

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

THÔNG TIN TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Tên luận án: Điều khiển tối ưu toàn cục hệ thống định vị động tàu thủy DP dựa trên giải thuật di truyền GA

Ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 9520216

Tên Nghiên cứu sinh: Đỗ Việt Dũng

Khóa đào tạo: 2015

Người hướng dẫn: PGS. TS. Đặng Xuân Kiên

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

1. Tóm tắt luận án

Giao thông vận tải biển ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế đất nước cũng như lĩnh vực liên quan khai thác và thăm dò dầu khí. Điều kiện thời tiết và vùng hoạt động ở các đại dương luôn biến đổi, tiềm ẩn nhiều rủi ro, điều này đặt ra thách thức lớn cho vận hành và khai thác các phương tiện hàng hải. Tàu thủy, đặc biệt là tàu dịch vụ, khi sử dụng hệ thống định vị động (DPs) sẽ đem lại độ chính xác và hiệu quả cao hơn so với các hệ thống lái loại khác khi định vị trí trên biển, do DPs có khả năng điều động tàu cơ động và dễ dàng thay đổi và duy trì tọa độ tàu mà không yêu cầu các hệ thống phụ trợ khác như neo, không phụ thuộc độ sâu nước biển, cũng như không bị giới hạn bởi địa hình đáy biển. Thực tế, việc nâng cao chất lượng điều khiển trong điều động, neo đậu và định vị trí tàu thủy không phải là nhiệm vụ dễ dàng (do các giới hạn như độ sâu vùng biển, thời gian và chế độ làm việc, và điều kiện thời tiết biển), nên việc tăng cường khả năng tự thích nghi cho hệ thống điều khiển tàu thủy vận hành trong các môi trường biến đổi, đồng thời đảm bảo an toàn, và tiết kiệm chi phí khai thác là nhiệm vụ cấp thiết. Bên cạnh đó, việc áp dụng các công nghệ tiên tiến kết hợp các lý thuyết điều khiển thông minh sẽ giúp DPs thích ứng tốt hơn với các sai số gây bởi nhiễu nội tại và nhiễu ngoại vi, sai số mô hình, các tính chất phi tuyến khác của hệ thống, qua đó nâng cao hiệu quả hoạt động của tàu trong các chế độ làm việc.

Thông qua khảo sát các thể hệ DPs, các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước, phân tích tình hình ứng dụng công nghệ và học thuật liên quan, có thể thấy các nghiên cứu về DPs đang được phát triển theo xu thế sử dụng trí tuệ nhân tạo trong tối ưu hóa

điều khiển nhằm đảm bảo an toàn, tiết kiệm năng lượng, nâng cao độ chính xác và ổn định bền vững cho hệ thống. Từ đó, luận án đặt vấn đề nghiên cứu “*Điều khiển tối ưu toàn cục hệ thống định vị động tàu thủy DP dựa trên giải thuật di truyền GA*” nhằm giải quyết các luận điểm có nội dung như sau: a) Phân tích, tổng hợp đánh giá và nhận dạng sai lệch giữa mô hình lý tưởng và mô hình thực tế DPs trong quá trình điều khiển, đặc biệt xem xét tới ảnh hưởng của tác động nhiễu môi trường, sai số của tham số và mô hình, cùng với các ảnh hưởng không mong muốn khác; b) Dựa trên nền tảng kỹ thuật mờ, đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng đáp ứng cho DPs bằng cách xác định bộ tham số điều khiển tối ưu, cũng như tối ưu hóa cấu trúc bộ điều khiển với giải thuật mờ thích nghi tương tác và mờ đa tầng; c) Đề xuất giải pháp điều khiển tối ưu bền vững nhằm không những thích nghi được sai số mô hình và sai số tham số, tối ưu hóa cấu trúc điều khiển mà còn đảm bảo tính ổn định bền vững cho DPs trong chế độ làm việc định vị.

