

Nghiên cứu đề xuất hướng tiếp cận tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển

■ **ThS. VŨ SƠN TÙNG; TS. NGUYỄN VĂN SƯỞNG; PGS. TS. NGUYỄN THÁI DƯƠNG**

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Trong những năm gần đây, nghiên cứu và phát triển tàu biển tự hành đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Tự động điều khiển cập cầu là nhiệm vụ khó và phức tạp nhất khi phát triển tàu biển tự hành. Bài báo sẽ đề xuất một hướng tiếp cận để xây dựng hệ thống điều khiển tự động tàu cập cầu trong tương lai. Cụ thể, nghiên cứu này đưa ra một khung cơ sở gồm 3 phần: Yêu cầu hệ thống, Cấu trúc hệ thống và Thuật toán điều khiển hệ thống. Khung cơ sở này có thể xem như một sự định hướng tiên đề cho việc phát triển và xây dựng những bộ phận cấu thành của hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu.

TỪ KHÓA: Tàu tự hành, tự động điều khiển tàu cập cầu, khung cơ sở.

ABSTRACT: In recent years, there has been an interest in researching and developing the autonomous ships. Automatic ship berthing is the most difficult and complicated in development of autonomous ships. This paper proposes a framework approach to build automatic ship berthing system in the future, which consists of requirements for system, structure of system, and algorithm for automatic ship berthing system. This framework is seen as a basic orientation for establishing components in automatic ship berthing system.

KEYWORDS: Autonomous ship, automatic ship berthing, framework.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo thống kê, 70% tai nạn hàng hải trong khu vực cảng liên quan đến nguyên nhân sai sót trong kỹ năng điều động của sỹ quan hàng hải. Các vụ tai nạn này không chỉ dẫn tới thiệt hại lớn về tài sản mà còn dẫn tới thiệt hại về con người và gây ô nhiễm môi trường. Do đó, phát triển tàu biển tự hành được đánh giá là một trong những giải pháp tích cực trong tương lai để nâng cao an toàn hàng hải. Hiện nay, nghiên cứu và phát triển tàu tự hành đang thu hút nhiều sự chú ý của các nhà nghiên cứu do không chỉ áp dụng riêng ngành vận tải hàng hải mà còn có khả năng mở rộng ứng dụng cho các lĩnh vực khác như quân sự, an ninh, tìm kiếm cứu nạn hàng hải, giám sát và bảo vệ môi trường biển.

Điều khiển tự động tàu cập cầu là một trong những bài toán quan trọng và phức tạp cần được giải quyết khi tiến tới phát triển tàu tự hành hoàn toàn trong tương lai. Trong thực tiễn hàng hải, công tác điều động tàu cập cầu an toàn là quá trình phức tạp đòi hỏi kiến thức, kỹ năng, kinh nghiệm của thuyền trưởng và sự phối hợp chặt chẽ của các bộ phận có liên quan. Khi tàu tiếp cận khu vực cập cầu, tàu cần hành trình với tốc độ thấp, thông thường ở chế độ máy tới thật chậm hoặc dừng máy dẫn tới ảnh hưởng đến khả năng điều khiển của các cơ cấu chấp hành (bánh lái, chân vịt mạn...). Ngoài ra, thuyền trưởng còn cần xem xét đánh giá một lượng lớn thông tin bao gồm đặc tính điều động của tàu, đặc tính của các cơ cấu chấp hành, ảnh hưởng của gió và dòng chảy đến tàu và hạn chế của khu vực cầu tàu để có thể đưa ra các hành động điều động tàu phù hợp để đảm bảo tàu tiếp cận và cập cầu tàu an toàn.

Trong nghiên cứu này, một định hướng tiếp cận tổng quan được đề xuất để phát triển hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu trong tương lai. Trên cơ sở những phân tích lý thuyết hiện có của công tác đưa tàu cập cầu trong thực tế và những dự đoán xu hướng phát triển tự động hóa trong điều khiển tàu thủy, những đề xuất về cấu trúc và thuật toán tự động hóa cơ sở của hệ thống được đưa ra.

Nghiên cứu chỉ ra khung cơ sở hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu bao gồm 3 phần: thứ nhất, các yêu cầu cần có của hệ thống được nhận diện; thứ hai, cấu trúc các khối để xử lý và đưa ra hành động điều khiển tàu; cuối cùng là thuật toán đề xuất cho hệ thống. Dựa trên khung cơ sở được đề xuất, các thành phần cũng như các thuật toán trong tương lai nhằm chế tạo hệ thống trong thực tế có thể được xây dựng chi tiết.

