

XÁC ĐỊNH VÙNG XÁC SUẤT VỊ TRÍ TÀU NHẬN ĐƯỢC TỪ MÁY THU GPS THỰC TẾ TRÊN VÙNG VEN BIỂN VIỆT NAM

DETERMINING THE SHIP'S POSITIONING PROBABILITY AREA USING GPS RECEIVER IN THE VIETNAM COASTAL WATERS

NGUYỄN THÁI DƯƠNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: nguyenthaiduong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Việc xác định vị trí tàu và dẫn đường phụ thuộc vào các hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, chủ yếu là hệ thống GPS (Global Position System). Trong thực tế hàng hải, vị trí tàu xác định được coi là vị trí xác suất nhất và sẽ là tâm của hình tròn xác suất chứa vị trí tàu. Tuy nhiên, điều này chưa hoàn toàn chính xác vì còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sai lệch hệ trắc địa, độ chính xác của hải đồ, ... Mặt khác, hình tròn xác suất chứa vị trí tàu là vô hướng, bán kính sai số của hình tròn xác suất phụ thuộc nhiều yếu tố, ... Vì vậy, việc xác định vị trí xác suất với độ chính xác cao nhất là bài toán khá phức tạp. Trong khuôn khổ của bài báo, tác giả đề xuất phương pháp xác định vùng xác suất chứa vị trí tàu thực tế và tính định hướng của nó nhằm nâng cao an toàn trong công tác điều động và dẫn đường cho tàu trên biển, thử nghiệm cho vùng ven biển Việt Nam.

Từ khóa: *Xác định vị trí tàu, thuật toán KNN, vùng xác suất.*

Abstract

Navigation and determining the ship's position depend on global satellite systems, primarily GPS global positioning systems. In maritime practice, the definite ship position is considered the most probable position and will be the center of the probability circle containing the ship's position. However, this is not entirely accurate because it depends on many factors such as deviation of the geodetic system, the accuracy of charts, ... On the other hand, the radius of error of probability circle that containing the ship's position is a scalar area, depending on many factors, ... Therefore, the determination of probability location with the highest accuracy is a rather complex problem. In this paper, the author proposes a method of determining the probability area containing the actual ship position and its orientation in order to improve safety in maneuvering and navigation at sea for Vietnam coastal waters.

Keywords: *Determining the ship's position, KNN algorithm, probability area.*

1. Đặt vấn đề

Xác định vị trí tàu và đánh giá độ chính xác của vị trí xác định và nghiệp vụ hàng hải cơ bản khi dẫn tàu trên biển. Mặc dù các phương pháp xác định vị trí tàu truyền thống bằng radar hàng hải hay hướng ngắm vẫn có độ chính xác và độ tin cậy cao, là phương pháp xác định vị trí tàu chính (primary methods) theo khuyến cáo của Tổ chức hàng hải Quốc tế (IMO). Tuy nhiên, sĩ quan trên tàu biển chủ yếu sử dụng phương pháp xác định vị trí tàu bằng hệ thống vệ tinh dẫn đường GPS trên biển. Phương pháp này độ chính xác cao khi dẫn tàu trên các vùng biển có hệ thống bảo đảm an toàn tốt. Khu vực ven bờ, hệ thống bảo đảm an toàn chưa hoàn thiện, cần có các phương pháp đánh giá sai số vị trí không phải do bản thân hệ thống sinh ra.

