

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TRUYỀN TÍN HIỆU TRONG KÊNH THÔNG TIN CỦA HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ HÀNG HẢI NHẪM NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC VỊ TRÍ TRONG ĐIỀU KHIỂN TÀU BIỂN

EVALUATION OF SIGNAL TRANSMISSION QUALITY IN THE INFORMATION CHANNEL OF MARITIME SATELLITE SYSTEMS FOR ENHANCING POSITION ACCURACY IN NAVIGATION

PHẠM KỲ QUANG¹, PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA^{2*}, CỐ TẤN ANH VŨ³

¹Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

³Học viện Hàng không Việt Nam

*Email liên hệ: khoapnd@ut.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.2025.i84.875>

Tóm tắt

Hệ thống định vị vệ tinh ứng dụng trong lĩnh vực hàng hải nói chung, gồm: Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GNSS, hệ thống vi sai hàng hải DGPS hoặc hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng SBAS. Hệ thống máy thu đặt trên tàu biển thực hiện thu nhận tín hiệu từ vệ tinh để xác định vị trí tàu biển chính xác. Tuy nhiên, chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh sẽ giảm đáng kể, do bị tác động bởi các yếu tố ngoại cảnh, như: Nhiễu vô tuyến, đặc điểm địa hình khu vực, cấu trúc hình học vệ tinh, sai số quỹ đạo vệ tinh, đồng hồ vệ tinh, mã tín hiệu vệ tinh, sự suy giảm năng lượng trong quá trình truyền tín hiệu, tầng điện ly, điều kiện thời tiết,...

Bài báo tập trung đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải thông qua nhóm tiêu chí, gồm: Hệ số bảo vệ kênh thông tin (h), xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (Php), xác suất truyền tín hiệu kịp thời (Pkt), nhằm nâng cao độ chính xác vị trí tàu, đảm bảo an toàn hàng hải trong điều khiển tàu biển.

Từ khóa: Chất lượng truyền tín hiệu, kênh thông tin, hệ thống vệ tinh định vị, hệ số bảo vệ kênh thông tin, vị trí tàu biển, điều khiển tàu biển.

Abstract

Maritime satellite navigation systems, defined as satellite navigation systems applied in the maritime domain, generally comprise the Global Navigation Satellite System (GNSS), the maritime Differential Global Positioning System (DGPS), or the Satellite-Based Augmentation System (SBAS). Ship receivers acquire signals from satellites to

accurately determine the ship position. However, the quality of signal transmission within the information channel of satellite navigation systems can be significantly degraded by external factors. These include radio interference, regional terrain characteristics, satellite geometry, satellite orbit and clock errors, satellite signal code biases, signal power attenuation during propagation, ionospheric effects and weather conditions,... This research focuses on evaluating the signal transmission quality in the information channel of satellite navigation systems through a set of criteria: the information channel protection factor (h), probability of signal recovery time (Php), and the probability of timely signal transmission (Pkt). The aim is to enhance the accuracy of ship position for ensuring maritime safety during the voyage.

Keywords: Signal transmission quality, information channel, satellite navigation system, information channel protection factor, vessel position, navigation.

1. Đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải

Chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh phụ thuộc nhiều yếu tố tác động, có thể kể đến: Nhiễu vô tuyến, đặc điểm địa hình khu vực, cấu trúc hình học vệ tinh, sai số quỹ đạo vệ tinh, đồng hồ vệ tinh, mã tín hiệu vệ tinh, sự suy giảm năng lượng trong quá trình truyền tín hiệu, tầng điện ly, điều kiện thời tiết,...

Tuy nhiên, ảnh hưởng của nhiễu vô tuyến có tính chất phổ biến, liên tục và tương đối phức tạp, là yếu tố một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến

sự suy giảm chất lượng tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh. Tuy nhiên, trong giới hạn nghiên cứu, nhóm tác giả không xét cụ thể yếu tố nào tác động đến sự suy giảm chất lượng tín hiệu, mà tập trung xét trường hợp có tính tổng quát nhất, nghĩa là khi kênh thông tin chịu ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh.

