

TÍNH TOÁN XÁC SUẤT THỜI GIAN HỒI PHỤC SỰ CỐ TÍN HIỆU THEO HỆ SỐ BẢO VỆ KÊNH THÔNG TIN CỦA HỆ THỐNG VI SAI HÀNG HẢI DGPS CALCULATION OF SIGNAL FAILURE RECOVERY TIME ACCORDING TO THE CHANNEL PROTECTION FACTOR OF THE MARINE DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM

CHUNG NGHĨA^{1*}, NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG¹, NGUYỄN TIẾN ĐẠT¹
ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN², VŨ ĐĂNG THÁI², LÊ ĐỨC BÌNH²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: chungnghia@ut.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.2025.i84.873>

Tóm tắt

Hệ thống vi sai hàng hải DGPS được thiết lập nhằm nâng cao độ chính xác của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GPS, bằng cách sử dụng một mạng lưới các trạm mặt đất cố định để phát tín hiệu, với vị trí đã biết chính xác. Hệ thống gồm ba khâu cơ bản: Khâu vệ tinh, khâu mặt đất và khâu sử dụng. Trong quá trình hoạt động, kênh thông tin trong hệ thống vi sai hàng hải DGPS luôn bị tác động của các yếu tố ngoại cảnh, đã ảnh hưởng đến chất lượng truyền tín hiệu của hệ thống DGPS. Chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống DGPS, được đặc trưng bởi hệ số bảo vệ kênh thông tin. Bài báo thực hiện xây dựng mô hình toán, tính toán xác suất thời gian phục hồi sự cố tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống DGPS trên cơ sở hệ số bảo vệ kênh thông tin, góp phần nâng cao độ chính xác và độ tin cậy trong lĩnh vực an toàn hàng hải.

Từ khóa: Sự cố tín hiệu, thời gian hồi phục sự cố tín hiệu, hệ số bảo vệ kênh thông tin, hệ thống vi sai hàng hải.

Abstract

The maritime differential global positioning system (DGPS) is established to improve the accuracy of the GPS global satellite positioning system by using a network of fixed ground stations to transmit signals, with known exact locations. The system consists of three basic stages: the Satellite stage, the ground stage, and the user stage. During operation, the information channel in the DGPS is always affected by external factors, which affect the signal transmission

quality of the DGPS system. The signal transmission quality in the DGPS's information channel is characterized by the channel protection factor. This research builds a mathematical model, calculates the probability of signal failure recovery time in the DGPS's information channel based on the channel protection factor, contributing to improving the accuracy and reliability in the field of maritime safety.

Keywords: Signal failure, signal failure recovery time, communication channel protection factor, differential global positioning system (DGPS).

1. Miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS

Hiện nay, với mục đích sử dụng trong hàng hải, hầu hết các nước có biển đều có từ một đến nhiều trạm hệ thống DGPS. Tính đến tháng 6/2025, khoảng 550 trạm hệ thống vi sai DGPS trên thế giới được thiết lập, xây dựng và đang hoạt động ổn định phục vụ lĩnh vực an toàn hàng hải. Tại Việt Nam, có 6 trạm DGPS đặt tại thành phố và các tỉnh, như: TP. Hải Phòng (Đồ Sơn), Vũng Tàu, Hà Giang, Cao Bằng, Lai Châu, Quảng Nam.

Hệ thống vi sai DGPS gồm 3 khâu cơ bản sau:

- Khâu vệ tinh: Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS;

- Khâu mặt đất: Trạm DGPS mặt đất (hay còn gọi là trạm tham chiếu), cũng có thể là một mạng lưới gồm một số trạm mặt đất, bao gồm trung tâm điều khiển DGPS;

- Khâu sử dụng: Máy thu DGPS trên tàu biển.

Hệ thống vi sai hàng hải DGPS thường sử dụng phương pháp hiệu chỉnh khoảng cách giả hoặc hiệu

chính vị trí xác định, để hiệu chỉnh sai số, nhằm mục đích nâng cao độ chính xác, cải thiện độ tin cậy trong việc xác định vị trí tàu biển [1], [4].

Hệ số bảo vệ kênh thông tin (ký hiệu h_{bvt}), đặc trưng cho chất lượng truyền tín hiệu thông tin trong các kênh thông tin của hệ thống DGPS, khi có ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh, đặc biệt là ảnh hưởng của nhiễu vô tuyến.

