



**Tạp chí**

**NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

**ISSN 1859-4190**

Số 2 (73) 2021

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ISSN 1859-4190

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 24, 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://tapchikicn.saodo.edu.vn/>Email: [tapchikicn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikicn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 1003/GP-BTTTT, ngày 06/7/2011 và Giấy phép sửa đổi, bổ sung số: 293/GP-BTTTT

ngày 03/06/2016 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

Mã chuẩn quốc tế số: 477/TTKHCN-ISSN, ngày 21/7/2011 của Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia.

In 2.000 bản, khổ 21 x 29,7cm, tại Công ty TNHH In Trẻ Xanh, cấp ngày 17/02/2011.



**BỘ CÔNG THƯƠNG**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

Địa chỉ:

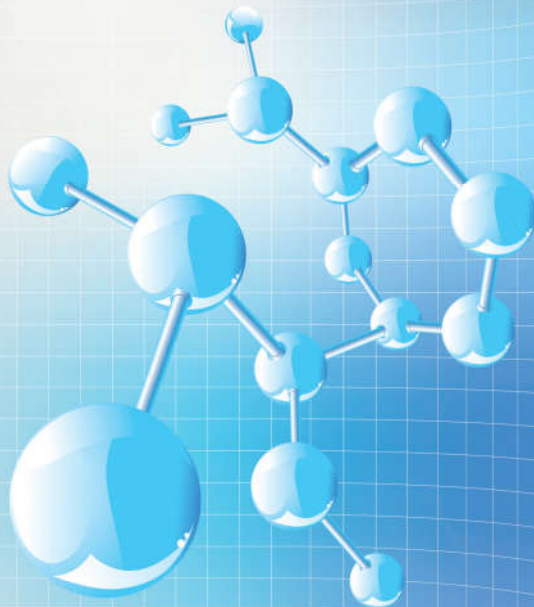
- Số 1: Số 24, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

- Số 2: Số 72, đường Nguyễn Thái Học/Quốc lộ 37, 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)

ISSN 1859-4190

**Số 2 (73)**  
**2021**



**Số 2 (73)**  
**2021**

**ISSN 1859-4190**

**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. Đinh Văn Nhung - Chủ tịch Hội đồng
- GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến
- PGS.TSKH. Trần Hoài Linh
- PGS.TS. Nguyễn Quốc Cường
- GS.TSKH. 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. Lê Văn Học
- PGS.TS. Nguyễn Đoàn Ý
- GS.TS. Đinh Văn Sơn
- PGS.TS. Trần Thị Hà
- PGS.TS. Trương Thị Thủy
- TS. Vũ Quang Nhật
- PGS.TS. Nguyễn Thị Bất
- GS.TS. Đỗ Quang Khang
- TS. Bùi Văn Ngọc
- PGS.TS. Ngô Sỹ Lương
- PGS.TS. Khuất Văn Ninh
- GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải
- PGS.TS. Nguyễn Văn Độ
- PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải
- PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

**Ban Biên tập**

- ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Trưởng ban
- ThS. Đào Thị Vân

**Editor-in-Chief**

- Dr. Do Van Dinh
- Vice Editor-in-Chief**
- Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen
- Office Secretary**
- Dr. Ngo Huu Manh

**Editorial Board**

- People's Teacher, Dr. Dinh Van Nhung - Chairman
- Prof.Dr. Phạm Thị Ngọc Yến
- Assoc.Prof.Dr.Sc. Trần Hoài Linh
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Quốc Cường
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Văn Liên
- Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long
- Prof.Dr. Trần Văn Địch
- Prof.Dr. Phạm Minh Tuấn
- Assoc.Prof.Dr. Lê Văn Học
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Đoàn Ý
- Assoc.Prof.Dr. Đinh Văn Sơn
- Assoc.Prof.Dr. Trần Thị Hà
- Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy
- Dr. Vũ Quang Nhật
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất
- Prof.Dr. Đỗ Quang Khang
- Dr. Bùi Văn Ngọc
- Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương
- Assoc.Prof.Dr. Khuất Văn Ninh
- Prof.Dr.Sc. Phạm Hoàng Hải
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Văn Độ
- Assoc.Prof.Dr. Đoàn Ngọc Hải
- Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Ngọc Hà

**Editorial**

- MSc. Đoàn Thị Thu Hằng - Head
- MSc. Đào Thị Vân

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (ISSN 1859-4190), 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 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 Phần biên thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phân 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, ngay 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 24 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, ISSN 1859-4190, Số 2 (73) 2021**

**Đề cử Tòa soạn:**

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 24, 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: 1003/GP-BTTTT, ngày 06/7/2011 và Giấy phép sửa đổi, bổ sung số: 293/GP-BTTTT

ngày 03/06/2016 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

Mã chuẩn quốc tế số: 477TRKCN-ISSN, ngày 21/7/2011 của Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia.

In 2.000 bản, khổ 21 x 29,7cm, tại Công ty TNHH In Trẻ Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

**LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA**

- Nghiên cứu bộ điều khiển trượt chống rung và mô phỏng PIL cho tay máy robot VNR - T1 5 bậc tự do 5 Lê Ngọc Trúc  
Trần Văn Chi  
Nguyễn Hữu Hải  
Nguyễn Danh Huy  
Nguyễn Trọng Các  
Nguyễn Tùng Lâm
- Phương pháp điều khiển chế độ trượt phân cấp - mờ thích nghi mới cho một lớp các hệ thống Under - Actuated SIMO 14 Trần Thị Điệp  
Dương Thị Hoa  
Nguyễn Thị Sim
- Thiết kế anten cho hệ thống vô tuyến khả tri sử dụng tụ điện có điện dung biến thiên dựa trên vật liệu điện môi màng mỏng 23 Nguyễn Việt Hưng  
Nguyễn Trọng Các
- Thiết kế điều khiển tốc độ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu sử dụng thuật toán Backstepping kết hợp bộ quan sát nhiễu High-gain 29 Lê Đức Thịnh  
Nguyễn Đạt Thịnh  
Trần Văn Khoa  
Lê Nam Dương  
Vũ Hoàng Phương  
Nguyễn Trọng Các  
Nguyễn Hữu Hải  
Nguyễn Tùng Lâm

**LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC**

- Nghiên cứu ảnh hưởng các thông số công nghệ miết ép đến độ nhám bề mặt của chi tiết máy 37 Nguyễn Văn Hình
- Nghiên cứu một số thông số máy may ảnh hưởng tới độ bền và tổn thương đường may 301 trên vải giả da 42 Tạ Văn Hiến  
Nguyễn Thị Hằng  
Mạc Thị Hà
- Ảnh hưởng tải trọng đến khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn CF-4 15W/40 49 Nguyễn Đình Cương
- Nghiên cứu, dự đoán cấu trúc trong quá trình đông đặc hợp kim nhôm A356 bằng mô hình MCA 2-D&3-D 55 Vũ Hoa Kỳ  
Đào Văn Kiên  
Mạc Thị Nguyên  
Dương Thị Hà

**LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC**

- |   |    |   |
|---|----|---|
| Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng sản phẩm trong công nghệ dập thủy tĩnh phôi tấm bằng mô phỏng số | 65 | Trần Hải Đăng<br>Vũ Hoa Kỳ<br>Nguyễn Thị Liễu<br>Nguyễn Thị Thu |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian in chuyển nhiệt đến độ rạn bề mặt in trên vải Pe/Co                              | 73 | Đỗ Thị Thu Hà<br>Nguyễn Quang Thoại<br>Đỗ Thị Tần               |

