

KHOA HỌC - KỸ THUẬT

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ BIẾN DẠNG CỦA PHÉP CHIẾU HẢI ĐỒ MERCATOR TỚI CÔNG TÁC DẪN TÀU AN TOÀN

THE EFFECT OF DISTORTION OF MERCATOR PROJECTION CHART ON SAFE NAVIGATION

NGUYỄN THÁI DƯƠNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: nguyenthaiduong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Hải đồ đi biển là một tài liệu quan trọng phục vụ công tác dẫn tàu an toàn. Nhiều phép chiếu được sử dụng để xây dựng hải đồ với các ứng dụng khác nhau trong hàng hải. Trong số đó, chỉ có duy nhất phép chiếu Mercator thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của hải đồ đi biển. Ví dụ, hầu hết hải đồ đi biển đang được sử dụng trên tàu hiện nay là hải đồ Mercator. Tuy nhiên, hải đồ Mercator có hạn chế là độ biến dạng tăng dần về hai cực của trái đất. Điều này dẫn đến việc phải sử dụng một số phép chiếu khác để xây dựng hải đồ đi biển thay thế hải đồ Mercator tại một số khu vực có độ biến dạng lớn. Bài báo tập trung nghiên cứu mức độ biến dạng của phép chiếu Mercator và ảnh hưởng của nó tới công tác dẫn tàu an toàn.

Từ khóa: Phép chiếu Mercator, độ biến dạng của hải đồ, độ chính xác yêu cầu.

Abstract

Nautical charts are important document for safety navigation. There are many map projections used to build charts with different applications in navigation. It is common knowledge that only the Mercator projection satisfies the basic requirements of the nautical chart. Therefore, today, most of the sea charts being used on ships are Mercator charts. However, the increasing distortion to the poles of the earth is the weak point of Mercator charts. Thus, it is necessary to find out the other projections instead of Mercator charts in the areas with large distortion. The aim of this research is to focus on the distortion of Mercator projection and its effect on safe navigation.

Keywords: Mercator projection, chart distortion, required accuracy.

1. Đặt vấn đề

Không có quy định chính thức của Tổ chức hàng hải Quốc tế về giá trị tỷ lệ xích cụ thể đối với hải đồ đi biển nhưng trên thực tế, hải đồ đi biển được dùng để dẫn tàu thường có tỷ lệ xích không nhỏ hơn 1:500.000, bao gồm 3 loại cơ bản sau: hải đồ cảng, dùng cho tàu chạy luồng ra vào cảng, ra vào cầu, tỉ lệ xích $\geq 1:50.000$; hải đồ tiếp cận, dùng cho tàu nhập bờ, vào khu neo đậu, chạy eo, kênh hẹp, tỉ lệ xích từ 1: 50.000 ÷ 1: 150.000; hải đồ hàng hải, dùng cho tàu chạy dọc theo tuyến hàng hải dự tính, tỉ lệ xích từ 1:150.000 ÷ 1:500.000 [1]. Hải đồ đi biển đang sử dụng phổ biến trên tàu là hải đồ Mercator. Do hạn chế của hải đồ Mercator, một số vùng biển, phép chiếu Gnomonic được sử dụng để xây dựng hải đồ đi biển (Hình 1). Việc thay thế hải đồ đi biển Mercator bằng hải đồ Gnomonic xuất phát từ hai vấn đề cơ bản sau:

Độ biến dạng của phép chiếu Mercator: Phép chiếu Mercator thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của hải đồ đi biển. Tuy nhiên, nhược điểm của phép chiếu là độ biến dạng lớn dần về hai cực của trái đất. Độ biến dạng này có thể ảnh hưởng tới an toàn hàng hải khi sử dụng hải đồ Mercator để dẫn tàu ở vùng biển có vĩ độ cao tới giới hạn nhất định.