Để thực hiện các mục tiêu trên, đầu tiên luận án tiến hành phân tích tổng quan các giải pháp xử lý sai số và các kỹ thuật hiện đại trong điều khiển chuyển động tàu thủy. Từ đó, xác định được các khó khăn trong nghiên cứu điều khiển chuyển động tàu thủy chủ yếu gây bởi các ảnh hưởng, tác động không mong muốn đến con tàu, cơ bản bao gồm: sóng, gió, dòng chảy, dao động tần số cao, các sai số mô hình và tham số là các nguyên nhân chính gây ra sự phi tuyến cho đối tượng điều khiển. Tiếp theo, đề xuất giải thuật mờ đa tầng, bước đầu giúp hệ thống mềm hóa và thích ứng hơn trong điều khiển, với số lượng hàm liên thuộc tăng lên theo số tầng mờ, qua đó tăng khả năng tối ưu của hệ thống. Mặt khác, thông qua phân tích mô hình hóa chuyển động của hệ DP, luận án xây dựng bài toán tối ưu hóa cấu trúc điều khiển cho DPs với giải thuật tối ưu bầy đàn (PSO), và mở rộng khảo sát trong các điều kiện làm việc, thu thập các kết quả bằng mô phỏng đã cho thấy sự khả thi. Cũng trong hướng nghiên cứu này, luận án đề xuất và triển khai giải thuật di truyền (GA) nhằm tối ưu hóa cấu trúc điều khiển thích nghi mờ, tiếp tục thử nghiệm mô phỏng trong các điều kiện giả lập về thời tiết và sai số, kết quả thu được khả quan và cũng là tiền đề cho việc phát triển giải thuật trọng tâm của luận án. Cuối cùng, nhằm giúp hệ thống gia tăng sự bền vững, luận án đề xuất và phát triển giải pháp toàn diện hơn với mô hình điều khiển thích nghi bền vững cho DPs dựa trên giải thuật tối ưu GA. Về mặt lý thuyết, bộ điều khiển đề xuất với các ràng buộc được chứng minh ổn định tiệm cận với tiêu chuẩn Lyapunov. Về kiểm nghiệm giải thuật trên

mô phỏng Matlab, kết quả cho thấy đáp ứng của hệ thống đảm bảo tính ổn định bền vững trong hầu hết các trường hợp với các điều kiện thời tiết khác nhau.

Liên quan đến thử nghiệm nhằm kiểm chứng lý thuyết và hướng tới áp dụng giải thuật đề xuất vào thực tế, luận án tiến hành xây dựng mô hình vật lý theo mô hình tàu Happy Hunter, một dạng tàu dịch vụ với hệ thống truyền động 3 chân vịt. Trung tâm điều khiển nhúng trên Matlab thông qua vi xử lý DSP F28379D. Bộ xử lý trung tâm nhận giá trị vị trí và hướng đặt tàu, đọc vị trí và hướng thực tế của tàu, căn cứ đưa ra lệnh điều khiển hệ thống động lực tàu đưa tàu đến điểm đặt. Quá trình thu nhận và truyền dữ liệu trong mạng cảm biến sử dụng giao tiếp không dây. Kết quả thử nghiệm bước đầu thành công với giải thuật mờ đa tầng và tương tác. Bộ điều khiển mờ thích nghi bền vững dựa trên giải thuật GA còn đang trong quá trình thử nghiệm. Giới hạn về tốc độ xử lý của DSP F28379D chính là một nhược điểm khi hệ thống chạy cùng lúc nhiều giải thuật tốn thời gian xử lý như GA và PSO. Các nghiên cứu thực nghiệm cần triển khai trong các bề thử tiêu chuẩn để thu được kết quả chính xác tin cậy, cũng là hướng nghiên cứu phát triển ứng dụng của luận án.

2. Những điểm đóng góp mới của luận án

- Nhận dạng hiệu quả sai số mô hình sử dụng giải pháp điều khiển mờ thích nghi tương tác. Giải pháp đề xuất giúp bộ điều khiển hệ thống định vị động mềm hóa hơn trong quá trình vận hành, qua đó chỉnh định thích nghi tham số cấu trúc điều khiển để loại bỏ ảnh hưởng sai số mô hình.

- Tối ưu hóa cấu trúc điều khiển sử dụng giải thuật PSO và GA nhằm cải thiện chất lượng đáp ứng DPs. Thông số hoạt động của bộ điều khiển thích nghi mờ được chỉnh định tối ưu nên chất lượng đáp ứng hệ thống được nâng cao.

- Thiết lập giải thuật mờ đa tầng, giúp hệ thống thích ứng tốt hơn trong điều khiển với số lượng hàm liên thuộc tăng lên theo số tầng mờ, qua đó tăng khả năng tối ưu hóa của hệ thống với các điều kiện biến đổi môi trường.