Sai số vị trí của bản thân hệ thống vệ tinh dẫn đường ngày nay đạt tới 15m (95%), và tốt hơn là 5m (95%) đối với hệ thống vị phân GPS. Tuy nhiên, khi tiến hành thao tác lên hải đồ để dẫn tàu, ngoài sai số của bản thân hệ thống còn có nhiều loại sai số xuất hiện trong thực tế như: hệ trắc địa của hải đồ không tương thích, hải đồ được xây dựng với các nguồn khảo sát kém tin cậy, ... Trên tàu, diện tích xác suất do sĩ quan hàng hải xác định thường là hình tròn có tâm là vị trí xác định, bán kính là sai số của hệ thống định vị. Trường hợp áp dụng này có hạn chế là thừa nhận vị trí xác định là vị trí đúng, là vị trí xác suất nhất. Trong khi đó, vị trí xác định sẽ nằm trong một diện tích xác suất phụ thuộc vào các yếu tố tác động thực tế đã nêu trên. Điều này có thể ảnh hưởng đến an toàn dẫn tàu, để xuất hiện nhất là hiện tượng lệch đường gây mắc cạn. Trong giới hạn của bài báo, tác giả tập trung xác định diện tích thực tế chứa vị trí tàu nhận được từ máy thu GPS và tính định hướng của nó, thử nghiệm trên vùng ven biển Việt Nam.

2. Đánh giá sai số vị trí tàu nhận được từ máy thu GPS trên tàu biển

Ngày nay, dẫn tàu trên biển chủ yếu dựa vào vị trí nhận được từ hệ thống định vị hàng hải toàn cầu, chủ yếu là hệ thống GPS. Sai số của vị trí GPS công bố trong các tài liệu và hướng dẫn

sử dụng máy thu là $R_{95} = 10 \div 15m$ (95%), tùy thuộc hãng sản xuất [1]. Tuy nhiên, đó là độ chính xác của riêng hệ thống GPS, vẫn còn sai số do ảnh hưởng của các yếu tố khác.

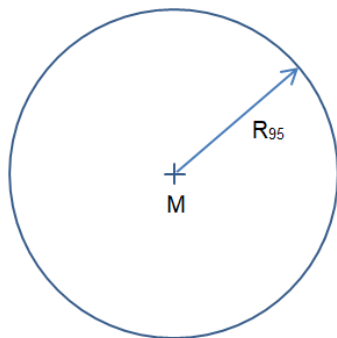
Việc hiệu chỉnh sai số để có thể thao tác vị trí tàu xác định bằng máy thu GPS chính xác trên hải đồ tùy thuộc vào điều kiện cụ thể, tính chất của sai số tác động. Một số sai số cơ bản có thể hạn chế như: lựa chọn chế độ xác định vị trí tàu 2D/ 3D, sai số hình học HDOP (Horizontal Dilution Of Precision), sai số do hệ trắc địa không đồng nhất, sai số do cài đặt thông số ban đầu không chính xác,... Trong đó, sai số do hệ trắc địa của hải đồ và hệ thống GPS không tương thích cần đặc biệt quan tâm khi thao tác vị trí tàu, cụ thể như sau:

- Hải đồ sử dụng hệ trắc địa WGS84 (WGS72), không có sai số do khác hệ trắc địa hoặc sai số nhỏ, có thể bỏ qua [2].
- Hải đồ sử dụng hệ trắc địa phương (hoặc cho lượng sai số do sai khác hệ trắc địa), máy thu GPS sẽ có chế độ hiệu chỉnh hoặc chuyển đổi giữa các hệ trắc địa [3].
- Trường hợp đặc biệt, hải đồ không có hệ trắc địa rõ ràng, không có thông tin hiệu chỉnh, chỉ có cảnh báo sai số vị trí do khác hệ trắc địa là không thể xác định [4]. Khi đó, vị trí tàu thao tác lên hải đồ không đánh giá được độ chính xác, không tin cậy. Nếu khu vực hành trình không thể xác định được vị trí bằng phương pháp tin cậy khác, vị trí GPS nhận được trong trường hợp này sẽ không thỏa mãn các tiêu chuẩn về độ chính xác an toàn hàng hải của (IMO) [5].

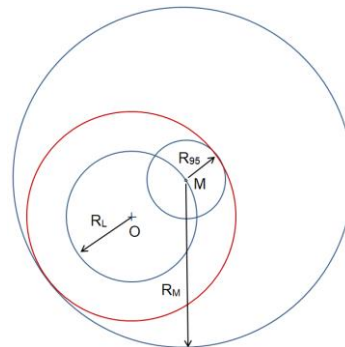
Thông thường, vị trí GPS sau khi hiệu chỉnh sự chênh lệch tọa độ do khác hệ trắc địa sẽ được thao tác trên hải đồ để dẫn tàu. Độ chính xác của vị trí xác định M được đánh giá độ bằng diện tích xác suất chứa vị trí tàu là hình tròn tâm là M, bán kính $R_{95}(95\%)$ là sai số vị trí của hệ thống GPS (Hình 1).

