

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

THÔNG TIN TÓM TẮT
LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Tên đề tài luận án tiến sĩ: **Nghiên cứu phát triển giải thuật điều khiển thông minh dựa trên mạng nơ-ron mờ hồi quy ứng dụng điều khiển hệ phi tuyến**
Chuyên ngành: **Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa**
Mã số: **9520216**
Nghiên cứu sinh: **Lê Minh Thành**
Người hướng dẫn khoa học: **1. PGS.TS. Nguyễn Chí Ngôn**
2. TS. Nguyễn Quang Sang

Tên cơ sở đào tạo: **Trường Đại học Giao thông vận tải Thành Phố Hồ Chí Minh**

1. Luận điểm khoa học cần giải quyết trong luận án

Nội dung luận án này nhằm trả lời các câu hỏi khoa học cơ bản sau:

- Có thể hiệu chỉnh tham số tối ưu của bộ điều khiển một cách trực tuyến hay?
- Có thể dùng mạng nơ-ron mờ hồi quy để hiệu chỉnh bù cho bộ điều khiển PID truyền thống trên một đối tượng phi tuyến cho trước?

2. Mục tiêu của luận án

2.1. Mục tiêu tổng quát

Xây dựng giải thuật điều khiển thông minh dùng mạng nơ-ron mờ hồi quy để kiểm soát đối tượng phi tuyến – minh họa bằng điều khiển bám quỹ đạo cho robot Delta 3 bậc tự do (3-DOF), thông qua mô phỏng và thực nghiệm.

2.2. Mục tiêu cụ thể

- Nghiên cứu xây dựng các phương trình chuyển động của hệ phi tuyến thực nghiệm là robot Delta 3-DOF: xây dựng các phương trình động học thuận, động học ngược và động lực học của robot Delta 3-DOF

- Thiết kế bộ điều khiển FUZZY-PID và GA-PID để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt trước để có cơ sở đánh giá chất lượng điều khiển với giải thuật đề xuất.

- Nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển Single Neural Adaptive PID dựa trên bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi quy để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt trước.

- Đề xuất bộ điều khiển giám sát (Supervisory Control) bằng cách sử dụng bộ điều khiển mạng nơ-ron mờ hồi quy (RFNNC), kết hợp với PID để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt trước. Đồng thời cải thiện chất lượng điều khiển bằng cách sử dụng bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi quy (RFNNI), để nhận dạng hệ phi tuyến hồi về bộ điều khiển mạng nơ-ron mờ hồi quy để điều khiển tự chỉnh thích nghi với bộ điều khiển PID, làm nhiệm vụ tạo ra điện áp ban đầu lớn để quay các cánh tay của cả hệ phi tuyến. Các giải thuật nghiên cứu được áp dụng điều khiển bám quỹ đạo robot Delta 3-DOF trên MATLAB/Simulink, để so sánh đánh giá các kết quả đạt được của 4 bộ điều khiển và kiểm chứng giải thuật điều khiển giám sát kết hợp RFNN-PID, trong điều khiển bám quỹ đạo robot Delta 3-DOF ở trạng thái danh định và sự thay đổi các thông số của đối tượng.

- Thiết kế, chế tạo mô hình robot Delta 3-DOF và thực nghiệm điều khiển thời gian thực các bộ điều khiển đã xây dựng trên MATLAB/Simulink, để điều khiển bám quỹ đạo robot Delta 3-DOF thông qua giao thức truyền nhận dữ liệu UART.

3. Giới hạn của luận án

Luận án tập trung nghiên cứu hệ thống phi tuyến MIMO - robot Delta 3-DOF và phát triển giải thuật tối ưu cấu trúc, cùng với các thông số của mạng nơ-ron mờ hồi quy, để điều

kiểm soát theo quỹ đạo đối tượng phi tuyến, nhằm nâng cao chất lượng điều khiển của cả hệ vòng kín.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu:* hệ thống phi tuyến MIMO và SISO được mô tả toán học bằng mô hình trạng thái phi tuyến.

- *Phạm vi nghiên cứu:* Tập trung nghiên cứu phương pháp mô tả toán học cho hệ thống phi tuyến MIMO là robot Delta 3-DOF. Nghiên cứu các công trình đã được công bố trong và ngoài nước ở lĩnh vực điều khiển phi tuyến, điều khiển thích nghi, giải thuật di truyền và điều khiển mờ làm nền tảng cho việc đánh giá chất lượng nghiên cứu của giải thuật đề xuất là giải thuật điều khiển giám sát kết hợp RFNN-PID. Đồng thời nghiên cứu các công cụ tính toán mềm để kiểm chứng tính đúng đắn của giải thuật được đề xuất trong luận án và thực nghiệm trên mô hình hệ phi tuyến thật, là điều khiển bám quỹ đạo vòng kín robot Delta và điều khiển ổn định lưu lượng chất lỏng trên hệ RT020.

