



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0037489

(51)^{2020.01} G01S 13/00; G01S 7/00

(13) B

(21) 1-2021-06859

(22) 28/10/2021

(45) 27/11/2023 428

(43) 27/12/2021 405

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

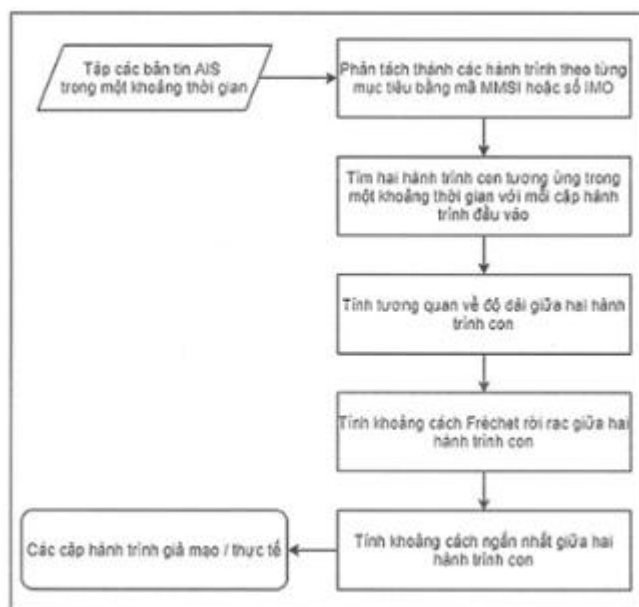
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Trần Đình Phước Anh (VN); Nguyễn Văn Tuấn (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN QUỶ ĐẠO HÀNH TRÌNH GIẢ MẠO CỦA MỤC TIÊU TÀU BIỂN TRONG HỆ THỐNG GIÁM SÁT HÀNG HẢI

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp phát hiện quỷ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải bao gồm các bước: bước 1: phân tách dữ liệu; bước 2: tính độ tương quan về thời gian giữa từng cặp hai hành trình; bước 3: tính tương quan về độ dài giữa hai hành trình con; bước 4: tính khoảng cách Fréchet rời rạc giữa hai hành trình con; bước 5: tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình con. Phương pháp giúp giám sát, phân tích, cảnh báo các tình huống bất thường xảy ra trên biển phục vụ cho công tác theo dõi, giám sát mục tiêu nhằm phát hiện sớm các tình huống bất thường hoặc truy vết, điều tra các hoạt động của mục tiêu trong lịch sử từ đó hỗ trợ cho các cơ quan chức năng có các biện pháp ứng phó kịp thời, nhanh chóng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải. Cụ thể, phương pháp được đề cập trong sáng chế được ứng dụng trong các hệ thống giám sát, phân tích, cảnh báo sớm về tình huống tàu biển có khả năng thực hiện các hành vi khả nghi, mờ ám khi hoạt động trên biển.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bài toán phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải sử dụng dữ liệu được thu thập từ hệ thống nhận dạng tự động (sau đây gọi tắt là “AIS”) là một bài toán mới, hiện nay trong nước cũng như trên thế giới còn có khá ít công bố về bài toán này. Một đặc điểm cần lưu tâm của tín hiệu thu thập được từ AIS đó là các trường tín hiệu có thể bị can thiệp một cách có chủ đích bởi con người (thay đổi thông tin, tắt thiết bị, giả mạo thông tin, che giấu thông tin,...) nhằm qua mặt hoạt động giám sát, theo dõi của cơ quan chức năng để thực hiện các hành vi bất hợp pháp. Qua thực tế giám sát, phân tích về các hành vi bất thường của mục tiêu trên biển, có xuất hiện các trường hợp mục tiêu thực hiện tạo giả các điểm di chuyển trên hành trình nhằm mục đích đánh lừa các hệ thống giám sát hàng hải, từ đó có thể dễ dàng thực hiện hoặc che giấu các hành vi mờ ám của mình. Vì vậy, giải quyết bài toán giả mạo quỹ đạo sử dụng tín hiệu AIS là một trong những yêu cầu bức thiết để đảm bảo an toàn, an ninh trên biển.

Một số nghiên cứu có liên quan về phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo tín hiệu AIS sử dụng các phương pháp như: kết hợp với tín hiệu được thu thập từ các hệ thống ra đa chủ động để đánh giá độ tin cậy của tín hiệu AIS mục tiêu phát ra; sử dụng các điều kiện về ngưỡng thời gian, vận tốc để phát hiện các điểm tín hiệu AIS giả mạo, ... Tuy nhiên các phương pháp kể trên đều yêu cầu sử dụng thêm nguồn thông tin từ hệ thống ra đa, do đặc thù về triển khai hệ thống ra đa chỉ có thể giám sát được phạm vi hạn chế tính từ vị trí triển khai và mật độ triển khai ra đa, vì vậy, với các vùng biển rộng (như vùng biển của Việt Nam) thì phương pháp này không đáp ứng được.

Sáng chế này đề xuất một phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải dựa trên sử dụng dữ liệu từ tín hiệu AIS