**NGÀNH KINH TẾ**

- |  |    |  |
|--|----|--|
| Ứng dụng lý thuyết tín hiệu đánh giá giá trị chương trình đào tạo bậc đại học của khoa Điện, Trường Đại học Sao Đỏ | 79 | Nguyễn Minh Tuấn<br>Trần Thị Hằng<br>Nguyễn Thị Ngọc Mai |
|--|----|--|

**NGÀNH NGÔN NGỮ HỌC**

- |  |    |                                 |
|--|----|---------------------------------|
| Một vài suy nghĩ về việc dạy kỹ năng nghe hiểu tiếng Trung Quốc cho sinh viên trình độ sơ cấp khoa Du lịch và Ngoại ngữ, Trường Đại học Sao Đỏ | 89 | Nguyễn Thị Lan<br>Bùi Thị Trang |
|--|----|---------------------------------|

**LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM**

- |  |     |   |
|--|-----|---|
| Nghiên cứu khả năng hấp phụ ion chì trong dung dịch nước của vật liệu chế tạo từ đất sét Trúc Thôn và tro trấu | 96  | Vũ Hoàng Phương<br>Nguyễn Ngọc Tú<br>Mạc Thị Lê |
| Tách chiết Anthraquinone từ rễ cây ba kích ( <i>Morinda officinalis</i> ), ứng dụng sản xuất kẹo cứng          | 103 | Trần Thị Dịu<br>Bùi Văn Tú                      |

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

- |   |     |                                      |
|---|-----|--------------------------------------|
| Một số cơ sở lý luận và yêu cầu, quy trình xây dựng, áp dụng bộ chỉ số KPI trong giao và đánh giá hiệu quả công việc tại các trường cao đẳng, đại học hiện nay  | 111 | Nguyễn Thị Kim Nguyên                |
| Học tập tấm gương làm việc trách nhiệm, khoa học, đổi mới của Chủ tịch Hồ Chí Minh trong xây dựng tác phong làm việc cho giảng viên các trường đại học hiện nay | 116 | Nguyễn Thị Nhan                      |
| Một số giải pháp góp phần nâng cao hiệu quả hoạt động ngoại khóa các học phần lý luận chính trị cho sinh viên Trường Đại học Sao Đỏ                             | 121 | Phạm Thị Hồng Hoa<br>Nguyễn Thị Tình |

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

- |   |    |   |
|---|----|---|
| Processor in the loop simulation based anti chattering sliding mode control for 5 - d of robot VNR-T1       | 5  | Le Ngoc Truc<br>Tran Van Chi<br>Nguyen Huu Hai<br>Nguyen Danh Huy<br>Nguyen Trong Cac<br>Nguyen Tung Lam                                      |
| A novel adaptive fuzzy hierarchical sliding mode control method for a class of Under - Actuated SIMO system | 14 | Tran Thi Diep<br>Duong Thi Hoa<br>Nguyen Thi Sim  |
| An antenna co-design for cognitive radio systems using thin film barium strontium titanate varactor         | 23 | Nguyen Viet Hung<br>Nguyen Trong Cac  |
| Backstepping based speed control of permanent magnet motors with high-gain disturbance observer             | 29 | Le Duc Thinh<br>Nguyen Dat Thinh<br>Tran Van Khoa<br>Le Nam Duong<br>Vu Hoang Phuong<br>Nguyen Trong Cac<br>Nguyen Huu Hai<br>Nguyen Tung Lam |

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

- |   |    |   |
|---|----|---|
| Research on the influence of technology parameters oscillating smoothing on the surface roughness of the machine part       | 37 | Nguyen Van Hinh   |
| Research on some sewing machine parameters that affect seam strength and damage 301 in coated fabric                        | 42 | Ta Van Hien<br>Nguyen Thi Hang<br>Mac Thi Ha                    |
| Loads effect on self-recovering abrasive capable of nano TiC additive in CF-4 15W/40 lubricant                              | 49 | Nguyen Dinh Cuong   |
| Research and simulation structure of A356 alloy when solidification by MCA 2-D and 3-D                                      | 55 | Vu Hoa Ky<br>Dao Van Kien<br>Mac Thi Nguyen<br>Duong Thi Ha     |
| Research on the effect of technology parameters on the product quality in hydrostatic forming for sheet metal by simulation | 65 | Tran Hai Dang<br>Vu Hoa Ky<br>Nguyen Thi Lieu<br>Nguyen Thi Thu |

### TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- Study the effects of temperature and thermal transfer printing time to the point of cracking on the Pe/Co fabric print surface 73 Do Thi Thu Ha  
Nguyen Quang Thoai  
Do Thi Tan

### TITLE FOR ECONOMICS

- Application of signal theory to evaluate the value of the undergraduate training program of the faculty of Electricity, Sao Do University 79 Nguyen Minh Tuan  
Tran Thi Hang  
Nguyen Thi Ngoc Mai

### TITLE FOR STUDY OF LANGUAGE

- Some consideration on teaching Chinese listening comprehension skills for elementary-level students in Faculty of Tourism and Foreign languages, Sao Do University 89 Nguyen Thi Lan  
Bui Thi Trang

### TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY

- Study on capacity adsorption of lead ion in water solution of materials prepared from Truc Thon clay and rice husk ash 96 Vu Hoang Phuong  
Nguyen Ngoc Tu  
Mac Thi Le
- Extract of anthraquinone from (*Morinda officinalis*) root for production of hard candy 103 Tran Thi Diu  
Bui Van Tu

### TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- A number of theoretical and practical bases for building and applying KPI indicators in assigning and evaluating work performance at colleges and universities today 111 Nguyen Thi Kim Nguyen
- Study responsible, scientific, innovation work example of President Ho Chi Minh in building working style for lecturers at present universities 116 Nguyen Thi Nhan
- Some solutions to improve efficiency external course political theory for students of Sao Do University 121 Pham Thi Hong Hoa  
Nguyen Thi Tinh

# Phương pháp điều khiển chế độ trượt phân cấp - mờ thích nghi mới cho một lớp các hệ thống Under - Actuated SIMO

## A novel adaptive fuzzy hierarchical sliding mode control method for a class of Under - Actuated SIMO system

Trần Thị Diệp\*, Dương Thị Hoa, Nguyễn Thị Sim

\*Email: [phuongdiep222@hnu.edu.com](mailto:phuongdiep222@hnu.edu.com)

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 28/01/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2021

### Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, một sự kết hợp giữa điều khiển chế độ trượt phân cấp và điều khiển mờ thích nghi cho một lớp các hệ thống robot under - actuated một đầu vào nhiều đầu ra (SIMO) được đề xuất. Trong sơ đồ điều khiển này, bằng cách sử dụng phương pháp điều khiển trượt phân cấp, một luật điều khiển trượt được tạo ra để làm cho mọi hệ thống con ổn định cùng một lúc. Tuy nhiên, bộ điều khiển này gây ra hiện tượng dao động quanh mặt trượt. Hơn nữa, các tham số chưa biết của hệ thống gây ra bởi tính phi tuyến của cơ cấu chấp hành và nhiễu bên ngoài. Do đó, giải pháp được đề nghị là kết hợp giữa bộ điều khiển trượt phân cấp với quy tắc điều khiển mờ thích nghi để loại bỏ hiện tượng dao động và nhiễu loạn bên ngoài. Các tham số chưa biết của hệ thống được ước lượng và suy luận bởi hệ thống logic mờ thích nghi đề xuất. Từ thực nghiệm cho thấy bộ điều khiển chế độ trượt phân cấp mờ thích nghi có thể điều khiển tốt cho một lớp các hệ thống kích thích yếu. Xe con lắc ngược 2D và cầu trục 2D là hai hệ thống kích thích yếu điển hình, được sử dụng để xác minh tính khả thi của phương pháp điều khiển đề xuất.

