

**PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC VỊ TRÍ DỰ ĐOÁN CỦA TÀU
SỬ DỤNG MỘT VÒNG ĐẲNG CAO THIÊN THỂ**
THE METHOD OF IMPROVING THE ACCURACY OF SHIP POSITION
DETERMINED BY DEAD RECKONING USING A CIRCLE OF EQUAL ALTITUDE

NGUYỄN VĂN SƯƠNG*, NGUYỄN ANH TUẤN

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Trong bài báo này, cơ sở lý thuyết của phương pháp nâng cao độ chính xác vị trí dự đoán của tàu được đề xuất bằng cách sử dụng một vòng đẳng cao thiên thể. Với việc sử dụng phương pháp đề xuất, độ chính xác của vị trí tàu dự đoán được nâng cao khi không có các mục tiêu bờ. Ngoài ra, phương pháp cũng có thể được sử dụng để xác định vị trí tàu khi chỉ quan sát một thiên thể.

Từ khóa: *Hàng hải dự đoán, vị trí tàu, vòng đẳng cao thiên thể, hướng đi, tốc độ.*

Abstract

In this paper, the theory of method to improve the accuracy of ship is proposed by using a circle of equal altitude of a single celestial body. On the proposed method, the accuracy of dead reckoning-determined ship position is enhanced when land marks are invisible. In addition, this method can be also used to find out the ship position when there is only a single celestial body observed.

Keywords: *Dead reckoning, ship position, circle of equal altitude, ship course, ship speed.*

1. Đặt vấn đề

Xác định vị trí tàu sử dụng phương pháp hàng hải thiên văn là một kỹ thuật truyền thống của người đi biển. Ngày nay, do sự phát triển của các hệ thống định vị vệ tinh dẫn đến vai trò của phương pháp định vị thiên văn không còn như trước đây. Tuy nhiên, do một số khu vực trên trái đất đôi khi không thể thu nhận tín hiệu từ vệ tinh, và đặc biệt khi có chiến sự giữa các quốc gia thì hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu có thể bị giới hạn với dân sự để phục vụ cho mục đích quân sự. Do đó, phương pháp hàng hải thiên văn vẫn được coi như một trong các phương pháp định vị dự phòng khi có các sự cố diễn ra. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học máy tính cho phép giải các phương trình vòng đẳng cao một cách nhanh chóng, dẫn đến nhiều phương pháp, nhiều thuật toán đã được đề xuất để giải bài toán xác định vị trí tàu dựa trên việc quan sát thiên thể. Trong nghiên cứu [2], nhóm tác giả đề xuất kỹ thuật biến đổi lượng giác để xác định vị trí tàu một cách trực tiếp. Mặt khác, các nghiên cứu [1, 3] sử dụng lý thuyết ma trận và vector để thiết lập vòng đẳng cao thiên thể trên hệ tọa độ đề các vuông góc, từ đó giải hệ tìm vị trí sau đó đổi sang hệ tọa độ cầu. Ngoài ra, nghiên cứu [6] cũng ứng dụng thuật toán di truyền trong tối ưu phi số hóa để tìm nghiệm tối ưu cho hệ phương trình vòng đẳng cao thiên thể. Bằng cách tiếp cận khác, sử dụng phương vị thay vì độ cao thiên thể, nghiên cứu trong [5] đề xuất một phương pháp xác định vị trí tàu có thể áp dụng khi không có đường chân trời. Mặt khác, trong nghiên cứu [3], tác giả đã đề xuất phương pháp hiệu chỉnh sự không đồng thời của các quan sát do tàu chuyển động, tuy nhiên phương pháp đề xuất chỉ áp dụng được với phương trình đường cao vị trí, việc áp dụng với phương trình vòng đẳng cao là khó khăn và chưa được giải quyết. Xét về mặt lý thuyết, các nghiên cứu trên đều có những đóng góp đáng kể đối với việc phát triển các thuật toán khác nhau nhằm tính toán vị trí tàu dựa trên các quan sát thiên thể. Tuy nhiên, các phương pháp trên vẫn còn nhược điểm là không thể áp dụng được khi chỉ quan sát một thiên thể duy nhất.

Bên cạnh đó, khi sử dụng phương pháp dẫn đường bằng thiên văn, cần thiết phải kết hợp với vị trí dự đoán theo phương pháp hàng hải dự tính (Dead reckoning) để tính toán các tham số của các đường vị trí hoặc sử dụng như vị trí tàu xác định khi không có được độ cao thiên thể. Tuy nhiên, độ chính xác của vị trí dự đoán nhận được từ phương pháp hàng hải dự tính lại rất thấp vì phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: vị trí ban đầu, hướng đi, tốc độ tàu, khoảng thời gian dự tính, ảnh hưởng của sóng gió. Khi tàu hành trình gần bờ, các mục tiêu bờ được sử dụng để hiệu chỉnh và nâng cao độ chính xác của vị trí dự đoán. Tuy nhiên, khi tàu hành trình ngoài khơi không có mục tiêu bờ, độ chính của vị trí dự đoán là rất thấp.