mà không sử dụng thêm nguồn thông tin bổ sung nào, đồng thời phát hiện các tình huống giả mạo có tính liên tục về mặt thời gian chứ không chỉ là từng điểm riêng lẻ. Sáng chế này được ứng dụng trong tác vụ giám sát, phân tích, cảnh báo các tình huống bất thường xảy ra trên biển phục vụ cho công tác theo dõi, giám sát mục tiêu nhằm phát hiện sớm các tình huống bất thường hoặc truy vết, điều tra các hoạt động của mục tiêu trong lịch sử từ đó hỗ trợ cho các cơ quan chức năng có các biện pháp ứng phó kịp thời, nhanh chóng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải sử dụng dữ liệu tín hiệu AIS được thu thập liên tục thời gian thực, từ đó phát hiện ra các cặp quỹ đạo hành trình giả mạo. Nguồn dữ liệu AIS được thu thập thông qua các hệ thống trạm thu tín hiệu mặt đất, kết hợp với luồng tín hiệu thu nhận được từ hệ thống vệ tinh. Các đặc trưng của tín hiệu giả mạo bao gồm: sự tương đồng về các trường thông tin cố định trong tín hiệu AIS như mã nhận dạng dịch vụ hàng hải (sau đây gọi tắt là mã “MMSI”), số định danh theo tổ chức hàng hải quốc tế (sau đây gọi tắt là số “IMO”), ...; sự tương quan về mặt thời gian giữa thời điểm phát các bản tin tín hiệu AIS, mức độ giống nhau và khoảng cách tương đối giữa hai hành trình ứng viên đang xét (cặp hành trình thật / giả mạo tương ứng). Với đầu vào là một tập các bản tin AIS trong một khoảng thời gian, phương pháp thực hiện phân tách các hành trình theo từng mục tiêu dựa vào mã MMSI hoặc số IMO, sau đó mỗi cặp hành trình trong danh sách các hành trình được kiểm tra mức độ tương quan về mặt không – thời gian để xác nhận xem một trong hai có phải là giả mạo của hành trình còn lại hay không.

Để đạt được mục đích trên, phương pháp được đề cập bao gồm các bước:

Bước 1: phân tách dữ liệu; bước này tiến hành phân tách dữ liệu thành các hành trình theo mã MMSI hoặc số IMO, lọc bỏ các điểm tín hiệu có vận tốc nhỏ dưới ngưỡng dừng. Đầu ra là danh sách các hành trình theo từng mục tiêu riêng biệt.

Bước 2: tính độ tương quan về thời gian giữa từng cặp hai hành trình. Một hành trình được biểu diễn bởi một chuỗi các vị trí theo thứ tự thời gian. Bước này thực hiện tìm kiếm hai hành trình con tương ứng của cặp hành trình đang xét thoả mãn chúng cùng xuất hiện trong một khoảng thời gian.

Bước 3: tính tương quan về độ dài giữa hai hành trình con. Bước này sử dụng một phép đo được đề xuất để tính độ dài của hai hành trình đang xét, sau đó đánh giá mức độ

tương quan giữa chúng bằng phép chia hai độ dài kể trên cho nhau. Cặp hành trình giả mạo – thật tương ứng có độ dài so sánh được với nhau.

Bước 4: tính khoảng cách Fréchet rời rạc giữa hai hành trình con. Bước này trước tiên thực hiện chuẩn hoá chuỗi vị trí của hai hành trình về cùng một gốc tọa độ, sau đó thực hiện tính độ tương quan giữa hai chuỗi hành trình đã chuẩn hoá này bằng công thức Fréchet. Giá trị này càng nhỏ thể hiện hai hành trình càng tương tự nhau về mặt quỹ đạo.

Bước 5: tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình con. Bước này được thực hiện bằng phương pháp đề xuất. Giá trị này càng nhỏ thể hiện hai hành trình càng gần nhau.

Hai hành trình khi thoả mãn cả năm điều kiện kể trên khi so sánh với những giá trị ngưỡng – được xác định sau quá trình nghiên cứu trên tập dữ liệu các trường hợp giả mạo thực tế – sẽ được xác định là một cặp hành trình thật và giả mạo tương ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: là sơ đồ khối phương pháp phát hiện quỹ đạo giả mạo tín hiệu AIS;

Hình 2: là sơ đồ phương pháp tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình;

Hình 3, 4, 5, 6: là hình vẽ minh họa biểu diễn một số trường hợp quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu được phát hiện trong thực tế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo trong hệ thống giám sát hàng hải sử dụng tín hiệu AIS bao gồm các bước được biểu diễn trong Hình 1. Chi tiết các bước được trình bày cụ thể như sau:

Bước 1: phân tách dữ liệu;

Từ tập các bản tin AIS của nhiều mục tiêu trong một khoảng thời gian (đầu vào của bước 1 cũng như của phương pháp), trước tiên thực hiện gom nhóm các bản tin AIS theo từng mục tiêu riêng biệt dựa trên hai trường thông tin định danh cố định là mã MMSI và số IMO. Các chuỗi bản tin theo từng mục tiêu sau đó được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về mặt thời gian dựa trên trường thời gian trong bản tin AIS. Sau đó, thực hiện lọc bỏ các điểm vị trí có vận tốc nhỏ hơn một ngưỡng dùng để xác định trước (thường được lựa chọn là 0,5 hải lý / giờ, nhằm loại bỏ nhiễu của trường vận tốc trong bản tin AIS). Lý do là ta quan tâm nhiều hơn đến các mục tiêu có di chuyển, và trên thực tế gần như có rất ít lý do để một mục tiêu đang neo đậu làm giả tín hiệu AIS cũng đang ở trạng thái neo đậu. Kết quả cho ra một danh sách các chuỗi tín hiệu AIS theo từng mục tiêu chuẩn bị cho quá trình ghép

cặp tính toán các thông số trong bước tiếp theo. Các mục tiêu có sự tương đồng lớn về mã MMSI hoặc số IMO được dành nhiều sự lưu tâm hơn bởi có thể dễ dàng thay đổi một phần trường thông tin cố định hơn là toàn bộ.

Bước 2: tính độ tương quan về thời gian giữa từng cặp hai hành trình;

Với hai hành trình đầu vào là chuỗi tín hiệu AIS theo trình tự thời gian có dạng:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\} \in \mathbb{R}^{N \times 3}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_M\} \in \mathbb{R}^{M \times 3}$$

trong đó $x_i = \{ln_i, lt_i, t_i\}$ chứa thông tin tương ứng giá trị của kinh độ, vĩ độ và thời gian tương ứng của mục tiêu tàu biển, tương tự cho y_j .

Tiếp theo, thực hiện xác định tìm cặp hai hành trình con tương ứng:

$$X_{sub} = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+n}\}, Y_{sub} = \{y_j, y_{j+1}, \dots, y_{j+m}\}$$

trong đó $|x_i.t - y_j.t| < \sigma$ và $|x_{i+n}.t - y_{j+m}.t| < \sigma$. Với X_{sub}, Y_{sub} là hai chuỗi con tương ứng dài nhất của X, Y thoả mãn điều kiện trên, và σ là giá trị được định nghĩa bằng khoảng thời gian chênh lệch lớn nhất giữa hai bản tin liên tiếp của X và Y .