- Xây dựng giải thuật điều khiển bền vững thích nghi mờ dựa trên giải thuật tối ưu GA cho DPs nhằm giúp hệ thống gia tăng sự bền vững khi hoạt động trong thực tế. Bộ điều khiển đề xuất với các ràng buộc được chứng minh ổn định tiệm cận với tiêu chuẩn Lyapunov và kiểm nghiệm trên mô phỏng Matlab, kết quả cho thấy đáp ứng đảm bảo tính ổn định bền vững trong hầu hết các trường hợp với các điều kiện thời tiết khác nhau.

3. Kết quả đạt được, ý nghĩa khoa học thực tiễn

Với mục tiêu đã đề ra, luận án tập trung vào việc nghiên cứu và đề xuất giải pháp điều khiển tối ưu toàn cục hệ thống định vị động tàu thủy DP dựa trên giải thuật di truyền GA nhằm nâng cao độ chính xác và ổn định bền vững cho hệ thống. Do hạn chế về kinh nghiệm hoạt động tàu thực tế nên việc xây dựng hàm liên thuộc cho các bộ điều khiển mờ gặp khó khăn, nhưng giải thuật thích nghi đã hỗ trợ khắc phục các nhược điểm này. Luận án đã xây dựng thành công giải pháp điều khiển tối ưu toàn cục cho DPs hoạt động trong môi trường thực tế phục vụ trong nghiên cứu kỹ thuật điều khiển, vận hành và khai thác phương tiện hàng hải. Luận án đã đề xuất 4 giải pháp (được làm rõ trên Nội dung 2) điều khiển tối ưu DPs tàu thủy nhằm thực hiện 3 mục tiêu chính bao gồm: nhận dạng sai số mô hình do các tác động không mong muốn gây ra, tối ưu hóa cấu trúc điều khiển, và đảm bảo tính ổn định tổng thể hệ thống điều khiển DPs. Bên cạnh đó, luận án tiến hành xây dựng mô hình vật lý theo mô hình tàu Happy Hunter, một dạng tàu dịch vụ với hệ thống truyền động 3 chân vịt, với kết quả thử nghiệm bước đầu thành công với giải thuật mờ đa tầng và tương tác để phát triển ứng dụng cho các giải pháp đề xuất.

Các giải thuật điều khiển đề xuất chưa giải quyết hết được các vấn đề thực tế, các vấn đề này vẫn cần rất nhiều nghiên cứu thực nghiệm trong các bể thử tiêu chuẩn để thu được kết quả chính xác, cũng là hướng nghiên cứu phát triển ứng dụng của luận án. Về mặt lý thuyết và mô hình, luận án đã đạt được mục tiêu đề ra, giải thuật điều khiển mờ thích nghi bền vững dựa trên giải thuật tối ưu di truyền vừa có tính tối ưu bền vững với điều kiện môi trường biến đổi vừa áp dụng linh hoạt trí tuệ nhân tạo trong thiết kế hệ thống điều khiển DPs. Ý nghĩa khoa học của luận án được khẳng định qua các kết quả nghiên cứu so với các công bố tại cùng thời điểm là mới nhất, điều này đáp ứng được tính thời sự và các tiêu chuẩn khác về nghiên cứu quốc tế. Các nghiên cứu được công bố bởi 02 bài báo trên hệ thống uy tín WoS, SCIE (IEEE Access IF3.367 Q1, và Indian Journal of Geo Marine Sciences IF0.496 Q4), 06 bài báo trên hệ thống ESCI-Scopus, 06 bài báo tạp chí trong nước, 08 bài báo đăng tại các hội nghị trong và ngoài nước. Các công bố này là những kết quả nghiên cứu quan trọng, có ý nghĩa khoa học cao cho cộng đồng nghiên cứu thuộc lĩnh vực điều khiển cũng như khoa học hàng hải.

4. Bộ cục của luận án

Bộ cục của luận án bao gồm phần mở đầu, 4 chương và phần kết luận và hướng nghiên cứu đề xuất như sau:

Mở đầu

Chương 1. Mô hình hóa hệ thống định vị động tàu thủy

Chương 2. Khảo sát DPs tàu thủy với kỹ thuật điều khiển mờ

Chương 3. Giải pháp điều khiển phi tuyến DPs tàu thủy dựa trên kỹ thuật mờ

Chương 4. Điều khiển tối ưu bền vững DPs tàu thủy dựa trên giải thuật GA

Kết luận và hướng nghiên cứu đề xuất

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 6 tháng 7 năm 2022

Người hướng dẫn



PGS. TS. Đặng Xuân Kiên

Nghiên cứu sinh



Đỗ Việt Dũng