Từ những nhận xét trên, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp kết hợp sử dụng một vòng đẳng cao thiên thể và các tham số tuyến đường tàu chạy để nâng cao độ chính xác của vị trí dự đoán. Theo chiều ngược lại, khi chỉ quan sát được độ cao của một thiên thể và biết các yếu tố tuyến

đường, phương pháp này cũng có thể được sử dụng để xác định vị trí tàu. Đặc điểm của phương pháp là đơn giản và hoàn toàn khác với các đề xuất trước đây.

2. Xác định vị trí tàu dựa trên vòng đẳng cao thiên thể và tham số tuyến đường tàu chạy

Giả sử vị trí tàu ở lần xác định gần nhất là $P_1(\varphi_1, \lambda_1)$ tại thời điểm (T_1) , tàu chạy ổn định trên hướng HT với tốc độ V . Quan sát thiên thể $C(\delta, t_G)$ tại thời điểm (T_2) được giá trị độ cao H , vị trí tàu tại thời điểm quan sát thiên thể C là $P_2(\varphi_2, \lambda_2)$ thỏa mãn hệ phương trình vòng đẳng cao dưới đây:

$$\sin H = \sin \varphi_2 \cdot \sin \delta + \cos \varphi_2 \cdot \cos \delta \cdot \cos(t_G \pm \lambda_2) \quad (1)$$

Từ phương trình (1) có thể xác định giá trị kinh độ (λ) khi biết vĩ độ (φ) theo hệ thức:

$$\lambda = \pm \left(a \cos \left(\frac{\sin H - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \right) - t_G \right) \quad (2)$$

Trong cả hai hệ thức trên, dấu “+” được dùng khi vị trí người quan sát nằm phía Đông kinh tuyến gốc, ngược lại dấu “-” khi người quan sát nằm phía Tây kinh tuyến gốc.

Mặt khác, khi tàu hành trình từ thời điểm xác định vị trí P_1 đến vị trí P_2 ta có hệ thức sau:

$$\begin{cases} \varphi_2 = \varphi_1 + \Delta \varphi \\ \lambda_2 = \lambda_1 + \Delta \lambda \end{cases} \quad (3)$$

Hiệu vĩ độ, hiệu kinh độ trong hệ thức (3) được xác định theo hướng đi và quãng đường:

$$\begin{cases} \Delta \varphi = V \cdot \cos HT \cdot (T_2 - T_1) \\ \Delta \lambda = \frac{V \cdot \sin HT \cdot (T_2 - T_1)}{\cos \varphi_2} \end{cases} \quad (4)$$

Trong công thức (4), đơn vị của V là knot (NM/h), đơn vị của T_1 và T_2 được đổi ra giờ.

Theo lý thuyết xác định vị trí tàu, vị trí tàu là giao điểm của ít nhất 2 đường vị trí. Mục đích của bài toán là chỉ sử dụng một vòng đẳng cao thiên thể và các yếu tố tuyến đường để xác định vị trí. Việc sử dụng hệ thức (3) và hệ thức (4) có thể cho vị trí tàu và được biết đến với tên gọi phương pháp Dead Reckoning. Tuy nhiên, dự đoán vị trí tàu theo cách thức này thường không chính xác vì tàu chịu ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh. Do vậy, ý tưởng của phương pháp đề xuất là sử dụng phương pháp lặp đơn để giải hệ phương trình (1) với nghiệm thỏa mãn điều kiện ràng buộc trong phương trình (3) và (4).

Thay phương trình (3) và (4) vào phương trình (1) thu được:

$$\sin H = \sin \varphi_2 \cdot \sin \delta + \cos \varphi_2 \cdot \cos \delta \cdot \cos \left(t_G \pm \lambda_1 + \frac{V \cdot \sin HT \cdot (T_2 - T_1)}{\cos \varphi_2} \right) \quad (5)$$

Sắp xếp lại phương trình (5), nhận được:

$$\sin \varphi_2 \cdot \sin \delta + \cos \varphi_2 \cdot \cos \delta \cdot \cos \left(t_G \pm \lambda_1 + \frac{V \cdot \sin HT \cdot (T_2 - T_1)}{\cos \varphi_2} \right) - \sin H = 0 \quad (6)$$

Đặt:

$$F(\varphi_2) = \sin \varphi_2 \cdot \sin \delta + \cos \varphi_2 \cdot \cos \delta \cdot \cos \left(t_G \pm \lambda_1 + \frac{V \cdot \sin HT \cdot (T_2 - T_1)}{\cos \varphi_2} \right) - \sin H \quad (7)$$

