TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ ĐỘ LỆCH B VÀ C CỦA LA BÀN TỪ HÀNG HẢI KHI TÀU HÀNH TRÌNH

FINDING THE DEVIATION COEFFICINTS B AND C OF MAGNETIC COMPASS WHEN THE VESSEL SAILS IN HER ROUTE

NGUYỄN VĂN SƯỚNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

La bàn từ Hàng hải là một thiết bị quan trọng được sử dụng để chỉ báo hướng đi của tàu. Để đảm bảo các yêu cầu về an toàn hàng hải, la bàn từ Hàng hải cần được hiệu chỉnh độ lệch và lập bảng độ lệch còn lại trước khi tàu vào khai thác. Theo lý thuyết, khi tàu thay đổi vĩ độ đáng kể so với vĩ độ nơi la bàn từ được hiệu chỉnh, hoặc vận chuyển quặng thép thì lực gây ra độ lệch thay đổi làm cho la bàn từ có thể bị lệch đáng kể so với la bàn điện. Khi tàu hành trình thay đổi vĩ độ hoạt động, các lực bán vòng (B, và C) thay đổi nhiều hơn so với các lực A, D, và E. Để giải quyết vấn đề này, các độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng (B, và C) gây ra được hiệu chỉnh và lập lại bảng độ lệch la bàn với các hệ số (B, và C) mới với đồng thời giữ nguyên các hệ số (A, D, và E). Nghiên cứu này đề xuất một phương pháp đơn giản để xác định hệ số la bàn từ (B, và C) khi tàu đang hành trình. Phương pháp này có thể coi như một tham khảo cho lý thuyết la bàn từ Hàng hải.

Từ khóa: *La bàn từ Hàng hải, bảng độ lệch la bàn, hệ số độ lệch bán vòng, tàu đang hành trình.*

Abstract

Marine magnetic compass is an important equipment which is used to indicate the ship's course. To ensure the requirerments of maritime safety, magnetic compass needs to be corrected to compensate the deviation between magnetic compass and Gyro compass and then the magnetic compass deviation table is also made before operating the ship. Theorically, when the latitude of ship are significantly different with those in a port where magnetic compass is corrected to compensate the deviation or when the ship carries the iron, then deflected forces have a tendency to change and cause the deviation in magnetic compass compared to gyro compass. When the ship sails in her route, forces (B, and C) change significantly compared to others (A, D, and E). To overcome this problem, the magnetic compass deviation caused by semicircle forces (B, and C) can be corrected, then making the new deviation table with new coefficients (B, and C) and keeping former ones (A, D, and E). In this study, a simple means to determine the compass coefficints (B, and C) when the ship are sailing her route. This method can be seen as a simple refference for the theory of marine magnetic compass.

Keywords: *Marine magnetic compass, compass deviation table, semicircle deviation coefficient, ship underway.*

1. Đặt vấn đề

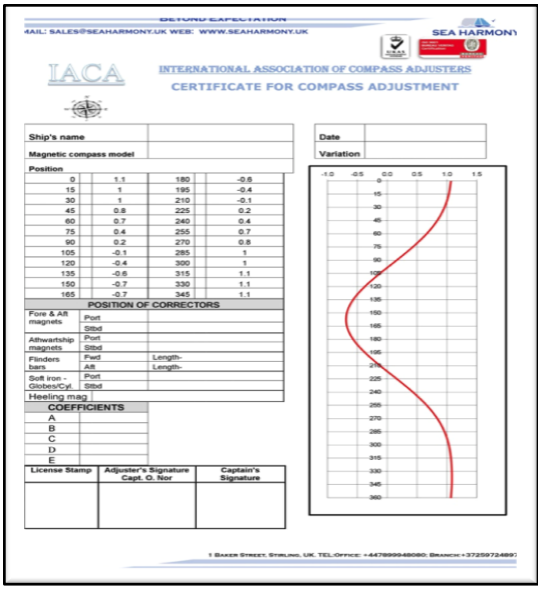
La bàn từ Hàng hải là một thiết bị quan trọng được sử dụng để chỉ báo hướng đi của tàu, cùng với la bàn con quay thiết bị này được yêu cầu lắp đặt trên các tàu biển theo quy định của Tổ chức Hàng hải Thế giới để đảm bảo an toàn hàng hải. Mặc dù độ chính không cao như la bàn điện, nhưng la bàn từ hoạt động dựa trên nguyên lý từ trường trái đất, nên la bàn từ Hàng hải luôn được coi là thiết bị dự phòng khi la bàn điện gặp sự cố mất điện không hoạt động được. Thông thường, la bàn từ được khử độ lệch và lập bảng độ lệch còn lại trước khi tàu được đưa vào khai thác. Để lập bảng độ lệch la bàn từ Hàng hải thì tàu cần phải được điều động quay trên 8 hướng chính (N, S, E, W, NE, NW, SE và SW) khác nhau và ghi lại độ lệch của la bàn từ với la bàn điện trên 8 hướng đặc biệt đó [2]. Tuy nhiên, khi tàu đang hành hải trên biển, việc điều động con tàu quay đủ 8 hướng chính để xác định độ lệch của la bàn từ với la bàn điện đôi khi có thể bị hạn chế. Để khắc phục việc cần thiết phải quan sát độ lệch la bàn trên 8 hướng chính, trong nghiên cứu [3] đã đề xuất phương pháp tính toán sử dụng kỹ thuật bình phương nhỏ nhất để tính toán hệ số độ lệch la bàn từ mà không cần quan sát độ lệch la bàn trên các hướng chính đó.