Liên quan đến vấn đề này, trong thời gian gần đây, từ năm 2022 đến 2025, trong các công trình đã công bố [1], [2], [4], tiếp tục nghiên cứu sâu về hệ thống vệ tinh ứng dụng trong hàng hải, sử dụng nhóm chỉ tiêu kỹ thuật an toàn hàng hải đánh giá chất lượng kênh thông tin, hiệu quả làm việc tối ưu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh.

Mặt khác, từ năm 2008 đến 2016, trong các công trình [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], đã công bố một số vấn đề có tính chất giả định liên quan đến đánh giá độ tin cậy an toàn hàng hải, đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống vệ tinh bằng cách sử dụng các tiêu chí kỹ thuật an toàn hàng hải, trên cơ sở hệ số bảo vệ kênh thông tin khi tính toán mô phỏng giả định, khi có ảnh hưởng của một loại nhiễu vô tuyến trong kênh thông tin của các hệ thống GLONASS, INMARSAT, AIS,... hơn nữa, từ năm 2006 đến 2012, tại Liên bang Nga, trong [13], [14], [15], đã công bố kết quả liên quan đến vùng lỗi tín hiệu do ảnh hưởng của nhiễu vô tuyến, từ đó đánh giá ảnh hưởng hệ số kênh thông tin bảo vệ của hệ thống vệ tinh GLONASS, INMARSAT.

Tuy nhiên, trong bài báo này nhóm tác giả sử dụng miền hệ số kênh thông tin bảo vệ tổng quát đã tính đến ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh, để áp dụng tính toán. Đây là điểm khác cơ bản với các công trình khoa học của các tác giả đã công bố trước đó.

Thực tiễn hàng hải, có nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, hơn nữa có nhiều tiêu chí khác nhau có thể được lựa chọn tùy thuộc điều kiện áp dụng, phương pháp, tình hình thực tiễn, như: Tính toán vận thông tin, tính thông suốt thông tin, sai số bình phương trung bình, sai số hình học của phương pháp, sai số độ chính xác vị trí định vị, xác suất an toàn hàng hải,... Trong giới hạn nghiên cứu, nhóm tác giả sử dụng nhóm các tiêu chí sau:

- Hệ số bảo vệ kênh thông tin (h), trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải.
- Xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (P_{hp}), tính theo %, trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải.
- Xác suất truyền tín hiệu kịp thời (P_{th}), tính theo %, trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh hàng hải.

Đối với hệ số bảo vệ kênh thông tin (h): Có thể coi

như một tiêu chí độc lập hoặc một phần quan trọng của nhóm tiêu chí, một đặc trưng cho chất lượng truyền tín hiệu thông tin trong các kênh thông tin của hệ thống vệ tinh hàng hải, khi có ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh tác động. Mặt khác, hệ số này không những đặc trưng cấu trúc tổ hợp của hệ thống, mà còn thể hiện cho độ tin cậy, chất lượng hoạt động an toàn trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh hàng hải.

Đối với hệ số bảo vệ kênh thông tin được tính theo công thức (1) [1], [3], [9], [13], [14]:

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

Trong đó: S_l - Diện tích vùng lỗi tín hiệu do ảnh hưởng nhiễu đến kênh thông tin; $S_{lmax} = 441$ đơn vị diện tích (đvdt) [14], giá trị vùng lỗi tín hiệu lớn nhất.

