

# THÔNG TIN LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Tên đề tài: **Nghiên cứu giải pháp điều khiển bám quỹ đạo tàu thủy có ràng buộc tín hiệu và bất định hàm ở đầu vào**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa** Mã số: **9520216**

Nghiên cứu Sinh: **Nguyễn Hữu Quyền**

Người hướng dẫn khoa học 1: **PGS.TS Trần Anh Dũng**

Cơ sở đào tạo: **Trường Đại học Hàng hải Việt Nam**

## TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Nghị quyết số 36-NQ/TW về chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2045 chỉ rõ: “ về vấn đề khoa học, công nghệ, phát triển nguồn nhân lực biển là tiếp cận, tận dụng tối đa thành tựu khoa học, công nghệ tiên tiến và thuộc nhóm nước dẫn đầu ASEAN, có một số lĩnh vực khoa học và công nghệ biển đạt trình độ tiên tiến, hiện đại trên thế giới. Đào tạo và phát triển nguồn nhân lực biển, hình thành đội ngũ cán bộ khoa học và công nghệ biển có năng lực, trình độ cao”. Với chủ trương phát triển đó trong những năm gần đây, các cơ sở nghiên cứu, các nhà máy đóng tàu, các doanh nghiệp vận tải biển trong nước đã không ngừng nâng cao năng lực thiết kế, đổi mới về mặt công nghệ, áp dụng khoa học kỹ thuật tiên tiến nhất để thiết kế đóng mới hàng loạt tàu chở hàng với trọng tải lớn, tàu nghiên cứu biển, tàu kiểm ngư, tàu chuyên dụng cảnh sát biển và bộ đội biên phòng,...

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, sự bùng nổ của công nghệ điện tử - tin học và cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 là việc áp dụng các trang thiết bị kỹ thuật, công nghệ tự động hóa tiên tiến, hiện đại trên tàu thủy như: hệ thống lái tự động tàu thủy (Auto Pilot), hệ thống điều khiển chuyển động tàu theo quỹ đạo, hệ thống định vị tàu DP (Dynamic Position), hệ thống nghi khí Hàng hải như định vị vệ tinh, hệ thống dẫn đường GPS (Global Positioning System), Radar, hệ thống tự động hóa buồng máy, hệ thống tự động hóa trạm phát điện...nhằm cải thiện và nâng cao chất lượng khai thác tàu thủy.

Trong lĩnh vực nghiên cứu, các nhà khoa học trong và ngoài nước đã không ngừng quan tâm, nghiên cứu, tổng hợp các bộ điều khiển áp dụng vào tàu thủy như: Từ những bộ điều khiển kinh điển như PID, điều khiển tuyến tính LQR (Linear Quadratic Regulator), LQG (Linear Quadratic Gaussian),...đến các bộ điều khiển phi tuyến như: Backsteppin, trượt SMC (Sliding Mode Control), điều khiển mặt động DSC (Dynamic Surface Control), điều khiển thích nghi hay các bộ điều khiển phi tuyến kết hợp với điều khiển mờ, Neural, SMC - Backstepping, SMC - thích nghi để giải quyết các yếu tố bất định phức tạp trong mô hình tàu nhằm nâng cao chất lượng điều khiển,....

Bài toán nghiên cứu về điều khiển chuyển động tàu thủy đặt ra nhiều khó khăn, thách thức với các nhà khoa học khi nghiên cứu, lý do chính là vì:

i) Tàu thủy là phương tiện hàng hải hoạt động trong môi trường phức tạp và không có cấu trúc xác định, điều này dẫn đến nhiều loạn không dự báo được đối với hệ thống điều khiển, ví dụ như dòng chảy đại dương, sóng và gió...

ii) Mô hình động lực học của tàu thủy là mô hình phi tuyến bất định, các tham số trong mô hình tàu phụ thuộc vào các biến trạng thái điều khiển. Phương trình toán mô tả chuyển động tàu thủy là phương trình vi phân bậc cao, xét về tính chất động học tàu thủy cho thấy đối tượng có tính chất như: quá trình dao động, thời gian quá độ dài, độ dự trữ ổn định thấp.

