

TÍNH TOÁN XÁC SUẤT TRUYỀN TÍN HIỆU KỊP THỜI THEO HỆ SỐ BẢO VỆ
KÊNH THÔNG TIN CỦA HỆ THỐNG VI SAI HÀNG HẢI KHU VỰC RỘNG
EGNOS VÀ MSAS GÓP PHẦN NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC VỊ TRÍ TÀU BIỂN
CALCULATION OF TIMELY SIGNAL TRANSMISSION PROBABILITY BASED ON
THE INFORMATION CHANNEL PROTECTION FACTOR OF EGNOS AND MSAS
CONTRIBUTING TO ENHANCED SHIP POSITIONING ACCURACY

NGUYỄN VĂN TÂN¹, NGUYỄN TIỀN PHƯƠNG¹, CHUNG NGHĨA¹, NGUYỄN
XUÂN PHƯƠNG¹, TRỊNH XUÂN TÙNG^{2*}, ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN², LÊ ĐỨC BÌNH²

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

²Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: trinxuantung@vamaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.946>

Tóm tắt

Hệ thống EGNOS của Liên minh Châu Âu và MSAS của Nhật Bản đều là các hệ thống mới, thuộc nhóm hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng SBAS. Hệ thống MSAS hoạt động khá đầy đủ giai đoạn 3 từ năm 2023 và từ năm 2025 đối với EGNOS. Điểm khác nhau cơ bản là vùng bao phủ hoạt động, độ chính xác và độ tin cậy vị trí tàu biển xác định của mỗi hệ thống. Hệ thống tăng cường tín hiệu từ các hệ thống vệ tinh địa tĩnh toàn cầu GEO, nâng cao độ chính xác, độ tin cậy vị trí tàu biển và tăng khoảng 5 lần so với hệ thống vi sai hàng hải DGPS với xác suất $P=95\%$. Tuy nhiên, độ chính xác, độ tin cậy vị trí tàu biển xác định phụ thuộc vào chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của mỗi hệ thống và đặc trưng bởi xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo hệ số bảo vệ kênh thông tin.

Xét trường hợp tổng quát, bài báo xây dựng mô hình toán, tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số bảo vệ trong kênh thông tin của hệ thống EGNOS và MSAS, góp phần nâng cao độ chính xác và độ tin cậy hàng hải.

Từ khóa: Xác suất truyền tín hiệu, hệ số bảo vệ kênh thông tin, hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng EGNOS và MSAS.

Abstract

The European Geostationary Navigation Overlay Services of European Union (EGNOS) and MTSAT Satellite Augmentation System of Japan (MSAS) are both newly developed, belonging to the group of Satellite Based Augmentation Systems (SBAS). The MSAS system has been fully operational in phase 3 since 2023, while EGNOS

reached this stage in 2025. The fundamental differences lie in their coverage areas, accuracy levels, and the reliability of ship positioning determined by each system. These systems enhance signals from global Geostationary Earth Orbit (GEO) satellites, improving the accuracy and reliability of ship positioning by approximately five times compared to the Differential Global Positioning System (DGPS), with a probability of $P=95\%$. However, the accuracy and reliability of ship positioning depend on the quality of signal transmission within the information channel, characterized by the probability of timely signal transmission according to the channel protection factor.

In the general case, this research develops a mathematical model to calculate the probability of timely signal transmission within the domain of channel protection factors for the EGNOS and MSAS, thereby contributing to improved navigation accuracy and reliability.

Keywords: Signal transmission probability, channel protection factor, EGNOS and MSAS.

1. Đặt vấn đề

Chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, của hệ thống vi sai hàng hải DGPS, hệ thống SBAS, trong đó có EGNOS và MSAS, phụ thuộc nhiều yếu tố tác động phi tuyến. Chất lượng truyền tín hiệu đặc trưng bởi hệ số bảo vệ kênh thông tin, ký hiệu h_{bvt} , quyết định đến hiệu quả làm việc kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh, thông qua các chỉ tiêu hay nhóm chỉ tiêu khác nhau, tùy thuộc điều kiện cụ thể để giới hạn tính toán mô phỏng. Một trong những chỉ tiêu quan trọng theo hệ số bảo vệ là xác suất (ký hiệu P_{th}) truyền tín hiệu

kịp thời của hệ thống định vị vệ tinh nói chung.