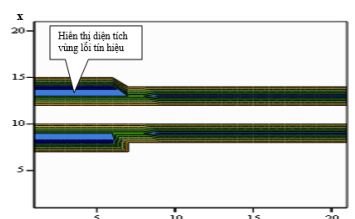
Từ (1) phân tích và nhận xét rằng: Xét về cơ sở lý thuyết và toán học, miền giá trị hệ số bảo vệ kênh thông tin, hay miền hệ số bảo vệ tổng quát biến thiên theo (2):

$$0 < h \leq 1,0 \quad (2)$$

Mặt khác, giá trị h tiệm cận với h_{max} là tối ưu nhất, khi đó gần như không có tác động của yếu tố phi tuyến, đặc biệt là của nhiễu vô tuyến. Thực tế, hoàn toàn có thể xây dựng mô hình toán, tính toán mô phỏng diện tích vùng lỗi tín hiệu bằng các phần mềm chuyên dụng khác nhau, có thể sử dụng phần mềm MathCad, Matlab & Simulink,... khi có ảnh hưởng của một hay một số nhiễu vô tuyến. Kết quả tính toán mô phỏng, được so sánh với miền biến thiên tổng quát (2), sẽ tìm được miền biến thiên tối ưu, theo từng điều kiện biên cụ thể, thỏa mãn (3) [3], [13], [14]:

$$h_{mô phỏng} < h \leq 1,0 \quad (3)$$

Chẳng hạn, kế thừa kết quả ứng dụng chương trình MathCad, tính toán mô phỏng diện tích vùng lỗi tín hiệu của hệ thống vệ tinh GLONASS khi ảnh hưởng của nhiễu vô tuyến, kết quả nhận được phần hiển thị diện tích vùng lỗi tín hiệu theo trục x và y , thỏa mãn cùng thứ nguyên đơn vị diện tích (đvdt), là khoảng $S_l \approx 176,5$ (đvdt) [10], [13], [14], mô tả theo Hình 1.



Hình 1. Kết quả tính toán mô phỏng diện tích vùng lỗi tín hiệu của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GLONASS

Từ (1), (2), (3) và kết quả nhận được, tính toán hệ số bảo vệ kênh thông tin theo mô phỏng là $h_{mô phỏng} = 0,6$, thỏa mãn miền hệ số:

$$0,6 \leq h \leq 1,0 \quad (4)$$

Thực tiễn hàng hải, miền hệ số lớn nhất mong muốn đạt được, khi có ảnh hưởng của nhiễu vô tuyến tác động trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị, thỏa mãn điều kiện (5):

$$0,9 \leq h \leq 1,0 \quad (5)$$

Hơn nữa, trong miền hệ số (5), có thể tính toán, mô phỏng và lựa chọn được miền hệ số h tối ưu. Tuy nhiên, điều này phụ thuộc nhiều yếu tố phi tuyến tác động, khả năng ổn định của hệ thống, khả năng khử và lọc nhiễu của bộ thiết bị chuyên dụng,... khi đó chất lượng hoạt động của kênh thông tin được nâng cao tính ổn định và độ tin cậy.

Xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (P_{hp}):

Xác suất hồi phục sự cố tín hiệu có mối quan hệ chặt chẽ và phụ thuộc vào hệ số bảo vệ kênh thông tin, coi như một hàm số của h và thỏa mãn (6):

$$P_{hp} = f(h) \quad (6)$$

Gọi λ là cường độ xuất hiện sự cố tín hiệu, μ là cường độ hồi phục sự cố tín hiệu, khi đó, hệ số tỷ lệ của hai đại lượng xác định và thỏa mãn (7) [3], [13], [5], [8], [13], [14]:

$$\gamma = \frac{\lambda}{\mu} \text{ hay } \gamma = \frac{T_{hp}}{T_{gh}} \quad (7)$$

Trong đó: T_{hp} - Thời gian làm việc bình thường của kênh thông tin, (s); T_{gh} - Thời gian giới hạn cho phép truyền tín hiệu thông tin của kênh thông tin, (s).

Từ công thức (7), trường hợp tổng quát hệ số bảo vệ h xác định theo công thức (8).

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

Từ (6), (7) và (8), mô hình tính xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, khi ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh, xác định theo công thức (9).

