

Nghiên cứu xây dựng hệ số rủi ro giao thông để xác định điểm "nóng" giao thông trong khu vực có mật độ tàu cao

■ **ThS. LƯƠNG TÚ NAM**

Trưởng Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Trong khu vực luồng hẹp, gần cảng, nơi có mật độ tàu thuyền qua lại lớn, tỉ lệ xảy ra tai nạn đâm va giữa các tàu thuyền cao hơn so với các vùng biển rộng hơn. Một số khu vực đang được xây dựng hay mở rộng cảng trên luồng đã hạn chế khả năng điều động an toàn của tàu thuyền. Do đó, có thể nói, vùng nước này có nguy cơ xảy ra tai nạn hàng hải cao vì không gian cho tàu thuyền ngày càng nhỏ. Tuy nhiên, cho đến nay khó có thể dễ dàng xác định được mức độ nguy hiểm đối với một số tàu và khu vực trên các tuyến đường này. Vì vậy, để giảm thiểu rủi ro, điều quan trọng là phải đánh giá được mức độ nguy hiểm này một cách sớm nhất và chính xác. Nếu khu vực có nguy cơ cao, hay còn gọi là điểm "nóng" giao thông được xác định, các tàu thuyền gần khu vực này sẽ có kế hoạch điều động an toàn và hiệu quả trong thời gian sớm nhất. Với mục đích như vậy, nghiên cứu này được thực hiện để nhằm giải quyết 2 vấn đề: Xây dựng một hệ số nguy hiểm mới để xác định một cách định lượng nguy cơ đâm va giữa nhiều tàu thuyền; Sử dụng hệ số này để xác định được các điểm "nóng" giao thông trong khu vực có mật độ tàu thuyền cao và có thể được thể hiện trên hải đồ.

TỪ KHÓA: Tránh va, mức độ nguy hiểm, điểm "nóng" giao thông, phân tích giao thông, nguy cơ đâm va.

ABSTRACT: In the narrow channel area or near the port, where there is a high density of ships passing through, the rate of collisions between ships is higher than in open sea area. Some areas under construction or expansion of ports on the channel have limited the ability of ships to maneuver safely. Therefore, it can be said that this water area has a high risk of accidents because the space for boats is getting smaller and smaller. However, so far it has been difficult to determine the degree of danger to some of the ships and areas on these routes. Therefore, to reduce the risk, it is important to assess this level of danger as early and accurately as possible. If a high-risk area, or traffic hotspot, is identified, vessels near the area will have a plan to maneuver safely and effectively as soon as possible. With that in mind, this study was

carried out to address two issues: Construct a new hazard coefficient to quantitatively determine the risk of collision between multiple ship; Use this factor to identify traffic hotspots in areas with high vessel density that can be charted.

KEYWORDS: Collision avoidance, risk level, trafic hotspot, traffic analysis, collision risk.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàng hải trong khu vực có mật độ tàu lớn có thể gây ra nhiều tai nạn khác nhau, chẳng hạn như va chạm, mắc cạn... Những tai nạn này có thể dẫn đến thiệt hại về người và tài sản, đồng thời gây ra những tác động xấu đến môi trường biển. Trong đó, đâm va chính là rủi ro lớn nhất cho sự an toàn của các tàu thuyền [1], có thể dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng. Để giảm tỷ lệ xảy ra tai nạn đâm va, hệ thống kiểm soát lưu thông trên biển (Vessel Traffic Service) để quản lý lưu lượng các phương tiện lưu thông trên các tuyến đường biển, gợi ý các tuyến đường tốt nhất, đảm bảo không gây tắc nghẽn giao thông đường biển được phát triển. Việc giám sát có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị tiên tiến như AIS, có thể nhận được tin nhắn theo thời gian thực được truyền từ các tàu nằm trong vùng nước [2]. Tuy nhiên, vẫn còn một số hạn chế trong công tác quản lý và điều tiết như chủ quan, hoặc không đủ tầm nhìn, nhất là trong một số trường hợp phức tạp. Ngoài ra, dữ liệu AIS không được sử dụng đầy đủ để giám sát. Do đó, để tăng cường hiệu quả giám sát và cải thiện an toàn hàng hải, cần phải xây dựng mô hình khả năng quan sát để giám sát rủi ro va chạm thông qua việc sử dụng dữ liệu AIS hiệu quả hơn.