Ưu điểm của mô hình được đề xuất là quá trình tính toán điều chỉnh vị trí và tốc độ tàu trong quá trình cập cầu luôn bám theo các ảnh hưởng thực tế ngoại cảnh. Khi có thay đổi thực tế ngoại cảnh, mô hình có thể thích nghi và điều chỉnh phù hợp.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU ĐỘNG TÀU CẬP CẦU

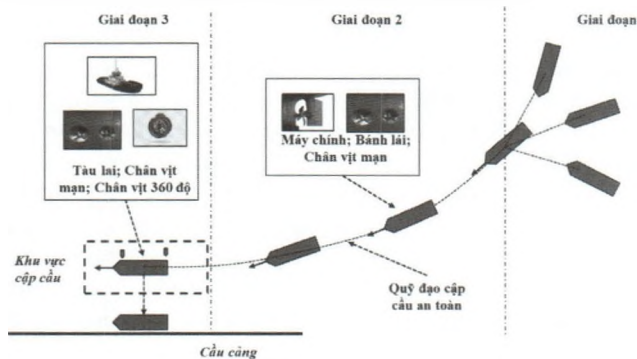
Trong quá trình thiết kế bộ điều khiển tự động tàu cập cầu, các nhà nghiên cứu cần phải đảm bảo hệ thống điều khiển có thể thực hiện được các bước cơ bản sau để có thể thực hiện việc tự động điều khiển tàu cập cầu an toàn và hiệu quả:

- Giai đoạn 1 - giai đoạn tiếp cận: Tàu lựa chọn và hành trình đến đường tiếp cận cập cầu an toàn. Trong giai đoạn này, tốc độ tàu còn đủ lớn đảm bảo hiệu quả của bánh lái

trong quá trình điều khiển tàu.

- Giai đoạn 2 - giai đoạn giảm tốc: Tàu hành trình trên đường tiếp cận cập cầu đã lựa chọn và giảm tốc độ vòng quay chân vịt tiến tới dừng máy sử dụng trớn tiếp cận khu vực cập cầu. Trong giai đoạn này, hệ thống cần tính toán thời điểm giảm tốc độ và hiệu quả điều khiển của bánh lái và chân vịt để đảm bảo giữ được tàu chuyển động trên đường tiếp cận đã lựa chọn và tốc độ khi vào khu vực cập cầu gần như bằng không.

- Giai đoạn 3 - Giai đoạn cập cầu: Giai đoạn này tốc độ tàu gần như bằng không, tàu không thể sử dụng được bánh lái và chân vịt hiệu quả để đưa tàu vào cập cầu. Trong giai đoạn này, tàu cần sử dụng hệ thống chân vịt mạn hoặc hệ thống chân vịt quay 360 độ hoặc cần sự hỗ trợ của tàu lai để có thể tiếp cận vào trong khu vực cầu tàu.



Hình 2.1: Quá trình điều khiển tàu cập cầu

3. ĐỀ XUẤT HƯỚNG TIẾP CẬN TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN TÀU CẬP CẦU

Trong phần này, tác giả đề xuất một khung cơ sở gồm: Yêu cầu đối với hệ thống, cấu trúc hệ thống và thuật toán để xây dựng hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu. Khung cơ sở này có thể xem như nền tảng để tiếp tục phát triển chi tiết hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu trong tương lai.

3.1. Nhận diện các yêu cầu với hệ thống

Để xây dựng hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu, hệ thống cần phải đáp ứng những yêu cầu cơ bản như dưới đây:

Thứ nhất: Dựa trên thông tin về đặc điểm khu vực cầu cảng (khu vực có độ sâu thấp, điều kiện gió và dòng chảy trong thời điểm cập cầu...) và tính năng điều động của tàu, lựa chọn được quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến.

Thứ hai: Dựa trên điều kiện hàng hải thực tế trong quá trình cập cầu, hệ thống phải tự tính toán cập nhật chỉnh sửa quỹ đạo cập cầu bao gồm cả vị trí và tốc độ.

Thứ ba: Hệ thống phải có khả năng để điều khiển tàu bám theo quỹ đạo cập cầu đã chỉnh sửa cả về vị trí và tốc độ.