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

Đối với xác suất truyền tín hiệu kịp thời (P_{th}):

Xác suất tín hiệu kịp thời trong kênh thông tin (P_{th}), góp phần nâng cao độ chính xác hàng hải, được đặc trưng bằng xác suất lỗi, hơn nữa, đảm bảo khoảng thời gian truyền tín hiệu trong hệ thống (t) khi ảnh hưởng của lỗi luôn nhỏ hơn thời gian giới hạn (t_{gh}).

Xác suất tín hiệu kịp thời trong kênh thông tin phụ thuộc chặt chẽ vào hệ số bảo vệ kênh thông tin h , coi như là một hàm số của h , thỏa mãn điều kiện (10):

$$P_{th} = f(h) \quad (10)$$

Xác suất truyền tín hiệu kịp thời P_{th} theo hệ số bảo vệ kênh thông tin h của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải được xác định theo công thức (11).

$$P_{th} = [h + (1 - h) \times e^{-(\lambda + \mu)t}] \times e^{-\lambda T_{ghi}} \quad (11)$$

Trong đó: t - khoảng thời gian chuyển tiếp khi thời điểm bắt đầu can thiệp của yếu tố ngoại cảnh và không vượt quá 2 giây, đồng thời $\mu = \mu_{max} = 2$, theo Nghị quyết A.953 (23) năm 2003 và được bổ sung, sửa đổi theo Nghị quyết A.1046 (27) năm 2011, của Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO [11], [12], nghĩa là thỏa mãn (12):

$$t \leq t_{gh} \leq 2s \quad (12)$$

2. Kết quả tính toán chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải

Kết quả tính toán chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, được kế thừa và ứng dụng từ kết quả đạt được theo (4).

Sử dụng phần mềm Excel, cho kết quả tính toán chi tiết xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và xác suất truyền tín hiệu kịp thời trong kênh thông tin của hệ thống GLONASS, mô tả Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Kết quả tính toán xác suất xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu P_{hp} theo hệ số bảo vệ h

h	γ	Xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu (P_{hp})				
		$T_{gh} = 1$	$T_{gh} = 2$	$T_{gh} = 3$	$T_{gh} = 4$	$T_{gh} = 5$
0,60	0,67	0,67	1,33	2,00	2,67	3,33
0,70	0,43	0,43	0,86	1,29	1,71	2,14
0,80	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
0,90	0,11	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bảng 2. Kết quả tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời P_{th} theo hệ số bảo vệ h

h	γ	λ	Xác suất truyền tín hiệu kịp thời (P_{th})				
			$T_{gh} = 1$	$T_{gh} = 2$	$T_{gh} = 3$	$T_{gh} = 4$	$T_{gh} = 5$
0,60	0,667	1,333	0,162	0,043	0,011	0,003	0,001
0,70	0,429	0,857	0,304	0,129	0,055	0,023	0,010
0,80	0,250	0,500	0,495	0,300	0,182	0,110	0,067
0,90	0,111	0,222	0,729	0,584	0,468	0,374	0,300
1,00	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Từ kết quả Bảng 1 và Bảng 2, xây dựng đồ thị quan hệ giữa xác suất xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và xác suất truyền tín hiệu kịp thời với hệ số bảo vệ h trong kênh thông tin của hệ thống GLONASS khi ảnh hưởng của nhiễu mô tả theo Hình 2 và Hình 3.

3. Phân tích, đánh giá kết quả tính toán chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải

- Đối với xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu $P_{hp}(\%)$, theo hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vệ tinh, phân tích, đánh giá kết quả theo Bảng 1 và Hình 2, nhận xét rằng:

Đồ thị mô tả quan hệ xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu với hệ số bảo vệ theo Hình 1 có dạng đường thẳng. Cụ thể xác suất P_{hp} sẽ giảm khi hệ số bảo vệ h tăng theo và ngược lại:

Chẳng hạn, xét trường hợp cùng giá trị $T_{gh}=3s$, khi tăng hệ số $h=0,10$, thì giá trị xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu $P_{hp}(\%)$ sẽ giảm, mức độ giảm phụ thuộc miền hệ số h .

