

KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

NỘI SUY DỮ LIỆU ĐỘNG HỌC TÀU THỦY TRÊN BẢN TIN AIS XÉT ĐẾN ĐẶC TÍNH CHUYỂN ĐỘNG TÀU INTERPOLATION OF SHIP DYNAMIC DATA ON AIS MESSAGE CONSIDERING THE CHARACTERISTICS OF SHIP MOTION

NGUYỄN VĂN SƯƠNG, VŨ ĐỨC TOÀN

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, phương pháp nội suy dữ liệu động học tàu thủy AIS bị mất, được đề xuất xét đến đặc tính chuyển động tàu. Phương pháp đề xuất là sự kết hợp của nội suy tuyến tính và nội suy động học. Ưu điểm của phương pháp đề xuất là tốc độ tàu, vị trí tàu được xác định để cập đến đặc tính chuyển động tàu, mặt khác, hướng mũi tàu, hướng thực tế được xác định sử dụng nội suy tuyến tính. Để đánh giá tính khả thi của phương pháp, một thực nghiệm được thực hiện với một tàu hành trình tại khu vực luồng Hải Phòng.

Từ khóa: Phương pháp nội suy, dữ liệu động học AIS, nội suy tuyến tính, nội suy động học, đặc tính chuyển động tàu.

Abstract

In this research, an interpolating method for AIS data of ship is proposed considering feature of ship motion. The proposed method includes a linear interpolation and dynamic one. The advantages of this proposal is to interpolate the ship's velocity and ship position by motion feature, meanwhile the ship heading, and course over ground is interpolated by linear interpolation. To verify the proposed method, one real example is conducted to ship sailing in Haiphong area.

Keywords: Interpolating method, Ship AIS dynamic, linear interpolation, dynamic interpolation, motion feature.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay với sự gia tăng số lượng và kích cỡ tàu biển dẫn tới nhiều mối nguy cơ tiềm ẩn khi tàu thuyền tham gia giao thông khu vực luồng, cảng biển. Để đảm bảo an toàn hàng hải cũng như môi trường biển, các hệ thống VTS đã được xây dựng bởi các quốc gia có cảng biển, đặc biệt là những khu vực có

mật độ giao thông đông đúc tàu thuyền qua lại. Khi tàu thuyền tham gia giao thông trong khu vực luồng lạch, cảng biển với sự giám sát của hệ thống VTS, thuyền viên sẽ được đưa ra các lời khuyên về điều động để tránh các nguy cơ xảy ra với tàu mình và các tàu thuyền khác. Với việc tích hợp và kết nối của các thiết bị như: AIS, RADAR, CAMERA, ECDIS, VHF,... cho phép các sĩ quan VTS có thể nhận dạng và theo dõi hoạt động của các tàu thuyền đang hành trình trong khu vực quản lý của trạm VTS. Theo quy định, việc phát tín hiệu AIS được thực hiện đối với các tàu thuyền tùy thuộc vào loại AIS lắp đặt.

Trong thực tế vận hành hệ thống VTS, các sĩ quan thấy đôi khi không thể có tín hiệu AIS từ các tàu thuyền vì một lý do nào đó như: lỗi tín hiệu từ tàu phát; khu vực hành hải đông đúc tín hiệu bị chậm trễ,... Trong những tình huống đó cần có phương pháp nội suy để tìm lại dữ liệu đã mất.

Cho đến nay, một vài nghiên cứu liên quan đến bài toán nội suy dữ liệu động học trong các bản tin AIS bị thiếu hụt đã được công bố. Trong nghiên cứu [1], phương pháp hàm vector được đề cập cho bài toán tìm lại dữ liệu động học tàu thủy. Trên quan điểm tiếp cận khác [2] đề xuất phương pháp tìm lại dữ liệu AIS bị mất dựa trên các phép nội suy toán học đơn thuần, và phương pháp đã được xác minh bằng bộ dữ liệu của phà chở khách Sewol Hàn Quốc. Phát triển theo hướng tiếp cận này, nghiên cứu [3], kết hợp nội suy tuyến tính với nội suy đường cong có tính đến các yếu tố điều động tàu, trong đó, nội suy đường cong được xây dựng theo quy tắc vòng quay trở của tàu để nội suy các dữ liệu động học.