Thứ tư: Khi tàu đến khu vực cập cầu, hệ thống phải có khả năng điều khiển tàu cập cầu bằng các cơ cấu chấp hành hoặc yêu cầu sự hỗ trợ của tàu lai.

3.2. Đề xuất cấu trúc hệ thống

Để xây dựng hệ thống cập cầu tự động tàu thủy, cần phải tích hợp nhiều khối xử lý khác nhau trong cấu trúc hệ thống. Trong phần này, tác giả đề xuất một cấu trúc cơ bản

cho hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu (Hình 3.1), cấu trúc gồm các khối:

Khối tính toán quỹ đạo ban đầu: Nhiệm vụ của khối này là dựa trên thông tin về đặc điểm khu vực cầu cảng như: độ sâu khu vực hàng hải, điều kiện gió và dòng chảy trong thời điểm dự kiến cập cầu, các khu vực bãi cạn kết hợp với các thông số tính năng điều động của tàu để xây dựng quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến. Ngoài ra, nếu có một bộ dữ liệu về quỹ đạo cập cầu thực tế của tàu có thông số tính năng điều động tương tự, khối này sẽ so sánh và tính toán lựa chọn quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến phù hợp hơn.

Khối tính toán quỹ đạo thực tế: Nhiệm vụ của khối này là thu thập thông tin ngoại cảnh thực tế trong quá trình cập cầu bằng các thiết bị hàng hải và cảm biến lắp đặt trên tàu như: hướng và tốc độ gió, hướng và tốc độ dòng chảy, độ sâu thực tế. Từ những thông tin thu được, khối này sẽ tính toán, cập nhật và chỉnh sửa quỹ đạo cập cầu sẽ thực hiện bao gồm cả vị trí và tốc độ tàu.

Khối điều khiển bám quỹ đạo: Khối này làm nhiệm vụ tác động trực tiếp vào cơ cấu lái tàu như bánh lái để chuyển hướng mũi tàu và cơ cấu chân vịt để giảm tốc độ đảm bảo tàu bám theo quỹ đạo đã tính toán cả về vị trí và tốc độ.

Khối điều khiển cập cầu: Khi tàu đến khu vực cập cầu và tốc độ gần như bằng 0, khối này có nhiệm vụ sử dụng các cơ cấu chấp hành như chân vịt mạn, chân vịt 360 độ hoặc tính toán yêu cầu tàu lai hỗ trợ để đưa tàu cập cầu.

3.3. Thuật toán tự động điều khiển tàu cập cầu

Sơ đồ (Hình 3.1) để xuất thuật toán tự động điều khiển tàu cập cầu:

Trước tiên, từ thông tin về đặc điểm khu vực cầu cảng như: độ sâu khu vực hàng hải, điều kiện gió và dòng chảy trong thời điểm dự kiến cập cầu, các khu vực bãi cạn; các thông số tính năng điều động của tàu để xây dựng quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến; một bộ dữ liệu về quỹ đạo cập cầu thực tế của tàu có thông số tính năng điều động tương tự (nếu có), hệ thống sẽ xây dựng quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến. Quỹ đạo này bao gồm đủ 3 giai đoạn cập cầu như đã nêu trong phần 2. Thông số của quỹ đạo bao gồm cả vị trí và tốc độ tàu.

Trong quá trình tiến hành tiếp cận khu vực cầu cảng, hệ thống sẽ thu thập thông tin ngoại cảnh thực tế trong quá trình cập cầu bằng các thiết bị hàng hải và cảm biến lắp đặt trên tàu như tốc độ kế, gió kế, máy đo sâu. Dựa trên các thông tin này và so sánh với các điều kiện của quỹ đạo cập cầu an toàn dự kiến, hệ thống sẽ tính toán lại và chỉnh sửa cập nhật lại thành quỹ đạo cập cầu mới phù hợp với thực tế ngoại cảnh.