Hai hành trình con thu được ở trên thoả mãn bước kiểm tra này nếu độ dài của mỗi chuỗi lớn hơn số lượng điểm tối thiểu M định nghĩa trước, tức là:

$$|X_{sub}| > M \text{ và } |Y_{sub}| > M$$

điều kiện về số lượng điểm tối thiểu của mỗi hành trình con nhằm đảm bảo rằng chúng đủ khả năng biểu diễn đặc trưng hành trình trong khoảng thời gian đang xét. Số lượng điểm quá ít dẫn đến sự thiếu tin cậy trong các bước tính toán tiếp theo, trong khi quá nhiều điểm làm tăng chi phí tính toán.

Bước 3: tính tương quan độ dài giữa hai hành trình con;

Độ dài của hành trình hành trình X được xác định như sau:

$$R(X) = \partial(a, b)$$

trong đó $\partial(A, B)$ là khoảng cách giữa hai điểm A, B trên bề mặt trái đất, a là điểm tạo thành bởi giá trị vĩ độ và kinh độ lớn nhất trong toàn bộ vị trí của hành trình X , tương tự cho b . Giá trị R cho ta một con số đánh giá độ dài quỹ đạo mục tiêu khi bỏ qua yếu tố bất đồng bộ trong thời gian cập nhật vị trí của mục tiêu từ tín hiệu AIS.

Tiếp theo thực hiện kiểm tra tương quan về độ dài giữa hai hành trình con bằng các kiểm tra tỉ lệ R giữa hai hành trình con có thoả mãn điều kiện sau hay không:

$$\frac{1}{\mu} < \frac{R(X_{sub})}{R(Y_{sub})} < \mu$$

với μ là một thông số định trước, μ không quá lớn để đảm bảo tính so sánh được giữa hai hành trình. Gần như không có sự tương tự nào giữa hành trình của một mục tiêu di chuyển giữa hai bến cảng cách nhau hàng chục hải lý và một mục tiêu neo đậu trong bến cảng, do đó việc giới hạn tỉ lệ R giữa cặp hành trình loại bỏ các trường hợp kể trên để tăng tốc độ tính toán.

Bước 4: tính khoảng cách Fréchet rời rạc giữa hai hành trình con;

Khoảng cách Fréchet rời rạc được xác định cho hai chuỗi vị trí với số lượng điểm không nhất thiết phải bằng nhau. Để xác định khoảng cách Fréchet rời rạc, trước tiên cần xác định đường ánh xạ giữa hai chuỗi, cụ thể như sau:

Với hai chuỗi vị trí $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ và $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$, một đường ánh xạ giữa chúng – kí hiệu c – được định nghĩa như sau:

$$c = \{(a_{x_1}, b_{y_1}), (a_{x_2}, b_{y_2}), \dots, (a_{x_k}, b_{y_k})\}$$

trong đó $x_1 = y_1 = 1, x_k = n, y_k = m$ và $\forall i = 1, 2, \dots, k$ ta có $x_{i+1} = x_i$ hoặc $x_{i+1} = x_i + 1$, tương tự cho y_{i+1} .

Khi đó khoảng cách Fréchet rời rạc giữa hai hành trình A, B được định nghĩa bởi:

$$\delta_F(A, B) = \min \|L\|_C, \forall C \in \mathbb{C}$$

với $\|L\|_C = \max_{(a,b) \in C} d(a, b)$, d là khoảng cách giữa hai điểm trên bề mặt trái đất, C là đường ánh xạ và $\mathbb{C}$ là tập tất cả các đường ánh xạ giữa A và B . Một đường ánh xạ cho ta một cách ghép cặp tương ứng một điểm của hành trình này với một hoặc nhiều điểm liên tiếp của hành trình còn lại. Phép đo khoảng cách giữa mỗi cặp điểm – nhóm điểm tương ứng có thể sử dụng là khoảng cách trên bề mặt Trái Đất, khoảng cách O-clit hay khoảng cách Min-cóp-ski tổng quát.

Để tính khoảng cách Fréchet rời rạc giữa hai hành trình, cần phải thực hiện chuẩn hoá hai hành trình về cùng một hệ quy chiếu. Sáng chế này thực hiện tính vị trí tương đối của mỗi điểm trong hành trình so với điểm xuất phát. Điều đó có nghĩa là từ hành trình gốc ban đầu, điểm xuất phát sẽ mang tọa độ là $(0, 0)$ và tọa độ các điểm tiếp theo được tính bằng hiệu giữa vị trí đúng của điểm đang xét so với điểm xuất phát của hành trình, kết quả thu được là hai hành trình chuẩn hoá.

$$X_{sub}^{norm} = \{x_i \cdot l - x_0 \cdot l\}, \forall x_i \in X_{sub}, x_0 = X_{sub}[0]$$

$$Y_{sub}^{norm} = \{y_j \cdot l - y_0 \cdot l\}, \forall y_j \in Y_{sub}, y_0 = Y_{sub}[0]$$

với $x_i \cdot l$ là viết tắt cho vị trí của điểm x_i bao gồm kinh độ và vĩ độ, tương tự cho y_j . Quá trình chuẩn hoá này hoàn toàn không làm thay đổi hình dạng của hành trình ban đầu. Công thức tính khoảng cách Fréchet được áp dụng cho hai hành trình con sau khi chuẩn hoá. Giá trị khoảng cách này càng bé thể hiện sự tương đồng càng cao về mặt hình dạng giữa hai hành trình. Bước này sau đó thực hiện kiểm tra xem giá trị vừa tính được có nhỏ hơn một ngưỡng min_dfd hay không:

$$\delta_F(X_{sub}^{norm}, Y_{sub}^{norm}) < min_dfd$$

Bước 5: tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình con;