Trong [4], một phương pháp nội suy được đề cập cho dữ liệu AIS áp dụng tại khu vực luồng Singapore, trong đó các tình huống hàng hải được xét đến cho bài toán nội suy dữ liệu AIS.

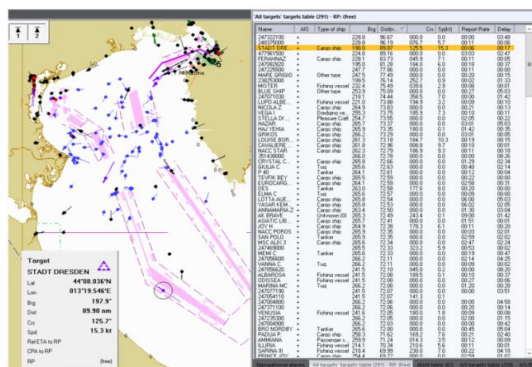
Gần đây, một thực nghiệm liên quan đến bài toán nội suy dữ liệu AIS tàu thủy được thực hiện với cảng Hải Phòng [5].

Mặc dù những nghiên cứu kể trên đã đạt được những kết quả đáng kể cho bài toán nội suy tìm lại dữ liệu AIS bị mất của tàu, tuy nhiên, các nghiên cứu trên vẫn còn chưa đề cập đến đặc tính chuyển động tàu. Trong bài báo này, một phương pháp nội suy dữ liệu động học tàu thủy AIS bị mất được đề xuất bằng cách kết hợp nội suy động học và nội suy tuyến tính hình học. Cụ thể phương pháp bao gồm hai phần:

Thứ nhất: Hướng mũi tàu (Heading), hướng đi thực tế (COG) được nội suy bởi phép nội suy tuyến tính hình học;

Thứ hai: Tốc độ tàu (SOG), vị trí tàu (Latitude, Longitude) được tìm lại bằng phép nội suy động học có tính đến chuyển động tàu.

Để đánh giá tính khả thi của phương pháp nội suy đề xuất, thực nghiệm được thực hiện với dữ liệu AIS của một tàu hành trình trong luồng Hải Phòng.



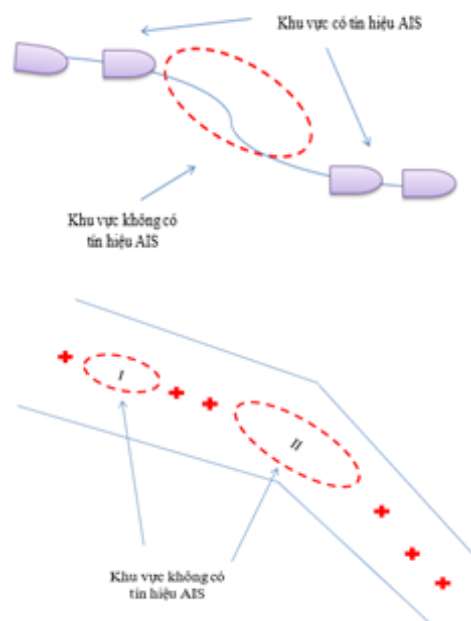
Hình 1. Dữ liệu động học AIS của các tàu phát đến trạm giám sát và điều phối giao thông Hàng hải VTS

Bảng 1. Tần suất phát bản tin AIS loại A

Trạng thái và tốc độ tàu	Khoảng thời gian phát tín hiệu
Tàu neo, tàu đang buộc cầu, hoặc tàu chạy với tốc độ nhỏ hơn 3kts	3 (phút)
Tàu neo, tàu đang buộc cầu, hoặc tàu chạy với tốc độ lớn hơn 3kts	10 (giây)
Tàu chạy với tốc độ trong khoảng 0-14 (kts)	10 (giây)
Tàu chạy với tốc độ trong khoảng 0-14 (kts) và đổi hướng	3,33 (giây)
Tàu chạy với tốc độ trong khoảng 14-23 (kts)	6 (giây)
Tàu chạy với tốc độ trong khoảng 14-23 (kts) và đổi hướng	2 (giây)
Tàu chuyển động với tốc độ lớn hơn 23 (kts)	2 (giây)
Tàu chạy với tốc độ lớn hơn 23kts và đổi hướng	2 (giây)