Trong giới hạn bài báo này, nhóm tác giả phân tích tổng quát về cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động và đánh giá độ chính xác vị trí xác định tàu biển của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS.

Mặt khác, ứng dụng miền hệ số bảo vệ kênh thông tin (h_{bvt}) để đánh giá chất lượng truyền tín hiệu của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS khi yếu tố ngoại cảnh tác động. Hơn nữa, bài báo không xem xét cụ thể yếu tố ngoại cảnh nào tác động làm ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu trong kênh thông tin, ảnh hưởng đến độ chính xác vị trí xác định tàu biển.

Thực tế, khá nhiều công trình khoa học đã công bố liên quan đến lĩnh vực này, có thể kể đến:

- Giai đoạn từ năm 2006 đến 2020 công trình [5-10], liên quan đến phân tích, đánh giá tổng quan về hệ thống vệ tinh, hệ thống SBAS, chất lượng truyền tín hiệu của hệ thống vệ tinh, hệ thống DGPS, hệ thống SBAS theo miền hệ số bảo vệ h_{bvt} , do tác động của yếu tố ngoại cảnh.

- Giai đoạn từ năm 2021 đến năm 2025, công trình [3], [4], công bố kết quả nghiên cứu về tính toán chỉ tiêu an toàn hàng hải theo hệ số h_{bvt} , tối ưu hóa chất lượng kênh thông tin và hiệu quả hoạt động kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh, hệ thống vi sai hàng hải, nâng cao an toàn hàng hải, phù hợp với Nghị quyết của IMO.

- Năm 2026, công trình [1], [2], đã công bố một số vấn đề liên quan đến nguyên lý cấu trúc, hoạt động, độ chính xác vị trí tàu xác định, độ tin cậy của hệ thống vệ tinh hàng hải, cụ thể: Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GNSS (*Compass Navigation Satellite System*): GPS (Hoa Kỳ), GLONASS (Liên bang Nga), Galileo (Liên minh Châu Âu), CNSS (Trung Quốc), QZSS (Nhật Bản), IRNSS (Ấn Độ). Hệ thống vi sai hàng hải thế hệ mới, gồm: DGPS, SBAS, WAAS (Hoa Kỳ), EGNOS (Liên minh Châu Âu), MSAS (Nhật Bản), GAGAN (Ấn Độ). Hơn nữa, đề cập đến ứng dụng hệ thống vệ tinh internet Starlink trong điều khiển tàu biển. Đánh giá hệ số bảo vệ kênh thông tin tổng quát đối với hệ thống DGPS và hệ thống MSAS, nhưng chưa đề cập đến việc áp dụng để tính toán chỉ tiêu kỹ thuật an toàn hàng hải như thế nào.

Các công trình này chủ yếu tính toán mô phỏng kết quả giả định, có tính minh họa xét trong một khoảng hệ số bảo vệ nào đó, khi ảnh hưởng của một yếu tố ngoại cảnh nào đó, chẳng hạn một loại nhiễu. Hơn nữa, chưa thể hiện rõ khi kết hợp các chỉ tiêu kỹ thuật an toàn hàng hải thì tính tối ưu thể hiện như thế nào. Mặt khác, đối tượng áp dụng là giả định kênh thông tin cho

các hệ thống định vị toàn cầu, chưa áp dụng cụ thể cho đối tượng kênh thông tin của EGNOS và MSAS.

Trong bài báo, nhóm tác giả tham khảo, kế thừa và sử dụng cơ sở lý luận miền xác định hệ số h_{bvt} từ các công trình đã công bố trước đó, thỏa mãn miền tổng quát là $0 < h_{bvt} \leq 1$, để tính toán chỉ tiêu xác suất truyền tín hiệu kịp thời trong kênh thông tin cho đối tượng cụ thể là hệ thống EGNOS và MSAS có tính chất tương tự nhau và thuộc hệ thống SBAS.

Theo phương pháp tiếp cận này, bài báo thể hiện điểm khác với các công trình khoa học đã công bố.