Việc xác định xác suất xuất hiện của vị trí tàu như vậy sẽ có hạn chế sau: thừa nhận M là tâm hình tròn sai số và diện tích xác suất không có tính định hướng.

Vị trí xác định M ngoài sai số của bản thân hệ thống GPS còn chịu một số ảnh hưởng do các nguyên nhân thực tế khác nhau. Khi đó, M sẽ nằm trong giới hạn là đường tròn (O, R_L) . Trường hợp giả định, vị trí thật của tàu được xác định nằm trên đường tròn (O, R_L) , khi đó diện tích xác suất là hình tròn tâm O, bán kính $R = R_L + R_{95}$ sẽ chứa vị trí tàu. Thực tế, tâm O là giả định khi tìm sai số vị trí cho một khu vực biển, không thể có được tọa độ tâm O vào thời điểm tiến hành xác định vị trí của M. Do vậy, diện tích xác suất thực tế phải là hình tròn tâm M, bán kính tính theo công thức $R_M = 2 R_L + R_{95}$ (Hình 2).



Hình 1. Sai số định vị của GPS



Hình 2. Diện tích xác suất thực tế

3. Tính toán diện tích xác suất chứa vị trí tàu

Diện tích xác suất chứa vị trí tàu có thể xác định bằng phương pháp thực nghiệm như sau:

Tại một vị trí cố định, xác định vị trí tàu "n" lần liên tục bằng máy thu GPS. Tâm của diện tích xác suất chứa vị trí tàu là "O" có tọa độ như sau:

$$\text{Vĩ độ: } \varphi_O = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i \quad (\varphi_i \text{ là vĩ độ vị trí nhận được lần thứ "i"}) \quad (1)$$

$$\text{Kinh độ: } \lambda_O = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\lambda_i \text{ là kinh độ vị trí nhận được lần thứ "i"}) \quad (2)$$

Áp dụng phương pháp sai số bình phương trung bình, sai số vĩ độ và kinh độ của vị trí xác định được tính như sau:

$$\Delta\varphi_i = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta\varphi_i)^2}{n-1}} \quad (\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_o \text{ là sai số vĩ độ của vị trí xác định lần "i"}) \quad (3)$$

$$\Delta\lambda_i = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta\lambda_i)^2}{n-1}} \quad (\Delta\lambda_i = \lambda_i - \lambda_o \text{ là sai số kinh độ của vị trí xác định lần "i"}) \quad (4)$$

Sai số về khoảng cách (bán kính diện tích xác suất) của vị trí tàu tính theo công thức sau:

$$M_1 = \sqrt{(\Delta\lambda)^2 + (k\Delta\varphi)^2} \quad (5)$$

$k = \frac{D}{\varphi}$ là hệ số cho biết tỉ giữa độ biến dạng dọc theo kinh tuyến và vĩ tuyến.

$$\text{Vĩ độ tiến: } D = 7929,915 \cdot \log_{10} \left\{ \left[\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \times \left(\frac{1-e \sin\varphi}{1+e \sin\varphi}\right)^{\frac{e}{2}} \right] \right\} \quad (6)$$

Vùng biển Việt Nam, trải dài từ 08°00'0N ÷ 24°00'0N, như vậy hệ số biến dạng về khoảng cách $k = 1.00 \div 1.03 \approx 1$ [6]. Công thức tính bán kính diện tích xác suất chứa vị trí tàu là:

$$M_1 \approx \sqrt{(\Delta\lambda)^2 + (\Delta\varphi)^2} \quad (7)$$

Xác suất xuất hiện vị trí tàu (P) tương ứng với bán kính diện tích xác suất như sau [4]:

Một lần sai số bình phương trung bình: vòng tròn bán kính M_1 có $P \approx 65$;

Hai lần sai số bình phương trung bình: vòng tròn bán kính $M_2 = 2M_1$ có $P \approx 95\%$.