Hệ số này không chỉ đặc trưng chất lượng bảo vệ kênh thông tin, cấu trúc tổ hợp của hệ thống mà còn đặc trưng cho độ tin cậy, chất lượng hoạt động an toàn trong kênh thông tin của hệ thống và được tính theo công thức (1) [3], [4], [6]:

$$h_{bvt} = 1 - \frac{S_l}{S_{lmax}} \quad (1)$$

Trong đó: S_l - Diện tích vùng lỗi tín hiệu (vùng chết tín hiệu, sự cố tín hiệu, vùng cấm tín hiệu...), trong trường hợp ảnh hưởng của nhiễu đến kênh thông tin; $S_{lmax} = 441$ đơn vị diện tích (đvdt), giá trị vùng lỗi tín hiệu lớn nhất.

Từ công thức (1) phân tích và nhận xét rằng: Miền giá trị hệ số bảo vệ kênh thông tin h_{bvt} theo lý thuyết biến thiên theo (2):

$$0 < h_{bvt} \leq 1 \quad (2)$$

2. Xây dựng công thức tính xác suất thời gian phục hồi sự cố tín hiệu theo miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống DGPS

Để đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống DGPS, phụ thuộc vào nhiều yếu tố, hay tiêu chí khác nhau, như: Ảnh hưởng của nhiễu, tầng điện ly, địa hình, điều kiện khí tượng, suy giảm năng lượng trong quá trình truyền tín hiệu, xác suất an toàn hàng hải, xác suất truyền tín hiệu kịp thời,...

Trong đó, xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu là một trong những tiêu chí quan trọng để đánh giá chất lượng truyền tín hiệu, thể hiện mức độ tin cậy trong kênh thông tin, góp phần nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải, khả năng thông qua, độ tin cậy, tính toàn vẹn và khu vực làm việc của hệ thống DGPS theo yêu cầu của Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO [2], [7], khi ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh, đặc biệt là của nhiễu vô tuyến.

Xác suất hồi phục sự cố tín hiệu phụ thuộc chặt chẽ vào hệ số bảo vệ kênh thông tin. Nghĩa là, biết được giá trị của hệ số bảo vệ kênh thông tin và thời gian cho phép truyền thông tin kịp thời trong hệ thống, hoàn toàn có thể tính toán được xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu.

Sử dụng công cụ lý thuyết độ tin cậy ứng dụng

trong hàng hải phục vụ công tác xây dựng công thức toán [3]. Gọi λ là cường độ xuất hiện sự cố tín hiệu và μ là cường độ hồi phục sự cố tín hiệu, khi đó, hệ số tỷ lệ của hai đại lượng xác định theo công thức (3) [6]:

$$\gamma = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

hoặc:

$$\gamma = \frac{T_{hp}}{T_{gh}} \quad (4)$$

Trong đó: T_{hp} - Thời gian làm việc bình thường của kênh thông tin trong hệ thống DGPS, (đơn vị là giây, ký hiệu s); T_{gh} - Thời gian giới hạn cho phép truyền tín hiệu thông tin của kênh thông tin trong hệ thống DGPS, (đơn vị là giây, ký hiệu s) và giá trị đảm bảo rằng $T_{ghi} \leq 10s$, với $i = 1 \div 10s$ [2], [7].

Có thể mô tả mối quan hệ giữa xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (đơn vị tính %) và hệ số kênh bảo vệ thông tin theo hàm số toán học (5).

$$P_{hp} = f(h_{bvt}) \quad (5)$$

Từ công thức (3), (4), trường hợp tổng quát hệ số bảo vệ h_{bvt} xác định theo công thức (6) [5], [6].

$$h_{bvt} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{T_{gh}}{T_{gh} + T_{hp}} \quad (6)$$

$$h_{bvt} = \frac{1}{1 + \gamma} \quad (7)$$

hay:

$$\gamma = \frac{1}{h_{bvt}} - 1 \quad (8)$$

Từ công thức (8), luôn luôn tồn tại hệ số bảo vệ trong kênh thông tin của hệ thống DGPS, nghĩa là thỏa mãn điều kiện $h_{bvt} \neq 0$.

Công thức tính xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống DGPS khi ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh, được xây dựng theo (9) [3], [5], [6].

$$P_{hp} = \gamma \times P(T_{ghi}) = \left(\frac{1}{h_{bvt}} - 1 \right) \times P(T_{ghi}) \quad (9)$$

3. Kết quả tính toán xác suất thời gian phục hồi sự cố tín hiệu theo miền hệ số bảo vệ trong kênh thông tin của hệ thống DGPS

Từ công thức (9), sử dụng phần mềm Excel, cho kết quả tính toán chi tiết xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu, thể hiện trong Bảng 1.