**Từ khóa:** Điều khiển thích nghi; điều khiển chế độ trượt; điều khiển mờ; hệ thống một đầu vào nhiều đầu ra; hệ thống under - actuated.

### Abstract

In this study, a combination of hierarchical sliding mode control and adaptive fuzzy control for a class of single input multiple output (SIMO) under-actuated robotic systems is proposed. In this control scheme, by using hierarchical sliding control method, a sliding control law is generated to make every subsystem stable at the same time. However, this controller causes oscillation around the sliding surface. Furthermore, the unknown system parameters are caused by the nonlinearity of the actuator and the external noise. Therefore, the proposed solution is to combine the hierarchical sliding controller with the adaptive fuzzy control rule to eliminate oscillations and external disturbances. The unknown parameters of the system are estimated and inferred by the proposed adaptive fuzzy logic system. The experimental results show that the adaptive fuzzy hierarchical sliding mode controller can control well for a class of SIMO under-actuated system. 2D inverted pendulum cart and 2D crane are two typical weak excitation systems, used to verify the feasibility of the proposed control method.

**Keywords:** Daptive control; sliding mode control; fuzzy logic; single input multiple output systems; under-actuated systems.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các hệ thống kích thích yếu được đặc trưng bởi thực tế là chúng có ít bộ truyền động hơn mức độ tự do được điều khiển [1]. Có nhiều hệ thống kích thích yếu trong các ứng dụng thực tế như đã đề cập trong [2], robot

không gian bay tự do, robot dưới nước, robot đi bộ... Đôi khi, các thuật toán điều khiển cho các hệ thống kích thích yếu có thể được sử dụng để khôi phục lại một phần các chức năng của hệ thống bị hỏng. Bằng thuật toán điều khiển kích thích yếu thích hợp được trình bày trong [3-4], cánh tay robot vẫn có thể cung cấp một phần chức năng. Do đó, việc phát triển các thuật toán điều khiển cho các hệ thống kích thích yếu

Người phản biện: 1. PGS. TS. Trần Vệ Quốc  
2. GS. TSKH. Thân Ngọc Hoàn

là rất quan trọng. Phương trình toán học của chúng thường bao gồm các thành phần phi tuyến cao và các khớp nối, làm cho các thiết kế điều khiển của chúng trở nên khó khăn [5].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào một lớp các hệ thống SIMO kích thích yếu. Lớp này khá lớn, bao gồm các hệ thống con lắc ngược song song hoặc xoay, Pendubot, TORA... Các hệ thống như vậy thường được sử dụng để nghiên cứu các phương pháp điều khiển khác nhau và là công cụ giảng dạy trong các trường đại học trên thế giới. Có rất nhiều phương pháp điều khiển được đưa ra, bao gồm điều khiển dựa trên năng lượng, điều khiển tựa thụ động, điều khiển lai, điều khiển thông minh... đã được đề cập trong các tài liệu [6-10]. Hầu hết các bài báo đều đề xuất luật điều khiển cho một hệ thống cụ thể. Trong thực tế, một biểu thức không gian trạng thái tổng quát có thể mô tả cho một loạt các hệ thống SIMO kích thích yếu. Do đó trong bài báo này, tác giả đã nghiên cứu, thiết kế một luật điều khiển tổng quát cho loạt các hệ thống SIMO kích thích yếu.

Trong những năm gần đây phương pháp điều khiển trượt /SMC/ đã được sử dụng rộng rãi cho vấn đề thiết kế điều khiển của hệ thống phi tuyến SIMO kích thích yếu. SMC là một cách tiếp cận hiệu quả đối với vấn đề duy trì sự ổn định và hiệu suất thích hợp của hệ thống điều khiển với mô hình chính xác [11-17]. Đặc điểm cốt lõi của phương pháp điều khiển trượt là khả năng đảm bảo tính bền vững và ổn định cho hệ thống điều khiển tuy nhiên một khó khăn chính trong việc thiết kế bộ điều khiển trượt là tất cả các thông số giới hạn trên và giới hạn dưới của các của các thông số không xác định phải được xác định trước khi thiết kế bộ điều khiển. Do đó đối với các hệ thống điều khiển có nhiều tham số không xác định thì việc thiết kế hệ thống điều khiển trượt trở nên phức tạp. Để giải quyết khó khăn này, các bộ điều khiển thông minh trên cơ sở của logic mờ được đưa ra [18-23]. Cụ thể hơn, các tác giả trong [20] đã đề xuất một phương pháp điều khiển mờ thích nghi cho một con lắc đảo ngược có bánh xe. Tương tự như vậy, tác giả trong [19] đã khai thác phép xấp xỉ logic mờ để giải quyết tham số không chắc chắn trong một bộ điều khiển tay máy di động kích thích yếu. Trong phạm vi của hệ thống SIMO, công trình [21] đã sử dụng luật mờ tự thiết lập để tính toán ma trận trọng số sau đó được sử dụng để tối ưu hóa hàm trọng số trong một bộ điều khiển tối ưu. Các tác giả trong [23] cũng đã xem xét việc thiết kế một bộ điều khiển backstepping mờ thích ứng cho một robot kích thích yếu. Tuy nhiên, trong tất cả các bộ điều khiển được thiết kế dựa trên cơ sở của logic mờ, các luật điều khiển được xây dựng dựa trên kinh nghiệm của người thiết kế do đó với những kinh nghiệm đó nhiều khi không đủ và khó để xây dựng luật điều khiển phù hợp.

Để khắc phục nhược điểm trên, trong bài báo này tác giả nghiên cứu về bộ điều khiển chế độ trượt phân cấp mờ thích nghi AFHSMC cho một loạt các hệ thống SIMO kích thích yếu. Bằng việc kế thừa các thuận lợi của bộ điều khiển trượt phân cấp HSMC và bộ điều khiển logic mờ. Ưu điểm, của bộ điều khiển HSMC đó là khả năng bền vững và ổn định. Ưu điểm, của bộ điều khiển logic mờ là khả năng xấp xỉ ước lượng các tham số chưa biết một cách chính xác, do đó khi áp dụng bộ điều khiển này vào điều khiển hệ xe con lắc ngược 2D và cần trục 2D thì hiệu quả bám, độ vọt lố đã được cải thiện.