2. Tổng quan về hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng EGNOS và MSAS

Hệ thống EGNOS và MSAS thuộc nhóm hệ thống SBAS, có cấu trúc tổ chức và xây dựng tương tự nhau, trên cơ sở nền tảng của hệ thống vi sai hàng hải DGPS [1], [2], [7], [8].

Hệ thống SBAS mô tả theo Hình 1, gồm 3 khâu [1], [2], [7], [8]: Khâu vũ trụ, khâu mặt đất hay khâu điều khiển và khâu sử dụng.

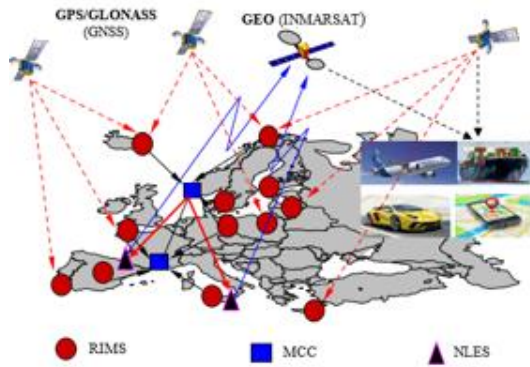


Hình 1. Hệ thống SBAS/EGNOS và SBAS/MSAS

Hệ thống MSAS bắt đầu hoạt động giai đoạn 1 năm 2007, vùng bao phủ toàn bộ lãnh thổ Nhật Bản và phía Bắc của Thái Bình Dương. Hiện tại, hệ thống MSAS đang hoạt động giai đoạn 3, phục vụ hầu hết các lĩnh vực trong đó có hàng hải, đồng thời tiếp tục xây dựng, hoàn thiện theo các giai đoạn theo kế hoạch. Mặt khác, trong công trình [2], nhóm tác giả đã phân tích chi tiết tổng quan hệ thống MSAS và đánh giá độ chính xác, độ tin cậy vị trí xác định của hệ thống MSAS. Vì vậy, trong giới hạn của bài báo, nhóm tác giả chỉ tập trung phân tích tổng quan về hệ thống EGNOS [1], [5-9].

Hệ thống EGNOS phủ toàn bộ Liên minh Châu Âu và phía Tây Bắc của Nga. Dự án xây dựng hệ thống EGNOS từ năm 1995. Năm 2011 hệ thống EGNOS bắt đầu hoạt động giai đoạn 1, cung cấp một số dịch vụ, trong đó có dịch vụ hàng hải cho người sử dụng.

Hệ thống EGNOS, gồm: Khâu vũ trụ, khâu mặt đất hay khâu điều khiển và khâu sử dụng, theo Hình 2.



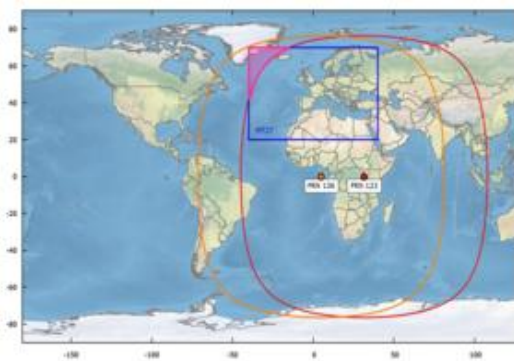
Hình 2. Nguyên lý xây dựng của hệ thống EGNOS

Khâu vũ trụ gồm các vệ tinh địa tĩnh GEO, cụ thể:

- Vệ tinh INMARSAT-3F2/AOR-E nằm phía Đông của Đại Tây Dương tại 15⁰⁵ W với số PRN 120, chính thức ngừng phát sóng EGNOS từ tháng 01/2019.
- Vệ tinh INMARSAT-4F2 Emea/AOR-W ở phía Tây của Đại Tây Dương tại 64⁰ E, với số PRN 126.
- Vệ tinh Astra Ses-5, số PRN 136, tại 5⁰ E.
- Vệ tinh Astra-5B, số PRN 123, tại 31⁰⁵ E, hoạt động từ tháng 6/2014.

Các vệ tinh địa tĩnh GEO: Astra Ses-5 số PRN 136, Astra-5B số PRN 123 và INMARSAT 4F2 Emea, số PRN 12, là một phần của nền tảng hoạt động EGNOS, truyền tín hiệu trong không gian đến người dùng EGNOS.