Lưu đồ phép tính khoảng cách ngắn nhất được trình bày trong Hình 2. Phép tính khoảng cách này cho phép đánh giá mức độ “gần nhau” giữa hai hành trình. Với hai hành trình đầu vào là A và B , giải thuật trước tiên chọn một hành trình làm tham chiếu để tính khoảng cách tới hành trình còn lại. Với mỗi điểm trong hành trình tham chiếu, trước tiên cần tìm đoạn hành trình tương ứng nằm trong khoảng thời gian của điểm đang xét. Sau đó tính khoảng cách ngắn nhất d_i từ điểm đang xét đến mỗi đoạn thẳng trong đoạn hành trình con tương ứng. Kết quả của bước này cho ra giá trị d_max là giá trị lớn nhất trong số các d_i kể trên. Khi lặp qua hết toàn bộ các điểm trong hành trình tham chiếu ghi nhận giá trị d_max_1 là giá trị lớn nhất trong tất cả các d_max . Sau khi đổi hành trình tham chiếu, lặp lại các bước tính toán kể trên ta thu được giá trị tương ứng d_max_2 . Khoảng cách ngắn nhất ghi nhận giữa hai hành trình là giá trị nhỏ hơn giữa d_max_1 và d_max_2 :

$$min_dist(A_{sub}, B_{sub}) = \min(d_max_1, d_max_2).$$

Khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình thực hiện theo giải thuật đề xuất là một phép đo mức độ gần nhau giữa hai hành trình mà không thực hiện ghép cặp điểm – nhóm điểm như trong bước tính khoảng cách Fréchet rời rạc. Việc giới hạn đoạn hành trình tương ứng nằm trong khoảng thời gian của điểm đang xét của hành trình tham chiếu nhằm giảm thiểu chi phí tính toán. Bước cuối cùng này kiểm tra điều kiện:

$$min_dist(A_{sub}, B_{sub}) < min_d$$

trong đó min_d là giá trị ngưỡng định nghĩa trước. Một cặp hành trình thoả mãn các điều kiện kể trên là một cặp hành trình khả nghi có hiện tượng giả mạo quỹ đạo hành trình của mục tiêu tàu biển.

Các hình 3, 4, 5 và 6 bên dưới biểu diễn một vài trường hợp nghi ngờ giả mạo được phát hiện trong dữ liệu thực tế. Ta thấy rằng các cặp hành trình kể trên thoả mãn cùng xuất hiện trong một khoảng thời gian (thời gian xuất hiện bản tin AIS đầu tiên và cuối cùng tương ứng của hai hành trình cách nhau không quá 15 phút), quãng đường di chuyển và quỹ đạo của hai mục tiêu là rất tương đồng, thậm chí quỹ đạo của chúng gần như là trùng nhau. Bên cạnh đó, một mục tiêu biển diễn trong Hình 3 có mã MMSI chỉ gồm bốn chữ số (1240), trong khi một mã MMSI hợp lệ phải bao gồm chín chữ số. Trường hợp này cho ta thêm sở cứ để xác định đây là quỹ đạo giả mạo.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải, bao gồm các bước:

bước 1: phân tách dữ liệu;

từ tập các bản tin AIS (hệ thống nhận dạng tự động) của nhiều mục tiêu trong một khoảng thời gian (đầu vào của bước 1 cũng như của phương pháp), trước tiên thực hiện gom nhóm các bản tin AIS theo từng mục tiêu riêng biệt dựa trên hai trường thông tin định danh cố định là mã MMSI (nhận dạng dịch vụ hàng hải) và số IMO (định danh theo tổ chức hàng hải quốc tế); các chuỗi bản tin theo từng mục tiêu sau đó được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về mặt thời gian dựa trên trường thời gian trong bản tin AIS; sau đó, thực hiện lọc bỏ các điểm vị trí có vận tốc nhỏ hơn một ngưỡng dừng xác định trước; kết quả cho ra một danh sách các chuỗi tín hiệu AIS theo từng mục tiêu chuẩn bị cho quá trình ghép cặp tính toán các thông số trong bước tiếp theo; các mục tiêu có sự tương đồng lớn về mã MMSI hoặc số IMO được dành nhiều sự lưu tâm hơn bởi có thể dễ dàng thay đổi một phần trường thông tin cố định hơn là toàn bộ;

bước 2: tính độ tương quan về thời gian giữa từng cặp hai hành trình;

với hai hành trình đầu vào là chuỗi tín hiệu AIS theo trình tự thời gian có dạng:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\} \in \mathbb{R}^{N \times 3}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_M\} \in \mathbb{R}^{M \times 3}$$

trong đó $x_i = \{ln_i, lt_i, t_i\}$ chứa thông tin tương ứng giá trị của kinh độ, vĩ độ và thời gian tương ứng của mục tiêu tàu biển, tương tự cho y_j .

tiếp theo, thực hiện xác định tìm cặp hai hành trình con tương ứng:

$$X_{sub} = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+n}\}, Y_{sub} = \{y_j, y_{j+1}, \dots, y_{j+m}\}$$

trong đó $|x_i \cdot t - y_j \cdot t| < \sigma$ và $|x_{i+n} \cdot t - y_{j+m} \cdot t| < \sigma$; với X_{sub}, Y_{sub} là hai chuỗi con tương ứng dài nhất của X, Y thỏa mãn điều kiện trên, và σ là giá trị được định nghĩa bằng khoảng thời gian chênh lệch lớn nhất giữa hai bản tin liên tiếp của X và Y ;

hai hành trình con thu được ở trên thỏa mãn bước kiểm tra này nếu độ dài của mỗi chuỗi lớn hơn số lượng điểm tối thiểu M định nghĩa trước, tức là:

$$|X_{sub}| > M \text{ và } |Y_{sub}| > M$$

điều kiện về số lượng điểm tối thiểu của mỗi hành trình con nhằm đảm bảo rằng chúng đủ khả năng biểu diễn đặc trưng hành trình trong khoảng thời gian đang xét; số lượng điểm

quá ít dẫn đến sự thiếu tin cậy trong các bước tính toán tiếp theo, trong khi quá nhiều điểm làm tăng chi phí tính toán;

bước 3: tính tương quan độ dài giữa hai hành trình con;