## 2. SƠ ĐỒ ĐIỀU KHIỂN CHẾ ĐỘ TRƯỢT PHÂN CẤP MỜ THÍCH NGHI

### 2.1. Thiết kế bộ điều khiển

Xét mô hình điển hình của một loại hệ thống SIMO under-actuated như sau:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= f_1(X) + g_1(X)u \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= f_2(X) + g_2(X)u \end{aligned} \quad (1)$$

Các sai số giữa các phản hồi của hệ thống và các tham chiếu mong muốn là:

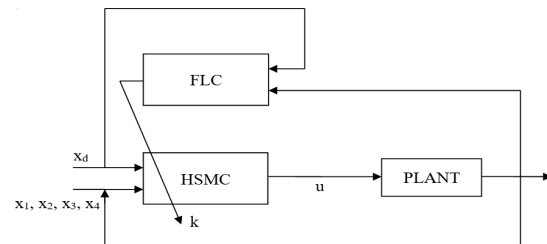
$$e(t) = \begin{bmatrix} x_1 - x_d \\ x_3 - \varphi_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 - x_d \\ x_3 - 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó:

$x_d$  là vị trí mong muốn.

Trong trường hợp của con lắc ngược và cần trục.  $x_d$  là vị trí mong muốn của xe.  $\varphi_d = 0$  là góc quay mong muốn. Trong đó, các đạo hàm của sai số có thể được suy ra từ (1) như sau:

$$\begin{aligned} \dot{e}_1 &= e_2 \\ \dot{e}_2 &= f_1(X) + g_1(X)u - \ddot{x}_d \\ \dot{e}_3 &= e_4 \\ \dot{e}_4 &= f_2(X) + g_2(X)u \end{aligned} \quad (3)$$



Hình 1. Sơ đồ điều khiển chế độ trượt phân cấp mờ thích nghi, trong đó FLC và SMC lần lượt là đại diện cho bộ điều khiển logic mờ và bộ điều khiển chế độ trượt



$$s_1 = c_1 e_1 + e_2 \quad (4)$$

$$s_2 = c_2 e_3 + e_4 \quad (5)$$

Với  $c_1$  và  $c_2$  là các hằng số dương. Sau đó, bề mặt trượt cấp hai cho các hệ thống SIMO under-actuated được tính toán bởi:

$$S = \lambda_1 s_1 + \beta_1 s_2 \quad (6)$$

Ở đây:

$\lambda_1$  và  $\beta_1$  cũng là các tham số dương. Cần lưu ý rằng để đảm bảo mặt trượt cấp hai hội tụ về 0, sơ đồ HSMC dự kiến bao gồm hai luật riêng biệt [23]. Nói cách khác, chúng tôi sử dụng luật điều khiển chuyển mạch để điều khiển các trạng thái của hệ thống điều khiển hướng tới một mặt trượt cụ thể. Sau đó, chúng tôi sử dụng một luật điều khiển tương đương để duy trì sự xuất hiện của các trạng thái trên mặt trượt. Do đó, sơ đồ điều khiển hiệu quả cho một hệ thống SIMO under-actuated được xây dựng như sau:

$$u = u_{eq} + u_{sw} \quad (7)$$

Trong đó:

$u_{eq}$  và  $u_{sw}$  tương ứng là luật điều khiển chuyển mạch và điều khiển tương đương. Hơn nữa, để đảm bảo tính ổn định của hệ thống SIMO under-actuated theo sơ đồ điều khiển được đề xuất, một hàm Lyapunov được xét:

$$V = \frac{1}{2} S^2 \quad (8)$$

Đạo hàm của mặt trượt cấp hai được xác định như sau:

$$\frac{dV}{dt} = S\dot{S} \quad (9)$$

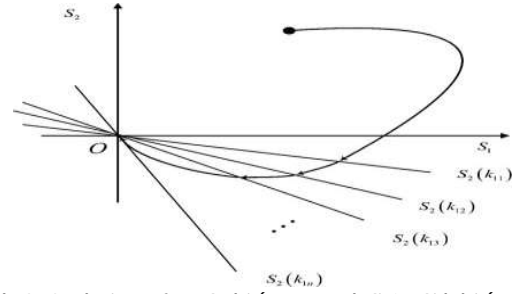
Hoặc

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= S\dot{S} = S(\lambda_1 \dot{s}_1 + \beta_1 \dot{s}_2) \\ &= S[\lambda_1(c_1 x_2 + f_1 + g_1 u) + \beta_1(c_2 x_4 + f_2 + g_2 u)] \\ &= S \left[ \begin{array}{l} \lambda_1(c_1 x_2 + f_1 + g_1(u_{eq1} + u_{sw1} + u_{eq2} + u_{sw2})) \\ + \beta_1(c_2 x_4 + f_2 + g_2(u_{eq1} + u_{sw1} + u_{eq2} + u_{sw2})) \end{array} \right] \\ &= S \left[ \begin{array}{l} \lambda_1(c_1 x_2 + f_1 + g_1 u_{eq1}) + \beta_1(c_2 x_4 + f_2 + g_2 u_{eq2}) \\ + u_{sw2}(\lambda_1 g_1 + \beta_1 g_2) + u_{sw1}(\lambda_1 g_1 + \beta_1 g_2) \\ + \lambda_1 g_1 u_{eq2} + \beta_1 g_2 e_{eq1} + kS + \eta sat(S) - (kS + \eta sgn(S)) \end{array} \right] \end{aligned} \quad (10)$$

Với  $sat(\cdot)$  và  $sgn(\cdot)$  lần lượt là hàm bão hòa và hàm dấu,  $k$  là tham số để loại bỏ hiện tượng chattering

$$u_{eq} = u_{eq1} + u_{eq2}, u_{sw} = u_{sw1} + u_{sw2}.$$

Cần lưu ý rằng độ ổn định của mặt trượt  $S$  được đảm bảo nếu:



Hình 2. Sự hội tụ của các biến trạng thái  $S$  với  $k$  biến thiên

$$\begin{cases} u_{eq1} = \frac{-(c_1 x_2 + f_1)}{g_1} \\ u_{eq2} = \frac{-(c_2 x_4 + f_2)}{g_2} \\ u_{sw2} = -u_{sw1} - \frac{\lambda_1 g_1 u_{eq1} + \beta_1 g_2 u_{eq2}}{\lambda_1 g_1 + \beta_1 g_2} - \frac{k.S + \eta \cdot sgn(S)}{\lambda_1 g_1 + \beta_1 g_2} \end{cases} \quad (11)$$

Ta có

$$\frac{dV}{dt} = S\dot{S} = -(kS^2 + \eta S sgn(S)) \leq 0 \quad (12)$$

Do vậy, tín hiệu điều khiển cho hệ thống SIMO under-actuated được tổng hợp như sau:

$$\begin{aligned} u &= u_{eq1} + u_{sw1} + u_{eq2} + u_{sw2} \\ &= -\frac{\lambda_1 f_1(X) + \beta_1 f_2(X) + \lambda_1 c_1 x_2 + \beta_1 c_2 x_4 + kS + \eta sgn(S)}{\lambda_1 g_1(X) + \beta_1 g_2(X)} \end{aligned}$$

Để giảm hiện tượng dao động, một hàm bão hòa được đề xuất để thay thế hàm sign:

$$sat(S) = \begin{cases} sgn(S) & \text{if } |S| > 1 \\ S & \text{if } |S| \leq 1 \end{cases} \quad (13)$$

