ISSN 1859-316X

TẠP CHÍ
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Số 66 - 04/2021

65th ANNIVERSARY 1956 - 2021

NGÀY THÀNH LẬP TRƯỜNG
01/4/1956 - 01/4/2021

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM
VIETNAM MARITIME UNIVERSITY

TẠP CHÍ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY
ISSN 1859-316X

SỐ 66
04/2021

• **TỔNG BIÊN TẬP:**
PGS.TS. Nguyễn Thanh Sơn
• **PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:**
ThS. Lê Kim Hoàn
• **HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP:**
PGS.TS. Phạm Xuân Dương
PGS.TS. Nguyễn Khắc Khiêm
PGS.TS. Nguyễn Minh Đức
PGS.TS. Nguyễn Mạnh Cường
TS. Nguyễn Trí Minh
PGS.TS. Lê Văn Điểm
PGS.TS. Đỗ Quang Khải
PGS.TS. Đào Văn Tuấn
PGS.TS. Trần Anh Dũng
TS. Phạm Văn Minh
PGS.TS. Đặng Công Xưởng
PGS.TS. Vũ Trụ Phi
TS. Nguyễn Hữu Tuân
PGS.TS. Nguyễn Kim Phương
PGS.TSKH. Đỗ Đức Lưu
PGS.TS. Trần Văn Lượng
TS. Trần Thế Nam

THƯ KÝ TẠP CHÍ
ThS. Nguyễn Trung Kiên

TÒA SOẠN
P. 206B - Nhà A1
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
484 Lạch Tray - Hải Phòng
Email: jmst@vimaru.edu.vn
Giấy phép xuất bản số 1350/GP-BTTTT cấp ngày 30/07/2012

TRONG SỐ NÀY

KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

1 **NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ TÀU BẰNG QUAN TRẮC ĐỒNG THỜI ĐỘ CAO VÀ PHƯƠNG VỊ MẶT TRỜI**
STUDY ON THE METHOD OF DETERMINING SHIP'S POSITION BY SIMULTANEOUS OBSSERVATION TO SUN'S ALTITUDE AND AZIMUTH 5
NGUYỄN THÁI DƯƠNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: nguyenthaiduong@vimaru.edu.vn

2 **NGHIÊN CỨU VỀ SỬ DỤNG PHƯƠNG TRÌNH ẢNH HƯỞNG ĐỂ ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ ĐÂM VA GIỮA CÁC TÀU**
A STUDY ON USING INFLUENCE FUNCTION TO ASSESS COLLISION RISK INDEX BETWEEN SHIPS 10
LƯƠNG TÚ NAM*, MAI XUÂN HƯƠNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: luongtunam@vimaru.edu.vn*

3 **XÁC ĐỊNH HỆ SỐ ĐỘ LỆCH B VÀ C CỦA LA BÀN TỪ HÀNG HẢI KHI TÀU HÀNH TRÌNH**
FINDING THE DEVIATION COEFFICINTS B AND C OF MAGNETIC COMPASS WHEN THE VESSEL SAILS IN HER ROUTE 16
NGUYỄN VĂN SƯỚNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

4 **GIÁM SÁT NĂNG LƯỢNG TIÊU THỤ CỦA MÁY NÉN KHÍ TRÊN TÀU BIỂN THEO THỜI GIAN THỰC ĐỂ TỐI ƯU HÓA HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG CỦA MÁY NÉN KHÍ**
MONITOR ENERGY COMSUMPTION OF MARINE AIR COMPRESSOR IN REAL TIME TO OPTIMIZE ENERGY EFFICIENCY 21
TRẦN HỒNG HÀ[1]*, NGUYỄN KIM ANH[2]
[1]Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: tranhongha@vimaru.edu.vn*

5 **THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BÁO ĐỘNG VÀ BẢO VỆ ÁP SUẤT DẦU BÔI TRƠN CHO ĐỘNG CƠ DIESEL DAIHATSU 8GK-20 TẠI TRUNG TÂM THỰC HÀNH THÍ NGHIỆM MÁY TÀU**
DESIGNING AND SIMULATING THE LUBRICATION OIL PRESSURE SAFETY AND ALARM SYSTEM OF DIESEL ENGINES DAIHATSU 8GK-20 AT MARINE ENGINE PRACTICAL AND EXPERIMENTAL CENTER 26
TRƯƠNG VĂN ĐẠO*, TÔ TRỌNG HIỂN
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: truongvandao@vimaru.ed.vn*

6 **PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI KHÔNG CÓ MÔ HÌNH CHO RÔ BỐT DÂY SONG SONG**
MODEL-FREE ADAPTIVE CONTROL APPROACH FOR CABLE-DRIVEN PARALLEL ROBOT 31
PHẠM ĐÌNH BÁ[1]*, PHẠM XUÂN DƯƠNG[2]
[1]Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: bapd.vck@vimaru.edu.vn*

7 **SỬ DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN PSO ĐỂ TỐI ƯU HÓA CÁC THÔNG SỐ CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN PID SỬ DỤNG CHO ROBOT DÂY SONG SONG**
USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM TO TUNE GAINS OF PID CONTROLLER FOR CABLE-DRIVEN PARALLEL ROBOT 36
PHẠM ĐÌNH BÁ[1]*, NGUYỄN ĐÌNH KHIÊM[1], MAI HÙNG TUẤN[2]
[1]Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Khoa Máy tàu biển, Trường Cao đẳng nghề Bách nghệ, Hải Phòng
**Email liên hệ: bapd.vck@vimaru.edu.vn*

8 **NGHIÊN CỨU DAO ĐỘNG CỦA ĐƯỜNG RAY XE LỬA TRÊN NỀN ĐÀN HỒI KHI CÓ ĐOÀN TÀU CHẠY**
STUDYING THE RAILROAD TRACK'S OSCILLATION ON ELASTIC FOUNDATION WHEN THE TRAIN IS RUNNING
NGUYỄN HỮU DĨNH*, VŨ THỊ PHƯƠNG THẢO, PHẠM THỊ THÚY *41*
Khoa Cơ sở cơ bản, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: huudinhcohoc@vimaru.edu.vn*

9 **XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN VÀ THUẬT GIẢI THIẾT KẾ BIÊN DẠNG ĐÁY CHO CHẾ TẠO BÌNH ÁP LỰC COMPOSITE DẠNG TRỤ BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUẤN PHẲNG**
BUILDING A COMPOSITE MODEL AND OPTIMIZABLE SHAPE DESIGN OF OPTIMUM DOME FROFILE FOR FABRICATING COMPOSITE PRESSURE VESSELS USING PLANAR WINDING METHOD *45*
TRẦN THỊ THANH VÂN
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: vantt.vck@vimaru.edu.vn

10 **ẢNH HƯỞNG BIẾN TÍNH VÀ XỬ LÝ NHIỆT ĐẾN TỔ CHỨC VÀ CƠ TÍNH CỦA THÉP ĐÚC HỢP KIM THẤP**
INFLUENCE OF MODIFICATION AND HEAT TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOW ALLOY CASTING STEEL *50*
NGUYỄN DƯƠNG NAM*, LÊ VĂN CƯƠNG, PHẠM ĐỨC
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: namnd.khcs@vimaru.edu.vn*

11 **NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ THỦY ĐỘNG CỦA CHONG CHÓNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CFD**
NUMERICAL PREDICTION PROPELLER PERFORMANCE BY CFD METHOD
TRẦN NGỌC TÚ*, LÊ THANH BÌNH, NGUYỄN THỊ THU QUỲNH *56*
Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: tutn.dt@vimaru.edu.vn*

12 **DỰ BÁO LỰC CẢN GIÓ CHO TÀU CONTAINER CHẠY TRONG BÃO BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG**
PREDICTING WIND RESISTANCE OF CONTAINER VESSELS BY DIFFERENT APPROXIMATED METHODS
PHẠM VĂN NGỌC, ĐỖ ĐỨC LƯU* *61*
Viện Nghiên cứu Khoa học & Công nghệ Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: luudd@vimaru.edu.vn*

13 **ỨNG DỤNG PLC ĐỂ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN BÁM TÍN HIỆU MÔ PHỎNG HÀNG HẢI CỦA TỔ HỢP DRIVE/ĐỘNG CƠ SERVO**
USING PLC FOR DESIGN THE CONTROLLER TRACKING MARINE SIMULATOR SIGNAL OF THE DRIVE/SERVO SYSTEM
TRƯƠNG CÔNG MỸ[1]*, ĐINH ANH TUẤN[2], NGUYỄN KIM PHƯƠNG[3] *66*
[1]Phòng Công tác sinh viên, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[3]Viện Đào tạo Sau đại học, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ:congmy@vimaru.edu.vn*

14 **SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PLC VÀ PHẦN MỀM UNITY 3D TRONG THIẾT KẾ HỆ THỐNG MÔ PHỎNG RADAR HÀNG HẢI**
USING PLC CONTROLLER AND UNITY 3D SOFTWARE IN DESIGNING MARITIME RADAR SIMULATION SYSTEM *72*
NGUYỄN THANH VÂN*, ĐINH ANH TUẤN, NGUYỄN VĂN HÙNG
Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: vanntb.ddt@vimaru.edu.vn*

15 **KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH VÀ TÍNH TOÁN SỐ LƯỢNG PHẦN TỬ CHO ANTEN KHE SỬ DỤNG TRONG RADAR HÀNG HẢI**
INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS AND DETERMINATION THE NUMBER OF SLOTS FOR SLOT ANTENNA USED IN MARINE RADAR *78*
NGUYỄN MẠNH CƯỜNG* , ĐOÀN NGỌC ÂU, ĐỖ CÔNG DANH
Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: nguyenmanhcuong@vimaru.edu.vn*

16 **PHÁT HIỆN NGƯỜI ĐEO KHẨU TRANG TRONG THỜI GIAN THỰC**
REAL TIME FACE MASK DETECTION
ĐỖ THỊ CHANG[1], NGUYỄN KHẮC KHIÊM[2], TRẦN SINH BIÊN[1*] *83*
[1]Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[*]Email liên hệ: transinhbien@vimaru.edu.vn

17 **MÔ PHỎNG SỰ CỐ TRÀN DẦU TRÊN BIỂN BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU RENDER TEXTURE LÊN MỘT BỀ MẶT**
SIMULATION AN OIL SPILL AT SEA BASED ON RENDER TEXTURE PROJECTION TECHNIQUE
ĐỖ VĂN CƯỜNG*, TRẦN GIA NINH
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: dovancuong@vimaru.edu.vn*
88

18 **TÍNH LƯỢNG KHÍ THẢI TỪ ĐỘI TÀU VẬN TẢI BIỂN VIỆT NAM**
CALCULATING THE VOLUME OF EMISSIONS FROM VIETNAMESE SHIPPING FLEET
PHAN VĂN HƯNG[1]*, NGUYỄN MINH ĐỨC[2]
[1]Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: phanvanhung@vimaru.edu.vn*
94

19 **NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN KHÍ TƯỢNG ĐẾN HÀM LƯỢNG PM_{10} VÀ $PM_{2.5}$ TRONG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH CAO TỐC PHÁP VÂN - CẦU GIẼ**
RESEARCH ON THE EFFECTS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS TO CONCENTRATION OF PM10 AND PM2.5 IN THE ATMOSPHERE ON PHAP VAN - CAU GIE HIGHWAY
TRƯƠNG VĂN TUẤN*, BÙI ĐÌNH HOÀN, NGUYỄN XUÂN SANG
Viện Môi trường, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: tuantv.vmt@vimaru.edu.vn*
99

KINH TẾ - XÃ HỘI

20 **PHÂN TÍCH VỊ THẾ CẠNH TRANH CỦA HỆ THỐNG BẾN CẢNG CONTAINER TẠI HẢI PHÒNG TỪ 2011-2019, ỨNG DỤNG MA TRẬN BOSTON CONSULTING GROUP**
A STRATEGIC POSITIONING ANALYSIS OF CONTAINER TERMINAL SYSTEM IN HAI PHONG, 2011-2019, AN APPLICATION OF BOSTON CONSULTING GROUP MATRIX
PHẠM THỊ YẾN*, PHẠM THỊ MAI PHƯƠNG
Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: phamyen@vimaru.edu.vn
103

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ TÀU BẰNG QUAN TRẮC ĐỒNG THỜI ĐỘ CAO VÀ PHƯƠNG VỊ MẶT TRỜI

STUDY ON THE METHOD OF DETERMINING SHIP'S POSITION BY SIMULTANEOUS OBSSERVATION TO SUN'S ALTITUDE AND AZIMUTH

NGUYỄN THÁI DƯƠNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: nguyenthaiduong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Xác định vị trí tàu bằng phương vị và khoảng cách đồng thời tới một mục tiêu địa văn là phương pháp đơn giản, có độ chính xác cao và thường được áp dụng khi dẫn tàu ven bờ. Trong thiên văn, việc đo phương vị tới thiên thể tương đối phức tạp và kém chính xác. Chỉ có phương vị mặt trời là có thể đo đạc đơn giản và có độ chính xác cao. Hiện nay, phương pháp thiên văn xác định vị trí tàu vào ban ngày chủ yếu là quan trắc không đồng thời độ cao mặt trời. Phương pháp không đồng thời này có độ chính xác kém, cần phải tính toán quan trắc vào thời điểm mặt trời qua kinh tuyến người quan sát và khoảng thời gian giữa hai lần đo phương vị lớn. Bài báo nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định vị trí tàu bằng quan trắc đồng thời độ cao và phương vị mặt trời. Đây là phương pháp thiên văn xác định vị trí tàu mới, khắc phục được các hạn chế của phương pháp quan trắc không đồng thời mặt trời, có thể xác định nhanh chóng vào ban ngày và ít phụ thuộc vào sai số của vị trí dự đoán.

Từ khóa: *Vị trí dự đoán, cực chiếu sáng, thiên đỉnh, bình minh và hoàng hôn hàng hải, quan trắc đồng thời.*

Abstract

Determining ship's position by simultaneous distance and azimuth observation to a terrestrial object is a simple method with high accuracy and applied in coastal navigation. In celestial navigation, azimuth observation to a body is quite complicated but not very precise. Only the azimuth to a sun can be simply measured with higher accuracy. Nowadays, the celestial method for ship's position determination in daytime is non-simultaneous observation of sun's altitudes. The result of this method is poorly accurate and it can only be done when the sun across the observer's meridian and the time interval between azimuth measurements is also big. This paper suggests a new celestial method of simultaneous observation of sun's altitude and azimuth. The proposed method can overcome the disadvantages of sun non-simultaneous observation method and determine the ship's position in a short time in daytime as well as not much depends on the error of predicted position.

Keywords: *Dead reckoning, sub-stellar, zenith, nautical twilight, simultaneous oservation.*

1. Đặt vấn đề

Quan trắc thiên thể xác định định vị trí tàu là một phương pháp truyền thống, có ưu điểm là tin cậy, độc lập và chi phí thấp. Từ khi hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu ra đời, với nhiều ưu thế vượt trội về độ chính xác và tính liên tục nên đã trở thành phương pháp xác định vị trí tàu chính khi hàng hải xa bờ. Tuy nhiên vị trí thiên văn vẫn là phương pháp dự phòng trong các trường hợp sự cố bất thường. Hội nghị của Tổ chức Hàng hải quốc tế năm 2010 tại Manila, Philipine đã ban hành sửa đổi Công ước Quốc tế về các tiêu chuẩn huấn luyện, cấp chứng chỉ và trực ca thuyền viên (STCW 78/2010). Trong đó, điều 19 phần B-II/1, chương II của Công ước đã bổ sung yêu cầu về huấn luyện khả năng hàng hải thiên văn đối với thuyền trưởng và sĩ quan vận hành [1]. Với chức năng là phương pháp dự phòng nên yêu cầu về độ chính xác của vị trí thiên văn không quá cao, chú trọng hơn yêu cầu về việc xác định nhanh chóng và dễ thực hiện. Phương xác định vị trí tàu bằng quan trắc không đồng thời mặt trời đang áp dụng thực tế hiện nay đơn giản, có thể thực hiện ban ngày nhưng thời gian xác định vị trí lâu và sai số qui về cùng thời điểm lớn. Nhằm khắc phục hạn chế nêu trên, bài báo đề xuất phương pháp xác định vị trí tàu bằng quan trắc đồng thời độ cao và phương vị mặt trời. Đây là phương pháp mới, đáp ứng yêu cầu của phương pháp dự phòng và phù hợp với tiêu chuẩn dẫn đường an toàn trong điều kiện hàng hải hiện đại ngày nay.

2. Xác định vị trí tàu bằng quan trắc mặt trời không đồng thời

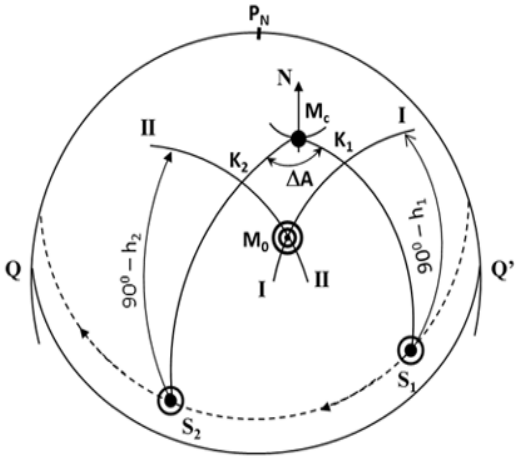
2.1. Cơ sở lý thuyết

Điều kiện để đo độ cao là phải quan sát được đồng

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

thời thiên thể và đường chân trời nhìn thấy. Vì vậy, cần tiến hành xác định vị trí tàu bằng phương pháp thiên văn vào lúc bình minh và hoàng hôn hàng hải. Ban ngày, trên tàu chỉ quan sát được mặt trời nên thường áp dụng phương pháp không đồng thời. Mặt khác, do chuyển động hàng ngày nên mặt trời liên tục thay đổi vị trí so với kinh tuyến và thiên đỉnh người quan sát. Vì vậy, để giảm sai số hình học cần tính toán thời điểm quan trắc để khoảng thời gian giữa hai lần đo phương vị mặt trời biến thiên $\Delta A \geq 30^0$.

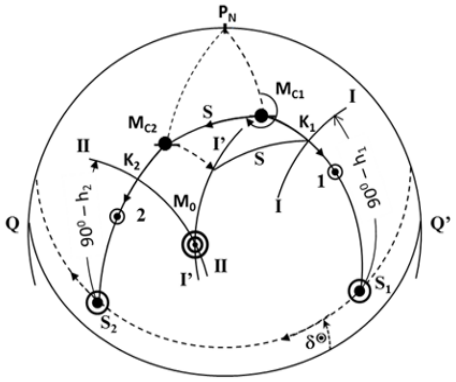
Giả sử, đo độ cao mặt trời lần thứ nhất được h_1, vòng đẳng cao có tâm là cực chiếu sáng S_1, bán kính là đỉnh cự $z_1 = 90^0 - h_1$, đường vị trí nhận được là I-I (Hình 1). Phương vị và độ cao mặt trời thay đổi, cực chiếu sáng di chuyển theo cung S_1S_2 tới điểm S_2. Tiến hành đo độ cao mặt trời lần thứ hai được h_2, đường vị trí tương ứng nhận được là II-II. Giả sử tàu không di chuyển (neo hoặc buộc cầu) thì vị trí của nó sẽ là giao điểm M_0 của hai đường vị trí $M_0 = I - I \cap II - II$



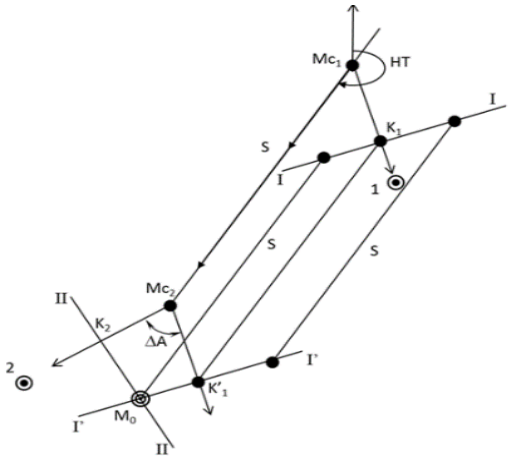
Hình 1. Trường hợp tàu đứng yên

Khi hành trình, khoảng thời gian giữa hai lần quan trắc tàu sẽ di chuyển trên bề mặt trái đất một khoảng cách $M_{C1}M_{C2} = S$ (Hình 2). Từ vị trí M_{C1}, đo được độ cao h_1, đường vị trí I-I được dựng trên cơ sở thiên đỉnh của M_{C1} và vị trí mặt trời S_1 (với các yếu tố của tam giác vị trí dự đoán φ_{C1}, λ_{C1}, δ_1, t_1). Tương tự, từ vị trí M_{C2}, đo được độ cao h_2, đường vị trí II-II được dựng trên cơ sở thiên đỉnh của M_{C2} và vị trí mặt trời S_2 (với các yếu tố của tam giác vị trí dự đoán φ_{C2}, λ_{C2}, δ_2, t_2).

Để xác định vị trí tàu, cần quy các đường I-I và II-II về cùng một thời điểm. Việc quy về cùng một thời điểm có thể thực hiện bằng phương pháp đồ thị. Giữa hai lần đo độ cao, tàu chuyển động được một khoảng cách S theo hướng S_1 S_2, tương ứng đường vị trí I-I sẽ dịch chuyển tới vị trí I'-I'. Hình 3 cho thấy, ta có thể vẽ đường I'-I' từ vị trí thứ hai M_{C2} với các yếu tố ($\Delta h_1 = h_{S1} - h_{C1}$ và A_{C1}). Kết quả nhận được vị trí tàu vào thời điểm thứ hai sẽ là giao của đường II-II và đường vị trí tịnh tiến I'-I' ($M_0 = II - II \cap I' - I'$).



Hình 2. Trường hợp tàu chuyển động



Hình 3. Quy độ cao về cùng thiên đỉnh

2.2. Xác định vị trí tàu bằng quan trắc không đồng thời mặt trời

Chọn thời điểm quan trắc:

Biến thiên phương vị của thiên thể trong chuyển động nhìn thấy hàng ngày được tính toán theo công thức sau [2]:

$$\Delta A = (\cos A \cos\varphi \tanh - \sin\varphi)\Delta t \qquad (1)$$

Phương vị thay đổi lớn nhất khi đạt giá trị $A = 0^0$ hoặc 180^0, chính là khi thiên thể qua kinh tuyến người quan sát. Vì vậy, thời điểm thích hợp nhất để quan trắc xác định vị trí tàu là trước hoặc sau khi mặt trời qua kinh tuyến thượng từ $2^h00^m \div 2^h30^m$ ở vĩ độ trung bình và từ $40^m \div 1^h30^m$ ở vĩ độ thấp.

Quan trắc lần thứ nhất từ vị trí dự đoán $M_{C1}(\varphi_{C1},\lambda_{C1})$, đo độ cao mặt trời, ghi giờ thời kế, chỉ số tốc độ kế, hướng đi, áp suất, nhiệt độ và độ cao mắt người quan sát.

Hiệu chỉnh độ cao đo [3]:

$$h_{S1} = OC_{TB1} + i + s - d + \Delta h + \Delta h_{T_1B_1} \quad (2)$$

Từ giờ thế giới T_G, tra lịch thiên văn xác định được xích vĩ $\delta_1^{\odot}$ và góc giờ thế giới $t_{G1}^{\odot}$ của mặt trời. Tính toán góc giờ địa phương của mặt trời theo công thức:

$$t_{L1}^{\odot} = t_{G1}^{\odot} \pm \lambda_W^E \quad (3)$$

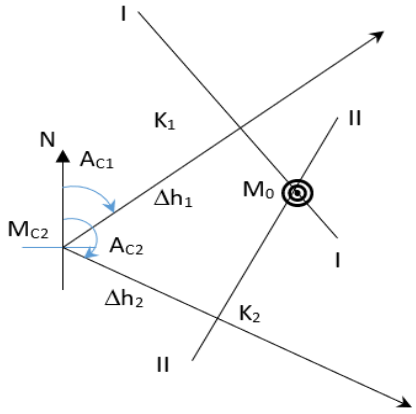
Với các đối số $(\varphi_{C1}, \delta_1^{\odot}, t_{L1}^{\odot})$, tra bảng toán chuyên môn hoặc tính trực tiếp theo công thức chung, xác định được độ cao và phương vị của mặt trời (h_C, A_C).

Tương tự, tiến hành quan trắc lần thứ hai từ vị trí dự đoán $M_{C2}(\varphi_{C2}, \lambda_{C2})$ khi phương vị thay đổi được từ $30^0 \div 45^0$, tùy điều kiện thực tế [4].

Thao tác trên hải đồ với các yếu tố vẽ đường vị trí thiên văn như sau (Hình 4):

Đường I-I: vị trí dự đoán $M_{C1}(\varphi_{C1}, \lambda_{C1}$, phương vị tính A_{C1} và hiệu độ cao $\Delta h_1 = h_{S1} - h_{C1}$,

Đường II-II: vị trí dự đoán $M_{C2}(\varphi_{C2}, \lambda_{C2})$, phương vị tính A_{C2} và hiệu độ cao $\Delta h_2 = h_{S2} - h_{C2}$



Hình 4. Thao tác xác định vị trí tàu không đồng thời

3. Xác định vị trí tàu bằng các quan trắc đồng thời độ cao và phương vị mặt trời

Vị trí tàu xác định bằng quan trắc không đồng thời mặt trời có nhiều hạn chế như: cần tiến hành vào thời điểm mặt trời qua kinh tuyến người quan sát, chịu ảnh hưởng của sai số vị trí dự đoán và đặc biệt là sai số tịnh tiến đường vị trí. Nhằm khắc phục các hạn chế trên, bài báo giới thiệu phương pháp xác định vị trí tàu bằng quan trắc đồng thời độ cao và phương vị mặt trời, bao gồm các bước sau:

Bước 1: Xác định miền tìm kiếm

Mục đích của bước 1 là xác định khu vực lân cận vị trí dự đoán có xác suất chứa vị trí thật của tàu lớn hơn 95% theo tiêu chuẩn về độ chính xác định vị [5]: Miền tìm kiếm xác định như sau:

Vĩ độ giới hạn: $\varphi_{\min} \div \varphi_{\max}$ (giới hạn phía Nam $\varphi_0 = \varphi_{\min}$ và giới hạn phía Bắc $\varphi_a = \varphi_{\max}$)

Kinh độ giới hạn: $\lambda_{\min} \div \lambda_{\max}$ (giới hạn phía Tây $\lambda_0 = \lambda_{\min}$ và giới hạn phía Đông $\lambda_b = \lambda_{\max}$)

Với:

$\varphi_{\min} = \varphi_C - |\Delta\varphi_C|$, $\varphi_{\max} = \varphi_C + |\Delta\varphi_C|$, $\Delta\varphi_C$ sai số của vĩ độ dự đoán φ_C,

$\lambda_{\min} = \lambda_C - |\Delta\lambda_C|$, $\lambda_{\max} = \lambda_C + |\Delta\lambda_C|$, $\Delta\lambda_C$ sai số của kinh độ dự đoán λ_C,

Sai số dự đoán $(\Delta\varphi_C, \Delta\lambda_C)$ được xác định dựa trên sai số bình phương trung bình (R) của vị trí tàu ($|\Delta\varphi_C| = kR$, $|\Delta\lambda_C| = R$, trong đó (k) là hệ số tăng tỷ lệ xích dọc theo kinh tuyến hay độ tăng vĩ độ tiến trên hải đồ mercator) [6]. Giá trị bán kính (R) được tính toán và lựa chọn sao cho xác suất vị trí thật của tàu nằm trong miền tìm kiếm lớn hơn 95%.

Trong thực tế dẫn tàu, bán kính sai số bình phương trung bình (R) được tính toán theo hai trường hợp cơ bản sau:

Trường hợp 1: Không xác định được vị trí tàu, sai số bình phương trung bình của vị trí dự đoán tính theo công thức [7]:

$$R = \sqrt{(S_{TK}\varepsilon_L)^2 + (S_{TK}\varepsilon_{TK})^2} \quad (4)$$

Với:

S_{TK}: Quãng đường tàu chạy,

ε_L: Sai số trong số hiệu chỉnh la bàn,

ε_{TK}: Sai số trong số hiệu chỉnh tốc độ kế.

Giả sử tàu chạy được quãng đường theo tốc độ kế là 100 hải lý, sai số trong số hiệu chỉnh tốc độ kế là 0,6%, sai số trong số hiệu chỉnh la bàn $0^0 5$. Tính toán bán kính sai số bình phương trung bình (R):

$$R = \sqrt{\left(100\frac{0.5}{57^o 3}\right)^2 + \left(100\frac{0.6}{100}\right)^2} = 1.06nm$$

Để tính toán sai số dự đoán, bán kính sai số được xác định là 3R = 3,18 hải lý (99,7%).

Trường hợp 2: Xác định được vị trí tàu bằng mục tiêu địa văn. Xét trường hợp xác định vị trí tàu bằng hai đường vị trí địa văn đồng thời, đánh giá độ chính xác của vị trí xác định bằng hình tròn xác suất, bán kính tính theo công thức [8]:

$$R = \pm\sqrt{(\Delta n_1)^2 + (\Delta n_2)^2} \quad (5)$$

Với:

R: Bán kính sai số bình phương trung bình,

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Δn_1: Khoảng dịch chuyển bình phương trung bình của đường vị trí thứ nhất,

Δn_2: Khoảng dịch chuyển bình phương trung bình của đường vị trí thứ hai.

Giả sử xác định vị trí tàu bằng hai khoảng cách đồng thời tới hai mục tiêu. Bán kính sai số bình phương trung bình của vị trí xác định theo công thức:

$$R = \pm\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{(\Delta n_1)^2 + (\Delta n_2)^2} = \pm\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\left(\frac{\Delta u_1}{g_{D1}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta u_2}{g_{D2}}\right)^2} \quad (6)$$

Với:

θ : góc kẹp giữa hai đường vị trí, trong trường hợp này $\theta = 60^o$,

$g_{D1} \approx g_{D2} = g_D$: góc kẹp giữa hai đường vị trí, trong trường hợp này $\theta = 60^o$,

$\varepsilon_{D1} \approx \varepsilon_{D2} \approx \varepsilon_D$: sai số bình phương trung bình của việc đo khoảng cách bằng radar. Sĩ quan hàng hải có thể tự xác định trên tàu hoặc sử dụng giá trị thống kê trung bình trong tài liệu chuyên ngành, trường hợp này lấy ε_D = 0,05nm [9],

Với các số liệu trên, tính toán bán kính sai số (R):

$$R = \pm\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{(\varepsilon_{D1})^2 + (\varepsilon_{D2})^2} = \pm\frac{\sqrt{2}}{\sin\theta}\sqrt{(\varepsilon_D)^2} = \pm\frac{\sqrt{2}}{\sin 60^o}\sqrt{(0.05)^2} = 0.08nm \quad (7)$$

Để tính toán sai số dự đoán, bán kính sai số được xác định là 3R = 0,25 hải lý (99.7%).

***Bước 2*:** Thiết lập tập hợp vị trí tàu giả định trong miền tìm kiếm

Xây dựng mạng kinh vĩ tạo thành tập hợp điểm $A = \{M_{xy}(\varphi_x, \lambda_y)\}$, với:

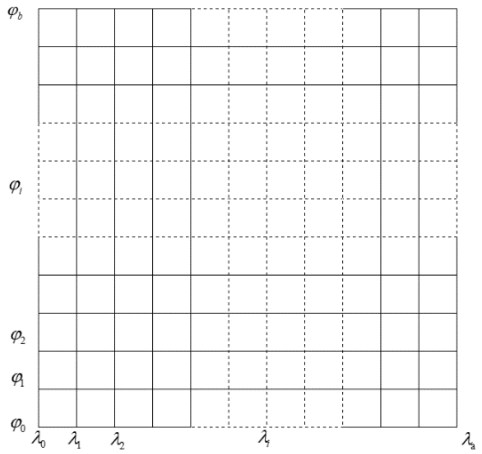
$x = \{1,2,\ldots,b\}$ và $y = \{1,2,\ldots,a\}$.

Vĩ độ giới hạn phía Nam $\varphi_0 = \varphi_{\min}$ và vĩ độ giới hạn phía Bắc $\varphi_a = \varphi_{\max}$

Kinh độ giới hạn phía Tây $\lambda_0 = \lambda_{\min}$ và kinh độ giới hạn phía Đông $\lambda_b = \lambda_{\max}$

Khoảng giãn cách đảm bảo: $\varphi_{1+1} - \varphi_i = 0^0000001$ và $\lambda_{1+1} - \lambda_i = 0^0000001$

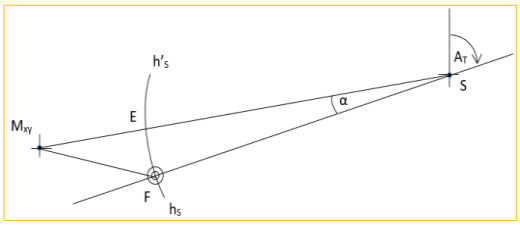
Trên tàu tiến hành đo độ cao và phương vị mặt trời đồng thời, sau khi hiệu chỉnh được $(h_S\ A_T)$. Thao tác xác định vị trí tàu trên hải đồ mercator: Vòng đẳng cao có tâm là cực chiếu sáng $S(\varphi_S, \lambda_S)$, bán kính là khoảng cách thật (h_S), giao với phương vị đo (A_T) cho vị trí tàu là F. Tuy nhiên, vị trí thật F chỉ là giả định vì không thể vẽ được đường vị trí (h_S, h'_S) trên hải đồ do khoảng cách h_S quá lớn.



Hình 5. Tập hợp điểm trong miền tìm kiếm

Tính toán khoảng cách từ điểm bất kỳ $M_{xy} \in \{A\}$ tới F, do khoảng cách FS rất lớn nên coi gần đúng:

$$EF \approx \overset{\frown}{EF} \text{ và } EF \perp M_{xy}S \quad (8)$$



Hình 6. Xác định vị trí xác suất nhất

Xét tam giác vuông $M_{xy}EF$, ta có:

$$(M_{xy}F)^2 = (M_{xy}E)^2 + (EF)^2 \quad (9)$$

Trong đó:

$M_{xy}F$: Sai số của vị trí giả định M_{xy},

$EF \approx \overset{\frown}{EF} = FS * \alpha = h_S * \alpha$

$\alpha = A_T - K$

$M_{xy}F^2 = (M_{xy}E)^2 + (EF)^2$

K là hướng từ $M_{xy} \to S$ trên hải đồ Mercator, tính theo công thức [10]:

$$K = tan^{-1}\left(\frac{H\lambda}{HD}\right) = \frac{\lambda_S - \lambda_y}{D_{\varphi_S} - D_{\varphi_x}} \quad (10)$$

Với:

Vĩ độ tiến của φ_x:

$$D_{\varphi_x} = a\ln tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_x}{2}\right)\left(\frac{1 - e\sin\varphi_x}{1 + e\sin\varphi_x}\right)^{\frac{e}{2}} \quad (11)$$

Vĩ độ tiến của φ_S:

$$D_{\varphi_S} = a \ln tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_S}{2}\right)\left(\frac{1 - e\sin\varphi_S}{1 + e\sin\varphi_S}\right)^{\frac{e}{2}} \quad (12)$$

Trong đó:

a: bán trục lớn của elip kinh tuyến trái đất,

e: độ lệch tâm của elip kinh tuyến trái đất.

$$M_{xy}E = SM_{xy} - SE = h_S - h_{xy} \quad (13)$$

Với:

$$h_{xy} = \sin^{-1}[\sin\varphi_x \sin\delta + \cos\varphi_x \cos\delta \cos(t_G \pm \lambda_{yW}^{yE}] \quad (14)$$

Vị trí tàu xác suất nhất (M_{mn}) thỏa mãn điều kiện:

$$(M_{mn}F)^2 = \min\left\{(M_{xy}F)^2\right\} \quad (15)$$

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày phương pháp xác định vị trí tàu bằng quan trắc mặt trời không đồng thời truyền thống. Phân tích, đánh giá ưu nhược điểm theo tiêu chuẩn về độ chính xác dẫn đường và đặc điểm của phương pháp dự phòng theo yêu cầu của Công ước STCW. Nghiên cứu mới đề xuất phương pháp xác định vị trí tàu bằng quan trắc đồng thời độ cao và phương vị mặt trời. Vị trí tàu được xác định trên cơ sở phương pháp bình phương nhỏ nhất. Đây là phương pháp mới, thực hiện đơn giản nhanh chóng vào thời điểm bất kỳ vào ban ngày, hầu như không phụ thuộc vào vị trí dự đoán. Trên cơ sở toán học đã trình bày, trong các nghiên cứu tiếp theo tác giả sẽ xây dựng chương trình tính toán tự động, hoàn toàn có thể triển khai áp dụng trên tàu biển.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.03**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] International Maritime Organization. International *Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW 78/2010)*.

[2] B. Krasavtsev, B. Khlyustin, *Nautical Astronomy*, Mir Publishers, Moscow, 1970.

[3] Nathaniel Bowditch, LL.D, *The American Practical Navigator*, National Imagery and Mapping Agency, Bethesda, Maryland, 2002.

[4] David Burch, *Celestial Navigation*, Starpath Publications, 2010.

[5] IMO. Resolution A. 529 (13). *Accuracy standards for navigation*, 1983.

[6] Nguyễn Thái Dương, *Ảnh hưởng của độ biến dạng của phép chiếu hải đồ Mercator tới công tác dẫn tàu an toàn*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 60 (11/2019).

[7] Phạm Kỳ Quang, Nguyễn Thái Dương, Nguyễn Phùng Hưng. *Địa văn hàng hải 2*. NXB Khoa học và kỹ thuật, 2012.

[8] *Admiralty manual of navigation*. London her majesty's stationery office, 1987.

[9] В. И. Дмитриев, В.Л. Григорян, В.А. Катении. *Навигация и Лоция*. Учебник для вузов. - Москва «Моркнига», 2009 - 458 с.

[10] Daniel Daners. *The Mercator and stereographical projections and many in between*. The University of Sydney Australia, 2016.

Ngày nhận bài: 22/11/2020
Ngày nhận bản sửa: 04/01/2021
Ngày duyệt đăng: 10/01/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

NGHIÊN CỨU VỀ SỬ DỤNG PHƯƠNG TRÌNH ẢNH HƯỞNG ĐỂ ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ ĐÂM VA GIỮA CÁC TÀU

A STUDY ON USING INFLUENCE FUNCTION TO ASSESS COLLISION RISK INDEX BETWEEN SHIPS

LƯƠNG TÚ NAM*, MAI XUÂN HƯƠNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: luongtunam@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Ngày nay, mặc dù được sự hỗ trợ của các hệ thống công nghệ hiện đại, tai nạn đâm va tàu biển vẫn tiếp tục xảy ra. Vì vậy, việc hạn chế nguy cơ đâm va là rất cấp thiết. Hệ số nguy cơ đâm va giữ vai trò quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ đâm va của tàu biển và nó cũng là một trong những chủ đề nghiên cứu tránh va phổ biến. Từ giá trị của hệ số nguy cơ đâm va thu được từ thông số của tàu và tình huống cụ thể, sĩ quan hàng hải có thể ra quyết định điều động tránh va chính xác. Trong bài báo này, hệ số nguy cơ đâm va mới, gọi là Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, dựa trên phương trình ảnh hưởng được xây dựng. Chiều dài tàu, vận tốc tàu cũng được xem xét đến. Hệ số mới này có khả năng biểu thị mức độ nguy hiểm của tình huống, đánh giá được nguy cơ đâm va theo thời gian thực. Do đó, hệ số này rất có triển vọng trong việc đảm bảo an toàn hàng hải.

Từ khóa: *Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, tránh va, hệ số nguy cơ đâm va, phương trình ảnh hưởng, mức độ nguy hiểm.*

Abstract

Nowadays, despite all advantageous technological support systems in marine traffic, ship collision accidents continue to occur. Thus, it is essential to minimize collision risk. Collision risk index plays an important role in assessing ship collision risk and is one of the attractive issues in the research field of ship collision avoidance. With accurate collision risk index obtained through ship characteristics, movement parameters and encounter situation, the navigator can make correct decisions of avoidance action. In this article, a new approach of collision risk index model, named Potential Risk Index, based on influence function is proposed. The length and speed of the ship have been fully considered. This index can express the degree of risk level of situation and show the ability to evaluate collision risk in real time. Therefore, the index proposed in this paper has promising application in the field of safe marine navigation.

Keywords: *Potential Risk Index, collision avoidance, collision risk index, influence function, risk level.*

1. Mở đầu

Trong những nghiên cứu về đảm bảo an toàn hàng hải, sớm xác định sự tồn tại nguy cơ đâm va để có hành động tránh va hợp lý là một vấn đề quan trọng cần giải quyết. Điều 7 Công ước về các qui định quốc tế về phòng ngừa đâm va trên biển (COLREGs) quy định rằng, mỗi tàu thuyền phải áp dụng tất cả các biện pháp hiệu quả sẵn có thích hợp với hoàn cảnh và điều kiện thực tế để phán đoán có tồn tại nguy cơ đâm va hay không [1].

Một trong những chỉ số cơ bản để đánh giá nguy cơ đâm va này là hệ số nguy cơ đâm va (Collision Risk Index - CRI). Trên thực tế, hệ số này bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, chẳng hạn như điểm tiếp cận gần nhất (CPA), phương vị tới tàu mục tiêu, vận tốc tương đối giữa hai tàu cũng như tầm nhìn xa. Do đó, cách tính hệ số nguy cơ đâm va theo chuyển động của tàu và vị trí tương quan giữa các tàu là một nhiệm vụ đầy thử thách.

Hệ số nguy cơ đâm va là một giá trị phản ánh nguy cơ đâm va của tàu chủ với tàu mục tiêu. Thông thường, khi giá trị này càng lớn, nguy cơ xảy ra tai nạn đâm va càng cao.

Hệ số nguy cơ đâm va đã được nghiên cứu dựa theo COLREGs từ năm 1972, bao gồm một số phương pháp chủ yếu như sau: đánh giá dựa trên khoảng cách tiếp cận gần nhất (DCPA) và thời gian tiếp cận gần nhất (TCPA) của mục tiêu; đánh giá dựa trên các thuật toán Logic Mờ (Fuzzy Logic); đánh giá dùng Mạng Nơron nhân tạo (Artificial Neural Network- ANN).

Dựa trên tính toán DCPA và TCPA kết hợp với các tham số, Kearon đã giới thiệu một phương pháp

tính hệ số nguy cơ đâm va theo kinh nghiệm thực tế về tránh va trên biển [2]. Cũng dựa trên DCPA và TCPA, Kim đã tính toán thêm một số yếu tố như khoảng cách tới tàu mục tiêu, vị trí, vận tốc tương đối để xây dựng thuật toán tính hệ số nguy cơ đâm va bằng Logic Mờ. Tuy nhiên, các yếu tố như thông số tàu, khu vực hàng hải vẫn chưa được đề cập đến [3]. Bằng dữ liệu Radar từ trạm VTS, Bukhari thể hiện mức độ nguy hiểm giữa hai tàu trong khoảng giá trị từ -1,0 đến 1,0 [4]. Simsir dùng ANN để cho ra kết quả nguy cơ đâm va có tồn tại hay không [5]. Một phương pháp khác nghiên cứu về hệ số nguy cơ đâm va đó là bằng khảo sát với các sỹ quan hàng hải, chuyên gia. Dựa vào kinh nghiệm thực tế của họ trên những trường hợp cụ thể, hệ số nguy cơ đâm va đã được xây dựng [6]. Các phương pháp trên đã có thể đánh giá được tình huống. Tuy nhiên, các hệ thống đó chưa tối ưu về mặt hiệu quả trong thời gian thực cũng như chưa tính đến kích thước của tàu. Trong nghiên cứu này hai vấn đề được giải quyết:

- Hệ số nguy cơ đâm va mới, được gọi là Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, được xây dựng bằng phương trình ảnh hưởng dựa trên chiều dài và vận tốc của tàu;

- Hệ số nguy cơ tiềm ẩn đưa ra đánh giá cảnh báo trong thời gian thực. Khi hai tàu điều động tránh va, hệ số nguy hiểm thay đổi theo tình trạng tương ứng.

Hệ số nguy cơ đâm va có thể đánh giá nguy hiểm trên thời gian thực bằng giá trị thực từ 0 đến 1. Giá trị của hệ số này được chia ra các khoảng để thể hiện mức độ nguy hiểm của tình huống, qua đó ưu việt hơn so với các phương pháp hiện tại, giúp sỹ quan hàng hải có thể đưa ra quyết định nhanh chóng và chính xác hơn khi điều động tránh va.

2. Phương trình ảnh hưởng

Trong một tập hợp điểm, bất kỳ một điểm nào đó sẽ chịu ảnh hưởng bởi các điểm khác bao quanh nó. Sự ảnh hưởng này có thể được tính toán dựa trên một hàm toán học, được gọi là phương trình ảnh hưởng [7]. Phương trình ảnh hưởng mô tả tác động của một điểm lên khu vực xung quanh nó và tất cả các điểm khác trong vùng này đều sẽ bị ảnh hưởng.

Giả sử có 2 điểm x và y thuộc không gian F. Sự ảnh hưởng của điểm x lên điểm y được thể hiện theo biểu thức:

$$f_B^y(x) = f_B(x, y) \quad (1)$$

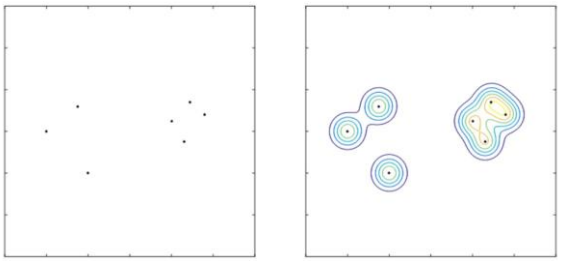
Tùy theo khoảng cách mà sự ảnh hưởng giữa các điểm này cũng khác nhau. Gọi khoảng cách từ điểm x_1 đến y là $d(x_1, y)$ và khoảng cách từ điểm x_2 đến y là $d(x_2, y)$. Nếu $d(x_1, y) \le d(x_2, y)$ thì:

$$f_B^y(x_1) \ge f_B^y(x_2) \quad (2)$$

Phương trình ảnh hưởng Gauss được tính như sau:

$$f_{Gauss}(x, y) = e^{-\frac{d(x,y)^2}{2\delta^2}} \quad (3)$$

Hình 1 mô tả sự ảnh hưởng giữa các điểm với nhau dựa trên phương trình ảnh hưởng Gauss. Giá trị của sự ảnh hưởng biến thiên trong khoảng [0,1]. Các điểm càng gần nhau thì sự tác động qua lại giữa chúng càng lớn. Tính chất này phù hợp với yêu cầu xây dựng hệ số nguy cơ đâm va giữa các tàu (càng gần nhau thì mức độ nguy hiểm càng lớn).



Hình 1. Ví dụ về áp dụng phương trình ảnh hưởng Gauss lên tập hợp điểm

3. Xây dựng hệ số nguy cơ tiềm ẩn (PRI)

Khi tàu hành trình, nó sẽ tác động lên tất cả các điểm xung quanh. Coi mỗi điểm lân cận quanh tàu chủ này là một tàu ảo tĩnh. Tàu ảo sẽ chịu ảnh hưởng do tàu chủ tác động lên nó. Sự ảnh hưởng này càng lớn khi tàu ảo này càng gần tàu chủ và nhỏ dần khi xa tàu chủ. Mỗi tàu ảo sẽ nhận giá trị ảnh hưởng từ tàu chủ khác nhau, được gọi là hệ số nguy cơ tiềm ẩn.

Giả sử vị trí của tàu chủ là $S(x_S, y_S)$, tàu ảo là $P(x_p, y_p)$. Tàu chủ có chiều dài L, vận tốc v và hướng đi φ. Khoảng cách từ tàu chủ đến tàu ảo P là D_φ. Từ điểm P kẻ đường vuông góc với hướng đi của tàu tại điểm A. Khi tàu chủ đi đến điểm A, AP chính là khoảng cách gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P (Hình 2).

Để có thể áp dụng phương trình ảnh hưởng Gauss vào việc xây dựng hệ số nguy cơ tiềm ẩn, trước tiên phải có được hàm khoảng cách R. Gọi khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P là DCP và thời gian để tàu chủ hành trình đến điểm tiếp cận gần nhất là TCP. Ta có đại lượng không thứ nguyên của DCP và TCP được tính như sau:

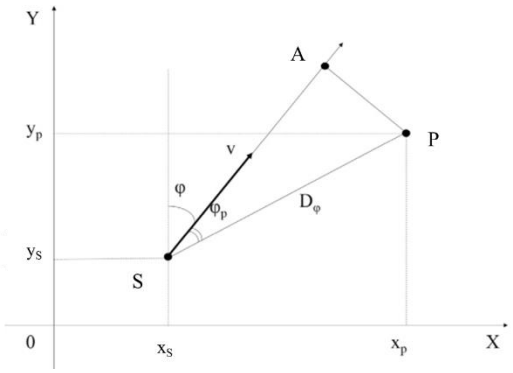
$$\begin{aligned} DCP &= (D_\varphi \times \sin\varphi_p) / L \\ &= (\sqrt{(x_p - x_S)^2 + (y_p - y_S)^2} \times \sin\varphi_p) / L \end{aligned} \quad (4)$$

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

$$TCP = \frac{D_\varphi \times \sin\varphi_p}{Lv} = \frac{\sqrt{(x_p - x_S)^2 + (y_p - y_S)^2} \times \sin\varphi_p}{Lv} \quad (5)$$

Trong đó φ_p là góc mạn giữa tàu chủ và tàu ảo P.

$$\varphi_p = \arctan\frac{x_p - x_S}{y_p - y_S} - \varphi \quad (6)$$



Hình 2. Vị trí tương quan giữa tàu chủ và tàu ảo

Hàm khoảng cách R giữa tàu chủ và tàu ảo có thể được tính toán bằng DCP và TCP dựa trên phương pháp của Kearon theo công thức (7). Có thể thấy rằng, DCP là đại lượng không có thứ nguyên, tuy nhiên TCP vẫn còn thứ nguyên. Vì vậy, trọng số λ được thêm vào trước TCP để khử thứ nguyên, phù hợp cho việc tính toán.

$$R = \sqrt{\lambda TCP^2 + DCP^2} \quad (7)$$

Áp dụng hàm nguy cơ vào phương trình ảnh hưởng Gauss, ta có hệ số nguy cơ tiềm ẩn (PRI) giữa tàu chủ và tàu ảo P bất kỳ.

$$PRI = e^{-\frac{R^2}{2\delta^2}} \quad (8)$$

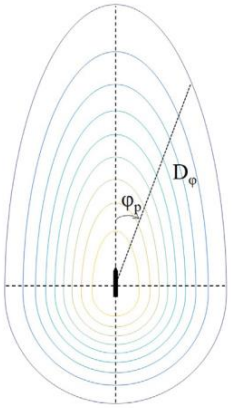
Giá trị của PRI được dùng để thể hiện nguy cơ đâm va tiềm ẩn giữa tàu chủ và tàu ảo, có giá trị từ 0 đến 1. Trên Hình 3, giá trị của PRI được biểu hiện bằng những đường đồng mức từ 0,1 (ngoài cùng) đến 0,9 (trong cùng). Tàu ảo trên cùng một đường đồng mức sẽ nhận giá trị PRI từ tàu chủ như nhau. Khi tàu ảo càng gần với tàu chủ, giá trị PRI tăng dần.

Hệ số PRI được tính toán dựa trên TCP và DCP trong thời gian thực, nghĩa là PRI sẽ được tính toán liên tục với khoảng thời gian giãn cách rất nhỏ.

Giả sử tàu ảo là tàu mục tiêu P di chuyển, tại 1 thời điểm nhất định rất nhanh, có thể coi tàu mục tiêu này chính là một điểm. Khi tàu mục tiêu di chuyển thì vị trí sẽ thay đổi, khi đó PRI từ tàu chủ S đến tàu mục tiêu P sẽ lại tiếp tục tính toán dựa trên sự thay đổi này. Như vậy có thể coi sự thay đổi vị trí này bao hàm cả sự dịch chuyển của tàu mục tiêu P.

Mặt khác, khi đó cũng có thể coi tàu mục tiêu P là 1 tàu chủ với vận tốc, chiều dài và hướng đi đã biết, quan sát tới tàu mục tiêu (là tàu chủ S), hệ số PRI từ tàu P đến tàu S cũng sẽ được tính toán tương tự.

Hệ số nguy cơ tiềm ẩn PRI phụ thuộc vào chiều dài và vận tốc của tàu. Với cùng một giá trị của PRI, Giả sử hai tàu có chiều dài và vận tốc của tàu khác nhau, khoảng cách từ tàu đến đường đồng mức của cùng một giá trị PRI cũng khác nhau, cụ thể chiều dài hoặc vận tốc càng lớn, tầm ảnh hưởng của tàu ra môi trường xung quanh cũng càng rộng nên khoảng cách này cũng càng lớn (Hình 4).



Hình 3. Giá trị PRI xung quanh tàu chủ

Hình 4. Cùng giá trị PRI với 2 tàu có vận tốc khác nhau

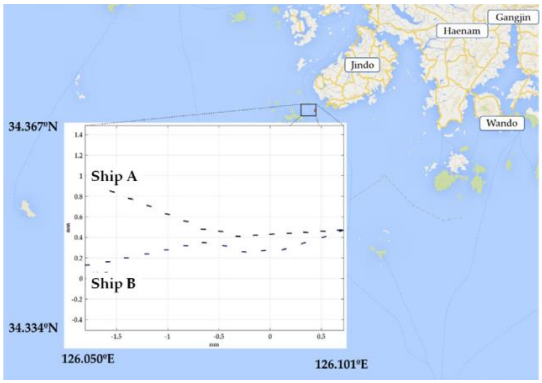
Khi thay tàu ảo bằng tàu mục tiêu thật, PRI thể hiện mức độ của nguy cơ đâm va, PRI càng lớn, khả năng xảy ra đâm va càng cao. PRI đạt giá trị lớn nhất bằng 1 khi vị trí tàu mục tiêu trùng với vị trí của tàu chủ (tai nạn đâm va xảy ra) và tiến dần đến 0 khi càng ra xa tàu chủ (an toàn).

4. Mô phỏng và đánh giá kết quả

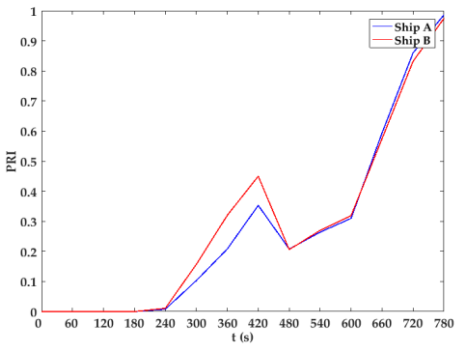
Để xác thực hiệu quả của hệ số nguy cơ tiềm ẩn mới trong điều động tránh va, một mô phỏng số của một tai nạn đâm va tại vùng biển Hàn Quốc được thực hiện trên phần mềm MATLAB. Vị trí của tai

Bảng 1. Thông số của hai tàu trong tai nạn đâm va

t (s)	Khoảng cách	Tàu A		Tàu B	
	(nm)	Vận tốc (kn)	Hướng đi	Vận tốc (kn)	Hướng đi
0	0,76	12,8	105,6	12,5	88,6
60	0,66	12,7	104,2	12,3	87,7
120	0,56	12,9	102,7	12,6	89,5
180	0,44	12,8	101,5	12,6	89,7
240	0,34	12,8	98,1	12,4	90,4
300	0,23	12,7	93,1	12,5	92,6
360	0,19	12,5	95,2	12,7	94,6
420	0,16	12,3	92,3	12,5	97,5
480	0,19	12,2	89,2	12,2	95,0
540	0,18	12,6	86,1	12,1	85,1
600	0,17	12,2	88,4	12,0	75,4
660	0,11	11,6	94,3	11,9	75,8
720	0,06	11,5	91,5	11,8	75,7
780	0	10,3	85,1	11,7	74,7



Hình 5. Tai nạn đâm va tại vùng biển Hàn Quốc



Hình 6. PRI của hai tàu trong hành trình

nạn 34,35°N, 126,09°E, được đánh dấu bằng chấm đỏ trên Hình 5. Vết di chuyển của 2 tàu cũng được thể hiện lại dựa trên dữ liệu AIS thu được từ 2 tàu.

Đây là khu vực có mật độ tàu thuyền qua lại cao và rất nhiều đảo nhỏ, khoảng cách giữa các tàu cũng nhỏ hơn so với ngoài đại dương. Vì vậy, phương pháp đồ giải tránh va truyền thống ARPA dựa trên DCPA và TCPA không hiệu quả. Các thông số về vận tốc và hướng đi của 2 tàu, khoảng cách giữa 2 tàu tại mỗi thời điểm trong tai nạn đâm va được nêu ra trong Bảng 1. Chọn mốc thời gian bắt đầu quan sát là 0. PRI quan sát được từ 2 tàu được thể hiện trên Hình 6, với đường màu xanh là PRI của tàu A quan sát được từ tàu B, đường màu đỏ là PRI của tàu B quan sát được từ tàu A.

Trong khoảng thời gian từ 0 đến 240, chỉ số PRI của 2 tàu vẫn chưa thay đổi. Khi khoảng cách giữa hai tàu từ thời điểm 240s đến thời điểm 420s, chỉ số PRI của 2 tàu tăng nhanh, thể hiện nguy cơ đâm va tăng lên (PRI của tàu A tăng từ 0 lên 0,35 còn tàu B tăng từ 0 lên 0,45). Có sự chênh lệch này là do chỉ số PRI phụ thuộc vào kích thước và vận tốc của từng tàu nên PRI của mỗi tàu khi quan sát từ tàu kia cũng khác nhau.