Khi $0,60 \leq h \leq 0,70$, thì xác suất P_{hp} giảm từ 2,00% xuống 1,29%, tức là giảm 0,71%.

Khi $0,70 \leq h \leq 0,80$, thì xác suất P_{hp} giảm từ 1,29% xuống 0,75%, tức là giảm 0,54%.

Khi $0,80 \leq h \leq 0,90$, thì xác suất P_{hp} giảm từ 0,75% xuống 0,33%, tức là giảm 0,42%.

Khi $0,90 \leq h \leq 1,0$, thì xác suất P_{hp} giảm từ 0,33% xuống 0,00%, tức là giảm 0,33%.

- Đối với giá trị T_{gh} khác, hoàn toàn tương tự phân tích, đánh giá kết quả tính toán xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu P_{hp} và nhận được giá trị mức độ % giảm cụ thể.

Mặt khác, từ Bảng 1, chẳng hạn, xét cùng hệ số bảo vệ $h=0,6$, khi tăng giá trị thời gian giới hạn cho phép $T_{gh}=1s$, thì xác suất $P_{hp}(\%)$ sẽ tăng đều và đạt khoảng 0,66%, cụ thể:

Khi $1s \leq T_{gh} \leq 2s$, thì xác suất P_{hp} tăng từ 0,67% đến 1,33%, tức là tăng 0,66%.

Khi $2s \leq T_{gh} \leq 3s$, thì xác suất P_{hp} tăng từ 1,33% đến 2,00%, tức là tăng 0,67%.

Khi $3s \leq T_{gh} \leq 4s$, thì xác suất P_{hp} tăng từ 2,00% đến 2,67%, tức là tăng 0,67%.

Khi $4s \leq T_{gh} \leq 5s$, thì xác suất P_{hp} tăng từ 2,67% đến 3,33%, tức là tăng 0,66%.

- Đối với xác suất thời truyền tín hiệu kịp thời P_{th} , theo hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vệ tinh, phân tích, đánh giá kết quả theo Bảng 2 và Hình 3, nhận xét rằng:

Đồ thị mô tả quan hệ xác suất truyền tín hiệu kịp thời với hệ số bảo vệ theo Hình 3 có dạng đường thẳng. Cụ thể xác suất $P_{th}(\%)$ sẽ tăng, khi hệ số bảo vệ h tăng theo và ngược lại:

Chẳng hạn, xét trường hợp cùng giá trị $T_{gh}=3s$, khi tăng hệ số $h=0,10$, thì giá trị xác suất truyền tín hiệu kịp thời P_{th} sẽ tăng và mức tăng khá nhanh, phụ thuộc miền hệ số h .

Khi $0,60 \leq h \leq 0,70$, thì xác suất P_{th} tăng từ 0,011% đến 0,055%, tức là tăng 0,044%.

Khi $0,70 \leq h \leq 0,80$, thì xác suất P_{th} tăng từ 0,055% đến 0,182%, tức là tăng 0,127%.

Khi $0,80 \leq h \leq 0,90$, thì xác suất P_{th} tăng từ 0,182% đến 0,486%, tức là tăng 0,304%.

Khi $0,90 \leq h \leq 1,0$, thì xác suất P_{th} tăng từ 0,486% đến 1,00%, tức là tăng 0,514%.

- Đối với giá trị T_{gh} khác, hoàn toàn tương tự phân tích, đánh giá kết quả tính toán xác suất truyền tín hiệu P_{th} và nhận được giá trị mức độ % tăng cụ thể.