Do đó, tín hiệu điều khiển trong (12) có thể được viết lại bởi:

$$\begin{aligned} u &= -\frac{\lambda_1 f_1(X) + \beta_1 f_2(X) + \lambda_1 c_1 e_2 + \beta_1 c_2 e_4}{\lambda_1 g_1(X) + \beta_1 g_2(X)} \\ &\quad + \frac{-\lambda_1 \ddot{x}_d + kS + \eta sat(S)}{\lambda_1 g_1(X) + \beta_1 g_2(X)} \end{aligned} \quad (14)$$

## 2.2. Luật thích nghi

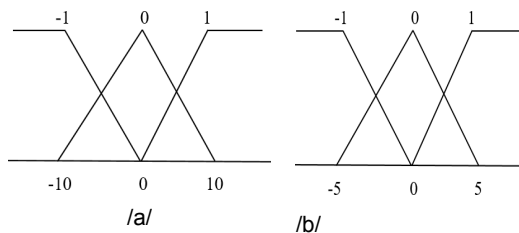
Có thể thấy trong phân tích ở mục 2.1 rằng nếu cả hai thông số  $\lambda_1$  và  $\beta_1$  trong (6) được giữ nguyên không đổi thì sẽ gây ra dao động trong hệ thống điều khiển. Để giải quyết vấn đề, trong bài báo tác giả đã đề xuất điều khiển thích nghi các tham số theo thời gian bằng cách sử dụng hệ thống mờ. Để đơn giản bộ điều khiển, chúng tôi xác định:

$$\beta_1 = k\lambda_1$$

Do đó, cho phép hệ thống logic mờ tính toán một tham số thay vì hai tham số tại một thời điểm cụ thể. Nhận thấy rằng hệ số  $k$  có thể được xác định trước. Ngoài

ra, thay đổi  $k$  dẫn đến sự thay đổi của các mặt trượt. Và nếu  $k$  được chọn đúng, các trạng thái của hệ thống điều khiển di chuyển trên các mặt trượt để hội tụ về 0 như được minh họa trong Hình 2. Phương pháp đề xuất giảm đáng kể hiện tượng dao động trong các hệ thống SIMO under-actuated.

Mô hình điều khiển mờ vòng kín cho một lớp hệ thống SIMO under-actuated được minh họa trong Hình 1. Bây giờ chúng ta nghiên cứu cách xây dựng các hàm liên thuộc và luật cơ sở cho hai hệ thống điển hình bao gồm hệ xe con lắc ngược và cần trục. Các hàm liên thuộc cho các tham số đầu vào của hệ thống xe con lắc ngược 2D và cần trục 2D, trong đó mỗi tham số đầu vào có một tập mờ ba tam giác được minh họa trong Hình 3a và 3b, tương ứng. Về mặt toán học, các tập mờ được trình bày bởi  $[-2 \ -1 \ 0 \ 1 \ 2]$ .



Hình 3. Tập hợp mờ các tham số đầu vào cho (a) hệ thống xe con lắc ngược 2D và (b) cần trục thẳng đứng 2D

Tương ứng với  $[C_1 \ C_2 \ C_3 \ C_4 \ C_5 = [3 \ 2.5 \ 2 \ 2.5 \ 3]$

Cho hệ thống xe con lắc ngược 2D và cần trục 2D. Quan trọng hơn, luật cơ sở cũng được xây dựng và tóm tắt trong Bảng 1.

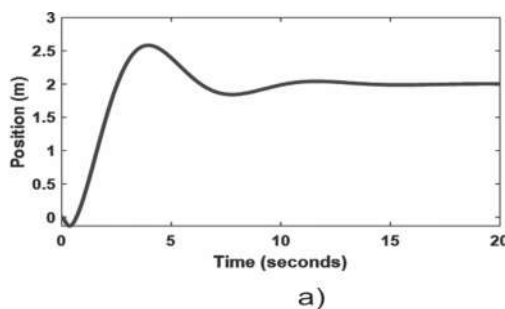
$[C_1 \ C_2 \ C_3 \ C_4 \ C_5 = [10 \ 9.25 \ 7.5 \ 9.25 \ 10]$

Bảng 1. Suy luận mờ cho bộ điều khiển chế độ trượt phân cấp thích nghi

| $\lambda_1$ |    | $e_1$ |    |    |
|-------------|----|-------|----|----|
|             |    | -1    | 0  | 1  |
| $\dot{e}_1$ | 1  | 0     | -1 | -2 |
|             | 0  | 1     | 0  | -1 |
|             | -1 | 2     | 1  | 0  |

### 3. KẾT QUẢ MÔ PHÒNG VÀ KẾT LUẬN

Để chứng minh tính hiệu quả của phương pháp tiếp cận



được đề xuất của chúng tôi, bộ điều khiển chế độ trượt phân cấp mờ thích nghi /AFHSMC/, trong điều khiển một lớp hệ thống robot SIMO under - actuated, chúng tôi đã tiến hành các thí nghiệm trong môi trường mô phỏng tổng hợp cho hai hệ thống robot SIMO under-actuated điển hình bao gồm hệ xe con lắc ngược 2D và cần trục 2D. Thông qua kết quả được trình bày ở phần 3. Có thể nhận thấy rằng hiệu suất điều khiển của xe trong hệ thống xe con lắc và xe trong cần trục trên cao đạt được các vị trí mong muốn.