Trong trường hợp này, tàu B là tàu được nhường đường. Theo Điều 17 COLREGs 72, vì một lý do nào đó, khi tàu thuyền có trách nhiệm giữ nguyên hướng đi và tốc độ nhận thấy đang ở rất gần tàu thuyền kia và không thể tránh khỏi nguy cơ đâm va nếu chỉ dựa vào sự điều động của tàu thuyền kia, thì tàu thuyền được nhường đường cũng phải có biện pháp tốt nhất để điều động tàu mình tránh sự đâm va. Nhận thấy tàu A không có hành động tránh va hợp lý, tàu B đã chuyển hướng sang phải, khoảng cách giữa 2 tàu tăng lên. Cùng với đó, chỉ số PRI của hai tàu cũng giảm xuống 0,2, nguy cơ đâm va cũng giảm. Tuy nhiên, như đã đề cập ở trên, tại khu vực này có một số đảo nhỏ nên tàu B không thể tiếp tục duy trì

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

hướng đi này và đổi hướng sang trái. Từ thời điểm 480s đến 600s, PRI của hai tàu tăng lên 0,3, nguy cơ xảy ra tai nạn đâm va cũng tăng lên. Từ thời điểm 600s, khi khoảng cách của hai tàu giảm rõ rệt từ 0,17 đến 0,06nm, hai tàu cũng không có hành động tránh va thích hợp thì PRI của hai tàu tăng lên một cách đáng kể từ 0,3 đến 0,9. Lúc này, nguy cơ đâm va đã rất rõ rệt. Khi PRI của hai tàu lên đến 1, tai nạn đâm va đã xảy ra.

Qua mô phỏng trên, ta có thể thấy sự hiệu quả của chỉ số PRI trong việc thể hiện mức độ nguy hiểm hay nguy cơ đâm va tiềm ẩn trong hàng hải. Chỉ số này tính toán dựa trên cả chiều dài và vận tốc tàu, hướng đi. Do đó nó có thể thay đổi theo thời gian thực, từ đó đưa ra được hành động tránh va nhanh chóng. Điều động tránh va là hành động nên được thực hiện bởi cả hai tàu để hai tàu không tiến đến cùng một vị trí [8]. Từ chỉ số PRI, sỹ quan hàng hải cũng có thể biết được tàu mình có gây ra nguy hiểm cho tàu mục tiêu hay không và ngược lại. Qua đó có thể có phối hợp hành động hợp lý giữa hai tàu.

5. Kết luận

Bài báo đã tìm hiểu ảnh hưởng của tàu đến khu vực xung quanh tàu khi hành trình, từ đó áp dụng chiều dài và vận tốc của tàu vào phương trình ảnh hưởng để xây dựng hệ số nguy hiểm mới, có khả năng đánh giá nguy hiểm giữa hai tàu. Hệ số nguy cơ tiềm ẩn được phát triển để cảnh báo nguy hiểm giữa các tàu trong thời gian thực dựa trên chiều dài và vận tốc của các tàu và đưa ra đánh giá cảnh báo, thể hiện sự ảnh hưởng của tàu chủ đến các tàu trong khu vực lân cận. Đồ giải tránh va ARPA dựa trên DCPA và TCPA là phương pháp truyền thống và phổ biến để xác định nguy cơ đâm va. Tuy nhiên tại một số vùng nước hẹp hoặc luồng hàng hải có mật độ tàu thuyền qua lại cao, phương pháp này có thể không áp dụng được. Hệ số nguy cơ đâm va có thể đánh giá nguy hiểm trên thời gian thực bằng giá trị thực từ 0 đến 1, qua đó ưu việt hơn so với các phương pháp hiện tại, giúp sỹ quan hàng hải có thể đưa ra quyết định nhanh chóng. Tính khả dụng của hệ số này được kiểm chứng bằng tình huống cụ thể mô phỏng bằng MATLAB. Trong tương lai, các mô phỏng trên các loại tàu có chiều dài khác nhau bằng MATLAB cũng như trên phòng thực hành để chứng minh hệ số nguy cơ tiềm ẩn có thể áp dụng cho các loại tàu phổ biến hiện nay. Sau khi được kiểm chứng, phần mềm hệ số nguy hiểm có thể được xây dựng, kết nối với hệ thống AIS, lấy dữ liệu giữa các tàu, đưa ra kết quả đánh giá trong thời gian thực.

DANH MỤC KÝ HIỆU

x_S, y_S	Vị trí tàu chủ
x_P, y_P	Vị trí điểm P (tàu ảo)
L	Chiều dài tàu chủ
v	Vận tốc tàu chủ
φ	Hướng đi tàu chủ
φ_P	Góc mạn giữa tàu chủ và tàu ảo
R	Hàm khoảng cách
DCP	Khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P
TCP	Thời gian để tàu chủ hành trình đến điểm tiếp cận gần nhất
PRI	Hệ số nguy cơ tiềm ẩn
λ	Trọng số khử thứ nguyên TCP

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.08**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] International Maritime Organization, *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*, 1972.

[2] Kearon J., *Computer programs for collision avoidance and traffic keeping*, Conference on mathematical aspects on marine traffic, London: Academic Press, 1977.

[3] Kim S.G., Kim Y.G., *An autonomous navigation system for unmanned underwater vehicle*, Inzartsev AV (ed.) Underwater vehicle, pp.279-294, 2009.

[4] Bukhari A.C., Tusseyeva I., Lee B.-G., Kim, Y.-G., *An intelligent real-time multivessel collision risk assessment system from VTS view point based on fuzzy inference system*, Expert Syst. Appl. 40, pp.1220-1230, 2013.

[5] Simsir U., Amasyali M.F., Bal M., Çelebi U.B., Ertugrul S., *Decision support system for collision avoidance of vessels*, Appl. Soft Comp. Vol.25, pp.369-378, 2014.

[6] Lopez-Santander, A., Lawry J., *An ordinal model of risk based on Mariner's judgement*, J. Navig. Vol.70 (2), pp.309-324, 2017.

[7] Hinneburg A., Keim D., 1998, *An efficient approach to clustering in large multimedia databases with noise*, Proceedings of The Fourth International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 1998.

[8] Liu Y., Xiao Y., *Model and application of risk degree for vessel-bridge collision based on theory of ship collision avoidance*, Int. J. Sci.: Basic Appl. Res. 14, pp.574-585, 2014.

Ngày nhận bài:	16/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	24/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ ĐỘ LỆCH B VÀ C CỦA LA BÀN TỪ HÀNG HẢI KHI TÀU HÀNH TRÌNH

FINDING THE DEVIATION COEFFICINTS B AND C OF MAGNETIC COMPASS WHEN THE VESSEL SAILS IN HER ROUTE

NGUYỄN VĂN SƯỚNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

La bàn từ Hàng hải là một thiết bị quan trọng được sử dụng để chỉ báo hướng đi của tàu. Để đảm bảo các yêu cầu về an toàn hàng hải, la bàn từ Hàng hải cần được hiệu chỉnh độ lệch và lập bảng độ lệch còn lại trước khi tàu vào khai thác. Theo lý thuyết, khi tàu thay đổi vĩ độ đáng kể so với vĩ độ nơi la bàn từ được hiệu chỉnh, hoặc vận chuyển quặng thép thì lực gây ra độ lệch thay đổi làm cho la bàn từ có thể bị lệch đáng kể so với la bàn điện. Khi tàu hành trình thay đổi vĩ độ hoạt động, các lực bán vòng (B, và C) thay đổi nhiều hơn so với các lực A, D, và E. Để giải quyết vấn đề này, các độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng (B, và C) gây ra được hiệu chỉnh và lập lại bảng độ lệch la bàn với các hệ số (B, và C) mới với đồng thời giữ nguyên các hệ số (A, D, và E). Nghiên cứu này đề xuất một phương pháp đơn giản để xác định hệ số la bàn từ (B, và C) khi tàu đang hành trình. Phương pháp này có thể coi như một tham khảo cho lý thuyết la bàn từ Hàng hải.

Từ khóa: *La bàn từ Hàng hải, bảng độ lệch la bàn, hệ số độ lệch bán vòng, tàu đang hành trình.*

Abstract

Marine magnetic compass is an important equipment which is used to indicate the ship's course. To ensure the requirerments of maritime safety, magnetic compass needs to be corrected to compensate the deviation between magnetic compass and Gyro compass and then the magnetic compass deviation table is also made before operating the ship. Theorically, when the latitude of ship are significantly different with those in a port where magnetic compass is corrected to compensate the deviation or when the ship carries the iron, then deflected forces have a tendency to change and cause the deviation in magnetic compass compared to gyro compass. When the ship sails in her route, forces (B, and C) change significantly compared to others (A, D, and E). To overcome this problem, the magnetic compass deviation caused by semicircle forces (B, and C) can be corrected, then making the new deviation table with new coefficients (B, and C) and keeping former ones (A, D, and E). In this study, a simple means to determine the compass coefficints (B, and C) when the ship are sailing her route. This method can be seen as a simple refference for the theory of marine magnetic compass.

Keywords: *Marine magnetic compass, compass deviation table, semicircle deviation coefficient, ship underway.*

1. Đặt vấn đề

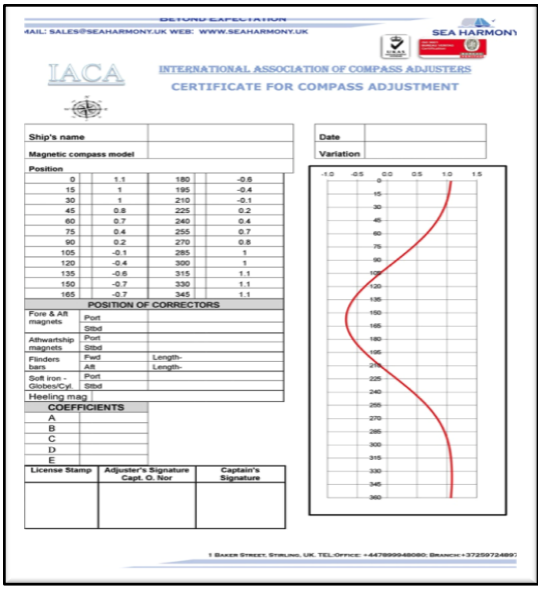
La bàn từ Hàng hải là một thiết bị quan trọng được sử dụng để chỉ báo hướng đi của tàu, cùng với la bàn con quay thiết bị này được yêu cầu lắp đặt trên các tàu biển theo quy định của Tổ chức Hàng hải Thế giới để đảm bảo an toàn hàng hải. Mặc dù độ chính không cao như la bàn điện, nhưng la bàn từ hoạt động dựa trên nguyên lý từ trường trái đất, nên la bàn từ Hàng hải luôn được coi là thiết bị dự phòng khi la bàn điện gặp sự cố mất điện không hoạt động được. Thông thường, la bàn từ được khử độ lệch và lập bảng độ lệch còn lại trước khi tàu được đưa vào khai thác. Để lập bảng độ lệch la bàn từ Hàng hải thì tàu cần phải được điều động quay trên 8 hướng chính (N, S, E, W, NE, NW, SE và SW) khác nhau và ghi lại độ lệch của la bàn từ với la bàn điện trên 8 hướng đặc biệt đó [2]. Tuy nhiên, khi tàu đang hành hải trên biển, việc điều động con tàu quay đủ 8 hướng chính để xác định độ lệch của la bàn từ với la bàn điện đôi khi có thể bị hạn chế. Để khắc phục việc cần thiết phải quan sát độ lệch la bàn trên 8 hướng chính, trong nghiên cứu [3] đã đề xuất phương pháp tính toán sử dụng kỹ thuật bình phương nhỏ nhất để tính toán hệ số độ lệch la bàn từ mà không cần quan sát độ lệch la bàn trên các hướng chính đó.

Tuy nhiên, trong Hàng hải nhiều khi quan sát thấy độ lệch la bàn từ với la bàn điện có thể lớn đến cả chục độ khi tàu thay đổi vĩ độ hoạt động đáng kể so với nơi la bàn từ được khử độ lệch hoặc vận

chuyển quặng thép [2]. Thực tế cho thấy, khi địa từ trường nơi tàu hoạt động thay đổi so với địa từ trường nơi mà tàu được hiệu chỉnh la bàn lần gần nhất, hoặc khi thay đổi vĩ độ từ làm cho phân lực địa từ trường theo hướng thẳng đứng (Z) thay đổi làm cho các lực bán vòng (B, và C) thay đổi nhiều hơn so với các lực cố định hoặc lực phần tư vòng (A, D, và E). Trong trường hợp đó, thuyền viên trên tàu có thể khử các độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng (B, và C) gây ra và lập lại bảng độ lệch mới với việc giữ nguyên các hệ số độ lệch cố định và độ lệch phần tư vòng (A, D, và E). Các vấn đề này đã được đề cập trong các nghiên cứu [4, 5]. Trong các nghiên cứu này, các tác giả đề xuất các phương pháp để xác định hệ số độ lệch B, và C chỉ cần quan sát trên một hướng bất kỳ. Tuy nhiên, lý thuyết của các phương pháp này yêu cầu phải sử dụng máy đo từ lực, do đó phức tạp về mặt nguyên lý và rất khó có thể thực hiện bởi thuyền viên trên tàu.

Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất một cách thức đơn giản để xác định hệ số độ lệch la bàn từ (B và C) khi tàu đang hành trình, phương pháp này có thể coi như phương pháp tham khảo giúp cho thuyền viên tính toán hệ số độ lệch la bàn từ trong những trường hợp đặc biệt.

2. Hệ số độ lệch la bàn từ và các phương pháp xác định trong Hàng hải



Hình 1. Bảng độ lệch la bàn từ

Sau khi hiệu chỉnh xong la bàn từ, công việc tiếp theo là các thực hiện các bước để lập bảng độ lệch còn lại (Hình 1). Bảng này đưa ra chi tiết các thông tin liên quan đến việc hiệu chỉnh la bàn như: số thanh nam châm cũng như vị trí của nó để khử các độ lệch bán vòng, số lá thép trong các hộp sắt non, thanh sắt Flinder, các hệ số độ lệch (A, B, C, D, và E), và đường cong biểu diễn độ lệch la bàn từ trên tất cả các hướng sau khi đã hiệu chỉnh là bàn từ.

Để xác định các hệ số độ lệch của la bàn từ, công thức độ lệch cơ bản trong [2] được sử dụng, công thức độ lệch la bàn từ được viết dưới dạng sau:

$$\delta = A + BsinHL + CcosHL + Dsin2HL + Ecos2HL \quad (1)$$

Để có thể xác định được độ lệch la bàn từ trên mọi hướng khác nhau, trước tiên cần quan sát và ghi lại độ lệch la bàn từ trên 8 hướng chính sau đó thay vào phương trình (1) để tính các hệ số độ lệch la bàn (A, B, C, D, và E).

Quan sát độ lệch còn lại không thể khử hết trên 8 hướng: δ_N, δ_{NE}, δ_E, δ_{SE}, δ_S, δ_{SW}, δ_W và δ_{NW}. Thay vào công thức độ lệch cơ bản tương ứng với 8 hướng như sau:

$HL = 0^0 =>$

$\delta_N = A + Bsin0^0 + Ccos0^0 + Dsin0^0 + Ecos0^0$

$HL = 45^0 =>$

$\delta_{NE} = A + Bsin45^0 + Ccos45^0 + Dsin90^0 + Ecos90^0$

$HL = 90^0 =>$

$\delta_E = A + Bsin90^0 + Ccos90^0 + Dsin180^0 + Ecos180^0 \quad (2)$

$HL = 135^0 =>$

$\delta_{SE} = A + Bsin135^0 + Ccos135^0 + Dsin270^0 + Ecos270^0$

$Hd = 180^0 =>$

$\delta_S = A + Bsin180^0 + Ccos180^0 + Dsin360^0 + Ecos360^0$

$HL = 225^0 =>$

$\delta_{SW} = A + Bsin225^0 + Ccos225^0 + Dsin450^0 + Ecos450^0$

$HL = 270^0 =>$

$\delta_W = A + Bsin270^0 + Ccos270^0 + Dsin540^0 + Ecos540^0$

$HL = 315^0 =>$

$\delta_{NW} = A + Bsin315^0 + Ccos315^0 + Dsin630^0 + Ecos630^0$

Tính các giá trị hàm lượng giác và sắp xếp lại 8 phương trình trên, ta có 8 phương trình sau:

$\delta_N = A + C + E$

$\delta_{NE} = A + B\ Sin45^0 + C\ Sin45^0 + D$

$\delta_E = A + B - E$

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

$$\delta_{SE} = A + B\,Sin45^0 - C\,Sin45^0 - D$$
$$\delta_S = A - C + E \quad (3)$$
$$\delta_{SW} = A - B\,Sin45^0 - C\,Sin45^0 + D$$
$$\delta_W = A - B - E$$
$$\delta_{NW} = A - B\,Sin45^0 + C\,Sin45^0 - D$$

Trong hệ phương trình (3), có 5 ẩn số và 8 phương trình. Để xác định các hệ số độ lệch (A, B, C, D, E), sử dụng chung một quy tắc như sau: tại các phương trình chứa hệ số cần tìm, nhân với hệ số (và dấu) đứng trước nó rồi sau đó cộng 2 vế của tất cả phương trình đó với nhau sẽ tính toán được giá trị của từng hệ số cần tìm. Hệ thức xác định từng hệ số độ lệch la bàn từ được chỉ như hệ thức (4):

$$\begin{cases} A = \dfrac{\delta_N + \delta_{NE} + \delta_E + \delta_{SE} + \delta_S + \delta_{SW} + \delta_W + \delta_{NW}}{8} \\ B = \dfrac{\delta_E - \delta_W}{4} + \left(\dfrac{\delta_{NE} - \delta_{SW}}{4} + \dfrac{\delta_{SE} - \delta_{NW}}{4}\right)\sin 45^0 \\ C = \dfrac{\delta_N - \delta_S}{4} + \left(\dfrac{\delta_{NE} - \delta_{SW}}{4} - \dfrac{\delta_{SE} - \delta_{NW}}{4}\right)\sin 45^0 \\ D = \dfrac{\delta_{NE} + \delta_{SW}}{4} - \dfrac{\delta_{SE} + \delta_{NW}}{4} \\ E = \dfrac{\delta_N + \delta_S}{4} - \dfrac{\delta_E + \delta_W}{4} \end{cases} \quad (4)$$

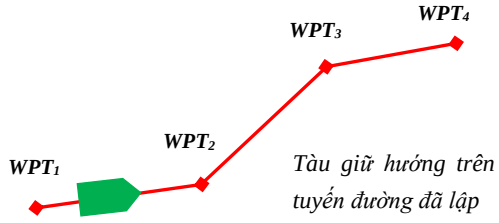
Hệ thức (4) là hệ thức dùng để xác định độ lệch la bàn từ và thiết lập bảng độ lệch còn lại.

Để xác định hệ số độ lệch la bàn từ hàng hải, phương pháp thông dụng và chính xác nhất hiện nay trên thế giới là phương pháp được trình bày như hệ thức (4). Tuy nhiên, để xác định theo phương pháp này, cần thiết phải quan sát được độ lệch la bàn từ so với la bàn điện trên 8 hướng chính, nhưng trong thực tế nhiều khi khó có thể thực hiện được.

Do đó, trong nghiên cứu [3], các tác giả đã đề xuất một phương pháp sử dụng thuật toán bình phương nhỏ nhất để tính toán các hệ số độ lệch áp dụng khi quan sát độ lệch la bàn từ với la bàn điện trên các hướng bất kỳ. Trong nghiên cứu này, tác giả hướng đến việc tính toán các hệ số độ lệch trong trường hợp việc quan sát độ lệch trên các hướng chính gặp khó khăn như khi tàu bị đảo mũi nhanh trên các hướng chính do sóng gió mà không kịp ghi lại độ lệch giữa các la bàn. Để tìm hiểu về phương pháp xác định này, có thể tham khảo chi tiết trong tài liệu [3].

3. Xác định hệ số độ lệch B và C của la bàn từ Hàng hải khi tàu đang hành trình

Khi tàu đang hành trình trên biển, nhiều khi việc quay trở trên các hướng khác nhau là khó thực hiện vì quay trở trên nhiều hướng khác nhau có thể làm chậm thời gian tàu đến cảng so với kế hoạch dự kiến (Hình 2).



Hình 2. Tàu hành trình trên biển

Theo lý thuyết la bàn từ [2], lực cố định A được khử khi đặt la bàn đúng mặt phẳng trục dọc tàu, còn lực phần tư E là rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Lực phần tư vòng D phụ thuộc vào hệ số sắt non và thành phần địa từ trường ngang (H), còn các lực bán vòng (B và C) phụ thuộc vào hệ số sắt non, hệ số sắt già, và thành phần địa từ trường trái đất theo chiều thẳng đứng (Z).

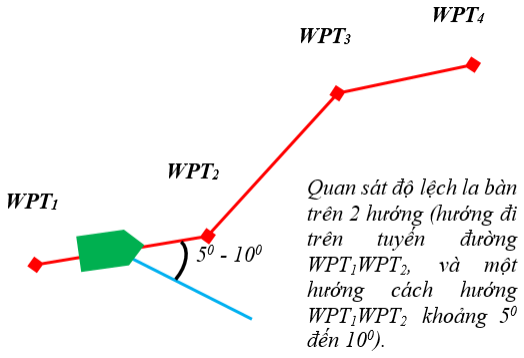
Khi tàu hành trình thay đổi vĩ độ từ liên tục, đặc biệt là khi tàu chạy lên các vùng vĩ độ cao, vĩ độ từ tăng làm thành phần (H) giảm trong khi thành phần địa từ trường thẳng đứng (Z) tăng. Điều này làm cho các lực bán vòng B và C thay đổi đáng kể hơn so với lực phần tư vòng D [4, 5]. Do đó, trong những trường hợp này bảng độ lệch la bàn từ có thể được thiết lập lại bằng cách giữ lại các hệ số độ lệch A, D, và E và đi xác định các hệ số độ lệch B, và C [4]. Công thức (1) có thể viết lại dưới dạng sau:

$$BsinHL + CcosHL = \delta - A - Dsin2HL - Ecos2HL \quad (5)$$

Để xác định được hệ số B và C theo phương trình (5), có hai trường hợp: là khi tàu chỉ được thay đổi hướng đi một góc nhỏ, và khi xét đến việc bẻ lái ngược lại để tàu trở về đường đi cũ.

3.1. Tính toán hệ số B và C khi hướng tàu chỉ được thay đổi góc nhỏ

Trong trường hợp tàu chỉ được phép thay đổi một góc nhỏ để tàu không bị chệch khỏi đường đi đang hành trình quá lớn, cần thiết phải quan sát được độ lệch trên 2 hướng khác nhau. Do đó, bên cạnh hướng tàu đang chạy theo tuyến đường đã lập WPT_1WPT_i, thuyền viên có thể thay đổi hướng tàu thêm 5^0 đến 10^0 sang một mạn bất kỳ so với hướng đi đang chạy trong một khoảng thời gian ngắn, điều này đảm bảo điều kiện để quan sát độ lệch trên 2 hướng khác nhau (Hình 3) và tàu không bị mất quá nhiều thời gian làm ảnh hưởng đến thời gian dự kiến đến cảng.



Hình 3. Thay đổi hướng tàu một góc nhỏ

Như vậy, trên 2 hướng đi đó, có thể quan sát được độ lệch tương ứng, khi đó ta có hệ phương trình dưới đây:

$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \left(\delta_1 - A - Dsin2HL_1 - Ecos2HL_1\right) \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \left(\delta_2 - A - Dsin2HL_2 - Ecos2HL_2\right) \end{cases} \quad (6)$$

Trong hệ phương trình (6), HL_1, HL_2 là hướng tàu chạy theo tuyến đường đã lập, và hướng tàu thay đổi khoảng 5^0 đến 10^0 trong khoảng thời gian ngắn; δ_1 δ_2 là độ lệch của la bàn từ so với la bàn điện quan sát được trên hai hướng tương ứng; các hệ số A, D, E là các hệ số độ lệch la bàn từ được lấy trong bảng độ lệch la bàn từ trên buồng lái.

Hệ phương trình (6) là hệ phương trình bậc nhất hai ẩn, dễ dàng có thể giải được bằng máy tính cầm tay. Đặt:

$$\begin{cases} \Delta_1 = \left(\delta_1 - A - Dsin2HL_1 - Ecos2HL_1\right) \\ \Delta_2 = \left(\delta_2 - A - Dsin2HL_2 - Ecos2HL_2\right) \end{cases} \quad (7)$$

Ta có hệ phương trình:

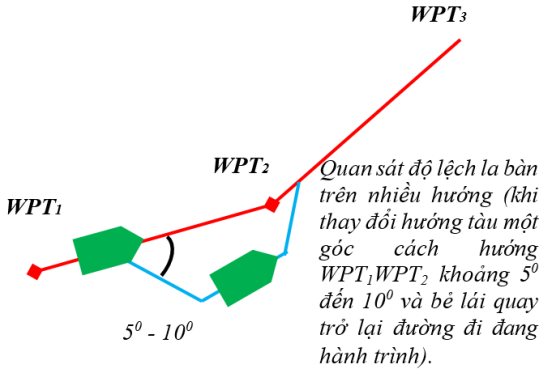
$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \Delta_1 \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \Delta_2 \end{cases} \quad (8)$$

Theo đó, các hệ số độ lệch B và C được xác định bởi công thức:

$$\begin{cases} C = \dfrac{\left(\Delta_1 sinHL_2 - \Delta_2 sinHL_1\right)}{\left(cosHL_1 sinHL_2 - cosHL_2 sinHL_1\right)} \\ B = \dfrac{\Delta_1}{sinHL_1} - \dfrac{\left(\Delta_1 sinHL_2 - \Delta_2 sinHL_1\right)}{\left(cosHL_1 sinHL_2 - cosHL_2 sinHL_1\right).tgHL_1} \end{cases} \quad (9)$$

3.2. Tính toán hệ số B và C xét đến việc bẻ lái để đưa tàu trở lại đường đi đã định

Trong trường hợp xét đến việc bẻ lái để đưa tàu quay trở lại đường đi đang hành trình (Hình 4), thì có thể quan sát được độ lệch la bàn trên nhiều hướng hơn, khi đó có thể áp dụng thuật toán bình phương nhỏ nhất để xác định hệ số B và C.



Hình 4. Thay đổi hướng tàu và bẻ lái đưa tàu trở lại đường đi hành trình

Khi tàu thay đổi hướng đi sang một mạn một góc nhỏ trong thời gian ngắn để quan sát độ lệch, sau đó bẻ tàu quay trở lại để đưa tàu về đường đi đã định chúng ta cũng quan sát được độ lệch trên các hướng đó, do vậy có hệ phương trình (10):

$$\begin{cases} BsinHL_1 + CcosHL_1 = \Delta_1 \\ BsinHL_2 + CcosHL_2 = \Delta_2 \\ ..... \\ BsinHL_n + CcosHL_n = \Delta_n \end{cases} \quad (10)$$

Theo tài liệu [1], thuật toán bình phương nhỏ nhất được áp dụng để tìm hệ số B và C thoả mãn điều kiện cực tiểu hệ thức sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (\Delta_i - BsinHL_i - CcosHL_i)^2 \quad (11)$$

S đạt cực tiểu khi:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial B} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial C} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Biến đổi và khai triển ta được:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \left[-2\cos HL_i (\Delta_i - B\cos HL_i - C\sin HL_i)\right] = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} \left[2\sin HL_i (\Delta_i - B\cos HL_i - C\sin HL_i)\right] = 0 \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} B\sum_{i=1}^{n} \cos^2 HL_i + C\sum_{i=1}^{n} \sin HL_i \cos HL_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \cos HL_i \\ B\sum_{i=1}^{n} \sin HL_i \cos HL_i + C\sum_{i=1}^{n} \sin^2 HL_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \sin HL_i \end{cases} \quad (14)$$

Hệ phương trình (14) lại có dạng như hệ phương trình (8) là hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn. Có thể dễ dàng giải hệ phương trình này để thu được các hệ số B và C như trong hệ thức (9).

Như vậy cả hai trường hợp khi: tàu thay đổi một

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
-JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY-

góc nhỏ, và khi tính đến quay trở để quan sát độ lệch, ta đều có thể giải các hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn để tìm các hệ số độ lệch B và C. Cụ thể:

Khi tàu thay đổi một góc nhỏ, ta có hệ gồm 2 phương trình bậc nhất 2 ẩn số B và C (hệ phương trình 8), lời giải của hệ này được thực hiện theo hệ phương trình (9).

Trong trường hợp xét đến việc bẻ lái sang một mạn và bẻ lái ngược trở lại để đưa tàu về đường đi ban đầu đã định thì khi đó sẽ quan sát được nhiều giá trị độ lệch la bàn, và thu được hệ phương trình (10) với các nghiệm B và C. Để giải hệ này, thuật toán bình phương nhỏ nhất được áp dụng, triển khai hệ (10) thành hệ phương trình (14) để thu được nghiệm cuối cùng B và C.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, bài báo đề xuất một phương pháp lý thuyết tham khảo để xác định hệ số độ lệch la bàn từ B và C. Trong thực tế, thuyền viên rất hay gặp hiện tượng độ lệch giữa la bàn từ và la bàn điện chênh lệch nhau đáng kể khi tàu thay đổi vĩ độ từ hoặc khi tàu chở quặng thép. Do đó, thuyền viên trên tàu có thể thao tác hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ do các lực bán vòng B và C sinh ra. Sau khi hiệu chỉnh xong, bảng độ lệch la bàn từ có thể được lập sau đó với các hệ số độ lệch mới của B và C, còn lại giữ nguyên các hệ số độ lệch cố định và phần tư vòng (A, D, và E).

Trong phương pháp đề xuất, tác giả có tính đến các điều kiện như: tàu cần giữ hướng đi để đảm bảo tàu luôn chạy trên tuyến đường đã lập theo kế hoạch, có thể thay đổi hướng mũi tàu (khoảng 5^0 đến 10^0) trong khoảng thời gian ngắn để quan sát được độ chênh lệch của la bàn từ so với la bàn điện, và xét đến việc quay trở lại đường đi đang hành trình.

Vì có thể thao tác một cách đơn giản, nhanh chóng bằng máy tính cầm tay thay vì phải sử dụng các thiết bị máy đo từ lực nên phương pháp có thể phù hợp với thuyền viên trong việc xác định nhanh các hệ số độ lệch của la bàn từ Hàng hải. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ tính đến các vấn đề khác như: sử dụng GPS để xác định hệ số độ lệch la bàn từ, phát triển phương pháp xác định hệ số độ lệch la bàn từ khi khử độ lệch la bàn trong nhà máy đóng tàu theo phương pháp COLONGA.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Dương Thuỷ Vỹ. *Giáo trình phương pháp tính*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2017.

[2] Nguyễn Văn Hoà, Nguyễn Minh Đức, Lại Thế Việt. *La bàn từ Hàng hải*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2013.

[3] Van Suong Nguyen.*Calculation of the deviation coefficients for marine magnetic compass*. Journal of International Maritime Safety, Enviromental Affairs and Shipping, Vol.2, Issue 2, pp.112-115. 2019.

[4] Lushnikov E.M. *Compensation of Magnetic Compass Deviation at Single Any Course*. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol.5, No.3, Sep 2011.

[5] Jeong-Bin Yim, Yeong-Ho Sim. *A New Method for the Acquisition of Deviation Coefficients B and C at a Single Magnetic Heading*. Journal of Navigation and Port Research, Vol.28, No.5, pp.851-859. 2004.

Ngày nhận bài:	08/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	22/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021

GIÁM SÁT NĂNG LƯỢNG TIÊU THỤ CỦA MÁY NÉN KHÍ TRÊN TÀU BIỂN THEO THỜI GIAN THỰC ĐỂ TỐI ƯU HÓA HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG CỦA MÁY NÉN KHÍ

MONITOR ENERGY COMSUMPTION OF MARINE AIR COMPRESSOR IN REAL TIME TO OPTIMIZE ENERGY EFFICIENCY

TRẦN HỒNG HÀ[1*], NGUYỄN KIM ANH[2]

[1]Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: tranhongha@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Trong thời gian gần đây Tổ chức Hàng hải Quốc tế IMO đã ban hành các qui định mới về giảm phát thải khí CO_2 cũng như có các nghiên cứu và sáng kiến về vận tải biển xanh dẫn tới việc nỗ lực cải thiện hiệu suất các hệ thống năng lượng trên tàu được ưu tiên cao. Bài báo tập trung nghiên cứu việc giám sát năng lượng tiêu thụ của hệ thống máy nén khí trên tàu biển để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của máy nén khí và chuẩn đoán một số sự cố thường xảy ra đối với máy nén khí trên tàu biển. Công suất tiêu thụ của máy nén khí được đo liên tục theo thời gian thực và truyền dữ liệu về máy tính giám sát tại trung tâm bằng công nghệ IoT. Ngoài ra áp suất và nhiệt độ của khí nén cũng được giám sát. Các kết quả thu được được so sánh với các thông số khi máy nén hoạt động bình thường và cảnh báo cho người khai thác khi các thông số có biến đổi bất thường do máy nén gặp sự cố như bị rò lọt hoặc nhiệt độ làm mát khí nén quá cao. Mô hình dự đoán dựa vào trí tuệ nhân tạo đã được sử dụng như một công cụ đánh giá để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của máy nén khí trong quá trình hoạt động.

Từ khóa: *Năng lượng, máy nén khí, tàu biển.*

Abstract

The IMO International Maritime Organization has recently issued new regulations on reducing CO_2 emissions as well as research and initiatives on green marine transportation leading to efforts to improve efficiency of systems. Monitor energy systems are given high priority. The article focuses on monitoring the energy consumption of air compressor systems on ships to evaluate the energy efficiency of air compressors and diagnose some common problems with air compressors on a ship. The power consumption of the air cleaner is continuously measured in real time and transmitted data to the monitoring computer at the center using IoT technology. In addition, the pressure and temperature of the compressed air are also monitored. The results obtained are compared with the parameters when the compressor is running normally and alert the operator when the parameters have abnormal changes due to the compressor problem such as leaks or the compressed air cooling temperature is too high. The AI-based prediction model has been used as an evaluation tool to improve the energy efficiency of air compressors during operation.

Keywords: *Energy, air compressor, ship.*

1. Mở đầu

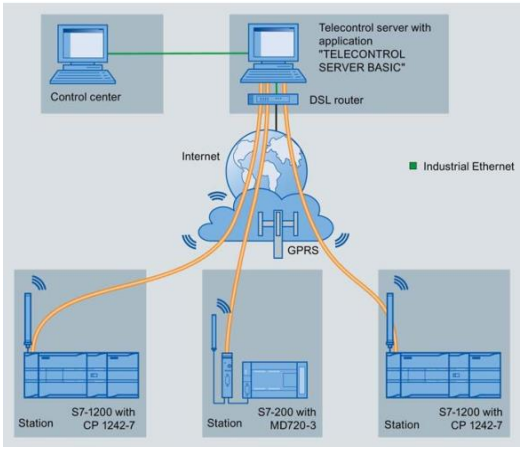
Năm 2011, IMO đã đưa ra các biện pháp kỹ thuật và khai thác bắt buộc đối với tàu biển để nâng cao hiệu quả về năng lượng nhằm giảm lượng khí thải CO_2 từ hoạt động của tàu biển. Các biện pháp bắt buộc này (EEDI/ SEEMP) có hiệu lực từ ngày 01/01/2013 [1]. IMO cũng đã đưa ra các hướng dẫn quan trọng nhằm hỗ trợ thực hiện các biện pháp bắt buộc để tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính, tạo tiền đề cho các quy định về EEDI và SEEMP được các Cơ quan quản lý và ngành công nghiệp vận tải biển thực hiện suôn sẻ. Sự tăng trưởng dự kiến của thương mại thế giới tạo ra một thách thức lớn đối với việc đáp ứng mục tiêu tương lai về lượng khí thải cần thiết để đạt được sự ổn định về nhiệt độ toàn cầu và vì vậy, IMO đã bắt đầu xem xét các biện pháp kỹ thuật và vận hành tối ưu hơn nữa để nâng cao hiệu quả năng lượng của tàu.

Nghiên cứu trong bài báo đề cập đến việc tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng của hệ thống máy nén khí trên tàu biển. Đây là một trong những hệ thống kỹ thuật tiêu thụ năng lượng tương đối lớn trên tàu.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Hiện tại, đa số các tàu biển tại Việt Nam đều không có hệ thống giám sát năng lượng liên tục, do vậy để đánh giá được tính hiệu quả cũng như tình trạng làm việc của máy nén khí là việc khó khăn đối với người vận hành, vì thế việc nghiên cứu hệ thống đo và giám sát liên tục năng lượng tiêu thụ của máy nén khí theo thời gian thực từ đó dự báo được tình trạng làm việc của máy nén khí là việc rất cần thiết giúp cho người khai thác có thể ngăn ngừa được các hư hỏng có thể xảy ra và có các biện pháp bảo dưỡng, sửa chữa kịp thời nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của máy nén.

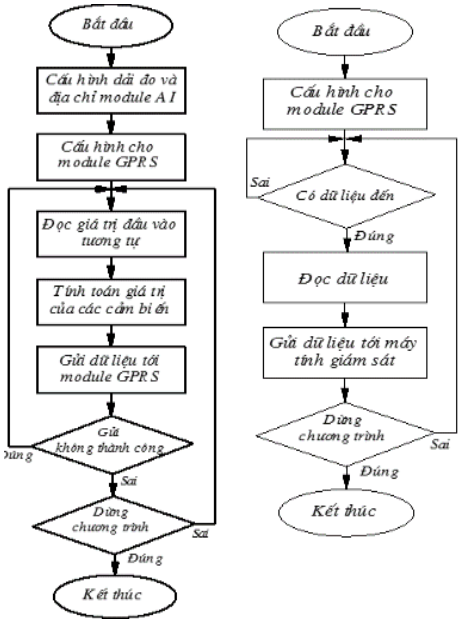
2. Thiết kế và chế tạo hệ thống giám sát năng lượng sử dụng IoT



Hình 1. Sử dụng IoT để truyền dữ liệu

Hệ thống giám sát và quản lý năng lượng ứng dụng công nghệ IoT được thiết kế và chế tạo tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, hệ thống bao gồm: khối đo và phát dữ liệu, khối thu và phân tích dữ liệu, phần mềm giám sát và phân tích năng lượng tiêu thụ của hệ thống khí nén ở các chế độ tải khác nhau. Trong đó, hai khối đo và phát, thu và phân tích dữ liệu sử dụng PLC S7-1200 kết hợp với GPRS (General Packet Radio Service) như Hình 1 để truyền dữ liệu qua Internet về máy chủ. Bộ dữ liệu gồm công suất tiêu thụ, áp suất và nhiệt độ khí nén được thu thập từ các hệ thống kỹ thuật sẽ được đóng gói lại dưới dạng các gói tin và được truyền đi qua mạng internet với tốc độ 144 kbps. Sơ đồ luồng dữ liệu cho bộ thu và phát dữ liệu được mô tả như Hình 2. Bộ phát dữ liệu bắt đầu bằng việc cấu hình cho mô-đun AI (Analog Input) để nhận dữ liệu từ các cảm biến. Điện áp sử dụng có dải đo 0÷10V do vậy chúng ta cần cài đặt dải đo cho mô-đun AI là 0÷10V, sử dụng 6 kênh vào AI0 đến AI5 tương ứng cho 6 kênh vào của cảm biến. Sau khi đã cấu hình cho module AI, chương trình sẽ cần phải cấu hình cho mô- đun GPRS để kết nối vào mạng và kết nối đến trạm PLC nhận. Việc cấu hình này được thực hiện trên phần mềm TIA portal.

Sau khi đã cấu hình xong, chương trình sẽ bước vào một vòng lặp vô hạn, trong đó chương trình sẽ đọc các giá trị điện áp tại đầu vào của mô-đun AI sau đó gửi dữ liệu đến mô- đun GPRS, mô-đun GPRS sẽ thực hiện việc đóng gói dữ liệu và gửi đến trạm nhận. Nếu quá trình gửi không thành công, chương trình sẽ tiến hành gửi lại khối dữ liệu mới. Quá trình đo và thu thập, cập nhật dữ liệu sẽ được diễn ra theo chu kỳ cách mỗi 5 giây.



Hình 2. Sơ đồ luồng dữ liệu của bộ phát và thu

Bộ thu dữ liệu bắt đầu bằng việc cấu hình cho mô -đun GPRS để kết nối vào mạng và kết nối đến trạm PLC phát. Việc cấu hình này được thực hiện trên phần mềm TIA portal. Sau khi đã cấu hình xong, chương trình sẽ đợi dữ liệu được gửi đến mô-đun GPRS. Khi có dữ liệu đến, chương trình sẽ thực hiện việc giải mã gói dữ liệu và tách lấy dữ liệu từ các cảm biến đã được gửi đến. Nếu quá trình nhận thành công, chương trình sẽ tiến hành gửi dữ liệu đó tới máy tính qua cổng truyền thông PROFINET, sau đó quay về quá trình đợi gói dữ liệu mới. Nếu có lệnh dừng chương trình thì chương trình sẽ kết thúc, trong trường hợp ngược lại một vòng lặp mới lại được bắt đầu.

3. Thực nghiệm đo các thông số của máy nén khí

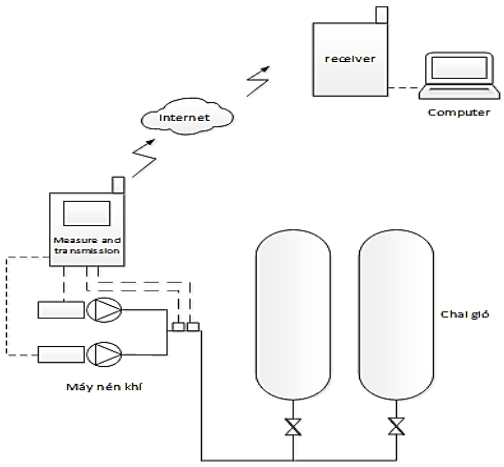
Hệ thống máy nén khí tại trung tâm nghiên cứu hệ động lực thuộc Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam được sử dụng trong thí nghiệm để

đo các thông số làm việc của máy nén khí ở các chế độ làm việc khác nhau, bao gồm công suất tiêu thụ, áp suất và nhiệt độ của máy nén khí. Thông số kỹ thuật của máy nén khí được cho như trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số của máy nén khí

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Nhà sản xuất	Toshiba	
Công suất	11	kW
Lưu lượng	3600	m^3/h
Vòng Quay	1450	v/ph

Hệ thống máy nén khí gồm có hai máy nén khí. Hai máy nén khí có hai chế độ điều khiển là tự động và bằng tay. Trong quá trình thí ngiệm máy nén nạp khí vào chai gió. Hệ thống truyền dữ liệu ứng dụng công nghệ IoT được sử dụng để gửi dữ liệu làm việc của máy nén khí về trung tâm giám sát theo thời gian thực như trong Hình 3.

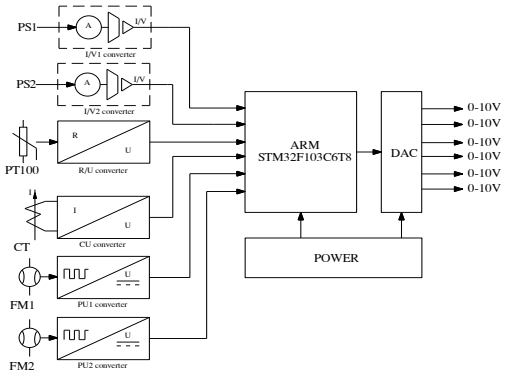


Hình 3. Sơ đồ đo các thông số làm việc của máy nén khí

Máy nén khí được đo ở ba chế độ: 1. Làm việc bình thường; 2. Bị rò lọt khí nén; 3. Nhiệt độ nước làm mát khí nén tăng cao. Khi làm việc ở các chế độ, máy nén khí đều nén khí nén trong chai gió từ 0 bar đến 15 bar. Số lần đo được thực hiện 5 lần ở mỗi chế độ làm việc của máy nén.

Hệ thống đo và giám sát bao gồm các sensor đo dòng, áp suất và nhiệt độ của khí nén, hệ thống biến đổi tín hiệu đo (Hình 4), bộ xử lý tín hiệu và gửi đến PLC sau đó qua GPRS để đóng gói tín hiệu. Dữ liệu được truyền qua intenet và gửi tới bộ nhận tại trung tâm giám sát. Trong Hình 5 là mô-đun gồm có các cảm biến đo lường các thông số làm việc của máy nén khí và chuyển tín hiệu đo thành tín hiệu áp. Các thành phần chính của mô-đun bao gồm:

Hình 4. Hệ thống giám sát máy nén khí trong phòng thí nghiệm của trung tâm nghiên cứu hệ động lực



Hình 5. Sơ đồ cấu tạo hệ thống đo và chuyển đổi tín hiệu

- PS1 (Pressure sensor): Cảm biến áp suất khí nén, đầu ra 4-20mA.

- PS2 (Pressure sensor): Cảm biến áp suất khí nén, đầu ra 4-20mA.

- PT100: Cảm in đo nhiệt độ khí nén.

- CT (Current transformer): Biến dòng, phục vụ đo công suất nhóm thiết bị tiêu thụ năng lượng điện.

- FM1, FM2: (Fuel metter) cảm biến đo lượng nhiên liệu tiêu thụ, đầu ra cảm biến là số tần số.

- I/V (Converter): Mạch chuyển đổi dòng thành áp phục vụ đo lường.

- R/U: Mạch cuyển đổi giá trị điện trở của cảm biến nhiệt PT100 thành điện áp.

- CU: Mạch chuyển đổi giá trị dòng điện từ biến dòng thành điện áp một chiều để phục vụ thuật toán đo dòng.

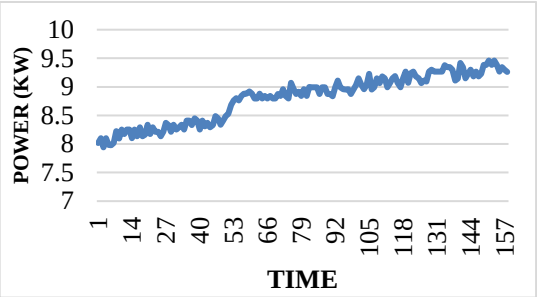
- PU1, PU2: Bộ biến đổi đầu ra xung của cảm biến lưu lượng thành điện áp.

- ARM STM32F103C8T6: Bộ vi điều khiển xử lý trung tâm của module vào ra.

- DAC (Digital Analog Converter): Bộ biến đổi thành tương tự 0-10V đưa tới PLC (Programable Logic Controller) thu.

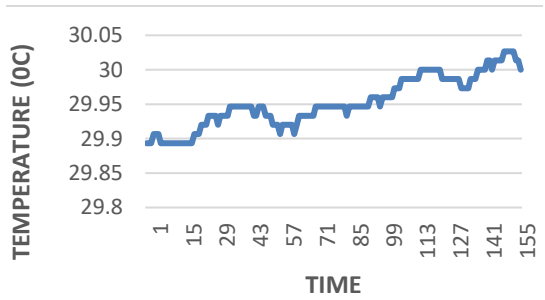
TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Trong Hình 6, công suất của máy nén khí được tính toán và hiển thị trên màn hình giám sát theo thời gian thực. Thông số được đo là cường độ dòng điện của nguồn cấp cho máy nén khí. Cảm biến đo dòng AC 100A/100mA DLXQ20 được sử dụng để đo dòng điện của máy nén khí.



Hình 6. Công suất tiêu thụ của máy nén khí theo thời gian thực

Ngoài công suất, thông số áp suất và nhiệt độ của khí nén cũng được đo và giám sát ở các chế độ làm việc của máy nén khí. Hình 7 là màn hình giám sát nhiệt độ tiêu thụ của máy nén khí theo thời gian thực. Các cảm biến đo nhiệt độ theo nguyên lý điện trở PT100 và đo áp suất được sử dụng để đo nhiệt độ và áp suất khí nén ở đường ống đẩy của máy nén khí.



Hình 7. Nhiệt độ khí nén theo thời gian thực

4. Huấn luyện mạng ANN và kết quả dự báo

4.1. Thu thập và xử lý số liệu thực nghiệm

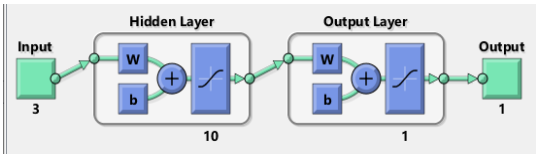
Máy nén khí được chạy ở ba chế độ: chạy bình thường, chế độ có độ rò khí nhỏ lưu lượng nạp còn 3400m^3/h, chế độ có độ rò khí lớn lưu lượng nạp còn 2800m^3/h. Các thông số đầu vào là công suất tiêu thụ của động cơ, áp suất khí nén và nhiệt độ khí nén. Thông số đầu ra là trạng thái làm việc của máy nén khí: bình thường, rò khí nhỏ, rò khí lớn và thiếu nước làm mát. Sau khi thu thập dữ liệu sẽ được chia thành hai bộ dữ liệu:

Bộ dữ liệu thứ nhất gồm có 200 số liệu đầu vào được nạp vào công cụ ANN của Matlab để huấn luyện mạng. Phần mềm lại chia số dữ liệu này thành ba nhóm: nhóm 1 dùng để luyện mạng có số dữ liệu chiếm 70% tương ứng với 187 dữ liệu, các dữ liệu này được sử dụng liên tục trong quá trình học và chỉnh sửa sai số của mạng. Nhóm 2 chiếm 15% dữ liệu tương ứng với 40 dữ liệu để kiểm tra xem có bị quá khớp hay không. Nhóm 3 chiếm 15% dữ liệu tương ứng 40 dữ liệu để kiểm tra lại mạng trước và sau khi huấn luyện mạng.

Bộ dữ liệu thứ hai gồm có 40 dữ liệu được dùng để kiểm tra độ tin cậy của mạng sau khi được huấn luyện và dự báo các trạng thái của máy nén khí ở các chế độ làm việc khác nhau.

4.2. Xây dựng mạng trí tuệ nhân tạo

Mạng trí tuệ nhân tạo được xây dựng để dự báo tình trạng của máy nén khí, vì vậy lớp đầu vào là các số liệu về thông số làm việc của máy nén khí sau khi thực nghiệm thu thập được. Khi xây dựng mạng nhóm nghiên cứu chọn mạng trí tuệ nhân tạo gồm hai lớp ẩn, mỗi lớp ẩn có 10 nơ-ron, thông số đầu vào gồm ba thông số (công suất, áp suất và nhiệt độ khí nén), thông số đầu ra gồm một thông số (trạng thái của máy nén khí).



Hình 8. Mô hình mạng trí tuệ nhân tạo

4.3. Huấn luyện mạng trí tuệ nhân tạo

Mạng được huấn luyện lặp đi lặp lại cho đến khi kết quả và sai số đạt được theo yêu cầu. Quá trình này chính là quá trình điều chỉnh các trọng số liên kết giữa các nơ ron thông qua các thuật toán được cài đặt sẵn trong Matlab. Mạng được kiểm tra bằng sai số toàn phương trung bình và hệ số tương quan R. Sai số toàn phương được tính theo công thức sau [2]:

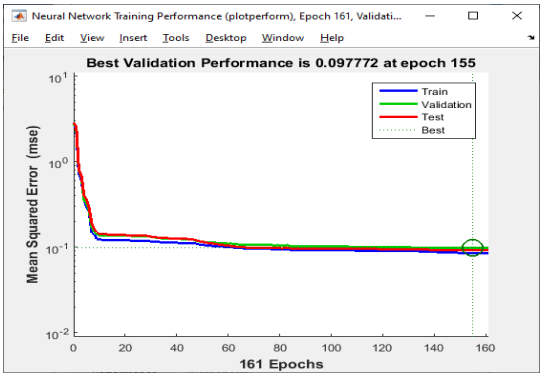
$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y_i^*)}{n} \quad (1)$$

Trong đó: y_i: Giá trị dự báo;

y^*_i: Giá trị thực;

n: số lượng dữ liệu.

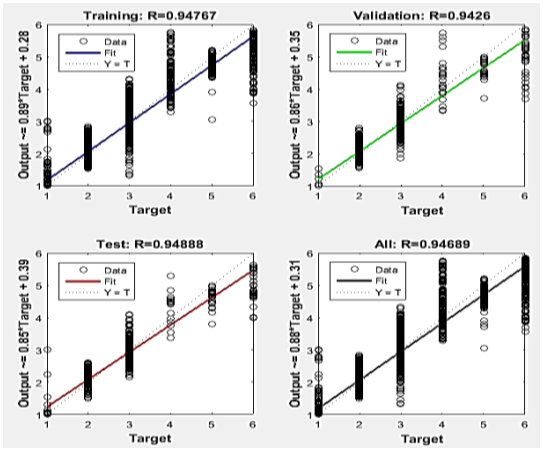
Mạng sau khi huấn luyện được xác thực và kiểm tra chéo để đánh giá về hiệu suất của mạng. Hình 9 cho thấy hiệu suất tốt nhất của quá trình luyện mạng đạt 0,097772 tại vòng lặp 155.



Hình 9. Đồ thị sai số toàn phương MSE

4.4. Sử dụng mạng trí tuệ nhân tạo để dự báo

Sau khi huấn luyện, mạng trí tuệ nhân tạo được dùng để dự báo trạng thái làm việc của máy nén khí. Bộ dữ liệu thứ hai được sử dụng để kiểm tra hiệu quả dự báo của mạng cho thấy sai số MSE = 147,76.10^{-7} và hệ số hồi quy R = 0,946. Điều đó cho thấy mạng trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo chính xác tình trạng làm việc của máy nén khí khi có đủ các thông số đầu vào gồm công suất tiêu thụ, áp suất và nhiệt độ khí nén.



Hình 10. Kết quả dự báo của mạng

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu hệ thống giám sát hoạt động của máy nén khí theo thời gian thực cho thấy:

Việc ứng dụng công nghệ IoT để giám sát năng lượng tiêu thụ, áp suất, nhiệt độ của hệ thống máy nén khí theo thời gian thực (cách 5s một) cho phép người khai thác tàu có thể theo dõi trạng thái của máy nén khí từ đó lập kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa và cải thiện hiệu suất bền vững của hệ thống, giúp giảm tiêu thụ điện năng, tiết kiệm chi phí năng lượng.

Mạng trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng để dự báo trạng thái của máy nén khí dựa vào các thông số đầu vào được giám sát liên tục theo thời gian thực. Kết quả dự báo của mạng có độ chính xác cao giúp người khai thác biết được tình trạng làm việc của máy nén khí và có biện pháp bảo dưỡng hoặc ngăn ngừa sự cố một cách kịp thời trong quá trình khai thác.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.18**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] IMO, *ANNEX 19 RESOLUTION MEPC. Vol.203(62)* Adopted on 15 July 2011.

[2] Tạ Quốc Dũng, Lê Thế Hà, Phạm Duy Khang, *Ứng dụng mạng neuron nhân tạo (ANN) trong dự báo độ rỗng*, Tạp chí Dầu khí, Số 7, tr.18 - 27, 2019.

[3] Henric Lassesson, Karin E Andersson, *Energy efficiency in shipping - Review and evaluation of the state of knowledge*, Göteborg, Sweden, 2009.

[4] Energy Management System, *Praxis Automation Technology*, The Netherlands.

Ngày nhận bài:	15/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	26/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BÁO ĐỘNG VÀ BẢO VỆ ÁP SUẤT DẦU BÔI TRƠN CHO ĐỘNG CƠ DIESEL DAIHATSU 8GK-20 TẠI TRUNG TÂM THỰC HÀNH THÍ NGHIỆM MÁY TÀU

DESIGNING AND SIMULATING THE LUBRICATION OIL PRESSURE SAFETY AND ALARM SYSTEM OF DIESEL ENGINES DAIHATSU 8GK-20 AT MARINE ENGINE PRACTICAL AND EXPERIMENTAL CENTER

TRƯƠNG VĂN ĐẠO*, TÔ TRỌNG HIỂN
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: truongvandao@vimaru.ed.vn*

Tóm tắt

Hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ diesel tàu thủy có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo động cơ hoạt động an toàn và tin cậy. Vì vậy, việc thiếu hiểu biết của người khai thác về hệ thống này sẽ dẫn đến những thiệt hại về kinh tế và những sự cố nghiêm trọng trong quá trình khai thác động cơ. Nhằm nâng cao sự hiểu biết và hiệu quả trong đào tạo thuyền viên, trong bài báo đại số Boolean và phần mềm mô phỏng Automation studio 5.0 đã được sử dụng để thiết kế và mô phỏng hệ thống này cho động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm Thực hành thí nghiệm Máy tàu, Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Kết quả cho thấy, hệ thống đã mô phỏng được đầy đủ các chức năng của một hệ thống thực tế một cách trực quan và sinh động. Bên cạnh đó, hệ thống mô phỏng cũng cho phép người sử dụng thực hiện được các thao tác để kiểm tra các chức năng của hệ thống.