5. Phương pháp nghiên cứu, cách tiếp cận

Luận án được thực hiện với các phương pháp nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu tài liệu: thu thập tài liệu từ nguồn tài liệu khoa học trong ngành trên các tạp chí khoa học uy tín trong nước và quốc tế liên quan đến nội dung nghiên cứu của luận án; phân tích, tổng hợp tài liệu từ các nguồn thu thập ở trên, xác định ưu điểm của phương pháp điều khiển hệ phi tuyến để sử dụng làm cơ sở khoa học cho luận án, đồng thời tiến hành cải tiến những tồn tại trong các tài liệu.

- Nghiên cứu phần mềm Solidworks, CorelDRAW để thiết kế bản vẽ và cắt khung cơ khí robot Delta 3-DOF.

- Nghiên cứu phần mềm Proteus để thiết kế, mô phỏng và thi công mạch điều khiển cho robot Delta 3-DOF.

- Thực nghiệm mô hình động lực học hệ phi tuyến là robot Delta 3-DOF. Kết quả mô phỏng được thực hiện trên MATLAB/Simulink.

- Xử lý thông tin: quan sát đáp ứng của hệ thống và điều chỉnh các thông số của bộ điều khiển (nếu có) sao cho đáp ứng thỏa mãn các chỉ tiêu chất lượng điều khiển như: sai số xác lập, thời gian quá độ và vọt lố.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

6.1. Ý nghĩa khoa học

Nghiên cứu đề xuất giải thuật điều khiển giám sát RFNN-PID: trong đó bộ điều khiển mạng nơ-ron mờ hồi quy RFNNC kết hợp cùng với bộ điều khiển PID và bộ nhận dạng RFNNI được sử dụng để quan sát các thông số sai số đầu ra của hệ phi tuyến để cập nhật, điều chỉnh các thông số đầu vào tối ưu điều khiển hệ phi tuyến bám theo tín hiệu đặt trước sao cho sai số bám tiến về không, giảm vọt lố và ít bị ảnh hưởng của nhiễu.

6.2. Ý nghĩa thực tiễn

Kiểm chứng được khả năng ứng dụng thực tế của giải thuật điều khiển giám sát RFNN-PID để điều khiển hệ thống phi tuyến được đề xuất bằng các công cụ tính toán mềm và thực nghiệm trên mô hình hệ phi tuyến thật là điều khiển bám quỹ đạo vòng kín robot Delta 3-DOF và trên hệ ổn định lưu lượng RT020.

7. Những điểm đóng góp mới của luận án

7.1. Về lý thuyết

- Xây dựng được giải thuật điều khiển thích nghi mạng nơ-ron trên cơ sở bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi quy SNA-PID để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt.

- Xây dựng được giải thuật điều khiển giám sát (Supervisory Control) bằng cách sử dụng mạng nơ-ron mờ hồi quy RFNNC kết hợp với bộ điều khiển PID để điều khiển hệ

phi tuyến bám theo quỹ đạo. Đồng thời đánh giá và lựa chọn cấu trúc mạng nơ-ron mờ hồi quy thích hợp trong điều khiển hệ phi tuyến.

7.2. Về thực tiễn

- Mô phỏng bộ điều khiển FUZZY-PID, GA-PID và SNA-PID để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt trước đạt các chỉ tiêu chất lượng.

- Mô phỏng bộ điều khiển giám sát (Supervisory Control) bằng cách sử dụng mạng nơ-ron mờ hồi quy RFNNC, kết hợp với bộ PID để điều khiển hệ phi tuyến bám theo quỹ đạo đặt trước đạt các chỉ tiêu chất lượng.

- Cải thiện chất lượng bộ điều khiển giám sát bằng cách sử dụng bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi quy RFNNI để ước lượng thông tin về độ nhạy của đối tượng, làm cơ sở để tự cập nhật tham số bộ điều khiển thích nghi với các thay đổi trong quá trình kiểm soát đối tượng.

- Ứng dụng thực nghiệm trên hai mô hình hệ phi tuyến thật: một là điều khiển robot Delta bám theo quỹ đạo đường tròn và số 8, đồng thời thực nghiệm trên mô hình hệ phi tuyến thứ hai là điều khiển hệ ổn định lưu lượng chất lỏng RT020.

8. Kết cấu của luận án

Luận án được tổ chức bao gồm phần Tổng quan; Chương 1 trình bày điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng nơ-ron mờ hồi quy để điều khiển hệ phi tuyến; điều khiển giám sát kết hợp RFNN-PID dựa trên bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi quy để điều khiển hệ phi tuyến là Chương 2. Chương 3 trình bày phương pháp nghiên cứu chế tạo và thực nghiệm điều khiển trên hệ phi tuyến, đồng thời trình bày kết quả, kết luận.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 29 tháng 3 năm 2024

Người hướng dẫn khoa học

Nghiên cứu sinh



PGS.TS. Nguyễn Chí Ngôn

Lê Minh Thành



TS. Nguyễn Quang Sang