Từ tháng 3/2020, 2 vệ tinh Astra Ses-5, số PRN 136 và Astra-5B, số PRN 123 đã chính thức hoạt động, mô tả Hình 3. Đồng thời, vệ tinh INMARSAT-4F2 Emea/AOR-W, số PRN126 thực hiện ở chế độ thử nghiệm.



Hình 3. Các vệ tinh địa tĩnh GEO của EGNOS

Hệ thống EGNOS đảm bảo bất kỳ thời điểm nào, ít nhất hai GEO phát tín hiệu hoạt động. Vì chỉ cần theo dõi một liên kết vệ tinh GEO duy nhất để hưởng lợi từ dịch vụ EGNOS, đảm bảo khả năng liên tục trong trường hợp gián đoạn nếu có của dịch vụ.

Năm 2025, hệ thống EGNOS cung cấp các dịch vụ mới từ tín hiệu mới của vệ tinh địa tĩnh Ses-5 và Astra-5B, có khả năng truyền tín hiệu tần số kép tuân thủ thông số kỹ thuật tín hiệu GPS dải tần L_1/L_5 và Galileo E_1/E_5 . Dải tần GPS L_1/L_5 và Galileo E_1/E_5 được tăng cường thông qua quá trình phát triển giai đoạn 3, thế hệ tiếp theo của hệ thống EGNOS là EGNOS V3. EGNOS V3, được thiết lập cung cấp thêm khả năng dịch vụ hệ thống tăng cường dựa trên vệ tinh SBAS trên dải tần L_5 . Cung cấp khả năng sử dụng dịch vụ EGNOS tăng cường trong và ngoài Liên minh Châu Âu, hỗ trợ số lượng người dùng ngày càng tăng lên.

Các vệ tinh GEO phát sóng thông tin hiệu chỉnh vì sai khu vực rộng và tính toàn vẹn cho các vệ tinh GPS/GNSS dải tần $L_1=1575,42MHz$. Tín hiệu này tăng khả năng kiểm soát nguyên vẹn, khả năng thông qua, độ chính xác và tin cậy của xác định vị trí.



Hình 4. Mạng lưới các trạm mặt đất của EGNOS

Khâu mặt đất, mô tả Hình 4 [1], [6-9], gồm mạng lưới các trạm sau:

- 40 trạm giám sát toàn vẹn phạm vi RIMS (*Ranging and Integrity Monitoring System*), với chức năng chính của RIMS là thu thập các phép đo từ vệ tinh GPS/GLONASS/Galileo và truyền dữ liệu thô này mỗi giây đến cơ sở xử lý trung tâm CPF (*Central Processing Facilities*) của mỗi Trung tâm kiểm soát chính MCC (*Master Control Centres*).

- 04 trung tâm kiểm soát chính MCC, có nhiệm vụ nhận thông tin từ trạm RIMS, tính toán và sửa lỗi, đồng thời xử lý dữ liệu để tạo ra các thông báo hiệu chỉnh, để cải thiện độ chính xác của tín hiệu vệ tinh và thông báo về trạng thái của vệ tinh (tính toàn vẹn).

- 06 trạm mặt đất dẫn đường NLES (*Navigation Land Earth Stations*), trong đó 2 trạm NLES cho mỗi quỹ đạo Trái đất của vệ tinh địa tĩnh GEO (để dự phòng), nhằm liên kết và truyền dữ liệu đã hiệu chỉnh từ trạm chính đến vệ tinh GEO để cung cấp cho người dùng, đồng thời đảm bảo đồng bộ với tín hiệu GPS.

- Mạng EWAN (*Wide Area Network*), cung cấp mạng lưới liên lạc cho tất cả trạm mặt đất.

Khâu sử dụng là hệ thống máy thu DGPS đặt trên tàu hoặc máy thu DGPS trên bờ theo mục đích của người sử dụng.

Các trạm máy thu DGPS tương thích với hệ thống vi sai được sử dụng.

Hệ thống EGNOS với chức năng sử dụng vệ tinh GEO phục vụ quá trình truyền tín hiệu từ hệ thống GPS/GLONASS/Galileo. Thực hiện thu thập dữ liệu về tình trạng của khu vực hàng hải đảm bảo đầy đủ và chính xác. Kiểm tra tính nguyên vẹn và độ chính xác, tính độc lập các dữ liệu chức năng ở đầu ra.