Từ khóa: *Áp suất dầu bôi trơn, hệ thống báo động và bảo vệ, diesel Daihatsu 8GK-20, đại số Boolean.*

Abstract

The lubrication oil pressure safety and alarm system of marine diesel engines plays an important role in ensuring safe and reliable engine operation. Therefore, the operator's lack of understanding of this system will lead to economic losses and serious troubles in the engine operation. In order to improve crew training efficiency and understanding, in this article, Boolean algebra and simulation software Automation studio 5.0 were used to design and simulate this system for Daihatsu 8GK-20 diesel engine at Center Experimental Practice - Faculty of Marine Machinery, Vietnam Maritime University. The results show that the simulation system has fully simulated all functions of the real system visually and vividly. In addition, the simulation system also allows the user to perform operations to test the system's functions.

Keywords: *Lubrication oil pressure, alarm and safety systems, Daihatsu 8GK-20 diesel, Boolean algebra.*

1. Đặt vấn đề

Hệ thống dầu bôi trơn là một trong những hệ thống quan trọng để đảm bảo sự làm việc an toàn và tin cậy của động cơ đốt trong. Sự cố liên quan đến dầu bôi trơn và hệ thống dầu bôi trơn là một trong những sự cố nguy hiểm nhất gây ra sự phá hủy động cơ. Từ năm 2010 đến 2014, một nhóm nghiên cứu người Thụy Điển chỉ ra những sự cố liên quan đến dầu bôi trơn và hệ thống dầu bôi trơn đã gây thiệt hại khoảng 1,9 triệu USD. Tuy nhiên, trong giai đoạn từ 2015 - 2017, con số thiệt hại này là khoảng 1,7 triệu USD [1].

Một trong những nhiệm vụ quan trọng của hệ thống bôi trơn cho động cơ đốt trong là tạo điều kiện tối ưu cho sự hình thành màng dầu ở tất cả các cặp bề mặt ma sát, chẳng hạn như nhóm piston-xylanh, ổ đỡ bạc biên và bạc trục chính,… [2]. Màng dầu được tạo nên giữa các bề mặt ma sát để giảm thiểu mài mòn cho các cặp chi tiết chuyển động. Tuy nhiên, sự hình thành màng dầu phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Một trong những yếu tố quan trọng là giá trị áp suất dầu trong hệ thống bôi trơn [3]. Chính vì vậy, để tránh những hư hỏng và sự cố trong quá trình khai thác động cơ diesel tàu thủy liên quan đến áp suất dầu bôi trơn, quy phạm đóng tàu vỏ thép của các tổ chức Đăng kiểm đều quy định phải trang bị hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ [4].

Tuy nhiên, qua công tác phỏng vấn, đào tạo và huấn luyện thực tế cho thấy, các sĩ quan máy tàu biển Việt Nam còn nhiều hạn chế về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế. Khá nhiều các sĩ quan máy

còn bỡ ngỡ chưa hiểu hết vai trò và chức năng của hệ thống báo động và bảo vệ động cơ nói chung và hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn động cơ nói riêng, dẫn tới khi đảm nhận các chức danh trên tàu đã bị cơ quan chính quyền cảng *(Port State Control - PSC)* kiểm tra bắt lỗi. Hơn thế, nhiều sĩ quan chưa biết quy trình thử để kiểm tra các chức năng của hệ thống dẫn đến các sự cố máy đáng tiếc đã xảy ra, gây thiệt hại nặng nề về tính mạng và tài sản cho các chủ tàu.

Xuất phát từ nhu cầu thực tế như vậy, nhóm nghiên cứu muốn xây dựng một giáo cụ trực quan, thực tế nhằm phục vụ cho công tác đào tạo huấn luyện kỹ năng, nghiệp vụ cho thuyền viên đạt hiệu quả hơn. Vì vậy, trong bài báo này chúng tôi đã thiết kế và mô phỏng hệ thống báo động bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm Thực hành thí nghiệm Máy tàu, Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết để thiết kế và mô phỏng hệ thống

Việc thiết kế hệ thống bao gồm thiết kế mạch logic, tính chọn thiết bị, mô phỏng hệ thống. Tuy nhiên, trong khuôn khổ bài báo này chỉ trình bày thiết kế mạch logic và mô phỏng hệ thống cho đối tượng là động cơ diesel Daihatsu 8GK-20. Động cơ này có 8 xylanh với đường kính xylanh là 200 mm, công suất ra là 1.280 kW. Giá trị áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống ở mức báo động và bảo vệ lần lượt là 3,0 và 2,5 bar [7].

Các mạch logic điều khiển được thiết kế dựa trên đại số Boolean. Đại số Boolean là các phép toán và quy tắc làm việc với tập {0,1}. Các hàm được sử dụng phổ biến là hàm ĐẢO, VÀ , HOẶC, được kết hợp với một số định luật: hoán vị, nhóm,... [5]. Mạch logic báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn được xây dựng theo quy trình sau: Chức năng hệ thống → mô tả chức năng bằng lời → sơ đồ thuật toán → bảng giá trị thật → dạng chính tắc → dạng tối thiểu → sơ đồ mạch logic. Quy trình này là một trong những quy trình phổ biến được sử dụng để thiết kế mạch logic điều khiển [6].

Việc mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống sẽ giúp giảm thiểu được các sai sót trong khâu thiết kế hệ thống, đồng thời tiết kiệm được thời gian cũng như chi phí cho quá trình chế tạo thử nghiệm. Hiện nay, có rất nhiều ngôn ngữ và phần mềm chuyên biệt để mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống truyền động thủy lực - khí nén. Tuy nhiên, trong bài báo này phần mềm Automation Studio 5.0 được lựa chọn để mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống. Automation Studio là phần mềm ứng dụng có thể tính toán thiết kế và mô phỏng một cách trực quan các hệ thống thủy lực, khí nén và quá trình động học của từng phần tử trong hệ thống.

3. Thiết kế và mô phỏng hệ thống

3.1. Xây dựng sơ đồ thuật toán chức năng báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn

Hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ được mô tả cụ thể bằng sơ đồ thuật toán Hình 1. Hệ thống này có hai chức năng, đó là: chức năng tự động báo động và chức năng dừng động cơ tự động khi áp suất dầu bôi trơn giảm tới giá trị cài đặt.

Tự động báo động: Trong quá trình khai thác động cơ, vì một lý do nào đó làm cho áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống giảm đến một giá trị *(được gọi là áp suất báo động)* có thể gây nguy hiểm cho động cơ. Khi đó, hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu bằng âm thanh và đèn hiệu cảnh báo cho người khai thác biết để có phương án xử lý kịp thời nhằm đem lại sự hoạt động an toàn cho động cơ.

Tự động dừng động cơ: Sau khi tín hiệu báo động được kích hoạt, nếu áp suất dầu bôi trơn vẫn tiếp tục giảm tới mức nguy hiểm *(được gọi là áp suất bảo vệ)*, thì hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu để dừng động cơ tự động nhằm bảo vệ động cơ, đồng thời cảnh báo cho người khai thác biết bằng tín hiệu đèn và còi báo động.

3.2. Xây dựng mạch logic báo động áp suất dầu bôi trơn thấp

- Các tín hiệu vào:

x_1: Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{đc} \geq n_{kđ}$);

x_2: Tín hiệu áp suất LO ở mức báo động;

x_3: Tín hiệu khẳng định sự cố;

x_4: Tín hiệu báo động trước đó.

- Các tín hiệu ra:

Z_1: Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp suất dầu LO sáng đỏ nhấp nháy và chuông kêu;

Z_2: Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp suất dầu LO sáng đỏ bình thường.

Từ bảng giá trị thật (Bảng1) ta có các hàm logic sau:

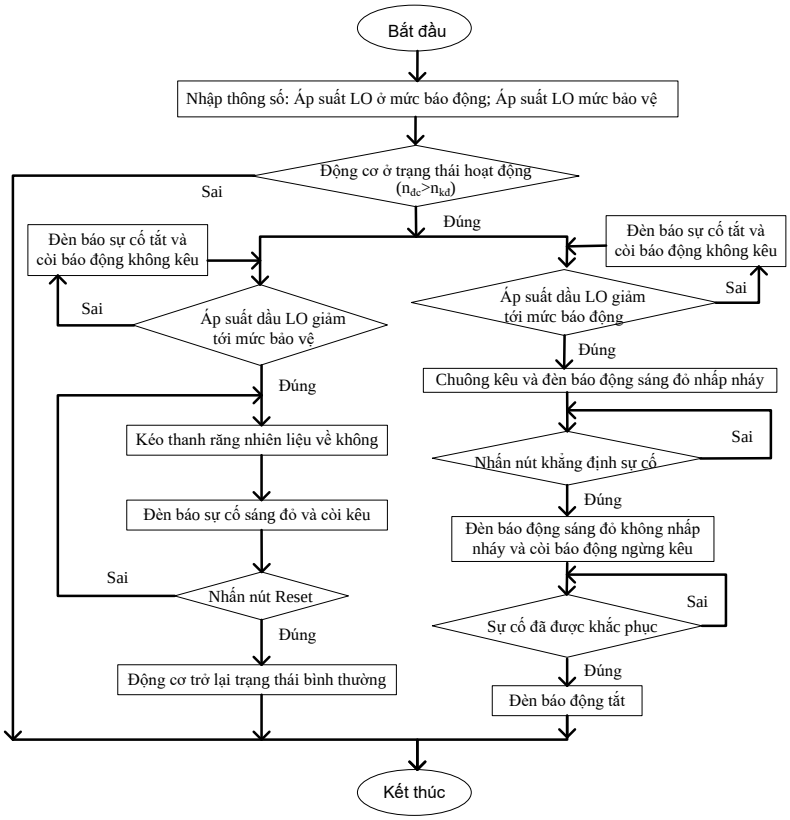
$$Z_1 = x_1\overline{x_3}(x_2 + x_4) \quad (1)$$

$$Z_2 = x_1x_2 \quad (2)$$

Mạch logic báo động áp suất LO - Hình 2 được xây dựng từ phương trình logic (1) và (2).

- Bảng giá trị thật thể hiện trên Bảng 1.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

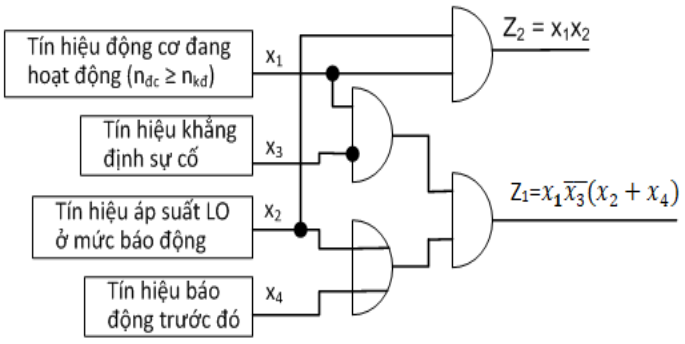


LO: dầu bôi trơn (Lubricanting Oil); $n_{đc}$: Vòng quay động cơ; $n_{kđ}$: Vòng quay khởi động

Hình 1. Sơ đồ thuật toán báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn thấp

Bảng 1. Bảng mô tả chức năng báo động áp lực dầu bôi trơn thấp

x_1	x_2	x_3	x_4	Z_1	Z_2
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1



Hình 2. Mạch logic báo động áp suất dầu LO

3.3. Xây dựng mạch logic dừng động cơ khi áp suất dầu bôi trơn thấp

• Tín hiệu vào:

x_1: Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{đc} \geq n_{kđ}$);

x_5: Tín hiệu áp suất LO ở mức dừng sự cố "Shutdown";

x_6: Tín hiệu dừng sự cố trước đó;

x_7: Tín hiệu hoàn nguyên hệ thống "Reset".

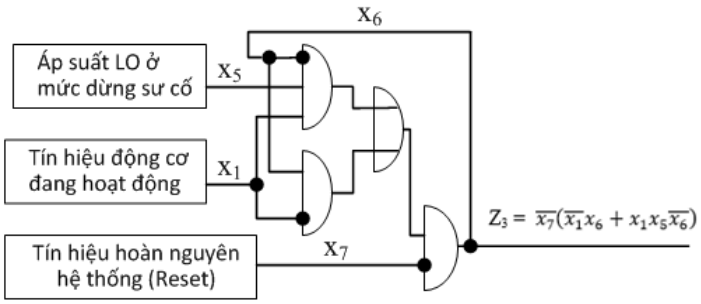
• Tín hiệu ra:

Z_3: Tín hiệu dừng sự cố động cơ, đèn báo sự cố sáng đỏ và còi kêu.

• Bảng giá trị thật được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Bảng mô tả chức năng dừng động cơ khi áp suất dầu bôi trơn thấp

x_1	x_5	x_6	x_7	Z_3
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	-
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	-
1	1	1	1	-



Hình 3. Mạch logic bảo vệ động cơ

Từ bảng giá trị thật ta có các hàm logic sau:

$$Z_3 = \overline{x_7}(\overline{x_1}x_6 + x_1x_5\overline{x_6}) \quad (3)$$

Mạch logic của hệ thống Hình 3 được xây dựng từ phương trình (3).

3.4. Chọn phần tử thực hiện phép toán logic

Từ mạch logic báo động ở Hình 2 và mạch logic bảo vệ ở Hình 3, mạch điều khiển có thể được xây dựng theo nhiều phương thức khác nhau như cơ - khí nén, điện - khí nén, hay thậm chí là điện - điện tử. Tuy nhiên, trong bài báo này hệ thống điều khiển được lựa chọn là hệ thống điện - khí nén. Do đó, các tín hiệu đầu vào cần được lựa chọn loại tín hiệu cho phù hợp (Bảng 3).

3.5. Mô phỏng hệ thống

Sau khi phân loại biến logic, mạch logic được tách thành mạch điện và mạch truyền động khí nén sau đó được mô phỏng trên phần mềm Automation Studio 5.0. Các mạch mô phỏng được thể hiện trên Hình 4 và Hình 5. Trong khuôn khổ bài báo tác giả giới thiệu tóm tắt các chức năng mà hệ thống mô phỏng đã thực hiện như sau:

Khởi động động cơ diesel

Bật nguồn điện cho hệ thống → đèn nguồn (Source) sáng xanh; cấp nguồn khí khởi động động cơ → đồng hồ áp suất khí khởi động hiển thị 25 bar; cấp nguồn khí điều khiển → đồng hồ áp suất khí điều khiển hiển thị 8 bar. Ấn nút (ON) khởi động bơm dầu nhờn bôi trơn → đồng hồ áp suất LO hiển thị 1,5 bar (Một trong những điều kiện bắt buộc để khởi động được động cơ là áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống phải đạt được áp suất tối thiểu cho phép. Với động cơ diesel Daihatsu 8GK-20, áp suất này là 1 bar) [5]. Điều kiện khởi động động cơ đã đủ, tiếp theo ấn nút (Start) khởi động động cơ → đồng hồ chỉ báo vòng

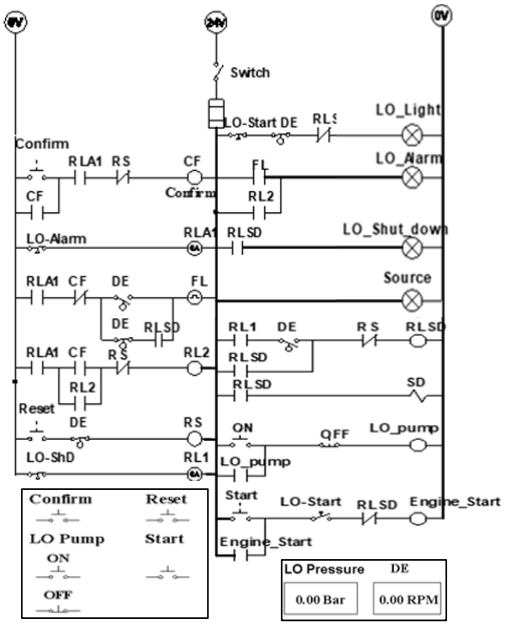
Bảng 3. Lựa chọn loại tín hiệu

TT	Tín hiệu vào	Chức năng	Chọn tín hiệu	Ghi chú
1	x_1	Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{đc} \geq n_{kđ}$)	Điện	Cảm biến vòng quay
2	x_2	Tín hiệu áp lực LO ở mức báo động	Điện	Cảm biến áp suất
3	x_3	Tín hiệu khẳng định sự cố	Cơ	Nút nhấn
4	x_4	Tín hiệu báo động trước đó	Điện	
5	x_5	Tín hiệu áp suất LO ở mức "Shutdown"	Điện	Cảm biến áp suất
6	x_6	Tín hiệu dừng sự cố trước đó	Điện	
7	x_7	Tín hiệu hoàn nguyên hệ thống "Reset"	Cơ	Nút nhấn

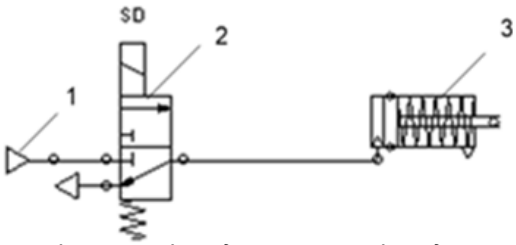
TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

quay động cơ hiển thị 900 RPM (V/P) → đồng hồ chỉ báo áp suất LO tăng lên 4,5 bar → động cơ khởi động thành công.

Thử mô phỏng các chức năng của hệ thống



Hình 4. Sơ đồ mạch điện điều khiển hệ thống



1. Nguồn khí nén điều khiển; 2. Van trượt điều khiển 3/2;
3. Xylanh lực điều khiển thanh răng nhiên liệu

Hình 5. Sơ đồ mạch khí nén dừng sự cố

Chức năng của hệ thống được thử như sau:

Điều chỉnh áp suất dầu bôi trơn động cơ giảm dần đến giá trị áp suất báo động 3 bar, lúc này đèn báo động áp suất dầu bôi trơn "LO_Alarm" sẽ sáng nhấp nháy màu đỏ và còi kêu. Khi đó, người khai thác cần nhấn nút "Confirm" trên bảng điều khiển để khẳng định sự cố → đèn báo động áp suất dầu bôi trơn sẽ sáng đỏ bình thường (không nhấp nháy) và còi báo động sẽ ngừng kêu. Nếu tăng áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống lớn hơn áp suất báo động → đèn báo động sẽ tắt. Nếu tiếp tục giảm áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống tới mức bảo vệ 2,5 bar, lúc này sẽ có tín hiệu điện cấp đến van điện từ 2 - Hình 5 để cấp khí nén tới xylanh lực 3 đẩy thanh răng nhiên liệu về 0 để dừng sự cố động cơ. Đồng thời đèn chỉ báo dừng sự cố động cơ do áp suất dầu bôi trơn (LO_Shut_down) trên bảng điều khiển (Hình 4) sẽ sáng nhấp nháy màu đỏ. Để đưa động cơ từ trạng thái dừng sự cố sang trạng thái dừng bình thường để chuẩn bị cho lần khởi động tiếp theo, người khai thác cần nhấn nút "Reset" trên bảng điều khiển để hoàn nguyên hệ thống.

4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng sơ đồ thuật toán, mạch logic và lựa chọn các phần tử thực hiện phép toán logic từ đó mô phỏng thành công chức năng tự động báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn thấp cho động cơ diesel lai máy phát điện trên tàu thủy bằng phần mềm Automation Studio 5.0. Đây là giáo cụ trực quan giúp cho công tác đào tạo huấn luyện thuyền viên, Sĩ quan Máy tàu biển Việt Nam sẽ được nâng cao hơn về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.14**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] *Lubrication failures most common cause of engine damage*. URL: https://vpoglobal.com. 2018.

[2] J.F. Thomas, C.S. Sluder, M.D. Kass, et al. *A guide to fuel, lubricant, and engine concerns relative to the IMO 2020 fuel oil sulfur reduction mandate*. Maritime Administration, US Department of Transportation. 2019.

[3] Ewa Rostek, Maciej Babiak, Emil Wróblewski. *The Influence of Oil Pressure in the Engine Lubrication System on Friction Losses*. Procedia Engineering Vol.192, pp.771-776. 2017.

[4] *Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về phân cấp và đóng tàu vỏ thép - QCVN 21: 2015/BGTVT*. Bộ Giao thông vận tải. Hà Nội, 2015.

[5] Phạm Văn Khảo, *Truyền động tự động khí nén*, NXB Khoa học và Kỹ thuật. 2007.

[6] Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh, *Nhận dạng hệ thống điều khiển*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.

[7] The Instruction Book: DAIHATSU 8GK -20.

Ngày nhận bài: 25/02/2021
Ngày nhận bản sửa: 09/3/2021
Ngày duyệt đăng: 15/3/2021

PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI KHÔNG CÓ MÔ HÌNH CHO RÔ BỐT DÂY SONG SONG

MODEL-FREE ADAPTIVE CONTROL APPROACH FOR CABLE-DRIVEN PARALLEL ROBOT

PHẠM ĐÌNH BÁ[1*], PHẠM XUÂN DƯƠNG[2]

[1]Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: bapd.vck@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Khi mô hình toán học không có sẵn và các điều kiện cụ thể của hệ thống được cung cấp, phương pháp điều khiển thích nghi không có mô hình (MFAC) được đề xuất dựa trên kỹ thuật tuyến tính hóa động với đạo hàm riêng cho hệ thống rời rạc nhiều đầu vào và nhiều đầu ra. Ý tưởng điều khiển chính là thiết lập các thông số hệ thống thời gian thực đại diện cho các biến của hệ thống được thực hiện bằng cách chỉ sử dụng các đầu vào và đầu ra. Sau đó, bộ điều khiển đề xuất được thực hiện thành công cho một robot song song điều khiển bằng dây (CDPR) để điều khiển vị trí của robot (EE). MFAC này đã được áp dụng và chứng minh hiệu suất đạt yêu cầu trên nền tảng CDPR thực tế.

Từ khóa: *Điều khiển không mô hình, điều khiển thích nghi, robot song song.*

Abstract

When a mathematical model is not available and system-specific conditions are fulfilled, a model-free adaptive control (MFAC) approach is proposed based on a new dynamic linearization technique with a pseudo-partial derivative for a class of general multiple-input and multiple-output nonlinear discrete-time cable robot system. The key control ideal is that an estimation of real-time system parameters that represent system dynamic variations is realized by using only inputs and outputs. Then the proposed controller is successfully implemented in a cable-driven parallel robot (CDPR) to control the position of the end-effector (EE). This MFAC was applied and demonstrated satisfactory performance on an actual CDPR platform.

Keywords: *Model-free control, adaptive control, parallel robot.*

1. Giới thiệu chung

CDPRs là một robot mà chuyển vị (bao gồm vị trí và hướng) của EE được điều chỉnh bởi các dây độc lập với một đầu nối với EE và đầu còn lại nối với khung [1, 2]. EE được điều khiển đến vị trí và hướng mong muốn bằng việc thay đổi chiều dài của các dây. Những ưu điểm chính của CDPRs bao gồm không gian làm việc lớn [3], tốc độ cao [4, 5], và có khả năng chịu tải lớn [6].

Gần đây, các thuật toán điều khiển cho CDPR đã gây được sự chú ý đáng kể. Luật điều khiển phản hồi PD [4] và PID [7] trong không gian khớp được khai thác để kiểm soát chuyển vị của EE. Một bộ điều khiển bền vững PID [8] được thiết kế cho CDPR với sự không chắc chắn về cấu trúc của hệ thống. Phương pháp điều khiển phân cấp [6] được phát triển để đáp ứng điều khiển vị trí. Một bộ điều khiển mô men xoắn tính toán (CTC) [5] được đề xuất cho một robot song song. Hệ thống điều khiển tạo thành một phần chuyển tiếp động nghịch đảo và một vòng phản hồi. Một tiếp cận điều khiển trong [2] dựa trên CTC với hồi tiếp tuyến tính được giới thiệu để điều khiển CDPR với những dây có tính đàn hồi lớn. Một bộ điều khiển đồng bộ hóa [9] được sử dụng để nhận ra chuyển động đồng bộ hóa giữa các dây và vị trí điều khiển chính xác của EE. Các kế hoạch điều khiển khác cũng đã được áp dụng cho CDPR, chẳng hạn như bộ điều khiển trượt (SMC) [10-12], SMC giảm [13], hoặc điều khiển thụ động [14]. Hơn nữa, bộ điều khiển mạng noron thích nghi [15] cũng được sử dụng cho CDPR với độ bão hòa đầu vào để bù lại sự không chính xác của mô hình hệ thống.

Điều khiển thích nghi không mô hình lần đầu tiên được giới thiệu bởi Hou [16, 17] cho các hệ thống phi tuyến rời rạc. Thuật toán điều khiển này được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Dựa trên lý thuyết MFAC, vấn đề kiểm soát hướng đi của các thiết bị mặt nước [18] với sự không chắc chắn được điều tra. Một thuật toán MFAC mới [19] dựa trên phương pháp chiếu kép liên tiếp được đề xuất cho các bài toán điều khiển xe ô tô tự lái. Yaoyao [20] phát triển một

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

phương pháp điều khiển bền vững không mô hình dựa trên phương pháp điều khiển trượt và phương pháp điều khiển không mô hình cho robot song song. Raul-Cristian [21] kết hợp MFAC với thành phần mờ bằng cách điều chỉnh phản hồi tham chiếu ảo cho các hệ thống cần cẩu tháp. Kết quả thuật toán được minh chứng thông qua vị trí góc cánh tay robot của cần cẩu tháp trang bị trong phòng thí nghiệm.

Trong nghiên cứu này, điều khiển không mô hình (MFAC) được thiết kế dựa trên những lý thuyết được trình bày trong [17, 18, 22] để điều khiển vị trí của CDPR. Bộ điều khiển đề xuất là dựa trên mô hình động lực học tuyến tính và đạo hàm riêng của hệ thống rời rạc phi tuyến nhiều tín hiệu vào nhiều tín hiệu ra (MIMO).

2. Vấn đề về điều khiển không mô hình

Mô hình đầu vào/đầu ra (I/O) của một hệ thống rời rạc phi tuyến MIMO [17] được mô tả như sau

$$\mathbf{y}(k+1)=\mathbf{f}\left(\mathbf{y}(k),\ldots,\mathbf{y}(k-n_y),\mathbf{u}(k),\ldots\mathbf{u}(k-n_u)\right), \quad (1)$$

Trong đó: $\mathbf{y}(k)\in\mathbb{R}^p$ và $\mathbf{u}(k)\in\mathbb{R}^q$ tương ứng là các I/O, n_y, n_u là bậc tự do, p, q là các số nguyên, và $\mathbf{f}(\bullet)\in\mathbb{R}^p$ là hàm phi tuyến.

Dạng tuyến tính động của hệ thống rời rạc (1) được xây dựng dựa trên các giả thiết sau:

Giả thiết 1: Đạo hàm từng phần của $\mathbf{f}(\bullet)$ đối với đầu vào $\mathbf{u}(k)$ là liên tục.

Giả thiết 2: $\|\Delta\mathbf{y}(k+1)\|\le b\|\Delta\mathbf{u}(k)\|$ và $\|\Delta\mathbf{u}(k)\|\ne 0$ cho mỗi k, với $\Delta\mathbf{y}(k+1)=\mathbf{y}(k+1)-\mathbf{y}(k)$, $\Delta\mathbf{u}(k)=\mathbf{u}(k)-\mathbf{u}(k-1)$, và b là một hằng số dương.

Như thảo luận trong [17], hệ thống phi tuyến rời rạc (1) có thể chuyển đổi thành một mô hình dữ liệu

$$\Delta\mathbf{y}(k+1)=\boldsymbol{\Phi}(k)\Delta\mathbf{u}(k), \quad (2)$$

Trong đó: $\boldsymbol{\Phi}(k)$ là ma trận giả Jacobi (PJM),

$$\boldsymbol{\Phi}(k)=\begin{bmatrix}\Phi_{11}(k) & \Phi_{12}(k) & \cdots & \Phi_{1q}(k)\\ \Phi_{11}(k) & \Phi_{12}(k) & \cdots & \Phi_{1q}(k)\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \Phi_{11}(k) & \Phi_{12}(k) & \cdots & \Phi_{1q}(k)\end{bmatrix}_{p\times q}$$

và $\|\boldsymbol{\Phi}(k)\|\le b$.

3. Thiết kế bộ điều khiển MFAC

Trong nghiên cứu này, mục tiêu chính là điều khiển hệ thống MIMO khi không biết mô hình toán trong điều kiện cụ thể, chỉ sử dụng dữ liệu đo đạc I/O của hệ thống điều khiển vòng kín. Quan tâm đến hàm tối ưu sau:

$$J=\|\mathbf{y}_d(k+1)-\mathbf{y}(k+1)\|^2+\lambda\|\mathbf{u}(k)-\mathbf{u}(k-1)\|^2, \quad (3)$$

Trong đó: $\mathbf{y}_d(k+1)$ là tín hiệu ra mong muốn và λ là một hằng trọng số.

Từ (2), công thức có thể được viết lại như sau:

$$\mathbf{y}(k+1)=\mathbf{y}(k)+\boldsymbol{\Phi}(k)\left[\mathbf{u}(k)-\mathbf{u}(k-1)\right]. \quad (4)$$

Thế (4) vào (3) chúng ta có

$$J_u=\begin{pmatrix}\left\|\mathbf{y}_d(k+1)-\mathbf{y}(k)-\boldsymbol{\Phi}(k)\left[\mathbf{u}(k)-\mathbf{u}(k-1)\right]\right\|^2\\ +\lambda\|\mathbf{u}(k)-\mathbf{u}(k-1)\|^2\end{pmatrix}. \quad (5)$$

Khi hệ thống ổn định, hàm tối ưu J_u tiến tới không. Do vậy, đạo hàm của (5) theo $\mathbf{u}(k)$, và cho nó bằng không, J_u tiếp cận tới giá trị tối ưu xung quanh giá trị không.

$$\mathbf{u}(k)=\mathbf{u}(k-1)+\frac{\boldsymbol{\Phi}(k)}{\lambda+\|\boldsymbol{\Phi}(k)\|^2}\left[\mathbf{y}_d(k+1)-\mathbf{y}(k)\right]. \quad (6)$$

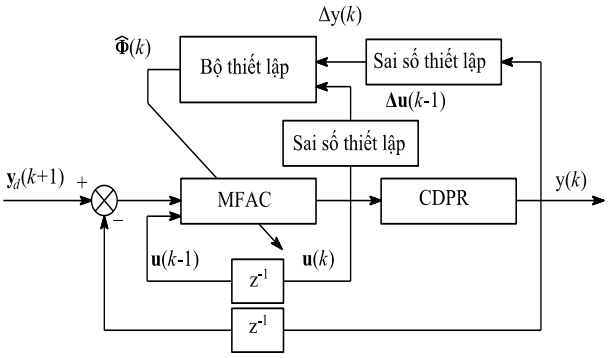
Trong thực tế, J_u có thể không hội tụ. Vấn đề này có thể được khắc phục bằng cách đề xuất tham số $\rho\in(0\div 1]$ để giảm kích thước bước lặp. Sau đó, công thức (6) có thể được viết lại như sau:

$$\mathbf{u}(k)=\mathbf{u}(k-1)+\rho\frac{\boldsymbol{\Phi}(k)}{\lambda+\|\boldsymbol{\Phi}(k)\|^2}\left[\mathbf{y}_d(k+1)-\mathbf{y}(k)\right]. \quad (7)$$

Để thiết lập $\boldsymbol{\Phi}(k)$, một hàm tối ưu khác đưa ra trong [22] cho $\hat{\boldsymbol{\Phi}}(k)$ được sử dụng trong nghiên cứu này.

$$J_\Phi=\begin{pmatrix}\left\|\Delta\mathbf{y}(k)-\hat{\boldsymbol{\Phi}}(k)\Delta\mathbf{u}(k-1)\right\|^2\\ +\mu\left\|\hat{\boldsymbol{\Phi}}(k)-\hat{\boldsymbol{\Phi}}(k-1)\right\|^2\end{pmatrix}, \quad (8)$$

Trong đó: $\mu>0$ là trọng số.



Hình 1. Sơ đồ điều khiển của MFAC [17]

Khi cho $\partial J_\Phi / \partial \mathbf{\Phi}(k) = 0$, chúng ta thu được:

$$\hat{\mathbf{\Phi}}(k) = \begin{pmatrix} \frac{\mu}{\mu + \|\Delta \mathbf{u}(k-1)\|^2} \hat{\mathbf{\Phi}}(k-1) \\ + \frac{1}{\mu + \|\Delta \mathbf{u}(k-1)\|^2} \Delta \mathbf{y}(k) \Delta \mathbf{u}^T(k-1) \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Để đảm bảo tính hội tụ của $\hat{\mathbf{\Phi}}(k)$, thông số $\eta \in (0 \div 1]$ được đề xuất để giảm kích thước bước lặp.

$$\hat{\mathbf{\Phi}}(k) = \begin{pmatrix} \frac{\mu}{\mu + \|\Delta \mathbf{u}(k-1)\|^2} \hat{\mathbf{\Phi}}(k-1) \\ + \frac{\eta}{\mu + \|\Delta \mathbf{u}(k-1)\|^2} \Delta \mathbf{y}(k) \Delta \mathbf{u}^T(k-1) \end{pmatrix}, \quad (10)$$

với $\hat{\mathbf{\Phi}}(1)$ là giá trị khởi tạo của PJM.

PJM [18] khởi động lại khi:

$$\hat{\mathbf{\Phi}}(k) = \hat{\mathbf{\Phi}}(1) \quad \text{if} \quad \begin{bmatrix} \|\hat{\mathbf{\Phi}}(k)\| < \varepsilon \\ \|\Delta \mathbf{u}(k-1)\| \le \varepsilon \\ sign(\hat{\mathbf{\Phi}}(k)) \ne sign(\hat{\mathbf{\Phi}}(1)) \end{bmatrix}, \quad (11)$$

Trong đó: $sign(\bullet)$ là hàm sign và ε là một số dương bé tùy ý.

Trong kế hoạch điều khiển của MFAC, dữ liệu I/O của hệ thống điều khiển được sử dụng để thiết lập thông số thay đổi theo thời gian $\mathbf{\Phi}(k)$. Giá trị thiết lập $\hat{\mathbf{\Phi}}(k)$ và tối ưu hóa sai số được giới thiệu trong kế hoạch điều khiển, tín hiệu điều khiển mới $\mathbf{u}(k)$ là đạt được. Dựa trên tín hiệu điều khiển $\mathbf{u}(k)$ và đầu ra $\mathbf{y}(k)$, PJM mới được thiết lập thông qua $\hat{\mathbf{\Phi}}(k+1)$. Toàn bộ quá trình điều khiển được mô tả như trong Hình 1.

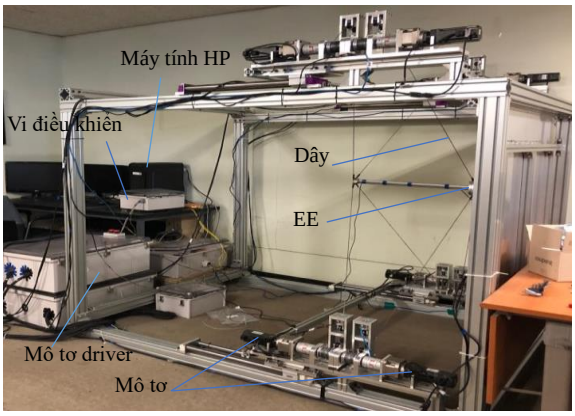
4. Nghiên cứu trường hợp cho CDPR

Trong phần này, các thí nghiệm tập trung vào kiểm soát vị trí của EE trong không gian khớp của CDPR. CDPR là một hệ thống MIMO trong đó tín hiệu ra $\mathbf{y}(k) = \begin{bmatrix} l_1(k) & l_2(k) & \dots & l_8(k) \end{bmatrix}^T$, ở đó l_i là chiều dài của dây thứ i (i = 1 ÷ 8) và tín hiệu vào $\mathbf{u}(k) = \begin{bmatrix} \tau_1(k) & \tau_2(k) & \dots & \tau_8(k) \end{bmatrix}$ với τ_i là mô men điều khiển của dây thứ i trong không gian khớp.

Động học ngược [23] được sử dụng để chuyển đổi chuyển vị của EE thành chiều dài của các dây:

$$l_i = \|\mathbf{a}_i - \Xi \mathbf{b}_i - \mathbf{p}\|, \quad (12)$$

Trong đó: $\mathbf{a}_i$ là véc tơ vị trí của đầu dây thứ i nối với khung, $\mathbf{b}_i$ là véc tơ vị trí của đầu dây thư i nối với EE, $\mathbf{p} = \begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}^T$ là véc tơ vị trí của trọng tâm của EE, và Ξ là một ma trận chuyển.



Hình 2. Mô hình CDPR trong phòng thí nghiệm

$$\Xi = \begin{bmatrix} c\beta c\gamma & s\alpha s\beta c\gamma - c\alpha s\gamma & c\alpha s\beta c\gamma + s\alpha s\gamma \\ c\beta s\gamma & s\alpha s\beta s\gamma + c\alpha c\gamma & c\alpha s\beta s\gamma - s\alpha c\gamma \\ -s\beta & s\alpha c\beta & c\alpha c\beta \end{bmatrix},$$

Trong đó: α, β, và γ tương ứng là các góc nghiêng của EE theo ba trục x, y, và z, $c\alpha \equiv \cos\alpha$, $s\alpha \equiv \sin\alpha$, $c\beta \equiv \cos\beta$, $s\beta \equiv \sin\beta$, $c\gamma \equiv \cos\gamma$, và $s\gamma \equiv \sin\gamma$.

Mô hình trong phòng thí nghiệm của CDPR được thể hiện trong Hình 2. Phần cứng bao gồm máy tính HP (Intel® Core™ i-7 CPU 3.4GHz), được sử dụng để tính toán tín hiệu điều khiển và điều khiển 08 mô tơ (Delta, ECMA-C10604ES) thông qua mạch D/A (TEXAS INSTRUMENTS LUANCHXL-F280049C and TMS320F28379D). Chiều dài của mỗi dây được xác định thông qua các encoder (gắn trên các mô tơ) và hồi tiếp thông chuẩn giao tiếp CAN-Bus tới máy tính. Phần mềm điều khiển được thực hiện với Simulink/Matlab.

Các thông số của CDPR được sử dụng trong thí nghiệm là: m = 1,91kg; g = 9,81m/s^2; I_x = 0,059kgm^2; I_y = 0,59 kgm^2; và I_z = 0,002kgm^2.

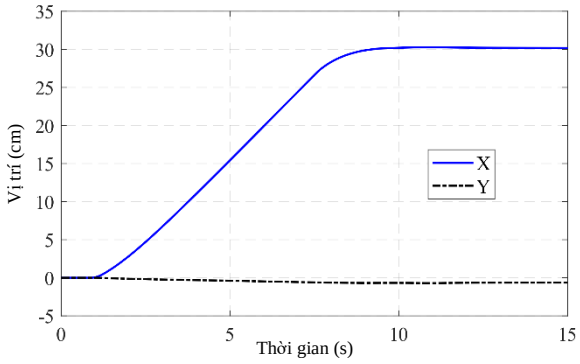
Điều kiện khởi tạo và các thông số của bộ điều khiển là: $\tau_i(0) = 0$, $l_1(0) = l_2(0) = l_3(0) = l_4(0)$ = 1,048m; $l_5(0) = l_6(0) = l_7(0) = l_8(0)$ = 1,08m; $\hat{\mathbf{\Phi}}(1) = diag(0{,}1;0{,}1;0{,}1;0{,}1;0{,}1;0{,}1;0{,}1;0{,}1)$; λ = 0,38; ρ = 0,003; μ = 0,095; η = 0,0095; và ε = 0,008.

Thí nghiệm được đưa ra để hoàn thành hai nhiệm vụ di chuyển dọc theo trục x và trục y.

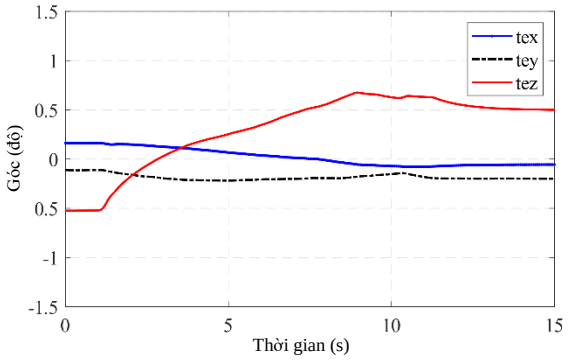
Thí nghiệm đầu tiên điều tra đặc tính di chuyển của CDPR dọc theo trục x. Trong thí nghiệm này, EE di chuyển từ điểm này (x, y) = (0, 0) tới điểm mục tiêu (x, y) = (30cm, 0cm). Đáp ứng điều khiển được thể hiện trong Hình 3. Vị trí của EE được mô tả trong Hình 3(a), trong khi hướng của EE duy trì quanh giá

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

trị không trong suốt quá trình di chuyển (Hình 3(b)).

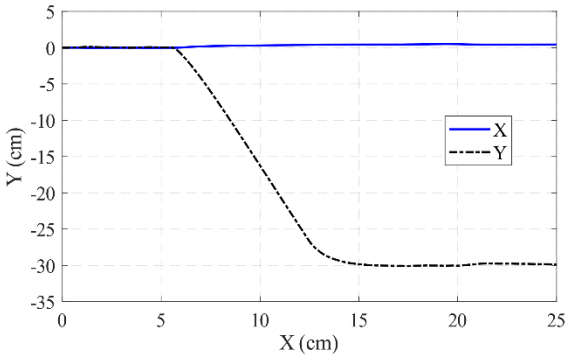


(a) Vị trí của EE.

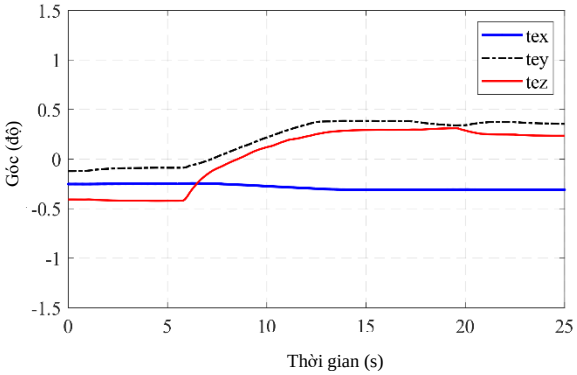


(b) Hướng của EE.

Hình 3. Thí nghiệm di chuyển dọc theo trục x



(a) Vị trí của EE.



(b) Hướng của EE.

Hình 4. Thí nghiệm di chuyển dọc theo trục y

Thí nghiệm thứ hai đảm bảo sự di chuyển của EE dọc theo trục *y* từ gốc tọa độ đến vị trí *y* = -30cm. Hình 4 thể hiện đáp ứng của CDPR. Trong Hình 4(a), EE được yêu cầu di chuyển từ gốc tọa độ tới điểm mục tiêu (*x*, *y*) = (0 cm, -30cm) trong khoảng thời gian 9s. Hướng của EE được thể hiện trong Hình 4(b).

Dựa trên những kết quả thí nghiệm nêu trên, chúng đã thể hiện rằng bộ điều khiển đề xuất là phù hợp để kiểm soát cả vị trí và hướng của CDPR.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tiếp cận điều khiển MFAC được đề xuất và ứng dụng cho hệ thống CDPR phi tuyến MIMO khi không biết mô mình toán học. Đóng góp của nghiên cứu này có thể được tổng hợp như ở dưới đây:

(*i*) Giới thiệu bộ điều khiển MFAC để kiểm soát các đầu ra của những hệ thống MIMO.

(*ii*) Sau đó, bộ điều khiển đề xuất này được ứng dụng trên mô hình CDPR chỉ dựa trên việc đo đạc dữ liệu I/O của CDPR.

(*iii*) Những thí nghiệm thể hiện rằng bộ điều khiển MFAC phù hợp với CDPR để kiểm soát vị trí và hướng của EE.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. B. Alp and S. K. Agrawal, *Cable suspended robots: design, planning and control*, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol.4, pp.4275-4280, 2002.

[2] J. Begey, L. Cuvillon, M. Lesellier, M. Gouttefarde, and J. Gangloff, *Dynamic Control of Parallel Robots Driven by Flexible Cables and Actuated by Position-Controlled Winches*, IEEE Transactions on Robotics, Vol.35, No.1, pp.286-293, 2019.

[3] H. D. Taghirad and M. Nahon, *Kinematic Analysis of a Macro-Micro Redundantly Actuated Parallel Manipulator*, Advanced Robotics, Vol.22, No.6-7, pp.657-687, 2008.

[4] S. Kawamura, H. Kino, and C. Won, *High-speed manipulation by using parallel wire-driven robots*, Robotica, Vol.18, No. 1, pp.13-21, 2000.

[5] F. Shiqing, D. Franitza, M. Torlo, F. Bekes, and M. Hiller, *Motion control of a tendon-based parallel manipulator using optimal tension distribution*, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.9, No.3, pp.561-568, 2004.

[6] J. Lin, C. Y. Wu, and J. Chang, *Design and implementation of a multi-degrees-of-freedom*

cable-driven parallel robot with gripper, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.15, No.5, 2018.

[7] D. Wang et al., *Winch-integrated mobile end-effector for a cable-driven parallel robot with auto-installation*, International Journal of Control, Automation and Systems, journal article Vol.15, No.5, pp.2355-2363, 2017.

[8] M. A. Khosravi and H. D. Taghirad, *Robust PID control of fully-constrained cable driven parallel robots*, Mechatronics, Vol.24, No.2, pp.87-97, 2014.

[9] W. Shang, B. Zhang, B. Zhang, F. Zhang, and S. Cong, *Synchronization Control in the Cable Space for Cable-Driven Parallel Robots*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.66, No.6, pp.4544-4554, 2019.

[10] H. Bayani, M. T. Masouleh, and A. Kalhor, *An experimental study on the vision-based control and identification of planar cable-driven parallel robots*, Robotics and Autonomous Systems, Vol.75, pp.187-202, 2016.

[11] A. Alikhani and M. Vali, *Modeling and robust control of a new large scale suspended cable-driven robot under input constraint*, 8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, pp.238-243, 2011.

[12] S. A. Khalilpour, R. Khorrambakht, H. D. Taghirad, and P. Cardou, *Robust cascade control of a deployable cable-driven robot*, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.127, pp.513-530, 2019.

[13] M. Zeinali and A. Khajepour, *Design and Application of Chattering-Free Sliding Mode Controller to Cable-Driven Parallel Robot Manipulator: Theory and Experiment*, 2010.

[14] R. J. Caverly and J. R. Forbes, *Dynamic Modeling and Noncollocated Control of a Flexible Planar Cable-Driven Manipulator*, IEEE Transactions on Robotics, Vol.30, No.6, pp.1386-1397, 2014.

[15] H. Jabbari Asl and F. Janabi-Sharifi, *Adaptive neural network control of cable-driven parallel robots with input saturation*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol.65, pp.252-260, 2017.

[16] Z. Hou and S. Jin, *Model free adaptive control: theory and applications*, CRC press, 2013.

[17] Z. Hou and S. Jin, *Data-Driven Model-Free Adaptive Control for a Class of MIMO Nonlinear Discrete-Time Systems*, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol.22, No.12, pp.2173-2188, 2011.

[18] Q. Jiang, Y. Li, Y. Liao, Y. Miao, W. Jiang, and H. Wu, *Information fusion model-free adaptive control algorithm and unmanned surface vehicle heading control*, Applied Ocean Research, Vol.90, 2019.

[19] S. Liu, Z. Hou, T. Tian, Z. Deng, and Z. Li, *A Novel Dual Successive Projection-Based Model-Free Adaptive Control Method and Application to an Autonomous Car*, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol.30, No.11, pp.3444-3457, 2019.

[20] Y. Wang, S. Meng, F. Ju, B. Chen, and H. Wu, *A Novel Model-Free Robust Control of Cable-Driven Manipulators*, IEEE Access, Vol.7, pp. 125532-125541, 2019.

[21] R.-C. Roman, R.-E. Precup, C.-A. Bojan-Dragos, and A.-I. Szedlak-Stinean, *Combined Model-Free Adaptive Control with Fuzzy Component by Virtual Reference Feedback Tuning for Tower Crane Systems*, Procedia Computer Science, Vol.162, pp.267-274, 2019.

[22] Z. Hou, R. Chi, and H. Gao, *An overview of dynamic-linearization-based data-driven control and applications*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.64, No.5, pp.4076-4090, 2017.

[23] A. Ghasemi, M. Eghtesad, and M. Farid, *Neural Network Solution for Forward Kinematics Problem of Cable Robots*, Journal of Intelligent & Robotic Systems, Vol.60, No.2, pp.201-215, 2010.

Ngày nhận bài:	12/12/2020
Ngày nhận bản sửa:	28/01/2021
Ngày duyệt đăng:	12/02/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

SỬ DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN PSO ĐỂ TỐI ƯU HÓA CÁC THÔNG SỐ CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN PID SỬ DỤNG CHO ROBOT DÂY SONG SONG

USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM TO TUNE GAINS OF PID CONTROLLER FOR CABLE-DRIVEN PARALLEL ROBOT

PHẠM ĐÌNH BÁ[1*], NGUYỄN ĐÌNH KHIÊM[1], MAI HÙNG TUẤN[2]

[1] Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

[2]Khoa Máy tàu biển, Trường Cao đẳng nghề Bách nghệ, Hải Phòng

**Email liên hệ: bapd.vck@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Trong bài báo này, một phương pháp thiết lập các thông số bộ điều khiển PID cho robot dây song song (CDPR) dựa vào kết quả tìm kiếm của thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) được đề xuất. Ưu điểm chính của thuật toán PSO là khả năng tự tìm kiếm trong vùng khả dụng cho trước; không yêu cầu mô tả toán học chi tiết của đối tượng mà chỉ sử dụng một hàm mục tiêu để tối ưu hóa. Thuật toán PSO được xây dựng trên phần mềm Matlab/Simulink để thiết lập các thông số của bộ điều khiển PID cho một CDPR với tám dây.

Từ khóa: *Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO, robot dây song song CDPR, bộ điều khiển PID.*

Abstract

In this paper, a method to tune PID controller parameters for cable-driven parallel robots (CDPR) based on the optimal search result of particle swarm optimization (PSO) algorithm is proposed. The main advantage of the PSO algorithm is the ability to manually search within a given available area; does not require a detailed mathematical description of the object, but only uses a cost function for optimization. The PSO algorithm is built on Matlab/Simulink to tune the parameters of a PID controller for a CDPR with eight cables.

Keywords: *Particle swarm optimization algorithm, cable-driven parallel robot, PID controller.*

1. Giới thiệu chung

Robot dây song song (CDPR) là một loại robot song song, trong đó vị trí và hướng của robot được điều khiển bằng các dây nối từ robot tới một khung cố định. Các dây được thay thế các thanh cứng truyền thống để tạo ra tính linh hoạt cho robot song song. Những ưu điểm của CDPR là không gian làm việc rộng [1], khối lượng nhỏ, tốc độ cao [2, 3], và có khả năng mang tải lớn [4]. Tuy nhiên, CDPR này cũng có những nhược điểm như độ chính xác thấp và khá nhạy.

Do cấu trúc đơn giản, chức năng rõ ràng, và dễ thực hiện, bộ điều khiển PID thông thường hoặc các biến thể của bộ điều khiển này, chẳng hạn như bộ điều khiển PI, hay PD, được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như các hệ thống điều khiển cho CDPR. Bộ điều khiển PD [2] và PID [5] được khai thác để kiểm soát vị trí và hướng của CDPR trong không gian khâu khớp. Kết quả thí nghiệm thể hiện rằng CDPR có thể tiếp cận được tới vị trí và hướng mục tiêu. Bộ điều khiển PID bền vững [6] được thiết kế cho một CDPR để đối phó với tính không chắc chắn của các thông số vật lý của hệ thống này. Meunior [7] đề xuất một cấu trúc điều khiển tầng để kiểm soát vị trí của CDPR. Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển vòng ngoài là bộ điều khiển PID được sử dụng để kiểm soát vị trí, trong khi đó bộ điều khiển vòng trong sử dụng tín hiệu từ các encoder để gửi tín hiệu điều khiển tới vòng lặp điều khiển vị trí góc của tời. Các tác giả trong [8] cũng phát triển một bộ điều khiển hai vòng lặp để điều khiển lực/vị trí cho một CDPR. bộ điều khiển này bao gồm một bộ điều khiển PID vòng trong và một bộ điều khiển PID vòng ngoài. Jun [9] khai thác một bộ điều khiển kết hợp để điều khiển vị trí và lực cho một CDPR. Cả hai bộ điều khiển vị trí và lực đều là bộ điều khiển PID. Trong nghiên cứu [10], bộ điều khiển PID được kết hợp với luật điều khiển mờ được đề xuất để kiểm soát vị trí của CDPR. Tuy nhiên, các hệ số của các bộ điều khiển PI, PD, và PID trong các nghiên cứu nêu trên đều là hằng số, vì vậy bộ điều khiển PID tuyến tính này không những tốn thời gian để thiết lập các thông số mà còn không đảm bảo hiệu quả kiểm soát. Bên cạnh đó, PID tuyến tính khó xác định mức tăng PID thích hợp trong trường hợp cho các đối tượng điều khiển phi tuyến và không xác định.

Các nghiên cứu [11-13] cho thấy rằng các thủ tục tối ưu hóa dựa trên thuật toán tiến hóa (Heuristic) đã

nổi lên như một công cụ mạnh mẽ để tìm ra giải pháp cho nhiều vấn đề kỹ thuật điều khiển. Các thuật toán tiến hóa được sử dụng rộng rãi trong điều khiển quá trình vì tính đơn giản về cấu trúc, khả năng tối ưu hóa tốt và tốc độ phản hồi. Các thuật toán tiến hóa có thể hoạt động hiệu quả cho các bài toán tối ưu hóa chiều sâu hơn so với các thủ tục tối ưu hóa cổ điển hiện có. Do tính linh hoạt của chúng, chúng có thể dễ dàng thích ứng với các quy trình thiết kế bộ điều khiển cổ điển hiện có như PID. Chúng có thể được sử dụng như một công cụ quan trọng để thiết kế các bộ điều khiển có cấu trúc cổ điển và sửa đổi cho một loại mô hình không ổn định. Các nhà nghiên cứu đề cập đến tính năng tối ưu hóa bầy đàn PSO nhằm điều chỉnh các bộ điều khiển cổ điển.

Trong bài báo này, các thông số bộ điều khiển PID được thiết lập dựa trên kết quả tìm kiếm của thuật toán PSO. Ưu điểm chính của thuật toán PSO chính là khả năng tự tìm kiếm trong vùng khả dụng cho trước. Thuật toán PSO không yêu cầu mô tả toán học chi tiết và tìm ra giá trị tốt nhất có thể, bằng việc tối ưu hóa một hàm mục tiêu. Nội dung chi tiết của thuật toán PSO cũng được trình bày.

2. Mô hình động học của CDPR với tám dây

Trước khi đưa ra mô hình động học của CDPR với tám dây, một hệ thống hệ trục tọa độ bao gồm hai hệ trục tọa độ. Hệ trục tọa độ quán tính $\{O_0\}$ được đặt tại đáy của khung như thể hiện trong Hình 1; hệ tọa độ địa phương $\{O\}$ trên cơ cấu di chuyển (EE). Từ Hình 1, thiết lập được mối quan hệ hình học cho dây thứ i [8]

$$\mathbf{p}+\mathbf{a}_i-\mathbf{b}_i-\mathbf{l}_i=\mathbf{0},\quad i=1,..,8, \tag{1}$$

Trong đó: $\mathbf{p}\equiv\overrightarrow{O_0O}=[x\quad y\quad z]^T$ là véc tơ của điểm O trong $\{O_0\}$, $\mathbf{l}_i\equiv\overrightarrow{B_iA_i}$ mô tả véc tơ của đoạn A_iB_i, và $\mathbf{a}_i\equiv\overrightarrow{OA_i}$, $\mathbf{b}_i\equiv\overrightarrow{O_iB_i}$ tương ứng là các véc tơ của các điểm A_i và B_i trong $\{O\}$ và $\{O_0\}$.

Chiều dài của dây thứ i là:

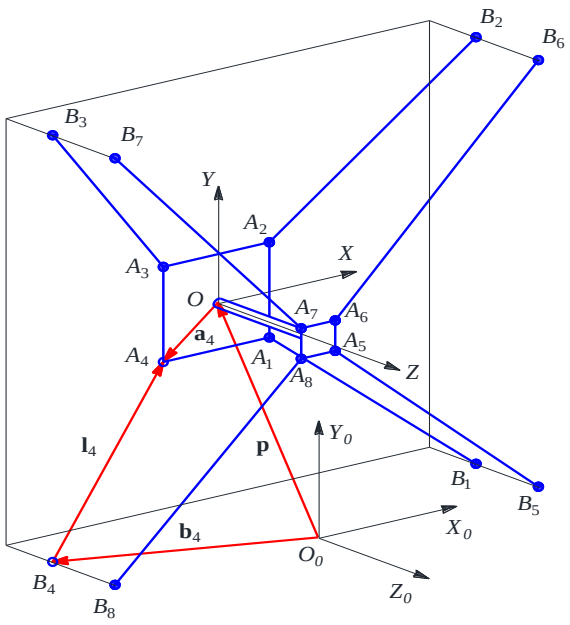
$$l_i=\sqrt{\left[\mathbf{R}\mathbf{a}_i^p+\mathbf{p}-\mathbf{b}_i^b\right]^T.\left[\mathbf{R}\mathbf{a}_i^p+\mathbf{p}-\mathbf{b}_i^b\right]}, \tag{2}$$

Trong đó: $\mathbf{R}$ là ma trận chuyển.

$$\mathbf{R}=\begin{bmatrix} C_2C_3 & -C_2S_3 & S_2 \\ S_1S_2C_3+C_1S_3 & -S_1S_2S_3+C_1C_3 & -S_1C_2 \\ -C_1S_2C_3+S_1S_3 & C_1S_2S_3+S_1C_3 & C_1C_2 \end{bmatrix}.$$

Với: $C_i=\cos\varphi_i$, $S_i=\sin\varphi_i$, (i = 1, 2, 3) và φ_1, φ_2, và φ_3 là các góc quay của EE quanh các trục Ox, Oy, và Oz.