Tổng quan chung về điều khiển chuyển động tàu thủy cho thấy các bộ điều khiển phi tuyến mang tính thời sự đã và đang được nghiên cứu, áp dụng vào điều khiển tàu thủy. Việc tổng hợp bộ điều khiển phi tuyến đều dựa trên hàm điều khiển Lyapunov, và việc xác định hàm điều khiển Lyapunov là phức tạp và luôn là một thách thức trong thiết kế điều khiển. Các công trình đã nghiên cứu về điều khiển chuyển động tàu thủy mới chỉ dừng lại ở việc giải quyết những vấn đề điều khiển đơn lẻ chưa có công trình nào giải quyết kết hợp chung những vấn đề như: bám quỹ đạo, ràng buộc tín hiệu điều khiển, sử dụng mô hình có thành phần bất định và nhiễu tác động ngẫu nhiên,... trong một bộ điều khiển.

Do đó một phương pháp điều khiển mới để điều khiển chuyển động tàu thủy đáp ứng những vấn đề trên sẽ làm phong phú thêm các phương pháp điều khiển và nâng cao chất lượng điều khiển chuyển động tàu thủy.

## **2. Mục đích nghiên cứu**

Mục đích của đề tài là nghiên cứu ứng dụng điều khiển dự báo theo mô hình MPC (Model Predictive Control) với nguyên tắc trượt dọc trên trục thời gian RHC (Receding Horizon Control), trên cơ sở tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến dọc trục thời gian để thiết kế bộ điều khiển tàu thủy bám quỹ đạo, có ràng buộc tín hiệu và trong mô hình toán có chứa thành phần bất định.

Để thực hiện được mục tiêu này, đề tài đặt ra các nhiệm vụ chính sau:

Nghiên cứu mô hình toán mô tả chuyển động tàu thủy và các dạng biến đổi khác nhau của mô hình toán. Trên cơ sở đó phân tích tổng quan các phương pháp điều khiển chuyển động tàu thủy đã được công bố trong và ngoài nước những năm gần đây, từ đó đặt ra hướng nghiên cứu cho luận án.

Nghiên cứu lý thuyết điều khiển tối ưu có ràng buộc với bộ điều khiển dự báo theo mô hình MPC.

Nghiên cứu xây dựng bộ quan sát trạng thái và bộ ước lượng, bù thành phần bất định mới.

Áp dụng nguyên lý điều khiển dự báo MPC trên cơ sở tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến để xây dựng bộ điều khiển tàu có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành bám theo quỹ đạo đặt có ràng buộc tín hiệu và mô hình tàu có chứa thành phần bất định.

Mô phỏng và thực nghiệm theo phương pháp HIL (Hardware In the Loop) để kiểm chứng bộ điều khiển.

### **3. Đối tượng nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu**

#### **Đối tượng nghiên cứu của đề tài:**

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là tàu nổi, choán nước, có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành (Underactuated) trong bài toán điều khiển tàu bám theo quỹ đạo đặt.

#### **Phạm vi nghiên cứu của đề tài là:**

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển tàu bám theo quỹ đạo đặt với mô hình toán tàu nổi, choán nước, ba bậc tự do dạng thiếu cơ cấu chấp hành xét trên mặt phẳng ngang khi có ràng buộc tín hiệu điều khiển và bất định hàm ở đầu vào (không xét đến mô hình toán cơ cấu thực hiện của tàu). Mô hình toán mô tả động lực học tàu thủy trên mặt phẳng ngang có chứa thành phần bất định, chịu ảnh hưởng của yếu tố nhiễu ngẫu nhiên từ môi trường ngoài. Tàu hoạt động ở chế độ chạy kiểm tra tính năng điều động, quay trở, trong điều

kiện hạn chế về sóng, gió, dòng chảy...không lớn hơn cấp 5, điều này có nghĩa là các nhiễu ngẫu nhiên tác động từ môi trường ngoài là không lớn.