2. Dữ liệu động học tàu thủy trên bản tin AIS

Trên bản tin AIS, dữ liệu động học sẽ được phát đến các tàu thuyền khác cũng như trạm bờ VTS (Hình 1) bao gồm các phần: Kinh vĩ độ (Longitude, Latitude), hướng mũi tàu (Heading), hướng thực tế (COG), tốc độ tàu (SOG).



Hình 2. Mô tả khu vực bị mất dữ liệu AIS

Tùy thuộc vào loại thiết bị AIS trang bị trên tàu mà thời gian phát bản tin là khác nhau. Trong nghiên cứu này, chúng tôi xét AIS loại A Theo quy định Quốc tế đối với các tàu trang bị AIS loại A cần phải phát bản tin theo Bảng 1.

Theo Bảng 1, có thể xác định được số lượng dữ liệu bị mất trong bản tin dựa trên tốc độ tàu.

3. Phương pháp nội suy dữ liệu động học tàu thủy AIS xét đến đặc tính chuyển động tàu

Trong phần này, nội dung phương pháp nội suy dữ liệu động học tàu thủy AIS xét đến tính năng chuyển động tàu thủy, cụ thể nội dung phương pháp bao gồm:

Thứ nhất: Bộ dữ liệu động học AIS được phân tách thành các chuỗi thời gian tương ứng của: Kinh độ, vĩ độ, hướng mũi tàu, hướng thực tế, tốc độ thực tế;

Thứ hai: Khoảng thời gian chứa dữ liệu bị mất hay khiếm khuyết được xác định thông qua Bảng 1;

Thứ ba: Phép nội suy tuyến tính trong toán học được áp dụng với các dữ liệu động học hướng mũi tàu, hướng tàu thực tế;

Cuối cùng: Tốc độ tàu, vị trí tàu được nội suy bằng phép nội suy động học có tính đến đặc tính chuyển động tàu.

3.1. Nội suy tuyến tính

Gọi 2 điểm $A_i(t_i, f_i)$ và $A_{i+1}(t_{i+1}, f_{i+1})$ là 2 điểm dữ liệu liên tiếp nhau theo thời gian trong các bộ dữ liệu AIS của hướng mũi tàu (Heading) và hướng đi thật (COG), phương trình đường thẳng nối hai điểm dữ liệu này được biểu diễn như dạng sau:

$$P_i(t) = f_i + (t - t_i) \left(\frac{f_{i+1} - f_i}{t_{i+1} - t_i} \right) \quad (1)$$

Trong đó: t là thời điểm bất kỳ nằm trong khoảng thời gian từ thời điểm t_i đến thời điểm t_{i+1} .

Một cách tổng quát, phương trình các đường thẳng đi qua các điểm dữ liệu được thể hiện qua các hệ thức:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) \quad (2)$$

3.2. Nội suy động học

Nội suy động học được đề xuất để nội suy tốc độ tàu (SOG) và kinh vĩ độ. Trong phép nội suy này, phương trình chuyển động được xem xét.

Theo cơ học, phương trình chuyển động của chất điểm được viết dưới dạng sau:

$$\varphi(t) = \varphi(t_i) + \int_{t_i}^t v_{\varphi}(t) dt \quad (3)$$

$$\lambda(t) = \lambda(t_i) + \int_{t_i}^t v_{\lambda}(t) dt$$

Tốc độ tàu theo các hướng được xác định theo hệ thức sau:

$$v_{\varphi}(t) = v(t_i) \cdot \cos(\text{COG}_i) \quad (4)$$

$$v_{\lambda}(t) = v(t_i) \cdot \sin(\text{COG}_i)$$

Tốc độ tàu xác định theo hệ thức sau:

$$v(t) = v(t_i) + \int_{t_i}^t a(t) dt \quad (5)$$

Gia tốc chuyển động tàu giữa 2 điểm liên tiếp được mô tả theo phương trình dưới đây:

$$a(t) = \frac{v(t_{i+1}) - v(t_i)}{t_{i+1} - t_i} \quad (6)$$

4. Thử nghiệm xác thực phương pháp

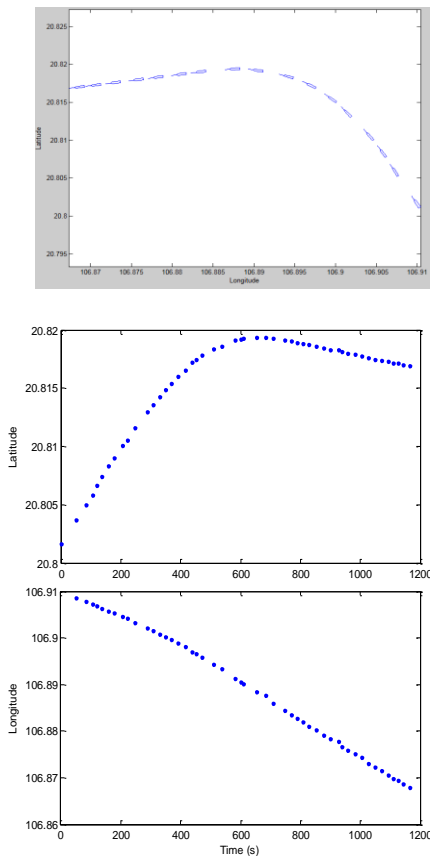
Trong phần này, một thử nghiệm được thực hiện để xác minh tính khả thi của phương pháp nội suy đề xuất. Dữ liệu động học AIS của một tàu được ghi nhận và xử lý trên luồng Hải Phòng, các tính toán thử nghiệm được thực hiện trên công cụ MATLAB 2014a. Chuyển động tàu trên luồng Hải Phòng được mô tả như Hình 3.



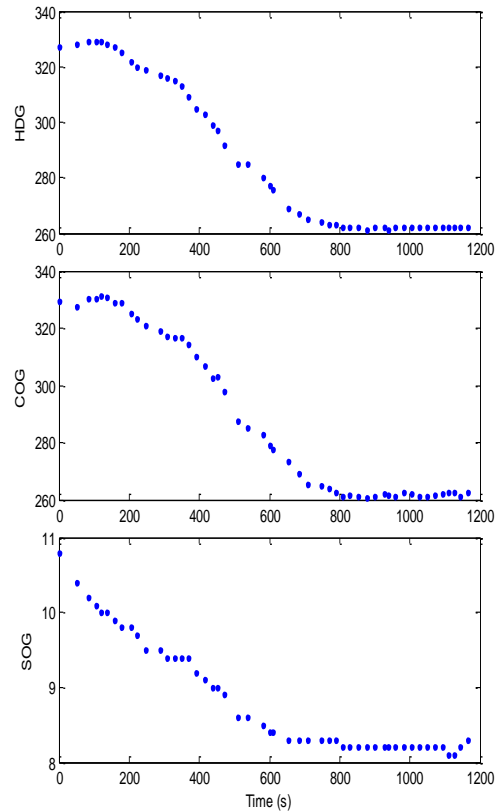
Hình 3. Tàu hành trình trên luồng Hải Phòng

Bảng 2. Kết quả nội suy bằng phương pháp đề xuất

Thời gian	Vĩ độ (Latitude)	Kinh độ (Longitude)	HDG	COG	SOG
10 ^h 04 ^m 52 ^s	20° 48,78'	106° 54,12'	316°	318,8°	9,45kts
10 ^h 05 ^m 10 ^s	20° 48,81'	106° 54,09'	315°	318°	9,45kts
10 ^h 05 ^m 32 ^s	20° 48,85'	106° 54,05'	313°	317°	9,44kts
10 ^h 05 ^m 53 ^s	20° 48,89'	106° 54,06'	311°	315,7°	9,42kts
10 ^h 07 ^m 19 ^s	20° 49,01'	106° 53,84'	300°	303°	9kts
10 ^h 07 ^m 34 ^s	20° 49,03'	106° 53,8'	298°	300°	8,9kts
10 ^h 07 ^m 54 ^s	20° 49,05'	106° 53,754'	295°	296°	8,85kts
10 ^h 08 ^m 31 ^s	20° 49,09'	106° 53,667'	289°	288°	8,69kts