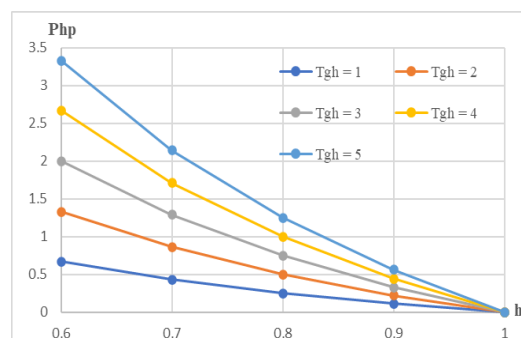
Mặt khác, từ Bảng 2, chẳng hạn, xét cùng hệ số bảo vệ $h=0,6$, khi tăng giá trị thời gian giới hạn cho phép $T_{gh}=1s$, thì xác suất $P_{th}(\%)$ giảm khá nhanh, cụ thể:

Khi $1s \leq T_{gh} \leq 2s$, thì xác suất P_{th} giảm từ 0,162% xuống 0,043%, tức là giảm 0,119%.

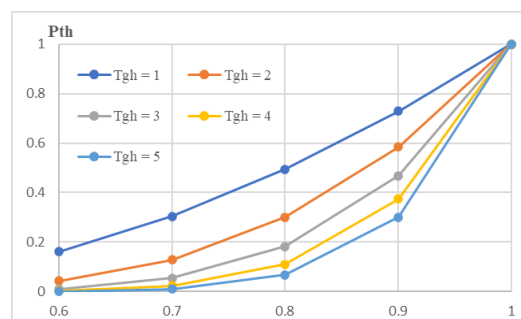
Khi $2s \leq T_{gh} \leq 3s$, thì xác suất P_{th} giảm từ 0,043% xuống 0,011%, tức là giảm 0,032%.

Khi $3s \leq T_{gh} \leq 4s$, thì xác suất P_{th} giảm từ 0,011% xuống 0,003%, tức là giảm 0,008%.

Khi $4s \leq T_{gh} \leq 5s$, thì xác suất P_{th} giảm từ 0,003% xuống 0,001%, tức là giảm 0,002%.



Hình 2. Đồ thị mô tả xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và hệ số bảo vệ kênh thông tin, khi biết T_{ghi}



Hình 3. Đồ thị mô tả xác suất truyền tín hiệu kịp thời và hệ số bảo vệ kênh thông tin, khi biết T_{ghi}

4. Kết luận

Bài báo thực hiện đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, theo miền hệ số bảo vệ kênh thông tin, thông qua hai chỉ tiêu quan trọng là xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu và xác suất truyền tín hiệu kịp thời.

Từ kết quả tính toán chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, kết luận rằng: Để cải thiện chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, góp phần nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải, cần thực hiện:

Giảm giá trị xác suất hồi phục sự cố tín hiệu P_{hp} càng nhỏ càng tốt, khi giá trị thời gian giới hạn cho phép T_{ghi} nhỏ nhất, nghĩa là: $T_{ghi} = T_{ghimin} \rightarrow 0s$. Trong trường hợp này, so sánh tương đối hai miền hệ số bảo vệ $0,60 \leq h \leq 0,70$ với $0,90 \leq h \leq 1,0$, thì xác suất P_{hp} giảm từ 0,71% xuống 0,33%, tức là giảm 0,38%.

Tăng giá trị xác suất truyền tín hiệu kịp thời P_{th} , khi giảm giá trị T_{ghi} , nghĩa là: $P_{th} = P_{thmax}$, khi $T_{ghi} = T_{ghimin} \rightarrow 0s$. Trường hợp này, so sánh tương đối hai miền hệ số bảo vệ $0,60 \leq h \leq 0,70$ với $0,90 \leq h \leq 1,0$, thì xác suất P_{th} tăng từ 0,044% đến 0,514%, tức là tăng 0,47%.

