

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP DỰ ĐOÁN VỊ TRÍ TRONG VIỆC XÁC ĐỊNH VÙNG NGUY HIỂM XUNG QUANH TÀU

APPLYING POSITION PREDICTION METHOD IN SHIP DOMAIN DETERMINATION

Đinh Gia Huy

Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Vùng nguy hiểm xung quanh tàu (ship domain - SD) là một hướng nghiên cứu không mới, tuy nhiên khả năng ứng dụng của những nghiên cứu này là rất cao. Từ những năm 1970, các nghiên cứu đầu tiên về SD đã bắt đầu được công bố và nhận được rất nhiều sự quan tâm tích cực về ý tưởng. Đến nay, hướng nghiên cứu này đã có những bước tiến vượt bậc, các mô hình SD đã được công bố rất phong phú cả về hình dạng, kích thước và phương pháp áp dụng. Bài báo giới thiệu một phương pháp tiếp cận mới nâng cao hiệu quả cho SD đã được công bố của tác giả ở nghiên cứu trước đây, đó là áp dụng dự đoán vị trí tàu với các giá trị đầu vào COG (hướng chạy tàu), SOG (tốc độ chạy tàu) để thêm yếu tố xác định hình dạng mới chi tiết hơn, nâng cao tính an toàn của SD.

Từ khóa: Nguyên lý Coriolis, cảm biến, thiết bị đo, lượng dầu tiêu thụ.

Mã phân loại: 12

Abstract: Ship domain (SD) is not a new field of automatic ship control, however, the applicability of these studies is dramatically impressive. Since the 1970s, the first studies on the ship domain have been published and received a lot of positive reflection on this idea. Up to now, this field has developed significantly as never before, the current ship domain models proposed have various alterations in shapes, sizes, and application methods. This paper introduces a new approach to identify the ship domain for developing the effectiveness of the author's previous suggestion, in which the new idea applies the ship position prediction method. The additional input variables are COG (course of the ground), SOG (speed of ground) to provide a more detailed and secure solution for the novel shape of the ship domain than the previous studies.

Keywords: Ship safety domain, position prediction, blocking area, action area.

Classification code: 12

1. Giới thiệu

Công tác điều động, đánh giá nguy cơ đâm va tàu biển là một hoạt động thường xuyên trên tàu và cho đến nay chưa có máy móc nào có thể thay thế hoàn toàn con người để làm những công việc này. Sự chuyên động của con tàu mang tính phi tuyến rất cao do việc di chuyển trên mặt nước và bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố khí tượng thủy văn. Các nghiên cứu về tự động tàu biển vẫn đang được các nhà khoa học tiếp tục thực hiện với ba hướng chính bao gồm: Phương pháp tránh va (collision avoidance method), vùng nguy hiểm xung quanh tàu (ship safety domain) và kế hoạch tuyến đường (route planning). Có thể nói các nghiên cứu về SD đã đạt được những thành tựu đáng kể và được thử nghiệm cho việc đảm bảo an toàn hàng hải ở một số cảng lớn tại Nhật Bản và Hàn Quốc. Hầu hết các SD trước đây được xác định bằng phương pháp khảo sát với một số quy định về hình dáng và kích thước, có thể kể đến như các

nghiên cứu của Fuji (1971) [1]; T.G. Coldwell (1983) [2]; Goodwin E. M. (1975) [3]. Phương pháp thứ hai để xác định SD là sử dụng phương pháp tính toán, nhưng không nhiều nghiên cứu sử dụng phương pháp này. Nghiên cứu của Huy D. G. và Namkyun Im [4] – [6] đã sử dụng phương pháp khảo sát kết hợp với tính toán để xác định SD, đây là hướng tiếp cận tương đối mới, ưu điểm của phương pháp này là có thể áp dụng SD ở tất cả các nơi chạy tàu không giới hạn ở khu vực khảo sát như những nghiên cứu trước đây. Tuy nhiên, SD của Huy D.G. vẫn chưa thực sự hoàn thiện vì phần SD chưa tính toán đến khả năng đột ngột thay đổi hướng và tốc độ của tàu mục tiêu khi tàu chủ đang thực hiện việc tránh va, điều này sẽ dẫn đến tình huống nguy hiểm nếu không có sự chuẩn bị trước từ phía tàu chủ.