Để cải thiện an toàn hàng hải, nhiều học giả đã nghiên cứu trong mô hình cảnh báo rủi ro va chạm và mô hình rủi ro va chạm. Hệ thống hỗ trợ quyết định và cảnh báo va chạm trên tàu đánh giá toàn diện về các phương pháp phòng ngừa va chạm tập trung vào dự đoán chuyển động, phát hiện xung đột và giải quyết xung đột, những yếu tố

quan trọng trong hệ thống hỗ trợ ra quyết định và cảnh báo va chạm trên tàu. Những ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp được phân tích [3].

Một phương pháp logic mờ được đề xuất để xác định tất cả các tàu có khả năng va chạm. Phương pháp này được tích hợp với hệ thống VTS/AIS và được sử dụng để xây dựng một hệ thống cảnh báo va chạm tàu hiệu quả. Phương pháp này có thể dự đoán chính xác vị trí và thời gian va chạm bằng cách sử dụng mô-đun GIS và nó có thể đóng góp vào việc ra quyết định của người vận hành VTS [4]. Một hệ thống cảnh báo đâm va khác cũng đã được phát triển để thông báo về rủi ro hàng hải dựa trên khái niệm rủi ro và toán học mờ [5].

Nguy cơ va chạm tàu ngoài khơi Bồ Đào Nha dựa trên dữ liệu AIS được xác định bằng một thuật toán để đánh giá hồ sơ rủi ro và tầm quan trọng tương đối của các tuyến đường, trong đó rủi ro va chạm được đánh giá bằng cách dự đoán khoảng cách tương lai giữa các tàu [6]. Dữ liệu AIS đã được sử dụng để trực quan hóa giao thông đường biển xung quanh Shetland [7].

Một bản đồ mật độ giao thông và tàu trên toàn cầu bằng cách sử dụng một lượng lớn dữ liệu AIS từ năm 2012 đến năm 2015 [8]. Các bản đồ mật độ thu được ở các độ phân giải khác nhau và có thể chỉ ra sự phân bố của tàu và giao thông.

Nghiên cứu này nhằm giải quyết những vấn đề sau:

- Đề xuất Hệ số Rủi ro giao thông thể hiện mức độ động của nguy cơ giao thông biển, được phát triển bằng cách sử dụng phương trình ảnh hưởng để tính toán tác động của tàu đến khu vực trong toàn bộ vùng biển, được hiển thị trên toàn bộ khu vực cảng để hiển thị bản đồ nguy cơ hàng hải. Chỉ số này có lợi thế là hiển thị rủi ro trong thời gian thực.

- Đề xuất Bản đồ nguy cơ hàng hải trong một vùng biển cụ thể, sử dụng Hệ số Rủi ro giao thông để đánh giá mức độ nguy hiểm trong khu vực. Mô hình này xem xét các đặc điểm không gian và thời gian của các vị trí tàu trong khu vực giao thông cao và đánh giá các xác suất nguy hiểm và các vị trí có thể xảy ra đâm va. Nó có thể được sử dụng để xác định và hiển thị các điểm "nóng" giao thông có nguy cơ cao, cho phép sỹ quan hàng hải đưa ra quyết định tránh va bằng cách quan sát bản đồ này.

2. XÁC ĐỊNH CÁC YẾU TỐ CON NGƯỜI ẢNH HƯỞNG ĐẾN AN TOÀN CỦA HOẠT ĐỘNG HOA TIÊU

Giả sử tất cả các các điểm xung quanh tàu chủ là một tàu ảo tĩnh. Khi tàu chủ hành trình, nó sẽ tác động lên tất cả các tàu ảo tĩnh xung quanh. Độ lớn của sự tác động này phụ thuộc vào khoảng cách từ từng tàu ảo tĩnh đến tàu chủ. Hệ số nguy cơ tiềm ẩn (PRI) giữa tàu chủ và tàu ảo đã được xây dựng bằng phương trình ảnh hưởng để đánh giá nguy cơ đâm va tiềm ẩn giữa hai tàu trong thời gian thực [9]. Hệ số này được tính bằng công thức:

$$PRI = e^{-\frac{R^2}{2\delta^2}} \quad (1)$$

Giá trị của PRI được dùng để thể hiện nguy cơ đâm va và tiềm ẩn giữa tàu chủ và tàu ảo, có giá trị từ 0 đến 1. Hệ