Như vậy, khi sử dụng máy thu GPS, diện tích xác suất chứa vị trí tàu (95%) có tâm M, bán kính là:

$$M = 2\sqrt{(\Delta\lambda)^2 + (\Delta\varphi)^2} + R_{95} \quad (8)$$

Tuy nhiên, diện tích xác suất tính toán thực nghiệm không xác định được hướng có xác suất vị trí tàu lớn nhất.

4. Xác định tính định hướng của diện tích xác suất chứa vị trí tàu

Như đã đề cập trong mục trước, với khả năng xuất hiện vị trí tàu trong vòng tròn diện tích xác suất, tìm vị trí xác suất nhất và xác định hướng có mật độ xác suất cao nhất thực sự phức tạp. Trong khuôn khổ của bài báo, tác giả đề xuất thuật toán KNN để giải quyết vấn đề [8],[9].

4.1. Thuật toán KNN

KNN (K - Nearest Neighbors) dùng để phân lớp các đối tượng dựa vào khoảng cách gần nhất giữa đối tượng cần phân lớp với các đối tượng còn lại trong tập mẫu học - K láng giềng của nó. Để thực hiện phân lớp một đối tượng, số láng giềng gần nhất (K) của đối tượng được xác định. Khoảng cách giữa đối tượng cần phân lớp với tất cả các đối tượng láng giềng sẽ được tính toán. Trên cơ sở đó, lớp của đối tượng sẽ được xác định nhờ phân lớp của K láng giềng gần nhất.

Khoảng cách giữa đối tượng cần phân lớp với K láng giềng của đối tượng (d) có thể xác định bởi nhiều phương pháp như: Manhattan, Euclid, Minkowski, Chebyshev,... thường áp dụng đối với bài toán có các thuộc tính đầu vào là kiểu số thực; khoảng cách Hamming cho các bài toán có các thuộc tính đầu vào là kiểu nhị phân; hàm Cosine cho các bài toán phân lớp văn bản,... Trong khuôn khổ của bài báo, để xác định hướng có mật độ xác suất lớn nhất của vùng xác suất chứa vị trí tàu, việc tính toán khoảng cách (d) được thực hiện bởi hàm Euclid:

$$d = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} \quad (9)$$

Trong đó: (x_1, y_1) là tọa độ của đối tượng cần xác định - tâm đường tròn diện tích xác suất chứa vị trí tàu; (x_2, y_2) là tọa độ các vị trí có thể có của tàu khi xác định bằng GPS.

4.2. Áp dụng thuật toán KNN xác định tính định hướng của diện tích xác suất vị trí tàu

Các bước của thuật toán:

Bước 1: Tại vị trí cố định, sử dụng máy thu GPS lấy vị trí tàu 100 lần liên tục. Chuyển vị trí nhận được lên hải đồ.

Bước 2: Xác định diện tích xác suất chứa vị trí tàu (Hình tròn có bán kính nhỏ nhất chứa toàn bộ các vị trí xác định) theo thuật toán KNN:

Với mỗi vị trí tàu tính khoảng cách từ vị trí này tới các vị trí còn lại theo hàm Euclid, lưu trữ các khoảng cách vào mảng dữ liệu (mảng a - 100 phần tử). Tổng khoảng cách từ một vị trí tới các vị trí còn lại được tính dựa trên việc tính tổng các phần tử của a. Lặp lại quá trình với các phần tử tiếp theo, thu được mảng b (100 phần tử) lưu trữ tổng khoảng cách từ một vị trí tới các vị trí còn lại;

Sắp xếp mảng b theo thứ tự tăng dần;

Lựa chọn 20 phần tử đầu tiên trong b, xây dựng đường tròn bao phủ 20 vị trí tương ứng với 20 phần tử đã được chọn, tâm đường tròn là vị trí tương ứng với phần tử đầu tiên trong b (phần tử có giá trị nhỏ nhất), bán kính đường tròn là phần tử thứ hai mươi trong b (phần tử lớn nhất trong hai mươi phần tử đầu tiên).