Hàm $F(\varphi_2)$ là hàm của một biến φ_2 , mục tiêu của bài toán là tìm φ_2 sao cho hàm $F(\varphi_2)$ xấp xỉ 0. Để giải bài toán này, phương pháp lặp đơn được áp dụng, và nghiệm được xác định theo hệ thức sau:

$$(\varphi_2)_n = (\varphi_2)_{n-1} - F((\varphi_2)_{n-1}) \frac{(\varphi_2)_{n-1} - (\varphi_2)_{n-2}}{F((\varphi_2)_{n-1}) - F((\varphi_2)_{n-2})} \quad (8)$$

Các bước lặp được thực hiện đến khi nào hiệu $\left|(\varphi_2)_n - (\varphi_2)_{n-1}\right|$ đạt giá trị rất nhỏ mong muốn. Để giải theo hệ (8), thì cần phải khởi tạo 2 giá trị φ_2 ban đầu gần với nghiệm thực tế, do đó 2 giá trị φ_2 ban đầu có thể chọn là vị trí φ_1 và $\varphi_1 \pm 10'$ (tùy thuộc vào tàu chạy về phía Bắc hay Nam bán cầu).

Thứ tự các bước tính toán vị trí tàu theo phương trình vòng đẳng cao và các tham số tuyến đường như sau:

Bước 1: Ghi lại vị trí tàu xác định gần nhất $P_1(\varphi_1, \lambda_1)$ tại thời điểm xác định T_1 , đồng thời ghi lại hướng đi và tốc độ tàu;

Bước 2: Tại thời điểm T_2 , quan sát độ cao thiên thể C , đồng thời ghi lại thời điểm quan sát;

Bước 3: Khởi tạo 2 giá trị ban đầu φ_1 và $\varphi_1 \pm 10'$ cho φ_2 ;

Bước 4: Giải phương trình (8) đến khi $\left|(\varphi_2)_n - (\varphi_2)_{n-1}\right|$ đạt giá trị mong muốn (chẳng hạn 5 hải lý như yêu cầu về độ chính xác của vị trí tàu xác định bằng phương pháp thiên văn) để tìm φ_2 ;

Bước 5: Xác định vĩ độ người quan sát theo phương trình (2).

3. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất một phương pháp để nâng cao độ chính xác của vị trí dự đoán bằng cách sử dụng một vòng đẳng cao thiên thể. Ngoài ra, theo chiều ngược lại, kỹ thuật này cũng cho phép giải phương trình vòng đẳng cao với một thiên thể và các tham số đường chạy tàu như hướng đi và tốc độ để xác định vị trí tàu. Ưu điểm của phương pháp có thể kể đến như: thực hiện việc nâng cao độ chính xác vị trí dự đoán khi không có các mục tiêu bờ, xác định vị trí tàu với một thiên thể sử dụng các tham số chuyển động tàu điều mà các phương pháp giải vòng đẳng cao hiện tại chưa tính đến. Hạn chế của phương pháp là chưa đề cập đến tác động của ngoại cảnh đến việc giải vị trí tàu. Trong tương lai, các nghiên cứu tiếp theo sẽ được thực hiện khi đề cập đến ảnh hưởng của ngoại cảnh tác động. Ngoài ra, các thực nghiệm số sẽ được thực hiện để kiểm tra tính khả thi của phương pháp đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Andres, R. G., Vector Solution for the intersection of two circles of equal altitude, *THE JOURNAL OF NAVIGATION*, Vol 61, No 2, pp. 355-365, 2008.
- [2] Hsu, T.P., Chen, C.L., Chang, J.R., New Computational Methods for Solving Problems of the Astronomical Vessel Position, *THE JOURNAL OF NAVIGATION*, Vol 58, pp.315-335, 2005.
- [3] Kaplan, G., H., Determining the Position and Motion of a Vessel from Celestial Observation, *The journal of institute of navigation*. pp. 631-648, 1995.
- [4] Nguyen, V. S., Im, N. K., Development of Computer Program for Solving Astronomical Ship Position Based on Circle of Equal Altitude Equation and SVD-Least Square Algorithm, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol 38, No 2. pp. 89-96, 2014.
- [5] Nguyen, V.S, Im, N.K., Dao, Q.D., Azimuth method for ship position in celestial navigation, *International journal of e-Navigation and Maritime Economy*, Vol 7, June, pp. 55-62, 2017.
- [6] Tsou, M. C., Genetic algorithm for solving celestial navigation fix problem, *Polish Maritime Research* 3(75) Vol 19, pp. 53-59, 2012.

Ngày nhận bài: 25/01/2019

Ngày nhận bản sửa: 27/02/2019

Ngày duyệt đăng: 12/03/2019