Phương trình (2) là mô hình động học nghịch của robot, nó cho phép xác định chiều dài của mỗi dây khi biết vị trí và hướng của EE. Đây là cơ sở để thiết kế bám quỹ đạo trong không gian khâu khớp.



Hình 1. Mô hình robot song song với tám dây cùng với hệ thống các hệ trục tọa độ

3. Bộ điều khiển PID cho CDPR với tám dây

Bộ điều khiển PID bao gồm ba thành phần, đó là, bộ điều khiển tỉ lệ, bộ điều khiển tích phân, và bộ điều khiển vi phân được thiết kế cho CDPR với tám dây [8]. Trong trường hợp này, bộ điều khiển PID bao gồm tín hiệu vào, $\mathbf{y}_d=[l_{1d}\ l_{2d}\ \dots\ l_{8d}]^T$, và tín hiệu ra, $\mathbf{y}=[l_1\ l_2\ \dots\ l_8]^T$, và sai số, $\mathbf{e}(t)=\mathbf{y}_d(t)-\mathbf{y}(t)$ trong hệ thống điều khiển vòng kín để yêu cầu $\mathbf{y}(t)$, tiệm cận với giá trị tham khảo $\mathbf{y}_d(t)$. Mối quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra của bộ điều khiển được mô tả dưới dạng thời gian liên tục:

$$\mathbf{u}(t)=\mathbf{K}_p\mathbf{e}(t)+\mathbf{K}_i\mathbf{e}_i(t)+\mathbf{K}_d\mathbf{e}_d(t), \tag{3}$$

Trong đó: $\mathbf{K}_p=[K_{p1}, K_{p2}, \dots, K_{p8}]^T$ là hệ số tỉ lệ, $\mathbf{K}_i=[K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{i8}]^T$ hệ số tích phân, $\mathbf{K}_d=[K_{d1}, K_{d2}, \dots, K_{d8}]^T$ hệ số vi phân, $\mathbf{e}_i=\int_0^t\mathbf{e}(\tau)d\tau$ và $\mathbf{e}_d=\frac{d\mathbf{e}(t)}{dt}$.

Vì bộ điều khiển PID là bộ điều khiển tuyến tính và chỉ dựa vào biến số đo được của đối tượng điều khiển và các thông số điều khiển không đổi, nên nó không có hiệu quả hợp lý trong một loạt các điều kiện hoạt động. Hiệu quả của hệ thống điều khiển, chẳng hạn như thời gian điều khiển (t_s), lượng quá điều chỉnh (m_p) hoặc sai số tĩnh (e_{ss}) có thể được cải thiện phần lớn bằng cách điều chỉnh giá trị của các thông số điều

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
-JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY-

khiển $\mathbf{K}_p$, $\mathbf{K}_i$, và $\mathbf{K}_d$. Sau đó, $\mathbf{K}_p$, $\mathbf{K}_i$, và $\mathbf{K}_d$ coi là một hàm của thời gian t và sai số $\mathbf{e}(t)$. Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID được điều chỉnh bởi PSO mô tả trong Hình 2, và nội dung này được trình bày trong phần tiếp sau đây.

4. Thiết lập các thông số của bộ điều khiển bằng cách sử dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO

Mục đích chính của phần này là tìm giá trị tối ưu của thông số bộ điều khiển $\mathbf{K}_p$, $\mathbf{K}_i$, và $\mathbf{K}_d$.

Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO [14, 15] là một phương pháp tối ưu hóa dựa trên tập hợp, trong đó hệ thống được khởi tạo với tập hợp các phần tử ngẫu nhiên và thuật toán tìm kiếm tối ưu bằng cách cập nhật các thế hệ. Giả sử rằng không gian tìm kiếm được thực hiện trong không gian d-chiều, và sau đó phần tử thứ i của bầy có thể được biểu diễn bằng một véc tơ d-chiều, với bộ điều khiển PID như mô tả trong phương trình (3) thì véc tơ này có dạng

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_i &= \left[x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{id}\right] \\ &= \left[K_{p1}, \ldots, K_{p8}, K_{i1}, \ldots K_{i8}, K_{d1}, \ldots K_{d8}\right].\end{aligned} \quad (4)$$

Tốc độ của bầy đàn này có thể được biểu thị bằng một vectơ d-chiều khác

$$\mathbf{v}_i = \left[v_{i1}, v_{i2}, \ldots, v_{id}\right]. \quad (5)$$

Tính phù hợp của mỗi phần tử có thể được đánh giá bởi hàm chi phí. Hàm này là tổng sai số bình phương của sai số điều khiển $\mathbf{e}$ [13] và mức tiêu thụ năng lượng $\mathbf{u}$ như sau:

$$s = \sum_{j=1}^{k}\left[\mathbf{e}^T(j)\mathbf{e}(j) + \mathbf{u}^T(j)\mathbf{u}(j)\right]. \quad (6)$$

Vị trí tốt nhất đã tiếp cận trước đây của phần tử thứ i được ghi nhận là vị trí tốt nhất riêng lẻ của nó $\mathbf{x}_i^*$ = [x_{i1}^*, x_{i2}^*,…, x_{id}^*]. Vị trí của cá thể tốt nhất trong cả bầy được biểu thị là vị trí tốt nhất toàn cục $\mathbf{g}^*$ = [g_{i1}^*, g_{i2}^*,…, g_{id}^*]. Ở mỗi bước, tốc độ của phần tử và vị trí mới được xác định tương ứng như sau [15]

$$\mathbf{v}_i^{k+1} = \theta\mathbf{v}_i^k + \alpha\varepsilon_1\left(\mathbf{g}^* - \mathbf{x}_i^k\right) + \beta\varepsilon_2\left(\mathbf{x}_i^{*k} - \mathbf{x}_i^t\right), \quad (7)$$

$$\mathbf{x}_i^{k+1} = \mathbf{x}_i^k + \mathbf{v}_i^{k+1}, \quad (8)$$

Trong đó: θ là hệ số và có giá trị khoảng từ 0 đến 1, thông thường chọn $\theta \in [0{,}5 \div 0{,}9]$, ε_1 và ε_2 là các hệ số lấy ngẫu nhiên từ 0 đến 1; α và β là các hệ số học. Lưu đồ giải thuật của thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO được mô tả như trong Hình 3.

5. Kết quả và đáp ứng của hệ thống điều khiển

Trong phần tính toán mô phỏng kết quả này, chúng tôi sử dụng mô hình của CDPR trong nghiên cứu [8].

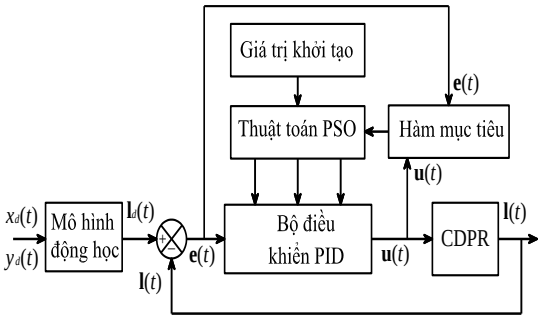
5.1. Thiết lập các thông số của bộ điều khiển PID bằng pháp tối ưu hóa bầy đàn PSO cho CDPR

Hàm mục tiêu để thuật toán PSO tối ưu hóa là tổng bình phương sai số điều khiển, và mức tiêu thụ năng lượng:

$$\begin{aligned}s &= \sum_{j=1}^{k}\left[\mathbf{e}^T(j)\mathbf{e}(j)\right] + \sum_{j=1}^{k}\left[\mathbf{u}^T(j)\mathbf{u}(j)\right] \\ &= \left(\begin{array}{l}\displaystyle\sum_{j=1}^{k}\left[\left\{\mathbf{y}_d(j) - \mathbf{y}(j)\right\}^T\left\{\mathbf{y}_d(j) - \mathbf{y}(j)\right\}\right] \\ \displaystyle+\sum_{j=1}^{k}\left\{\begin{array}{l}\left[\mathbf{K}_p\mathbf{e}(j) + \mathbf{K}_i\mathbf{e}_i[j] + \mathbf{K}_d\mathbf{e}_d[j]\right]^T \\ \times\left[\mathbf{K}_p\mathbf{e}(j) + \mathbf{K}_i\mathbf{e}_i[j] + \mathbf{K}_d\mathbf{e}_d[j]\right]\end{array}\right\}\end{array}\right).\end{aligned} \quad (9)$$

Không gian tìm kiếm của các hệ số điều khiển:

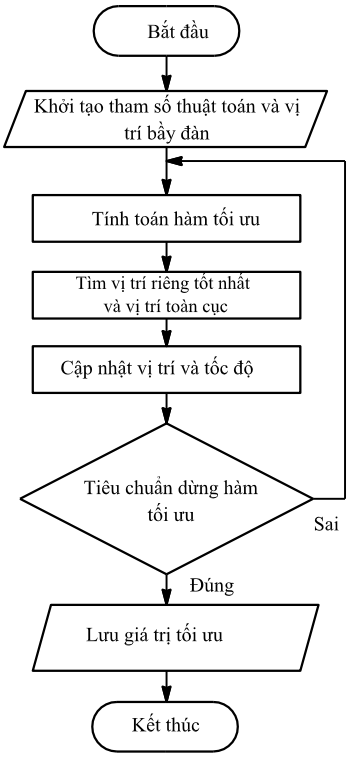
$$\begin{cases}K_{pn} \in [0{,}001;\ 3] \\ K_{in} \in [0{,}0001;\ 1] \\ K_{dn} \in [0{,}001;\ 1.5]\end{cases}, n = 1 \div 8. \quad (10)$$



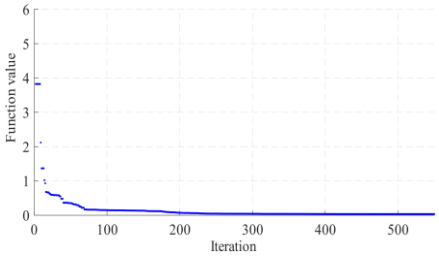
Hình 2. Sơ đồ khối bộ điều khiển PID dựa trên PSO

Thuật toán PSO (Hình 3) được xây dựng trên phần mfile của Matlab [16], trong khi đó hệ thống điều khiển vòng kín với bộ điều khiển PID được xây dựng trên Simulink (Hình 5) để thu thập tín hiệu sai số và tín hiệu điều khiển cho việc thiết lập hàm chi phí cho thuật toán PSO tối ưu nó.

Các thông số của bộ điều khiển PID $\mathbf{K}_p$, $\mathbf{K}_i$, và $\mathbf{K}_d$ đạt được khi hàm chi phí đạt giá trị nhỏ nhất. Từ kết quả trên Hình 4 cho thấy hàm chi phí đạt giá trị nhỏ nhất (gần như bằng không) sau khoảng 550 lần lặp điều chỉnh. Kết quả này được thể hiện như trong Hình 4. Khi hàm mục tiêu đạt giá trị tiệm cận với giá trị không. Có nghĩa là $\mathbf{e}(t)$ sẽ bằng không, trong trường hợp này $\mathbf{y}(t) = \mathbf{y}_d(t)$.



Hình. 3. Lưu đồ giải thuật của thuật toán PSO



Hình 4. Sự thay đổi của hàm tối tư với số lần lặp điều chỉnh sử dụng thuật toán PSO

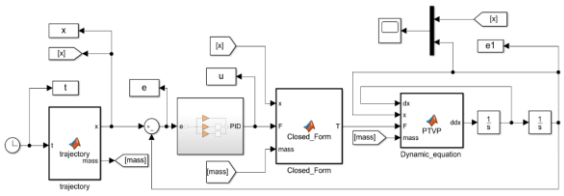
Kết quả tính toán các thông số điều khiển tối ưu của bộ điều khiển PID được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số điều khiển tối ưu

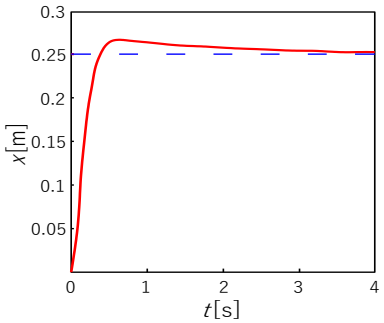
Thông số điều khiển
$\mathbf{K}_p$ = [0,85 0,75 1,21 1,18 0,79 0,82 0,87 0,76]^T,
$\mathbf{K}_i$ = 10^{-3}[1,5 0,87 1,6 1,9 2,7 1,9 2,3 3,9]^T,
$\mathbf{K}_p$ = [0,20 0,33 0,52 0,31 0,09 0,61 0,78 0,16]^T,

Bảng 2. So sánh đáp ứng của bộ điều khiển

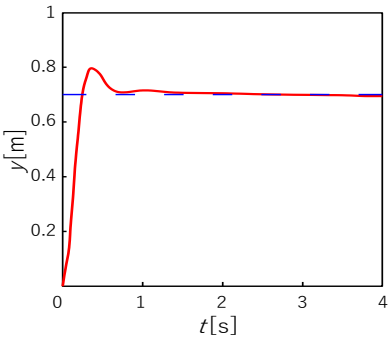
Bộ điều khiển	m_p (%)	T_s (s)	e_{ss}(%)
PSO-PID (trục *x*)	8	2	1
PSO-PID (trục *y*)	14	2	0,8
PID tuyến tính [11]	41	7,5	0,8
Cohen Coon PID [17]	38	5	0,9



Hình 5. Sơ đồ hệ thống điều khiển trong Matlab/Simulink



Hình 6. Chuyển vị của EE theo phương trục x



Hình 7. Chuyển vị của EE theo phương trục y

5.2. Đáp ứng của bộ điều khiển tối ưu PID cho CDPR

Phần này trình bày một mô phỏng số được thực hiện trên Simulink/Matlab để đánh giá đáp ứng của hệ thống điều khiển cho CDPR. Sơ đồ điều khiển vòng kín được mô tả như trong Hình 5. Kết quả mô phỏng được thể hiện trong Hình 6 và 7.

Trong mô phỏng này, EE được yêu cầu di chuyển trong mặt phẳng *xy* từ vị trí gốc tọa độ ban đầu đến vị trí mới với (x_d, y_d) = (0,25m; 0,7m) và hướng của CDPR bằng không. Hình 6 và 7 thể hiện rằng EE có thể tiếp cận được vị trí mong đợi. Trong Hình 6 lượng quá điều chỉnh bằng 8% và thời gian quá trình điều chỉnh bằng 2s trong khi đó lượng quá điều chỉnh, như thể hiện trong Hình 7, m_p = 14% và thời gian quá trình điều chỉnh, t_s = 2s. Sai số tĩnh theo phương *x* và *y* được thể hiện trong Bảng 2. Bảng 2 cũng thể hiện so sánh về chất lượng của bộ điều khiển PID dựa trên PSO so với bộ điều khiển PID tuyến tính [11] và bộ điều khiển

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

PID dựa trên thuật toán Cohen Coon [17]. Kết quả trên minh chứng cho khả năng của bộ điều khiển tối ưu PID có thể áp dụng để kiểm soát vị trí của CDPR.

6. Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất một phương pháp để xác định các thông số của bộ điều khiển PID tuyến tính dựa trên giải thuật bầy đàn PSO. Các nội dung chính của nghiên cứu này có thể được tổng kết như sau:

(*i*) Xây dựng mô hình động học của CDPR.

(*ii*) Giới thiệu và ứng dụng thuật toán PSO để thiết lập các hệ số $\mathbf{K}_p$, $\mathbf{K}_d$, và $\mathbf{K}_i$ của bộ điều khiển PID.

(*iii*) Đáp ứng của hệ thống vòng kín với bộ điều khiển PID dựa trên PSO cũng được mô phỏng số trên Matlab/Simulink.

(*iv*) Mô phỏng số được thực hiện bộ điều khiển trên CDPR để kiểm soát vị trí của EE, ngoài ra một sự so sánh chất lượng của bộ điều khiển được đưa ra để minh chứng tính hiệu quả của bộ điều khiển PID dựa trên PSO.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.34**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] H. D. Taghirad and M. Nahon, *Kinematic Analysis of a Macro-Micro Redundantly Actuated Parallel Manipulator,* Advanced Robotics, Vol.22, No.6-7, pp.657-687, 2008.

[2] S. Kawamura, H. Kino, and C. Won, *High-speed manipulation by using parallel wire-driven robots*, Robotica, Vol.18, No.1, pp.13-21, 2000.

[3] F. Shiqing, D. Franitza, M. Torlo, F. Bekes, and M. Hiller, *Motion control of a tendon-based parallel manipulator using optimal tension distribution*, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.9, No.3, pp.561-568, 2004.

[4] J. Lin, C. Y. Wu, and J. Chang, *Design and implementation of a multi-degrees-of-freedom cable-driven parallel robot with gripper*, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.15, No.5, p.1-10, 2018.

[5] D. Wang *et al.*, *Winch-integrated mobile end-effector for a cable-driven parallel robot with auto-installation*, International Journal of Control, Automation and Systems, journal article Vol.15, No.5, pp.2355-2363, 2017.

[6] M. A. Khosravi and H. D. Taghirad, *Robust PID control of fully-constrained cable driven parallel robots*, Mechatronics, Vol.24, No.2, pp.87-97, 2014.

[7] G. Meunier, B. Boulet, and M. Nahon, *Control of an Overactuated Cable-Driven Parallel Mechanism for a Radio Telescope Application*, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol.17, No.5, pp.1043-1054, 2009.

[8] P. Đ. Bá, L. V. Điểm, and P. X. Dương, *Thiết kế bộ điều khiển lực/vị trí của robot dây song song sử dụng hai vòng lặp*, Vietnam Mechanical Engineering Jounal, No. special issue, pp.138-143, 2020.

[9] J. Jun, X. Jin, A. Pott, S. Park, J.-O. Park, and S. Y. Ko, *Hybrid position/force control using an admittance control scheme in Cartesian space for a 3-DOF planar cable-driven parallel robot*, International Journal of Control, Automation and Systems, Vol.14, No.4, pp.1106-1113, 2016.

[10]H. Sun, X. Tang, S. Hou, and X. Wang, *Vibration suppression for large-scale flexible structures based on cable-driven parallel robots*, Journal of Vibration and Control, p.1-12, 2020.

[11]K. Latha, V. Rajinikanth, and P. M. Surekha, *PSO-Based PID Controller Design for a Class of Stable and Unstable Systems*, ISRN Artificial Intelligence, Vol.2013, p.1-11, 2013.

[12]P. Chen, M. Yang, and T. Sun, *PSO-based on-line tuning PID controller for setpoint changes and load disturbance*, 2011 IEEE Congress of Evolutionary Computation (CEC), pp.1887-1894, 2011.

[13]Y. Y. Nazaruddin, A. D. Andrini, and B. Anditio, *PSO Based PID Controller for Quadrotor with Virtual Sensor*, IFAC-PapersOnLine, Vol.51, No.4, pp.358-363, 2018.

[14]Y. Zhang, P. Agarwal, V. Bhatnagar, S. Balochian, and J. Yan, *Swarm Intelligence and Its Applications*, The Scientific World Journal, Vol. 2013, p.1-10, 2013.

[15]X.-S. Yang, *Nature-Inspired Optimization Algorithms*. Elsevier Inc, 2014.

[16]R. K. Arora, *Optimization: Algorithms and Applications*. CRC Press, Inc, 2015.

[17]R. J. Rajesh and C. M. Ananda, *PSO tuned PID controller for controlling camera position in UAV using 2-axis gimbal*, 2015 International Conference on Power and Advanced Control Engineering (ICPACE), pp.128-133, 2015.

Ngày nhận bài: 02/02/2021
Ngày nhận bản sửa: 10/3/2021
Ngày duyệt đăng: 20/3/2021

NGHIÊN CỨU DAO ĐỘNG CỦA ĐƯỜNG RAY XE LỬA TRÊN NỀN ĐÀN HỒI KHI CÓ ĐOÀN TÀU CHẠY

STUDYING THE RAILROAD TRACK'S OSCILLATION ON ELASTIC FOUNDATION WHEN THE TRAIN IS RUNNING

NGUYỄN HỮU DĨNH*, VŨ THỊ PHƯƠNG THẢO, PHẠM THỊ THÚY

Khoa Cơ sở cơ bản, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**Email liên hệ: huudinhcohoc@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Dao động của đường ray xe lửa trên nền đàn hồi khi có đoàn tàu chạy được tác giả xây dựng bài toán bằng mô hình nghiên cứu dao động của dầm Euler - Bernoulli trên nền đàn hồi chịu tác dụng của lực F_0 = const di động với vận tốc v. Bài báo đi thiết lập được phương trình dao động của dầm sử dụng nguyên lý D'alembert. Xác định được độ võng của dầm và tần số dao động riêng của dầm. Sử dụng phần mềm matlab tính toán và mô phỏng số.

***Từ khóa**: Dao động của dầm, dao động của dầm trên nền đàn hồi.*

Abstract

Oscillation of train tracks on elastic foundation when the train is running, the author constructs the problem by studying the Euler-Bernoulli beam on elastic foundation under the effect of force F_0 = const moved with velocity v. The article sets up the beam oscillation equation using the D'alembert principle. Determine the deflection of the beam and the specific frequency of the beam oscillation. Using matlab software to calculate and simulate numbers.

***Keywords**: Vibration of the beam, Vibration of the beam on elastic foundation.*

1. Mở đầu

Đường ray là một yếu tố cơ bản trong vận tải đường sắt, giúp định hướng cho tàu hỏa chạy mà không cần quan tâm nhiều đến việc bẻ lái như các phương tiện giao thông khác. Khi một đoàn tàu chạy qua, đường ray sẽ chịu một áp lực rất lớn vì các đoàn tàu có thể có tổng khối lượng lên đến hàng chục ngàn tấn. Nếu đường ray dao động mạnh với áp lực của đoàn tàu chạy trên rất lớn có thể làm đường ray cong vênh hoặc biến dạng làm mất an toàn cho hành khách cũng như hàng hóa trên tàu, thậm chí có thể làm tàu bị lật. Dao động của đường ray cũng gây ra tiếng ồn lớn cũng như lực ma sát của tàu lớn. Do vậy nhằm đảm bảo an toàn cho đoàn tàu cũng như hành khách và hàng hóa trên tàu thì việc nghiên cứu dao động của đường ray là rất cần thiết. Trong nội dung bài báo này, tác giả coi dao động của đường ray xe lửa khi có đoàn tàu chạy được đưa về xây dựng mô hình dao động của dầm trên nền đàn hồi khi có tải trọng di động với vận tốc không đổi.

2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng nguyên lý D'alembert để thiết lập phương trình dao động của dầm trên nền đàn hồi khi có tải trọng di động khác với các phương pháp trước đây có nhiều tác giả nghiên cứu sử dụng phần tử hữu hạn[8]. Từ phương trình dao động của dầm tính toán được nghiệm giải tích về độ võng của dầm và tần số dao động. Sử dụng phần mềm Matlab tính toán số.

3. Xây dựng mô hình dao động của đường ray xe lửa

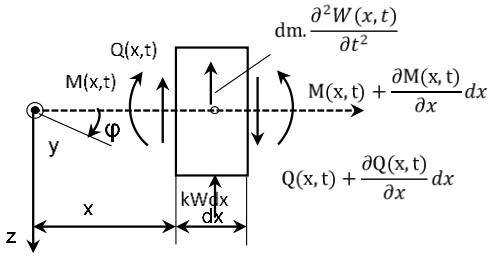
3.1. Nghiên cứu dao động tự do của dầm trên nền đàn hồi với hệ số cứng phân bố k

a. Thiết lập phương trình dao động

Để thiết lập phương trình vi phân dao động uốn của dầm, tưởng tượng tách một phân tố nhỏ của dầm có chiều dài dx (Hình 1). Áp dụng nguyên lý d'Alembert. Từ điều kiện cân bằng lực theo phương z ta có.

$$-\mathrm{dm}.\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + \mathrm{Q} + \frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial x}dx - Q - kWdx = 0 \quad (1)$$

Trong đó $dm = \mu(x)dx$, với $\mu(x)$ là khối lượng một đơn vị dài của dầm:



Hình 1. Lực tác dụng trên một phân tố của dầm

Từ điều kiện cân bằng mômen các lực, ta nhận được phương trình:

$$\mathrm{M} + \frac{\partial \mathrm{M}}{\partial x}dx - M - Q\frac{dx}{2} - \left(\mathrm{Q} + \frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial x}dx\right)\frac{dx}{2} = 0 \quad (2)$$

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Từ phương trình (2) ta thu được:

$$Q - \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

Trong bài toán coi đường ray là dầm Euler-Bernoulli, do bỏ qua lực quán tính quay và biến dạng trượt của trục dầm ta có:

$$\varphi = \frac{\partial W}{\partial x};\ M = -EI(x)\frac{\partial \varphi}{\partial x};\ \frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[EI(x)\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}\right] \quad (4)$$

Thế (4) vào phương trình (1) ta được phương trình dao động của dầm:

$$\mu(x)\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + kW + \frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[EI(x)\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}\right] = 0 \quad (5)$$

Đối với dầm đồng chất, thiết diện không đổi phương trình dao động tự do của dầm trên nền đàn hồi thu được là:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + \frac{EI}{\mu}\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + \frac{k}{\mu}W = 0 \quad (6)$$

b. Nghiệm tổng quát của phương trình dao động

Áp dụng phương pháp Bernoulli, tìm nghiệm của phương trình (6) dưới dạng:

$$W(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x) q_i(t) \quad (7)$$

Thế (7) vào phương trình (6) ta có:

$$-\frac{\ddot{q}_i(t)}{q_i(t)} = \frac{EI}{\mu}\frac{X_i^{(IV)}(x)}{X_i(x)} + \frac{k}{\mu} = \omega^2 \quad (8)$$

$$\ddot{q}(t) + \omega^2 q(t) = 0 \quad (9)$$

$$X^{(IV)}(x) - \left(\omega^2 - \frac{k}{\mu}\right)\frac{\mu}{EI}X(x) = 0 \quad (10)$$

Với $\lambda^4 = \left(\omega^2 - \frac{k}{\mu}\right)\frac{\mu}{EI}l^4$ Phương trình (10) được viết lại:

$$X^{(IV)}(x) - \left(\frac{\lambda}{l}\right)^4 X(x) = 0 \quad (11)$$

Nghiệm của phương trình (11) được tìm dưới dạng

$$X(x) = C_1 cos\left(\lambda\frac{x}{l}\right) + C_2 sin\left(\lambda\frac{x}{l}\right) +$$

$$+C_3 cosh\left(\lambda\frac{x}{l}\right) + C_4 sinh\left(\lambda\frac{x}{l}\right) \quad (12)$$

Trong đó C_1, C_2, C_3, C_4 được xác định từ điều kiện biên. Nghiệm của phương trình (9) tìm dưới dạng:

$$q(t) = A cos\omega t + B sin\omega t \quad (13)$$

Trong đó A, B là các hằng số được xác định từ điều kiện đầu.

c. Xét dao động uốn tự do của dầm trên nền đàn hồi hai đầu tựa bản lề

Đối với bài toán dao động uốn tự do của dầm hai đầu tựa bản lề các điều kiện biên là độ võng và mômen uốn đều triệt tiêu ở hai biên x = 0, x = l.

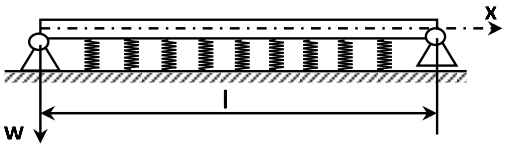
$$X(0)=0;\ X(l)=0;\ X''(0) = 0;\ X''(l) = 0 \quad (14)$$

Từ điều kiện trên ta có $C_1 = C_3 = C_4 = 0$, mặt khác để $C_2 \neq 0$. Ta có phương trình đặc trưng:

$$sin\lambda = 0 => \lambda = n\pi \quad \text{với n = 1, 2, 3…} \quad (15)$$

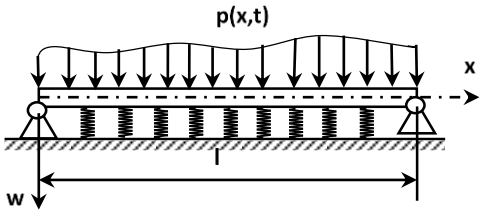
Hàm riêng bây giờ được viết dưới dạng $X = C_2 sin\lambda\frac{x}{l}$

$$\omega_n^2 = \frac{EI}{\mu}\left(\frac{n\pi}{l}\right)^4 + \frac{k}{\mu} \quad (16)$$



Hình 2. Dao động tự do của dầm trên nền đàn hồi

3.2. Nghiên cứu dao động uốn của dầm đồng chất tiết diện không đổi đặt trên nền đàn hồi tuyến tính với hệ số cứng phân bố k, chịu tác dụng của lực phân bố p(x,t)



Hình 3. Dầm chịu lực phân bố trên nền đàn hồi

Phương trình dao động của dầm có dạng:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{EI}{\mu}\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{k}{\mu}w = \frac{1}{\mu}p(x,t) \quad (17)$$

Giả sử bài toán này cho lực phân bố p(x,t) = $F_0 cos\Omega t$, nghiệm bình ổn của phương trình trên được tìm dưới dạng $w(x,t) = F_0 \cos\Omega t$. Thế vào phương trình (17) ta thu được:

$$X^{IV} - \xi^4 X = \frac{F_0}{EI}$$

Với:

$$\xi = \sqrt[4]{\frac{\mu}{EI}(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})} \quad (18)$$

Nghiệm của phương trình (18) có dạng:

$$X(x) = C_1 \cos\xi x + C_2 \sin\xi x + C_3 cosh\xi x + C_4 sinh\xi x - \frac{F_0}{\mu(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})}$$

Từ các điều kiện biên X(0) = X"(0) = X(l) = X"(l)= 0. Ta xác định được:

$$C_1 = C_3 = \frac{F_0}{2\mu(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})}$$

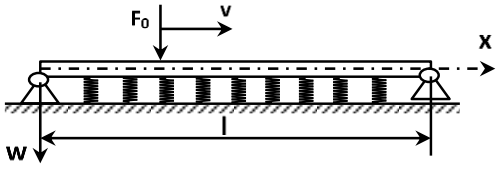
$$C_2 = \frac{F_0}{2\mu(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})} tg\left(\xi\frac{l}{c}\right)$$

$$C_4 = -\frac{F_0}{2\mu(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})} tgh\left(\xi\frac{l}{c}\right) \quad (19)$$

Vậy nghiệm bình ổn của phương trình trên là:

$$w = \frac{F_0}{\mu(\Omega^2 - \frac{k}{\mu})}\left\{\frac{\cos\xi\left(\frac{l}{2}-x\right)}{2\cos\left(\xi\frac{l}{2}\right)} + \frac{\cosh\xi\left(\frac{l}{2}-x\right)}{2\cosh\left(\xi\frac{l}{2}\right)} - 1\right\}\cos\Omega t \quad (20)$$

3.3. Một toa xe chạy đều trên đường ray thẳng được mô hình hóa là một lực F_0 = const chuyển động với vận tốc v không đổi dọc theo một dầm đồng chất trên nền đàn hồi tuyến tính với hệ số k



Hình 4. Dầm chịu tải trọng di động trên nền đàn hồi

Tương tự ta cũng thu được phương trình dao động của dầm. Sử dụng hàm Delta-Dirac, tải trọng p(x,t) trong bài toán này có dạng $p(x,t) = F_0\delta(x - vt)$.

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{EI}{\mu}\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{k}{\mu}w = \frac{F_0}{\mu}\delta(x - vt) \quad (21)$$

Áp dụng phương pháp Bernoulli, tìm nghiệm của phương trình (21) dưới dạng:

$$W(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x)q_i(t) \quad (22)$$

Thế (22) vào phương trình (21) ta có:

$$\sum_{i=1}^{\infty}\left[\ddot{q}_i(t) + \left(\frac{EI}{\mu}\frac{X_i^{(IV)}(x)}{X_i(x)} + \frac{k}{\mu}\right)q_i(t)\right]X_i(x) = \frac{F_0}{\mu}\delta(x - vt) \quad (23)$$

Phương trình (23) suy ra:

$$\sum_{i=1}^{\infty}[\ddot{q}_i(t) + \omega_i^2 q_i(t)]\,X_i(x) = \frac{F_0}{\mu}\delta(x - vt) \quad (24)$$

Nhân cả hai vế của phương trình này với hàm riêng $X_n(x)$ rồi lấy tích phân dọc theo chiều dài của dầm.

$$\sum_{i=1}^{\infty}[\ddot{q}_i(t) + \omega_i^2 q_i(t)]\int_0^l X_i(x)X_n(x)dx = = \frac{F_0}{\mu}\int_0^l \delta(x - vt)X_n(x)dx \quad (25)$$

Do điều kiện trực giao của các hàm riêng ta suy ra:

$$\ddot{q}_n(t) + \omega_n^2 q_n(t) = \frac{\frac{F_0}{\mu}\int_0^l \delta(x-vt)X_n(x)dx}{\int_0^l X_n^2(x)dx} \quad (26)$$

Đối với dầm chịu liên kết hai đầu bản lề $X_n(x) = \sin\frac{n\pi x}{l}$ Do đó $\int_0^l X_n^2(x)dx = \frac{l}{2}$. Do tính chất của hàm Delta-Dirac ta có:

$$\frac{F_0}{\mu}\int_0^l \delta(x - vt)X_n(x)dx = \frac{F_0}{\mu}\int_0^l \sin\frac{n\pi x}{l}\delta(x - vt)dx = \frac{F_0}{\mu}\sin\left(\frac{n\pi v}{l}t\right) = \frac{F_0}{\mu}\sin\frac{n\pi}{l}vt \quad (27)$$

Phương trình (26) được viết lại như sau:

$$\ddot{q}_n(t) + \omega_n^2 q_n(t) = \frac{2F_0}{\mu l}\sin\frac{n\pi}{l}vt \quad (28)$$

Nghiệm tổng quát của phương trình (28) là:

$$q_n(t) = A_n cos\omega_n t + B_n sin\omega_n t + \frac{2F_0}{\mu l\left(\omega_n^2 - (\frac{n\pi}{l}v)^2\right)}\sin\frac{n\pi}{l}vt$$

Các hằng số A_n và B_n được xác định từ điều kiện đầu. Giả sử cho điều kiện đầu:

$$W_0(x) = W(x,0) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x)q_i(0) = 0$$

$$v_0(x) = \frac{\partial W(x,0)}{\partial t} = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x)\dot{q}_i(0) = 0$$

Do tính chất trực giao của các hàm riêng, từ điều kiện đầu ta suy ra: $q_n(0) = 0\,, \dot{q}_n(0) = 0$ ta xác định được A_n, B_n:

$$A_n = 0, \quad B_n = -\frac{2F_0\frac{n\pi v}{l}}{\mu l\omega_n\left(\omega_n^2 - (\frac{n\pi v}{l})^2\right)} \quad (29)$$

Vậy ta xác định được độ võng của dầm có dạng:

$$W(x,t) = \frac{2F_0}{\mu l}\sum_{n=1}^{\infty}\sin\frac{n\pi x}{l}.\frac{\sin\frac{n\pi}{l}vt - \frac{n\pi}{l\omega_n}sin\omega_n t}{\omega_n^2 - \left(\frac{n\pi}{l}v\right)^2} \quad (30)$$

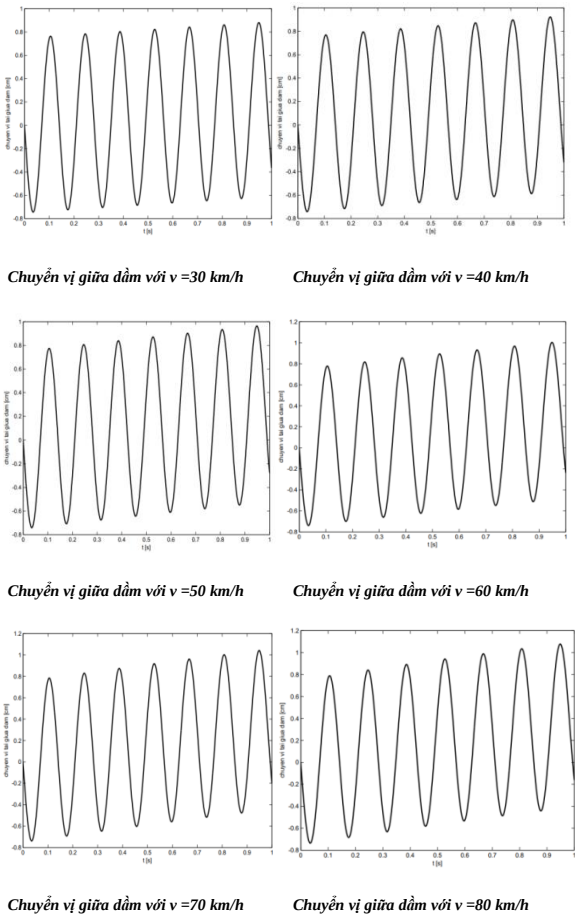
Với tần số dao động riêng $\omega_n^2 = \frac{EI}{\mu}\left(\frac{n\pi}{l}\right)^4 + \frac{k}{\mu}$ và tần số dao động cưỡng bức $\Omega_n = \frac{n\pi v}{l}$.

4. Áp dụng số liệu mô phỏng số

Xét đường ray xe lửa thẳng có chiều dài L = 100 m, độ cứng uốn trung bình $\overline{EI} = 54.10^6 Nm^2$, khối lượng trên một đơn vị dài trung bình μ = 750kg/m. Xe lửa được coi là một lực F = 4000N chuyển động với vận tốc v không đổi dọc theo dầm đồng chất trên nền

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

đàn hồi tuyến tính với hệ số k = 1,5.10^{6}N/m^2. Ta xác định được tần số dao động riêng đầu tiên của dầm tựa khớp là ω_1 = 44.7221rad/s.



Chuyển vị giữa dầm với v =30 km/h *Chuyển vị giữa dầm với v =40 km/h*

Chuyển vị giữa dầm với v =50 km/h *Chuyển vị giữa dầm với v =60 km/h*

Chuyển vị giữa dầm với v =70 km/h *Chuyển vị giữa dầm với v =80 km/h*

Hình 5. Chuyển vị tại giữa dầm với các vận tốc di động khác nhau

Vận tốc di động được coi là vận tốc của tàu chạy với tốc độ 30km/h, 40km/h, 50km/h, 60km/h, 70 km/h, 80km/h sử dụng phần mềm matlab cho ta biết được chuyển vị tại giữa của dầm. Qua đồ thị cho ta thấy với vận tốc càng cao thì chuyển vị tại giữa dầm càng lớn. Tác giả thấy rằng kết quả chương trình đúng với suy luận thực tế, với khối lượng của tàu rất lớn chạy trên dầm đàn hồi với tốc độ cao thì chuyển vị, dao động của dầm sẽ càng lớn. Dao động của dầm có thể xảy ra hiện tượng cộng hưởng khi tần số $\omega_k = \Omega_n$.

5. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu dao động của đường ray xe lửa khi có tàu chạy. Trong bài toán này đưa về nghiên cứu dao động của dầm trên nền đàn hồi khi có tải trọng di động với vận tốc không đổi. Tác giả thiết lập được phương trình dao động của dầm trên nền đàn hồi với tải trọng di động sử dụng nguyên lý D'alembert, tính toán được tần số dao động của dầm và chuyển vị của dầm. Tác giả áp dụng số sử dụng phần mềm matlab để tính toán với các vận tốc di động khác nhau cho kết quả. Nếu vận tốc chạy tàu càng nhanh trong cùng một thời gian thì chuyển vị tại giữa dầm càng lớn. Do vậy, vận tốc chạy tàu càng lớn thì đường ray dao động càng mạnh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.89**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Văn Khang, Thái Mạnh Cầu, Vũ Văn Khiêm, Nguyễn Nhật Lệ. *Bài tập dao động kỹ thuật*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2002.

[2] Nguyễn Văn Khang. *Dao động kỹ thuật*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 1998

[3] Nguyễn Văn Khang. *Động lực học hệ nhiều vật*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2007.

[4] Đỗ Sanh, Nguyễn Văn Đình, Nguyễn Nhật Lệ: *Bài tập cơ học Tập 1 (in lần thứ 16)*. NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội 2011.

[5] Đỗ Sanh, Lê Doãn Hồng. *Bài tập cơ học Tập 2(in lần thứ 13)*. NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội 2011.

[6] Hoàng Mạnh Cường, Nguyễn Hữu Dĩnh, Phạm Thị Thúy: *Cơ học lý thuyết*. NXB Hàng hải, Hải Phòng. 2018.

[7] Nguyễn Hữu Dĩnh, Vũ Xuân Trường. *Nghiên cứu ảnh hưởng của gió, động đất tới dao động của tòa nhà cao tầng*, Tạp chí khoa học và công nghệ Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Hưng Yên. Số 23 tháng 9/2019.

[8] Nguyễn Duy Hưng, Tạ Duy Hiển, Nguyễn Trung Kiên. *Nghiên cứu dao động của dầm trên nền đàn hồi chịu khối lượng di động xét đến đặc trưng ngẫu nhiên của hệ bằng mô phỏng Monte Carlo*, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Hà Nội, tập 3, 8-9/12/2017.

Ngày nhận bài: 05/3/2021
Ngày nhận bản sửa: 19/3/2021
Ngày duyệt đăng: 29/3/2021

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN VÀ THUẬT GIẢI THIẾT KẾ BIÊN DẠNG ĐÁY CHO CHẾ TẠO BÌNH ÁP LỰC COMPOSITE DẠNG TRỤ BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUẤN PHẲNG

BUILDING A COMPOSITE MODEL AND OPTIMIZABLE SHAPE DESIGN OF OPTIMUM DOME FROFILE FOR FABRICATING COMPOSITE PRESSURE VESSELS USING PLANAR WINDING METHOD

TRẦN THỊ THANH VÂN

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: vantt.vck@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bình áp lực Composite được dùng rất rộng rãi hiện nay, việc chế tạo bình áp lực Composite cần giải quyết mối quan hệ "Vật liệu - Kết cấu - Công nghệ". Bài báo này trình bày phương pháp xác định biên dạng bình Composite được quấn phẳng, một bài toán quan trọng trong thiết kế bình Composite. Kết quả đưa ra được mô hình toán và sơ đồ thuật toán xác định biên dạng đáy tối ưu dựa vào tiêu chí đảm bảo hình dạng vỏ cân bằng và điều kiện không trượt của sợi.

Từ khóa: *Biên dạng đáy, quấn phẳng, bình áp lực chế tạo bằng vật liệu composite, công nghệ quấn.*

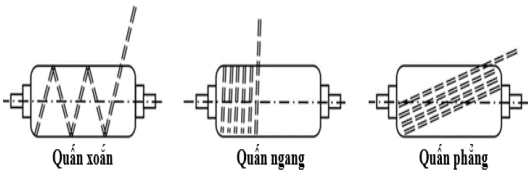
Abstract

Composite vessels used widely nowadays. Fabricating composite vessels needs to solve the relationship "Mateirals- Structure- Process". This paper shows the method for determining dome profiles of planar filament wound composite vessels- A important problem in designing composite vessels. As a result, the mathematical model and mathematical algorithm for determining optimum dome profiles were obtained based on equilibrium shape conditions and non-slippage condition of fibers.

Keywords: *Dome profile, planar winding, composite pressure vessels, winding technology.*

1. Mở đầu

Bình hình trụ chịu áp lực trong làm từ composite cốt sợi độ bền cao/nền polyme theo công nghệ quấn là một dạng kết cấu phổ biến trong dân dụng và quốc phòng. Với ưu điểm vượt trội của vật liệu composite là độ bền riêng và mô đun đàn hồi riêng hơn hẳn so với vật liệu kết cấu truyền thống, nên kết cấu bền, nhẹ và nhỏ gọn hơn [2]. Việc nghiên cứu thiết kế bình hình trụ chịu áp lực trong làm từ composite đã được thực hiện qua nhiều năm và đạt được nhiều thành tựu lớn song vẫn tiếp tục được quan tâm nghiên cứu và phát triển. Một đặc điểm riêng của composite là "Vật liệu - Kết cấu - Công nghệ" có quan hệ chặt chẽ và không thể tách rời, nghĩa là vấn đề thiết kế kết cấu gắn liền với công nghệ vật liệu và công nghệ sản phẩm.



Hình 1. Các sơ đồ quấn chế tạo bình composite dạng trụ

Về công nghệ, theo trạng thái của nhựa nền, có 2 dạng công nghệ: (1) quấn ướt, ở đó, nhựa lỏng được tẩm trực tiếp lên sợi; và (2) quấn khô, ở đó, sợi đã được tẩm nhựa và sấy khô trước khi quấn. Còn theo kiểu mẫu quấn, có 3 dạng chính là quấn xoắn, quấn phẳng và quấn ngang (Hình 1), ở đó, quấn xoắn và quấn phẳng là 2 kỹ thuật chính tạo thành lớp vỏ composite bao kín, còn lớp quấn ngang có tính chất gia cường cho phần trụ. Công nghệ quấn xoắn cho phép rải sợi theo các quỹ đạo đa dạng hơn, nhưng thiết bị phức tạp, còn quấn phẳng chỉ cho phép rải sợi theo quỹ đạo phẳng, nhưng thiết bị đơn giản, chi phí chế tạo thiết bị rẻ hơn,…

Trong tính toán thiết kế vỏ composite dạng trụ, bài toán xác định biên dạng đáy vỏ là bài toán quan trọng nhất nhằm đảm bảo cho quá trình rải sợi lên bề mặt đáy vỏ là liên tục và không bị trượt.

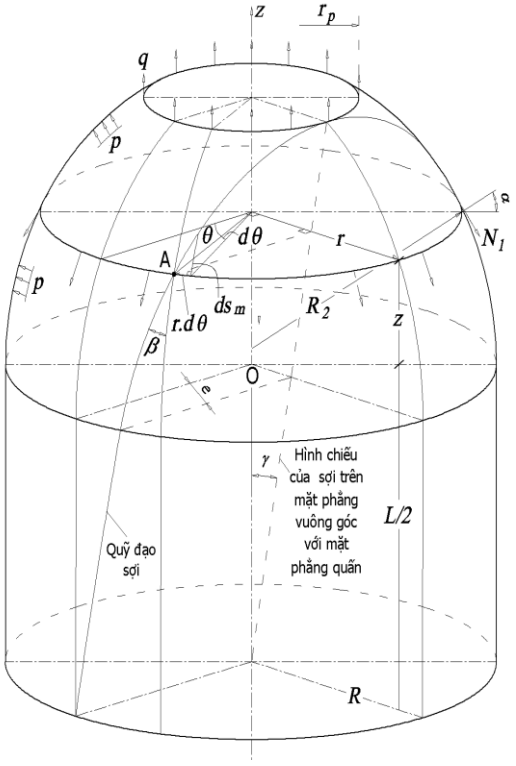
Việc nghiên cứu thiết kế bình áp lực composite nhận được bằng sơ đồ quấn phẳng đã được một số tác giả như Hartung (1963) [1], Vydrin (1978) [2] và Bunakov (1982) [3] (trong Vasiliev (2009) [4]) thực hiện song còn chưa đầy đủ.

Nhằm xây dựng cơ sở cho việc thiết kế bình áp lực composite hình trụ, trọng tâm của bài báo là xây dựng mô hình toán và thuật giải để tìm biên dạng đáy bình theo sơ đồ quấn phẳng.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

2. Xây dựng mô hình toán

2.1. Một số đặc trưng của vỏ trụ chịu áp lực trong được quấn phẳng



Hình 2. Các tham số hình học của vỏ trụ chịu áp lực

Xét một vỏ trụ với lỗ cực đóng kín, có đường kinh tuyến lồi và một sợi được đặt trên vỏ theo quỹ đạo phẳng được mô tả trong hệ tọa độ cực (z, r, θ) như Hình 3, với các đặc trưng chính sau:

- Vỏ có bán kính trụ là R và bán kính lỗ cực r_p;

- Hình chiếu của quỹ đạo sợi lên mặt phẳng vuông góc tạo với trục z một góc γ và có một khoảng cách lệch tâm e;

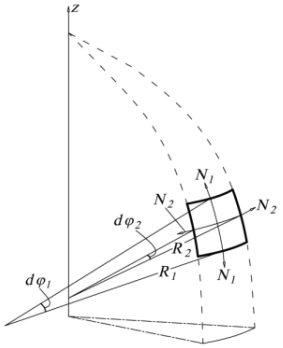
- Vỏ chịu áp lực p và lực phân bố q tại lỗ cực.

2.2. Cân bằng nội lực của vỏ tròn xoay chịu áp lực trong theo lý thuyết vỏ mỏng

Khi vỏ chịu áp lực $p \neq 0$, trong vỏ sẽ xuất hiện các thành phần nội lực (trên đơn vị dài) theo phương kinh tuyến, N_1 và phương vĩ tuyến, N_2. Cân bằng lực trên phương pháp tuyến của vỏ (Hình 3), nhận được:

$$\frac{N_1}{R_1}+\frac{N_2}{R_2}=p \qquad (1)$$

Trong đó: R_1 và R_2 là bán kính cong của cung kinh tuyến và vĩ tuyến nằm trong mặt phẳng vuông góc với đường kinh tuyến được xác định theo (2) và (3).



Hình 3. Các thành phần nội lực N_1, N_2

$$R_1=-\frac{\sqrt{\left(1+r'^2\right)^3}}{r''} \qquad (2)$$

$$R_2=\frac{r}{\cos\alpha}=r.\sqrt{1+r'^2} \qquad (3)$$

Tiếp sau, xét cân bằng lực trên phương z, ta có:

$$2.\pi.r.N_1.\cos\alpha=2.\pi\int_{r_p}^{r}p.r.dr+2.\pi.r_p q \qquad (4)$$

Thay $\cos\alpha$ từ (3) vào (4) tìm được N_1 và thay N_1 vào (1) tìm được N_2:

$$N_1=\frac{p.R_2}{2}\left(1+\frac{2.q.r_p-p.r_p^2}{p.r^2}\right) \qquad (5)$$

$$N_2=\frac{p.R_2}{2}\left[2-\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{2.q.r_p-p.r_p^2}{p.r^2}\right)\right] \qquad (6)$$

Trường hợp vỏ trụ có lỗ cực đóng kín - tương ứng với bình áp lực, lực phân bố q tại lỗ cực được xác định từ cân bằng lực theo phương trục z như sau:

$$q=\frac{p.r_p}{2} \qquad (7)$$

Thay q từ (7) vào (5) và (6), ta được:

$$N_1=\frac{p.R_2}{2} \qquad (8)$$

$$N_2=\frac{p.R_2}{2}\left[2-\frac{R_2}{R_1}\right] \qquad (9)$$

Đối với trường hợp vỏ có lỗ cực hở, lấy lực phân bố tại lỗ cực q = 0, khi đó, ta có:

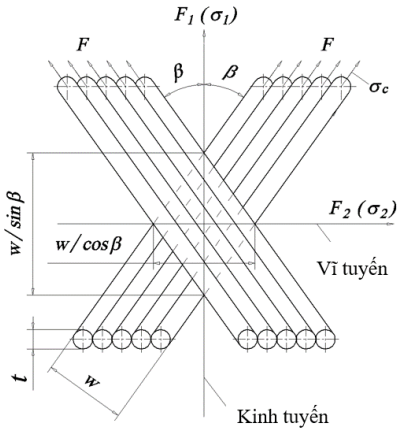
$$N_1=\frac{p.R_2}{2}\left(1-\frac{r_p^2}{r^2}\right) \qquad (10)$$

$$N_2=\frac{p.R_2}{2}\left[2-\frac{R_2}{R_1}\left(1-\frac{r_p^2}{r^2}\right)\right] \qquad (11)$$

2.3. Cân bằng lực sợi trong vỏ composite

Giả sử tách ra một phân tố vỏ composite nằm trên đáy mà có hai băng sợi có chiều dày t và bề rộng w, mỗi băng sợi nghiêng góc với đường sinh một góc quấn β (Hình 4).

Dưới tác dụng của áp suất p, theo chiều dọc trục sợi, sẽ xuất hiện nội lực F, còn theo phương kinh tuyến và vĩ tuyến có các thành phần nội lực F_1 và F_2. Ứng suất trung bình trên phương kinh tuyến và vĩ tuyến được xác định như sau:



Hình 4. Phân bố sợi trên bề mặt vỏ trụ

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{2.t.(w/\cos\beta)} = \frac{2.F.\cos\beta}{2.t.(w/\cos\beta)} = \sigma_c.\cos^2\beta \quad (12)$$

$$\sigma_2 = \frac{F_2.\sin\beta}{2.t.(w/\sin\beta)} = \frac{2.F.\sin\beta}{2.t.(w/\sin\beta)} = \sigma_c.\sin^2\beta \quad (13)$$

Mặt khác, các thành phần ứng suất (σ_1 , σ_2) có thể được xác định theo các thành phần nội lực (N_1, N_2) và chiều dày h của vật liệu composite:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{h} \quad (14)$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{h} \quad (15)$$

Kết hợp các cặp phương trình (12)-(14) và (13)-(15) và kết hợp lại, ta được:

$$\tan^2\beta = \frac{N_2}{N_1} \quad (16)$$

2.4. Quan hệ góc quấn với các tham số hình học

Do quỹ đạo sợi nằm trong mặt phẳng, nên góc quấn bị ràng buộc bởi các tham số hình học của vỏ. Để xác định quan hệ góc quấn với các tham số hình học, chúng ta sẽ dựa vào quan hệ hình học vi phân. Xét một điểm A nằm trên quỹ đạo sợi (Hình 1), ta có:

$$\tan\beta = \frac{r.d\theta}{ds_m} = \frac{r.(d\theta/dz)}{ds_m/dz} = \frac{r.(d\theta/dz)}{\sqrt{1+r'^2}} \quad (17)$$

Lại có: $r.\sin\theta = z.\tan\gamma + e$ (18)

Lấy đạo hàm hai vế của (14) theo z và thực hiện phép biến đổi, ta có:

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{\tan\gamma - r'.\sin\theta}{r.\cos\theta} \quad (19)$$

Thay $d\theta/dz$ từ (19) vào (17) và $\sin\theta$ rút ra từ (18) vào (17), nhận được:

$$\tan\beta = \frac{r.\tan\gamma - r'.(z.\tan\gamma + e)}{\sqrt{1+r'^2}.\sqrt{r^2-(z.\tan\gamma+e)^2}} \quad (20)$$

2.5. Phương trình biên dạng (kinh tuyến) đáy cơ sở của vỏ trụ có lỗ cực đóng kín

Thay R_1 và R_2 từ (2) và (3) vào (8) và (9), sau đó, thay N_1 và N_2 vào (16), ta được:

$$\bar{r}'' = \left(\tan^2\beta - 2\right)\frac{1+r'^2}{r} \quad (21)$$

Thay $\tan\beta$ từ (20) vào (21), nhận được:

$$r'' = \left(\left[\frac{r.tg\gamma - r'.(z.tg\gamma+e)}{\sqrt{1+r'^2}.\sqrt{r^2-(z.tg\gamma+e)^2}}\right]^2 - 2\right)\frac{1+r'^2}{r} \quad (22)$$

Để thuận tiện cho việc khảo sát, ta sẽ chuyển quan hệ (22) về dạng không thứ nguyên bằng cách đặt $\bar{r} = r/R$, $\bar{z} = z/R$ và $\bar{e} = e/R$:

$$\bar{r}'' = \left(\left[\frac{\bar{r}.tg\gamma - \bar{r}'.(\bar{z}.tg\gamma+\bar{e})}{\sqrt{1+\bar{r}'^2}.\sqrt{\bar{r}^2-(\bar{z}.tg\gamma+\bar{e})^2}}\right]^2 - 2\right)\frac{1+\bar{r}'^2}{\bar{r}} \quad (23)$$

Điều kiện biên để giải các phương trình (23) là tại $\bar{z} = 0$, $\bar{r}(0) = 1$, $\bar{r}'(0) = 0$.

2.6. Hiện tượng uốn cong của đường kinh tuyến đáy và giải pháp hiệu chỉnh

Để đảm bảo đường cong biên dạng đáy là lồi, đạo hàm cấp hai $\bar{r}''$ phải âm. Như vậy, từ (21), góc quấn β phải thỏa mãn:

$$\tan\beta \le \sqrt{2} \quad (24)$$

Điểm trên biên dạng đáy mà góc quấn β làm cho đẳng thức (24) xảy ra sẽ là nơi xuất hiện điểm uốn. Khi này, góc quấn $\beta = 54{,}7^0$ (vì khi đó $\tan\beta \le \sqrt{2}$). Tuy nhiên, để đảm bảo điều kiện quấn liên tục, góc quấn tại lỗ cực phải bằng 90^0. Do vậy, đường cong biên dạng đáy luôn bị uốn cong trước khi tiến về lỗ cực. Để khắc phục cần phải có giải pháp hiệu chỉnh.

Theo [4], [5], để hiệu chỉnh đường cong biên dạng cơ sở đáy phải sử dụng một đường cong lồi có bán kính $\bar{r}_f > \bar{r}_i$ (bán kính hướng tâm tại điểm uốn I), đồng thời, sử dụng nắp đóng kín đáy vỏ (Hình 5).