Thang đo thời gian hệ thống EGNOS có liên hệ với hệ thống GPS, với độ chính xác không vượt quá 50ns.

Độ chính xác hình học của hệ thống không vượt quá 2,0m, xác suất $P=95\%$, có thể đạt tới centimet. Độ tin cậy, tính toàn vẹn và khả năng thông qua đạt 99,977%, đáp ứng yêu cầu tiêu chuẩn của IMO và Tổ chức Hàng không ICAO.

Bảng 1 mô tả độ chính xác có tính chất tương đối và tham khảo khi tiến hành thực nghiệm tại một số nước thuộc Liên minh Châu Âu, từ năm 2011-2015, trong lĩnh vực hàng hải [1], [6], [8], [9].

Bảng 1. Độ chính xác tương đối của hệ thống EGNOS khi thực nghiệm tại một số nước thuộc Liên minh Châu Âu, từ 2011-2015

Các nước Liên minh châu Âu	Độ chính xác vị trí, (m)
Tây Ban Nha	1,85
Đức	1,90
Bi	1,95
Italia	1,75
Thụy Điển	2,00
Ailen	1,85
Anh	1,92
Bồ Đào Nha	1,95
Phân Lan	2,00
Pháp	1,85

3. Tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS

3.1. Ứng dụng công thức toán để tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời trong kênh thông tin theo miền hệ số bảo vệ của hệ thống EGNOS và MSAS

Hệ số bảo vệ h_{bvtt} , đặc trưng cho chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, hệ thống DGPS, hệ thống SBAS, trong

đó có EGNOS và MSAS, khi có ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh và được tính theo công thức (1) [1], [2], [3], [4], [5], [7], [10].

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

Trong đó: S_l - Diện tích vùng lỗi tín hiệu khi bị ảnh hưởng của nhiễu đến kênh thông tin.

S_{lmax} = 441 đvdt (đơn vị diện tích), giá trị vùng lỗi tín hiệu lớn nhất [5], [10].

Từ công thức (1), xét về cơ sở toán học, miền tổng quát hệ số bảo vệ kênh thông tin h_{bvtt} thỏa mãn (2):

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

Từ miền hệ số (2), nhận thấy rằng: Miền hệ số lớn nhất, có tính đặc trưng luôn thỏa mãn (3).

$$0,9 \leq h_{bvtt} \leq 1 \quad (3)$$

Ứng dụng công thức tính xác suất P_{th} theo hệ số h_{bvtt} trong kênh thông tin của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS, xác định theo (4) [5], [10].

$$P_{th} = [h_{bvtt} + (1 - h_{bvtt}) \times e^{-(\lambda+\mu)t}] \times e^{-\lambda T_{ghi}} \quad (4)$$

Ở đó: t - Khoảng thời gian chuyển tiếp khi yếu tố ngoại cảnh tác động, (s).

λ - Cường độ xuất hiện sự cố tín hiệu trong kênh thông tin;

μ - Cường độ hồi phục sự cố tín hiệu trong kênh thông tin;

T_{gh} - Thời gian giới hạn cho phép truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống, $T_{gh} \neq 0$, (s).

3.2. Kết quả tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số bảo vệ

Từ công thức (4) và ứng dụng phần mềm Excel, cho kết quả tính toán chi tiết xác suất P_{th} của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS, thể hiện Bảng 2.

Từ Bảng 2, xây dựng đồ thị quan hệ giữa xác suất P_{th} với miền hệ số bảo vệ $0 < h_{bvtt} \leq 1$, theo Hình 5 và miền hệ số lớn nhất $0,90 \leq h_{bvtt} \leq 1,0$, theo Hình 6.