Tuy nhiên, trong Hàng hải nhiều khi quan sát thấy độ lệch la bàn từ với la bàn điện có thể lớn đến cả chục độ khi tàu thay đổi vĩ độ hoạt động đáng kể so với nơi la bàn từ được khử độ lệch hoặc vận

chuyển quặng thép [2]. Thực tế cho thấy, khi địa từ trường nơi tàu hoạt động thay đổi so với địa từ trường nơi mà tàu được hiệu chỉnh la bàn lần gần nhất, hoặc khi thay đổi vĩ độ từ làm cho phân lực địa từ trường theo hướng thẳng đứng (Z) thay đổi làm cho các lực bán vòng (B, và C) thay đổi nhiều hơn so với các lực cố định hoặc lực phần tư vòng (A, D, và E). Trong trường hợp đó, thuyền viên trên tàu có thể khử các độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng (B, và C) gây ra và lập lại bảng độ lệch mới với việc giữ nguyên các hệ số độ lệch cố định và độ lệch phần tư vòng (A, D, và E). Các vấn đề này đã được đề cập trong các nghiên cứu [4, 5]. Trong các nghiên cứu này, các tác giả đề xuất các phương pháp để xác định hệ số độ lệch B, và C chỉ cần quan sát trên một hướng bất kỳ. Tuy nhiên, lý thuyết của các phương pháp này yêu cầu phải sử dụng máy đo từ lực, do đó phức tạp về mặt nguyên lý và rất khó có thể thực hiện bởi thuyền viên trên tàu.

Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất một cách thức đơn giản để xác định hệ số độ lệch la bàn từ (B và C) khi tàu đang hành trình, phương pháp này có thể coi như phương pháp tham khảo giúp cho thuyền viên tính toán hệ số độ lệch la bàn từ trong những trường hợp đặc biệt.

2. Hệ số độ lệch la bàn từ và các phương pháp xác định trong Hàng hải



Hình 1. Bảng độ lệch la bàn từ

Sau khi hiệu chỉnh xong la bàn từ, công việc tiếp theo là các thực hiện các bước để lập bảng độ lệch còn lại (Hình 1). Bảng này đưa ra chi tiết các thông tin liên quan đến việc hiệu chỉnh la bàn như: số thanh nam châm cũng như vị trí của nó để khử các độ lệch bán vòng, số lá thép trong các hộp sắt non, thanh sắt Flinder, các hệ số độ lệch (A, B, C, D, và E), và đường cong biểu diễn độ lệch la bàn từ trên tất cả các hướng sau khi đã hiệu chỉnh là bàn từ.

Để xác định các hệ số độ lệch của la bàn từ, công thức độ lệch cơ bản trong [2] được sử dụng, công thức độ lệch la bàn từ được viết dưới dạng sau:

$$\delta = A + BsinHL + CcosHL + Dsin2HL + Ecos2HL \quad (1)$$

Để có thể xác định được độ lệch la bàn từ trên mọi hướng khác nhau, trước tiên cần quan sát và ghi lại độ lệch la bàn từ trên 8 hướng chính sau đó thay vào phương trình (1) để tính các hệ số độ lệch la bàn (A, B, C, D, và E).