Bước 3: Xác định hướng tập trung: xây dựng đường thẳng đi qua ít nhất một vị trí trong hình tròn xác suất chứa vị trí tàu sao cho tổng khoảng cách từ các điểm còn lại tới đường thẳng là nhỏ nhất theo phương pháp xác định đường thẳng delta:

Với mỗi vị trí trong số 20 vị trí được lựa chọn, tìm hai vị trí gần nhất với nó dựa trên dữ liệu đã lưu trong mảng a (Bước 2);

Xây dựng phương trình đường thẳng delta đi qua vị trí này sao cho khoảng cách từ hai vị trí còn lại đến đường thẳng là ngắn nhất;

Tính tổng khoảng cách từ các vị trí còn lại (17 vị trí) tới đường thẳng vừa xác định;

Lặp lại với các vị trí còn lại (19 vị trí), lưu trữ các giá trị trong mảng c (20 phần tử);

Sắp xếp mảng c theo thứ tự tăng dần, đường định hướng tập trung xác suất được xác định là đường tương ứng với giá trị đầu tiên trong c (nhỏ nhất).

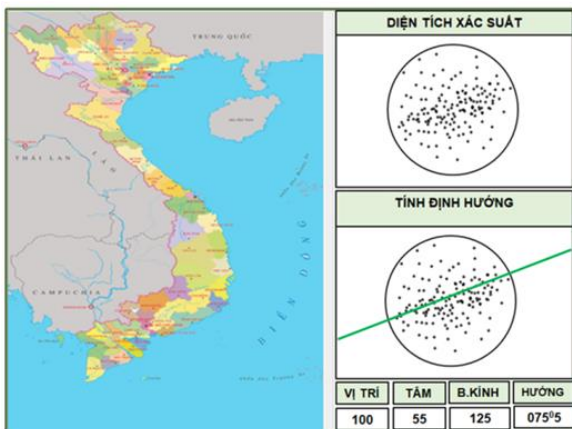
Việc thử nghiệm thuật toán được tiến hành trên bộ dữ liệu thử nghiệm thu được từ khu vực biển Việt Nam với bán kính của đường tròn phân bố xác suất là $R_L \approx 125$ mét.

Hình 3 minh họa kết quả thu được khi thực hiện thử nghiệm trên tàu SAR 411 tại cầu cảng Trung tâm Tìm kiếm cứu nạn hàng hải Khu vực 1. Xác định 100 vị trí cách nhau khoảng 05 phút liên tục ngày 16 tháng 10 năm 2019, kết quả như sau [10]:

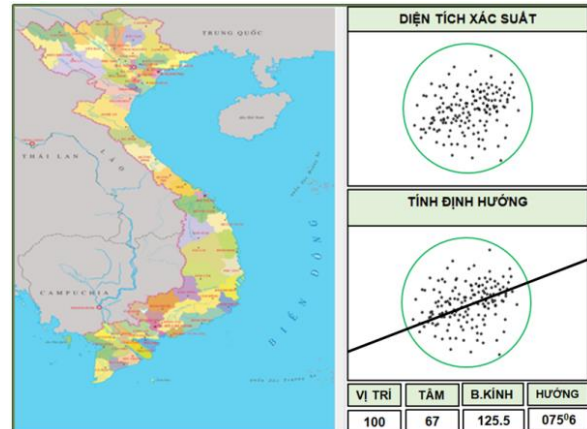
Vị trí tâm O: vị trí số 55, tọa độ (20°52'23.3"N ; 108°42'21.1"E);

Bán kính R_L : 125 mét;

Hướng xác suất nhất: trục 075°5 - 255°5.