Từ kết quả nhận được theo Bảng 1, xây dựng đồ thị quan hệ giữa xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và hệ số bảo vệ kênh thông tin:

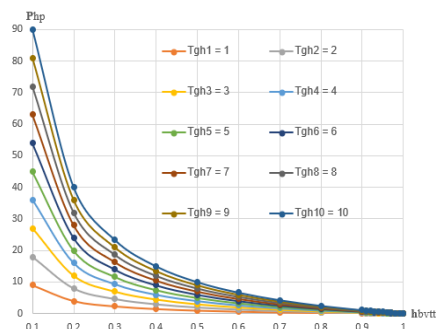
- Trường hợp tổng quát chung khi $0 < h_{bvt} \leq 1,0$ mô tả theo Hình 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu theo miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống DGPS là $0 < h_{bvt} \leq 1,0$

h_{bvt}	γ	Giá trị xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (P_{hp})									
		$P(T_{ghi}) \leq P(T_{cpj}); 0 < i, j \leq 10 \text{ (s)}$									
		$T_{gh1} = 1$	$T_{gh2} = 2$	$T_{gh3} = 3$	$T_{gh4} = 4$	$T_{gh5} = 5$	$T_{gh6} = 6$	$T_{gh7} = 7$	$T_{gh8} = 8$	$T_{gh9} = 9$	$T_{gh10} = 10$
0,10	9,00	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00	81,00	90,00
0,20	4,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00	40,00
0,30	2,33	2,33	4,67	7,00	9,33	11,67	14,00	16,33	18,67	21,00	23,33
0,40	1,50	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00
0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,60	0,67	0,67	1,33	2,00	2,67	3,33	4,00	4,67	5,33	6,00	6,67
0,70	0,43	0,43	0,86	1,29	1,71	2,14	2,57	3,00	3,43	3,86	4,29
0,80	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
0,90	0,11	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11
0,91	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,49	0,59	0,69	0,79	0,89	0,99
0,92	0,09	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87
0,93	0,08	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,45	0,53	0,60	0,68	0,75
0,94	0,06	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,38	0,45	0,51	0,57	0,64
0,95	0,05	0,05	0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,47	0,53

0,96	0,04	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,38	0,42
0,97	0,03	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31
0,98	0,02	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
0,99	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

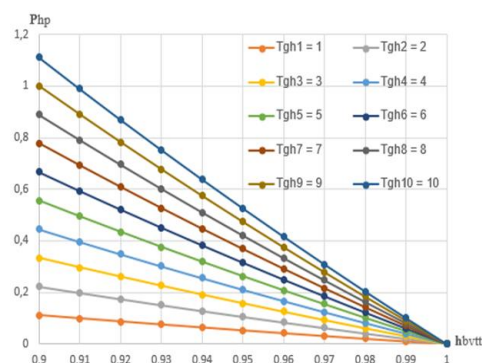
- Xây dựng cho các trường hợp miền hệ số bảo vệ h_{bvt} lớn nhất, khi $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, kết quả mô tả theo Hình 2.



Hình 1. Đồ thị mô tả quan hệ xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và hệ số bảo vệ kênh thông tin với $0 < h_{bvt} \leq 1,0$ của hệ thống DGPS, khi biết thời gian giới hạn cho phép T_{ghi}

4. Phân tích và đánh giá kết quả tính toán xác suất thời gian phục hồi sự cố tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống DGPS

Phân tích, đánh giá kết quả theo Bảng 1, Hình 1 và Hình 2, nhận xét rằng:



Hình 2. Đồ thị mô tả quan hệ xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và hệ số bảo vệ kênh thông tin với $0 < h_{bvt} \leq 1,0$ của hệ thống DGPS, khi biết thời gian giới hạn cho phép T_{ghi}

- Đồ thị mô tả quan hệ xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu với hệ số bảo vệ theo Hình 1 và Hình 2, có dạng đường thẳng. Thể hiện rõ sự phụ thuộc rằng: Xác suất T_{hp} sẽ giảm khi hệ số bảo vệ h_{bvt} tăng và ngược lại, cụ thể:

Trường hợp tổng quát với miền hệ số bảo vệ $0 < h_{bvt} \leq 1,0$, mô tả Hình 1, chẳng hạn, cùng giá trị

$T_{gh5}=5s$, khi tăng hệ số $h_{bvt}=0,10$, thì xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu P_{hp} sẽ giảm, mức độ giảm sẽ khác nhau, phụ thuộc chặt chẽ vào miền hệ số h_{bvt} .

Khi $0,10 < h_{bvt} \leq 0,20$, thì P_{hp} giảm từ 45,00% đến 20,00%, tức là giảm 25%.