Quan sát độ lệch còn lại không thể khử hết trên 8 hướng: δ_N, δ_{NE}, δ_E, δ_{SE}, δ_S, δ_{SW}, δ_W và δ_{NW}. Thay vào công thức độ lệch cơ bản tương ứng với 8 hướng như sau:

$HL = 0^0 =>$

$\delta_N = A + Bsin0^0 + Ccos0^0 + Dsin0^0 + Ecos0^0$

$HL = 45^0 =>$

$\delta_{NE} = A + Bsin45^0 + Ccos45^0 + Dsin90^0 + Ecos90^0$

$HL = 90^0 =>$

$\delta_E = A + Bsin90^0 + Ccos90^0 + Dsin180^0 + Ecos180^0 \quad (2)$

$HL = 135^0 =>$

$\delta_{SE} = A + Bsin135^0 + Ccos135^0 + Dsin270^0 + Ecos270^0$

$Hd = 180^0 =>$

$\delta_S = A + Bsin180^0 + Ccos180^0 + Dsin360^0 + Ecos360^0$

$HL = 225^0 =>$

$\delta_{SW} = A + Bsin225^0 + Ccos225^0 + Dsin450^0 + Ecos450^0$

$HL = 270^0 =>$

$\delta_W = A + Bsin270^0 + Ccos270^0 + Dsin540^0 + Ecos540^0$

$HL = 315^0 =>$

$\delta_{NW} = A + Bsin315^0 + Ccos315^0 + Dsin630^0 + Ecos630^0$

Tính các giá trị hàm lượng giác và sắp xếp lại 8 phương trình trên, ta có 8 phương trình sau:

$\delta_N = A + C + E$

$\delta_{NE} = A + B\ Sin45^0 + C\ Sin45^0 + D$

$\delta_E = A + B - E$

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

$$\delta_{SE} = A + B\,Sin45^0 - C\,Sin45^0 - D$$
$$\delta_S = A - C + E \quad (3)$$
$$\delta_{SW} = A - B\,Sin45^0 - C\,Sin45^0 + D$$
$$\delta_W = A - B - E$$
$$\delta_{NW} = A - B\,Sin45^0 + C\,Sin45^0 - D$$

Trong hệ phương trình (3), có 5 ẩn số và 8 phương trình. Để xác định các hệ số độ lệch (A, B, C, D, E), sử dụng chung một quy tắc như sau: tại các phương trình chứa hệ số cần tìm, nhân với hệ số (và dấu) đứng trước nó rồi sau đó cộng 2 vế của tất cả phương trình đó với nhau sẽ tính toán được giá trị của từng hệ số cần tìm. Hệ thức xác định từng hệ số độ lệch la bàn từ được chỉ như hệ thức (4):

$$\begin{cases} A = \dfrac{\delta_N + \delta_{NE} + \delta_E + \delta_{SE} + \delta_S + \delta_{SW} + \delta_W + \delta_{NW}}{8} \\ B = \dfrac{\delta_E - \delta_W}{4} + \left(\dfrac{\delta_{NE} - \delta_{SW}}{4} + \dfrac{\delta_{SE} - \delta_{NW}}{4}\right)\sin 45^0 \\ C = \dfrac{\delta_N - \delta_S}{4} + \left(\dfrac{\delta_{NE} - \delta_{SW}}{4} - \dfrac{\delta_{SE} - \delta_{NW}}{4}\right)\sin 45^0 \\ D = \dfrac{\delta_{NE} + \delta_{SW}}{4} - \dfrac{\delta_{SE} + \delta_{NW}}{4} \\ E = \dfrac{\delta_N + \delta_S}{4} - \dfrac{\delta_E + \delta_W}{4} \end{cases} \quad (4)$$

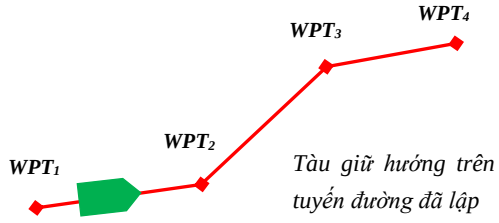
Hệ thức (4) là hệ thức dùng để xác định độ lệch la bàn từ và thiết lập bảng độ lệch còn lại.

