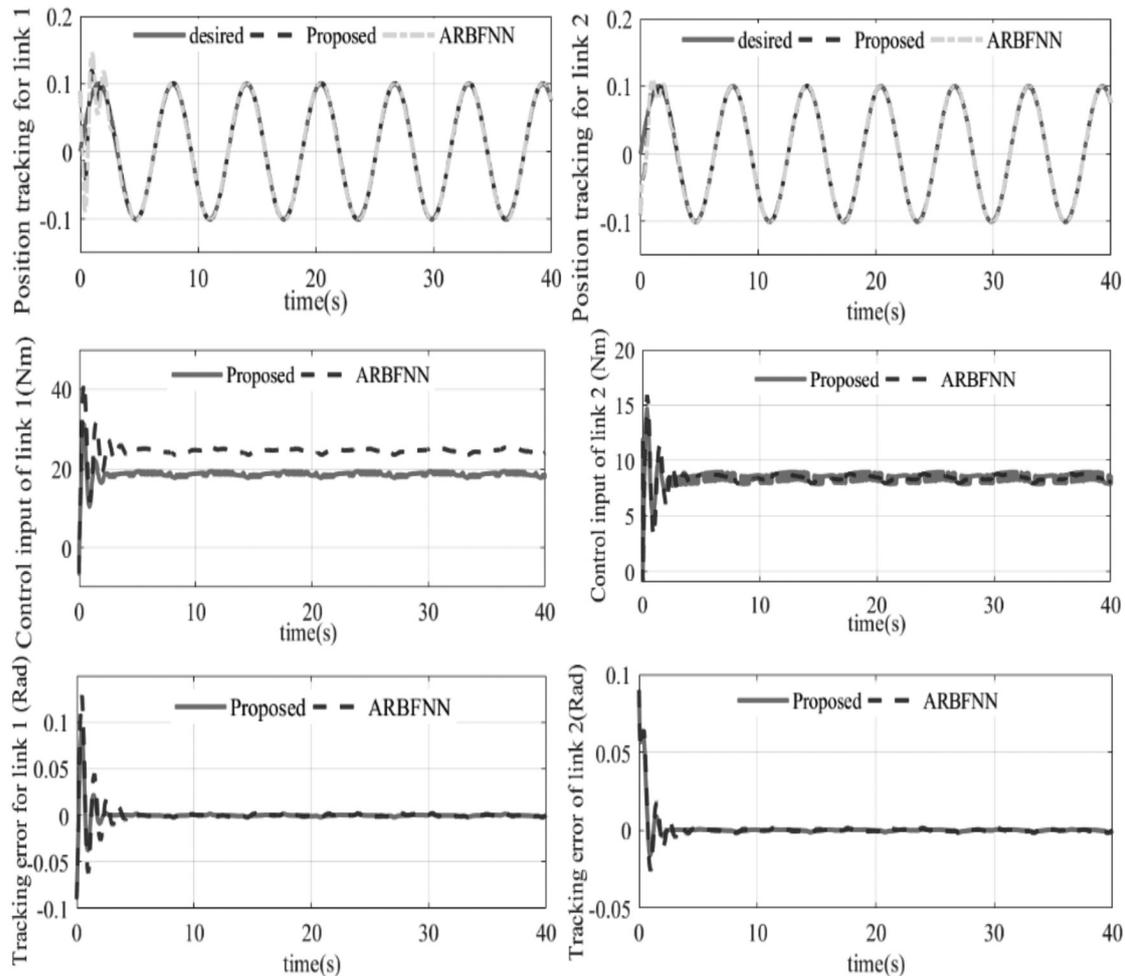


Fig. 4. Simulated position responses, tracking errors and control efforts of the proposed system, ARBFNN control

6. CONCLUSION

In this paper, we have successfully demonstrated the development and application of a robust adaptive radial basis function neural network control system for the trajectory tracking to control the two link Cleaning and Detecting robot manipulator. The structure of the proposed system incorporates the advantages of radial basis function neural network, Adaptive control and sliding mode robust term function. The radial basis function network generates control input signals, and the adaptive control law is derived to guarantee the stability of the control system based on the Lyapunov method which is often used in the conventional adaptive control method. In this scheme, the robust compensator acts as an auxiliary controller to guarantee the stability and robustness of the control system under the existence of disturbance, mass variation, and modeling errors. Finally, based on the simulation results, the proposed adaptive control scheme is shown to work well in the trajectory tracking control of the two link Cleaning and Detecting robot manipulator and can also be applied to other system, such as AC servo system, mobile robotic,...