Khi $0,20 \leq h_{bvt} \leq 0,30$, thì P_{hp} giảm từ 20,00% đến 11,67%, tức là giảm 8,33%.

Khi $0,30 \leq h_{bvt} \leq 0,40$, thì P_{hp} giảm từ 11,67% đến 7,50%, tức là giảm 4,17%.

Khi $0,40 \leq h_{bvt} \leq 0,50$, thì P_{hp} giảm từ 7,50% đến 5,00%, tức là giảm 2,5%.

Khi $0,50 \leq h_{bvt} \leq 0,60$, thì P_{hp} giảm từ 5,00% đến 3,33%, tức là giảm 1,67%.

Khi $0,60 \leq h_{bvt} \leq 0,70$, thì P_{hp} giảm từ 3,33% đến 2,14%, tức là giảm 1,19%.

Khi $0,70 \leq h_{bvt} \leq 0,80$, thì P_{hp} giảm từ 2,14% đến 1,25%, tức là giảm 0,89%.

Khi $0,80 \leq h_{bvt} \leq 0,90$, thì P_{hp} giảm từ 1,25% đến 0,56%, tức là giảm 0,69%.

Khi $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, thì P_{hp} giảm từ 0,56% đến 0,00%, tức là giảm 0,56%.

Tương tự, hoàn toàn phân tích, đánh giá kết quả tính toán xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu P_{hp} đối với các giá trị T_{ghi} khác nhau.

Xét miền hệ số bảo vệ lớn nhất $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, có thể coi là là miền tối ưu, luôn tiệm cận với giá trị hệ số lớn nhất $h_{bvtmax}=1$, mô tả Bảng 1 và Hình 2, với đồ thị có dạng đường thẳng tuyến tính. Kết quả minh chứng cụ thể và tường minh như sau:

Chẳng hạn, cùng giá trị $T_{gh5}=5s$, tăng hệ số $h_{bvt}=0,01$, thì xác suất P_{hp} giảm tương đối đều và chênh lệch không quá 2%, cụ thể:

Khi $0,90 \leq h_{bvt} \leq 0,91$, thì P_{hp} giảm từ 0,56% đến 0,49%, tức là giảm 7%.

Khi $0,91 \leq h_{bvt} \leq 0,92$, thì P_{hp} giảm từ 0,49% đến 0,43%, tức là giảm 6%.

Khi $0,92 \leq h_{bvt} \leq 0,93$, thì P_{hp} giảm từ 0,43% đến 0,38%, tức là giảm 5%.

Khi $0,93 \leq h_{bvt} \leq 0,94$, thì P_{hp} giảm từ 0,38% đến 0,32%, tức là giảm 6%.

Khi $0,94 \leq h_{bvt} \leq 0,95$, thì P_{hp} giảm từ 0,32% đến 0,26%, tức là giảm 6%.

Khi $0,95 \leq h_{bvt} \leq 0,96$, thì P_{hp} giảm từ 0,26% đến 0,21%, tức là giảm 5%.

Khi $0,96 \leq h_{bvt} \leq 0,97$, thì P_{hp} giảm từ 0,21% đến 0,15%, tức là giảm 6%.

Khi $0,97 \leq h_{bvt} \leq 0,98$, thì P_{hp} giảm từ 0,15% đến 0,10%, tức là giảm 5%.

Khi $0,98 \leq h_{bvt} \leq 0,99$, thì P_{hp} giảm từ 0,10% đến 0,05%, tức là giảm 5%.

Khi $0,99 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, thì P_{hp} giảm từ 0,05% đến 0,00%, tức là giảm 5%.

Mặt khác, từ Bảng 1, chẳng hạn, cùng hệ số bảo vệ $h_{bvt}=0,10$, khi tăng giá trị thời gian giới hạn cho phép $T_{gh}=1s$, thì xác suất P_{hp} sẽ tăng đều và cùng đạt giá trị rất lớn bằng 90%, thì xác suất P_{hp} sẽ tăng đều và bằng $P_{hp}=0,9\%$, cụ thể:

Khi $1s \leq T_{gh1,2} \leq 2s$, thì P_{hp} tăng từ 9,00% đến 18,00%, tức là tăng 90%.

Khi $2s \leq T_{gh2,3} \leq 3s$, thì P_{hp} tăng từ 18,00% đến 27,00%, tức là tăng 90%.

Khi $3s \leq T_{gh3,4} \leq 4s$, thì P_{hp} tăng từ 27,00% đến 36,00%, tức là tăng 90%.