3.3. Phân tích, đánh giá kết quả tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số bảo vệ

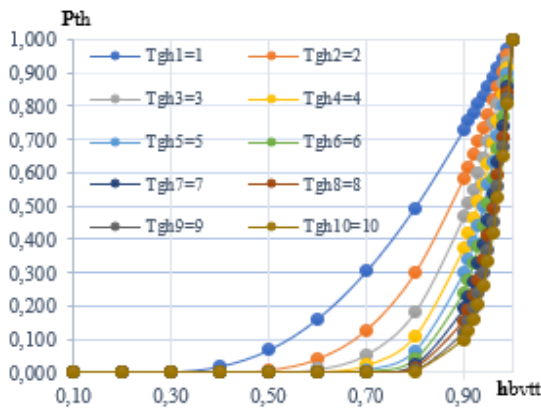
Từ kết quả theo Bảng 1, Hình 5 và Hình 6, phân tích, đánh giá kết quả tính toán xác suất P_{th} của hệ thống EGNOS và MSAS, nhận xét rằng:

Đồ thị mô tả quan hệ xác suất P_{th} theo miền hệ số bảo vệ h_{bvtt} có dạng đường thẳng tuyến tính, nghĩa là xác suất P_{th} sẽ tăng khi hệ số bảo vệ h_{bvtt} tăng và ngược lại, cụ thể:

Với miền tổng quát hệ số bảo vệ $0 < h_{bvtt} \leq 1,0$, xác suất P_{th} bám sát, tiệm cận trục hoành hoành, theo trục hệ số bảo vệ h_{bvtt} . Từ miền hệ số $0 < h_{bvtt} \leq 8,0$, giá trị xác suất $P_{th}=0$, hoặc tăng không đáng kể trong miền hệ số này.

Bảng 2. Kết quả tính toán xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số h_{bvt} trong kênh thông tin của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS

h_{bvt}	γ	λ	Xác suất truyền tín hiệu kịp thời				
			$T_{gh1}= 1$	$T_{gh2}= 2$	$T_{gh3}= 3$	$T_{gh4}= 4$	$T_{gh5}= 5$
0,10	9,000	18,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,20	4,000	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,30	2,333	4,667	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
0,40	1,500	3,000	0,020	0,001	0,000	0,000	0,000
0,50	1,000	2,000	0,069	0,009	0,001	0,000	0,000
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
0,91	0,099	0,198	0,755	0,619	0,508	0,417	0,342
0,92	0,087	0,174	0,781	0,656	0,551	0,463	0,389
0,93	0,075	0,151	0,807	0,694	0,597	0,514	0,442
0,94	0,064	0,128	0,834	0,734	0,646	0,568	0,500
0,95	0,053	0,105	0,861	0,775	0,697	0,628	0,565
0,96	0,042	0,083	0,888	0,817	0,752	0,691	0,636
0,97	0,031	0,062	0,915	0,860	0,809	0,760	0,715
0,98	0,020	0,041	0,943	0,906	0,869	0,835	0,801
0,99	0,010	0,020	0,972	0,952	0,933	0,914	0,896
1,00	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{bvt}	γ	λ	Xác suất truyền tín hiệu kịp thời				
			$T_{gh6}= 6$	$T_{gh7}= 7$	$T_{gh8}= 8$	$T_{gh9}= 9$	$T_{gh10}= 10$
0,10	9,000	18,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,20	4,000	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,30	2,333	4,667	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,40	1,500	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,50	1,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,60	0,667	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,70	0,429	0,857	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000
0,80	0,250	0,500	0,041	0,025	0,015	0,009	0,006
0,90	0,111	0,222	0,240	0,192	0,154	0,123	0,099
0,91	0,099	0,198	0,281	0,230	0,189	0,155	0,127
0,92	0,087	0,174	0,327	0,275	0,231	0,194	0,163
0,93	0,075	0,151	0,380	0,327	0,281	0,242	0,208
0,94	0,064	0,128	0,440	0,388	0,341	0,300	0,264
0,95	0,053	0,105	0,508	0,458	0,412	0,371	0,334
0,96	0,042	0,083	0,585	0,538	0,495	0,456	0,419
0,97	0,031	0,062	0,672	0,632	0,594	0,558	0,525
0,98	0,020	0,041	0,769	0,738	0,709	0,681	0,653
0,99	0,010	0,020	0,878	0,861	0,843	0,827	0,810
1,00	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000



Hình 5. Đồ thị quan hệ giữa xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số $0 < h_{bvt} \leq 1,0$, của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS

Trường hợp miền hệ số bảo vệ lớn nhất: $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, đồ thị dựng nhanh theo trục song song với xác suất P_{th} , thể hiện sự thay đổi xác suất P_{th} rõ rệt và tăng nhanh. Chẳng hạn, xét trường hợp cùng giá trị $T_{gh5} = 5s$, khi tăng hệ số $h_{bvt} = 0,01$, tức tăng $h_{bvt} = 1\%$, thì xác suất P_{hp} tăng, cụ thể:

Khi $0,90 < h_{bvt} \leq 0,91$, P_{th} tăng từ $0,297 \div 0,339$, tức là tăng 4,2%.