Do vậy bài báo này sẽ giới thiệu một phương án tiếp cận mới nhằm nâng cao hiệu quả nghiên cứu SD [4] – [6]. Ý tưởng là áp

dụng phương pháp dự đoán vị trí tàu của Xinping Yan và cộng sự (2016) [7] kết hợp với SD của Huy. D. G. Nghiên cứu này sẽ hạn chế việc tàu chủ khi đang tiếp cận SD của tàu mục tiêu tuy nhiên đột ngột dịch chuyển theo hướng khác dẫn đến tình huống nguy hiểm cho hai tàu.

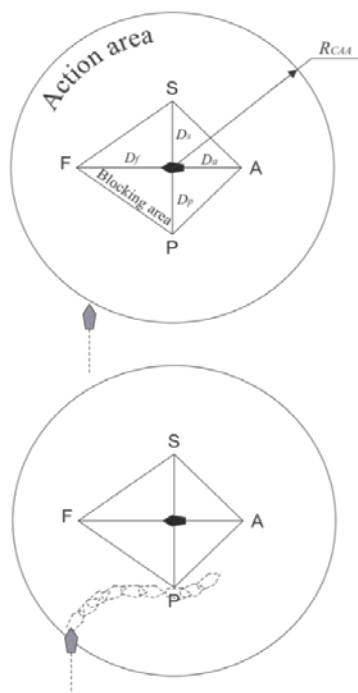
2. Mô hình SD được đề xuất và nhược điểm tồn tại

2.1. Mô hình SD

Mô hình SD được Huy D. G. và Namkyun IM giới thiệu 2016 [4] được chia thành hai phần chính, đó là:

- Vùng đặc biệt nguy hiểm (Blocking area) (BLA);
- Vùng khuyến cáo tàu chủ đưa ra hành động tránh va (Action area) (ACA).

Hình 1 dưới đây mô tả hình dạng của SD. Phần BLA được xác định dựa vào việc đi tìm chiều dài các khoảng cách an toàn nhỏ nhất ở phía trước, mạn trái, mạn phải và phía lái tàu lần lượt được ký hiệu: D_f , D_p , D_s và D_a . Các khoảng cách này được tính toán tùy thuộc vào những tình huống tiếp cận của hai tàu, phân định rõ khu vực đặc biệt nguy hiểm BLA mà tàu chủ không được phép đi vào, nếu xâm lấn vào khu vực này tỷ lệ xảy ra tai nạn đâm va rất cao và gần như không thể tránh khỏi.



Hình 1. Thiết bị đo và nguyên lý Coriolis.

Xác định BLA

Bằng phương pháp hồi quy tuyến tính, SD trong nghiên cứu [6] đưa ra công thức tính Adv_t (m) khoảng dịch chuyển tới (Advance distance) của tàu mục tiêu khi thực hiện vòng quay trở như sau:

$$Adv_t = -0.0028513L_t^2 + 4.2668L_t - 81.015 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \max_{0 \leq i \leq n} \sqrt{(\hat{y}_i - y_i)^2} \\ &= \max_{0 \leq i \leq n} \sqrt{d_i^2} \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó: L_t là chiều dài tàu mục tiêu, Δ là sai số lớn nhất trong hồi quy Adv_t .

Khoảng cách an toàn nhỏ nhất cho hai tàu đi qua nhau ký hiệu là $MinPD$ được tính dựa vào khảo sát hơn 60 sỹ quan hàng hải:

$$MinPD = 7.896B_t + 381.03 \quad (3)$$

Trong đó, B_t là chiều rộng tàu mục tiêu, $MinPD$ là khoảng cách đi qua an toàn.