độ dài của hành trình hành trình X được xác định như sau:

$$R(X) = \partial(a, b)$$

trong đó $\partial(A, B)$ là khoảng cách giữa hai điểm A, B trên bề mặt trái đất, a là điểm tạo thành bởi giá trị vĩ độ và kinh độ lớn nhất trong toàn bộ vị trí của hành trình X , tương tự cho b , giá trị R cho ta một con số đánh giá độ dài quỹ đạo mục tiêu khi bỏ qua yếu tố bất đồng bộ trong thời gian cập nhật vị trí của mục tiêu từ tín hiệu AIS;

tiếp theo thực hiện kiểm tra tương quan về độ dài giữa hai hành trình con bằng các kiểm tra tỉ lệ R giữa hai hành trình con có thỏa mãn điều kiện sau hay không:

$$\frac{1}{\mu} < \frac{R(X_{sub})}{R(Y_{sub})} < \mu$$

với μ là một thông số định trước, μ không quá lớn để đảm bảo tính so sánh được giữa hai hành trình; gần như không có sự tương tự nào giữa hành trình của một mục tiêu di chuyển giữa hai bên cảng cách nhau hàng chục hải lý và một mục tiêu neo đậu trong bến cảng, do đó việc giới hạn tỉ lệ R giữa cặp hành trình loại bỏ các trường hợp kể trên để tăng tốc độ tính toán;

bước 4: tính khoảng cách fréchet rời rạc giữa hai hành trình con;

để xác định khoảng cách fréchet rời rạc, trước tiên cần xác định đường ánh xạ giữa hai chuỗi, cụ thể như sau:

với hai chuỗi vị trí $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ và $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$, một đường ánh xạ giữa chúng – kí hiệu c – được định nghĩa như sau:

$$c = \{(a_{x_1}, b_{y_1}), (a_{x_2}, b_{y_2}), \dots, (a_{x_k}, b_{y_k})\}$$

trong đó $x_1 = y_1 = 1, x_k = n, y_k = m$ và $\forall i = 1, 2, \dots, k$ ta có $x_{i+1} = x_i$ hoặc $x_{i+1} = x_i + 1$, tương tự cho y_{i+1} .

khi đó khoảng cách fréchet rời rạc giữa hai hành trình A, B được định nghĩa bởi:

$$\delta_F(A, B) = \min \|L\|_C, \forall C \in \mathbb{C}$$

với $\|L\|_C = \max_{(a,b) \in C} d(a,b)$, d là khoảng cách giữa hai điểm trên bề mặt trái đất, C là đường ánh xạ và $\mathbb{C}$ là tập tất cả các đường ánh xạ giữa A và B ; một đường ánh xạ cho ta một cách ghép cặp tương ứng một điểm của hành trình này với một hoặc nhiều điểm liên tiếp của hành trình còn lại; phép đo khoảng cách giữa mỗi cặp điểm – nhóm điểm tương ứng có thể sử dụng là khoảng cách trên bề mặt trái đất, khoảng cách σ -clit hay khoảng cách min-côp-ski tổng quát;

từ hành trình gốc ban đầu, điểm xuất phát sẽ mang tọa độ là $(0,0)$ và tọa độ các điểm tiếp theo được tính bằng hiệu giữa vị trí đứng của điểm đang xét so với điểm xuất phát của hành trình, kết quả thu được là hai hành trình chuẩn hoá:

$$X_{sub}^{norm} = \{x_i \cdot l - x_0 \cdot l\}, \forall x_i \in X_{sub}, x_0 = X_{sub}[0]$$

$$Y_{sub}^{norm} = \{y_j \cdot l - y_0 \cdot l\}, \forall y_j \in Y_{sub}, y_0 = Y_{sub}[0]$$

với $x_i \cdot l$ là viết tắt cho vị trí của điểm x_i bao gồm kinh độ và vĩ độ, tương tự cho y_j ; sau đó thực hiện kiểm tra xem giá trị vừa tính được có nhỏ hơn một ngưỡng min_dfd hay không:

$$\delta_F(X_{sub}^{norm}, Y_{sub}^{norm}) < min_dfd$$

bước 5: tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình con;

với hai hành trình đầu vào là A và B , giải thuật trước tiên chọn một hành trình làm tham chiếu để tính khoảng cách tới hành trình còn lại; với mỗi điểm trong hành trình tham chiếu, trước tiên cần tìm đoạn hành trình tương ứng nằm trong khoảng thời gian của điểm đang xét; sau đó tính khoảng cách ngắn nhất d_i từ điểm đang xét đến mỗi đoạn thẳng trong đoạn hành trình con tương ứng; kết quả của bước này cho ra giá trị d_max là giá trị lớn nhất trong số các d_i kể trên; khi lặp qua hết toàn bộ các điểm trong hành trình tham chiếu ghi nhận giá trị d_max_1 là giá trị lớn nhất trong tất cả các d_max ; sau khi đổi hành trình tham chiếu, lặp lại các bước tính toán kể trên ta thu được giá trị tương ứng d_max_2 ; khoảng cách ngắn nhất ghi nhận giữa hai hành trình là giá trị nhỏ hơn giữa d_max_1 và d_max_2 :