Hình 4. Dữ liệu vị trí tàu hành trình trên luồng Hải Phòng



Hình 5. Dữ liệu hướng mũi tàu, hướng thật và tốc độ tàu dịch chuyển trên luồng Hải Phòng

Bộ dữ liệu động học AIS của tàu hành trình tại luồng Hải Phòng được ghi nhận từ thời điểm 10^h00^m02^s đến thời điểm 11^h00^m59^s.

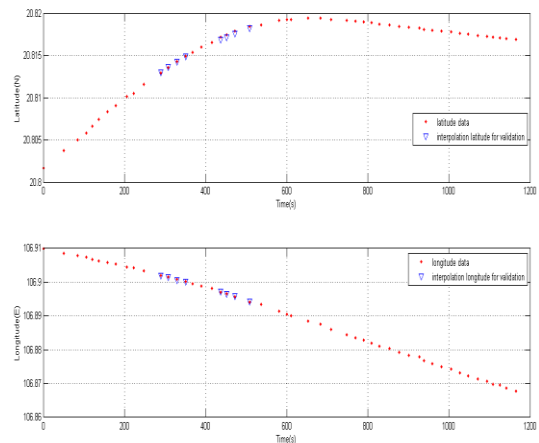
Dữ liệu động học được biểu diễn từ thời điểm 10^h00^m02^s đến thời điểm 10^h19^m27^s, thời điểm 10^h00^m02^s được quy về mốc 0s trên trục hoành, các giá trị trên trục hoành là khoảng cách tính theo giây so với thời điểm 10^h00^m02^s.

Các chuỗi dữ liệu AIS tương ứng của vị trí tàu, kinh độ, vĩ độ, hướng mũi tàu, hướng thực tế, và tốc độ được biểu diễn trên các Hình 4 và Hình 5.

Trong phần này, giả sử tín hiệu AIS bị mất trong hai khoảng thời gian: Từ thời điểm 10^h04^m52^s đến thời điểm 10^h05^m53^s và khoảng thời gian từ thời điểm 10^h07^m19^s đến thời điểm 10^h08^m31^s.

Áp dụng các hệ thức của phương pháp nội suy đề xuất cho các bộ dữ liệu tương ứng, nội suy tuyến tính cho dữ liệu hướng mũi tàu và hướng tàu thực tế, đồng thời nội suy động học cho vị trí tàu và tốc độ tàu, kết quả nội suy bộ dữ liệu giả sử bị mất thu được thể hiện qua Bảng 2, Hình 6, và Hình 7.

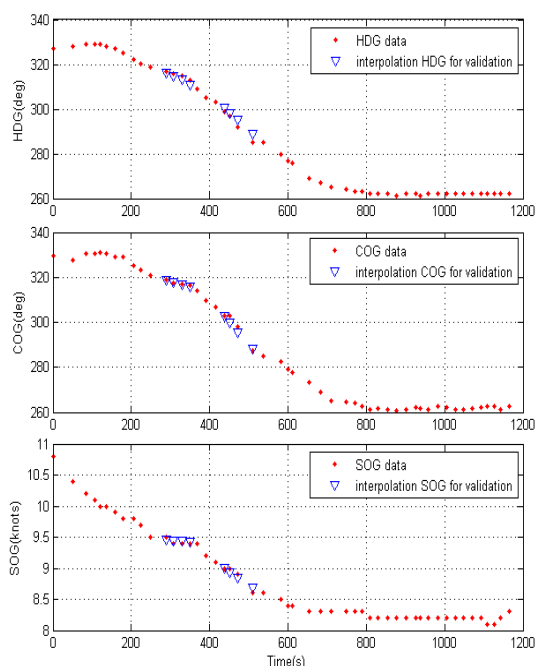
Sau khi có được những kết quả nội suy của phương pháp, các so sánh được thực hiện để xác định sai số của phương pháp so với bộ dữ liệu thực tế, các kết quả so sánh được thể hiện qua Bảng 3. Từ những sai số này có thể thấy rằng hiệu quả của phương pháp đề xuất là khả thi để áp dụng cho bài toán tìm lại dữ liệu động học tàu thủy bị mất trong khu vực luồng lạch.