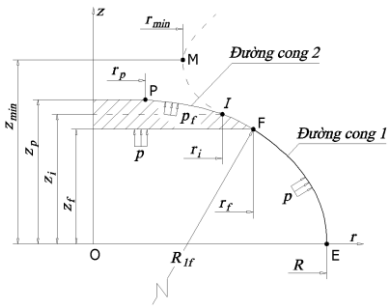
TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Như vậy, khi đó, lực phân bố tại lỗ cực q sẽ bằng 0. Do đó, phương trình đường cong hiệu chỉnh sẽ được thiết lập từ các quan hệ (10), (11), (16) và (20) có dạng như sau:

$$\bar{r}''=\left(\left[\frac{\bar{r}.tg\gamma-\bar{r}'.(\bar{z}.tg\gamma+\bar{e})}{\sqrt{1+\bar{r}'^2}.\sqrt{\bar{r}^2-(\bar{z}.tg\gamma+\bar{e})^2}}\right]^2-\frac{2\bar{r}^2}{\bar{r}^2-(\bar{z}_p.\tan\gamma+\bar{e})^2}\right)\frac{1+\bar{r}'^2}{\bar{r}} \quad (25)$$

Điều kiện biên để giải các phương trình (25) là:

tại $\bar{z}=0$, $\bar{r}(0)=\bar{r}(\bar{z}_f)\big|_{theo(23)}$, $\bar{r}'(0)=0$.



Hình 5. Hiệu chỉnh đường cong biên dạng đáy

2.7. Điều kiện không trượt của sợi

Điều kiện bắt buộc cho mọi quá trình quấn ổn định là sợi phải không bị trượt. Theo [6], để đảm bảo sợi không trượt:

$$|\lambda| \le [\lambda] \quad (26)$$

Với: λ là hệ số trượt giữa sợi và khuôn quấn được xác định như (27); $[\lambda]$ là hệ số trượt cho phép.

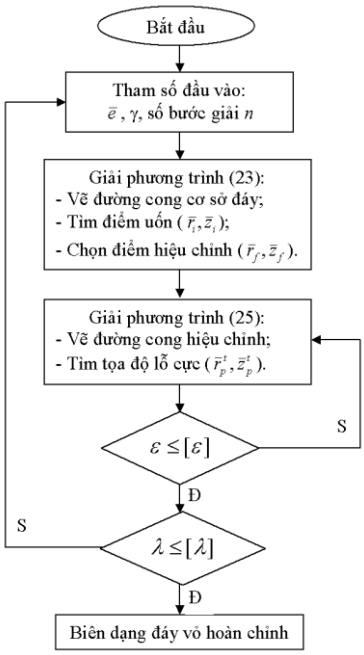
$$\lambda=\frac{(1+r'^2)(r'.\sin\beta+r.\beta'.\cos\beta)}{(1+r'^2)\sin^2\beta-r.r''.\cos^2\beta} \quad (27)$$

3. Thuật toán xác định biên dạng đáy

Từ phương trình (23) và (25) thấy rằng, các phương trình này đều là các phương trình vi phân không thuần túy, nên để giải chúng cần dùng phương pháp số. Phương trình (23) có thể giải với các tham số ban đầu $\bar{e}$ và γ cho trước. Tuy nhiên, trong phương trình (25) xuất hiện tham số mờ $\bar{z}_p$, là tham số không thể cho trước. Vì vậy, để giải phương trình (25) nhằm tìm đường cong hiệu chỉnh đúng đắn cần phải có thủ thuật toán học riêng. Ở đây, nhóm tác giải đề xuất lời giải lặp lại như sau:

- Cho trước một giá trị $\bar{z}_p^c$, sau đó, tiến hành giải phương trình (25) và tìm ra tham số tính toán $\bar{z}_p^t$.
- Lặp lại quá trình trên đến khi sai số tương đối $\varepsilon=\frac{|\bar{z}_p^t-\bar{z}_p^c|}{\bar{z}_p^t}\le[\varepsilon]$, ở đó, $[\varepsilon]$ là giá trị sai số cho phép.

Thêm nữa, để tìm đường cong biên dạng đáy hoàn chỉnh, cần phải xác định được giá trị hệ số trượt λ và so sánh với giá trị chọn trước [λ]. Sơ đồ giải thuật xác định biên dạng đáy được mô tả như Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ giải thuật xác định biên dạng đáy

4. Kết quả và bàn luận

Từ mô hình toán xác định biên dạng đáy và sơ đồ thuật toán đã trình bày ở phần này, 2 kết quả tính toán cho 2 trường hợp với cặp tham số ban đầu ($\bar{e}$ và γ) lần lượt là (0,1 và π/20) và (0,3 và π/10).

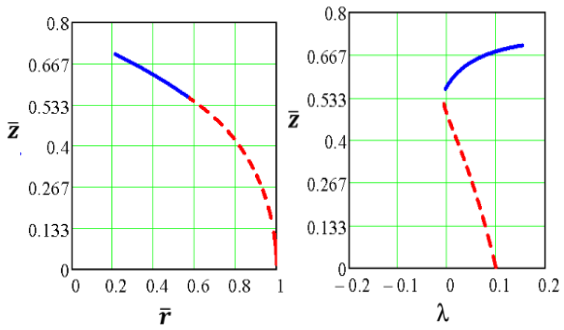
Tham số $\bar{z}_p^{c-1}$ ban dầu được chọn là 0. Sau bước giải thứ nhất, từ giá trị $\bar{z}_p^{t-1}$ tìm được, giá trị $\bar{z}_p^{c-2}$ sẽ được chọn là $\bar{z}_p^{c-2}=\bar{z}_p^{c-1}+\frac{\bar{z}_p^{t-1}-\bar{z}_p^{c-1}}{2}$. Quá trình tính toán sẽ dừng lại ở bước thứ *n* nhất định, khi $\varepsilon_n=\frac{|\bar{z}_p^{t-n}-\bar{z}_p^{c-n}|}{\bar{z}_p^{t-n}}\le[\varepsilon]=0{,}01$.

Hình 7 và Hình 8 trình bày kết quả xác định đường cong biên dạng đáy và sự phụ thuộc của hệ số trượt λ vào tọa độ *z* cho cả hai trường hợp. Nhận thấy, tại phần tiếp giáp xích đạo và phần lỗ cực, hệ số trượt lớn hơn, có nghĩa là sợi có xu hướng trượt nhiều hơn ở 2 phần này. Theo [7], hệ số trượt giới hạn cho trường hợp quấn ướt là [λ] ≈ 0,2. Như vậy, có thể thấy:

- Ở trường hợp 1, hệ số trượt lớn nhất đạt khoảng 0,16, tức là nhỏ hơn hệ số trượt cho phép. Như vậy, khi sợi rải trên bề mặt vỏ sẽ không bị trượt.

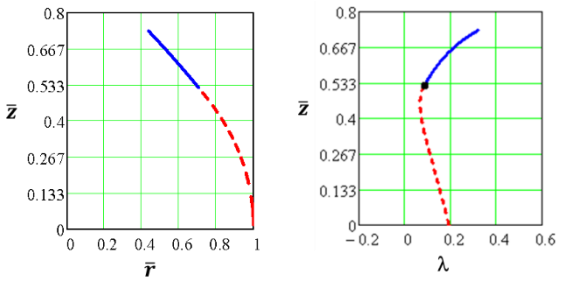
- Ở trường hợp 2, hệ số trượt lớn nhất đạt khoảng 0,37, tức là lớn hơn hệ số trượt cho phép. Trong trường hợp này, khi sợi rải trên bề mặt vỏ sẽ bị trượt.

Do vậy, trong thiết kế biên dạng đáy vỏ trụ, trường hợp 2 sẽ loại bị bỏ, trường hợp 1 sẽ được chọn.



a) *b)*

Hình 7. Biên dạng đáy (a) và hệ số trượt λ (b) với cặp tham số ($\bar{e}$ và γ) là (0,1 và π/20); Số lần lặp 8



a) *b)*

Hình 8. Biên dạng đáy (a) và hệ số trượt λ (b) với cặp tham số ($\bar{e}$ và γ) là (0,3 và π/10); số lần lặp 5

5. Kết luận

Từ đặc điểm hình học và tính chất chịu lực của bình composite hình trụ chịu áp lực trong, với các bài toán cân bằng lực trên vỏ, đã đưa ra được mô hình toán xác định biên dạng cơ sở đáy và giải pháp hiệu chỉnh do sự uốn cong của đường cong biên dạng cơ sở. Trên cơ sở điều kiện không trượt của sợi, đã xây dựng sơ đồ giải thuật xác định biên dạng đáy vỏ trụ composite hoàn chỉnh, đủ điều kiện phục vụ thiết kế.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.31**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hartung R.F, *Planar-wound filamentary pressure vessels*, AIAA Journal, Vol.1(12), pp.2842-2844, 1963.

[2] Vydrin V.M, G.K. Ibraev and V.P. Perminov, *To the problem of optimization of composite shells of revolution*, Hydraulics and Strength of Machines and Structures, Perm, pp.42-47, 1978 (in Russian).

[3] Bunakov V.A, V.D. Protasov and S.B. Cherevatskii, *Optimum design of membrane composite shells of revolution*, in V.V. Vasiliev, Composite pressure vessels- analysis, design, and manufacturing, Virginia, USA: Bull Ridge Publishing, Blacksburg, 2009.

[4] Vasiliev V.V, *Composite pressure vessels- analysis, design, and manufacturing*, Virginia, USA: Bull Ridge Publishing, Blacksburg, 2009.

[5] Mahdy W. M, H. Kamel and E.E. El-Soaly, *Design of optimum filament wound pressure vessel with integrated end domes*, International Conference on Aerospace Sciences & Aviation Technology, May 2015.

[6] Zu L, S. Koussios and A. Beukers, *Design of filament-wound domes based on continuum theory and non-geodesic roving trajectories*, Composites: Part A, Vol.41, pp.1312-1320, 2010.

[7] Wang R, W. Jiao, W. Liu, F. Yang, X. He, *Slippage coefficient measurement for non-geodesic filament-winding process*, Composites: Part A, Vol.42, pp.303-309, 2011.

Ngày nhận bài: 06/02/2021
Ngày nhận bản sửa: 28/02/2021
Ngày duyệt đăng: 12/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

ẢNH HƯỞNG BIẾN TÍNH VÀ XỬ LÝ NHIỆT ĐẾN TỔ CHỨC VÀ CƠ TÍNH CỦA THÉP ĐÚC HỢP KIM THẤP

INFLUENCE OF MODIFICATION AND HEAT TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOW ALLOY CASTING STEEL

NGUYỄN DƯƠNG NAM*, LÊ VĂN CƯƠNG, PHẠM ĐỨC
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: namnd.khcs@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng đồng thời Al và Ti kết hợp với quá trình xử lý nhiệt phù hợp đến đến tổ chức và cơ tính của thép đúc hợp kim thấp. Khi thực hiện biến tính thép đồng thời bằng Al và Ti kết hợp với chế độ xử lý nhiệt nung mẫu lên 650^{o}C giữ nhiệt trong 02 giờ sau đó tiếp tục nung đến 920^{o}C giữ nhiệt 03 giờ nguội nhanh trong nước; sau đó mẫu được ram ở 250^{o}C trong 06 giờ cho giá trị độ dai va đập cao nhất là 57,5J/cm^2 và giá trị độ cứng thu được là 50 HRC. Cấu trúc tổ chức được chỉ ra là tổ chức Bainite kết hợp với austenite dư; giá trị độ hạt tốt nhất là đạt độ hạt cấp 4.

Từ khóa: *Bainite, biến tính, xử lý nhiệt, độ hạt.*

Abstract

Influence of Al and Ti addition combined heat treatment on microstructure and mechanical properties of the low alloy casting steels is presented in this article. In this research, the samples were modified by Al and Ti then heat treatment as follows: heated and held at 650^{o}C for 2 hours, then continued heating to 920^{o}C for 3 hours before quenching in water; after that, they were tempered at 250^{o}C for 06 hours. The results indicate that the highest values of impact strength and hardness were 57.5J/cm^2 and 50 HRC. The microstructure of the sample was bainite and residual austenite with grade 4 of the particle size.

Keywords: *Bainite, modification, heat treatment, grain size.*

1. Mở đầu

Thép hợp kim thấp có nhiều ứng dụng trong thực tế như phân nhóm AHSS để chế tạo các chi tiết được biến dạng thì còn có nhóm chuyên dụng để chế tạo các chi tiết làm việc trong điều kiện chịu mài mòn bên cạnh đó cần đảm bảo độ dai nhất định. Những nhóm chi tiết cụ thể trong điều kiện làm việc ở trên là chi tiết răng cào tuyết và một số loại răng gầu xúc than,…

G. Golaĕski và các tác giả khác [1], [2] đã trình bày những kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của các hạt cacbit như M_3C; M_2C, $M_{23}C_6$, MC, M_7C_3 đến tổ chức của thép đúc L21HMF và L17HMF sau khi xử lý nhiệt. Các nghiên cứu đã chỉ ra sự dịch chuyển về cấu trúc của thép trước và sau khi nhiệt luyện.

Nghiên cứu của Y. A. Farzin và cộng sự [3] về ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến tổ chức và cơ tính của thép song pha ST52 đã chỉ ra cơ tính tốt nhất đạt được khi ủ ở 770^{o}C trong 105 phút và tôi trong nước. Tổ chức nhận được là các hạt peclit nhỏ mịn, một lượng austenite dư và giá trị giới hạn bền đạt tới 1331MPa với giá trị độ cứng là 316HV30.

Nghiên cứu về sự phân tán của các hạt cacbit sau khi xử lý nhiệt và làm việc trong một thời gian dài đã được chỉ ra đối với thép đúc hợp kim thấp Cr-Mo-V [1], [2], [4], [5].

Nghiên cứu của R. C. Voigt [6] về ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến tổ chức và cơ tính của thép hợp kim thấp Mn và thép HSLA. Bằng những phân tích của nhóm nghiên cứu đã xác định tổ chức của thép sau khi xử lý nhiệt là tổ chức ferrit-mactenxit ram. Giá trị độ dai và độ bền của thép tăng lên khi thực hiện quy trình xử lý nhiệt hai bước.

Trong công nghệ chế tạo vật liệu thì ảnh hưởng của Al và Ti được nghiên cứu khá nhiều trong những năm trở lại đây. Việc đưa các nguyên tố như Ti vào trong thép góp phần đáng kể trong việc tạo thép có độ hạt nhỏ; hơn nữa Ti sẽ tạo nên các cacbit như TiC phân tán bên trong nền sẽ làm tăng khả năng chống mài mòn cho thép. Ngoài ra, Al có tác dụng ngăn cản sự hình thành các rỗ khí [7]-[10].

Chuyển pha trong thép nói chung và thép Mn nói riêng hiện đang là vấn đề được quan tâm bởi lẽ xác định chính xác các chuyển biến pha trong các điều kiện cụ thể sẽ góp phần nâng cao khả năng làm việc và tuổi thọ của thép nghiên cứu. Các chuyển biến pha này ảnh hưởng rất nhiều bởi quá trình xử lý nhiệt [11]-[15].

Bảng 1. Thành phần nguyên tố hợp kim chính

Mẫu	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	Al	Ti
M0	0,255	0,887	1,631	1,676	0,251	0,040	0,053	-
M1	0,282	0,883	1,433	1,602	0,218	0,369	0,211	-
M2	0,249	0,869	1,479	1,579	0,219	0,365	0,192	0,151

Tuy nhiên việc đưa Al và Ti vào trong thép đúc được hợp kim hóa thêm các nguyên tố như Mn, Cr; Si, Mo và quá trình xử lý nhiệt để tăng được lại chưa thực sự được quan tâm.

Trong công trình nghiên cứu này, chúng tôi trình bày ảnh hưởng của biến tính Al và Ti cũng như ảnh hưởng của quá trình ram đến tổ chức và cơ tính của thép đúc hợp kim thấp. Từ đó, xác định chế độ xử lý nhiệt phù hợp với yêu cầu đặt ra của chi tiết được làm trong điều kiện chịu mài mòn với độ cứng trên bề mặt của mẫu trong khoảng 42 - 52HRC và độ dai va đập đạt tối thiểu 32J/cm^2 ở nhiệt độ phòng.

2. Phương pháp nghiên cứu

Các mác thép được tiến hành nấu trong lò trung tần có khối lượng mẻ nấu trung bình là 250kg với mục đích để các mác thép nghiên cứu đảm bảo tính đồng đều thành phần và ổn định. Kết quả này được tiến hành tại Công ty TNHH Thắng Lợi. Mẫu nghiên cứu được lấy trên sản phẩm là răng gầu xuất khẩu của công ty. Vị trí lấy mẫu được lấy ở vị trí lưỡi răng gầu xúc nơi chi tiết làm việc trong điều kiện chịu mài mòn và đảm bảo độ dai nhất định.

Thành phần mỗi mẻ nấu được tiến hành phân tích thành phần trên thiết bị phân tích nguyên tố ARL-3460 của hãng Fisons Thụy Sĩ cho kết quả như trong Bảng 1.

Mẫu sau đúc được tiến hành xử lý nhiệt theo quy trình sau: nung thép đến 650^{o}C giữ nhiệt trong 02 giờ nung tiếp đến 920^{o}C giữ nhiệt trong 03 giờ và nguội nhanh trong nước. Quá trình này nhằm đảm bảo khi thực hiện nung ở 920^{o}C tổ chức của thép là hoàn toàn ở trạng thái austenite; nguội nhanh trong nước sẽ hình thành nên tổ chức mactenxit và austenite dư. Sau đó tiến hành ram ở các nhiệt độ và thời gian khác nhau với mong muốn tổ chức cuối cùng thu được là bainite với austenite dư (Bảng 2). Quá trình xử lý nhiệt được tiến hành trên thiết bị nhiệt luyện CF-1400 tại Trung tâm Thực hành thí nghiệm, Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Các mẫu sau đúc và nhiệt luyện được tiến hành phân tích tổ chức tế vi trên kính hiển vi quang học Axiovert 25A; VHX và kính hiển vi điện tử FESEM Jeol 7600 - Đại học Bách Khoa Hà Nội. Ngoài ra, để đánh giá thành phần bằng phương pháp phân tích EDS trên thiết bị FESEM Jeol 7600.

Bảng 2. Các chế độ xử lý nhiệt

Thứ tự	Nhiệt độ ram, ^{0}C	Thời gian ram, giờ
1	200	3
2	200	5
3	200	6
4	220	3
5	220	5
6	220	6
7	250	3
8	250	5
9	250	6

Để đánh giá cơ tính của hợp kim nghiên cứu mẫu được tiến hành đo độ cứng trên thiết bị đo độ cứng ATKF 1000 của hãng Mitutoyo và độ dai va đập trên máy đo JBS-300.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả phân tích về tổ chức tế vi

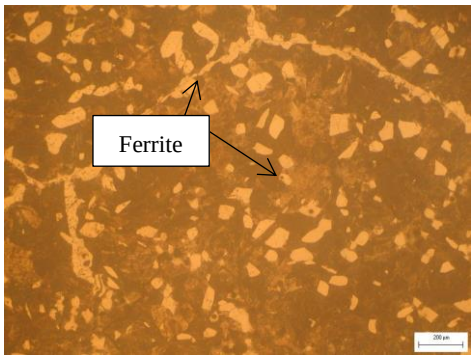
Hợp kim sau đúc không biến tính (M0)

Đánh giá tổ chức tế vi của hợp kim sau đúc nhận thấy ngay cả với độ phóng đại 50 lần cũng cho thấy độ hạt của hợp kim khá lớn; với chế độ phóng đại này cũng không xác định được biên giới hạt của hợp kim nghiên cứu. Phân tích kích thước hạt bằng phần mềm Image Pro-Plus tại Đại học Bách khoa Hà Nội cho thấy kích thước hạt nhỏ nhất sau đúc có thể đạt được là 1,055mm. Ở biên giới hạt là các hạt ferit màu sáng đa cạnh nằm dọc biên giới hạt; bên trong hạt ở trạng thái đúc thấy xuất hiện những hạt màu sáng (Hình 1a).

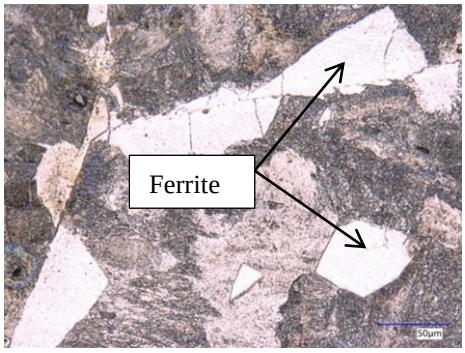
Các kết quả nghiên cứu cho thấy có sự xuất hiện của các ferit được tiết ra từ austenite khi làm nguội từ trạng thái lỏng (Hình 1b). Các hạt ferrite này có biên giới rõ ràng so với nền Peclit (austenite chuyển biến thành). Như vậy các hạt này không phải được tiết ra từ nền P khi làm nguội xuống.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Phân tích phổ nguyên tố các vùng sáng bên trong hạt được nghi ngờ ở phân tích hiển vi quang học cho thấy thành phần hóa học chủ yếu là Fe và một số nguyên tố vi lượng Cr; Si và Mo. Như vậy, pha màu sáng ở trong hạt là các hạt ferit được tiết ra từ trạng thái lỏng khi làm nguội hay còn gọi là ferit delta.



a) Phân tích bằng kính Axiovert 25A (×50)



b) Phân tích bằng kính hiển vi VHX (×1000)

Hình 1. Tổ chức tế vi hợp kim M0 sau đúc

Biến tính hợp kim sau đúc bằng Al (M1)

Phân tích tổ chức tế vi của hợp kim sau biến tính bằng Al ở trạng thái đúc cho thấy:

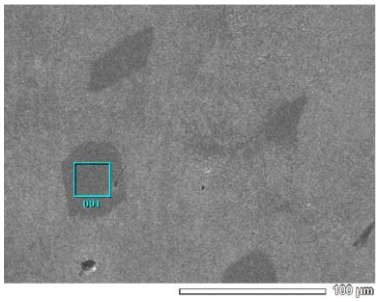
Tổ chức tế vi của hợp kim sau đúc là nền Peclit với các hạt ferit ở biên giới hạt.

Tương tự với phân tích tổ chức mẫu M0; các hạt màu sáng bên trong hạt của mẫu sau đúc là các hạt ferit delta.

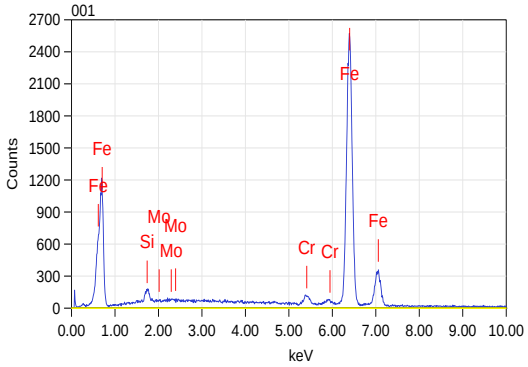
Tuy nhiên đối với hợp kim sau biến tính bằng nhôm cho thấy kích thước hạt có giảm so với mẫu không biến tính bằng Al (kích thước hạt giảm xuống còn 0,65mm). Tuy nhiên đối với mẫu sau đúc thì giá trị này rất lớn để có thể thực hiện chế độ nhiệt luyện (Hình 3).

Biến tính bằng Al kết hợp với Titan

Đối với hợp kim được tiến hành biến tính bằng Al kết hợp với Ti cho thấy độ hạt của hợp kim sau đúc có kích thước nhỏ mịn. Với độ phóng đại 500 lần như ở Hình 4 cho thấy thu được hạt có kích thước nhỏ. Không thấy sự xuất hiện của các hạt ferit delta ở trong hạt của hợp kim nghiên cứu. Trên biên giới hạt thấy xuất hiện rất ít các ferit được hình thành.

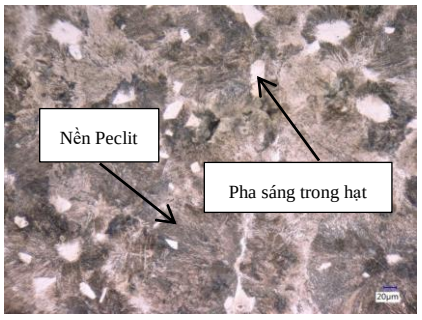


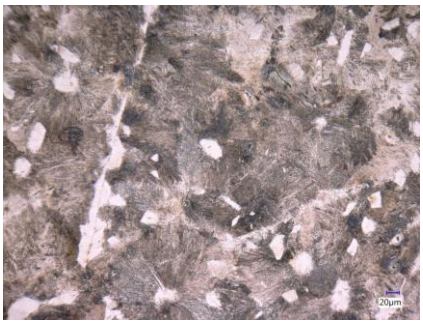
a) Vùng phân tích EDS



b) Phổ nguyên tố

Hình 2. Phân tích phổ nguyên tố

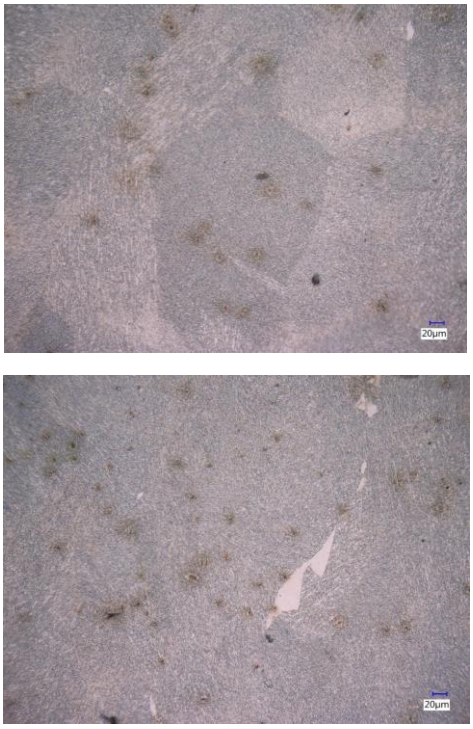




Hình 3. Tổ chức tế vi hợp kim M1 sau đúc (×500)

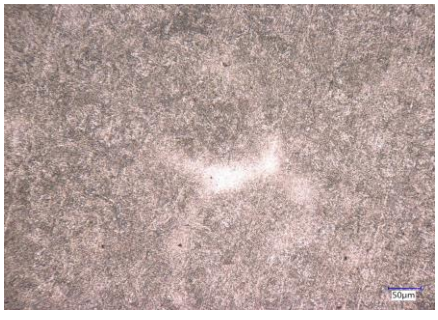
Phân tích kích thước hạt bằng phần mềm Image Pro-Plus tại Đại học Bách Khoa Hà Nội xác định độ

hạt trung bình là cấp 3,45 theo tiêu chuẩn ASTM. Như vậy, với phương pháp biến tính bằng Al kết hợp với Ti cho hiệu quả cao nhất về độ hạt cũng như khả năng khử khí của hợp kim nghiên cứu.



Hình 4. Tổ chức tế vi hợp kim M2 sau đúc (×500)

a) ×1000



b) ×500

Hình 5. Tổ chức tế vi hợp kim M2 sau xử lý nhiệt

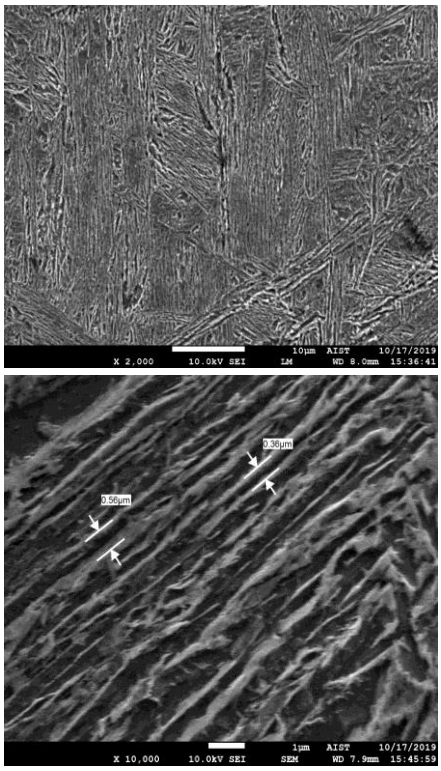
Đánh giá tổ chức tế vi sau khi xử lý nhiệt

Phân tích tổ chức tế vi sau nhiệt luyện ở chế độ 2,9 cho thấy:

Sau xử lý nhiệt, tổ chức tế vi của hợp kim có cấu trúc dạng tấm (với cấu trúc này có thể là các mactenxit hoặc bainite). Ngoài ra, còn có một số cacbit nhỏ mịn phân tán bên trong nền.

Phân tích độ hạt sau khi xử lý nhiệt cho thấy độ hạt sau nhiệt luyện có thể đạt tới cấp 4. Với độ hạt này đảm bảo yêu cầu làm việc cho chi tiết.

Ảnh chụp SEM (Hình 6) cho thấy với độ phóng đại cao hơn cho thấy tổ chức là các tấm Ferrite song song với nhau. Đây là dạng tổ chức đặc trưng của bainite - tổ chức hình thành với tốc độ nguội chậm hơn.



Hình 6. Phân tích SEM hợp kim M2 sau xử lý nhiệt

Các tấm Ferrite song song với nhau ở trong cùng một hạt khoảng cách giữa các tấm là dao động từ 0,36 đến 0,56µm.

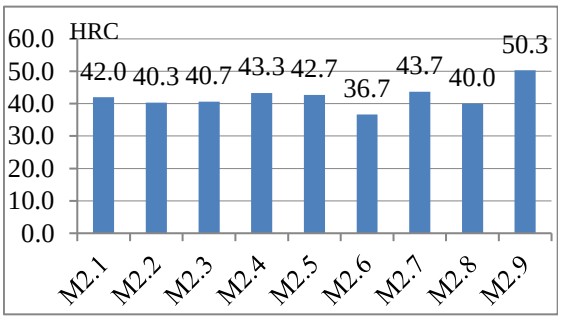
3.2. Phân tích về cơ tính

Phân tích về độ dai va đập:

So sánh giá trị độ dai va đập của mẫu sau các chế độ xử lý nhiệt (Hình 7) cho thấy: giá trị độ dai va đập đạt lớn nhất là 57,5J/cm^2 khi mẫu được nung ở 650^{o}C giữ nhiệt trong 02 giờ sau đó nâng tiếp lên 920^{o}C giữ nhiệt trong 03 giờ và nguội nhanh trong nước; sau đó mẫu được ram ở 250^{o}C trong 06 giờ để đảm bảo các chuyển

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

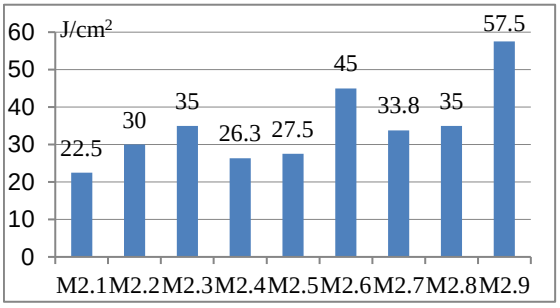
biến xảy ra hoàn toàn. Với chế độ trên thu được giá trị độ dai va đập là lớn nhất trong các chế độ xử lý. Với tổ chức đặc trưng là bainite xen kẽ là austenite dư đảm bảo được giá trị độ dai va đập của mẫu thép nghiên cứu.



Hình 7. Phân tích giá trị độ dai va đập

Ảnh hưởng đến độ cứng

Phân tích giá trị độ cứng trên bề mặt của mẫu cho thấy các chế độ M2,4; M2,7 và M2,9 có giá trị độ cứng xấp xỉ nhau và với giá trị độ cứng này đảm bảo yêu cầu làm việc của chi tiết răng gầu. Tuy nhiên, kết hợp với giá trị độ dai va đập cho thấy chế độ M2,9 thỏa mãn các yêu cầu đặt ra ban đầu của hợp kim nghiên cứu. Với chế độ M2,9 đảm bảo được về tổ chức thỏa mãn các yêu cầu ban đầu.



Hình 8. Phân tích giá trị độ cứng trên bề mặt

5. Kết luận

Những kết quả nghiên cứu của công trình này đã cho thấy sự ảnh hưởng của chất biến tính Al và Ti và chế độ ram đến tổ chức và cơ tính của thép Mn thấp ứng dụng trong điều kiện mài mòn và đảm bảo độ dai nhất định. Chế độ xử lý của thép nghiên cứu như sau: sử dụng đồng thời hai chất biến tính là Al và Ti kết hợp với quy trình xử lý nhiệt phù hợp. Quy trình xử lý nhiệt cho thép nghiên cứu là nung đến 650^{o}C giữ nhiệt trong 02 giờ sau đó nung tiếp đến 920^{o}C giữ nhiệt trong 03 giờ và nguội nhanh trong nước. Cuối cùng thép được tiến hành ram ở 250^{o}C giữ nhiệt trong 06 giờ. Với quá trình xử lý nhiệt như trên cơ tính của thép đạt được là: giá trị độ dai va đập cao nhất đạt 57,5J/cm^2 và giá trị độ cứng trên bề mặt là 50,3HRC. Tổ chức tế vi của thép sau biến tính kết hợp với xử lý nhiệt là tổ chức bainite kết hợp với austenite dư. Khoảng cách giữa các tấm Ferrite là từ 0,36 đến 0,56µm. Giá trị độ hạt hiệu quả khi xử lý nhiệt với quy trình trên là cấp 4.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.30**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] G. Golaëski and P. Wieczorek, *Precipitation of carbides in Cr - Mo - V cast steel after service and regenerative heat treatment*, Arch. Foundry Eng., Vol.9, No.1, pp.97-102, 2009.

[2] G. Golanski, *Regenerative Heat Treatment of Low Alloy Cast Steel*, Heat Treat. - Conv. Nov. Appl., no. September 2006, 2012.

[3] Y. A. Farzin, A. Najafizadeh, and E. H. Nejad, *Effect of temperature in intercritical treatment on microstructure, tensile properties and hardness in dual phase ST52 steel*", J. Mater. Environ. Sci., Vol.7, No.5, pp.1716-1722, 2016.

[4] A. Zieliński, J. Dobrzański, and H. Krztoń, *Structural changes in low alloy cast steel Cr-Mo-V after long time creep service*, Vol.25, No.1, pp.33-36, 2007.

[5] J. Dobrzański, A. Zieliński, and H. Krztoń, *Mechanical properties and structure of the Cr-Mo-V low-alloyed steel after long-term service in creep condition*, Vol.23, No.1, pp.39-42, 2007.

[6] R. C. Voigt, *Analysis of intercritical heat treatment of cast steels*, J. Heat Treat., Vol.7, No.2, pp.95-105, 1989.

[7] W. S. Yang and C. M. Wan, *The influence of aluminium content to the stacking fault energy in Fe-Mn-Al-C alloy system*, J. Mater. Sci., Vol.25, pp.1821-1823, 1990.

[8] N. I. Medvedeva, M. S. Park, D. C. Van Aken, and J. E. Medvedeva, *First-principles study of Mn, Al and C distribution and their effect on stacking fault energies in fcc Fe*, J. Alloys Compd., Vol.582, pp.475-482, 2014.

[9] J. D. Verhoeven, *Cast Irons*. 2019.

[10] N. I. Medvedeva, M. S. Park, D. C. Van Aken, and J. E. Medvedeva, *First-principles study of the Mn, Al and C distribution and their effect on the stacking fault energies in austenite*, 2012.

[11] B. I. S. [13:43], BAINITE.IN.STEELS.

[12] A. S. M. I. Handbook, *ASM handbook (Heat treating of Irons and Steels)*, ASM Int., 2005.

[13] ASM International Handbook Committee, *ASM Handbook: Materials Characterization, Volume 10, Book*, 1998.

[14] D. Krizan and B. C. D. E. Cooman, *Mechanical Properties of TRIP Steel Microalloyed with Ti Mechanical Properties of TRIP Steel Microalloyed with Ti*, No. July, 2014.

[15] E. De Moor, *Advanced High Strength Steels*, 2015.

Ngày nhận bài:	07/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	19/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ THỦY ĐỘNG CỦA CHONG CHÓNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CFD

NUMERICAL PREDICTION PROPELLER PERFORMANCE BY CFD METHOD

TRẦN NGỌC TÚ*, LÊ THANH BÌNH, NGUYỄN THỊ THU QUỲNH

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**Email liên hệ: tutn.dt@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả mô phỏng, tính toán các thông số thủy động của chong chóng (hệ số lực đẩy K_T, hệ số mô men K_Q và hiệu suất của chong chóng η_0) hoạt động trong điều kiện tự do bằng phương pháp động lực học chất lưu (CFD). Phương pháp hệ tọa độ quay được sử dụng để mô phỏng chuyển động quay của chong chóng. Ảnh hưởng của kích thước lưới đến kết quả mô phỏng được đề cập đến trong bài báo. Kết quả mô phỏng có sự so sánh với kết quả thử mô hình trong bể thử để khẳng định độ tin cậy của kết quả tính toán. Ngoài ra bài báo còn đưa ra các hình ảnh về phân bố áp suất trên bề mặt cánh chong chóng, đường dòng bao quanh chong chóng tại các bước tiến tương đối khác nhau của chong chóng, phục vụ cho các bài toán khác nhau trong thiết kế chong chóng.

Từ khóa: *Chong chóng, CFD, hiệu suất, hệ số lực đẩy, hệ số mô men.*

Abstract

This paper presents the results of numerical prediction of propeller characteristics (thrust coefficient K_T, toque coefficient K_Q, and propeller efficiency η_0) in open water condition by using CFD method. Moving reference frame method is used to model propeller rotation. The effect of mesh density on numerical results are analyzed. The simulation results are compared with the experimental results to confirm the reliability of the calculation results. In addition, the article also provided the images of the pressure distribution on the propeller blades surface, the flow around propeller at different advance coefficient of the propeller, which will be the sources for solving different problems in propeller design.

Keywords: *Propeller, CFD, performance, thrust coefficient, Torque coefficient.*

1. Mở đầu

Trong thiết kế tàu, việc tính toán chính xác các thông số thủy động lực học của tàu nói chung và các thông số thủy động của chong chóng nói riêng có vai trò đặc biệt quan trọng bởi nó liên quan đến việc lựa chọn hợp lý và chính xác hệ động lực cho tàu để tàu đạt được tốc độ thiết kế đặt ra.

Ngày nay, phương pháp CFD đã và đang được sử dụng rất rộng rãi trên thế giới trong việc giải quyết các bài toán thủy động lực học tàu thủy nói chung và bài toán tính toán các thông số thủy động của chong chóng nói riêng, bởi đây là một trong những phương pháp tính cho kết quả tin cậy so với kết quả thử mô hình trong bể thử [1]. Ngoài ra, so với phương pháp thử mô hình trong bể thử thì phương pháp CFD có lợi hơn về mặt kinh tế do không phải chế tạo mô hình vật lý để thử, thời gian cho kết quả nhanh hơn, việc xử lý sau tính toán CFD còn cho phép người thiết kế có thể quan sát được chi tiết đường dòng bao quanh chong chóng để phục vụ cho việc tối ưu hóa chong chóng. Tuy nhiên, CFD chỉ ra một công cụ tính nên độ chính xác của kết quả tính bằng CFD phụ thuộc rất nhiều vào kỹ năng của người tính toán như việc lựa chọn kích thước miền chất lỏng tính toán, loại lưới, kích thước lưới, mô hình vật lý, phương pháp mô phỏng,...[2, 3].

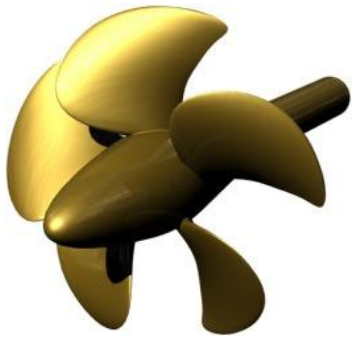
Việc áp dụng CFD vào trong mô phỏng, tính toán các thông số thủy động của chong chóng đã được nhiều các tác giả thực hiện [2, 4-7]. Tác giả Judyta Felicjancik [6] và các cộng sự đã tiến hành nghiên cứu mô phỏng, tính toán hiệu suất của chong chóng dưới dạng tỷ lệ mô hình bằng CFD qua phần mềm thương mại Star-CCM+. Để mô phỏng chuyển động quay của chong chóng, nhóm tác giả sử dụng phương pháp hệ tọa độ quay, loại lưới mà nhóm tác giả sử dụng trong mô phỏng là lưới đa diện. Kết quả mô phỏng mà các tác giả thu được cho sai số từ 2,5 đến 11% so với kết quả thử mô hình trong bể thử tùy thuộc vào bước tương đối của chong chóng. Nhóm tác giả Nakisa và các cộng sự [5] đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của các mô hình dòng rối khác nhau đến kết quả tính toán các thông số thủy động của chong chóng. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, việc sử dụng mô hình dòng rối

SST K-omega cùng với việc sử dụng lưới trượt cho kết quả gần với kết quả thử mô hình trong bể thử nhất. Sai số lớn nhất giữa hệ số mô men và hệ số lực đẩy của chong chóng so với kết quả thử mô hình trong bể thử lần lượt là 9,6% và 7,4%. Tác giả Xiao-Qian Dong cùng các cộng sự [7] đã sử dụng CFD để nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ mô hình đến kết quả tính toán hiệu suất của chong chóng hoạt động trong điều kiện tự do. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, tỷ lệ mô hình có ảnh hưởng đến kết quả tính toán lực đẩy và mô men của chong chóng. Nhóm tác giả Tu.TN [2] đã sử dụng CFD với sự hỗ trợ của phần mềm Star-CCM+ để tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của loại lưới, kích thước lưới và mô hình dòng rối đến kết quả tính toán các thông số thủy động của chong chóng ở dạng tỷ lệ mô hình. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, loại lưới, kích thước lưới và mô hình dòng rối đều là các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Trong đó việc sử dụng loại lưới lục diện kết hợp với mô hình dòng rối SST K-omega cho kết quả tốt nhất so với kết quả thử mô hình trong bể thử.

Các nghiên cứu đi trước kể trên đóng vai trò quan trọng trong việc áp dụng CFD vào trong tính toán các thông số thủy động của chong chóng. Tuy nhiên, ở đây các nghiên cứu ở trên đa phần mới chỉ tập trung vào nghiên cứu mô phỏng, tính toán các thông số thủy động của chong chóng ở dạng tỷ lệ mô hình. Bài báo này, trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu đi trước sẽ tiến hành tính toán, mô phỏng các thông số thủy động của chong chóng ở dạng tỷ lệ thực hoạt động trong điều kiện tự do bằng phương pháp CFD. Mô hình chong chóng được sử dụng trong tính toán là mô hình chong chóng Potsdam [8] ở dạng tỷ lệ thực . Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng gồm cách chia lưới, mật độ lưới sẽ được phân tích và tính đến nhằm nâng cao độ tin cậy của kết quả mô phỏng thu được.

2. Thiết lập mô phỏng

2.1. Mô hình chong chóng



Hình 1. Hình dáng chong chóng Potsdam [8]

Mô hình chong chóng được sử dụng trong nghiên cứu này là chong chóng Potsdam [8]. Hình dáng và các thông số chủ yếu của chong chóng này được trình bày trên Bảng 1 và Hình 1. Kết quả thử trong bể thử của chong chóng này được công bố trên website [8].

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của chong chóng Potsdam

Các thông số		Đơn vị	Giá trị
Đường kính chong chóng	D	m	3,00
Tỷ số đĩa	A_E/A_0	-	0,779
Tỷ số bước	$P_{0,7}/D$	-	1,6295
Số cánh	Z	-	5
Số vòng quay	n	Vòng/giây	4,33
Độ nhám	k_s	µm	10
Chiều quay	-	-	Quay phải

2.2. Phương pháp mô phỏng và mô hình vật lý

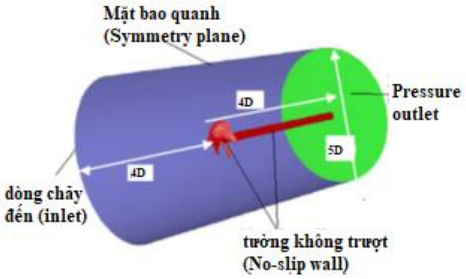
Để mô phỏng chong chóng bằng CFD, hiện có ba phương pháp khác nhau gồm [9]: Phương pháp sử dụng hệ tọa độ quay, phương pháp toàn miền chất lỏng quay và phương pháp lưới trượt. Trong đó phương pháp hệ tọa độ quay cho kết quả không khác nhiều so với hai phương pháp còn lại nhưng thời gian tính toán nhanh hơn. Chính vì vậy, bài báo này sẽ sử dụng phương pháp hệ tọa độ quay để mô phỏng chuyển động quay của chong chóng. Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng là mô hình chất lỏng thực RANSE (phương trình Navier-Stokes trung bình theo Reynolds) với dòng chảy đều do dòng chảy đến chong chóng ở điều kiện tự do là dòng chảy đều. Mô hình dòng chảy rối được sử dụng trong mô phỏng là mô hình dòng rối SST K-omega. Đây là mô hình dòng rối cho kết quả tin cậy hơn so với các mô hình dòng rối khác trong mô phỏng chong chóng [2].

2.3. Thiết lập kích thước miền tính toán và điều kiện biên

Kích thước miền chất lỏng tính toán và điều kiện biên là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Kích thước miền chất lỏng tính toán cần phải đủ lớn để đảm bảo dòng chảy đến chong chóng là dòng chảy đều và dòng chảy phía sau chong chóng không bị dội lại. Theo khuyến nghị của ITTC [10], kích thước miền tính toán trong mô phỏng chong chóng hoạt động trong điều kiện tự do có dạng hình lăng trụ với đường kính gấp 5 lần đường kính chong chóng, biên trước và biên sau cách chong chóng một đoạn bằng 4 lần đường kính chong chóng. Điều kiện biên được áp dụng như sau: Dòng chảy

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

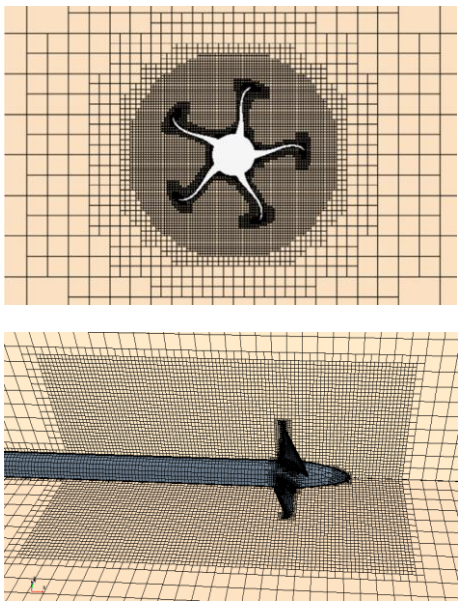
đến chong chóng là tốc độ dòng đến, dòng chảy sau chong chóng là áp suất dòng ra, miền chất lỏng bao quanh chong chóng là mặt đối xứng, điều kiện biên áp dụng cho các phần của chong chóng (cánh, củ, trục) là tường không trượt.



Hình 2. Kích thước miền tính toán và điều kiện biên [2]

2.4. Lựa chọn lưới và chia lưới

Loại lưới, cách chia lưới và kích thước lưới cũng là một trong những yếu tố đầu vào ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Trong mô phỏng chong chóng loại lưới thường được sử dụng là loại lưới hexahedral và loại lưới prism layer dùng để giải lớp biên bao quanh chong chóng. Để số lượng lưới sử dụng là ít nhất trong khi vẫn đảm bảo được độ chính xác trong mô phỏng, lưới sẽ được làm mịn tại các vị trí quan trọng như (khu vực gần chong chóng, khu vực mép cánh). Kết quả chia lưới được trình bày trên Hình 3. Trên Hình 3, ta có thể quan sát thấy tại các khu vực quan trọng thì lưới đều được làm mịn, nghĩa là kích thước lưới tại các khu vực này nhỏ hơn so với các khu vực không quan trọng.



Hình 3. Kết quả chia lưới

2.5. Thiết lập điều kiện và trường hợp tính

Việc tính toán các thông số thủy động của chong chóng sẽ được thực hiện trong điều kiện giống như điều kiện trong thử thực tế với khối lượng riêng của nước ρ=1,02587t/m^3, độ nhớt động học của nước ν=1,188.10^{-6}m^2/s, độ nhám của cánh 10µm, vòng quay của chong chóng 4,33 vòng/giây. Việc tính toán sẽ được thực hiện trong dải bước tương đối của chong chóng, J từ 0,80 đến 1,60 với bước là 0,2.

3. Kết quả mô phỏng tính toán

3.1. Nghiên cứu sự hội tụ của lưới

Bước đầu tiên trong tính toán bằng CFD là ta cần phải nghiên cứu sự hội tụ của lưới để tránh các sai số do việc chia lưới gây ra. Ở đây, theo khuyến nghị của Hiệp hội bể thử quốc tế (ITTC) [11], việc nghiên cứu sự hội tụ của lưới sẽ được tiến hành với ba mật độ (kích thước) lưới khác nhau với sự thay đổi tỷ lệ độ mịn của lưới là $r_G = \sqrt{2}$. Theo đó, 3 mật độ lưới được sử dụng trong nghiên cứu sự hội tụ của lưới gồm lưới thô, lưới cỡ trung và lưới mịn ứng với số lượng lưới lần lượt là 1,8, 3,45 và 6,28 triệu. Việc nghiên cứu được tiến hành tại bước tiến tương đối đối J=1,2.

Sự thay đổi về kết quả tính thu được khi sử dụng các lưới có kích thước khác nhau được xác định theo biểu thức:

$$\varepsilon_{12} = (S_1 - S_2)/S_1; \varepsilon_{23} = (S_2 - S_3)/S_2 \quad (1)$$

Ở đây: S_1, S_2, S_3 - là kết quả tính toán các thông số thủy động của chong chóng khi sử dụng các kích thước lưới khác nhau lần lượt là lưới mịn, lưới cỡ trung và lưới thô.

Sự hội tụ của kết quả mô phỏng được đánh giá dựa trên biểu thức (2). Tùy thuộc vào dấu và giá trị của R_k, sẽ có 3 trường hợp xảy ra gồm:

- Hội tụ đơn điệu $0<R_k<1$;
- Hội tụ phân kỳ $R_k<0$;
- Không hội tụ $R_k>1$.

$$R_k = \frac{\varepsilon_{12}}{\varepsilon_{23}} \quad (2)$$

Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới tại J=1,2 được trình bày trên Bảng 2.

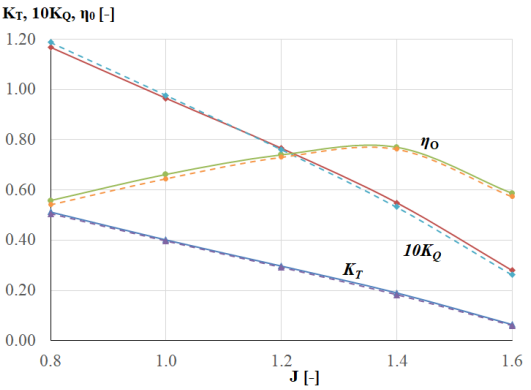
Từ kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới trên Bảng 2, ta thấy rằng kết quả mô phỏng thu được ở cả 3 thông số thủy động của chong chóng là hội tụ đơn điệu và sự thay đổi giá trị các thông số thủy động của chong

chóng ở đây là rất nhỏ và không khác nhiều so với kết quả thử mô hình (K_T, $10K_Q$, η_0 có giá trị lần lượt là 0,297, 0,766, 0,740 [8]). Chính vì vậy, ở đây sẽ sử dụng lưới cỡ trung để tiến hành tính toán các thông số thủy động của chong chóng ở các bước tiến tương đối khác nhau còn lại của chong chóng tính toán.

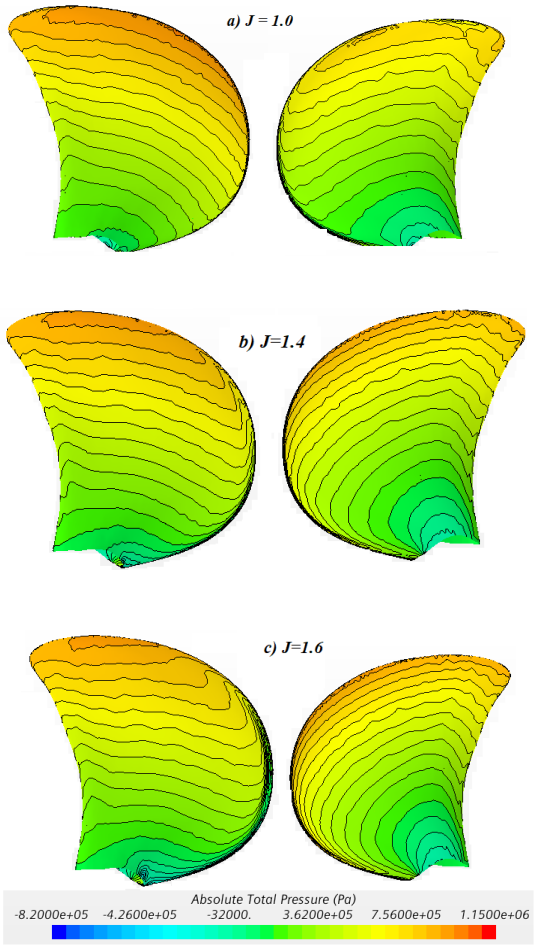
Bảng 2. Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới tại J=1,2

Các thông số	Mật độ lưới			ε_{23}	ε_{12}	R_k
	Lưới thô	Lưới cỡ trung	Lưới mịn			
K_T	0,283	0,287	0,290	0,014	0,010	0,74
$10K_Q$	0,766	0,759	0,758	-0.009	-0,001	0,14
η_0	0,706	0,722	0,731	0,023	0,012	0,50

3.2. Kết quả mô phỏng



Hình 4. So sánh giữa kết quả tính bằng CFD với kết quả thử mô hình



Hình 5. Phân bố áp suất trên mặt đạp và mặt hút của cánh chong chóng tại các J khác nhau

Kết quả tính toán các thông số thủy động của chong chóng làm ở điều kiện tự do khi so với kết quả thử mô hình được trình bày trên Bảng 3 và Hình 4.

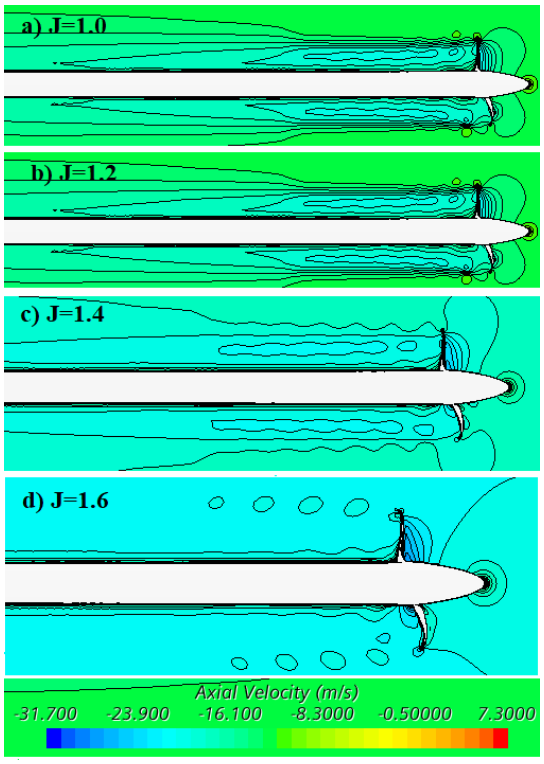
Từ Bảng 3 và Hình 4, ta thấy rằng, kết quả tính toán mô phỏng khá sát so với kết quả thử mô hình, đặc biệt là tại các bước tiến tương đối J nhỏ (sai số từ 1,2 đến 4,2% đối với KT, 0,7 đến 3,1% đối với KQ; từ 1,0 đến 2,9% đối với η_0 tại bước tiến tương đối J từ 0,8 đến 1,4). Sai số tương đối tăng lên khi bước tiến tương đối tăng đặc biệt là tại bước tiến J=1,6 (bên kia sườn của đường cong). Tuy nhiên, xét dưới góc độ sai số tuyệt đối thì mức sai số thu được là xấp xỉ như nhau ở các J khác nhau.

Bảng 3. Bảng kết quả tính toán các thông số thủy động của chong chóng tại các J khác nhau

J	K_T			$10K_Q$			η_0		
	Kết quả thử [8]	Tính toán bằng CFD	% sai số	Kết quả thử [8]	Tính toán bằng CFD	% sai số	Kết quả thử [8]	Tính toán bằng CFD	% sai số
0,8	0,512	0,505	1,4	1,168	1,187	-1,6	0,558	0,542	2,9
1,0	0,401	0,396	1,2	0,965	0,977	-1,2	0,662	0,645	2,6
1,2	0,297	0,287	2,0	0,766	0,759	0,7	0,740	0,722	1,3
1,4	0,190	0,182	4,2	0,549	0,532	3,1	0,770	0,762	1,0
1,6	0,064	0,059	7,8	0,279	0,262	6,1	0,586	0,573	2,1

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Các hình ảnh về phân bố áp suất và tốc độ dòng tại các bước tiến tương đối khác nhau J được trình bày trên Hình 5 và 6.