Để xác định hệ số độ lệch la bàn từ hàng hải, phương pháp thông dụng và chính xác nhất hiện nay trên thế giới là phương pháp được trình bày như hệ thức (4). Tuy nhiên, để xác định theo phương pháp này, cần thiết phải quan sát được độ lệch la bàn từ so với la bàn điện trên 8 hướng chính, nhưng trong thực tế nhiều khi khó có thể thực hiện được.

Do đó, trong nghiên cứu [3], các tác giả đã đề xuất một phương pháp sử dụng thuật toán bình phương nhỏ nhất để tính toán các hệ số độ lệch áp dụng khi quan sát độ lệch la bàn từ với la bàn điện trên các hướng bất kỳ. Trong nghiên cứu này, tác giả hướng đến việc tính toán các hệ số độ lệch trong trường hợp việc quan sát độ lệch trên các hướng chính gặp khó khăn như khi tàu bị đảo mũi nhanh trên các hướng chính do sóng gió mà không kịp ghi lại độ lệch giữa các la bàn. Để tìm hiểu về phương pháp xác định này, có thể tham khảo chi tiết trong tài liệu [3].

3. Xác định hệ số độ lệch B và C của la bàn từ Hàng hải khi tàu đang hành trình

Khi tàu đang hành trình trên biển, nhiều khi việc quay trở trên các hướng khác nhau là khó thực hiện vì quay trở trên nhiều hướng khác nhau có thể làm chậm thời gian tàu đến cảng so với kế hoạch dự kiến (Hình 2).



Hình 2. Tàu hành trình trên biển

Theo lý thuyết la bàn từ [2], lực cố định A được khử khi đặt la bàn đúng mặt phẳng trục dọc tàu, còn lực phần tư E là rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Lực phần tư vòng D phụ thuộc vào hệ số sắt non và thành phần địa từ trường ngang (H), còn các lực bán vòng (B và C) phụ thuộc vào hệ số sắt non, hệ số sắt già, và thành phần địa từ trường trái đất theo chiều thẳng đứng (Z).

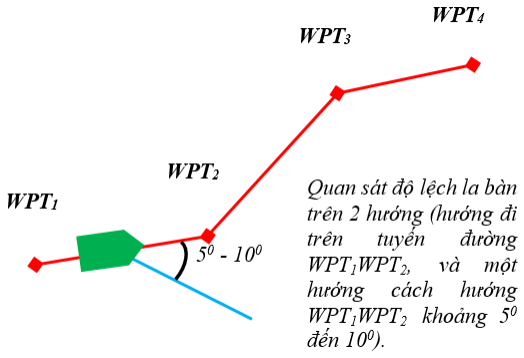
Khi tàu hành trình thay đổi vĩ độ từ liên tục, đặc biệt là khi tàu chạy lên các vùng vĩ độ cao, vĩ độ từ tăng làm thành phần (H) giảm trong khi thành phần địa từ trường thẳng đứng (Z) tăng. Điều này làm cho các lực bán vòng B và C thay đổi đáng kể hơn so với lực phần tư vòng D [4, 5]. Do đó, trong những trường hợp này bảng độ lệch la bàn từ có thể được thiết lập lại bằng cách giữ lại các hệ số độ lệch A, D, và E và đi xác định các hệ số độ lệch B, và C [4]. Công thức (1) có thể viết lại dưới dạng sau:

$$BsinHL + CcosHL = \delta - A - Dsin2HL - Ecos2HL \quad (5)$$

Để xác định được hệ số B và C theo phương trình (5), có hai trường hợp: là khi tàu chỉ được thay đổi hướng đi một góc nhỏ, và khi xét đến việc bẻ lái ngược lại để tàu trở về đường đi cũ.

3.1. Tính toán hệ số B và C khi hướng tàu chỉ được thay đổi góc nhỏ

Trong trường hợp tàu chỉ được phép thay đổi một góc nhỏ để tàu không bị chệch khỏi đường đi đang hành trình quá lớn, cần thiết phải quan sát được độ lệch trên 2 hướng khác nhau. Do đó, bên cạnh hướng tàu đang chạy theo tuyến đường đã lập WPT_1WPT_i, thuyền viên có thể thay đổi hướng tàu thêm 5^0 đến 10^0 sang một mạn bất kỳ so với hướng đi đang chạy trong một khoảng thời gian ngắn, điều này đảm bảo điều kiện để quan sát độ lệch trên 2 hướng khác nhau (Hình 3) và tàu không bị mất quá nhiều thời gian làm ảnh hưởng đến thời gian dự kiến đến cảng.