Hình 6. Kết quả nội suy kinh độ vĩ độ

Bảng 3. Sai số nội suy theo phương pháp đề xuất

Sai số vị trí tàu (m)	Sai số hướng mũi tàu	Sai số hướng đi thực tế	Sai số tốc độ tàu
0	1 ⁰	0 ⁰¹	0,05kts
14,82	1 ⁰	-0 ⁰⁶	-0,05kts
97	2 ⁰	-0 ⁰²	-0,04kts
9,26	2 ⁰	1 ⁰	-0,02kts
46,3	-1 ⁰	-0 ⁰²	0kts
38,2	-1 ⁰	3 ⁰	0,1kts
39,9	-3 ⁰	1 ⁰⁹	0,05kts
30,4	-4 ⁰	-0 ⁰⁷	-0,09kts



Hình 7. Kết quả nội suy Hướng mũi, hướng đi thực tế, và tốc độ tàu

Trong phần này, bộ dữ liệu AIS sử dụng để xác thực phương pháp được giả sử bị mất trong khoảng thời gian ngắn, do vậy độ chính xác của phương pháp là có thể chấp nhận được. Trong thực tế, khoảng thời gian mất dữ liệu có thể dài hơn và các trạng thái tàu phụ thuộc vào các yếu tố khác nữa như: Mật độ tàu thuyền, độ rộng của khu vực luồng, tính năng điều động tàu làm thay đổi tốc độ, hướng hành trình, và ảnh hưởng của ngoại cảnh tác động như: Sóng, gió, dòng chảy. Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp tục phát triển hoàn thiện phương pháp nội suy để tính đến các yếu tố tác động kể trên.

5. Kết luận

Trong bài báo này, một phương pháp nội suy dữ liệu động học tàu thủy trên các bản tin AIS được đề xuất tính đến đặc tính chuyển động tàu thủy. Phương

pháp nội suy bao gồm hai phần: Nội suy tuyến tính để xác định hướng mũi tàu và hướng đi thực tế, và nội suy động học để xác định các giá trị tốc độ tàu cũng như vị trí tàu.

Nội suy dữ liệu AIS động học tàu thủy có thể giúp tìm lại những dữ liệu bị mất, hỗ trợ điều tra tai nạn, hoặc một số công tác trong nghiệp vụ quản lý hàng hải. Trong những nghiên cứu tiếp theo, các yếu tố ảnh hưởng của ngoại cảnh sẽ được tính đến trong bài toán nội suy dữ liệu AIS động học tàu thủy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Q. Hu, et. al. *An Algorithm for Interpolating Ship Motion Vectors*, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol.8, No.1, pp.35-40, 2014.
- [2] Van Suong Nguyen, Namkyun Im, Sang Min Lee. *The interpolation method for the missing AIS data of ship*. Journal of Navigation and Port Research, Vol.39, Issue 5, pp.377-384, 2015.
- [3] Ling-zhi Sang, Alan Wall, Zhe Mao, Xin-ping Yan, Jin Wang. *A novel method for restoring the trajectory of the inland waterway ship by using AIS data*. Ocean Engineering, Vol.110, pp.183-194, 2015.
- [4] Zhang, L.Y., Xiao, Z., Fu, X.J. *A novel ship trajectory reconstruction approach using AIS data*. Ocean Engineering. Vol.159, pp.165-174, 2018.
- [5] KS. Trần Đình Minh. *Nghiên cứu phương pháp phục hồi dữ liệu AIS của tàu hành trình trên luồng*. Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 52 Trang, 2019.

Ngày nhận bài:	20/10/2021
Ngày nhận bản sửa:	19/11/2021
Ngày duyệt đăng:	22/11/2021