Hình 6. Phân bố tốc độ dòng chảy dọc theo phương dọc trục chong chóng tại các J khác nhau

5. Kết luận

Bài báo đã thành công trong việc áp dụng CFD vào trong nghiên cứu mô phỏng các thông số thủy động của chong chóng hoạt động trong điều kiện tự do. Kết quả tính toán mô phỏng thu được rất gần với kết quả thử mô hình (Sai số đối với hệ số lực đẩy dao động trong dải từ 1,2 đến 4,2%, đối với hệ số mô men sai số nằm trong dải từ 0,7 đến 3,1%. Sai số đối hiệu suất của chong chóng là từ 1,0 đến 2,9%). Ngoài ra, bài báo còn chỉ ra sự ảnh hưởng của kích thước lưới đến kết quả mô phỏng và thu được. Bên cạnh đó bài báo còn đưa ra một số hình ảnh về đường dòng bao quanh chong chóng, phân bố áp suất trên bề mặt cánh chong chóng tại các bước tiến tương đối khác nhau của chong chóng. Đây là các hình ảnh rất quan trọng trong việc phân tích đường dòng phục vụ cho các bài toán khác trong thiết kế chong chóng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.20**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Molland, A.F., S.R. Turnock, and D.A. Hudson, *Ship resistance and propulsion*. Cambridge university press. 2017.

[2] Tu, T.N., *Numerical simulation of propeller open water characteristics using RANSE method.* Alexandria Engineering Journal. Vol.58 (2), pp.531-537, 2019.

[3]. Baltazar, J., D. Rijpkema, and J.F. de Campos, *On the use of the γ− R˜ eθt transition model for the prediction of the propeller performance at model-scale.* Fifth International Symposium on Marine Propulsors. Vol.170, pp.06-19, 2018.

[4] Sánchez-Caja, A., et al., *Scale effects on tip loaded propeller performance using a RANSE solver.* Ocean Engineering Vol.88, pp.607-617, 2014.

[5] Nakisa, M., M.J. Abbasi, and A.M. Amini. *Assessment of marine propeller hydrodnamic performance in open water via CFD*. in *Proceedings of The 7th International Conference on Marine Technology (MARTEC 2010)*. 2010.

[6] Felicjancik, J., et al., *Numerical simulations of hydrodynamic open-water characteristics of a ship propeller*. Polish Maritime Research. Vol.23 (4), pp.16-22, 2016.

[7] Dong, X.-Q., et al., *RANSE-based simulation and analysis of scale effects on open-water performance of the PPTC-II benchmark propeller*. Vol.3 (3), pp.186-204, 2018.

[8] https://www.sva-potsdam.de/en/ittc-benchmark/.

[9] Tu, T.N. and N.M. Chien, *Comparison Of Different Approaches For Calculation Of Propeller Open Water Characteristic Using RANSE Method.* Naval Engineers Journal. Vol.30 (1), pp.105-111, 2018.

[10] ITTC - Recommended Procedures and Guidelines. *Practical Guidelines for Ship Self-Propulsion CFD.* 2014.

[11] Tahara, Y., et al., *RANS simulation of a container ship using a single-phase level-set method with overset grids and the prognosis for extension to a self-propulsion simulator*. Journal of marine science and technology. Vol.11 (4), pp.209-228, 2006.

Ngày nhận bài: 18/02/2021
Ngày nhận bản sửa: 01/3/2021
Ngày duyệt đăng: 08/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

DỰ BÁO LỰC CẢN GIÓ CHO TÀU CONTAINER CHẠY TRONG BÃO BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG

PREDICTING WIND RESISTANCE OF CONTAINER VESSELS BY DIFFERENT APPROXIMATED METHODS

PHẠM VĂN NGỌC, ĐỖ ĐỨC LƯU*

Viện Nghiên cứu Khoa học & Công nghệ Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: luudd@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Tàu container Fortuner Navigator (CV FN) thuộc công ty Vận tải biển Việt Nam (VOSCO), là tàu chở containers, chạy tuyến Hải Phòng - TP Hồ Chí Minh. Tàu hoạt động trên biển trong năm thường có sóng và gió (Beaufort number, BN) từ cấp IV đến cấp VIII. Trong điều kiện này xuất hiện hai thành phần lực cản bổ sung do sóng biển (R_{AW}) và gió bão (R_{AAW}) làm cho lực cản chung của tàu tăng lên rất nhiều (tùy thuộc vào cấp sóng gió). Thành phần R_{AAW} khác biệt nhiều so với thành phần lực cản do gió sinh ra (R_{AA}) tính toán ở chế độ khai thác bình thường (sóng gió dưới cấp III) khi thiết kế đóng mới tàu. Bài báo trình bày kết quả dự báo R_{AAW} khi dùng một số phương pháp gần đúng đối với CV FN trong khai thác trên biển, năm 2015. Các tác giả xây dựng mô hình hồi quy với độ tin cậy cao (99% theo tiêu chuẩn thống kê Schi và Fisher) cho dữ liệu đầu vào của một số phương pháp gần đúng được sử dụng. Mô đun phần mềm tính, dự báo thành phần R_{AAW} khi tàu FN chạy trên sóng bão (từ cấp IV đến cấp VIII) được các tác giả xây dựng trên LabView.

Từ khóa: *Lực cản gió biển lên tàu; Phần mềm Dự báo lực cản gió khi tàu chạy trên sóng; CV Fortuner Navigator (VOSCO).*

Abstract

The container vessel Fortuner Navigator (CV FN) belongs to the Vietnam Ocean-going Ship Company (VOSCO). The fleet is container type and operated voyaces between Hai Phong and Ho Chi Minh cities (Vietnam). Normally, the sea conditions usually are un-normal for the ship exploitation and the sea-wave and wind are scalled from IV to VIII via Beaufort Number (BN). In these un-normal conditions, the two hull resistances components (R_{AW} and R_{AAW}) are additional and appeared in accordance with the ship hull working on the heavy sea-wave and wind conditions. The total hull resistance in accordance with the BN of the sea-wave is rapid increased comparing with the one for the newly building sea-going ship (the designed, calculated in the normal conditions). The paper presents the predicted results of the sea-wave wind resistance R_{AAW} by some aproximation methods for MV FN exploitation at sea, in 2015. The authords modeled by the regressive models with 99%-confidences (in accordance with the statistic criterions Fisher and Schi) for predicting the R_{AAW}.The module software coded by authords in Labview for automatic predicting the R_{AAW} in accordance with the different selection methods, rellativelly.

Keywords: *Sea-wave wind resistance; Sea-wave wind resistance prediction; CV Fortuner Navigator (VOSCO).*

1. Đặt vấn đề

Thực tế khai thác tàu biển được diễn ra trong hai nhóm trạng thái môi trường: điều kiện khai thác bình thường và đặc biệt. Điều kiện bình thường được dùng khi tính toán lực cản vỏ tàu và chân vịt trong hệ động lực chính tàu biển (main propulsion plant, MPP). Điều kiện khai thác bình thường được định nghĩa: sóng biển yên lặng với BN từ III trở xuống; chiều chìm thiết kế; độ sâu biển không hạn chế, và không chạy trong luồng lạch. Ở điều kiện khai thác bình thường lực cản sóng (R_W, kN) được xem như là thành phần cơ bản của lực cản tàu chạy trên nước tĩnh, còn lực cản không khí (R_{AA}, kN) rất nhỏ so với lực cản tổng thân tàu trên nước tĩnh (R_T, kN). Tỉ lệ $\mathbf{r_{AA}}\% = R_{AA}/R_T$ đối với tàu vận tải biển thường không quá 4%. Ví dụ: $\mathbf{r_{AA}}\% = 2 \div 4$ theo Havald S [1] và theo Voikunski I [5]; $\mathbf{r_{AA}}\% = 4$ cho container theo Molland A, Turnock S và Hudson D [3]; Rawson K và Tupper E [4]; $\mathbf{r_{AA}}\% = 0{,}5 \div 1{,}5$ theo Jinkin A [6]. Thành phần này thường bỏ qua và sau khí tính lực cản tổng sẽ được cộng thêm một lượng % nhất định.

Trong sóng gió (điều kiện khai thác đặc biệt), vận tốc gió tăng lên rất nhiều theo cấp sóng gió (BN), từ đó thành phần lực cản bổ sung từ gió RAAW là đáng kể, thậm chí có thể lớn hơn lực cản bổ sung do sóng theo Molland A, Turnock S và Hudson D [3].

Do vậy cần phải nghiên cứu lựa chọn phương pháp (PP) đã và đang được sử dụng tính dự báo thành

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

phần $\mathbf{R_{AAW}}$ và từ đó xây dựng phần mềm cho tự động tính lực cản này.

Hiện nay để xác định $\mathbf{R_{AAW}}$ thường sử dụng các PP truyền thống được đưa ra từ các nhà nghiên cứu, các Viện nghiên cứu thử nghiệm, bể thử tàu,… Các kết quả thu được đều mang tính dự báo, ước lượng. Các PP sử dụng cần được nghiên cứu, so sánh kết quả mô phỏng số trước khi dùng chúng cho tự động dự báo $\mathbf{R_{AAW}}$ khi thay đổi BN đối với một tàu nghiên cứu. Đối tượng được chọn là CV FN thuộc VOSCO, chạy chuyên tuyến Hải Phòng - TP. Hồ Chí Minh, vì đây là đối tượng đặc thù tại vùng biển khai thác ở Việt Nam mà các tác giả có khả năng tiếp cận với cơ sở dữ liệu thiết kế cũng như trong khai thác.

2. Phương pháp nghiên cứu

Lực cản toàn phần khi tàu chạy trong sóng bão:

$$R = R_T + R_{AW} + R_{AAW} \quad (1)$$

Trong đó, ký tự T, AW, AAW - tương ứng với lực cản tàu tại trạng thái nước tĩnh (bình thường), lực cản bổ sung do sóng và lực cản tăng thêm do tàu chạy trên sóng và có gió (đồng hành cùng với bão).

Trong bài báo này, các tác giả chỉ đề cập đến thành phần lực cản bổ sung do gió ($\mathbf{R_{AAW}}$), còn thành phần lực cản bổ sung do sóng $\mathbf{R_{AW}}$ đã được đề cập trong bài báo khác [9] cũng như các tài liệu chuyên ngành liên quan [3], [5], [6].

$\mathbf{R_{AAW}}$ sinh ra do gió có vận tốc tương đối $\mathbf{V_{RW}}$ (relative wind, m/s) sau khi tương tác với vận tốc tàu V, m/s (Hình 1) tác động lên bề mặt kiến trúc thượng tầng (phía trên đường nước) của tàu với diện tích mặt tiếp xúc vuông góc (theo hướng chuyển động tàu x-x) $\mathbf{S_A}$, m^2.

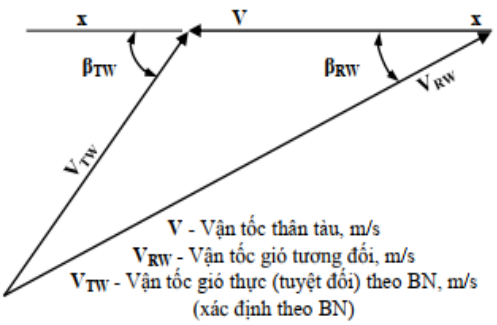
Trong thực tế khai thác, tàu chạy theo một hướng nhất định so với hướng la bàn (các phương Bắc - Nam - Đông -Tây, với ký hiệu: N - S - W - E. Ví dụ: Gió **SE5**, và tàu chạy theo hướng góc $\alpha_V = 205^o$. Như vậy: SE-5 (Tây -Nam, cấp 5) tương đương $\alpha_{TW} = 225^o$. Góc lệch giữa gió và vận tốc tàu: $\beta_{TW} = \alpha_{TW} - \alpha_V = 225 - 205 = 20^o$.

Vận tốc gió tuyệt đối được đưa dưới dạng bảng [5] tuy nhiên vận tốc này cũng được đưa dưới dạng hàm theo biến là cấp gió BN [2]:

$$V_{TW}(BN) = 0,839(BN)^{1.5} \quad (2)$$

Khi $\beta_{TW} = 0$ hoặc $\beta_{TW} = 180^o$, thành phần lực cản gió là do vận tốc gió tương đối V_{RW} tạo nên. Khi β_{TW} có giá trị bất kỳ sẽ tạo ra thành phần lực cản gió thay đổi trực tiếp đến vận tốc tàu, $\mathbf{R_{AAW}}$, hình chiếu của lực cản sóng (chung) trên trục x-x.

Vận tốc gió tuyệt đối được đo tại độ cao $\mathbf{H_w}$ =10m so với mực nước biển. Tuy nhiên, tại độ cao khác 10m, có thể dùng công thức giải tích để tính [2] .



Hình 1. Quan hệ giữa vận tốc gió và vận tốc tàu

Vận tốc gió tương đối được xác định:

$$V_{RW} = \sqrt{\left(\vec{V}_{TW} - \vec{V}\right)^2} = \left[V_{TW}^2 + V^2 + 2VV_{TW}\cos(\beta_{TW})\right]^{0.5} \quad (3)$$

$$\beta_{RW} = \text{asin}\left[\frac{V_{TW}}{V_{RW}}\sin(\beta_{TW})\right] \quad (4)$$

$$R_{AAW} = C_{AA}\cos^2\beta_{RW}\frac{\rho_A V_{RW}^2}{2}A_T \quad (5)$$

Trong đó, khối lượng riêng không khí ρ_A = 1,226kg/m^3; $\mathbf{C_{AA}}$= $\mathbf{C_X}$ - hệ số cản gió theo trục x-x của tàu; $\mathbf{A_T}$ - diện tích hình chiếu phần khô thân tàu lên mặt phẳng sườn giữa, m^2.

2.1. Giả thuyết hệ số C_{AA} không đổi [5], [6]

Đối với tàu vận tải biển hiện đại $\mathbf{C_{AA}}$ =0,7, và giá trị A_T có thể theo Archuiskov L (Jinkin A (2010, [6] Tr. 109):

$$\mathbf{A_T} = 2,5\,\mathbf{L}$$

Trong đó: L - chiều dài tàu, m.

Công thức gần đúng đầu tiên được thể hiện từ (5) :

$$R_{AAW} \approx 0,7.\cos^2\beta_{RW}\frac{1,266.10^{-3}.V_{RW}^2}{2}.2,5L = 1,073.10^{-3}.L.\cos^2\beta_{RW}.V_{RW}^2,\ kN \quad (6.a)$$

Phương pháp cải tiến được viết dưới dạng truyền thống của lực cản theo Havald S (1983, [1] Tr.73) và Larson L (2010, [2] Tr.98), công thức (5) được biến đổi về dạng:

$$R_{AAW} = C^{*}_{AAW}\frac{\rho_W V^2_{RW}\cos^2\beta_{RW}}{2}S$$
$$= 0,9195.10^{-3}.L.\cos^2\beta_{RW}.V^2_{RW}, kN$$
$$C^{*}_{AAW} = C_X\frac{0,5.\rho_A V^2 A_T}{0,5.\rho_W V^2 S} \quad (6.b)$$
$$\approx \frac{0,6.1,226.2,5}{1025}.\frac{L}{S} = 1,794143.\frac{L}{S}$$

2.2. Công thức gần đúng lực cản gió từ mô hình hồi quy tính theo góc gió tương đối tác động [4]

Công thức tính lực cản không khí do các nhà khoa học Nhật Bản đưa ra trong tài liệu của Rawson K và Tupper E (2001, [4] Tr.446 -447):

$$R_{AAW} = C_{AR}\frac{\rho_A V^2_{RW}}{2}x \quad (7)$$
$$x(A\cos^2\beta_{RW} + C\sin^2\beta_{RW})$$

Ở đó, hệ số C_{AR} được xác định từ mô hình hồi quy đối với tàu chở hàng/container:

$$C_{AR} = 1,325 - 0,05\cos2\beta_{RW} - 0,35\cos4\beta_{RW} \quad (8)$$
$$- 0,175\cos6\beta_{RW}$$

Hệ số diện tích A và C, m^2 được xác định:

$$A = B^2(X_A - 0,00475\,\delta T);$$
$$C = L^2(X_C - 0,0006\,\delta T);\ \delta T = (T / T_{FL})100\% \quad (9)$$

Trong đó: T và T_{FL} - chiều chìm thực tế khai thác và khi tải hàng cực đại, m; B - chiều rộng tàu, m.

Đối với container, X_A = 1,225; X_C =0,110

2.3. Công thức gần đúng hệ số cản gió từ mô hình hồi quy đa biến [4], [5]

Phương trình hồi quy đa biến (MVRM) xác định hệ số **C**x (công thức 6.b), được thực hiên qua giải tích hồi quy trên dữ liệu gồm 49 tập mẫu theo tài liệu của Rawson K và Tupper E [4], và Voikunski I [5]:

$$C_X = a_0 + \sum_{k=1}^{6} a_k X_k \quad (10)$$

Ở đó, các hệ số a_0, a_1 … a_6 đưa đưa ra dưới dạng bảng, phụ thuộc vào góc β_{RW}; các biến X_k, k=1…6 cũng được đưa ra dưới dạng bảng gồm 11 hàng và 6 cột. Các hàng của bảng: là dữ liệu cho 11 loại tàu được nghiên cứu: Tàu khách/tàu hơi nước; tàu chở hàng có buồng máy nằm ở giữa/đuôi tàu và khi tàu toàn tải hàng/hoặc khi chạy ballast; tàu dầu/chở quặng có buồng máy nằm ở giữa/đuôi tàu và khi tàu toàn tải hàng/hoặc khi chạy ballast; tàu cá; tàu kéo. Phạm vi áp dụng của mô hình hồi quy (10) theo góc gió β_{RW} = [0-180] độ, bước thang 10 độ, và 11 loại tàu được nghiên cứu; chiều chìm tại hai mức ballast và toàn tải hàng. Tại các chế độ khác, sử dụng phép toán nội suy gần đúng, hoặc qua việc mô hình hóa hồi quy.

2.4. Mô phỏng dự báo lực cản gió bổ sung cho tàu container FN

Mô đun phần mềm dự báo lực cản bổ sung từ gió do các tác giả xây dựng trên LabView, áp dụng cho tàu container FN, sử dụng các công thức đã nêu tại mục 2,1 ÷ 2,4 phía trên.

Phần mềm nền LabView được trang bị có bản quyền do hãng NI (National Instruments, Hoa Kỳ) xây dựng trên cơ sở sản phẩn của đề tài cấp Quốc gia do Trường Đại học Hàng hải Việt Nam chủ trì, GS Lương Công Nhớ làm chủ nhiệm. Do vậy, các sản phẩm được xây dựng có thể mở rộng chuyển giao công nghệ mà không vi phạm vào bản quyền.

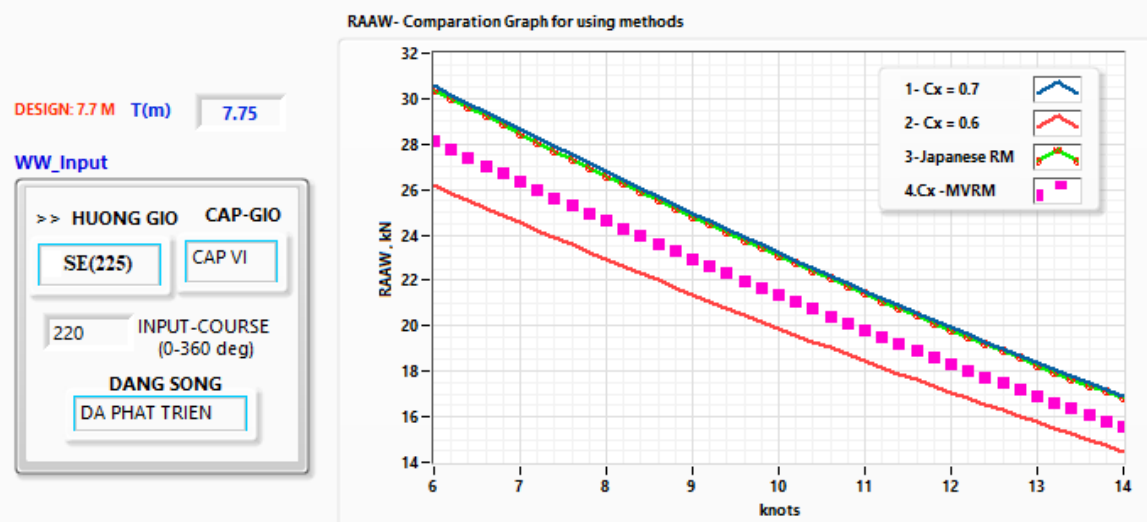
Tàu FN là một trong 2 tàu chuyên dụng, chở container chuyên tuyến của VOSCO. Các số liệu về kích thước hình dáng thân tàu là các hình vẽ 2-D được lưu trữ tại phòng Kỹ thuật của công ty [7]. Số liệu khai thác liên quan được máy trưởng báo cáo định kỳ hàng ngày trên Email (Noon Reports) [8]. Các tác giả tiếp cận với dữ liệu khai thác tàu từ năm 2014 đến 2020. Trong bài báo này, các kết quả nghiên cứu tính toán mô phỏng có dữ liệu đầu vào từ khai thác thực tế, ví dụ trong chuyến hành trình từ cảng A đến B, thời gian, hướng và cấp gió, góc chuyển động của tàu (so với la bàn trên tàu), vận tốc tàu, chiều chìm tàu. Các dữ liệu khác liên quan được lựa chọn trên cơ sở hồ sơ thiết kế tàu, số liệu từ sổ tay tra cứu lý thuyết tàu

Mục đích: trên cơ sở lý thuyết đã xây dựng, triển khai xây dựng phần mềm lập trình tương ứng, đưa ra kết quả tính dự báo, đánh giá lực cản gió bổ sung để so sánh, kiểm chứng tính tương đồng của các kết quả theo các phương pháp khác nhau.

Kết quả nghiên cứu lực cản gió $\mathbf{R_{AAW}}$ được nghiên cứu cho dải vận tốc tàu V giả định từ [6-14] knots tương ứng với chiều chìm (tải hàng) không đổi ở mức cụ thể bất kỳ theo số liệu khai thác thực tế của tàu. Đầu ra là các giá trị lực cản gió tại cấp gió (BN) tùy chọn, phụ thuộc vào phương pháp sử dụng (một trong 4 phương pháp, tương ứng với các phương trình (6.a), (6.b), (7) và (10).

Kết quả được vẽ trên Hình 2 cho một chế độ mô phỏng: T=7,75m, gió hướng Tây Nam 225 độ, cấp VI, với góc hành trình tàu 220º, nghĩa là hướng gió và hướng tàu gần như đồng hành với nhau.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY



Hình 2. Mô phỏng lực cản gió tàu container FN tại T=7,75 m, gió Tây-Nam, cấp VI, hướng tàu 220º

Bảng 1. Đánh giá lực cản gió biển trong tháng 2, năm 2015 tàu Container FN (VOSCO)

Thời gian	BN	Course	SPD	n_E	T	R_{AAW}, KN				So sánh			
DD-M-YY		Deg.	knots	RPM	m	PP1	PP2	PP4	PP3	δ(14)	δ(24)	δ(13)	δ(34)
31-Jan-15	NE6	167,0	11,8	173,36	8,10	51,8	44,4	48,3	109,4	7,2%	8,1%	52,7%	126,5%
01-Feb-15	NE6	161,0	10,5	173,32	8,10	56,4	48,3	52,5	107,1	7,4%	8,0%	47,3%	104,0%
02-Feb-15	NE7	233,0	12,8	173,37	8,05	1,4	1,2	1,3	9,5	7,7%	7,7%	85,3%	630,8%
04-Feb-15	NE7	53,0	10,2	173,61	8,00	1,5	1,3	1,4	10,5	7,1%	7,1%	85,7%	650,0%
05-Feb-15	NE7	352,0	8,1	173,71	7,99	33,6	28,8	31,2	74,5	7,7%	7,7%	54,9%	138,8%
06-Feb-15	NE7	341,0	9,4	180,39	7,98	32,1	27,5	29,8	71,2	7,7%	7,7%	54,9%	138,9%
18-Feb-15	NE4	243,0	12,6	173,68	5,55	1,3	1,1	1,1	3,9	18,2%	0,0%	66,7%	254,5%
19-Feb-15	NE4	276,0	11,8	166,85	5,54	3,9	3,3	3,3	10,6	18,2%	0,0%	63,2%	221,2%
22-Feb-15	SE5	161,0	10,3	173,36	8,18	3,7	3,2	3,5	7,6	5,7%	8,6%	51,3%	117,1%
23-Feb-15	SE5	233,0	12,0	173,44	8,17	7,6	6,5	7,1	9,1	7,0%	8,5%	16,5%	28,2%
27-Feb-15	NE5	53,0	10,5	173,44	6,95	0,4	0,4	0,4	3,9	0,0%	0,0%	89,7%	875,0%
28-Feb-15	NE5	341,0	12,9	173,3	6,94	7,3	6,2	6,5	14,9	12,3%	4,6%	51,0%	129,2%

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Sử dụng mô đun phần mềm (Virtual Instrument, VI) hàm hóa các thông số thủy lực theo chiều chìm T, m. Các kết quả này cũng được sử dụng trong tính dự báo lực cản sóng bổ sung, đã được trình bày trong [9]. Ngoài ra, mô đun phần mềm được xây dựng mới, triển khai áp dụng PP4 cho tự động tính các hệ số A (k=0, 1…6), từ đó tính hệ số cản không khí Cx theo mô hình hồi quy đa biến (công thức 10) trên cơ sở: hàm hóa dữ liệu từ bảng theo góc gió (từ 0-180 độ) bằng mô hình đa thức bậc hai, theo phương pháp bình phương nhỏ nhất các sai số. Các mô hình hồi quy đều đạt độ tin cậy cao 99% theo tiêu chuẩn thống kê (Fisher và Schi) giữa số liệu đầu vào và giá trị mô hình thu được. Xây dựng VI dự báo lực cản gió bổ sung khi CV FN chạy trên bão **RAAW** (T, BN, V) đồng thời hiển thị các giá trị tính được theo các phương pháp gần đúng được nghiên cứu, 3 biến điều khiển: chiều chìm trung bình T, m; sóng gió BN và vận tốc tàu V, knots.

Trên Hình 2 chỉ ra kết quả tính toán lực từ các PP gần đúng nêu trên. Kết quả tính từ phương pháp thứ nhất (Cx =0,7) đưa ra có giá trị lớn nhất, gần với kết quả dùng PP thứ 3 (PP Nhật Bản). Đường đặc tính của PP4 (MVRM) nằm giữa các đặc tính của các phương pháp còn lại. Tuy nhiên, sau khi khảo sát các tình huống khai thác khác nhau, kết quả chỉ ra rằng: các kết quả - đặc tính cản gió bổ sung tính từ PP3 và PP4 đều thay đổi và giữa bốn đặc tính trên không khẳng định được đặc tính nào tương đồng nhất với đặc tính nào.

Trong Bảng 1 tập hợp kết quả tính R_{AAW} cho CV FN với số liệu khai thác thực tế tàu trong tháng hai năm 2015. Phân tích kết quả lực cản gió trong các trường hợp tàu chạy bão (BN cấp 4-7) tại Bảng 1 cho thấy ở các mớn nước, vận tốc tàu, hướng gió và hướng điều động tàu, kết quả sai khác tính từ các PP1, 2 và 4 nhỏ hơn 19%; giữa PP 1 và 3 thường nhỏ hơn 100%, và giữa PP3 và 4 thường lớn hơn 100%, thậm chí trên 800%.

Chúng ta thấy được tính tương đồng về quy luật biến đổi trong các kết quả tính R_{AAW} cho cả bốn phương pháp: phụ thuộc vào β_{TW} và vận tốc gió tương đối V_{RW} (tương quan vận tốc tàu V, vận tốc gió tuyệt đối và góc gió tuyệt đối β_{TW}) theo công thức (3).

4. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng phương pháp giải tích dữ liệu hồi quy để hàm hóa các đặc tính thủy lực và các dữ liệu dạng bảng (đồ thị) bằng các mô hình toán, có kiểm tra độ tin cậy của các mô hình là một phương pháp hữu ích, khả thi cho tự động lập trình tính (mô phỏng) thành phần lực cản gió bổ sung. Phần mềm mô phỏng (VI) được xây dựng trên LabView có khả năng tích hợp trong phần mềm chung tự động tính (dự báo) lực cản vỏ tàu, chân vịt trong khai thác khác nhau.

Kết quả mô phỏng số theo 4 phương pháp khác nhau, trong đó PP4 là phương pháp tích hợp lý thuyết và thực nghiệm có tính kiểm chứng cho 11 dạng tàu, đã đưa ra bức tranh tương đồng giữa các PP đối với CV FN: Trong các trường hợp được nghiên cứu, PP4 khá phù hợp với PP1 và PP2, có nghĩa là hệ số lực cản không khí có thể chọn trong phạm vi [0,6-0,7]. Trong trường hợp chung, PP4 sẽ là phương pháp chọn lựa tốt theo sự thay đổi của gió và vận tốc tàu tác động tới lực cản gió bổ sung.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, đề tài mã số **DT20-21.108**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Harvald S V. Resiatance and Propulsion of ships. John Wiley & Son Publ. Chapter 4. Ship Resistance. pp.43-90. 1983.

[2] Larson L, Raven H. *Ship resistance and Flow. Society of Naval Architects & Marine Engineers*. Chapter 7. Other Resistance Components. pp.78-98, 2010.

[3] Molland A. F., Turnock S. R, and Hudson D. A. *Ship resistance and propulsion - Practical estimation of ship propulsive power*. Second Edition. Cambridge University Press. 623 pages. 2017.

[4] Rawson K J, Tupper E C. *Basic Ship Theory. Fifth edition. Butterworth.* Vol.2. Chapter 11. Powering of ships: application. pp.427-468, 2001.

[5] Под ред. Я.И. Войткунского. *Справочник по теории корабля: В трех томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители. Л. Судостроение* -768с. 1985.

[6] Жинкин В.Б. *(2010). Теория и устройство корабля: учебник 4-ое изд. Исправленное и дополненное*-СПб: Судостроение - 408с.

[7] Công ty VTB VOSCO. *Hồ sơ tàu Container FN*.

[8] Công ty VTB VOSCO. *Báo cáo định kỳ hàng ngày (Noon Reports) Container FN*, giai đoạn 2014-2020.

[9] Đ Đ Lưu, Ph V Ngọc. *Dự báo lực cản bổ sung khi Container Fortune Navigation chạy trên sóng biển bằng các phương pháp gần đúng*. (Đã chấp nhận đăng) Tạp chí Giao thông vận tải, số T4/2021, 2021.

Ngày nhận bài:	01/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	11/3/2021
Ngày duyệt đăng:	15/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

ỨNG DỤNG PLC ĐỂ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN BÁM TÍN HIỆU MÔ PHỎNG HÀNG HẢI CỦA TỔ HỢP DRIVE/ĐỘNG CƠ SERVO

USING PLC FOR DESIGN THE CONTROLLER TRACKING MARINE SIMULATOR SIGNAL OF THE DRIVE/SERVO SYSTEM

TRƯƠNG CÔNG MỸ[1]*, ĐINH ANH TUẤN[2], NGUYỄN KIM PHƯƠNG[3]

[1]Phòng Công tác sinh viên, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[2]Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
[3]Viện Đào tạo Sau đại học, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ:congmy@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Hiện nay, hệ thống mô phỏng hàng hải được sử dụng rộng rãi nhằm hiểu được sự tương tác giữa thuyền viên và con tàu, của hành vi người điều khiển tàu và trong đào tạo thuyền viên. Trong nghiên cứu này, sàn chuyển động của ca bin lái đề xuất là kiểu trục song song, được truyền động bởi ba động cơ servo. Từ đó, bài báo trình bày một bộ điều khiển dựa trên PLC và Drive nhằm tạo ra sự kết hợp động học phi tuyến của mô hình động học 3 bậc tự do Stewart trong thuật toán điều khiển Feedforward, bù mô men tải và dự báo số để tăng độ trung thực và khả năng bám của tín hiệu mô phỏng hàng hải. Các mô phỏng đã được thực hiện đầy đủ, chỉ số chất lượng bám cũng được xác định để so sánh một cách khách quan kết quả của các thuật toán khác nhau được đề xuất. Dữ liệu thu được cho thấy chất lượng bám tham chiếu tốt hơn với sai số góc quay lắc ngang và dọc thấp hơn. Cuối cùng, tác dụng bộ điều khiển bám dựa trên PLC cũng làm cho các chuyển động của bộ truyền động servo mượt mà hơn.

Từ khóa: *Hệ thống điều khiển nối tầng, điều khiển vị trí, mô phỏng hàng hải.*

Abstract

Nowadays, marine simulator systems are widely used for understanding sailor–ship interaction, sailor behavior and in crew training. In this research, the motion platform deck of cabine proposed the parallel manipulator is moved by three servo drives. This paper presents a controller-based PLC and Drive which incorporates the nonlinear kinematics of the 3DOF Stewart motion platform within the Feedforward control, load torque compensation and digital predict algorithm in order to increase the cueing fidelity and tracking capabilities of marine simulator signal. Full simulations were carried out, tracking performance indicators were defined to objectively compare the result of the proposed different algorithm. It is concluded that a better reference tracking with lower roll, pitch angle error. Lastly, the effect of the tracking controller-based PLC was also observed in the form of smoother servo-actuator movements.

Keywords: *Cascade control system, position control, marine simulation.*

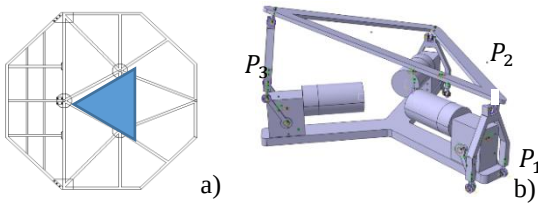
1. Đặt vấn đề

Từ kết quả có được từ công trình [1], mục tiêu tiếp theo là tạo ra hệ thống mô phỏng tàu thủy có chuyển động giống như buồng lái của một con tàu. Trong [1], kích thước của buồng lái được thiết kế là 4x4m và chiều cao là 1,75m. Khối lượng đủ tải của buồng lái khoảng ≈1500kg. Buồng lái được gắn trên một sàn chuyển động trong ba bậc tự do. Sàn chuyển động được thiết kế trên nguyên tắc của Stewart platform. Thực tế, để sàn mô phỏng bám theo 3 chuyển động (lắc ngang $\boldsymbol{\phi}$, lắc dọc $\boldsymbol{\theta}$, thẳng đứng $\boldsymbol{z}$) của tàu được cấp từ máy tính chủ 3D với độ chính cao là rất khó đạt được [2, 4, 7]. Cấu trúc điều khiển vị trí của servo drive dạng ba mạch vòng nối tầng là loại rất phổ biến hiện nay trong các hệ mô phỏng [3]. Mạch vòng trong cùng là điều khiển dòng (mô men) với tần số cắt lớn đặc trưng cho quá trình điện từ và điện tử với thời gian đáp ứng rất nhanh khoảng 2,5-20ms. Mạch vòng ở giữa là vòng tốc độ đặc trưng cho quá trình điện cơ với thời gian đáp ứng 20-100ms. Ngoài cùng là mạch vòng vị trí đặc trưng cho quá trình chuyển động có thời gian đáp ứng từ 200ms đến hàng giây, nó tùy thuộc vào quán tính của hệ. Để giảm thời gian đáp ứng của vòng điều khiển vị trí đã có nhiều công trình nghiên cứu xoay quanh kiểu cấu trúc tương tự này như các công trình [2, 3, 4, 5, 7, 8]. Các công trình này đều cho phép tính toán gần đúng góc quay động cơ servo $\boldsymbol{\alpha_i}$ trên một máy tính khác rồi thực hiện điều khiển tổ hợp Drive/Servo motor qua hệ thống mạng CAN. Tuy

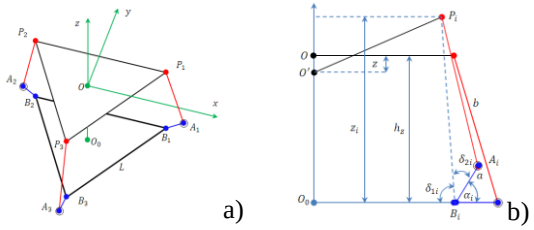
nhiên, tốc độ mạng CAN là khoảng 125kbit/s, mỗi khung truyền chỉ có 8 byte, quá trình truyền được thực hiện quét lần lượt theo thứ tự qua 3 servo, điều này lại làm tăng thêm thời gian trễ [2, 4, 7], thời gian trễ lũy tiến theo khảo sát khoảng 0,75÷2,8s dẫn đến làm giảm tính trung thực trong mô phỏng chuyển động tàu thủy. Vì vậy, nhóm tác giả sẽ tập trung vào việc phân tích các nguyên nhân dẫn đến làm tăng độ trễ và đề xuất một số giải pháp ứng dụng bộ điều khiển khả trình PLC kết hợp với một số thuật toán điều khiển và phương án dự báo để khắc phục hiện tượng đó.

2. Mô hình mô phỏng chuyển động tàu thủy ba bậc tự do

Mô hình chuyển động ứng dụng cho hệ thống mô phỏng ca bin buồng lái tàu thủy được [1] đề xuất có dạng 3 bậc tự do trên cơ sở cấu trúc của Stewart platform như Hình 1. Trong bài báo này tác giả nghiên cứu cấu trúc có điều chỉnh trong đó 3 trục song song thay bằng 3 tay đòn được nối khớp với 3 tay quay truyền động bởi 3 động cơ servo. Như vậy, tín hiệu điều khiển trực tiếp chuyển động của sàn cabine là giá trị góc của 3 tay quay: $\underline{\alpha} = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3]^T$



Hình 1. Mô hình mô phỏng chuyển động 3 bậc tự do a) Mặt sàn để gắn cabine buồng lái, b) Giá đỡ khung tam giác gồm 3 động cơ servo truyền động



Hình 2. a) Sơ đồ hình học của mô hình 3DOF, b) Tay quay và tay đòn của 1 trục

Cấu trúc hình học thể hiện ở Hình 2, trong đó P_1, P_2, P_3 là ba điểm trên sàn di động được nối khớp với cánh tay đòn; B_1, B_2, B_3 là 3 tâm trục quay của hệ servo/hộp số trên sàn cố định và A_1, A_2, A_3 là 3 khớp nối giữa tay đòn b và tay quay a. Hai tam giác đều $P_1\,P_2\,P_3$ và $B_1\,B_2\,B_3$ có kích thước bằng nhau và độ dài mỗi cạnh là $L = 1255mm$. Ở vị trí ban đầu sàn di động $(P_1\,P_2\,P_3)$ cách mặt sàn cố định $(B_1\,B_2\,B_3)$ là: $h_z = 458mm$. Cabine buồng lái Hình 1a đặt cách mặt sàn di động $(P_1\,P_2\,P_3)$ Hình 1b là $h_0 \approx 0$. Ngoài ra, có $A_iP_i = b = 500mm; B_iA_i = a = 200mm; O_0O = h_z$.

Trục tọa độ gắn cố định trên mặt sàn di động $(P_1\,P_2\,P_3)$ có các trục x, y, z như trên Hình 2. Với mặt phẳng này tạo ra 3 chuyển động bao gồm: chuyển động quay quanh trục y là ϕ (lắc ngang); chuyển động quay quanh trục x là θ (lắc dọc) và chuyển động trượt dọc trục thẳng đứng là z. Như vậy, ta có 3 trạng thái của sàn là: $\underline{\eta} = [\phi \quad \theta \quad z]^T$. Để đồng bộ trạng thái của mặt sàn di động theo buồng lái của tàu mô phỏng ta phải chuyển đổi 3 trục tọa độ về hệ trục tọa độ gắn trên sàn cố định $(B_1\,B_2\,B_3)$ bằng các ma trận chuyển đổi trục. Theo [1, 8] mô hình động học ngược rất quan trọng cho bài toán xác định góc quay của mỗi trục động cơ $\alpha_i\ (i = 1,2,3)$ từ dữ liệu độ nghiêng, độ lắc và độ cao tương đối trong vector $\underline{\eta}$ của mô hình mô phỏng 3D con tàu. Đặt độ cao ban đầu của tâm sàn $(P_1\,P_2\,P_3)$ so với sàn cố định là h_z, khi đó tâm O có cao độ là $z_f = h_z + z$ và toạ độ trong mặt phẳng cố định có dạng:

$$O = [0 \quad 0 \quad h_z + z]^T.$$

Kết hợp các phép biến đổi trục ta được tọa độ các điểm P_{123} có dạng như (1) như sau:

$$P_{123} = \begin{bmatrix} \frac{L}{2}\cos\phi - \frac{\sqrt{3}L}{6}\sin\theta\sin\phi & -\frac{L}{2}\cos\phi - \frac{\sqrt{3}L}{6}\sin\theta\sin\phi & -\frac{\sqrt{3}L}{3}\sin\theta\sin\phi \\ \frac{\sqrt{3}L}{6}\cos\theta & \frac{\sqrt{3}L}{6}\cos\theta & -\frac{\sqrt{3}L}{3}\cos\theta \\ \frac{L}{2}\sin\phi + \frac{\sqrt{3}L}{6}\sin\theta\cos\phi + z_f & -\frac{L}{2}\sin\phi + \frac{\sqrt{3}L}{6}\sin\theta\cos\phi + z_f & -\frac{\sqrt{3}L}{3}\sin\theta\cos\phi + z_f \end{bmatrix} \quad (1)$$

Phương trình (1) cho ta tọa độ của ba điểm trên mặt sàn di động kết nối khớp với ba thanh truyền động, nó chính là sàn cabine buồng lái khi xét tàu mô phỏng đặt trong tọa độ cố định. Theo [1] từ (1) ta sẽ tính được chính xác góc α_i như phương trình (2, 3) sau đây:

$$\alpha_i = \pi - (\delta_{1i} + \delta_{2i}) \quad (2)$$

Trong đó:

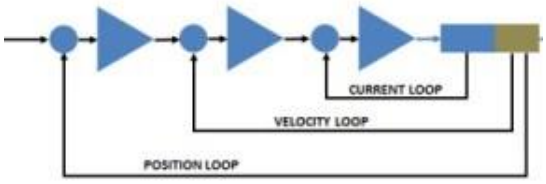
$$\delta_{1i} = cos^{-1}\left(\frac{c - \sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{\sqrt{{z_i}^2 + \left(c - \sqrt{x_i^2 + y_i^2}\right)^2}}\right);\ \delta_{2i} =$$

$$cos^{-1}\left(\frac{a^2 + {z_i}^2 + \left(c - \sqrt{x_i^2 + y_i^2}\right)^2 - b^2}{2a\left(\sqrt{{z_i}^2 + \left(c - \sqrt{x_i^2 + y_i^2}\right)^2}\right)}\right);\ c = O_0B_i = \frac{L}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

3. Xây dựng cấu trúc điều khiển bám tín hiệu mô phỏng của tổ hợp Drive/Servo ứng dụng PLC

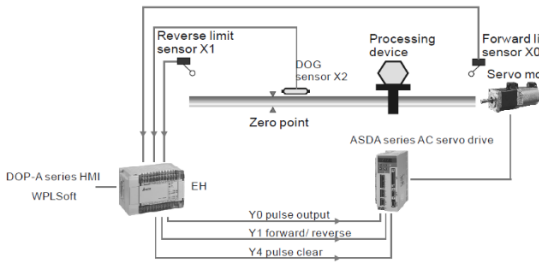
Để điều khiển các góc quay của động cơ theo phương trình (2, 3) thì cấu trúc vòng lặp điều khiển động cơ servo thường gồm 03 mạch vòng kín nối tầng như Hình 3. Vòng trong cùng là điều khiển mô men, ở giữa là vòng điều khiển tốc độ và ngoài cùng là vòng điều khiển vị trí.



Hình 3. Cấu trúc vòng lặp trong điều khiển nối tầng động cơ servo

Tiếp theo nhóm tác giả đề xuất phương án điều khiển vị trí sử dụng PLC và Servo Motor như Hình 4. Trong đó, PLC sẽ nhận tín hiệu từ máy tính, tiến hành xử lý sau đó sử dụng các đầu ra tốc độ cao Y0, Y1 phát xung điều khiển vị trí tới bộ Drive/Servo, Bộ Drive/Servo này làm việc giống như thiết bị biến tần, nó thực hiện điều khiển các van IGBT để cấp điện áp và tần số cho động cơ servo. Tín hiệu dòng và encoder gắn trên đầu trục động cơ sẽ thực hiện phản hồi dòng điện, tốc độ và vị trí chính xác đảm bảo góc quay của trục động cơ bám theo vị trí yêu cầu với đáp ứng nhanh và chất lượng tối ưu. Như vậy, với giải pháp ghép nối tín hiệu trực tiếp giữa tín hiệu giữa PLC và Drive đã giảm được thời gian trễ so với ghép nối mạng CAN.

Họ PLC của hãng Delta có loại PLC DVP28SV11T2 có 4 cặp (8 đầu ra) có thể phát xung tốc độ cao từ 10÷200kHz là: Y0, Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6 và Y7, vì vậy nhóm tác giả lựa chọn loại PLC này.



Hình 4. Cấu trúc điều khiển sử dụng PLC và Servo

Trên cơ sở tải trọng của ca bin buồng lái và tỷ số truyền của hộp số là $i = 120$, tần số dao động của sàn ≤ 0,25Hz ta sẽ chọn 03 Drive/động cơ servo 3 pha ASDA-B2 có công suất là 1,5kW, tốc độ định mức 2000 vòng/phút, hình ảnh PLC Drive/Servo lựa chọn và kết quả sau khi hoàn thành lắp đặt hệ thống như Hình 5.

Hình 5. PLC model DVP28SV11T2 và Drive/Servo ASDA-B2 của hãng Delta

Tín hiệu chuyển động lắc ngang ϕ, lắc dọc θ và thẳng đứng z của con tàu được cấp từ máy tính chủ 3D thông qua giao thức Modbus TCP đến PLC. Trong chương trình lập trình của PLC ta sẽ sử dụng các lệnh Float 32bit để tính ra giá trị góc của 3 tay quay: $\underline{\alpha} = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3]^T$ theo các công thức (2) và (3) với chu kỳ tính là 100ms. Bên cạnh đó, để phát xung điều khiển từ PLC cho Drive ta sử dụng thuật toán Hình 6 với cấu trúc lệnh **DRVA** như sau:

DRVA	S1	S2	D1	D2

Trong đó:

S1: Số lượng xung cần phát ra, chính là giá trị góc quay α_i tính được ở trên, đối với động cơ servo mà ta lựa chọn thì 1 vòng có 160000 xung.

S2: Đặt tần số phát xung, được chọn là 44kHz.

D1: Đầu ra phát xung, tùy thuộc vào điều khiển servo nào trong 3 servo mà ta cài đặt sao cho phù hợp.

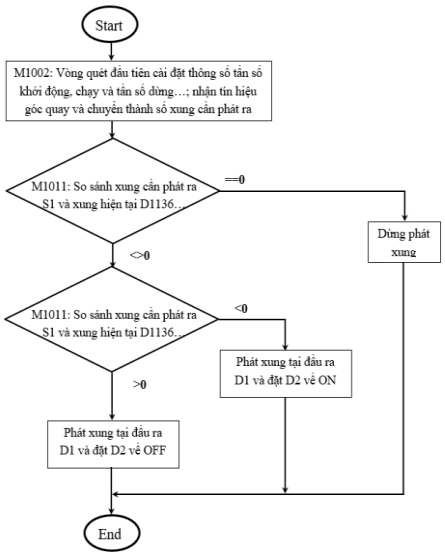
D2: Đầu ra cho đảo chiều quay của động cơ.

Ba động cơ servo sẽ truyền động độc lập cho ba đỉnh của giá đỡ sàn tam giác $(P_1\ P_2\ P_3)$, do đó mô men tải M_c và mô men quán tính J đối với hệ truyền động điện của mỗi động cơ sẽ có sự thay đổi ngẫu nhiên tùy thuộc trạng thái chuyển động của con tàu. Điều này dẫn đến chất lượng điều khiển vị trí sẽ bị suy giảm lớn cả về độ chính xác lẫn thời gian đáp ứng. Để cải thiện, ta cần phải thiết kế bộ điều khiển PID của Drive hoạt động tối ưu hơn thông qua việc cài đặt chế độ 'AMT - AUTO MODE TUNING' nhằm tự động tính toán mô men quán tính J của hệ. Tuy nhiên, khi cho hoạt động thực tế trong chế độ này chất lượng của

hệ cũng không được cải thiện nhiều do J biến thiên liên tục như (4) trong khi thời gian cập nhật của chế độ AMT là 5 phút.

$$J = J_{DC} + \frac{J_i}{i^2} + \frac{m}{12gi^2}\left(\frac{L}{\sqrt{3}}cos(\varphi_j)\right)^2 \quad (4)$$

Trong đó: J_{DC}, J_i là mô men quán tính của động cơ, hộp số; m là tải trọng cabine; i là tỷ số truyền; g là gia tốc trọng trường; φ_j là góc nghiêng của đỉnh tam giác thứ j.



Hình 6. Thuật toán điều khiển vị trí bằng lệnh DRVA

Ngoài ra, trong mạch vòng điều khiển vị trí tồn tại hai đầu vào là lượng đặt (setpoint) từ hệ thống máy tính mô phỏng 3D và nhiễu tải M_c. Hai đầu vào này đều là các tín hiệu ngẫu nhiên do phụ thuộc vào các chuyển động (roll, pitch, heave) của con tàu và số lượng người trên ca bin mô phỏng. Theo [7], để giảm được sai số điều chỉnh do sự biến thiên của lượng đặt gây ra thì cấp vô sai của hệ hở phải lớn hơn cấp vô sai của lượng đặt một bậc.

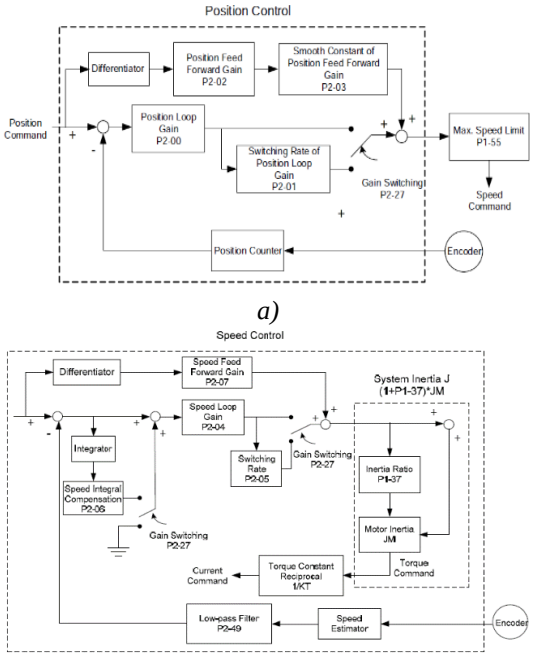
Tuy nhiên, cấp vô sai của lượng đặt cũng biến đổi ngẫu nhiên nên không dễ để thực hiện được giải pháp này. Mặt khác, đối với bộ điều khiển ASDA-B2 của Delta ta còn có phương án thứ hai là cài đặt cấu trúc Feedforward đầu vào bằng khâu vi phân cho hai vòng điều khiển vị trí (P2-02) và tốc độ (P2-07) như Hình 7.

Tiếp theo, để khử sai lệch quỹ đạo do nhiễu tải gây ra các bộ Drive đều cho phép chúng ta thực hiện bằng mạch bù Feedforward Hình 8 có dạng:

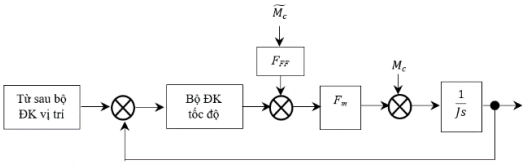
$$F_{FFW}(s) = \frac{\tilde{M}_c}{F_m};\ với\ F_m \approx \frac{K_m}{T_m S+1} \quad (5)$$

$$\tilde{M}_c = \frac{mL}{3i}cos(\varphi_j) \pm \frac{\Delta M}{i} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt} \quad (6)$$

Trong đó: $\tilde{M}_c$ là mô mem cản quy đổi; ΔM là thành phần mô men tổn thất của cơ cấu; F_m là hàm truyền đạt của mạch vòng điều khiển mô men, có thể xấp xỉ thành khâu quá tính bậc 1.



Hình 7. Cấu trúc vòng lặp vị trí (a) và tốc độ (b) trong chế độ có Feedforward đầu vào



Hình 8. Sơ đồ mạch bù nhiễu tải Feedforward

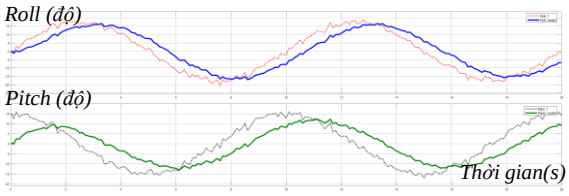
Việc tính toán $\tilde{M}_c$ rất khó khăn do sự biến thiên của tải trọng theo số lượng ngẫu nhiên của học viên trong cabine. Tuy nhiên, kết hợp với các thông số gửi đến từ máy tính chủ 3D ta có thể ước lượng gần đúng (6) trong chương trình PLC và sau đó chuyển giá trị $\tilde{M}_c$ cho Drive thông qua cổng RS485/Modbus RTU để bù sai số.

Để kiểm chứng cài đặt cho các thuật toán điều khiển trên ta cho hệ thống hoạt động và thu thập dữ liệu từ PLC về máy tính bằng công cụ OPC toolbox trong Matlab/Simulink với OPC server là KEPServerEX 6. Tàu mô phỏng là loại TT400 có chiều dài 55m, chiều rộng 9,2m, mớn nước 2,6m và tải trọng là 429 tấn. Kết quả có được ở Hình 9, trong đó giá trị từ máy tính chủ 3D đo được là đường nét

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

đứt bao gồm góc quay lắc ngang (roll_f) hình trên và lắc dọc (pitch_f) hình dưới; giá trị góc quay bám theo của sàn cabine là roll_model và pitch_model là đường nét đậm.

Qua kết quả trên, kết hợp với nhiều lần khảo sát và đo đạc ta nhận thấy đáp ứng chuyển động của sàn cabine luôn có độ trễ từ 500÷1500ms; biên độ max bám theo của sàn có sai số khoảng 12%. Điều này có thể giải thích được là do các khâu Feedforward chính xác rất khó để thực hiện nên đều xấp xỉ chúng dưới dạng khâu vi phân (Hình 7), luôn tồn tại một khoảng thời gian trễ truyền thông tín hiệu từ máy tính chủ tới PLC và đồng thời việc tính toán mô men cản $\widetilde{M}_c$, mô men quán tính J đều là gần đúng. Các nguyên nhân này rất khó khắc phục nếu ta không dùng một phương pháp mới khác.



Hình 9. Đặc tính đáp ứng bám theo các góc quay con tàu của sàn cabine

4. Cải thiện chất lượng điều khiển vị trí bằng thuật toán dự báo số trên cơ sở PLC

Từ kết quả và phân tích nguyên nhân ở mục 3 ta thấy đây là các hạn chế phổ biến trong các hệ thống mô phỏng chuyển động (motion) hiện nay [5]. Để cải thiện được điều đó trong mục này nhóm tác giả đề xuất sử dụng các thuật toán dự báo đơn giản. Việc ứng dụng các thuật toán dự báo hiện đại như MPC [7] hay mạng nơron nhân tạo sẽ được nhóm tác giả nghiên cứu trong bài báo khác. Trong khuôn khổ bài báo ứng dụng PLC để thiết kế bộ điều khiển bám ta sẽ sử dụng thuật toán dự báo đơn giản trên cơ sở điều khiển số cho PLC nhưng vẫn đem lại hiệu quả.

Theo [6] ta có phương trình động học tàu thủy 6 bậc tự do (DOF) có dạng:

$$\dot{\underline{\eta}}_1 = J_1(\eta_1)\underline{v}_1 \quad (7)$$

$$\dot{\underline{\eta}}_2 = J_2(\eta_2)\underline{v}_2 \quad (8)$$

Trong đó:

$\underline{\eta}_1 = [x \quad y \quad z]^T$; $\underline{\eta}_2 = [\phi \quad \theta \quad \psi]^T$

$\underline{v}_1 = [u \quad v \quad w]^T$; $\underline{v}_2 = [p \quad q \quad r]^T$

$J_1(\eta_1)$ và $J_2(\eta_2)$ là các ma trận chuyển đổi trục

Từ (7) và (8) ta có phương trình động học tàu thủy viết cho 3 biến trạng thái ϕ, θ, z như sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} qcos(\theta) - rsin(\phi) \\ -usin(\theta) + vcos(\theta)sin(\phi) + wcos(\theta)cos(\phi) \end{bmatrix} \quad (9)$$

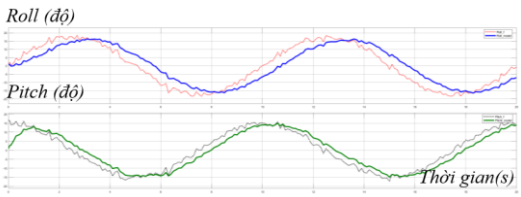
Từ (9) do vế trái là các đạo hàm nên ta có thể thiết kế các thuật toán dự báo để lập trình cho PLC gồm hai bước như sau:

- Bước 1: Cập nhật các giá trị ở chu kỳ hiện tại từ máy tính chủ thông qua mạng Modbus TCP:

$$p(k), q(k), r(k), u(k), v(k), w(k), \phi(k), \theta(k), z(k)$$

- Bước 2: Dự báo các trạng thái lắc ngang, lắc dọc, trượt dọc $\phi(k+1), \theta(k+1), z(k+1)$ theo công thức (10) như sau:

$$\begin{bmatrix} \phi(k+1) \\ \theta(k+1) \\ z(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi(k) + T_s\left(p(k) + q(k)sin(\phi(k))tan(\theta(k)) + r(k)tan(\phi(k))tan(\theta(k))\right) \\ \theta(k) + T_s\left(q(k)cos(\theta(k)) - r(k)sin(\phi(k))\right) \\ z(k) - T_s\left(u(k)sin(\theta(k)) - v(k)cos(\theta(k))sin(\phi(k)) - w(k)cos(\theta(k))cos(\phi(k))\right) \end{bmatrix} \quad (10)$$



Hình 10. Đáp ứng bám theo các góc quay con tàu của sàn cabine khi sử dụng dự báo với $T_s = 500ms$

Thời gian cắt mẫu T_s cho chu kỳ tính toán được chọn nằm trong dải 500÷1500ms. Sau khi lập trình, cài đặt vào hệ thống và thu thập dữ liệu ta được các đồ thị như Hình 10.