Công thức được xây dựng trong [6] xác định vùng biên của BLA với trường hợp đối hướng như sau:

$$\begin{cases} D_f = Adv_o + Adv_t + ErrGPS + \Delta \\ \quad = Adv_o - 0.0028513L_t^2 + 4.2668L_t + 78.6414 \\ D_s = D_p = D_a \\ \quad = MinPD + ErrGPS = 3.4961L_t + 50.576 \end{cases} \quad (4)$$

Trường hợp cắt hướng:

$$\begin{cases} D_f = Adv_t + ErrGPS + \Delta \\ \quad = -0.0028513L_t^2 + 4.2668L_t - 78.6414 \\ D_p = Adv_o + ErrGPS = Adv_o + 25.495 \\ D_s = D_a \\ \quad = MinPD + ErrGPS = 3.4961L_t + 50.576 \end{cases} \quad (5)$$

Trường hợp vượt:

$$\begin{cases} D_f = Adv_t + ErrGPS + \Delta \\ \quad = -0.0028513L_t^2 + 4.2668L_t - 78.6414 \\ D_s = D_p = D_a \\ \quad = MinPD + ErrGPS = 3.4961L_t + 50.576 \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó, các thành phần của công thức đều sử dụng đơn vị mét. Giá trị sai số GPS ($ErrGPS$) là 25.495 (m) được lấy theo báo cáo #86 của William j. hughes technical centre. Công thức tính ACA được tính dựa vào khảo sát đến 60 sỹ quan hàng hải, tình huống đối hướng và cắt hướng có công thức lần lượt là:

$$R_{CAA} = D_f + t'_{Av-H} V_{relative} = D_f + 616.74V_{relative} \quad (7)$$

$$R_{CAA} = D_p + t'_{Av-C} V_{relative} = D_p + 926.64 V_{relative} \quad (8)$$

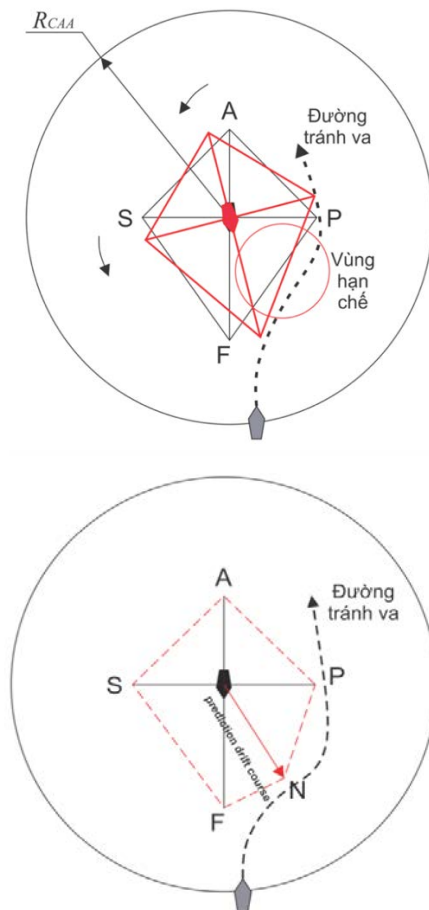
Trong đó, R_{CAA} là bán kính ACA cũng là thời gian dự kiến trung bình trước khi tàu chủ tới điểm CPA trong tình huống đối hướng, cắt hướng; $V_{relative}$ tốc độ tương đối giữa hai tàu.

2.2. Nhược điểm của Ship Domain được đề xuất

Từ hình 2 ta thấy rằng, với SD hiện tại mặc dù việc tính toán các khoảng cách an toàn tối thiểu để xác định đường biên BLA đã được thực hiện tương đối hoàn thiện tuy nhiên nhược điểm nằm ở vùng hạn chế. Tại vùng này chỉ tồn tại đường biên của BLA kéo từ điểm F đến điểm P. Giả sử trong trường hợp tàu mục tiêu giữ nguyên hướng và tốc độ thì việc tránh va của tàu chủ sẽ diễn ra an toàn và không bị xâm phạm vào vùng BLA. Tuy nhiên, trong thực tế, sự thay đổi của gió, dòng chảy và các ảnh hưởng ngoại cảnh khác làm cho tàu mục tiêu luôn có xu hướng ngã hay lệch khỏi hướng đi đã định, như vậy tại khu vực hạn chế được khoanh màu đỏ trên hình 2 là khu vực tàu chủ dễ xâm nhập vào BLA nhất khi tàu mục tiêu lệch mũi tàu qua trái. Để nâng cao an toàn cho việc tránh va dựa vào SD thì khu vực BLA phải mở rộng thêm điểm đầu mút cần thiết để tàu chủ không bị xâm nhập vùng BLA.