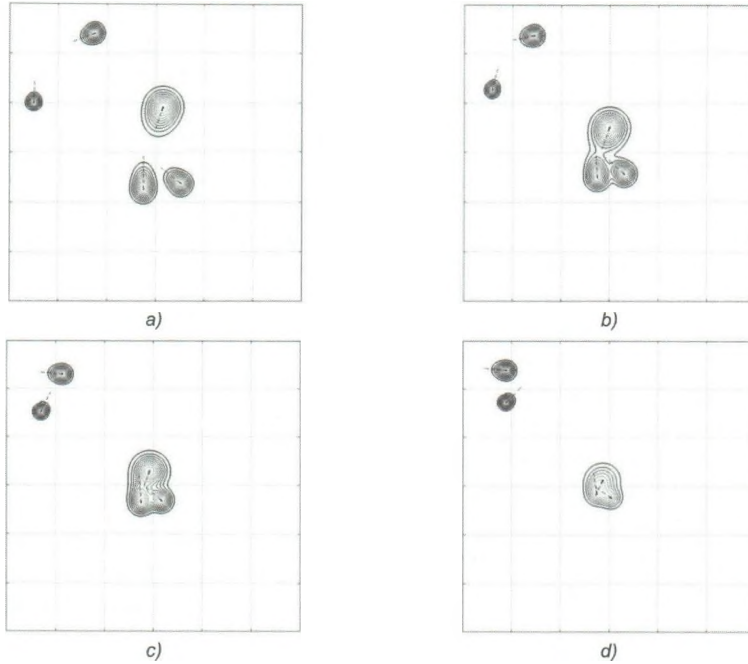
số PRI được tính toán trong thời gian thực, nghĩa là PRI sẽ được tính toán liên tục với khoảng thời gian giãn cách rất nhỏ. Khi thay tàu ảo bằng tàu mục tiêu thật, PRI thể hiện mức độ của nguy cơ đâm va, PRI càng lớn, khả năng xảy ra đâm va càng cao. PRI đạt giá trị lớn nhất bằng 1 khi vị trí tàu mục tiêu trùng với vị trí của tàu chủ (tai nạn đâm va xảy ra) và tiến dần đến 0 khi càng ra xa tàu chủ (an toàn). Tuy nhiên, PRI chỉ thể hiện được mức độ nguy hiểm của một tàu ra đến các tàu mục tiêu xung quanh. Khi trong khu vực có nhiều tàu thuyền qua lại, một tàu có thể chịu ảnh hưởng của nhiều tàu. Khi đó, việc tính toán nguy cơ đâm va bằng CPA có thể rất khó khăn. Bản chất của nguy cơ đâm va trong hàng hải đòi hỏi phải xác định liên tục. Do đó, cần phải xác định một chỉ số để cung cấp một phép đo liên tục như vậy đối với rủi ro đâm va giữa các tàu. Trong nghiên cứu này, Hệ số Rủi ro giao thông (Traffic Risk Index - TRI) được phát triển để mô tả nguy cơ đâm va giữa các tàu. Hệ số này mô tả mức độ rủi ro của một điểm (hay một tàu ảo - tàu mục tiêu) trong vùng nước nhất định. Hệ số này thay đổi linh hoạt và có thể được tính toán theo thời gian thực. Hệ số Rủi ro giao thông TRI của mỗi điểm tại một thời điểm là tổng ảnh hưởng của tất cả các tàu đến điểm này và được tính như sau:

$$TRI = \sum e^{-\frac{R_i^2}{2\delta^2}} \quad (2)$$

Trong đó: i - Số lượng các tàu xung quanh một tàu mục tiêu.