Hải đồ Gnomonic là một phương án thay thế hải đồ Mercator: Khu vực vĩ độ mà phép chiếu Mercator có độ biến dạng lớn, hải đồ Gnomonic được sử dụng. Tuy nhiên, phép chiếu Gnomonic không thỏa mãn các yêu cầu của hải đồ đi biển. Do vậy, cần phải xác định cơ sở lý thuyết và thực tiễn của việc sử dụng phép chiếu Gnomonic để xây dựng hải đồ đi biển. Mặt khác, sĩ quan hàng hải trên tàu cần xác định được điều kiện sử dụng hải đồ Gnomonic dẫn tàu an toàn.

Trong khuôn khổ bài báo, tác giả tập trung nghiên cứu vấn đề thứ nhất, đó là mức độ biến dạng của phép chiếu hải đồ Mercator và ảnh hưởng của nó tới công tác dẫn tàu an toàn. Vấn đề thứ hai là xác định cơ sở lý thuyết và thực tiễn khi sử dụng hải đồ Gnomonic thay thế hải đồ Mercator để dẫn tàu sẽ đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

2. Yêu cầu cơ bản của hải đồ đi biển

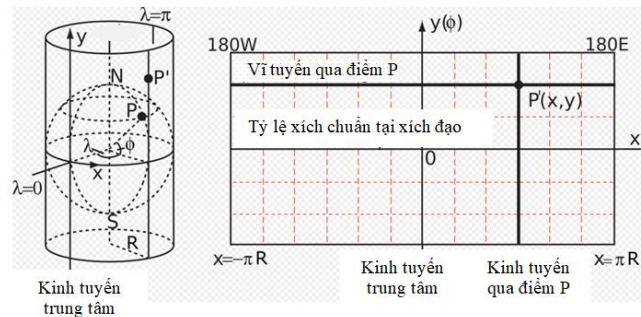
Lập kế hoạch và thực hiện chuyến đi biển, sĩ quan hàng hải cần thực hiện trên hải đồ một số nghiệp vụ sau: lập tuyến hàng hải dự tính; đo đạc, kẻ vẽ phương vị và khoảng cách tới mục tiêu; thao tác đường vị trí để xác định vị trí tàu;... Do vậy, phép chiếu hải đồ cần thỏa mãn các yêu cầu cơ bản sau [2]:

Đường hằng hướng trên hải đồ là đường thẳng: trên biển, đường hằng hướng cắt kinh tuyến dưới các góc bằng nhau, đó chính là đường dẫn tàu. Tàu luôn được điều khiển theo một hướng đi la bàn nhất định, khi đó, trọng tâm tàu sẽ dịch chuyển trên đường hằng hướng. Vì vậy, đường hằng hướng trên hải đồ phải là đường thẳng để người đi biển có thể thao tác tuyến hàng hải dự tính, đo đạc hướng và quãng đường tàu chạy trên tuyến đường đã định.

Phép chiếu phải đẳng giác: nếu phép chiếu không đẳng giác, góc thực tế trên bề mặt trái đất không bằng góc tương ứng trên hải đồ, điều này có nghĩa, người đi biển không thể thao tác chính xác hướng đi của tàu hay phương vị tới mục tiêu trên hải đồ.

3. Phép chiếu Mercator

Phép chiếu Mercator là phép hình trụ đẳng giác, cho hình trụ tiếp xúc với bề mặt trái đất tại xích đạo, trục hình trụ trùng với trục trái đất, tâm chiếu là tâm trái đất. Chiếu toàn bộ các điểm trên bề mặt trái đất lên mặt trụ, trải mặt trụ theo đường sinh, kết quả nhận được mặt phẳng chiếu (hải đồ) phản ánh toàn bộ bề mặt trái đất (Hình 1).



Hình 1. Phép chiếu Mercator thường

Phép chiếu Mercator là phép duy nhất thỏa mãn các yêu cầu của hải đồ đi biển. Đặc điểm của các đường cơ bản phục vụ công tác dẫn tàu trên hải đồ Mercator như sau [3]:

- Đường kinh tuyến là các đường thẳng song song cách đều nhau;
- Đường vĩ tuyến là các đường thẳng song song, cách nhau theo hiệu vĩ độ tiến và vuông góc với kinh tuyến;
- Đường hằng hướng là đường thẳng;
- Cung vòng lớn là đường cong có bề lõm quay về xích đạo.