3. Hướng tiếp cận mới cho Ship Domain

Với nhược điểm của SD hiện tại được nêu trong phần 2.2, bài báo giới thiệu một hướng mở rộng mới cho khu vực BLA thuộc SD hiện tại để nâng cao an toàn khi tàu tránh va trong trường hợp đối hướng. Hướng mở rộng tới điểm N sẽ giúp đầu chủ tránh phải những tình huống thay đổi hướng đi bất ngờ của tàu mục tiêu. Tuy phần mở rộng của SD sẽ làm quá trình tránh va diễn ra dài hơn nhưng lại có thể nâng cao tính an toàn hơn hẳn so với SD cũ. Nhược điểm và hướng tiếp cận mới của SD được mô tả trong hình 2.



Hình 2. Hạn chế của SD ban đầu và hướng mở rộng tới điểm N của BLA.

Trình tự thực hiện khi mục tiêu cần tránh va được xác định như sau:

- Thực hiện việc vẽ BLA theo phương pháp cũ xác định 04 điểm F, A, S, P;
- Tiếp tục ghi lại các thông số tàu mục tiêu với các giá trị quan trọng sau: COG (hướng chạy tàu), SOG (tốc độ chạy tàu);
- Xác định xu hướng dịch chuyển bất ngờ của tàu mục tiêu: Trong trường hợp điều kiện sóng gió hiện tại với bốn giá trị ghi lại ở trên trong một khoảng thời gian Δt nếu nhận thấy các giá trị này có xu hướng thay đổi, tàu mục tiêu không di chuyển ổn định thì phần mềm sẽ tính toán điểm N mở rộng khu vực BLA;
- Với các giá trị COG, SOG trong khoảng thời gian theo dõi Δt nếu vị trí dự đoán vẫn nằm trong BLA cũ hoặc các giá trị thay đổi không đủ lớn thì coi như tàu mục tiêu hoạt động ổn định và giữ nguyên BLA cũ.

Phương pháp dự đoán vị trí tàu được thực hiện dựa vào công thức sau được Xin-ping Yan và các cộng sự giới thiệu năm 2016 [7]. Công thức dự đoán chuyển động của tàu dựa vào bốn yếu tố đầu vào: COG, SOG, COS, ROT, trong đó họ sử dụng phương pháp San bằng hàm mũ (Exponential Smoothing Method) để dự đoán SOG và COG, tuân theo các phương trình tính toán khoảng cách di chuyển của tàu theo công thức (9).

$$\left\{ \begin{aligned} d_{x_{n(m)}} &= \sum_{k=1}^m \int_{t_{k-1}}^{t_k} \left[v_{k-1} + (v_k - v_{k-1}) \frac{t - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} \right] \\ &\quad \times \sin \left[c_{k-1} + (c_k - c_{k-1}) \frac{t - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} \right] dt \\ d_{y_{n(m)}} &= \sum_{k=1}^m \int_{t_{k-1}}^{t_k} \left[v_{k-1} + (v_k - v_{k-1}) \frac{t - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} \right] \\ &\quad \times \cos \left[c_{k-1} + (c_k - c_{k-1}) \frac{t - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} \right] dt \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Trong đó: k là số thứ tự của vị trí tàu trong số m vị trí dự đoán; $2 \leq k \leq m$; $d_{x_{n(m)}}$ là khoảng cách ngang giữa vị trí $[x_n, y_n]$ và điểm vị trí thứ m dựa đoán, tương tự đối với $d_{y_{n(m)}}$ theo chiều dọc; $v_{n(k)}$ là giá trị SOG thứ k được dự đoán ở thời gian d_n ; $c_{n(k)}$ là hướng đi của tàu COG thứ k được dự đoán ở thời điểm thời gian d_n .