Như chúng ta thấy trong *Hình 2.1*, mọi điểm trong vùng lân cận của các con tàu đều có giá trị của TRI và các điểm có cùng giá trị của TRI sẽ được hiển thị dưới dạng đường đồng mức. Khi các tàu di chuyển gần nhau hơn, các đường đồng mức của TRI sẽ có sự chông chéo lên nhau và thay đổi. Vùng chông lấn là vùng có giá trị TRI cao, có thể hiểu là vùng có khả năng cao xảy ra va chạm. Khu vực này sẽ thay đổi tại các thời điểm khác nhau và những thay đổi của các vùng chông lấn cũng thể hiện mức độ xác suất xảy ra tai nạn đâm va trong một thời điểm. Trong trường hợp nhiều tàu, tại mỗi thời điểm khi các tàu tiến lại gần nhau, giá trị của TRI của điểm giữa các tàu này tăng theo. Ảnh hưởng của những con tàu này đến khu vực này cao hơn so với các khu vực khác. Do sự thay đổi của TRI, màu sắc mô tả khu vực có xác suất xảy ra tai nạn va chạm thay đổi (như có thể thấy trong *Hình 2.1 a, b, c, d*). Các điểm có giá trị cao của Chỉ số MaTha cho thấy có thể sẽ xảy ra va chạm ở đó nếu các tàu liên quan không thực hiện hành động tránh va và mức độ của hành động cần thiết để giải quyết tình huống.

Với TRI, mức độ rủi ro đâm va trong một số vùng nước nhất định có thể được xác định bằng cách tính toán mức độ rủi ro của từng vị trí trong khu vực này. Có thể hiểu rằng, mức độ nguy hiểm được đánh giá ở cả góc độ vĩ mô và vi mô. Chỉ số được đề xuất cũng có thể được sử dụng để lập bản đồ phân bố rủi ro theo địa lý dưới dạng bản đồ nhiệt trực quan. Bản đồ này có thể giúp các nhà quản lý giao thông hàng hải nhận ra mức độ rủi ro của một số vùng nước nhất định và hiểu được sự phân bố rủi ro theo giá trị chính xác của TRI.



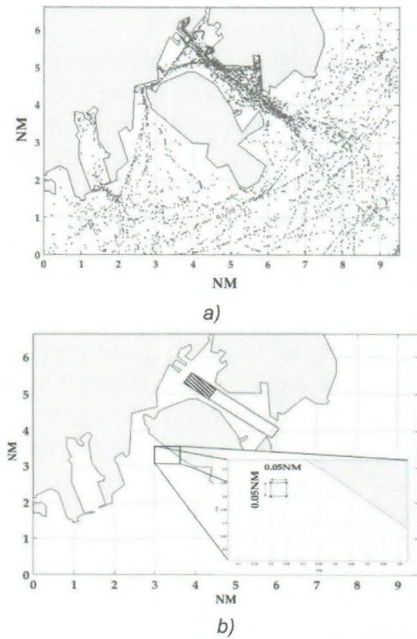
Hình 2.1: Chỉ số TRI thay đổi khi vị trí tàu thay đổi

3. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Mục tiêu của nghiên cứu này là lựa chọn các yếu tố quan trọng nhất góp phần gây ra tai nạn hàng hải trong khu vực nghiên cứu là Cảng Busan được giới hạn bởi các vĩ độ 35,02°N - 35,13°N và kinh độ 128,98°E - 129,17°E, các trục được chuyển đổi thành hải lý (NM) như trên Hình 3.1a. Đây là một khu vực bận rộn điển hình ở Hàn Quốc. Thời gian quan sát diễn ra từ ngày 08 - 09/6/2018. Các biến được sử dụng làm đầu vào là vị trí tàu, tốc độ, hướng và chiều dài tàu, có thể lấy từ dữ liệu AIS.