Khi $4s \leq T_{gh4,5} \leq 5s$, thì P_{hp} tăng từ 36,00% đến 45,00%, tức là tăng 90%.

Khi $5s \leq T_{gh5,6} \leq 6s$, thì P_{hp} tăng từ 45,00% đến 54,00%, tức là tăng 90%.

Khi $6s \leq T_{gh6,7} \leq 7s$, thì P_{hp} tăng từ 54,00% đến 63,00%, tức là tăng 90%.

Khi $7s \leq T_{gh7,8} \leq 8s$, thì P_{hp} tăng từ 63,00% đến 72,00%, tức là tăng 90%.

Khi $8s \leq T_{gh8,9} \leq 9s$, thì P_{hp} tăng từ 72,00% đến 81,00%, tức là tăng 90%.

Khi $9s \leq T_{gh9,10} \leq 10s$, thì P_{hp} tăng từ 81,00% đến 90,00%, tức là tăng 90%.

Phân tích chi tiết khi tăng thời gian giới hạn cho phép $T_{ghi}=100\%$, với cùng hệ số $h_{bvt}=0,95$, trong miền hệ số lớn nhất $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, thì giá trị xác suất P_{hp} tăng tương đối đều, ổn định và chênh lệch không quá 1%. Tương ứng, tăng giá trị $T_{gh}=1\%$, thì P_{hp} tăng đều và không quá 0,01%.

5. Kết luận

Bài báo phân tích chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin thông qua miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS. So sánh một tương đối miền hệ số đầu nhỏ nhất $0,10 < h_{bvt} \leq 0,2$ với miền hệ số cuối lớn nhất $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, khi tăng hệ số $h_{bvt}=10\%$, thì xác suất P_{hp} giảm mạnh, từ 25% xuống 0,56%, tức là giảm $\Delta P_{hp}=25\%-0,56\%=24,44\%$.

Tương đương nếu tăng hệ số $h_{bvt}=1\%$, thì xác suất P_{hp} giảm 2,444%. Xác suất P_{hp} giảm rất nhanh và rõ rệt khi hệ số h_{bvt} tăng nhanh và tiệm cận đến 1,0.

So sánh 2 trường hợp đã đưa ra ở trên, với cùng hệ số bảo vệ thông tin $h_{bvt}=0,10$ và $h_{bvt}=0,95$, cùng tăng giá trị $T_{ghi}=100\%$, nhận thấy rằng: Mức độ chênh lệch trung bình giá trị xác suất P_{hp} tăng rất lớn:

$$\Delta P_{hp} = 90\% - 6\% = 94\%.$$

Hay tương đương nếu tăng $T_{gh} = 1\%$, thì giá trị xác suất P_{hp} tăng 0,94%.

Để góp phần nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải, trong trường hợp này mục tiêu cần đạt được là giảm giá trị xác suất P_{hp} càng nhỏ càng tốt, khi giá trị thời gian giới hạn cho phép T_{ghi} nhỏ nhất, nghĩa là: $T_{ghi} = T_{ghimin} \rightarrow 0s$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chung Nghĩa, Đồng Văn Hường, Đặng Đình Chiến, Vũ Đăng Thái (2024). *Phân tích miền xác định hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số 7/2024, tr. 99-101.
- [2] TS.TTr. Phạm Kỳ Quang, ThS.TTr. Nguyễn Thái Dương, TS.TTr. Nguyễn Phùng Hưng (2012), *Giáo trình Địa văn Hàng hải, tập 1, 2, 3*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật; NXB. GTVT, Hà Nội.
- [3] PGS.TS. Phạm Kỳ Quang, PGS.TS. Đinh Xuân Mạnh (2014), *Lý thuyết độ tin cậy hàng hải*. NXB. Hàng hải, Hải Phòng.

- [4] Phạm Kỳ Quang, Nguyễn Xuân Phương (2016). *Xây dựng mô hình toán đánh giá hiệu quả làm việc tối ưu trong các kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GPS*, Tạp chí Giao thông vận tải.
- [5] Фам Ки Куанг. *Исследование влияния электромагнитной защищённости информационных каналов широкозонных дифференциальных подсистем на точность мониторинга и управления движением судов*, Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, с.169, 2010.
- [6] Ю.Г. Вишневецкий., А.А. Сикарев. *Поля поражения сигналов и электромагнитная защищённость информационных каналов в АСУДС*, М.: СПб “Судостроение”, 356с, 2006.
- [7] Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO. *Nghị quyết A.953 (23), về hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu*, 2003.

Ngày nhận bài:	31/07/2025
Ngày nhận bản sửa:	05/08/2025
Ngày duyệt đăng:	04/09/2025