Việc giới hạn khoảng thời gian t_{gh} trong việc dự đoán vị trí tàu cũng sẽ được thực hiện, bởi nếu khoảng giới hạn quá lớn, SD sẽ không có ý nghĩa vì khi đó phần BLA có diện tích rất lớn. Trong những thử nghiệm mô phỏng đầu tiên thời gian giới hạn sẽ được tính theo công thức (10):

$$t_{gh} = \frac{TF}{v_t} = \frac{Adv_o + Adv_t + ErrGPS + \Delta}{v_t} \quad (10)$$

Trong đó: T là điểm nằm trên vị trí hiện tại của tàu mục tiêu, F là điểm giới hạn phía trước của BLA thuộc tàu mục tiêu; v_t là vận tốc tàu mục tiêu.

Các kết quả mô phỏng về đánh giá an toàn tránh va với cách tiếp cận SD mới được đề

xuất trong bài báo này sẽ được thực hiện trong thời gian tới.

4. Kết luận

Bài báo giới thiệu phương pháp xác định SD với hai thành phần: Vùng giới hạn đặc biệt nguy hiểm (BLA) và vùng khuyến cáo tránh va (ACA). SD này đã được công bố năm 2016 với các ưu điểm rất ấn tượng đó là có thể áp dụng cho tất cả các tàu hoạt động ở những vùng biển khác nhau, không giới hạn khu vực khảo sát xây dựng SD như những nghiên cứu trước đây, đồng thời có hiệu quả cao trong việc hỗ trợ điều động tránh va.

Tuy nhiên, bài báo đã chỉ ra nhược điểm của SD này đó là khả năng mất an toàn khi tàu chủ tránh va và đi qua phía mạn trái tàu mục tiêu nhưng có sự thay đổi hướng và vị trí đột ngột của tàu mục tiêu. Một khoảng dự trữ cần phải được tính toán để hạn chế sự mất an toàn này, bài báo đã đưa ra một hướng tiếp cận mới nhằm tính toán mở rộng vùng BLA xung quanh tàu mục tiêu, hạn chế nhược điểm trên. Trong nghiên cứu tiếp theo, việc mô phỏng so sánh an toàn tránh va sử dụng SD trên sẽ được thực hiện và báo cáo □

Tài liệu tham khảo

- [1] Resolution Fuji, J., Tanaka, K., J. Navig. (1971) *Traffic capacity*, Vol. 24, pp. 543–552;
- [2] T.G. Coldwell (1983), *Marine traffic behavior in restricted waters*, The Journal of Navigation, Vol. 36, pp. 431–444;
- [3] E. M. Goodwin (1975), *A statistical study of ship domains*, The Journal of Navigation, Vol. 28, pp. 329–341;
- [4] G. H. Dinh and N. K. Im. (2016), *The combination of analytical and statistical method to define polygonal ship domain and reflect human experiences in estimating dangerous area*, International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, Vol.4, pp. 27-108;
- [5] Gia Huy Dinh and Nam-Kyun Im (2017), *A Study on the Construction of Stage Discrimination Model and Consecutive Waypoints Generation Method for Ship's Automatic Avoiding Action*, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems (KCI & SCOPUS); Vol. 17(4), Page 294-306;
- [6] Đình Gia Huy (2020), *Đánh giá các mô hình và ứng dụng của vùng nguy hiểm xung quanh tàu trong việc đảm bảo an toàn hàng hải – The study of model and application of ship domain in*

- maritime safety*, Tạp chí Giao thông vận tải, số Tháng 09/2020, trang 111-114;
- [7] Sang, L., Yan, X., Wall, A., Wang, J., & Mao, Z. (2016), *CPA, Calculation Method based on AIS Position Prediction*, Journal of Navigation, 69(6), 1409-1426.
- [8] Kijima, K. and Furukawa, Y. (2001), *Design of automatic collision avoidance system using fuzzy inference*, Proceeding of IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, Glasgow, U.K;
- [9] Kijima, K. and Furukawa, Y. (2003), *Automatic collision avoidance system using the concept of blocking area*, Proceeding of IFAC Conference on Maneuvring and Control of Marine Craft, Girona, Spain.

Ngày nhận bài: 28/05/2021

Ngày chuyển phản biện: 02/06/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 23/06/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/06/2021