$$min_dist(A_{sub}, B_{sub}) = \min(d_max_1, d_max_2)$$

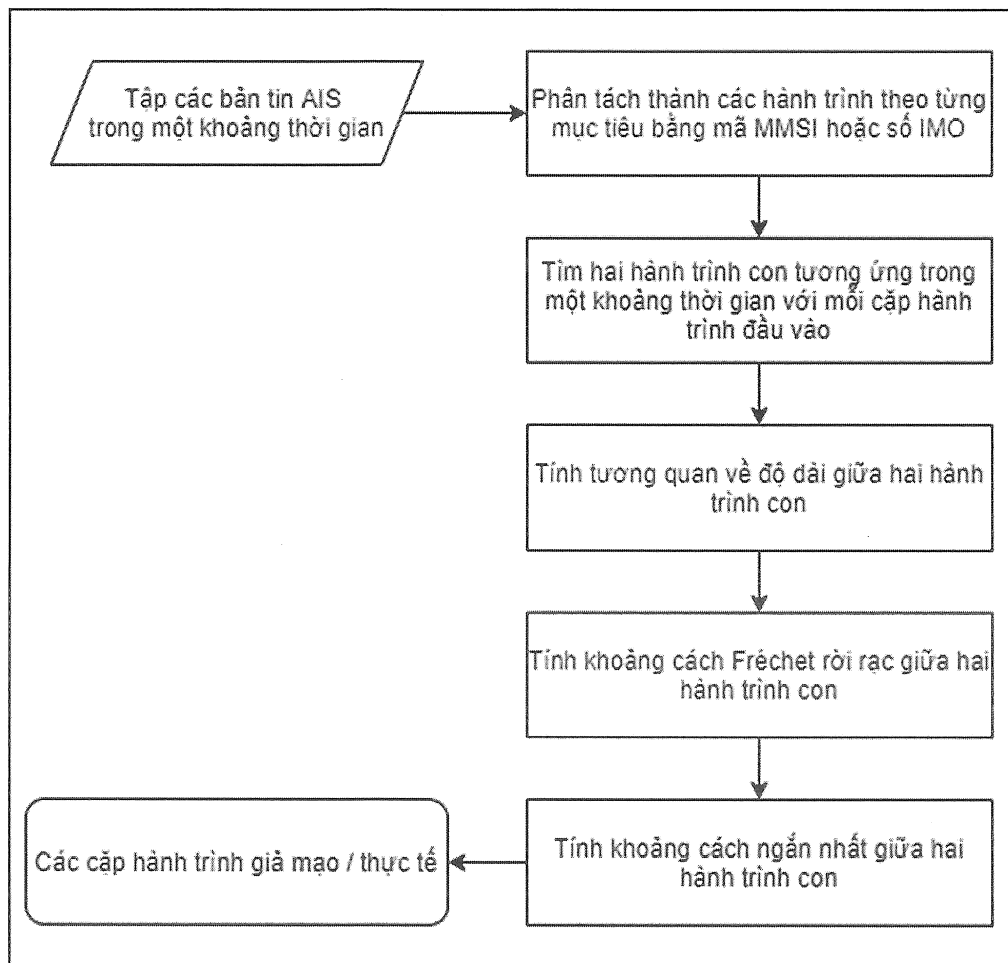
khoảng cách ngắn nhất giữa hai hành trình thực hiện theo giải thuật đề xuất là một phép đo mức độ gần nhau giữa hai hành trình mà không thực hiện ghép cặp điểm – nhóm điểm như trong bước tính khoảng cách fréchet rời rạc; việc giới hạn đoạn hành trình tương

ứng nằm trong khoảng thời gian của điểm đang xét của hành trình tham chiếu nhằm giảm thiểu chi phí tính toán; bước cuối cùng này kiểm tra điều kiện:

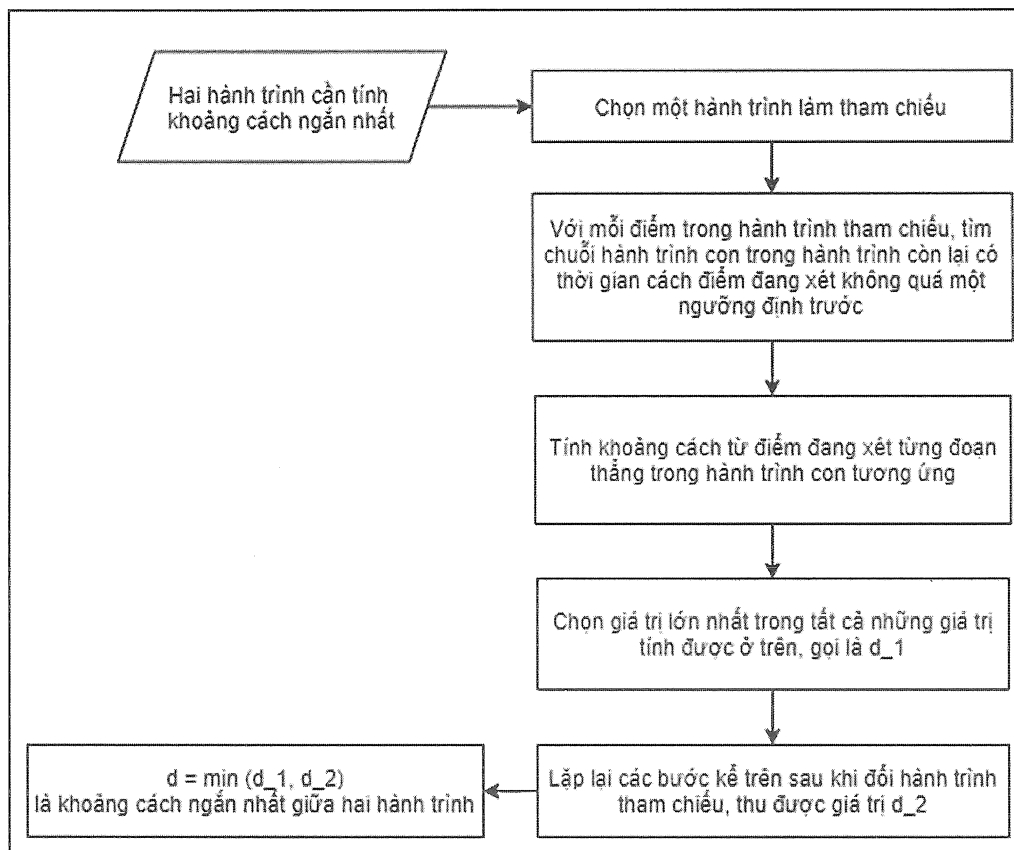
$$\min_dist(A_{sub}, B_{sub}) < \min_d$$

trong đó $\min_d$ là giá trị ngưỡng định nghĩa trước; một cặp hành trình thoả mãn các điều kiện kể trên là một cặp hành trình khả nghi có hiện tượng giả mạo quỹ đạo hành trình của mục tiêu tàu biển.