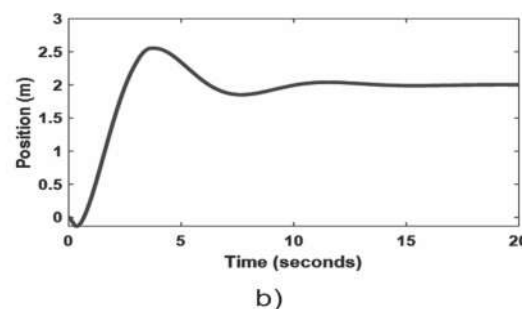
#### 3.1. Hệ thống xe con lắc ngược 2D

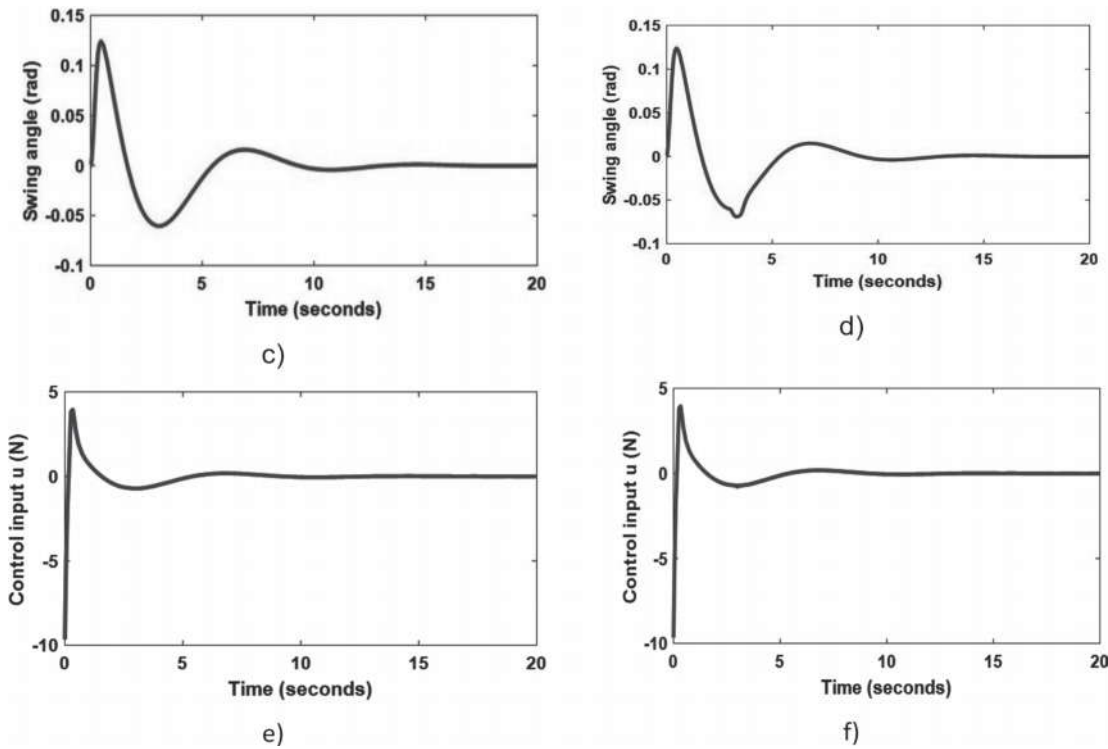
Trong các thí nghiệm của xe lắc ngược 2D [25], chúng ta thấy rằng các thông số của hệ thống được trình bày trong [25] đã biết trước. Các thông số đó được tóm tắt trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số của hệ thống xe con lắc ngược 2D

| Thông số | Giá trị                  |
|----------|--------------------------|
| $m_0$    | 1 (kg)                   |
| $m$      | 0,1 (kg)                 |
| $l_c$    | 1 (m)                    |
| $C_1$    | 1                        |
| $C_2$    | 5                        |
| $k$      | 5                        |
| $h$      | 10                       |
| $g$      | 9,81 (m/s <sup>2</sup> ) |

Hơn nữa, để chứng minh tính bền vững của hệ thống điều khiển vòng kín do nhiễu bên ngoài, trong các mô phỏng, chúng tôi đã tác động nhiễu lên hệ thống 2(N) sau thời gian hoạt động 3(s). Kết quả mô phỏng trong các thí nghiệm có sự tồn tại và không có sự tồn tại của nhiễu bên ngoài được minh họa trong Hình 4, trong đó Hình 4a, 4c và 4e là kết quả thu được là không xét đến nhiễu bên ngoài. Còn các Hình 4b, 4d và 4f cho thấy kết quả thu được khi hệ thống đã bị ảnh hưởng bởi nhiễu loạn bên ngoài. Có thể thấy rõ ràng trong cả hai trường hợp, xe đã đạt đến vị trí mong muốn là 2(m) và góc quay hội tụ đáng kể về điều kiện lý tưởng là 0(rad) sau 10(s). Tức là, sự ổn định của hệ thống xe con lắc ngược được đảm bảo với bất kể điều kiện bên ngoài trong môi trường nhiễu loạn.

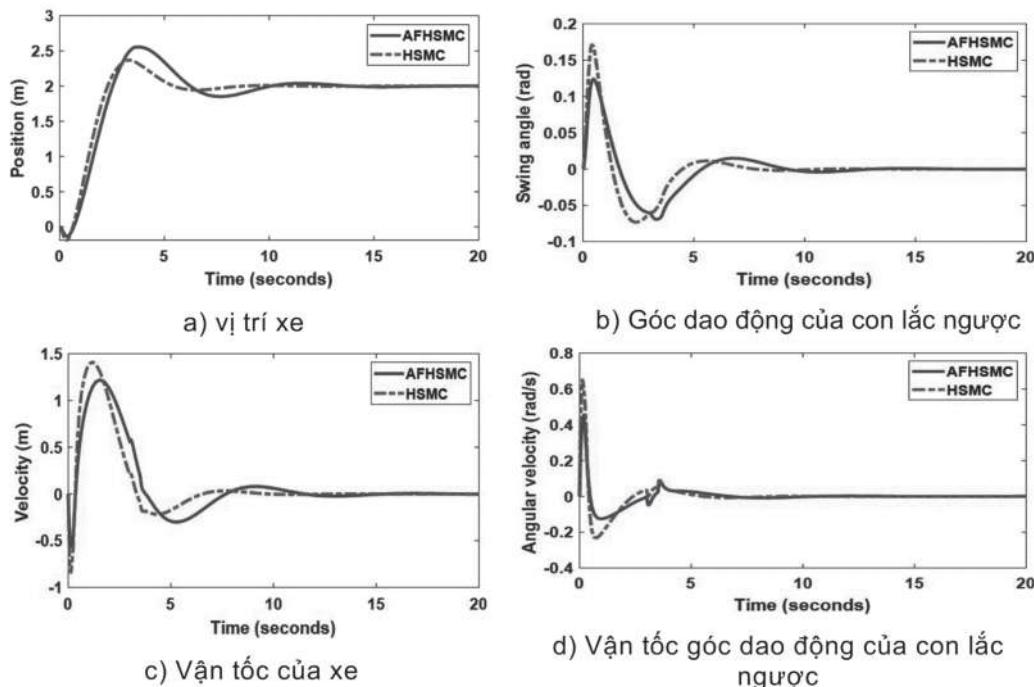




Hình 4. Hiệu suất điều khiển trên hệ thống xe lắc ngược 2D không có nhiễu (cột bên trái) và có nhiễu tác động (cột bên phải)

Hiệu suất bộ điều khiển trên hệ thống xe con lắc ngược 2D thu được bằng cách tiếp cận đề xuất của chúng tôi AFHSMC so với hiệu suất thu được bằng thuật toán HSMC tiêu chuẩn được thể hiện trên Hình 5. Nó chỉ ra rằng vị trí xe, góc quay, vận tốc và vận tốc góc xe

của 2 bộ điều khiển HSMC và AFHSMC đều hội tụ đến vị trí cân bằng trong khoảng 10 s. Tuy nhiên, độ vọt lố góc dao động, vận tốc và vận tốc góc của xe trong bộ điều khiển AFHSMC có dao động nhỏ hơn so với bộ điều khiển HSMC.



Hình 5. Hiệu suất điều khiển của hệ thống xe con lắc ngược 2D thu được bằng bộ điều khiển đề xuất (AFHSMC) so với bộ điều khiển HSMC tiêu chuẩn