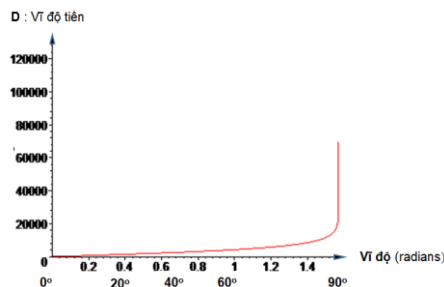
4. Độ tăng tỉ lệ xích dọc theo kinh tuyến của phép chiếu Mercator

Thỏa mãn yêu cầu cơ bản của hải đồ đi biển, phép chiếu Mercator có độ biến dạng nhất định, càng gần cực trái đất, độ biến dạng càng lớn. Đối với điều kiện đẳng giác, cung kinh tuyến trên bề mặt trái đất được kéo dài theo vĩ độ tiến trên hải đồ, giá trị vĩ độ tiến được xác định theo công thức:

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

Trong đó: D: vĩ độ tiến; φ : vĩ độ tương ứng; e: độ lệch tâm của ellipsoid.

Độ tăng tỉ lệ xích dọc theo kinh tuyến, biểu diễn dưới dạng đồ thị (Hình 2).



Hình 2. Đồ thị biến thiên của vĩ độ tiến

Trường hợp áp dụng mô hình trái đất là ellipsoid quốc tế WGS - 84, với các thông số: bán trục lớn $a = 3.443,918$ hải lý, bán trục nhỏ $b = 3.432,372$ hải lý, tính toán giá trị và độ tăng vĩ độ tiến (IF = MP/LAT) tại các vĩ độ khác nhau cho kết quả như sau (Bảng 1):

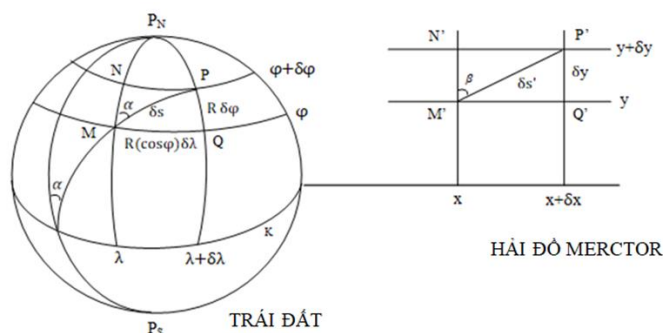
Bảng 1. Độ tăng vĩ độ tiến tại các vĩ độ khác nhau

Latitude	Meridional Parts (MP)	Increasing Factor
0°	0	-
10°	600,15	1,00
20°	1219,45	1,02
28°	1743,48	1,04
30°	1880,23	1,05
40°	2612,57	1,09
50°	3463,03	1,15
60°	4415,50	1,25
70°	5494,92	1,42
80°	6867,48	1,74
85°	10760,93	2,11
89°5	16305,71	3,05
89°8	18692,92	3,48
89°8	21848,57	4,06
89°9	24235,71	4,49
90°0	128543,35	23,80

5. Độ tăng tỷ lệ xích theo hướng bất kỳ của hải đồ Mercator

Vĩ độ tiến kéo dài thể hiện độ biến dạng dọc theo kinh tuyến. Để phép chiếu thỏa mãn điều kiện đẳng giác, các đường vĩ tuyến cũng kéo dài theo xích đạo, điều này dẫn đến độ tăng tỷ lệ xích của hải đồ Mercator.

Xét một khu vực vô cùng bé lân cận vị trí $M(\varphi, \lambda)$ trên bề mặt trái đất là MNPQ, trên mặt phẳng chiếu trở thành M'N'P'Q' (Hình 3).