Hơn nữa, trên cơ sở hai chỉ tiêu này theo hệ số kênh thông tin bảo vệ, hoàn toàn có thể nghiên cứu mở rộng với các chỉ tiêu khác, chẳng hạn: Xác suất an toàn hàng hải, sai số trung bình độ chính xác vị trí tàu biển, sai số bình phương trung bình phương pháp, suy giảm năng lượng truyền tín hiệu do đặc điểm địa hình, trong không gian tự do, tầng điện ly, điều kiện mưa, ảnh hưởng của khí quyển, điều kiện thời tiết, dải tần số, quỹ đạo vệ tinh,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ThS. Chung Nghĩa, PGS. TS. Đồng Văn Hường, TS. Đặng Đình Chiến, TS. 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.
- [2] TS. Phạm Nguyên Đăng Khoa, ThS. Nguyễn Tiên Phương (2025). *Phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin internet vệ tinh Starlink trong điều khiển tàu biển*. Tạp chí Xây dựng, Số 7/2025.
- [3] PGS.TS. Phạm Kỳ Quang. *Giáo trình Lý thuyết độ tin cậy hàng hải*. Nhà xuất bản Hàng hải, 2014.
- [4] PGS.TS. Nguyễn Xuân Phương, GS.TS. Phạm Kỳ Quang (Đồng chủ biên) và tác giả khác (2025).

Sách chuyên khảo: Công nghệ ứng dụng trong điều khiển tàu biển. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

- [5] TS.TTr. Phạm Kỳ Quang, KS. Nguyễn Cảnh Lam (2010). *Ảnh hưởng của xác suất truyền tín hiệu thông tin trong đường dây vô tuyến của hệ thống GLONASS đối với độ chính xác an toàn hàng hải*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số 9/2010.
- [6] TS.TTr. Phạm Kỳ Quang, KS. Lê Văn Hải, KS. Lại Thế Việt (2011). *Lựa chọn chỉ tiêu tối ưu hệ số điện từ trường bảo vệ trong đường dây vô tuyến của các hệ thống vệ tinh GLONASS và INMARSAT nhằm nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải*. Giao thông vận tải, Số 5/2011.
- [7] TS. Phạm Kỳ Quang (2011). *Mô hình hóa vùng chết tín hiệu nối tiếp trong đường dây vô tuyến của hệ thống vi sai hàng hải nhằm nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 26.
- [8] Phạm Kỳ Quang (2009). *Ảnh hưởng hệ số của kênh thông tin bảo vệ điện từ trường trong hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng (Kắt) đối với hiệu quả của hệ thống tự động điều khiển tàu thủy (TĐDKTT)*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 18.
- [9] Phạm Kỳ Quang, GS. Вишневецкий. Ю. Г (2008). *Ảnh hưởng kênh thông tin bảo vệ điện từ trường của hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng đảm bảo an toàn hàng hải*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 14.
- [10] 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.
- [11] Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO. *Nghị quyết A.953 (23) về Hệ thống vô tuyến toàn cầu*, ngày 05/12/2003.
- [12] Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO. *Nghị quyết A.1046(27) về Hệ thống vô tuyến toàn cầu*, ngày 30/11/2011.
- [13] Фам Ки Куанг (2010). *Исследование влияния электромагнитной защищённости информационных каналов широкозонных дифференциальных подсистем на точность мониторинга и управления движением судов, Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций*, с.169.

- [14] Ю.Г. Вишне夫斯基., А.А. Сикарев (2006). *Поля поражения сигналов и электромагнитная защищённость информационных каналов в АСУДС*, М.: СПб “Судостроение”, 356с.
- [15] Ю. Г. Вишне夫斯基, Фам Ки Куанг, Е. А Мисник (2010). *Анализ воздействия взаимных помех на спутниковую радионавигационную систему ГЛОНАСС*. «Вопросы радиоэлектроники». Вып. 1, М., , С.117-120.

Ngày nhận bài:	13/08/2025
Ngày nhận bản sửa lần 1:	05/09/2025
Ngày nhận bản sửa lần 2:	10/09/2025
Ngày duyệt đăng:	10/09/2025