Hình 3. Diện tích xác suất vị trí tàu thử nghiệm tại Hải Phòng



Hình 4. Diện tích xác suất vị trí tàu thử nghiệm tại Đà Nẵng

Hình 4 minh họa kết quả thu được khi thực hiện thử nghiệm trên tàu DIEM DIEN 39 tại cầu cảng Tiên Sa - Đà Nẵng. Xác định 100 vị trí cách nhau khoảng 05 phút liên tục ngày 22 tháng 10 năm 2019, kết quả như sau:

Vị trí tâm O: vị trí số 59, tọa độ (16°07'03.5"N ; 108°12'46.6"E);

Bán kính R_L : 125,5 mét;

Hướng xác suất nhất: trục 075°6 - 255°6.

Như vậy, nhận định ban đầu là vùng xác suất chứa vị trí tàu xác định bằng máy thu GPS tại khu vực biển Việt Nam là hình tròn có bán kính là $R_L \approx 125m$ và hướng trục có mật độ xác suất vị trí tàu lớn nhất là 075° - 255°. Như vậy, vùng xác suất chứa vị trí tàu thực tế sẽ là hình tròn tâm M và bán kính: $R_M = 2 R_L + R_{95} \approx 2 \times 125 + 15 = 265m$.

5. Kết luận

Tác giả đã giải quyết được bài toán xác định vị trí tàu bằng hệ thống GPS trong thực tế. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết tính toán diện tích xác suất chứa vị trí tàu, đề xuất phương pháp áp dụng thuật toán KNN tìm diện tích chứa vị trí tàu thực tế và tính định hướng của nó. Trên cơ sở nghiên cứu đó, việc thử nghiệm thuật toán được tiến hành nhiều lần trên bộ dữ liệu thử nghiệm thu được từ khu vực ven biển Việt Nam cho kết quả tương đối đồng nhất [6]. Kết quả kiểm nghiệm thực tế trên tàu ban đầu tại khu vực Hải Phòng và Đà Nẵng cho thấy, bán kính sai số (95%) xấp xỉ 125 mét và hướng có mật độ xác suất xuất hiện vị trí tàu là trục hướng 075° - 255°. Dữ liệu thử nghiệm tuy còn hạn chế, song có thể khẳng định việc áp dụng thuật toán KNN giải quyết vấn đề nghiên cứu bài báo đặt ra là hoàn toàn khả thi. Tác giả sẽ tiếp tục khảo sát bổ sung về khu vực biển, thời gian và số lượng vị trí tàu xác định để nâng cao độ tin cậy của phương pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nelson Acossta, Juan Toloza. *Techniques to improve the GPS precision*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, NO. 8, 2012.
- [2] IMO. *BA. Chart No. 1358: Permatang sedepa to Singapore strait*. United Kingdom National hydrographer, 2012.
- [3] IMO. *BA. Chart No. 2951: Sulawesi to Paulau- Palau Kawwiot*. United Kingdom National hydrographer, 2016.
- [4] IMO. *BA. Chart No. 3990: Gulf of Tongking (Northern part)*. United Kingdom National hydrographer, 2016.
- [5] IMO. Resolution A. 529 (13). *Accuracy standards for navigation*, 1983.
- [6] Nguyễn Thái Dương. *Ảnh hưởng của độ biến dạng của phép chiếu hải đồ Mercator tới công tác dẫn tàu an toàn*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 60 (11/2019), Tr. 05-09.
- [7] Novatel, *GPS Position Accuracy Measures*, 2003.
- [8] Biau, Gérard, Devroye, Luc, *Lectures on the Nearest Neighbor Method*, Springer, 2015.
- [9] Thai Duong Nguyen, Trong Duc Nguyen. *Application of The KNN Algorithm in Determining the Orientation of The Probability Area Containing The Ship Position by GPS Systems on Hai Phong Coastal Area*. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 9 (2019) No.3.
- [10] Nguyễn Thái Dương. *Nghiên cứu tính định hướng của diện tích xác suất chứa vị trí tàu bằng máy thu GPS trên vùng ven biển Việt Nam*. Đề tài NCKH cấp trường năm học 2017-2018.

Ngày nhận bài: 04/12/2019
 Ngày nhận bản sửa lần 01: 18/12/2019
 Ngày nhận bản sửa lần 02: 21/12/2019
 Ngày duyệt đăng: 04/01/2020