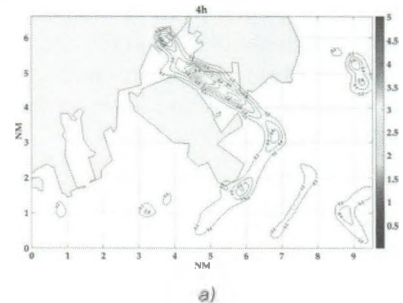
Bằng cách quan sát bản đồ phân bố không gian của các vị trí tàu, có thể suy ra khu vực nước có mật độ tàu cao có khả năng xảy ra nguy hiểm hàng hải cao hơn. Các vị trí dày đặc hơn có thể cho thấy khu vực này đang có lượng tàu lớn qua lại và khả năng xảy ra tình trạng giao thông phức tạp cao hơn khu vực khác. Có thể thấy rằng tại Cảng Busan có một tuyến giao thông chính là tuyến đường số 1. Hầu hết các tàu đều đi qua tuyến đường này. Tuy nhiên, từ loại bản đồ mật độ này, chỉ quan sát được những vị trí có tàu bè tập trung, chứ không thể thực hiện được mức độ nguy hiểm hàng hải của những vị trí đó. Bất kỳ điểm nào trong khu vực không thể được trình bày bởi bất kỳ chỉ mục nào. Do đó, cần phải thiết lập một bản đồ mới để hình dung nguy cơ giao thông hàng hải theo giá trị chính xác của từng điểm.

Trong phương pháp đề xuất, khu vực nghiên cứu được chia thành một mạng lưới theo vĩ độ và kinh độ. Mạng lưới này bao gồm các đường thẳng song song và vuông góc với nhau, được chia theo nhiều cách tùy thuộc vào khu vực khảo sát và mục đích nghiên cứu. Mạng lưới càng nhỏ thì càng nhiều giao điểm. Mỗi giao điểm của các đường này sẽ có một giá trị PRI. Trong nghiên cứu này, các giao điểm được chia theo kích thước 0,05x0,05 NM (khoảng 90x90 m) (Hình 3.1b).



Hình 3.1: Khu vực khảo sát - Cảng Busan (Hàn Quốc)

Tính toán TRI cho mỗi thời điểm và thể hiện trên hải đồ cho ta bản đồ nguy cơ hàng hải thể hiện sự phân bố theo không gian của xác suất va chạm.



các cuộc chạm trán của các tàu di chuyển gần nhau hơn.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một mô hình đánh giá rủi ro hàng hải trong khu vực có mật độ tàu cao mới bằng cách cung cấp phân bố rủi ro theo không gian đã được đề xuất, dựa trên Hệ số Rủi ro giao thông biển (TRI). Hệ số này thể hiện mức độ ảnh hưởng của tất cả các tàu trong khu vực lân cận và phản ánh mức độ rủi ro theo giá trị chính xác và có thể phản ánh tổng thể nguy cơ giao thông hàng hải một cách hiệu quả. Bằng cách sử dụng Hệ số Rủi ro giao thông, bản đồ nguy cơ giao thông động cho khu vực biển được xây thiết lập. Quan sát Bản đồ Nguy cơ giao thông được áp dụng cho khu vực Cảng Busan, nó cho thấy rằng bản đồ mới khắc phục được những hạn chế và cho thấy những cải tiến so với các mô hình khác. Nó có thể cho thấy mức độ rủi ro động vì phân tích hiện tại dựa trên dữ liệu AIS liên tục có sẵn trong bất kỳ khoảng thời gian nào. Nó cũng cho thấy khả năng dự đoán các vị trí đâm va có thể xảy ra trong quá trình hàng hải hỗ trợ sỹ quan hàng hải ra quyết định tránh va chính xác và các sỹ quan VTS trong công việc giám sát và điều tiết giao thông.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.06.