Hình 3. Thay đổi hướng tàu một góc nhỏ

Như vậy, trên 2 hướng đi đó, có thể quan sát được độ lệch tương ứng, khi đó ta có hệ phương trình dưới đây:

$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \left(\delta_1 - A - Dsin2HL_1 - Ecos2HL_1\right) \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \left(\delta_2 - A - Dsin2HL_2 - Ecos2HL_2\right) \end{cases} \quad (6)$$

Trong hệ phương trình (6), HL_1, HL_2 là hướng tàu chạy theo tuyến đường đã lập, và hướng tàu thay đổi khoảng 5^0 đến 10^0 trong khoảng thời gian ngắn; δ_1 δ_2 là độ lệch của la bàn từ so với la bàn điện quan sát được trên hai hướng tương ứng; các hệ số A, D, E là các hệ số độ lệch la bàn từ được lấy trong bảng độ lệch la bàn từ trên buồng lái.

Hệ phương trình (6) là hệ phương trình bậc nhất hai ẩn, dễ dàng có thể giải được bằng máy tính cầm tay. Đặt:

$$\begin{cases} \Delta_1 = \left(\delta_1 - A - Dsin2HL_1 - Ecos2HL_1\right) \\ \Delta_2 = \left(\delta_2 - A - Dsin2HL_2 - Ecos2HL_2\right) \end{cases} \quad (7)$$

Ta có hệ phương trình:

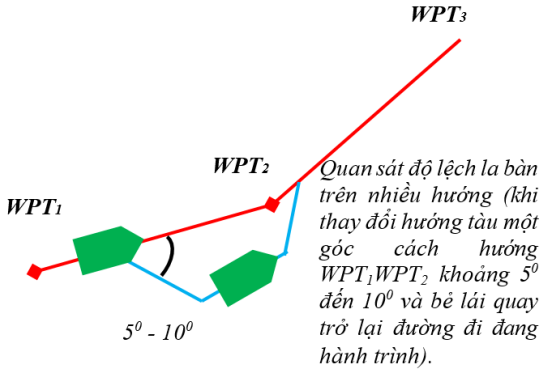
$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \Delta_1 \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \Delta_2 \end{cases} \quad (8)$$

Theo đó, các hệ số độ lệch B và C được xác định bởi công thức:

$$\begin{cases} C = \dfrac{\left(\Delta_1 sinHL_2 - \Delta_2 sinHL_1\right)}{\left(cosHL_1 sinHL_2 - cosHL_2 sinHL_1\right)} \\ B = \dfrac{\Delta_1}{sinHL_1} - \dfrac{\left(\Delta_1 sinHL_2 - \Delta_2 sinHL_1\right)}{\left(cosHL_1 sinHL_2 - cosHL_2 sinHL_1\right).tgHL_1} \end{cases} \quad (9)$$

3.2. Tính toán hệ số B và C xét đến việc bẻ lái để đưa tàu trở lại đường đi đã định

Trong trường hợp xét đến việc bẻ lái để đưa tàu quay trở lại đường đi đang hành trình (Hình 4), thì có thể quan sát được độ lệch la bàn trên nhiều hướng hơn, khi đó có thể áp dụng thuật toán bình phương nhỏ nhất để xác định hệ số B và C.



Hình 4. Thay đổi hướng tàu và bẻ lái đưa tàu trở lại đường đi hành trình

Khi tàu thay đổi hướng đi sang một mạn một góc nhỏ trong thời gian ngắn để quan sát độ lệch, sau đó bẻ tàu quay trở lại để đưa tàu về đường đi đã định chúng ta cũng quan sát được độ lệch trên các hướng đó, do vậy có hệ phương trình (10):

$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \Delta_1 \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \Delta_2 \\ ..... \\ BsinHL_n + CcosHL_n = \Delta_n \end{cases} \quad (10)$$

Theo tài liệu [1], thuật toán bình phương nhỏ nhất được áp dụng để tìm hệ số B và C thoả mãn điều kiện cực tiểu hệ thức sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (\Delta_i - BsinHL_i - CcosHL_i)^2 \quad (11)$$