Khi $0,91 \leq h_{bvt} \leq 0,92$, P_{th} tăng từ $0,339 \div 0,386$, tức là tăng 4,7%.

Khi $0,92 \leq h_{bvt} \leq 0,93$, P_{th} tăng từ $0,386 \div 0,439$, tức là tăng 5,3%.

Khi $0,93 \leq h_{bvt} \leq 0,94$, P_{th} tăng từ $0,439 \div 0,497$, tức là tăng 5,8%.

Khi $0,94 \leq h_{bvt} \leq 0,95$, P_{th} tăng từ $0,497 \div 0,562$, tức là tăng 6,5%.

Khi $0,95 \leq h_{bvt} \leq 0,96$, P_{th} tăng từ $0,562 \div 0,633$, tức là tăng 7,1%.

Khi $0,96 \leq h_{bvt} \leq 0,97$, P_{th} tăng từ $0,633 \div 0,712$, tức là tăng 7,9%.

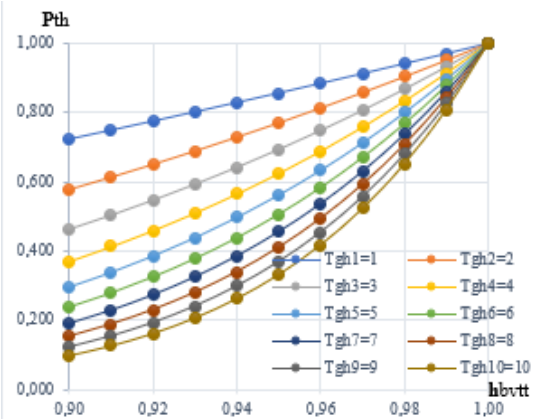
Khi $0,97 \leq h_{bvt} \leq 0,98$, P_{th} tăng từ $0,712 \div 0,799$, tức là tăng 8,7%.

Khi $0,98 \leq h_{bvt} \leq 0,99$, P_{th} tăng từ $0,799 \div 0,895$, tức là tăng 9,6%.

Khi $0,99 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, P_{th} tăng từ $0,895 \div 1,000$, tức là tăng 10,5%.

Nhận xét rằng: Khi tăng hệ số $h_{bvt} = 1\%$, với cùng giá trị $T_{gh5} = 5s$, trong miền hệ số lớn nhất $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, thì giá trị xác suất P_{th} tăng cao dần và mức độ chênh lệch giữa các miền hệ số bảo vệ kế tiếp nhau tăng từ 5% ÷ 9%.

Xét trường hợp cùng hệ số bảo vệ $h_{bvt} = 0,95$, khi tăng giá trị $T_{gh} = 1s$, tức là tăng $T_{gh} = 100\%$, thì xác suất



Hình 6. Đồ thị quan hệ giữa xác suất truyền tín hiệu kịp thời theo miền hệ số $0,90 < h_{bvt} \leq 1,0$, của hệ thống EGNOS và hệ thống MSAS

P_{th} sẽ giảm, cụ thể:

Khi $1s \leq T_{gh1,2} \leq 2s$, P_{th} giảm từ $0,856 \div 0,770$, tức là giảm 8,6%.

Khi $2s \leq T_{gh2,3} \leq 3s$, P_{th} giảm từ $0,770 \div 0,693$, tức là giảm 7,7%.

Khi $3s \leq T_{gh3,4} \leq 4s$, P_{th} giảm từ $0,693 \div 0,624$, tức là giảm 6,9%.

Khi $4s \leq T_{gh4,5} \leq 5s$, P_{th} giảm từ $0,624 \div 0,562$, tức là giảm 6,2%.