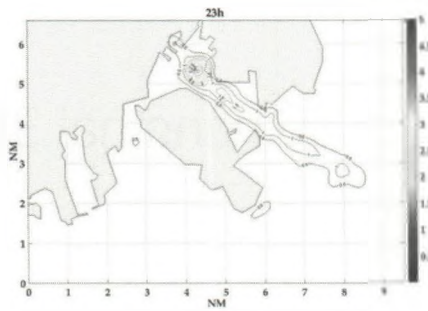
Tài liệu tham khảo

- [1]. Debnath, A.K., Chin, H.C. (2010), *Navigational traffic conflict technique: a proactive approach to quantitative measurement of collision risks in port waters*, J. Navig. 63, 137-152.
- [2]. Tu, E., Zhang, G., Rachmawati, L., Rajabally, E., Huang, G.B. (2018), *Exploiting AIS data for intelligent maritime navigation: a comprehensive survey from data to methodology*, IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. 19, 1559-1582.
- [3]. Huang, Y., Chen, L., Chen, P., Negenborn, R.R., van Gelder, P.H.A.J.M. (2020), *Ship collision avoidance methods: state-of-the-art*, Saf. Sci. 121, 451-473.
- [4]. Kao, S.L., Lee, K.T., Chang, K.Y., Ko, M.D. (2007), *A fuzzy logic method for collision avoidance in vessel traffic service*, J. Navig. 60 (1), 17-31.
- [5]. Goerlandt, F., Montewka, J., Kuzmin, V., Kujala, P. (2015), *A risk-informed ship collision alert system: framework and application*, Saf. Sci. 77, 182-204.
- [6]. Silveira, P.A.M., Teixeira, A.P., Soares, C.G. (2013), *Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal*, J. Navig. 66, 879-898.
- [7]. Shelmerdine, R.L. (2015), *Teasing out the detail: how our understanding of marine AIS data can better inform industries, developments, and planning*, Mar. Pol. 54, 17-25.
- [8]. Wu, L., Xu, Y., Wang, Q., Wang, F., Xu, Z. (2017), *Mapping global shipping density from AIS data*, J. Navig. 70, 67-81.
- [9]. Lương Tú Nam, Mai Xuân Hương (2021), *Nghiên cứu về sử dụng phương trình ảnh hưởng để đánh giá hệ số đâm va giữa các tàu*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 66.

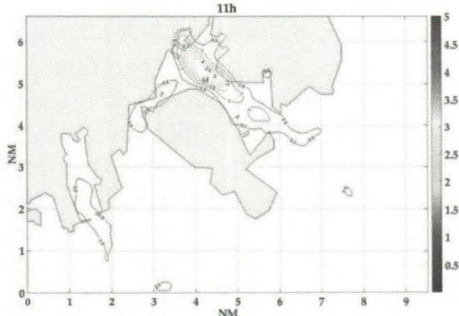
Ngày nhận bài: 15/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2022

**Người phản biện: TS. Nguyễn Quang Duy
TS. Đỗ Văn Cường**



Hình 3.2: Chỉ số TRI trong ngày 08/6



Hình 3.3: Chỉ số TRI trong ngày 09/6

Bản đồ nguy cơ hàng hải trong mỗi giờ được thiết lập dựa trên các giá trị của TRI của tất cả các điểm để xác định các điểm "nóng". Cụ thể, sau khi tính toán được giá trị của TRI tại mỗi giao điểm của mạng lưới và hệ số này thay đổi theo sự thay đổi của dữ liệu từ tất cả các tàu trong khu vực.

Các giá trị của TRI được tính toán theo giờ chủ yếu tập trung trong khoảng [0, 5]. Các đường đồng mức của TRI giúp quan sát được các khu vực có mức độ rủi ro tương tự nhau. Tập hợp các đường đồng mức được thể hiện dưới dạng bản đồ nhiệt, màu càng đỏ thì khả năng rủi ro càng lớn. Trong giai đoạn khảo sát, giá trị của TRI phân bố tăng dần về phía khu vực nút giao thông. Có thể thấy rằng, TRI trong khu vực dọc theo đường số 1 cao hơn đáng kể so với các khu vực khác, cho thấy rủi ro ở một mức độ tương đối cao hơn. Điều này phù hợp với mật độ giao thông cao như được chỉ ra trong bản đồ mật độ.

Để đảm bảo hàng hải an toàn, các tàu trong tuyến luồng cần duy trì khoảng cách an toàn với nhau. Vị trí nguy hiểm nhất xung quanh khu vực tại [5 NM, 5 NM] vào ngày 08/6, nơi TRI cao nhất là 4,5. Theo quan sát, khu vực nước có TRI tương đối thấp (thấp hơn 1) phân bố bên ngoài tuyến số 1 và trong vùng nước rộng hơn. Phạm vi của TRI xung quanh [1,5-2,5] xuất hiện nhiều lần trong thời gian khảo sát trong khi phạm vi [3-4,5] chỉ xảy ra tại khu vực có