Hình 3. Độ tăng tỷ lệ xích trên hải đồ Mercator

Trên hải đồ Mercator, đường kinh tuyến song song và vuông góc với xích đạo nên khoảng cách dọc vĩ tuyến tính theo công thức $x = R(\lambda - \lambda_0)$ và $\delta x = R \delta \lambda$, ta có:

Hệ số tỷ lệ xích dọc theo kinh tuyến:

$$m_{(\varphi)} = \frac{M'N'}{MN} = \frac{\delta y}{R \delta \varphi} = \frac{y'(\varphi)}{R} \tag{2}$$

Hệ số tỷ lệ xích dọc theo vĩ tuyến:

$$p_{(\varphi)} = \frac{M'Q'}{MQ} = \frac{\delta x}{R \cos \delta \varphi} = \sec \varphi \tag{3}$$

Thỏa mãn điều kiện đẳng giác, hệ số tỷ lệ xích SF trên các hướng là như nhau:

$$SF = \frac{M'P'}{MP} = \frac{\delta' s}{\delta s} = m_{(\varphi)} = \frac{M'N'}{MN} = p_{(\varphi)} = \frac{M'Q'}{MQ} = \sec \varphi \tag{4}$$

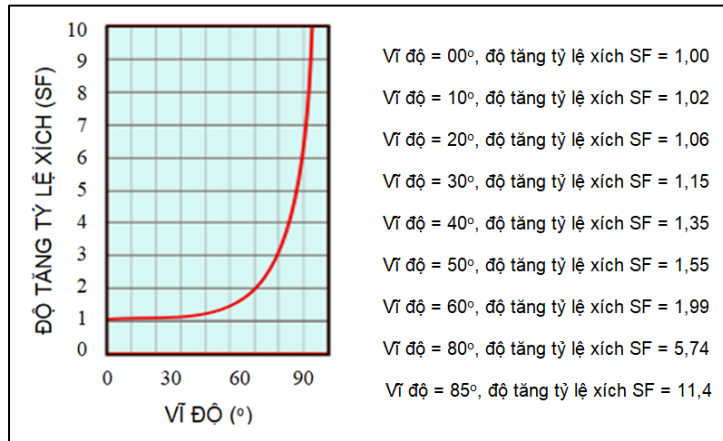
Trong đó:

- SF: hệ số tỷ lệ xích;
- R: bán kính trái đất;

- λ_0 : kinh tuyến gốc trong hệ tọa độ địa dư;
 - $\delta\varphi, \delta\lambda$: số gia vĩ độ và kinh độ của vô cùng bé lân cận vị trí $M(\varphi, \lambda)$ trên bề mặt trái đất;
 - $\delta x, \delta y$: giá trị tương ứng của số gia vĩ độ $\delta\varphi$ và số gia kinh độ $\delta\lambda$ trên hải đồ Mercator.
- Trường hợp mô hình trái đất là ellipsoid, hệ số tỉ lệ xích là:

$$SF = \sec\varphi \sqrt{1 - e^2 \sin^2\varphi} \quad (5)$$

Độ tăng tỉ lệ xích trên hải đồ Mercator có đồ thị và giá trị tương ứng như sau (Hình 4):



Hình 4. Độ tăng tỉ lệ xích của phép chiếu Mercator

6. Ảnh hưởng của độ biến dạng trên hải đồ Mercator tới an toàn hàng hải

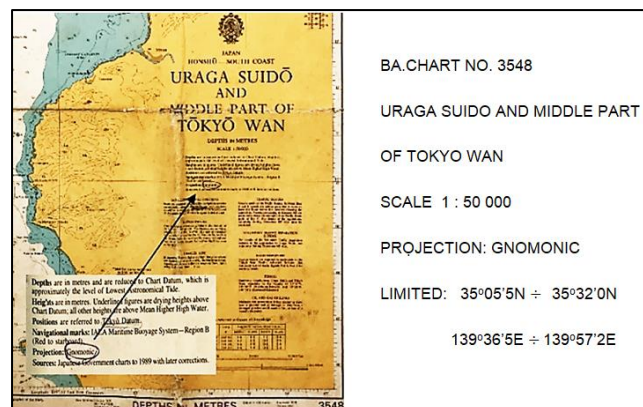
Mức độ biến dạng trên hải đồ Mercator bao gồm: biến dạng dọc theo kinh tuyến, biến dạng ngang theo vĩ tuyến và biến dạng theo hướng bất kỳ. Độ tăng tỉ lệ xích dọc theo kinh tuyến (Bảng 1) cho biết mức độ biến dạng (sai số) về khoảng cách trên hải đồ Mercator. Theo nghị quyết A.529 (13) [4] của Tổ chức hàng hải Quốc tế, độ chính xác yêu cầu đối với vị trí tàu xác định không vượt quá 4% khoảng cách tới điểm nguy hiểm gần nhất hoặc 4 hải lý, lấy giá trị lớn hơn. Đối sánh với Bảng 1 và tham chiếu Hình 4 để tính toán hệ số tăng tỉ lệ xích, trên cơ sở đó đánh giá sai số khoảng cách khi xác định diện tích xác suất chứa vị trí tàu có thỏa mãn điều kiện của nghị quyết hay không?