Khi $5s \leq T_{gh5,6} \leq 6s$, P_{th} giảm từ $0,562 \div 0,506$, tức là giảm 5,6%.

Khi $6s \leq T_{gh6,7} \leq 7s$, P_{th} giảm từ $0,506 \div 0,455$, tức là giảm 5,1%.

Khi $7s \leq T_{gh7,8} \leq 8s$, P_{th} giảm từ $0,455 \div 0,410$, tức là giảm 4,5%.

Khi $8s \leq T_{gh8,9} \leq 9s$, P_{th} giảm từ $0,410 \div 0,369$, tức là giảm 4,1%.

Khi $9s \leq T_{gh9,10} \leq 10s$, P_{th} giảm từ $0,369 \div 0,332$, tức là giảm 3,7%.

Trong trường hợp này, xác suất P_{th} giảm tương đối đều và mức độ chênh lệch giá trị xác suất ΔP_{th} , thay đổi từ 0,4% ÷ 0,8%, tương đương tăng $T_{gh} = 1\%$, thì chênh lệch giá trị xác suất ΔP_{th} thay đổi từ 0,004% ÷ 0,008%.

4. Kết luận

Nâng cao chất lượng thu nhận tín hiệu trong kênh thông tin, tức là nâng cao độ chính xác định vị, của hệ thống EGNOS và MSAS, phải nâng cao hệ số bảo vệ h_{bvt} , tốt nhất khi tiệm cận giá trị bằng 1, đồng thời phải giảm thời gian giới hạn cho phép T_{ghi} , kết luận rằng:

- Khi tăng hệ số $h_{bvt} = 1\%$, cùng giá trị $T_{gh5} = 5s$, trong miền hệ số lớn nhất $0,90 \leq h_{bvt} \leq 1,0$, thì giá trị

xác suất P_{th} tăng cao dần và mức độ chênh lệch giữa các miền hệ số bảo vệ kế tiếp nhau tăng từ 5% ÷ 9%.

- Khi giảm thời gian giới hạn cho phép T_{ghi}, nghĩa là thời gian giới hạn cho phép T_{ghi} càng nhỏ càng tốt, thỏa mãn: $P_{th}=P_{hpmax}$, khi $T_{ghi} = T_{ghimin} \rightarrow 0s$, nếu cùng giá trị hệ số bảo vệ h_{bvt} . Xác suất P_{th} giảm, mức độ chênh lệch giá trị xác suất ΔP_{th} , thay đổi từ 0,4% ÷ 0,8%, khi tăng $T_{gh}=100\%$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Xuân Phương, Phạm Kỳ Quang và cộng sự (2025), *Sách chuyên khảo: Công nghệ ứng dụng trong Điều khiển tàu biển*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2025.
- [2] Nguyễn Tiên Phương, Chung Nghĩa, Nguyễn Văn Tân và cộng sự (2026), *Đánh giá chất lượng truyền tín hiệu theo miền hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS và hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng MSAS-Nhật Bản*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 85 (01/2026), tr.7-14.
- [3] Chung Nghĩa, Nguyễn Xuân Phương, Nguyễn Tiến Đạt và cộng sự (2025), *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*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 84 (11/2025), tr.190-194.
- [4] Chung Nghĩa và cộng sự (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.

- [5] Phạm Kỳ Quang (2014), *Giáo trình Lý thuyết độ tin cậy hàng hải*. NXB Hàng hải, Hải Phòng.
- [6] Nguyễn Thái Dương, Phạm Kỳ Quang, Nguyễn Phùng Hưng (2012), *Giáo trình Địa văn hàng hải III*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [7] 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, 2010, с.169.
- [8] Phạm Kỳ Quang (2008), *Các hệ thống vi phân hàng hải dùng trong thế kỷ 21*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 13 (4/2008), tr.13-16.
- [9] Phạm Kỳ Quang (2008), *Hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng EGNOS*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 15+16 (2008), tr.53-56.
- [10] Ю. Г. Вишневецкий, А. А. Сикарев (2006), *Поля поражения сигналов и электромагнитная защищённость информационных каналов в АСУДС*. - М.: СПб «Судостроение», 2006.

Ngày nhận bài:	30/12/2025
Ngày nhận bản sửa:	25/02/2026
Ngày duyệt đăng:	11/03/2026