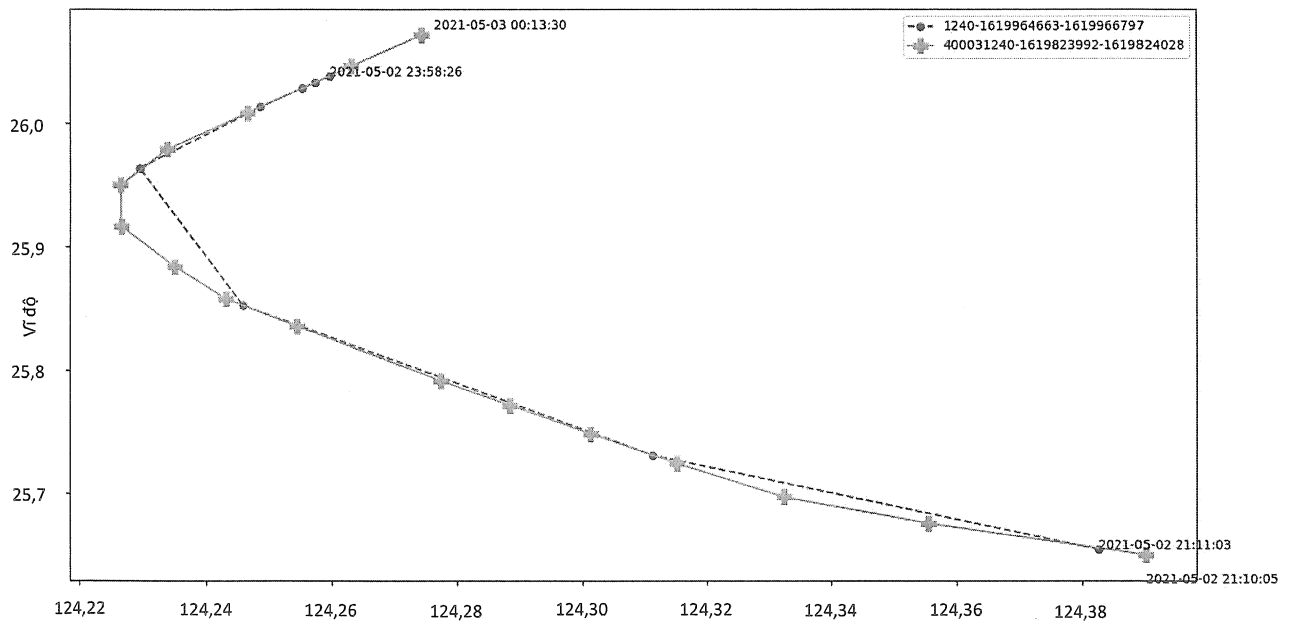
2. Phương pháp phát hiện quỹ đạo hành trình giả mạo của mục tiêu tàu biển trong hệ thống giám sát hàng hải theo điểm 1, trong đó tại bước 1, ngưỡng dừng xác định trước thường được lựa chọn là 0,5 hải lý / giờ, nhằm loại bỏ nhiễu của trường vận tốc trong bản tin AIS.