Vùng biển có vĩ độ $\varphi \leq 28^\circ$, hệ số tỉ lệ IF $< 1,04$ (4%), điều kiện này đáp ứng yêu cầu của nghị quyết A.529 (13) khi xác định diện tích xác suất chứa vị trí tàu.

Vùng biển có vĩ độ $\varphi \geq 28^\circ$, hệ số tỉ lệ IF $> 1,04$ (4%), điều kiện này không đáp ứng yêu cầu của nghị quyết A.529 (13).

Vùng vĩ độ cao $\varphi \geq 60^\circ$, hệ số tỉ lệ IF $> 1,25$, đặc biệt là từ vĩ độ 85° trở lên, biến dạng cực lớn IF = $2,11 \div 23,80$. Do vậy, khu vực này được xác định là hàng hải vùng cực, thường sử dụng phép chiếu phối cảnh phương vị để xây dựng hải đồ đi biển [5]. Áp dụng phương pháp dẫn tàu theo hướng dẫn trong nghị quyết A1024 (26) của Tổ chức hàng hải Quốc tế [6].

Vùng biển có $\varphi = 28^\circ \div 60^\circ$, độ biến dạng lớn, hệ số IF = $1,04$ (4%) $\div 1,26$ (26%). Tùy thuộc khu vực tàu hoạt động, độ biến dạng này có thể ảnh hưởng tới an toàn hàng hải. Do vậy, trong một số trường hợp, cơ quan bảo đảm an toàn hàng hải xây dựng hải đồ đi biển bằng phép chiếu Gnomonic (Hình 5).



Hình 5. Hải đồ Gnomonic BA. 3548

7. Kết luận

Trong bài báo, tác giả đã nghiên cứu mức độ biến dạng của phép chiếu Mercator và ảnh hưởng của nó tới công tác dẫn tàu. Kết quả nghiên cứu cho thấy những hạn chế của phép chiếu Mercator khi sử dụng ở vùng vĩ độ trung bình và vĩ độ cao. Trường hợp độ biến dạng của phép chiếu Mercator ảnh hưởng tới an toàn hàng hải, một phương án được áp dụng là sử dụng phép chiếu Gnomonic xây dựng hải đồ đi biển. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ phân tích cơ sở lý thuyết và thực tiễn của việc thay thế hải đồ đi biển Mercator bằng hải đồ Gnomonic; phương pháp thao tác tuyến hàng hải dự tính, xác định vị trí tàu khi đường hằng hướng là đường cong và phép chiếu không đẳng giác trên hải đồ Gnomonic (ví dụ hải đồ gnomonic BA. 3548).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1] Adam Weintrit. *Reliability of navigational charts and confidence in the bathymetric data presented*. Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, 2019.
- [2] *Admiralty manual of navigation*. London her majesty's stationery office, 1987.
- [3] Karen Veize. *Mercator's projection: A comparative and analysis of rhumb line and great circles*. Whitman College, 2013.
- [4] IMO. Resolution A. 529 (13). *Accuracy standards for navigation*, 1983.
- [5] Daniel Daners. *The Mercator and stereographical projections and many in between*. The University of Sydney Australia, 2016.
- [6] IMO. Resolution A. 1024 (26). *Guideline for ships operating in polar water*, 2009.

Ngày nhận bài:	17/9/2019
Ngày nhận bản sửa:	23/10/2019
Ngày duyệt đăng:	14/11/2019