### 3.2. Hệ cầu trục 2D

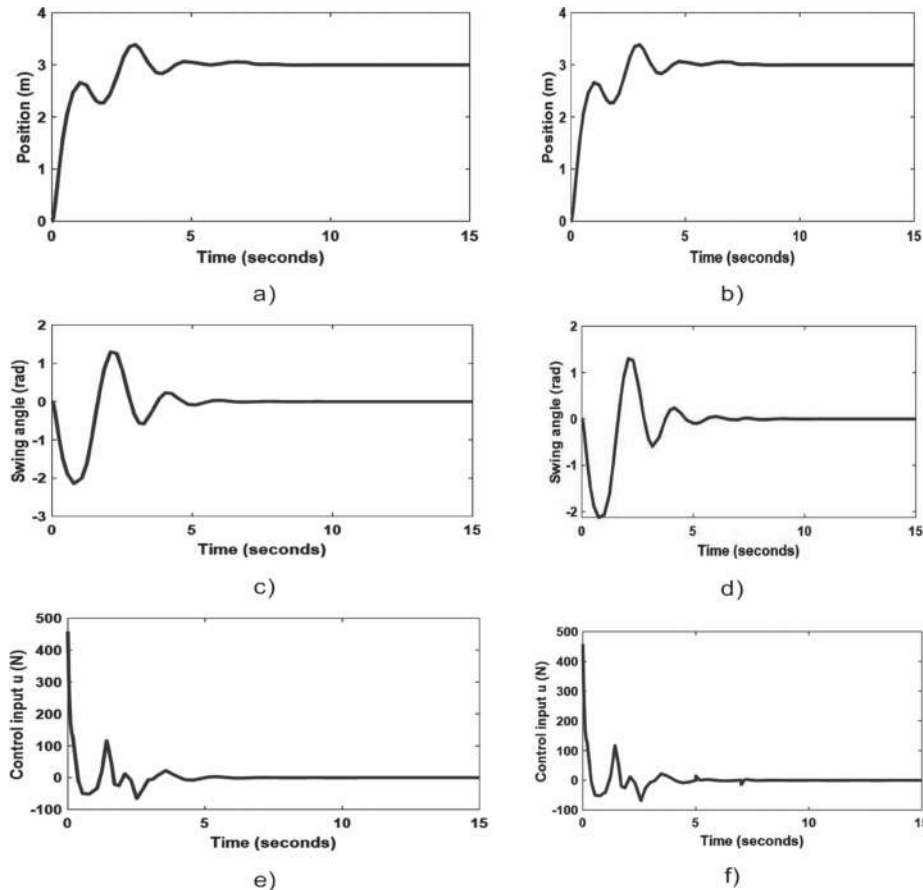
Để củng cố tính hiệu quả của thuật toán được đề xuất của chúng tôi trong việc điều khiển một lớp hệ thống rôbot SIMO under - actuated, chúng tôi đã tiến hành các thử nghiệm trên một cần trục 2D điển hình khác [15]. Các thông số được sử dụng để mô phỏng cầu trục 2D và bộ điều khiển được tóm tắt trong Bảng 3.

Bảng 3. Các thông số của cần trục 2D

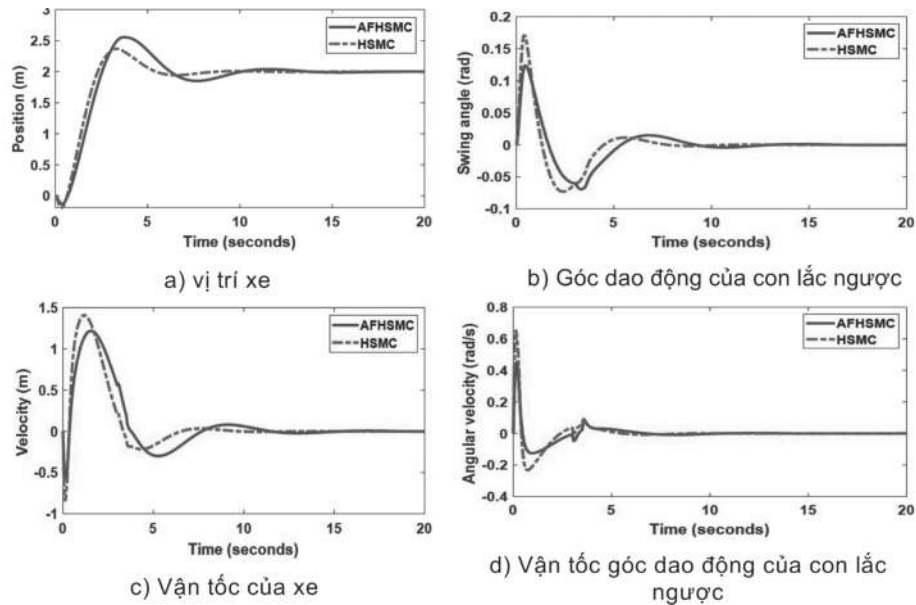
| Thông số | Giá trị                  |
|----------|--------------------------|
| $M_0$    | 6 (kg)                   |
| $m_c$    | 3 (kg)                   |
| $l_c$    | 1 (m)                    |
| $C_1$    | 0,01                     |
| $C_2$    | 3                        |
| $k$      | 3,5                      |
| $h$      | 3,85                     |
| $g$      | 9,81 (m/s <sup>2</sup> ) |

Tương tự như hệ thống xe con lắc ngược 2D, trước

tiên chúng tôi tiến hành các mô phỏng xem xét rằng môi trường không có nhiễu loạn. Sau đó, để xác minh tính ổn định của hiệu suất điều khiển trong cầu trục 2D, chúng tôi đã cố ý tác động lên cầu trục bằng nhiễu bên ngoài 15(N) sau khi hệ thống khởi động 5(s). Như mong đợi, bộ điều khiển AFHSMC được đề xuất phản hồi khá tốt với nhiễu loạn bên ngoài và giữ cho hệ thống bền vững. Kết quả thu được thể hiện trong Hình 6 đối với cả hai trường hợp không có nhiễu (cột bên trái) và có nhiễu (cột bên phải) chứng tỏ sự ổn định của hệ thống bất kể nhiễu loạn. So sánh giữa bộ điều khiển AFHSMC được đề xuất của chúng tôi và bộ điều khiển HSMC tiêu chuẩn cũng được thực hiện và kết quả được minh họa trong Hình 7. Không ngạc nhiên khi luật HSMC tiêu chuẩn hoạt động so với phương pháp đề xuất của chúng tôi tốt hơn một chút. Điều này là do các tham số trong sơ đồ HSMC đã được biết đến mặc dù xác định các tham số trong hệ thống robot phi tuyến SIMO under-actuated và không chắc chắn cao là không thực tế. Do đó, các kết quả thu được theo luật HSMC tiêu chuẩn có thể được coi là lý tưởng. Tuy nhiên, các kết quả thu được bằng phương pháp của tác giả thì các tham số của phương pháp được đề xuất là xấp xỉ và được suy ra một cách thích nghi bởi logic mờ.



Hình 6. Hiệu suất điều khiển trên cần trục 2D không có nhiễu (cột bên trái) và có nhiễu (cột bên phải)



Hình 7. Hiệu suất điều khiển trên cần trục 2D thu được bằng bộ điều khiển đề xuất (AFHSMC) so với bộ điều khiển HSMC tiêu chuẩn