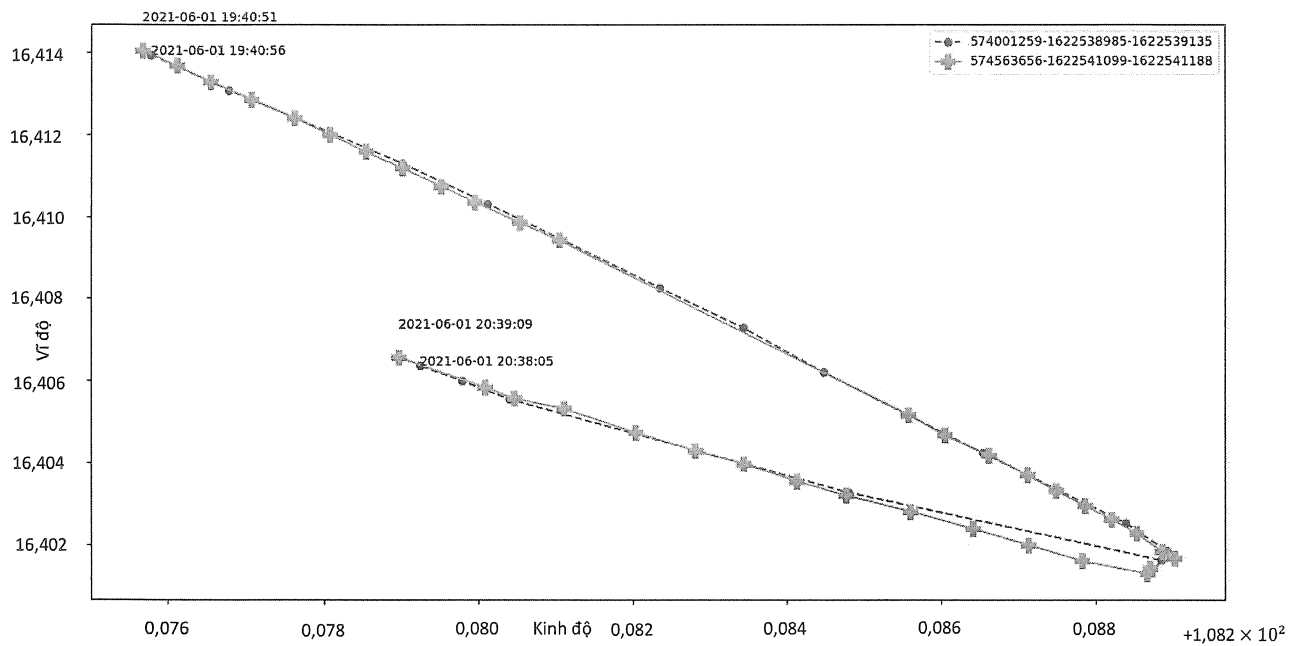
Hình 1



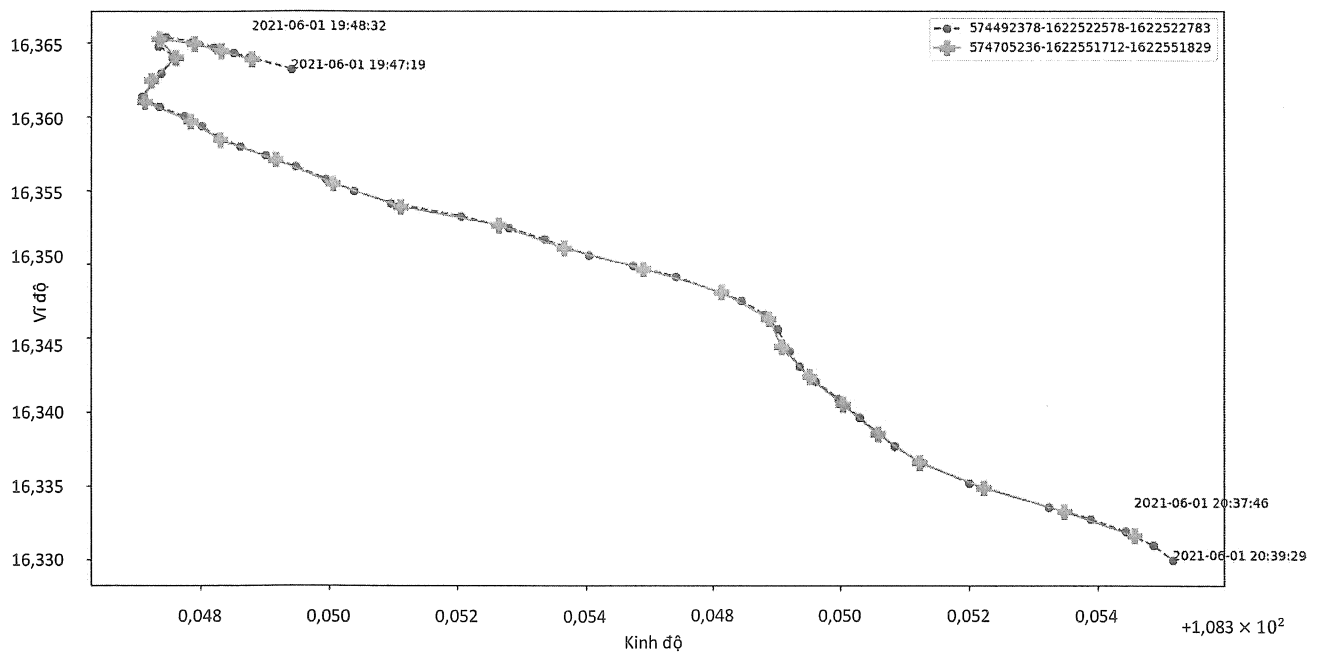
Hình 1



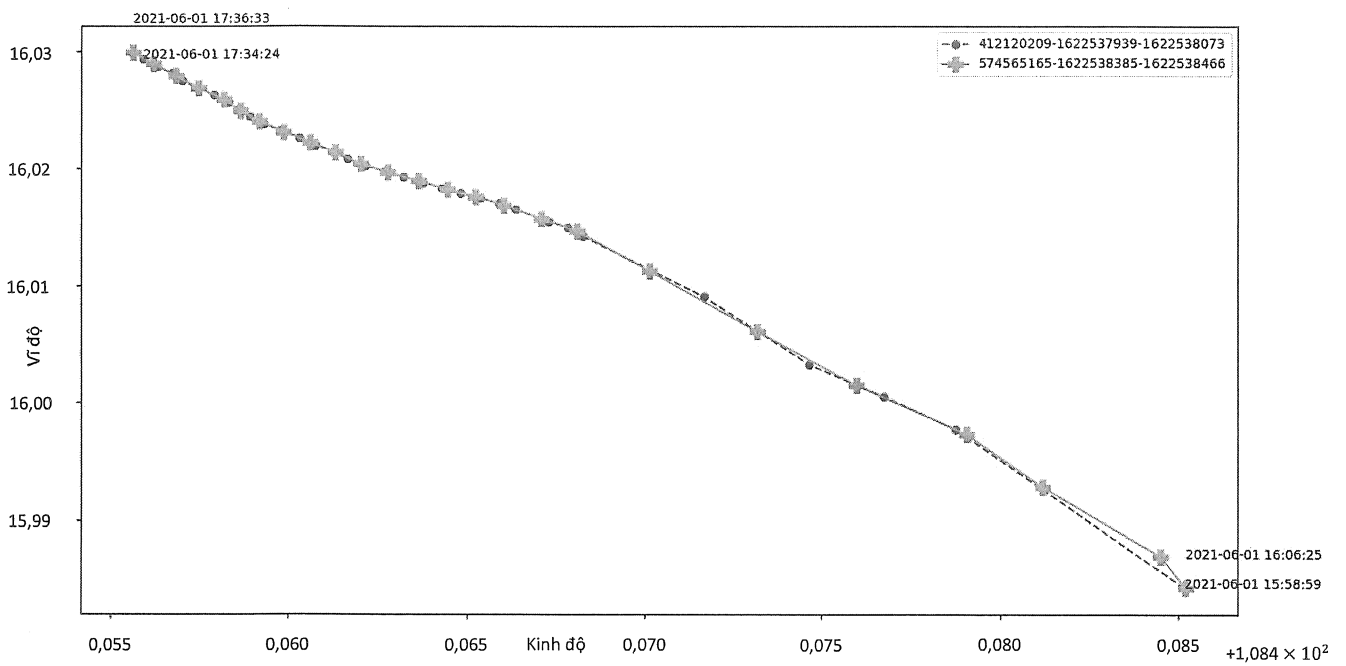
Hình 2



Hình 4



Hình 5



Hình 6