REFERENCES

- [1]. Sun FC, Sun ZQ, Feng G (1999), *An adaptive fuzzy controller based on sliding mode for robot manipulators*, IEEE Trans Syst Man Cybern B 29(5):661–667.
- [2]. Zou Yi, Wang Yaonan, Liu XinZhi (2010), *Neural network robust H_∞ tracking control strategy for robot manipulators*, Appl Math Model 34(7):1823-1838.
- [3]. Topalov V, Cascella GL, Giordano V, Cupertino F, Kaynak O (2007), *Sliding mode neural-adaptive control for electrical drives*, IEEE Trans Ind Electron 54(1):671–679.
- [4]. Omatu S, Khalid M, Yusof R (1996), *Neuro-control and its applications: advances in industrial control*, Springer, Berlin.
- [5]. Lee CH, Theng CC (2000), *Identification and control of dynamic systems using recurrent fuzzy neural network*, IEEE Trans Fuzzy Syst 8(4):349–366.
- [6]. Lewis FL, Dowson DM, Abdallah CT (2004), *Robot manipulator control theory and practice*, Marcel Dekker, New York.

- [7]. Ngo T, Wang Y, Mai TL, Nguyen MH, Chen J (2012), *Robust adaptive neural-fuzzy network tracking control for robot manipulator*, Int J Control 7(2):341–352
- [8]. Wai RJ, Chen PC (2006), *Robust neural-fuzzy-network control for robot manipulator including actuator dynamics*, IEEE Trans Ind Electron 53(4):1328–1349
- [9]. Song Z, Yi J, Zhao D, Li X (2005), *A computed torque controller for uncertain robotic manipulator systems: fuzzy approach*, Fuzzy Sets Syst 154:208–226
- [10]. Li ZJ, Yang CG, Tang Y (2012), *Decentralised adaptive fuzzy control of coordinated multiple mobile manipulators interacting with non-rigid environments*, IET Control Theory Appl 7(3):397–410
- [11]. He W, Ge SS, How BE, Choo YS (2014), *Dynamics and control of mechanical systems in offshore engineering*, Springer, London
- [12]. Yang CG, Li ZJ, Li J (2013), *Trajectory planning and optimized adaptive control for a class of wheeled inverted pendulum vehicle models*, IEEE Trans Cybern 43(1):24–36.
- [13]. He W, Ge SS, Li Y, Chew E, Ng YS (2014), *Neural network control of a rehabilitation robot by state and output feedback*, J Intell Robot Syst. doi:10.1007/s10846-014-0150-6
- [14]. Li Z, Yang C, Gu J (2007), *Neuro-adaptive compliant force/motion control for uncertain constrained wheeled mobile manipulator*, Int J Robot Autom 22(3):206–214
- [15]. Kim YH, Lewis FL (1999), *Neural network output feedback control of robot manipulators*, IEEE Trans Robot Autom 15(2):301–309
- [16]. Haykin S (1994), *Neural networks: a comprehensive foundation*, Macmillan College Publishing Company, New York
- [17]. Zheng Rong Yang (2006), *A novel radial basis function neural network for discriminant analysis*, IEEE Trans Neural Networks 17(3):604–612.
- [18]. Li Y, Qiang S, Zhuang X, Kaynak O (2004), *Robust and adaptive back-stepping control for nonlinear systems using RBF neural networks*, IEEE Trans Neural Networks 15(3):693–701
- [19]. Patino HD, Liu D (2000), *Neural network-based model reference adaptive control system*, IEEE Trans Syst Man Cybern B 30(1):198–204
- [20]. Islam S, Liu PX (2011), *Robust sliding mode control for robot manipulator*, IEEE Trans Ind Electron 58(6):2444–2453

THÔNG TIN TÁC GIẢ

Vũ Thị Yến¹, Nguyễn Thị Sim^{2*}, Dương Thi Hoa²

*Tác giả liên hệ: ntsim1982@gmail.com

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội;

²Trường 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
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



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

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

Số 3 (82)
2023



Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

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

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

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

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