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu một cách điều khiển ổn định hiệu quả để điều khiển một lớp hệ thống robot SIMO under-actuated, trong đó bộ điều khiển được thiết lập bằng cách sử dụng luật HSMC. Hơn nữa, tác giả cũng đã đề xuất khai thác cơ chế logic mờ để suy ra các tham số bất định, phi tuyến và chưa biết của hệ thống. Thuật toán được đề xuất sau đó đã được xác nhận trong hai hệ thống SIMO under-actuated điển hình bao gồm xe lắc ngược 2D và cần trục 2D. Kết quả thu được đã chứng tỏ hiệu quả của phương pháp đề xuất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Xu, R. and Ozguner, U (2008), *Sliding mode control of a class of underactuated system*, Automatica, vol. 44, no. 1, pp. 233-241.
- [2]. Olfati-Saber, R (2002), *Normal forms for underactuated mechanical systems with symmetry*, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 47, no. 2, pp. 305-308.
- [3]. Xin, X. and Kaneda, M, (2007), *Swing-up control for a 3-DOF gymnastic robot with passive first joint: design and analysis*, IEEE Transactions on Robotics, vol. 23, no. 6, pp. 1277-1285.
- [4]. Fierro, R., Lewis, F. L. and Lowe, A (1999), *Hybrid control for a class of underactuated mechanical systems*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, vol. 29, no. 6, pp. 649-654.
- [5]. Spong, M. W. (1995), *The swing up control problem for the acrobat*, IEEE Control Systems Magazine, 15, 49–55.
- [6]. Suykens, J.; Vandewalle, J.; De Moor, B (2001), *Optimal control by least squares support vector machines*, Neural Networks 2001, 14, 23–35. doi:https://doi.org/10.1016/S0893-6080(00)00077-0.
- [7]. Adhikary, N.; Mahanta, C, (2013) *Integral backstepping sliding mode control for underactuated systems: Swing-up and stabilization of the Cart–Pendulum System*. ISA Transactions 2013, 52, 870-880. doi:https://doi.org/10.1016/j.isatra.2013.07.012.
- [8]. Karkoub, M.A.; Zribi, M (2001), *Robust Control Schemes for an Overhead Crane*, Journal of Vibration and Control 2001, 7, 395-416, https://doi.org/10.1177/107754630100700305]. doi:10.1177/107754630100700305.
- [9]. Qian, D.; Liu, X.; Yi, J (2012), *Adaptive control based on hierarchical sliding mode for under-actuated systems*, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2012, pp. 1050-1055.
- [10]. Mahjoub, S.Mnif, F. Derbel, N (2015), *Second-order sliding mode approaches for the control of a class of underactuated systems*, International Journal of Automation and Computing, 12, 134–141. doi:10.1007/s11633-015-0880-3.
- [11]. Nguyen, T.V.; Thai, N.H.; Pham, H.T.; Phan, T.A.; Nguyen, L.; Le, H.X.; Nguyen, H.D, (2019), *Adaptive Neural Network-Based Backstepping Sliding Mode Control Approach for Dual-Arm Robots*, Journal of Control, Automation and Electrical System, 30, 512–521. doi:10.1007/s40313-019-00472-z.

- [12]. Pham, D.T.; Nguyen, T.V.; Le, H.X.; Nguyen, L.; Thai, N.H.; Phan, T.A.; Pham, H.T.; Duong, A.H.; Bui, L.T (2020), *Adaptive neural network based dynamic surface control for uncertain dual arm robots*. International Journal of Dynamics and Control, 8, 824–834. doi:10.1007/s40435-019-00600-2.
- [13]. Mahmoodabadi, M.J.; Haghbayan, H.K (2020), *An optimal adaptive hybrid controller for a fourth-order under-actuated nonlinear inverted pendulum system*. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 42, 285–294, [https://doi.org/10.1177/0142331219868589]. doi:10.1177/0142331219868589.
- [14]. Le, V.A.; Le, H.X.; Nguyen, L.; Phan, M.X. (2019), *An Efficient Adaptive Hierarchical Sliding Mode Control Strategy Using Neural Networks for 3D Overhead Cranes*. International Journal of Automation and Computing 2019, 16, 614–627. doi:10.1007/s11633-019-1174-y.
- [15]. Weimin, X.; Xiang, Z.; Yuqiang, L.; Mengjie, Z.; Yuyang, L. (2015), *Adaptive dynamic sliding mode control for overhead cranes*. 34<sup>th</sup> Chinese Control Conference (CCC), pp. 3287–3292.
- [16]. Wang, W.; Yi, J.; Zhao, D.; Liu, D (2004), *Design of a stable sliding-mode controller for a class of second-order underactuated systems*. IEE Proceedings Control Theory and Applications, 151, 683–690.
- [17]. Zadeh, L.A. (2008), *Is there a need for fuzzy logic?* Information Sciences, 178, 2751 – 2779. doi:https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.02.012.
- [18]. Li, Z.; Yang, C.; Su, C.Y.; Ye, W. (2014), *Adaptive fuzzy-based motion generation and control of mobile under-actuated manipulators*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 30, 86 – 95. doi:https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.12.01.
- [19]. Yue, M.; An, C.; Du, Y.; Sun, J. (2014), *Indirect adaptive fuzzy control for a nonholonomic/underactuated wheeled inverted pendulum vehicle based on a data-driven trajectory planner*. Fuzzy Sets and Systems, 290, 158–177. Theme: Control Engineering and Applications, doi:https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.08.013.
- [20]. Zhang, H.Y.; Wang, J.; Lu, G.D. (2014), *Self-organizing fuzzy optimal control for under-actuated systems*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 228, 578–590, [https://doi.org/10.1177/0959651814533681]. doi:10.1177/0959651814533681.
- [21]. Hwang, C.; Chiang, C.; Yeh, Y. (2014), *Adaptive Fuzzy Hierarchical Sliding-Mode Control for the Trajectory Tracking of Uncertain Underactuated Nonlinear Dynamic Systems*. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 22, 286–299.
- [22]. Azimi, M.M.; Koofigar, H.R. (2015), *Adaptive fuzzy backstepping controller design for uncertain underactuated robotic systems*. Nonlinear Dynamics, 79, 1457–1468. doi:10.1007/s11071-014-1753-y.
- [23]. Su, X.; Xia, F.; Liu, J.; Wu, L. Event-triggered fuzzy control of nonlinear systems with its application to inverted pendulum systems. *Automatica*
- [24]. Roose, A.I.; Yahya, S.; Al-Rizzo, H. (2017) Fuzzy-logic control of an inverted pendulum on a cart. *Computers & Electrical Engineering*, 61, 31 – 47.

## THÔNG TIN TÁC GIẢ



### Trần Thị Điệp

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2010: Tốt nghiệp Đại học Kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên, chuyên ngành Điện tự động hóa.
- + Năm 2013: Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Điện tự động hóa, Đại học Mở Địa chất Hà Nội.
- + Năm 2020: Tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại học Trường Đại Hồ Nam Trung Quốc.
- + Từ năm 2010 đến nay: Giảng viên khoa Điện, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Hướng nghiên cứu hiện tại điều khiển các hệ thống phi tuyến, robot, năng lượng tái tạo bao gồm năng lượng gió và các hệ thống pin nhiên liệu, năng lượng mặt trời.
- Điện thoại: 0374 700 015.
- Email: phuongdiep222@gmail.com.vn.



**Dương Thị Hoa**

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2007: Tốt nghiệp Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, chuyên ngành Kỹ thuật điện.
- + Năm 2011: Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Sư phạm kỹ thuật điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Từ năm 2008 đến nay: Giảng khoa Điện, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Điện thoại: 0983 105 189.
- Email: hoa105189@gmail.com.vn.



**Nguyễn Thị Sim**

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu):
- + Năm 2006: Tốt nghiệp Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội chuyên ngành Điện khí hóa xí nghiệp mỏ và dầu khí.
- + Năm 2011: Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Đo lường và Các hệ thống điều khiển, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Từ năm 2006 đến nay: Giảng khoa Điện, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Điện thoại: 0986 108 248.
- Email: ntsim1982@gmail.com.vn.