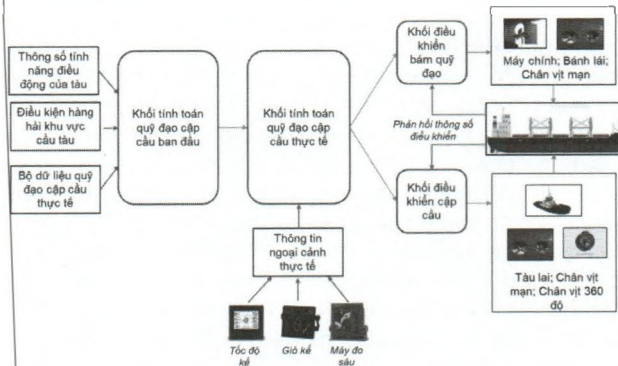
Khối tính toán quỹ đạo thực tế sẽ gửi lệnh điều khiển đến khối điều khiển bám quỹ đạo điều khiển thay đổi trạng thái tàu thông qua các cơ cấu chấp hành như: thay đổi góc bẻ lái, thay đổi tốc độ vòng tua chân vịt, sử dụng chân vịt mạn. Khi tàu đến khu vực cập cầu (giai đoạn 3), khối tính toán quỹ đạo thực tế sẽ gửi lệnh điều khiển đến khối điều khiển cập cầu điều khiển thay đổi trạng thái tàu thông qua các cơ cấu chấp hành như: sử dụng chân vịt mạn hoặc chân vịt 360 độ hoặc gửi yêu cầu đến tàu lai để hỗ trợ. Các trạng thái của tàu chủ và các thông tin ngoại cảnh thực tế

thường xuyên được phản hồi về hệ thống để điều chỉnh quỹ đạo cập cầu phù hợp với thực tế ngoại cảnh khi có sự thay đổi.

Khi nhận được các dãy giá trị thể hiện nguy cơ va chạm với từng tàu thuyền, khối ra quyết định sẽ đưa ra quyết định điều động cụ thể. Các hành động điều khiển này được xác định là: giữ hướng (tàu chủ được nhường đường), chuyển hướng, thay đổi tốc độ hay kết hợp chuyển hướng và giảm tốc độ. Khối này được xem như thành phần quan trọng nhất của hệ thống tự động cập cầu vì nó giống như bộ não người sỹ quan hàng hải tiếp nhận thông tin, nhận định tình huống và đưa ra quyết định hành động điều động tàu cho phù hợp.

Thuật toán trên là nền tảng cơ bản để tiếp tục phát triển các thành phần cấu tạo bên trong hệ thống sau này. Với mỗi khối trong hệ thống, thuật toán xác định đầu vào và đầu ra được xử lý, từ đó làm căn cứ để các nghiên cứu trong tương lai phát triển các mô hình cụ thể trong các khối như: khối tính toán quỹ đạo ban đầu, khối tính toán quỹ đạo thực tế.

Có thể nhận thấy rằng, ưu điểm của thuật toán được đề xuất là quá trình tính toán quỹ đạo cập cầu thực tế bao gồm cả vị trí và tốc độ tàu trong quá trình cập cầu luôn bám theo các ảnh hưởng thực tế ngoại cảnh. Khi có thay đổi thực tế ngoại cảnh, thuật toán có thể thích nghi và điều chỉnh phù hợp.



Hình 3.1: Thuật toán tự động điều khiển tàu cập cầu

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã đề xuất một hướng tiếp cận cơ bản cho việc xây dựng hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu. Định hướng này chỉ ra khung cơ sở gồm: nhận diện các yêu cầu cơ bản đối với hệ thống điều khiển, cấu trúc hệ thống đề xuất và thuật toán điều khiển tàu tự động cập cầu. Dựa trên khung cơ sở đề xuất của hướng tiếp cận này có thể định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm xây dựng chi tiết các thành phần (các khối) cấu thành trong hệ thống tránh va. Ngoài ra, khung cơ sở đề xuất cũng có thể làm cơ sở để xây dựng các thuật toán cho hệ thống trong các nghiên cứu sau này. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ chỉ ra chi tiết các khối cơ bản trong hệ thống đề xuất với các đầu vào và đầu ra cụ thể.

Tài liệu tham khảo

[1]. TS. Nguyễn Viết Thành (2005), *Điều động tàu*, NXB.

Khoa học và Kỹ thuật.

[2]. TS. Nguyễn Văn Sướng (2021), *Tự động điều khiển tàu thủy*, NXB. Hàng hải.

[3]. Katsuhiko Ogata (2002), *Modern Control Engineering*, Aeeizh Publisher.

Ngày nhận bài: 10/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 21/5/2022

Người phản biện: TS. Lương Tú Nam

TS. Đỗ Văn Cường