#### **4. Phương pháp nghiên cứu**

Sử dụng phương pháp từ phân tích, đánh giá sau đó tổng hợp, cụ thể như sau:

Nghiên cứu, phân tích mô hình toán mô tả động lực học tàu thủy trên mặt phẳng ngang. Phân tích, đánh giá các công trình nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước trên các bài báo, tạp chí, các tài liệu tham khảo về điều khiển chuyển động tàu thủy. Đặc biệt là các phương pháp điều khiển áp dụng cho tàu nổi, choán nước có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành.

Nghiên cứu lý thuyết điều khiển dự báo và ứng dụng điều khiển dự báo trên cơ sở tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến để tổng hợp, thiết kế bộ điều khiển.

Kiểm chứng kết quả nghiên cứu bằng mô phỏng Matlab - Simulink và thực nghiệm theo phương pháp HIL.

#### **5. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn**

**Về mặt phương pháp luận, luận án hướng tới.**

Luận án đưa ra phương pháp luận, đề xuất áp dụng một bộ điều khiển phi tuyến mới để điều khiển chuyển động tàu thủy bám quỹ đạo đặt. Cụ thể là, bộ điều khiển theo nguyên lý RHC (trượt dọc trên trục thời gian), trên nền điều khiển dự báo MPC cho đối tượng tàu thủy, có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành dựa trên kỹ thuật tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến. Luận án sẽ góp phần bổ sung và làm phong phú thêm các phương pháp điều khiển chuyển động tàu thủy.

**Về mặt thực tiễn luận án hướng tới.**

Kết quả của luận án sẽ hiện thực hóa vấn đề điều khiển chuyển động đối tượng có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành bám theo quỹ đạo đặt. Cụ thể là tàu thủy, đối tượng có tính phi tuyến lớn, trong mô hình có chứa thêm thành phần bất định và chỉ có hai tác động điều khiển là bánh lái và chân vịt chính phía sau lái.

#### **6. Những đóng góp mới của luận án**

Luận án đã giải quyết được những nội dung chính sau:

1. Đã nghiên cứu xây dựng được thuật toán bộ điều khiển dự báo MPC trên cơ sở tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến cho đối tượng tàu thủy có mô hình toán dạng thiếu cơ cấu chấp hành khi mô hình tàu xác định và mô hình tàu có chứa thành phần bất định. Luận án chứng minh được bộ điều khiển đề xuất là ổn định tiệm cận. Điểm mới của thuật toán này là sử dụng nguyên lý điều khiển MPC tuyến tính để điều khiển đối tượng phi tuyến (tàu thủy), trên cơ sở tuyến tính hóa từng đoạn mô hình phi tuyến dọc theo trục thời gian. Ưu điểm của bộ điều khiển này là số lệnh tính toán ít, thời gian tính toán nhanh, giải quyết bài toán tối ưu đơn giản.
2. Đã nghiên cứu và xây dựng được bộ quan sát trạng thái mới theo phương pháp quan sát trực tiếp từ mô hình liên tục tàu thủy ba bậc tự do trên mặt phẳng ngang với giả thiết là không có nhiễu đo.
3. Đã nghiên cứu và xây dựng được phương pháp ước lượng và bù thành phần bất định mới (phương pháp xấp xỉ thành phần bất định dựa trên cơ sở tối ưu hóa sai lệch so với mô hình mẫu) để giải quyết bài toán điều khiển chuyển động tàu thủy khi mô hình có chứa thành phần bất định.
4. Xây dựng được mô hình thực nghiệm theo phương pháp HIL để kiểm nghiệm chất lượng bộ điều khiển đề xuất với mô hình tàu thực trong MSS-GNC.

**Người hướng dẫn khoa học**



**PGS.TS Trần Anh Dũng**

**Nghiên cứu Sinh**



**Nguyễn Hữu Quyền**