S đạt cực tiểu khi:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial B} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial C} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Biến đổi và khai triển ta được:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \left[-2\cos HL_i (\Delta_i - B\cos HL_i - C\sin HL_i)\right] = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} \left[2\sin HL_i (\Delta_i - B\cos HL_i - C\sin HL_i)\right] = 0 \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} B\sum_{i=1}^{n} \cos^2 HL_i + C\sum_{i=1}^{n} \sin HL_i \cos HL_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \cos HL_i \\ B\sum_{i=1}^{n} \sin HL_i \cos HL_i + C\sum_{i=1}^{n} \sin^2 HL_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \sin HL_i \end{cases} \quad (14)$$

Hệ phương trình (14) lại có dạng như hệ phương trình (8) là hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn. Có thể dễ dàng giải hệ phương trình này để thu được các hệ số B và C như trong hệ thức (9).

Như vậy cả hai trường hợp khi: tàu thay đổi một

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
-JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY-

góc nhỏ, và khi tính đến quay trở để quan sát độ lệch, ta đều có thể giải các hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn để tìm các hệ số độ lệch B và C. Cụ thể:

Khi tàu thay đổi một góc nhỏ, ta có hệ gồm 2 phương trình bậc nhất 2 ẩn số B và C (hệ phương trình 8), lời giải của hệ này được thực hiện theo hệ phương trình (9).

Trong trường hợp xét đến việc bẻ lái sang một mạn và bẻ lái ngược trở lại để đưa tàu về đường đi ban đầu đã định thì khi đó sẽ quan sát được nhiều giá trị độ lệch la bàn, và thu được hệ phương trình (10) với các nghiệm B và C. Để giải hệ này, thuật toán bình phương nhỏ nhất được áp dụng, triển khai hệ (10) thành hệ phương trình (14) để thu được nghiệm cuối cùng B và C.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, bài báo đề xuất một phương pháp lý thuyết tham khảo để xác định hệ số độ lệch la bàn từ B và C. Trong thực tế, thuyền viên rất hay gặp hiện tượng độ lệch giữa la bàn từ và la bàn điện chênh lệch nhau đáng kể khi tàu thay đổi vĩ độ từ hoặc khi tàu chở quặng thép. Do đó, thuyền viên trên tàu có thể thao tác hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng B và C sinh ra. Sau khi hiệu chỉnh xong, bảng độ lệch la bàn từ có thể được lập sau đó với các hệ số độ lệch mới của B và C, còn lại giữ nguyên các hệ số độ lệch cố định và phần tư vòng (A, D, và E).

Trong phương pháp đề xuất, tác giả có tính đến các điều kiện như: tàu cần giữ hướng đi để đảm bảo tàu luôn chạy trên tuyến đường đã lập theo kế hoạch, có thể thay đổi hướng mũi tàu (khoảng 5^0 đến 10^0) trong khoảng thời gian ngắn để quan sát được độ chênh lệch của la bàn từ so với la bàn điện, và xét đến việc quay trở lại đường đi đang hành trình.

Vì có thể thao tác một cách đơn giản, nhanh chóng bằng máy tính cầm tay thay vì phải sử dụng các thiết bị máy đo từ lực nên phương pháp có thể phù hợp với thuyền viên trong việc xác định nhanh các hệ số độ lệch của la bàn từ Hàng hải. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ tính đến các vấn đề khác như: sử dụng GPS để xác định hệ số độ lệch la bàn từ, phát triển phương pháp xác định hệ số độ lệch la bàn từ khi khử độ lệch la bàn trong nhà máy đóng tàu theo phương pháp COLONGA.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Dương Thuỷ Vỹ. *Giáo trình phương pháp tính*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2017.

[2] Nguyễn Văn Hoà, Nguyễn Minh Đức, Lại Thế Việt. *La bàn từ Hàng hải*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2013.

[3] Van Suong Nguyen.*Calculation of the deviation coefficients for marine magnetic compass*. Journal of International Maritime Safety, Enviromental Affairs and Shipping, Vol.2, Issue 2, pp.112-115. 2019.

[4] Lushnikov E.M. *Compensation of Magnetic Compass Deviation at Single Any Course*. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol.5, No.3, Sep 2011.

[5] Jeong-Bin Yim, Yeong-Ho Sim. *A New Method for the Acquisition of Deviation Coefficients B and C at a Single Magnetic Heading*. Journal of Navigation and Port Research, Vol.28, No.5, pp.851-859. 2004.

Ngày nhận bài:	08/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	22/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021