Kết quả trên cho thấy các góc quay của sàn cabine đã bám tốt hơn so với Hình 9. Tuy nhiên, không được nhiều cải thiện về sai số và độ trễ. Ngoài ra, trong cả hai kết quả Hình 9 và 10 các đường đặc tính đáp ứng đều có dao động ít hơn, chuyển động mượt hơn so với lượng đặt do đã được lọc thông qua vòng lặp điều khiển vị trí thực tế là khâu quá tính bậc một.

5. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu và xây dựng thành công bộ điều khiển bám tín hiệu chuyển động ϕ, θ, z của con tàu mô phỏng 3D ứng dụng thiết bị PLC. Trong đó, nhóm tác giả đã đề xuất các phương án ghép nối giữa PLC và Drive, phương pháp thiết kế thuật toán điều khiển trên PLC và Drive để nâng cao chất lượng điều khiển bám tín hiệu mô phỏng. Tuy nhiên, do tính chất thay đổi ngẫu nhiên của lượng đặt và nhiễu tải nên các phương pháp như Feedforward đầu vào, bù nhiễu tải, dự báo số mà nhóm tác giả đã thực hiện chỉ cải thiện một phần chất lượng bám tín hiệu tham chiếu. Vì vậy, hướng phát triển trong tương lai sẽ là sử dụng các

phương pháp điều khiển dự báo hiện đại để khắc phục các nhược điểm còn tồn tại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đinh Anh Tuấn, Trương Công Mỹ, Đoàn Hữu Khánh, *Xây dựng mô hình tín hiệu điều khiển cho thiết kế chuyển động 3 trục của hệ thống mô phỏng hàng hải*, Tạp chí Giao thông vận tải, 2020.

[2] Cleij, D. Venrooij, J. Pretto, *Comparison between filter-and optimization-based motion cueing algorithms for driving simulation*, Transp. Res. Part Traffic Psychol, Behav, 2019.

[3] Derek K. Brecht, *A 3-DOF Stewart Platform for Trenchless Pipeline Rehabilitation, Electronic Thesis and Dissertation*, The University of Western Ontario, 2015.

[4] Jun Tajima, Kouhei Maruyama, *Driving Task Adaptive Motion-Cueing Algorithm for Driving Simulators*. DSC Asia/Pacific 2006 - Tsubuka, 2006.

[5] M. Br¨unger-Koch, *Motion Parameter Tuning and Evaluation for the DLR Automotive Simulator*, Driving Simulator Conference 2005, North America, 2005.

[6] Thor I. Fossen, *Marine control systems - Guidance and Control of Ship, Rigs, Underwater Vehicles, Marine Cybernetics*, Trondheim, Norway, 2002.

[7] Van der Ploeg, *Sensitivity Analysis of an MPC-based Motion Cueing Algorithm for a Curve Driving Scenario*, Proceedings of the 19th Driving Simulation and Virtual Reality Conference, France, 2020.

[8] Webjørn Rekdalsbakken, *Design and Application of a Motion Platform for a High-Speed Craft Simulator*, IEEE Xplore, 2015.

Ngày nhận bài: 02/3/2021
Ngày nhận bản sửa: 12/3/2021
Ngày duyệt đăng: 18/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PLC VÀ PHẦN MỀM UNITY 3D TRONG THIẾT KẾ HỆ THỐNG MÔ PHỎNG RADAR HÀNG HẢI

USING PLC CONTROLLER AND UNITY 3D SOFTWARE IN DESIGNING MARITIME RADAR SIMULATION SYSTEM

NGUYỄN THANH VÂN*, ĐINH ANH TUẤN, NGUYỄN VĂN HÙNG

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: vanntb.ddt@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Bài báo này trình bày giải pháp sử dụng bộ điều khiển PLC và phần mềm Unity 3D trong thiết kế hệ thống mô phỏng radar hàng hải trong đó, quá trình truyền và nhận dữ liệu giữa phần cứng và phần mềm cũng được tích hợp trong hệ thống mô phỏng như tọa độ, tốc độ, hướng của tàu chủ và tàu mục tiêu. Ngoài ra, phát triển và ứng dụng dữ liệu biển Việt Nam khi xây dựng các kịch bản huấn luyện. Hệ thống này là một tổ hợp các thiết bị để huấn luyện và đào tạo về an toàn của thuyền viên trên biển. Nó không chỉ giúp học viên thao tác trên thiết bị trực quan, sinh động với các tình huống huấn luyện quen thuộc mà còn trang bị cho học viên những kỹ năng cần thiết trước khi thao tác, vận hành trên thiết bị thực tế, nâng cao hiệu quả huấn luyện hàng hải tại Việt Nam.

Từ khóa: *Hệ thống mô phỏng radar hàng hải, phần mềm mô phỏng radar, màn hình radar.*

Abstract

This article presents a solution using the PLC controller and Unity 3D software in designing Radar simulation system. Besides, the process of transmitting and receiving data between hardware and software is also integrated into the simulation system such as the coordinate, speed and heading of ownership and target ship. Additionally, developing and creating specificity for the system when building training scenarios using data of Vietnam's Sea. This system is a device for effective education concerning safety in ship navigation. It will help not only students manipulate visual equipment, vividly with familiar training situations, but also equipping the trainees with necessary skills before manipulating and operating on real equipment, improving the efficiency of maritime training in Vietnam.

Keywords: *Marine Radar simulation system, radar simulator software, radar screens.*

1. Đặt vấn đề

Trên thế giới hiện nay có một số công trình nghiên cứu về hệ thống mô phỏng radar hàng hải, cũng như thiết kế, chế tạo thành công hệ thống, điển hình một số hãng như Transas [1], Furuno [2]. Với công nghệ mô phỏng tiên tiến, nhưng khi máy chủ bị sự cố toàn bộ hệ thống sẽ không hoạt động được, quan trọng hơn nữa là kinh phí bảo dưỡng, bảo trì lớn và phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ nước ngoài.

Ở trong nước, các công trình nghiên cứu về hệ thống còn hạn chế, chỉ có bài báo nghiên cứu xây dựng phần mềm mô phỏng radar [3], trong đó các tác giả trình bày cách xây dựng phần mềm mô phỏng radar dựa trên Visual Studio với giao diện đơn giản, chưa sát với hình ảnh của radar trên thực tế. Do đó, người vận hành khó có thể nắm bắt được hết thông số cũng như quy trình thực hành dẫn đến khó khăn khi vận hành với radar thực. Tuy các phương pháp xây dựng hệ thống mô phỏng radar nói trên có những ưu nhược điểm riêng nhưng độ chính xác giống với radar thật chưa đạt được yêu cầu huấn luyện [3]. Có những trường hợp chính xác đạt đến 90% nhưng xét về mặt kinh tế và kỹ thuật không được tối ưu nhất [1], [2]. Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất xây dựng công nghệ mô phỏng hệ thống radar dựa trên phần mềm Unity 3D và bộ điều khiển PLC với những cấu trúc truyền và nhận dữ liệu sau đó hiển thị trên màn hình radar để đáp ứng được yêu cầu trong công tác đào tạo và huấn luyện tại Việt Nam cũng như khả năng áp dụng trên thực tế.

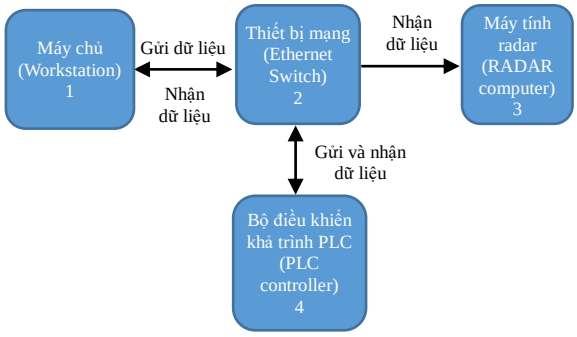
Nội dung chính của bài báo được sắp xếp theo thứ tự như sau: Mục 2 xây dựng cấu trúc cho hệ thống mô phỏng radar. Mục 3 đề xuất thuật toán truyền và nhận dữ liệu giữa máy tính chủ và máy tính radar. Mục 4 là thực hiện mô phỏng hoạt động của hệ thống radar và phần cuối cùng là kết luận.

2. Xây dựng cấu trúc cho hệ thống mô phỏng radar

"Radar" là viết tắt của "Radio Dectection And Ranging" là hệ thống xác định vị trí của mục tiêu bằng việc đo cự ly và phương vị nhờ nguyên lý sóng phản

xạ. Radar hoạt động ở tần số vô tuyến siêu cao có bước sóng siêu ngắn, dưới dạng xung và được phát theo 1 tần số lặp xung nhất định [4]. Hệ thống mô phỏng radar là tổ hợp hệ thống phần cứng và phần mềm để mô phỏng lại nguyên lí hoạt động cũng như các thao tác vận hành của một thiết bị radar thực.

Trên Hình 1 là cấu trúc chung của hệ thống mô phỏng radar hàng hải do nhóm tác giả xây dựng:



Hình 1. Cấu trúc hệ thống mô phỏng

Khối 1: Máy chủ mô phỏng (Workstation) đây là máy tính có chức năng mô phỏng 3D hệ thống hàng hải như tàu chủ, tàu mục tiêu, thời tiết và xây dựng được địa hình, địa vật tùy vào từng khu vực cảng nhất định. Ở khối này, dữ liệu của tàu chủ và tàu mục tiêu được thiết lập sao cho giống với thực tế nhất.

Khối 2: Thiết bị mạng (Ethernet Switch) khối này có chức năng tạo ra đường dẫn thông tin giữa các máy tính với nhau giúp cho chúng có thể giao tiếp gửi và nhận dữ liệu được.

Khối 3: Máy tính mô phỏng Radar hàng hải (Radar Computer) đây là máy tính có chức năng nhận dữ liệu từ máy chủ gửi sang sau đó giải mã dữ liệu. Tiếp theo, dữ liệu này sẽ được tính toán, xử lí phù hợp để hiển thị lên màn hình. Ngoài ra, dữ liệu ở máy tính mô phỏng radar được mã hóa và gửi sang máy tính hải đồ điện tử (ECDIS) để hiển thị thông số nhận dạng tự động (AIS) của tàu chủ và tàu mục tiêu.

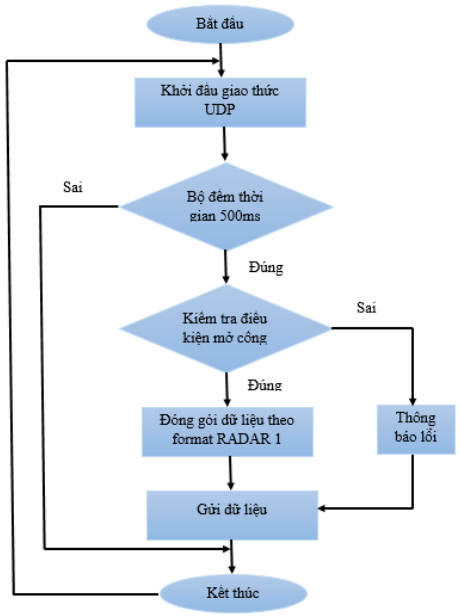
Khối 4: Bộ điều khiển khả trình PLC, thực hiện nhận và xử lý dữ liệu từ các thiết bị khác chuyển tới như vô lăng, tay trang điều khiển, la bàn,… sau đó sẽ gửi sang máy tính chủ thông qua mạng ethernet. Đồng thời cũng nhận dữ liệu từ máy chủ để hiển thị lên màn hình trong bàn điều khiển.

3. Xây dựng thuật toán truyền và nhận dữ liệu trong hệ thống mô phỏng radar

Hiện nay, có rất nhiều giao thức truyền dữ liệu như TCP/IP, UDP, HTTP, FTP,... mà trong đó, mỗi giao thức đều có ưu nhược điểm nhất định. Tùy vào từng bài toán cụ thể mà có thể sử dụng các giao thức khác nhau. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã sử dụng giao thức UDP (*User Datagram Protocol*). Đây là một trong những giao thức cốt lõi IP/Ethernet. Khi sử dụng giao thức UDP giúp chương trình trên máy tính có thể gửi những dữ liệu ngắn được gọi là datagram tới máy khác. Đây là giao thức có tốc độ truyền nhanh và truyền các gói dữ liệu liên tục.

3.1. Thuật toán truyền dữ liệu từ máy chủ đến máy tính radar

Thuật toán xây dựng quy trình truyền dữ liệu được trình bày như Hình 2.



Hình 2. Thuật toán truyền dữ liệu của máy chủ

Trước tiên, nhóm tác giả xây dựng giao diện mô phỏng hàng hải trên máy tính chủ dựa trên phần mềm Unity 3D với ngôn ngữ lập trình C#. Các thông số chính gửi cho radar có thể kể đến như tọa độ, tốc độ, hướng,... tàu chủ và tàu mục tiêu.

Bước 1: Thực hiện thiết lập các địa chỉ IP tĩnh cho máy chủ: 192.168.0.140, cổng port: 8001 và IP máy radar: 192.168.0.150, cổng port: 8999. Sau đó tiến hành khởi tạo giao thức và tạo ra socket UDP, bộ đếm thời gian tạo ra vòng quét 500ms để gửi dữ liệu.

Bước 2: Kiểm tra điều kiện địa chỉ socket UDP và thông báo lỗi nếu xảy ra sự cố.

Bước 3: Mỗi loại thông số như tọa độ, tốc độ, hướng tàu có định dạng khác nhau, dữ liệu này được chuyển về dạng format RADAR 1 trước khi gửi. Cấu trúc quy đổi dữ liệu về dạng byte và sử dụng hàm

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Buffer.BlockCopy như cấu trúc lệnh:

Buffer.BlockCopy(info, 0, message, 0, 86);

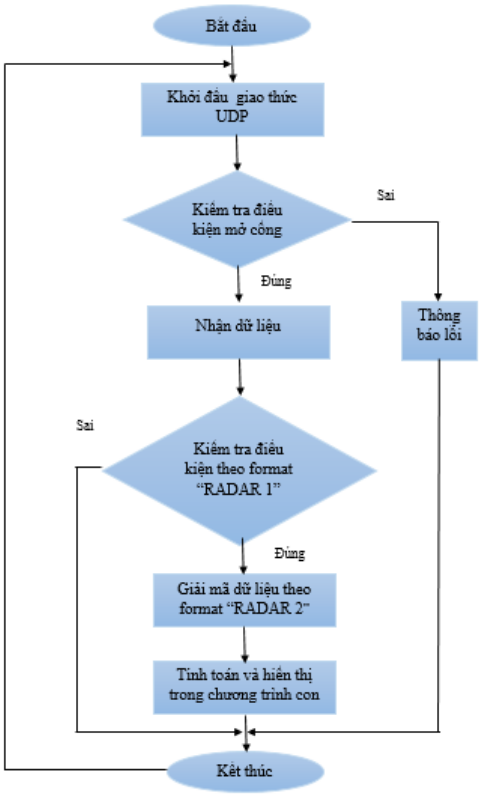
Buffer.BlockCopy(newfloat[]{ boatEngine.Speed _Log},0,speed,0,4);

Buffer.BlockCopy(dataSource.Speed_target_p,0, speed, 4, 4 * 31);

Bước 4: Sau khi quy đổi dữ liệu xong máy chủ sẽ gửi dữ liệu đến địa chỉ IP máy radar thông qua lệnh send. Cuối cùng là kết thúc thuật toán và quay lại vòng lặp ban đầu.

3.2. Thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar từ máy chủ

Hình 3 trình bày thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar từ máy tính chủ, sau khi máy chủ đã gửi gói dữ liệu thì nhiệm vụ của máy radar là nhận gói dữ liệu đó và xử lý để hiển thị trên màn hình. Máy chủ gửi dữ liệu sang với kiểu dữ liệu dạng byte quy định theo dạng RADAR 1. Do đó, tất cả dữ liệu nhận được sẽ được chuyển sang dạng RADAR 2 có kiểu định dạng như int, float, ushort.



Hình 3. Thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar

Bước 1: Máy radar sẽ thiết lập địa chỉ IP. Sau đó khởi tạo socket UDP. Tiếp theo là kiểm tra điều kiện địa chỉ IP.

Bước 2: Máy tính radar sẽ tiến hành nhận dữ liệu Dữ liệu lúc này được quy định theo dạng format RADAR1 và cần được kiểm tra theo đúng định dạng gửi.

Bước 3: Sau khi kiểm tra sẽ tiến hành chuyển dữ liệu đã nhận sang dạng format RADAR 2 để tiến hành thực hiện tính toán.

Bước 4: Đây là bước xử lý thông số đã gửi để tính toán và hiển thị trên màn hình của Radar. Chương trình con thực hiện để tính toán sau đó đưa ra mức độ cảnh báo va chạm. Cuối cùng là kết thúc thuật toán và bắt đầu vòng lặp.

3.3. Tính toán thông số để hiển thị và đưa ra cảnh báo

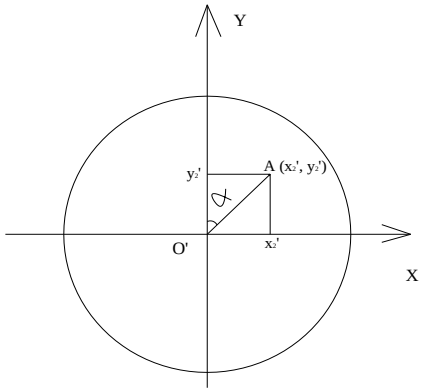
Để mô phỏng radar hàng hải sát với thực tế nhất thì mọi thông số được tính toán và xử lý trong phần mềm mô phỏng Unity 3D. Trong mục này trình bày hai phương pháp cơ bản để quy đổi hướng và khoảng cách của tàu mục tiêu, tính toán thông số khoảng cách gần nhất xảy ra va chạm (CPA), thời gian ngắn nhất để dẫn đến va chạm (TCPA).

a. Tính toán khoảng cách và hướng tàu mục tiêu so với tàu chủ.

Hình 4 biểu diễn tọa độ tàu chủ và tàu mục tiêu trên mặt phẳng Oxy [5] sau khi được quy đổi. Tọa độ tàu chủ có vị trí giữa màn hình và được lấy trùng với tâm của màn hình với tọa độ $O(x_1, y_1)$.

Trong đó:

$$x_1 = \frac{X_{screen}}{2}, y_1 = \frac{Y_{screen}}{2} \quad (1)$$



Hình 4. Tọa độ tàu mục tiêu trên mặt phẳng

Sử dụng phương pháp bắn tia từ màn hình vào trong terrain (địa hình) để chuyển tọa độ từ không gian của tàu mục tiêu $A'(x_2, y_2, z_2)$ sang tọa độ mặt

phẳng nhờ Unity sẽ có được $A(x_2^{'}, y_2^{'})$:

//Vector3screenPos=Cam.WorldToScreenPoint(R_Ships[currentClickTarget].transform.position);//

Sau đó tính được vector khoảng cách:

$$\overrightarrow{OA} = (x_2^{'} - x_1, y_2^{'} - y_1) \quad (2)$$

Tiếp theo là tính độ lớn vector khoảng cách:

$$\left|\overrightarrow{OA}\right| = \sqrt{(x_2^{'} - x_1)^2 + (y_2^{'} - y_1)^2} \quad (3)$$

Ứng với mỗi thang đo i khác nhau sẽ có một hệ số K_i tương ứng.

$$D_i = \frac{\left|\overrightarrow{OA}\right|.K_i}{R.G} \quad (4)$$

Trong đó:

D_i: Hệ số khoảng cách;

K_i: Là hệ số quy đổi từ thang đo hải lý sang mét;

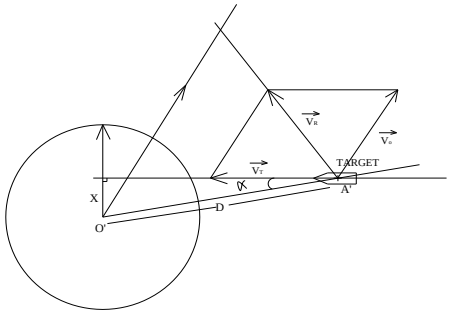
R: Bán kính đường tròn hiển thị thang đo;

G: Hệ số quy đổi ngược lại sang hải lý;

Gọi góc giữa vector khoảng cách và hướng của tàu chủ là α:

$$\tan\alpha = \frac{x_1}{y_1} \quad (5)$$

b. Tính toán thông số CPA, TCPA



Hình 5. Khoảng cách, vận tốc giữa tàu chủ và tàu mục tiêu

Hình 5 thể hiện hướng vector vận tốc tương đối cũng như là khoảng cách giữa các tàu với nhau. Vector vận tốc tương đối tàu chủ $\overrightarrow{V_O} = (X_{V0}, Y_{V0}, Z_{V0})$ và vector vận tốc tương đối tàu mục tiêu $\overrightarrow{V_T} = (X_{VT}, Y_{VT}, Z_{VT})$ trong không gian [5]. Tiếp theo, tính toán vector vận tốc tương đối dựa vào tàu chủ và tàu mục tiêu. Gọi $\overrightarrow{V_R}$ là vector vận tốc tương đối [6]:

$$\overrightarrow{V_R} = (X_{VT} - X_{Vo}, Y_{VT} - Y_{Vo}, Z_{VT} - Z_{Vo}) \quad (6)$$

Vector $\overrightarrow{A'O'}$ là vector khoảng cách giữa tàu chủ và tàu mục tiêu trong không gian.

$$\overrightarrow{A'O'} = (x_2 - x_o, y_2 - y_o, z_2 - z_o) \quad (7)$$

Tính toán góc giữa vector khoảng cách và vector tốc độ tương đối sau đó quy đổi từ độ sang radian.

$$\cos\alpha = \frac{\left|\overrightarrow{V_R}\right|}{D}.\frac{\pi}{180} \quad (8)$$

Trong đó:

D: là khoảng cách giữa tàu chủ và tàu mục tiêu và được tính $D = \left|\overrightarrow{A'O'}\right|$.

Sau đó tính được CPA khoảng cách gần nhất hai tàu va chạm:

$$X = \frac{D}{1852}.\sin\alpha \ \text{(MN)} \quad (9)$$

Tính toán TCPA là thời gian ngắn nhất để hai tàu có thể va chạm:

$$t = \frac{\left(\frac{D}{1852}.\cos\alpha\right)}{\left|\overrightarrow{V_R}\right|.60} \ \text{(đơn vị phút)} \quad (10)$$

Cuối cùng đặt giá trị $CPA < CPA_{LIMIT}$, $TCPA < TCPA_{LIMIT}$ trong đó hai thông số $CPA_{LIMIT}, TCPA_{LIMIT}$ có thể do người vận hành tùy chỉnh. Thực hiện hiển thị và cảnh báo thông qua đoạn lệnh chương trình con:

If(($CPA > 0$)&&($CPA < CPA_{LIMIT}$)&& ($TCPA < TCPA_{LIMIT}$))

{

// thực hiện chương trình cảnh báo và hiển thị//

}

4. Mô phỏng hoạt động của hệ thống mô phỏng radar hàng hải

Để mô phỏng hoạt động của hệ thống, trước hết, thực hiện truyền và nhận dữ liệu giữa các máy tính. Máy tính chủ sẽ giao tiếp với PLC để nhận dữ liệu thông qua phần mềm Unity 3D. Toàn bộ dữ liệu như hướng, tốc độ của tàu chủ đều được lấy từ phần cứng. Tọa độ tàu chủ tại điểm có vị trí gần đảo Bạch Long Vĩ và vùng biển Hải Phòng. Điểm này có vĩ độ $20^0$07'220"N và kinh độ $107^0$57'754"E. Tọa độ tàu chủ ở đúng vị trí đã chọn được thể hiện ở Bảng 1.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Bảng 1. Bảng hiển thị thông số tàu chủ

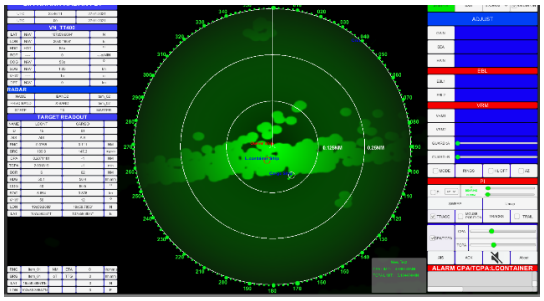
VN_TT400		
LAT	$107^0$57.7441’	N
LON	$20^0$0.7223’	E
HDG	55^0	DEG
ROT	0	-.- ^{0}/MIN
COG	55^0	
SOG	0,45	KN
VHW	0,4^0	^{0}
DPT	0	KN

Tiếp theo là thử nghiệm chức năng đo khoảng cách (RNG) và góc (BRG) của tàu mục tiêu so với tàu chủ được biểu diễn ở Hình 6 và thống kê trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng thông số tàu mục tiêu

TARGET READOUT			
NAME	LCONT	CARGO	
ID	15	01	
AIS	AIS	AIS	
RNG	0,0717	0,1075	NM
BRG	199,6	137,02	DEG
CPA	0,1540176	0,17483	NM
TCPA	1,450326	2,462938	MIN
HDG	50,1^0	50,4^0	DEG
COG	40^0	60,5^0	DEG
SOG	5,654	3,876	KN
LAT	$20^0$0.0490’	$19^0$59.8630’	N
LON	$107^0$59.5684’	$107^0$59.9302’	E

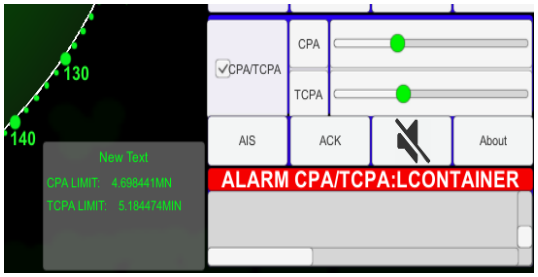
Mọi thông số như vĩ độ, kinh độ, hướng tàu thực, khoảng cách của tàu mục tiêu LARGE CONTAINER, CARGO. Cùng một thời gian cho phép hiển thị thông tin hai tàu mục tiêu.



Hình 6. Hiển thị thông số tọa độ tàu mục tiêu

Tính năng khoảng đo cách khi xảy ra va chạm ngắn nhất và thời gian xảy ra va chạm ngắn nhất là tính năng cần thiết khi mô phỏng hệ thống radar. Khi vận hành hệ thống radar, người vận hành có thể thiết lập hai thông số khoảng cách xảy ra va chạm nhỏ nhất (CPAlimit) và thời gian ngắn nhất để dẫn đến va chạm (TCPAlimit). Khi có cảnh báo radar thông báo cho người vận hành biết để phòng ngừa đâm va.

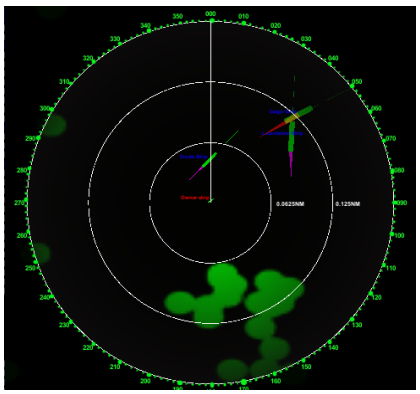
Khi tàu mục tiêu vi phạm các điều kiện cảnh báo, mọi thông số cảnh cáo, tên tàu mục tiêu sẽ được lưu lại là hiển thị trong hộp báo động. Người vận hành sẽ quan sát và đưa ra những giải pháp phù hợp để xử lý tình huống trong Hình 7.



Hình 7. Hiển thị cảnh báo CPA và TCPA

Trong Hình 7, hai thông số ban đầu để thiết lập cho CPA_{LIMIT},$TCPA_{LIMIT}$ là 4.6984MN và thông số 5.1844MIN. Sau khi tính toán từ radar đối với mỗi tàu mục tiêu nếu tàu nào có giá trị CPA và TCPA nhỏ hơn giá trị đặt thì sẽ phát tín hiệu cảnh báo.

Hình 8. Hiển thị nhiễu thời tiết



Hình 9. Hiển thị vết tàu di chuyển

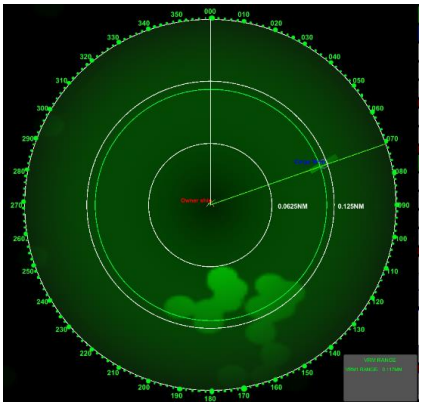
Điều kiện thời tiết là yếu tố ảnh hưởng đến yếu tố nhiễu trong radar. Nhóm tác giả đã mô phỏng yếu tố

nhiễu mưa với mức 5 thể hiện trong Hình 8.

Trong một số tình huống nguy hiểm dẫn đến đắm tàu thì chức năng truy vết tàu (trail) là một yếu tố cần thiết cho việc tìm kiếm cứu nạn. Nhóm cũng mô phỏng chức năng này với những thông số theo quy chuẩn đối với radar hàng hải như Hình 9.

Cuối cùng, nhóm tác giả thực hiện xây dựng một số kịch bản huấn luyện hệ thống radar hàng hải, thử nghiệm và đánh giá, so sánh với một số hệ thống mô phỏng của hãng lớn như Transas, Kongsberg được lắp đặt tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Một trong những kịch bản đó là cho tàu chủ xuất phát từ cảng Nam Đình Vũ với hướng 320^0 điều khiển tàu bằng vô lăng, hướng bắc thật N up, vận tốc 6,754kts và gặp hai tàu mục tiêu đi chạy theo chiều ngược lại, mục tiêu có phương vị $70,8^0$, khoảng cách 0.1179NM. Thời gian mô phỏng là 8 giờ 10 phút. Yêu cầu của radar đo khoảng cách từ tàu chủ đến hai tàu mục tiêu với từng thang đo cụ thể và dùng vòng cự ly động, tốc độ của tàu mục tiêu như Hình 10.



Hình 10. Hiển thị VRM, EBL

Hình 10 thể hiện đường phương vị (EBL) và vòng cự ly (VRM) được đo thủ công của tàu mục tiêu Cargo ship, giá trị đo được hiển thị trên màn hình radar. Bên cạnh phương pháp xác định thủ công, hệ thống mô phỏng radar này còn cho phép tự động tính toán khoảng cách và phương vị mục tiêu.

Qua quá trình thử nghiệm một số tính năng của radar và so sánh với hệ thống mô phỏng radar của Transas kết quả thu được cho thấy hệ thống radar này đáp ứng đủ được yêu cầu cơ bản trong huấn luyện radar hàng hải.

5. Kết luận

Trong bài báo này đã đề xuất giải pháp và thiết kế chế tạo thành công hệ thống mô phỏng radar hàng hải dựa trên thiết bị phần cứng PLC và phần mềm Unity 3D. Đặc biệt, mô phỏng gần chính xác cơ bản chức năng radar thực cũng như các hệ thống radar hàng hải của nhiều hãng trên thế giới. Với nhiều tính năng như tạo nhiễu cho radar, quét mục tiêu, dùng các vòng cự ly động, truy vết tàu khi tìm kiếm cứu nạn. Hệ thống mô phỏng radar hàng hải này đã đáp ứng được 85% so với những hệ thống radar hàng hải của một số hãng lớn trên thế giới. Đặc biệt, nhóm tác giả còn làm chủ hoàn toàn công nghệ và nội địa hóa sản phẩm. Hướng phát triển của bài báo trong tương lai sẽ thử nghiệm nhiều thuật toán trong radar và xây dựng được hệ mô phỏng radar cho các loại thiết bị radar hàng hải khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] www.transas.com, NTPR4000 - Leaflet - prev.

[2] MFD Radar User Manual -Transas Ltd., December 2010.

[3] Lê Xuân Việt, Nguyễn Minh Đức, *"Xây dựng phần mềm mô phỏng RADAR phục vụ đào tạo và huấn luyện"*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, (Số 50), tr.75-78, 2017.

[4] Tiếu Văn Kinh, *Sổ Tay Hàng Hải tập 1+2*, tr. 674-678, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2010.

[5] Alan Bole, Alan Wall, Andy Norris, *Radar and ARPA manual, Butterworth Heineman*, pp.08-30, 2013.

[6] David F. Burch, Radar for mariners, Mc Graw-Hill Education, pp.190-194, 2013.

Ngày nhận bài: 06/02/2021
Ngày nhận bản sửa: 26/02/2021
Ngày duyệt đăng: 11/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH VÀ TÍNH TOÁN SỐ LƯỢNG PHẦN TỬ CHO ANTEN KHE SỬ DỤNG TRONG RADAR HÀNG HẢI

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS AND DETERMINATION THE NUMBER OF SLOTS FOR SLOT ANTENNA USED IN MARINE RADAR

NGUYỄN MẠNH CƯỜNG* , ĐOÀN NGỌC ÂU, ĐỖ CÔNG DANH

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**Email liên hệ: nguyenmanhcuong@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Công nghệ anten là một phần rất quan trọng trong công nghệ điện tử và truyền thông ngày nay, sự phát triển của truyền dẫn không dây luôn gắn liền với sự phát triển của anten. Do nhu cầu sử dụng mà băng tần cao đang được nghiên cứu và sử dụng trong mục đích thông tin liên lạc, truyền dẫn và đo đạc từ xa. Đặc biệt, trong radar hàng hải, anten khe đang được sử dụng phổ biến trên các băng tần S và X của dải microwave. Bài báo này sẽ thiết kế , mô phỏng anten khe và phân tích sâu về đặc điểm về độ lợi anten, trở kháng sóng với từng dải tần sử dụng của anten khe để có được đánh giá cụ thể về mối liên hệ giữa số lượng khe, kích thước với độ lợi anten. Từ đó đưa ra được thiết kế phù hợp với từng dải tần được sử dụng của anten khe trong radar hàng hải.

Từ khóa: *Anten khe, Anten dải rộng, Anten viba, Băng thông rộng, độ rộng chùm tia.*

Abstract

Antenna technology is an important part of today's electronics and communications, the development of wireless transmission has always been associated with the development of antennas. According to usage requirements, high-frequency bands are being researched and used for communication, transmission, and telemetry purposes. In particular, slot antennas are being used commonly on the S and X bands of microwave bands in marine radar. This article will design and simulate the slot antenna and analyze in-depth antenna gain characteristics, wave impedance for each frequency band used by the slot antenna to obtain a specific assessment of the relationship between the number of slots, size with antenna gain. Hence, this article proposed an optimal design suitable for each frequency band of slot array antennas used in marine radar.

Keywords: *Slot antenna, Wide band antenna, Microwave antenna, Broadband, Beam width.*

1. Giới thiệu

Anten khe sử dụng trong Radar Hàng hải thường là loại anten được làm từ ống dẫn sóng trụ tròn hoặc ống dẫn sóng hình chữ nhật với thành ống được cắt một hoặc nhiều khe có độ dài bằng nửa bước sóng [1]. Thông thường, khi sử dụng ống dẫn sóng hình chữ nhật thì trường cơ bản lan truyền trong thành ống là trường H_{10} còn khi sử dụng ống dẫn sóng trụ tròn thì trường cơ bản lan truyền là trường H_{11}. Khi sóng điện từ được kích thích truyền lan trong ống dẫn sóng, mặt trong của thành ống xuất hiện dòng điện mặt. Với véctơ mật độ của dòng điện mặt được xác định bởi biểu thức:

$$\bar{J}_s^{\,e} = [\bar{n} \times \bar{H}] \quad (1)$$

Trong đó:

$\bar{n}$: Véctơ vuông góc với thành ống;

$\bar{H}$: Véctơ cường độ từ trường bề mặt ống.

Trong ống dẫn sóng chữ nhật, trường cơ bản H_{10} được truyền lan, véctơ từ trường bao gồm:

$$\begin{cases} H_x = H_0 \cos\left(\dfrac{\pi x}{a}\right) e^{-i\beta_z} \\ H_z = -iAH_0 \sin\left(\dfrac{\pi x}{a}\right) e^{-i\beta_z} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

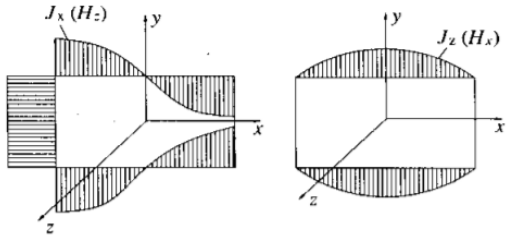
H_0: Giá trị lớn nhất của cường độ từ trường;

A : Hằng số;

β: Hệ số pha của sóng có giá trị $2\pi/A$;

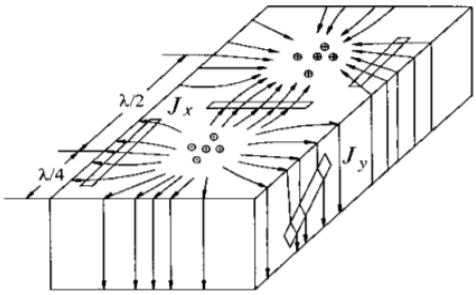
α : Độ rộng thành đứng của ống dẫn sóng.

Theo công thức (1) và (2) thì ở mặt trong của thành ống dẫn sóng xuất hiện 3 thành phần của dòng điện mặt là 2 thành phần ngang J_x, J_y và một thành phần dọc. Trong đó, thành phần ngang được gây ra bởi từ trường dọc H_z, thành phần dọc được gây ra bởi từ trường ngang H_x.



Hình 1. Phân bố thành phần dòng điện trên thành ống dẫn sóng

Nếu khe được cắt nằm trên thành ống dẫn sóng và cắt ngang đường sức mật độ dòng điện thì dòng điện dẫn tại mặt trong thành ống sẽ bị gián đoạn tại các khe và chuyển thành dòng điện dịch, dòng điện dịch này sẽ chạy vuông góc theo hai mép khe.



Hình 2. Dòng điện dịch trên ống dẫn sóng

Như vậy, tại mặt trong thành ống, với dòng điện dịch đã xuất hiện sẽ hình thành các điện trường tương ứng và phát sinh điện áp giữa hai mép khe. Nếu khe được cắt dọc theo đường sức dòng điện thì sẽ không sinh ra dòng điện dịch chảy ngang mép khe, và khe sẽ không bức xạ năng lượng. Nếu cắt khe vuông góc với đường sức dòng điện thì dòng điện dịch chảy ngang mép khe là lớn nhất, khe sẽ bức xạ sóng điện từ.

Theo nguyên lý tương hỗ, anten khe có thể được sử dụng dùng làm anten phát hoặc anten thu. Cường độ bức xạ hoặc cường độ thu của khe phụ thuộc vào vị trí của khe trên thành ống dẫn sóng. Để nhận được đồ thị phương hướng theo yêu cầu cần thiết kế anten gồm một hệ thống các khe cắt trên thành ống dẫn sóng, các khe này được bố trí theo kiểu dọc, ngang hoặc xiên và được kích thích đồng pha với nhau.

Trong hệ thống radar hàng hải với một số những yêu cầu về góc phương vị (360^0), tính định hướng cao, dải thông tần đủ rộng, các búp sóng phụ là tối thiểu cả về biên độ lẫn số lượng thì anten khe đáp ứng tốt những yêu cầu trên [2, 3]. Vì vậy, anten khe được sử dụng phổ biến trong radar hàng hải, cụ thể là anten khe đồng pha.

Đặc tính định hướng của anten khe phụ thuộc lớn vào số lượng các khe và dải tần công tác. Để xác định được tính định hướng của anten khe phù hợp với từng dải tần công tác, trong bài báo này sẽ tiến hành khảo sát, thiết kế, mô phỏng hệ anten khe đồng pha trong dải tần băng S, từ đó đưa ra so sánh về độ lợi, trở kháng sóng của từng hệ anten khe.

2. Mô phỏng và khảo sát đặc tính hệ anten khe đồng pha

Giả thiết, anten radar hàng hải được sử dụng là loại ống dẫn sóng hình chữ nhật có các khe được cắt dọc theo thành ống và phân bố so le về hai phía. Trường cơ bản H_{10} được kích thích tại điểm giữa phần thành rộng của ống. Khoảng cách từ tâm khe này tới tâm khe khác liên tiếp nhau ở cùng 1 phía là λ. Việc đặt khoảng cách giữa các khe liên tiếp là λ để đảm bảo cho các khe ở cùng một phía so với thành ống sẽ được kích thích đồng pha, và khoảng cách giữa 2 tâm khe liên tiếp nằm ở 2 phía của thành ống dẫn sóng là λ/2. Vì thành phần ngang J_x sẽ đổi chiều khi chuyển qua 2 thành ống dẫn sóng nên nếu cắt các khe ở điểm cách tâm khe thứ nhất một khoảng d = A/2 thì dòng điện mặt J_x ở đây sẽ đồng pha với dòng tại các khe. Để các khe dọc được kích thích mạnh nhất thì tâm khe cần được đặt ở điểm bụng của thành phần dọc H_z, nghĩa là khoảng cách từ khe đến điểm ngắn mạch đầu cuối cần chọn bằng λ/4 hoặc [4]:

$$L = (2n+1)\frac{\lambda}{4} \quad n = 0,1,2,\ldots \qquad (3)$$

Xét trên băng tần S, cụ thể là tần số 2,45GHz [3], với các tham số của anten khe ở trên, tiến hành tính toán và thiết kế trên phần mềm Matlab (Hình 3).

Xét đồ thị phương hướng của hệ anten khe đồng pha, giả thiết đồ thị phương hướng của hệ anten khe cũng giống như đồ thị phương hướng của anten chấn tử điện nửa sóng, ta sẽ nhận được phương trình hàm phương hướng chuẩn hóa của hệ anten khe đồng pha trên ống dẫn sóng chữ nhật với các khe được cắt theo phương dọc [4]:

$$\boldsymbol{F(\theta)} = \frac{\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{E_{max}}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{N}} \frac{\cos(\frac{\pi}{2}sin\theta)}{cos\theta} \frac{\sin(\frac{Nkd}{2}sin\theta)}{\sin(\frac{kd}{2}sin\theta)} \qquad (4)$$

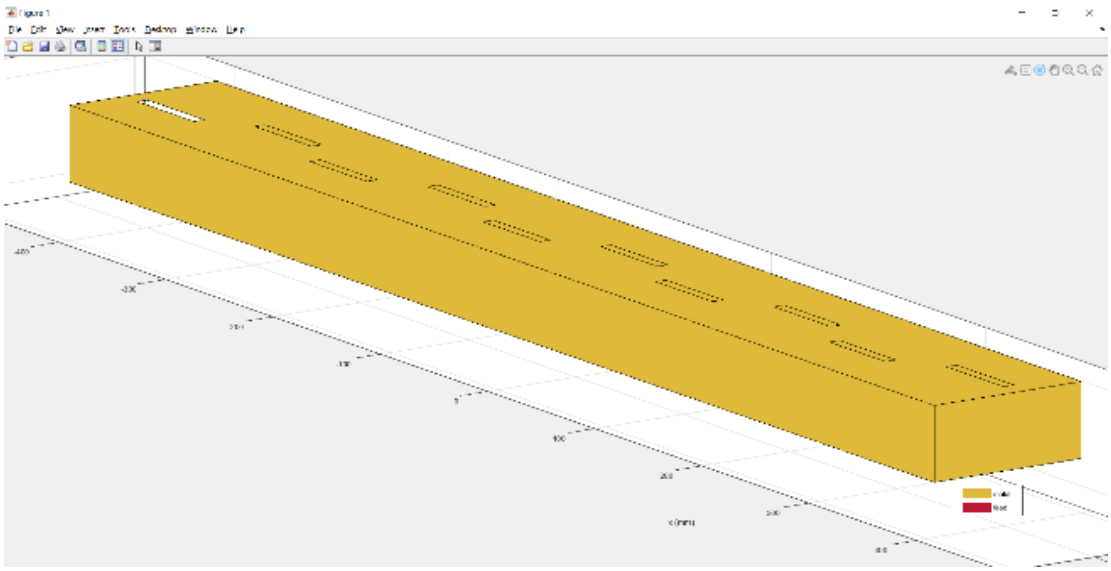
Trong đó:

N: Số khe cắt trên thành ống dẫn sóng;

d: Khoảng cách của hai tâm khe liên tiếp;

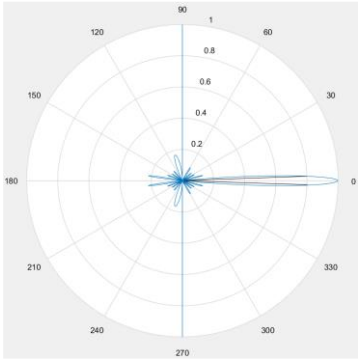
θ: Góc giữa pháp tuyến của tâm thành rộng ống dẫn sóng với hướng khảo sát.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

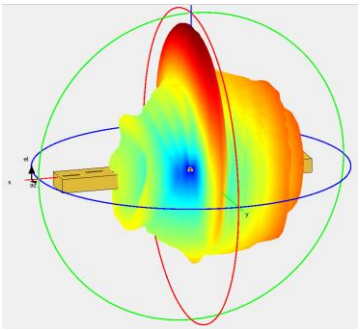


Hình 3. Hệ anten khe đồng pha với số khe là 10

Từ hàm phương hướng chuẩn hóa trên vẽ được đồ thị phương hướng trong không gian 2 chiều và 3 chiều của hệ anten khe đồng pha, tương ứng (Hình 4 và Hình 5).



Hình 4. Đồ thị phương hướng trong không gian 2 chiều của hệ anten khe đồng pha 10 phần tử



Hình 5. Đồ thị phương hướng trong không gian 3 chiều của hệ anten khe đồng pha 10 phần tử

3. Thiết kế, tính toán số lượng khe tương ứng với các dải tần số

Với việc thiết kế, mô phỏng hệ anten khe đồng pha, bài báo khảo sát được đặc tính phương hướng của hệ anten khe. Để phân tích rõ hơn về ảnh hưởng của số khe với độ lợi và trở kháng sóng của anten trên dải băng tần S, nhóm đã tiến hành xét sự thay đổi của số lượng khe sóng N = 4÷24 với tần số công tác F = 2,1÷2,9GHz. Dựa vào sự thay đổi về độ lợi và trở kháng sóng (Bảng 1 & 2), nhận thấy rằng, tại tần số 2,5GHz, độ lợi anten và trở kháng sóng là lớn nhất khi thay đổi tăng số lượng khe lớn hơn 12 khe và ở tần số 2,9GHz độ lợi anten và trở kháng sóng là nhỏ nhất.

Bảng 1. Bảng so sánh giữa trở kháng sóng với số lượng khe tương ứng trên băng tần S

N (số khe)	Max	Min
4	2,4GHz	2,9GHz
8	2,4GHz	2,9GHz
12	2,4GHz	2,9GHz
16	2,5GHz	2,9GHz
20	2,5GHz	2,9GHz
24	2,5GHz	2,9 GHz

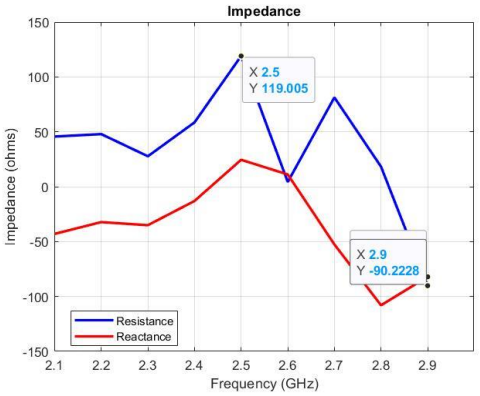
* Với Max, Min là băng tần có trở kháng sóng lớn nhất và nhỏ nhất;

* Với max, min là độ lợi của lớn nhất và nhỏ nhất trên từng băng tần (đơn vị: dBi);

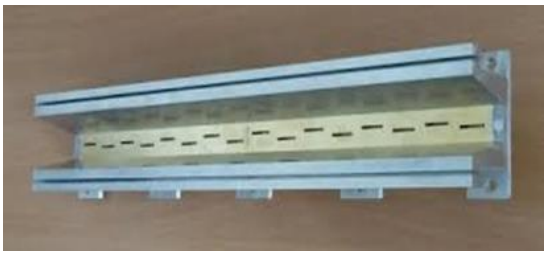
Đồng thời, sau khi so sánh về trở kháng sóng, nhận thấy rằng khi số lượng khe tăng trở kháng sóng được giảm nhỏ. Hình 6 mô tả trở kháng sóng của hệ anten khe với số lượng khe N = 24.

Bảng 2. Bảng so sánh độ lợi với số lượng khe tương ứng trên băng tần S

F \ N		4	8	12	16	20	24
2,1	Max	7,71	10,4	12,7	13,7	14,8	14,8
	Min	-14,3	-17,8	-22,3	-22,3	-31,1	-22,5
2,2	Max	5,46	7,82	10	11,7	12,5	11,8
	Min	-21,3	-22,9	-24,6	-19,9	-25,3	-19,8
2.3	Max	5,54	8,87	11,2	13,8	15,6	15,1
	Min	-21,1	-22,6	-18,9	-20,2	-28,7	-27,9
2,4	Max	11,4	13,8	6,48	9,05	13,1	14
	Min	-25,5	-29,7	-24,3	-22,4	-25,4	-31,8
2,5	Max	5,97	9,32	12,8	14,8	17	18,1
	Min	-28,9	-21,5	-37,9	-22,1	-28,5	-24,7
2,6	Max	6,57	6,53	9,14	11,3	8,59	10,7
	Min	-21,6	-23,7	-24	-18,5	-25,2	-24
2,7	Max	6,55	6,46	7,18	7,06	7,92	10,4
	Min	-18,4	-20,8	-23,9	-28	-27,5	-24,8



Hình 6. Đồ thị trở kháng sóng tương ứng với số khe N=24 trong dải tần 2,1÷2,9GHz



Hình 7. Anten khe ngoài thực tế với số khe là 16

Với yêu cầu của anten radar Hàng hải, độ lợi trung bình nằm trong khoảng 15÷17dBi [2, 5], dựa theo Bảng 2, lựa chọn số khe N=20÷24 khe ở dải tần 2.4÷2.5GHz để anten có thể nhận được độ lợi từ 15÷17dBi và có trở kháng sóng giảm nhỏ.

Hình 7 là hình ảnh anten khe ngoài thực tế với số khe là N=16, tại đó độ lợi anten trên băng tần S đạt được tới 14,8dBi. Khi khảo sát số lượng tăng quá 24 khe thì độ lợi sẽ bị suy giảm do biên độ cực đại phụ tăng mạnh theo lý thuyết anten mảng nói chung.

4. Kết luận

Bài báo đã khảo sát các đặc tính, đồ thị phương hướng của anten khe được sử dụng trong Radar hàng hải. Từ đó, mô phỏng thiết kế một hệ anten khe, tính toán số lượng khe phù hợp với dải tần tương ứng. Với các đặc điểm dễ chế tạo, tính định hướng cao, độ lợi lớn nên anten khe được sử dụng rất phổ biến trong radar hàng hải.

Trên băng tần S, thông qua việc khảo sát đặc tính của hệ anten khe và so sánh giữa trở kháng sóng, độ lợi và số khe với nhau, bài báo đã tính toán được số khe với giải tần số tương ứng, phù hợp. Số khe cụ thể là N = 20÷24 ở dải tần 2.4÷2,5GHz, với được độ lợi anten từ 15÷17dBi và trở kháng sóng giảm nhỏ.

Đối với mỗi dải tần khác nhau sẽ có số lượng khe phù hợp tương ứng để đảm bảo được độ lợi lớn nhất và trở kháng sóng nhỏ. Nhìn chung theo tiêu chí về độ lợi, độ rộng búp sóng và trở kháng sóng của Anten Radar hàng hải thì số lượng khe 20÷24 là phù hợp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.49**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trần Xuân Việt, *Kỹ thuật anten*, NXB Hàng hải, Hải Phòng, 2019.

[2] Trần Đức Inh, *Hệ thống dẫn đường hàng hải*, NXB Hàng hải, Hải Phòng, 2020.

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

[3] Ramprakash K, *Design, Analysis and Fabrication of a Microstrip Slot Antenna, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, Vol.8 Issue-2S December, 2018.

[4] Phan Anh, *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.

[5] Slotted Waveguide Antennas, online: http://www.antenna-theory.com/antennas/aperture/slottedwaveguide2.php?fbclid=IwAR3aewU4-q1QZKa582rO0VDWkAI9WvfHAn8QrJlU8yBlQ_jn9MJlddKMQiI

Ngày nhận bài: 16/01/2021
Ngày nhận bản sửa: 08/02/2021
Ngày duyệt đăng: 25/02/2021

PHÁT HIỆN NGƯỜI ĐEO KHẨU TRANG TRONG THỜI GIAN THỰC

REAL TIME FACE MASK DETECTION

ĐỖ THỊ CHANG[1], NGUYỄN KHẮC KHIÊM[2], TRẦN SINH BIÊN[1*]

[1]Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

[*]Email liên hệ: transinhbien@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Việc đeo khẩu trang nơi công cộng đã góp phần hạn chế được sự lây lan của dịch bệnh Covid 19 trên toàn cầu. Giám sát người dân thực hiện đúng chủ trương, chính sách của Nhà nước trong việc đeo khẩu trang nơi công cộng hoàn toàn có thể được thực hiện một cách tự động. Bằng việc ứng dụng công nghệ máy học và xử lý ảnh, bài báo đã xây dựng chương trình phát hiện người dân có đeo khẩu trang hay không và nhắc nhở những người không đeo khẩu trang bằng giọng nói. Trong đó, nhóm tác giả đã thực hiện thu thập dữ liệu để xây dựng mô hình đào tạo dựa trên mạng nơron tích chập (CNN). Chương trình triển khai trên ngôn ngữ Python và sử dụng một số thư viện mã nguồn mở như OpenCV, Tensorflow, Keras,... Mô hình được đào tạo đạt độ chính xác 98,28% khi tiến hành phát hiện người đeo khẩu trang trên tập dữ liệu thử nghiệm.

Từ khóa: *Covid 19, phát hiện người đeo khẩu trang, mạng nơron tích chập, CNN, Python, Tensorflow, Keras.*

Abstract

Wearing face masks in public has contributed to reducing the global spread of Covid 19. And the supervision of people in accordance with the Government's guidelines and policies in wearing face masks in public can be done automatically. By using machine learning and image processing, we have developed a program to detect whether someone is wearing a face mask or not and remind people who are not wearing face masks by the voice. In particular, the authors collected data to build up a training model based on the convolutional neural network model (CNN). The program is implemented in Python language and uses some open source libraries such as OpenCV, Tensorflow, Keras,... The trsained model achieved 98,28% accuracy when detecting the face mask on the test data set.

Keywords: *Covid 19, face mask detection, convolutional neural network, CNN, Python, Tensorflow, Keras.*

1. Đặt vấn đề

Ngày 11 tháng 3 năm 2020, Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) ra tuyên bố gọi "COVID-19" là "Đại dịch toàn cầu" [1]. Để ngăn chặn tình trạng lây lan nhanh chóng của đại dịch, bên cạnh khuyến nghị mà WHO đưa ra về việc đeo khẩu trang ở nơi đông người, Chính phủ Việt Nam cũng đã yêu cầu người dân phải đeo khẩu trang nơi công cộng để hạn chế sự lây lan của dịch bệnh. Tuy nhiên, để giám sát người dân thực hiện theo đúng chỉ đạo của Chính phủ với những hình thức cũ là khá khó khăn và tốn kém vì thiếu nguồn lực. Nhằm hỗ trợ và nâng cao công tác giám sát và nhắc nhở người dân, nhóm tác giả đã xây dựng chương trình phát hiện người không đeo khẩu trang trong thời gian thực một cách tự động.

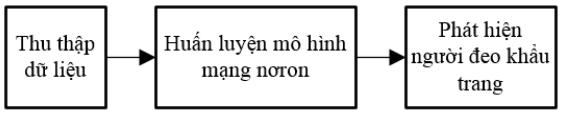
Với sự phát triển nhanh chóng của học sâu, đặc biệt là mạng nơ-ron tích chập (CNN), thị giác máy tính đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong những năm gần đây về nhận dạng và phát hiện đối tượng [2][3]. Một trong những ứng dụng của mạng nơ ron tích chập trong tình hình dịch bệnh đang diễn biến hết sức phức tạp trên toàn thế giới đó là việc xây dựng những hệ thống nhằm giám sát việc đeo khẩu trang của mọi người. Việc phát hiện người đeo khẩu trang bằng kỹ thuật học sâu đã được công bố rất nhiều trong thời gian gần đây. Một nghiên cứu về việc phát hiện người đeo khẩu trang nhằm hạn chế đại dịch Covid 19 trong mạng lưới thành phố thông minh đã được công bố gần đây [4]. Nhóm tác giả Mohammad Marufur Rahman và Md. Motaleb Hossen Manik đã đề cập một hệ thống phát hiện người không đeo khẩu trang một cách tự động và thông báo cho cơ quan có thẩm quyền tương ứng trong mạng thành phố thông minh. Hệ thống sử dụng camera CCTV của thành phố để trích xuất hình ảnh khuôn mặt và những hình ảnh này được sử dụng để xác định mặt nạ trên khuôn mặt. Sau đó, mạng nơron tích chập (CNN) được sử dụng để trích xuất các tính năng từ các hình ảnh đó và đưa ra dự đoán xem người đó có đeo khẩu trang hay không, nếu người đó không đeo khẩu

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

trang, hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn tới các cơ quan có thẩm quyền đề giải quyết.

Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, nhóm tác giả sẽ tiến hành phát hiện người không đeo khẩu trang cũng dựa trên mạng nơ ron tích chập, nhưng thay vì gửi thông tin tới cơ quan giám sát thì hệ thống sẽ đưa ra cảnh báo, trực tiếp nhắc nhở người dân thực hiện đúng việc đeo khẩu trang nơi công cộng bằng giọng nói.

Cấu trúc chương trình gồm 3 bước được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Cấu trúc chương trình

Bước 1: Thu thập dữ liệu: Sử dụng mã nguồn mở OpenCV để phát hiện, lưu trữ 500 bức ảnh của người đeo khẩu trang và 500 bức ảnh của người không đeo khẩu trang.

Bước 2: Sử dụng nguồn dữ liệu đã thu thập được ở bước 1 để huấn luyện mô hình dựa trên mô hình mạng nơron tích chập CNN.

Bước 3: Phát hiện người đeo khẩu trang hay không. Bước này sẽ tiến hành so sánh dữ liệu được trích xuất từ camera (sau khi đã được xử lý dữ liệu đầu vào) với dữ liệu đã được huấn luyện để trích xuất kết quả và cảnh báo bằng giọng nói.

2. Thuật toán của chương trình

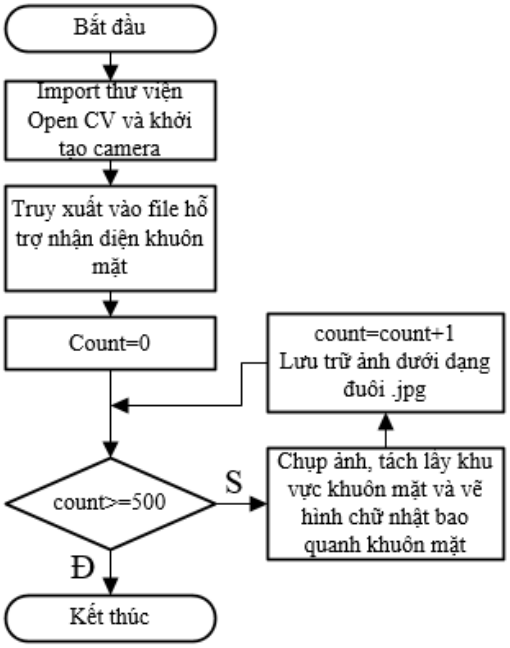
2.1. Thuật toán thu thập dữ liệu

Để thu thập dữ liệu, thay vì lấy nguồn dữ liệu trên mạng, nhóm tác giả đã thực hiện thu thập bằng chương trình được viết trên ngôn ngữ python, sử dụng thư viện mã nguồn mở OpenCV để phát hiện khuôn mặt người. Hình 2 thể hiện thuật toán thu thập dữ liệu.

Dữ liệu sau khi thu thập dưới dạng file ảnh .jpg sẽ được lưu trữ ở hai file riêng biệt: Một file chứa 500 bức ảnh mô tả khuôn mặt đeo khẩu trang và file còn lại chứa 500 bức ảnh mô tả khuôn mặt không đeo khẩu trang. Mỗi file dữ liệu trên sẽ được chia làm hai phần chính nhờ hàm split trong python, bao gồm:

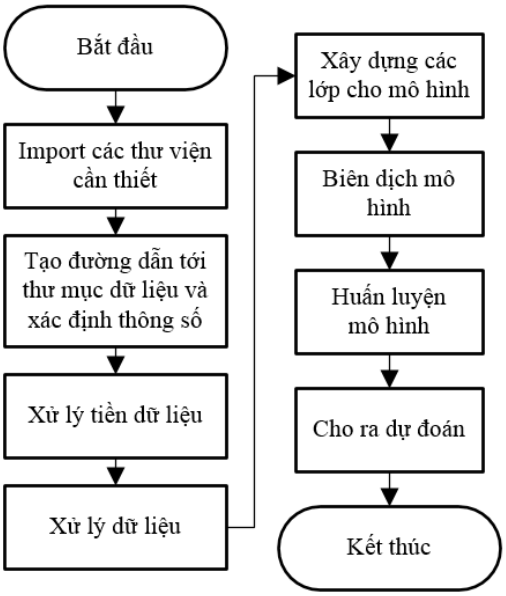
- Tập dữ liệu phục vụ quá trình thử nghiệm cuối cùng - Testing set (chiếm 20%);
- Tập dữ liệu phục vụ quá trình huấn luyện (chiếm 80%), trong đó tập dữ liệu huấn luyện này sẽ tiếp tục được chia thành 2 thành phần trai Training set (chiếm 80% của tập huấn luyện) và Validation set (chiếm 20% của tập huấn luyện) để kiểm thử độ chính xác của mô hình trong quá trình huấn luyện.

Trong quá trình thu thập dữ liệu, điều kiện về ánh sáng của bức ảnh cũng làm ảnh hưởng tới chất lượng tạo mô hình sau này.



Hình 2. Thuật toán thu thập dữ liệu

2.2. Thuật toán huấn luyện mô hình



Hình 3. Thuật toán huấn luyện mô hình

Mô hình hình huấn luyện được xây dựng dựa trên mô hình mạng nơron tích chập CNN với thuật toán trên Hình 3.

2.2.1. Import các thư viện cần thiết

Nhập các thư viện cần thiết như OpenCV, Keras, Numpy (để xử lý dữ liệu), Os (để quản lý file),…

2.2.2. Xử lý tiền dữ liệu và xử lý dữ liệu

Việc tiền xử lý dữ liệu nhằm đưa tất cả các ảnh về cùng kích thước, sau đó các ảnh này sẽ được chuyển đổi để phục vụ cho quá trình xử lý ảnh ở bước sau.

2.2.3. Xây dựng các lớp cho mô hình

Các lớp được xây dựng dựa trên mô hình mạng nơron tích chập CNN (mạng nơron tích chập được thiết kế đặc biệt để xử lý dữ liệu đầu vào). Kiến trúc của CNN có ba phần chính:

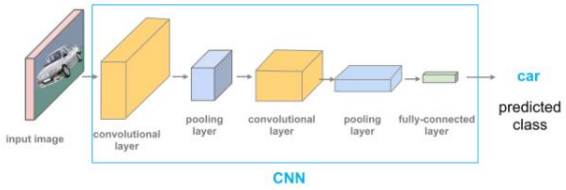
a) Một lớp phức hợp trích xuất các đặc trưng từ một hình ảnh nguồn. Để trích xuất đặc tính từ ảnh ban đầu, ta tiến hành tích chập hai ma trận bao gồm ma trận ảnh nguồn và bộ lọc với kích thước 3x3. Giả sử, Ma trận ảnh đầu vào có kích thước là H1 x W1 x D (H = height, W = width, D = dimension) và bộ lọc (kernel) là H2 x W2 x D thì ma trận đặc điểm ảnh sẽ được xác định theo công thức:

$$\left(\frac{H1-H2+2P}{S}+1\right)\times\left(\frac{W1-W2+2P}{S}+1\right)\times K \quad (1)$$

Trong đó: K là số bộ lọc;
P là bước đệm;
S là bước nhảy của bộ lọc.

b) Một lớp tổng hợp để giảm kích thước của nơron đi và tập trung vào các phần tử quan trọng nhất. Trong phần này ta sử dụng lớp pooling có kích thước (2x2) và sử dụng kiểu max pooling hay lấy giá trị lớn nhất.

c) Một lớp được kết nối đầy đủ làm phẳng các đối tượng được xác định trong các lớp trước đó thành một vectơ và dự đoán xác suất mà hình ảnh có thể thuộc về nhãn nào đó.



Hình 4. Cấu trúc mạng CNN [5]

Ngoài ra, để kích hoạt cho nơron hoạt động ta cần phải xác định hàm kích hoạt cho nó. Trong chương trình được xây dựng, nhóm tác giả đã sử dụng cả hai hàm kích hoạt là ReLu [6] và Softmax [7] với thuật toán được xác định:

ReLU:

$$f(x)=\max(0,x) \quad (2)$$

Softmax:

$$a(z)_j=\frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^{K}e^{z_k}} \text{ với } j=1,\dots,k \quad (3)$$

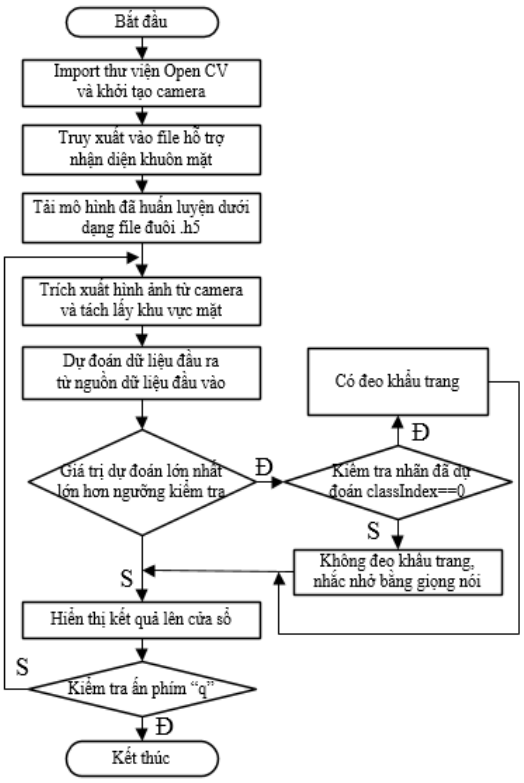
Bảng 1. Các lớp Layer trong mô hình

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 30, 30, 32)	320
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 28, 28, 32)	9248
max_pooling2d_1 (MaxPooling2	(None, 14, 14, 32)	0
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 12, 12, 64)	18496
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 10, 10, 64)	36928
max_pooling2d_2 (MaxPooling2	(None, 5, 5, 64)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 5, 5, 64)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 1600)	0
dense_1 (Dense)	(None, 64)	102464
dropout_2 (Dropout)	(None, 64)	0
dense_2 (Dense)	(None, 2)	130

2.2.4. Biên dịch mô hình

Thực hiện các thuật toán tối ưu và biên dịch chương trình. Để tối ưu mô hình, nhóm tác giả đã sử dụng thuật toán Adam [8] vì yêu cầu ít bộ nhớ, các tham số được biến thiên một cách hiệu quả và ít phải điều chỉnh.

2.3. Thuật toán phát hiện người đeo khẩu trang trong thời gian thực



Hình 5. Thuật toán phát hiện người đeo khẩu trang trong thời gian thực

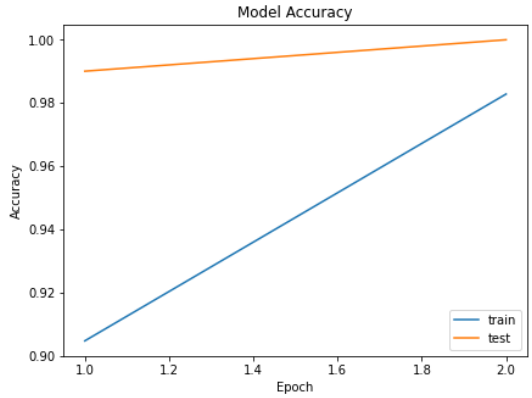
TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Để phát hiện khuôn mặt, nhóm tác giả sử dụng thuật toán phát hiện khuôn mặt Viola-Jones [9] giống như trong chương trình thu thập dữ liệu.

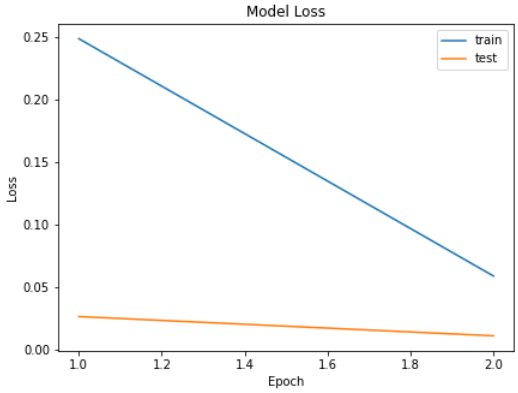
Sau khi ảnh được cắt từ video, nó sẽ được định dạng lại kích thước giống với kích thước của dữ liệu trong mô hình huấn luyện. Sau đó, ảnh này sẽ được chuyển đổi thành những tham số có định dạnh giống mô hình mẫu. Khi đó các tham số sinh ra được từ tập dữ liệu huấn luyện sẽ được sử dụng để thẩm định lại tính thích hợp của mô hình trên tập dữ liệu của hình ảnh vừa được trích xuất. Dựa vào kết quả thu được ta tiến hành hiển thị lên màn hình kết quả người dân có đeo khẩu trang hay không. Nếu người đó không đeo khẩu trang thì sẽ lập tức nhắc nhở người đó đeo khẩu trang thông qua lời nói trực tiếp. Việc nhắc nhở này sẽ được thực thi nhờ sự hỗ trợ của thư viện "pyttxs3" - thư viện hỗ trợ chuyển đổi văn bản thành giọng nói trong python. Thuật toán xây dựng như trong Hình 7.

3. Kết quả

Sau 2 lần training mô hình, độ chính xác (accuracy) của mô hình đã đạt tới 98,28%, độ mất mát (loss) giảm còn 5,88%. Hình 6 và 7 cho thấy dạng đồ thị của độ chính xác và sự mất mát của mô hình.

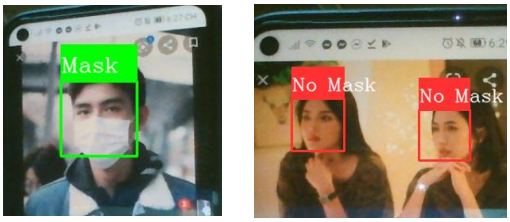


Hình 6. Đồ thị độ chính xác của mô hình

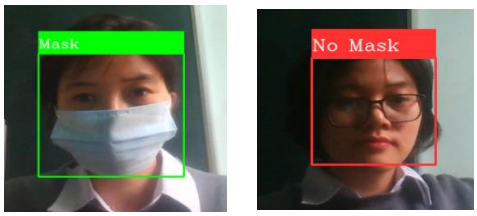


Hình 7. Đồ thị độ mất mát của mô hình

Chương trình đã thực hiện kiểm tra trong nhiều điều kiện khác nhau, bao gồm cả những hình ảnh khuôn mặt được hiển thị trên điện thoại thì vẫn cho ra kết quả khá chính xác như Hình 8 và Hình 9.



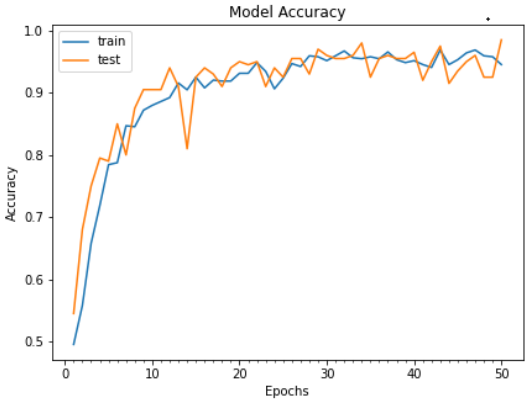
Hình 8. Kết quả khi phát hiện khẩu trang với khuôn mặt người trên điện thoại



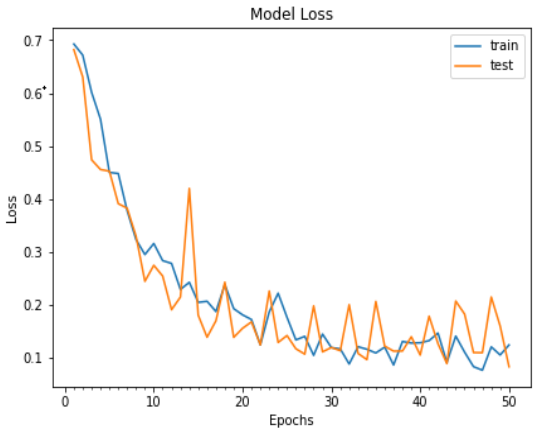
Hình 9. Kết quả khi phát hiện khẩu trang trong thời gian thực

Tuy nhiên, khi điều kiện ánh sáng kém việc phát hiện khẩu trang vẫn chưa thực sự hiệu quả. Chương trình chưa phân biệt được người đeo khẩu trang hay không khi không phát hiện được mặt của chủ thể.

Để đảm bảo tính khách quan, nhóm tác giả cũng đồng thời xây dựng mô hình huấn luyện khác với tập dữ liệu công cộng từ nguồn [10]. Nhóm tác giả chỉ trích xuất lấy lượng dữ liệu với số lượng 500 ảnh người đeo khẩu trang và 500 ảnh người không đeo khẩu trang từ nguồn dữ liệu công cộng. Độ chính xác của mô hình dựa trên tập dữ liệu trích xuất này cũng lên tới 94,53%, độ mất mát giảm còn 12,39% sau 50 epochs. Kết quả này cũng được biểu diễn trên biểu đồ đường như Hình 10 và 11.



Hình 10. Độ chính xác của mô hình dựa trên tập dữ liệu công cộng



Hình 11. Độ mất mát của mô hình dựa trên tập dữ liệu công cộng

Một mô hình phát hiện người đeo khẩu trang dựa trên tập dữ liệu công cộng này (gồm 4095 hình ảnh) cũng đã được công bố gần đây [11] bởi Chandrika Deb với độ chính xác lên tới 98% chỉ sau 20 epochs.

4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng thành công chương trình phát hiện và nhắc nhở người không đeo khẩu trang nhằm hỗ trợ công tác giám sát người dân thực hiện đúng quy định của Chính phủ về việc đeo khẩu trang nơi công cộng. Nhất là vào thời điểm hiện tại, khi tốc độ truyền nhiễm của dịch bệnh chưa có dấu hiệu suy giảm.

Chương trình được viết bằng ngôn ngữ Python và sử dụng một số thư viện mã nguồn mở như OpenCV, Tensorflow, Keras,... Dựa vào những kết quả thu được, ta có thể kết hợp chương trình với các thiết bị phần cứng như Raspberry[12], Arduino[13],… để xây dựng hệ thống giám sát và nhắc nhở người dân đeo khẩu trang ở những nơi đông người như: trung tâm thương mại, trường học,…

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] VnExpress, *Đại dịch thay đổi thế giới năm 2020, 16/12/2021.*

<https://vnexpress.net/dai-dich-thay-doi-the-gioi-nam-2020-4207154.html>

[2] Liu Y, Sun P, Highsmith M R, et al. *Performance comparison of deep learning techniques for recognizing birds in aerial images*, 2018 IEEE Third International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). IEEE, pp.317-324, 2018.

[3] Wenxuan Han; Zitong Huang; Alifu. kuerban; Meng Yan; Haitang Fu, *A Mask Detection Method for Shoppers Under the Threat of COVID-19 Coronavirus*, 2020 International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning (CVIDL), 2020.

[4] Mohammad Marufur Rahman, Md. Motaleb Hossen Manik, *An Automated System to Limit COVID-19 Using Facial Mask Detection in Smart City Network*, 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), 2020.

[5] Cezanne Camacho, 2018, *Convolutional Neural Networks.*

<https://cezannec.github.ios/Convolutional_Neural_Networks/>

[6] Richard HR Hahnloser, Rahul Sarpeshkar, Misha A Mahowald, Rodney J Douglas, and H Sebastian Seung, *Digital selection and analogue amplification coexist in a cortex-inspired silicon circuit*". Nature 405, 6789, 2000.

[7] Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. *6.2.2.3 Softmax Units for MultinoulliOutput Distributions.* Deep Learning. MIT Press. pp.180-184. ISBN 978-0-26203561-3. 2016.

[8] Diederik P. Kingma, Jimmy Ba, *Adam: A method for Stochastic Optimization*, at the 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego, 2015.

[9] P. Viola and M. J. Jones, *Robust real-time face detection*, Int. J. Comput. Vision, Vol.57, No.2, pp.137-154, May 2004.

[10] GitHub-Chandrika Deb. [Online]. Available: https://github.com/chandrikadeb7/Face-Mask-Detection/tree/master/dataset, accessed on: Jan. 7, 2021.

[11] GitHub-Chandrika Deb. [Online]. Available: *https://github.com/chandrikadeb7/Face-Mask-Detection#face-mask-detection*.

[12] Gay, Warren, Book *Raspberry Pi Hardware Reference*, Apress, 2014.

[13] Leo Louis, *Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research*, International Journal of Control, Automation, Communication and Systems 1, 2016.

Ngày nhận bài:	19/01/2021
Ngày nhận bản sửa:	28/01/2021
Ngày duyệt đăng:	18/02/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

MÔ PHỎNG SỰ CỐ TRÀN DẦU TRÊN BIỂN BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU RENDER TEXTURE LÊN MỘT BỀ MẶT

SIMULATION AN OIL SPILL AT SEA BASED ON RENDER TEXTURE PROJECTION TECHNIQUE

ĐỖ VĂN CƯỜNG*, TRẦN GIA NINH
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: dovancuong@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Trong bài báo này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp lưới hình học để mô phỏng sóng biển và chiếu Render texture lên bề mặt sóng nhằm tạo ra hình ảnh vệt dầu loang trên bề mặt biển bằng phần mềm Unity3D. Đây là một phương pháp mới, hiệu năng của chương trình mô phỏng cao, không yêu cầu cấu hình máy tính cao và có thể mô phỏng diện tích của vệt dầu loang trên một phạm vi rộng, rất phù hợp cho việc tích hợp vào các chương trình mô phỏng để huấn luyện cho thuyền viên và sinh viên trên các buồng mô phỏng của trường Đại học và Cao đẳng chuyên ngành liên quan đến hàng hải và bảo vệ môi trường biển.

Từ khóa: *Render texture, Unity3D, tràn dầu, mô phỏng.*

Abstract

In this paper, we used the geometric method to render waves and projected the Render texture on the wave surface to simulate the oil film at sea by the Unity3D game engine. We provided a new method, very quickly, does not require high computer configuration and can simulate a large area of the oil spill over a wide range, very suitable for integration into the simulator system to educate and train crews and students in the simulators of Maritime Universities and Colleges which related the major in navigation and environmental protection.

Keywords: *Render texture, Unity3D, oil spill, simulation.*

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh nền kinh tế toàn cầu phát triển một cách nhanh chóng, việc vận chuyển và khai thác dầu mỏ ngày càng gia tăng cả về số lượng và quy mô. Theo thống kê của Liên đoàn các chủ tàu chở dầu quốc tế (ITOPF) tính từ năm 1970 tới 2019 đã có 5.86 triệu tấn dầu bị tràn ra biển [1]. Hậu quả của những vụ tràn dầu xảy ra trên biển đối với chúng ta là vô cùng nghiêm trọng và khủng khiếp, do vậy việc xây dựng các chương trình mô phỏng ứng phó khẩn cấp các tình huống tràn dầu, nâng cao năng lực ứng phó khẩn cấp và giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản trong quản lý an toàn là vô cùng quan trọng. Một chương trình mô phỏng sự cố tràn dầu có rất nhiều ưu điểm: (1) dễ dàng kiểm tra và dự đoán hướng di chuyển và diện tích của vệt dầu, có thể tùy ý thay đổi các điều kiện thời tiết và môi trường; (2) xác thực độ tin cậy của kế hoạch dự phòng trong ứng phó khẩn cấp; (3) chỉ ra những tồn tại và khiếm khuyết tiềm ẩn trong kế hoạch khẩn cấp để sửa đổi và cải thiện thêm; (4) không cần tốn kém nhiều chi phí để thực tập, diễn tập ngoài thực địa và không phụ thuộc vào các điều kiện thời tiết.

Việc xây dựng chương trình mô phỏng tràn dầu trên hệ thống 2 chiều đã được nhiều nhà khoa học quan tâm và thực hiện. Vũ Duy Vĩnh [2] đã sử dụng mô hình Delft3D để mô phỏng quá trình lan truyền dầu trên sông Bạch Đằng, tuy nhiên độ chính xác của mô hình phụ thuộc vào việc chia lưới và các dữ liệu hình học đầu vào như bản đồ địa hình, mực nước và thủy văn. Dư Văn Toán, Nguyễn Quốc Trinh [3] đã sử dụng mô hình số trị để mô phỏng một số kịch bản tràn dầu ở khu vực Đông Nam Bộ, điểm hạn chế của phương pháp là chỉ cung cấp các thông tin ngắn hạn (2, 3 ngày) khi có sự cố tràn dầu xảy ra. Trần Duy Kiều [4] sử dụng mô hình MIKE để xây dựng mô hình nguy cơ tràn dầu cho vùng biển Phú Quốc, cũng giống như mô hình của Vũ Duy Vĩnh, mô hình Mike cũng bị phụ thuộc vào tính chính xác của việc phân chia lưới và các dữ liệu địa hình. Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Quang Vinh [5] sử dụng phương pháp mô phỏng tràn dầu ngược thời gian trên khu vực Biển Đông, tuy nhiên để kiểm chứng độ chính xác cần có các kết quả thực nghiệm để so sánh, hạn chế của mô hình là sự biến đổi của vệt dầu lớn và cần cải thiện độ chính xác định lượng. Hiện nay, để xây dựng một chương trình mô phỏng thực tế ảo VR (Virtual Reality) là một lĩnh vực mới ở trong nước và trên thế giới. Reed và cộng sự [6] đã sử dụng mô hình OSCAR cung cấp một công cụ để đánh giá định lượng, khách quan về các chiến lược ứng phó sự cố tràn dầu. Công ty TRANSAS đã sử dụng mô hình PISCES tích hợp trong hệ thống mô

phỏng NTPRO5000 để mô phỏng quá trình ứng phó các sự cố tràn dầu 3D trong khu vực cảng và trên biển, mô hình này áp dụng phương pháp dán các Texture lên bề mặt biển sau đó dùng Shader để tạo ra các hiệu ứng chuyển động của dầu. Lehr [7] và cộng sự đã sử dụng mô hình GULKSLIK để mô phỏng các tình huống tràn dầu ngoài khơi vịnh Ả rập, điểm hạn chế của phương pháp là vẫn chưa dự đoán được sự thay đổi của tỷ trọng dầu trong quá trình mô phỏng mà thay bằng các dữ liệu thực nghiệm.

Trong lĩnh vực đồ họa máy tính, để mô phỏng chất lỏng chúng ta có thể chia ra làm hai phương pháp: phương pháp hình học và phương pháp vật lý. Phương pháp hình học dựa trên việc chia vật thể thành các lưới hình học (tam giác, tứ giác), sau đó sẽ kết xuất hình dạng của chất lỏng ra màn hình. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, nhanh chóng, không cần đòi hỏi cấu hình phần cứng máy tính cao. Phương pháp vật lý dựa vào các phương trình tính toán đối với chất lỏng không nén được để giải quyết bài toán tính chuyển động các phần tử của chất lỏng, điển hình là dựa vào phương trình Navier-Stokes. Tuy nhiên phương pháp này sẽ làm chậm chương trình mô phỏng nếu số lượng phần tử chất lỏng lớn và yêu cầu cao hơn về cấu hình phần cứng máy tính. Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi sẽ sử dụng phương pháp hình học để thể hiện hình dạng của vệt dầu, sau đó dùng công nghệ chiếu Render Texture của Unity3D để mô phỏng hình ảnh vệt dầu trên mặt biển. Phương pháp này cho hiệu quả cao, thỏa mãn yếu tố thời gian thực (Real-time), có thể mô phỏng lượng dầu tràn trên diện tích lớn và thể hiện được quá trình phân tách màng dầu thành những vệt dầu nhỏ hơn, điều mà các nghiên cứu trước đây chưa thực hiện được hoặc ở mức độ đơn giản hơn.

2. Mô hình toán học quá trình dầu tràn

Về mặt toán học, sau khi dầu tràn ra biển nó sẽ trải qua các quá trình lan rộng, trôi dạt, và sau một vài ngày sẽ là quá trình phong hóa. Quá trình phong hóa có tính đến các quá trình bay hơi và lắng đọng. Tuy nhiên, mô hình tràn dầu của chúng tôi được tích hợp trong hệ thống mô phỏng ứng phó khẩn cấp tràn dầu trên biển nên các hành động ứng phó sẽ ngay lập tức được triển khai, do đó sẽ không tính đến quá trình phong hóa mà chỉ tính đến hai quá trình: lan rộng và trôi dạt. Ở giai đoạn đầu, chúng tôi sử dụng quan điểm của Lehr [8] để tính toán hình dạng và diện tích của màng dầu, vệt dầu dưới tác động của gió sẽ lan rộng dưới dạng hình elip. Quá trình trôi dạt dưới tác động của gió sẽ được tính đến để dự đoán hướng di chuyển của màng dầu trên biển.

2.1. Quá trình lan rộng

Màng dầu sẽ ngay lập tức lan rộng về diện tích khi nó bị tràn ra trên mặt nước. Theo thuyết cổ điển của Fay [9] thì sự lan tràn của màng dầu được mô tả dưới dạng hình tròn trên mặt nước yên tĩnh, tức là chưa xét tới ảnh hưởng của các điều kiện gió, thủy triều. Lehr, trong các nghiên cứu của mình đã tính đến yếu tố gió, dòng chảy và đã tính toán diện tích màng dầu dưới dạng hình elip với các bán trục lớn và bán trục nhỏ. Diện tích của màng dầu có thể được tính theo công thức sau:

$$A = (\pi / 4)QR \tag{1}$$

Dựa trên thực nghiệm, bán trục lớn và bán trục nhỏ có thể được tính toán dựa vào thể tích, thời gian, mật độ chất lỏng, khi đó (1) có thể viết lại như sau:

$$A = 2270\left[\frac{\Delta\rho}{\rho_0}\right]^{\frac{2}{3}} V^{\frac{2}{3}} t^{\frac{1}{2}} + 40\left[\frac{\Delta\rho}{\rho_0}\right]^{\frac{1}{3}} V^{\frac{1}{3}} W^{\frac{4}{3}} t \tag{2}$$

$$A_{max} = 10^5 V^{\frac{3}{4}} \tag{3}$$

Trong đó: A là diện tích màng dầu (m2); Amax là diện tích lớn nhất màng dầu (m2); V là thể tích dầu bị tràn (barrel); W là tốc độ gió (knot); t là thời gian (phút); ρ_0 là khối lượng riêng của dầu; $\Delta\rho$ là biến thiên khối lượng riêng nước biển - dầu; Q là bán trục nhỏ; R là bán trục lớn;

2.2. Quá trình trôi dạt và phân tách

Khi dầu bị tràn ra biển, quá trình lan rộng và trôi dạt sẽ diễn ra đồng thời. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến tốc độ trôi dạt và độ chính xác của việc dự đoán đường đi của vệt dầu là gió, sóng và dòng chảy bề mặt. Ngoài ra, dưới tác động của các yếu tố này, màng dầu bị xé ra thành những mảnh nhỏ hơn. M.Fingas [10] trong các nghiên cứu của mình đã khẳng định nếu tràn dầu xảy ra ở khu vực cảng hoặc ven bờ và tốc độ gió không quá 10km/h thì gió sẽ ảnh hưởng khoảng 3% và dòng chảy là 100% tới tốc độ trôi dạt. Hình 1 thể hiện ảnh hưởng của gió và dòng chảy tới hướng trôi dạt của dầu. Chúng tôi đã phân chia màng dầu thành hàng ngàn hạt dầu nhỏ có kích thước tùy ý, sau đó sự dịch chuyển của màng dầu được tính toán dựa trên sự di chuyển của các hạt dầu đó. Vận tốc trôi dạt của hạt thứ i được tính theo công thức sau:

$$\frac{dX_i}{dt} = V_{drift}(x_i, y_i, t) + V_{diff}(x_i, y_i, t) \tag{4}$$

Trong đó: $X_i(x_i, y_i)$ là vị trí của hạt thứ i; V_{diff} là

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

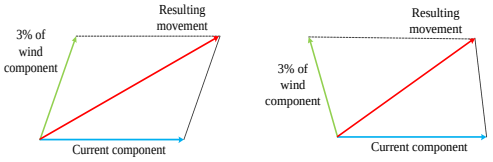
tốc độ phân tán; t là thời gian (*s*).

$$V_{drift}(x_i, y_i) = a_w V_w(x_i, y_i) + a_c V_c(x_i, y_i) \quad (5)$$

Trong đó, V_w là tốc độ gió tại 10m trên mặt nước biển; V_c là tốc độ dòng chảy; a_w = 0,03 là hệ số gió; a_c = 1<0 là hệ số dòng chảy.

$$V_{diff}(x_i, y_i) = V_{drift} R_n e^{i\alpha_n} \quad (6)$$

Trong đó: $R_n \left[-1,1\right]$ là hệ số; $\alpha_n \left[0,\pi\right]$ là góc lệch; V_{drift} là tốc độ dạt.



a) Xuôi gió *b) Ngược gió*

Hình 1. Ảnh hưởng của gió và dòng chảy

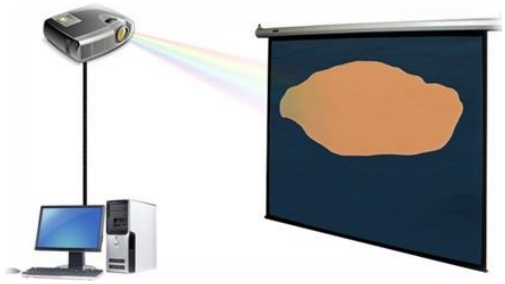
3. Mô phỏng thực tế ảo tràn dầu bằng kỹ thuật chiếu Render Texture

3.1. Tính mới của phương pháp

Hiện nay các nghiên cứu về tràn dầu đa phần chỉ tập trung ở các nghiên cứu về mặt toán học, tức là tính toán các chỉ số liên quan đến đặc tính lý hóa của dầu. Việc nghiên cứu thực tế ảo 3D tràn dầu sẽ không chỉ đưa ra các dự đoán về hướng di chuyển của dầu mà nó còn cho một cái nhìn trực quan, sinh động về hình ảnh tràn dầu trên biển, rất phù hợp với xu thế hiện nay. Phương pháp thực tế ảo chúng tôi sử dụng ở đây dựa trên phép chiếu Render Texture trong nền tảng Unity3D. Đây là phương pháp chưa từng được sử dụng trong việc mô phỏng sự cố tràn dầu ở các nghiên cứu trước.

Kỹ thuật của phương pháp này như sau: đầu tiên chúng tôi sẽ mô phỏng màng dầu dựa trên phương pháp Marching cube và Metaball, sau đó chúng tôi sẽ dùng phương pháp chiếu khung cảnh chuyển động màng dầu 3D này lên mặt biển, kết quả thu được một chương trình mô phỏng màng dầu 3D trên biển. Chúng tôi sử dụng Unity 3D Shader để hiển thị màu sắc của màng dầu và sự phản chiếu ánh sáng. Shader là một phương pháp có hiệu suất tính toán cao hơn khi sử dụng card đồ họa bằng lập trình song song, mặc dù hai phương pháp này đều thuộc kiểu lập trình trên GPU (Graphics Processing Unit).

3.2. Kỹ thuật chiếu Render Texture



Hình 2. Kỹ thuật chiếu kết cấu

Về cơ bản, kỹ thuật Render texture sử dụng trong Unity 3D cũng tương tự như nguyên lý của một máy chiếu, xem Hình 2. Trong quá trình chiếu kết cấu, phần quan trọng nhất là tính toán tọa độ kết cấu. Việc xác định tọa độ kết cấu phụ thuộc chủ yếu vào yếu tố hình học và vị trí của máy chiếu. Phép chiếu có thể được tương tự hóa như một máy chiếu, bản đồ kết cấu giống như một màn hình. Đặc biệt, chúng ta cần đặt đúng vị trí và góc chiếu cho máy chiếu theo màn hình thích hợp, sau đó nhập kết cấu hình chiếu vào máy chiếu sau khi chuyển đổi. Quy trình thực hiện cụ thể như sau:

a. Tạo một camera máy chiếu để chiếu; khởi tạo các cài đặt tương ứng bao gồm hướng chiếu, góc chiếu và phối cảnh. Hướng chiếu phụ thuộc vào vị trí màn hình của bạn.

b. Thực hiện biến đổi ma trận khung nhìn cho kết cấu dầu; có được tọa độ tương đối của kết cấu trong hệ tọa độ khung nhìn của camera. Khi đầu vào được đặt, quá trình này có thể được kích hoạt để chuyển thành hệ tọa độ cục bộ của nó từ hệ tọa độ thế giới.

c. Thực hiện biến đổi ma trận hình chiếu cho kết cấu được xử lý từ bước cuối cùng; thu được tọa độ tương đối trong hệ tọa độ chiếu camera. Bước này liên quan đến việc điều chỉnh máy chiếu theo mức độ và góc nhìn để đảm bảo tạo ra hình ảnh phù hợp cho màn hình.

d. Chuẩn hóa tọa độ kết cấu từ hai lần biến đổi cuối cùng và tạo ra kết quả để hiển thị. Việc chuẩn hóa nhằm đảm bảo rằng thuật toán không phụ thuộc vào thiết bị.

Như được mô tả bởi (7), kết cấu thu được được chuẩn hóa và đầu ra được chuyển đổi sang hệ tọa độ thế giới.

$$M_{world} = P.M_{norm}.M_{proj}.M_{view}$$
$$M_{norm} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Trong đó, M_{world} là tọa độ kết cấu trong hệ tọa độ thế giới; P là tọa độ kết cấu trong hệ tọa độ địa phương; M_{norm} là ma trận chuẩn hóa; M_{proj} là ma trận chiếu; M_{view} là ma trận khung nhìn.

4. Thực hiện mô phỏng thực tế ảo sự cố tràn dầu trên biển

4.1. Quy trình thực hiện

Biểu đồ trực quan sự cố tràn dầu dựa trên phép chiếu kết cấu được thể hiện trong Hình 3. Quá trình chiếu được thực hiện theo các bước sau:

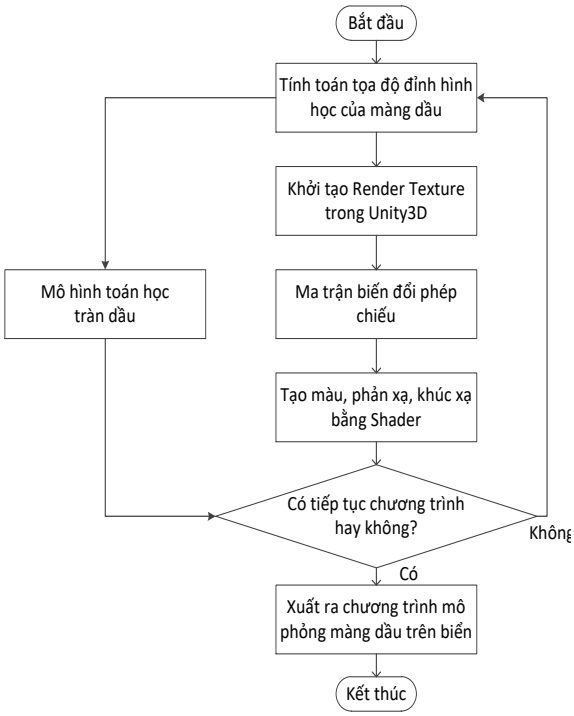
a. Xác định tọa độ của từng đỉnh theo mô hình tràn dầu;

b. Tạo ra hình ảnh chuyển động 3D của dầu bằng Render texture trong Unity3D;

c. Thực hiện biến đổi ma trận khung nhìn và ma trận phép chiếu, đưa kết quả biến đổi vào phép chiếu;

d. Sử dụng Shader để tạo màu cho vệt dầu và quá trình phản xạ, khúc xạ ánh sáng;

e. Xuất ra chương trình mô phỏng 3D màng dầu trên biển.



Hình 3. Quy trình thực hiện mô phỏng

4.2. Kết quả mô phỏng

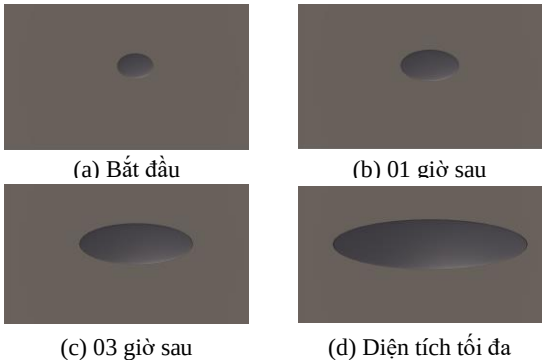
Trong quá trình lan rộng và trôi dạt ban đầu, mô hình Lehr và mô hình Hoult đã được áp dụng để tính toán diện tích tràn dầu. Để mô phỏng và hiển thị đặc tính và hành vi của màng dầu trên thiết bị đầu ra, mô hình được thử nghiệm trên máy tính để bàn có cấu hình như sau:

- Chipset: Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.40 GHz;
- Card đồ họa: NVIDIA Quadro K620;
- Bộ nhớ RAM: DDR4 8GB;
- CPU: 4 nhân, 8 luồng.

Mô hình sự cố tràn dầu ba chiều được thực hiện bằng phần mềm Unity 3D, mã nguồn được viết bằng ngôn ngữ C# tích hợp với nền tảng Microsoft Visual Studio 2013. Bài viết này đã tái hiện lại sự cố tràn dầu xảy ra tại khu vực biển Vịnh Bắc bộ. Thông tin về vụ tràn dầu sử dụng trong mô hình được liệt kê như sau:

- Thời điểm: ngày 04 tháng 07 năm 2020
- Vị trí tràn dầu: khu vực biển Vịnh Bắc bộ
- Thể tích dầu tràn: 1000 m^3
- Khối lượng riêng của dầu: ρ_0 = 806 kg/m^3
- Khối lượng riêng nước biển: ρ_w = 1025 kg/m^3
- Tốc độ gió ở độ cao 10m so với mặt nước biển: W_{10} = 0.5 m/s

Đầu tiên, sự phát triển của vết dầu trong giai đoạn Lehr được thực hiện, trong giai đoạn này, vết dầu chỉ đơn giản là tăng diện tích của hình elip, với trục chính và trục nhỏ có thể được tính toán dựa trên phương trình (1) và (2). Unity 3D được sử dụng để hình dung màng dầu ba chiều trên biển, mô hình chia khoảng thời gian thành lúc mới bắt đầu tràn, 01 giờ sau, 03 giờ sau và diện tích tràn dầu đạt mức tối đa, xem Hình 4.



(a) Bắt đầu (b) 01 giờ sau

(c) 03 giờ sau (d) Diện tích tối đa

Hình 4. Mô hình tràn dầu theo lý thuyết của Lehr

Khi màng dầu lan rộng đến diện tích tối đa (được tính toán theo phương trình 3), chúng tôi sẽ mô phỏng quá trình phân tách màng dầu thành những phần nhỏ hơn. Thuật toán Marching Cube (MC) được áp dụng để tái tạo lại bề mặt đẳng thế của từng hạt, mỗi hạt

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

được coi là một Metaball hiển thị dạng bề mặt đẳng thế, xem Hình 5. Để tạo các hiệu ứng như phản xạ, khúc xạ, màu sắc trung thực, đạt hiệu quả mô phỏng thời gian thực tốt nhất, tác giả đã sử dụng Unity3D Shader được viết bằng ngôn ngữ "ShaderLab", nó là một dạng ngôn ngữ lập trình trên GPU thay vì được viết trên CPU như thông thường. Kết quả của chương trình mô phỏng được tác giả minh họa trong Hình 6.

Hình 5. Tái tạo bề mặt dầu bằng thuật toán MC

Hình 6. Mô phỏng 3D tràn dầu trên biển

Hiện nay có rất ít nghiên cứu mô phỏng thực tế ảo trong tràn dầu trên biển. Ren Hong Xiang [11] đã thực hiện mô hình 3D trực quan hóa sự cố tràn dầu, sử dụng mô hình hạt dầu để mô phỏng vệt dầu loang bị chia thành các phần nhỏ hơn trên mặt nước, tuy nhiên, Ren đã coi các hạt là những hình trụ nhỏ có cùng kích thước. Trong mô hình lan rộng, Ren sử dụng phương trình Fay để tính toán diện tích tràn dầu tại một khoảng thời gian, kết quả là vệt dầu được biểu diễn dưới dạng một vòng tròn trên mặt nước. Một số hạn chế cũng được bộc lộ khi sử dụng công thức của Fay, khiến mô hình dự báo sự cố tràn dầu có độ chính xác thấp. Yu Feng [12] cũng nghiên cứu mô hình tràn dầu bằng hình ảnh 3D trên biển, sử dụng công thức của Fay cho mô hình lan rộng, nhưng hoàn toàn không sử dụng mô hình hạt, điều này dẫn đến việc mô hình của Yu không đáp ứng được việc chia vệt dầu thành các phần nhỏ hơn.

5. Kết luận và triển vọng

Bài báo này đã thực hiện mô phỏng thực tế ảo hình ảnh tràn dầu trên biển bằng việc chiếu Render texture trên một bề mặt khác. Mô hình toán học tràn dầu được tính toán dựa trên lý thuyết của Lehr và Fingas để tính toán và dự đoán sự lan rộng và trôi dạt của màng dầu trên biển, sau đó sử dụng phần mềm Unity3D để hiển thị quá trình dầu loang trên biển tại khu vực Vịnh Bắc bộ. Mô hình có thể mô phỏng với hiệu năng cao, đảm bảo yếu tố thời gian thực (Real-time), có thể mô phỏng quá trình phân tách của vệt dầu thành các mảnh nhỏ hơn, mô phỏng lượng dầu tràn trên diện tích lớn.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả mong muốn tiếp tục phát triển sản phẩm để mô hình dầu loang có thể tương tác với các phao quây dầu và các tàu thu gom dầu trên biển, có như vậy mô hình của chúng tôi mới có thể ứng dụng được một cách đầy đủ trong phòng mô phỏng hàng hải để thực hiện các bài diễn tập ứng cứu khi có sự cố tràn dầu trên biển xảy ra để huấn luyện cho sinh viên và thuyền viên của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam và các đơn vị có nhu cầu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.05**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] ITOPF. Oil Tanker Spill Statistics 2019, Jan.2019. https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/.

[2] Vũ Duy Vĩnh, *Mô phỏng quá trình lan truyền dầu khi xảy ra sự cố tràn dầu tại khu vực cửa sông Bạch Đằng*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Công nghệ Môi trường năm, tr.290-298, 2007.

[3] Dư Văn Toán, Nguyễn Quốc Trinh, *Mô phỏng một số kịch bản lan truyền dầu vùng biển Đông Nam Bộ*, Tạp chí Dầu khí: 8, tr.52-57, 2013.

[4] Trần Duy Kiều, *Nghiên cứu mô phỏng nguy cơ lan truyền vệt dầu trong sự cố tràn dầu trên vùng biển Phú Quốc*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Số 52, tr.44-51, 2016.

[5] Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Quang Vinh, *Nghiên cứu và phát triển mô phỏng dầu tràn ngược thời gian trên khu vực Biển Đông*, Tạp chí Dầu khí, tr.60-68, 2018.

[6] M. Reed, O.M Aamo, P.S Daling. *Quantitative analysis of alternative oil spill response strategies using OSCAR*. Spill Science and Technology Bulletin, Vol.2(1), pp.67-74, 1995.

[7] W.J Lehr, M. Belen, H.M Cekirge, N. Gunay, *GULFSLIK - an oil spill modeling program for the Arabian Gulf*. Proceedings of the Conference on Marine Environment and Pollution, pp.263-275, 1982.

[8] Lehr W J, Cekirge H M, Fraga R J, et al. *Empirical studies of the spreading of oil spills*. Oil and Petrochemical Pollution, Vol.2, pp.7-12, 1984.

[9] Fay J. A. *The spread of oil slicks on a calm sea*. Oil on the Sea, New York: Ed. Plenum Press, pp.53-63, 1969.

[10] M.Fingas, *Chapter 8 - Introduction to spill modeling*, pp.187-200, 2015.

[11] H. Ren et al., *3D Real-Time Rendering of Continuous Oil Spill on Simulated Ocean*, Journal of System Simulation, Vol.20, No.19, pp.5117-5120, 2008.

[12] Yu Feng et al., *Real-time Visualization and Simulation of Oil Spill Based on Physical Model*, Journal of System Simulation, Vol.20, pp.313-315, 2008.

Ngày nhận bài: 31/01/2021
Ngày nhận bản sửa lần 01: 20/02/2021
Ngày nhận bản sửa lần 02: 07/3/2021
Ngày duyệt đăng: 18/3/2021

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

TÍNH LƯỢNG KHÍ THẢI TỪ ĐỘI TÀU VẬN TẢI BIỂN VIỆT NAM

CALCULATING THE VOLUME OF EMISSIONS FROM VIETNAMESE SHIPPING FLEET

PHAN VĂN HƯNG[1*], NGUYỄN MINH ĐỨC[2]

[1]Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**Email liên hệ: phanvanhung@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Vận tải biển với những ưu thế vượt trội về khối lượng và quãng đường vận chuyển đã và đang đóng vai trò quan trọng của nền kinh tế toàn cầu. Với hơn 90.000 tàu thương mại, có tổng trọng tải 1,86 tỷ DWT, vận chuyển hơn 80% khối lượng hàng hóa thương mại toàn cầu. Cùng với sự phát triển kinh tế đất nước, ngành hàng hải cũng đang có sự chuyển biến mạnh mẽ, phát triển đội tàu vận tải biển với 1.276 tàu, tổng trọng tải đạt 8,716 triệu DWT. Hoạt động hàng hải cũng phát thải khí độc hại gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường và khí hậu toàn cầu. Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) đã thực hiện nhiều nỗ lực để nhằm xây dựng khung pháp lý và kỹ thuật trong việc kiểm soát và giảm thiểu phát thải khí độc hại từ tàu biển như Phụ lục VI MARPOL 73/78, các hướng dẫn xây dựng khung pháp lý. Hơn nữa, Việt Nam đã cam kết thực hiện thỏa thuận Paris (COP24). Vì vậy, tính toán lượng khí thải độc hại từ tàu biển Việt Nam đang là đòi hỏi cấp thiết. Trong bài viết này, phương pháp tính sẽ được phân tích và lựa chọn để tính lượng khí thải từ tàu biển Việt Nam. Kết quả tính toán cho thấy, trong năm 2019 đội tàu vận tải biển Việt Nam đã phát thải 4,03 ngàn tấn CO_2, 66,27 tấn NO_X, 34,47 ngàn tấn SO_X, 5,29 ngàn tấn PM. Kết quả này là nền tảng để nghiên cứu, xây dựng lộ trình quốc gia và kế hoạch hành động để kiểm soát khí thải từ đội tàu biển Việt Nam.

Từ khóa: *Khí thải độc hại, đội tàu vận tải biển Việt Nam, CO_2, NO_X, SO_X.*

Abstract

Shipping with outstanding advantages in volume and distance is playing an important role in the global economy. With more than 90,000 commercial ships, with a total tonnage of 1.86 billion DWT, transport more than 80% of global commercial cargo. Along with the economic development of the country, the maritime industry is also undergoing strong changes, developing a fleet of shipping ships with 1,276 ships, total tonnage of 8,716 million DWT. Marine activities also emit emissions, causing negative impacts on the global environment and climate-change. The International Maritime Organization (IMO) has made many efforts to develop a legal and technical framework for controlling and reducing emissions from ships such as Annex VI MARPOL, Guidelines for building legal framework. Furthermore, Vietnam has committed to implementing the Paris Agreement (COP24). Therefore, calculating emissions from Vietnamese ships is an urgent requirement. In this article, the calculation method will be analyzed and selected to calculate the emissions from Vietnamese ships. Calculation results show that, in 2019, Vietnam's shipping fleet has emitted 4.03 thousand tons of CO_2, 66.27 tons of NO_X, 34.47 tons of SO_X, 5.29 thousand tons of PM. This result is the foundation for researching and building a national stratergy and a national action plan to control emissions from Vietnam's shipping fleet.

Keywords: *Ship emissions, Vietnam's Shipping fleet, CO_2, NO_X, SO_X.*

1. Đặt vấn đề

Vận chuyển hàng hóa bằng đường biển là một trong những hoạt động quan trọng của nền kinh tế toàn cầu, với các ưu thế vượt trội về khối lượng và quãng đường vận chuyển. Theo thống kê (UNCTAD, 2017), với hơn 90.000 tàu thương mại, có tổng trọng tải 1,86 tỷ DWT, vận tải biển là phương thức vận chuyển hơn 80% khối lượng hàng hóa thương mại thế giới hàng năm.

Cùng với quá trình đó, hoạt động hàng hải cũng phát thải khí nhà kính và các loại khí thải độc hại khác, gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường và khí hậu toàn cầu. Theo các nghiên cứu về phát thải khí nhà kính năm 2014, vận tải hàng hải thải ra khoảng 1 tỷ

tấn CO_2 mỗi năm, chiếm 3% lượng khí thải nhà kính toàn cầu từ quá trình đốt cháy nhiên liệu và dự báo, đến năm 2050, lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động hàng hải có thể tăng từ 50% đến 250%. Ngoài ra, hoạt động hàng hải cũng gây ra 12% lượng thải khí oxit lưu huỳnh (SO_X) và khoảng 13% lượng thải khí nitơ oxit (NO_X) trên phạm vi toàn cầu [1, 2].

Đối phó với các tác động tiêu cực do khí thải từ hoạt động hàng hải, IMO đã thực hiện nhiều nỗ lực nhằm xây dựng khung pháp lý và kỹ thuật trong việc kiểm soát và giảm thiểu phát thải khí thải từ tàu biển, cụ thể là:

- Thông qua Phụ lục VI Công ước quốc tế về ngăn ngừa ô nhiễm từ tàu (MARPOL) cùng các sửa đổi (có hiệu lực từ ngày 01/01/2013) thiết lập các giới hạn đối với khí thải NO_X, sử dụng nhiên liệu lưu huỳnh thấp (giảm phát thải SO_X), và yêu cầu thực hiện các biện pháp kỹ thuật và vận hành bắt buộc đối với tất cả các tàu từ 400 GT trở lên để tăng cường hiệu quả năng lượng.

- Thông qua Nghị quyết MEPC.304 (72) năm 2018 về Chiến lược IMO ban đầu cho việc giảm phát thải khí nhà kính GHG từ tàu, với mục tiêu giảm tổng phát thải GHG hàng năm ít nhất 50% vào năm 2050 so với năm 2008 [2].

Trong những năm qua, cùng với sự phát triển kinh tế đất nước, ngành hàng hải Việt Nam đang có sự hồi phục mạnh mẽ, với đội tàu biển Việt Nam hiện có 1.276 tàu và trên 8,716 triệu DWT tải trọng. Với vai trò và trách nhiệm ngày càng tăng với cộng đồng quốc tế, Việt Nam đang từng bước tham gia và hiện thực hóa các cam kết chung về giảm thiểu phát thải khí thải từ hoạt động hàng hải [3, 5].

Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định phê duyệt kế hoạch thực hiện các Phụ lục III, IV, V, VI Công ước MARPOL 73/78, trong đó nêu rõ các nhiệm vụ rà soát hệ thống luật quốc gia, đánh giá hiện trạng ô nhiễm do hoạt động hàng hải, nghiên cứu các biện pháp kiểm soát, giảm phát thải từ tàu, nâng cao năng lực thực thi, cùng các nhiệm vụ khác tiến tới áp dụng đầy đủ các Phụ lục Công ước MARPOL 73/78.

Sau khi ký kết Thỏa thuận Paris, theo đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC), Việt Nam đã cam kết mục tiêu đến 2030 sẽ giảm 9% tổng lượng phát thải GHG so với kịch bản phát triển thông thường (BAU) bằng nguồn lực trong nước. Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Kế hoạch thực hiện Thỏa thuận Paris về biến đổi khí hậu tại Quyết định số 2053/QĐ-TTg ngày 28/10/2016.

Bộ Giao thông vận tải đã ban hành Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu và tăng trưởng xanh giai đoạn 2016-2020 tại Quyết định số 1456/QĐ-BGTVT ngày 11/5/2016, trong đó xác định mục tiêu phát triển giao thông vận tải theo hướng bền vững, thân thiện với môi trường, giảm phát thải khí nhà kính, kiểm kê phát thải khí nhà kính từ các hoạt động giao thông vận tải.

Vì vậy, tính toán hiện trạng phát thải khí thải từ hoạt động của đội tàu vận tải biển Việt Nam là yêu cầu cấp thiết hiện nay. Chỉ khi có dữ liệu về lượng phát thải của đội tàu biển Việt Nam làm cơ sở thì chúng ta mới có thể xây dựng chiến lược quốc gia về giảm phát thải khí thải từ hoạt động của đội tàu biển Việt Nam. Hiện nay, có nhiều phương pháp tính lượng khí thải từ tàu biển. Vì vậy, trong bài viết này tác giả sẽ đi phân tích các phương pháp tính và lựa chọn phương pháp phù hợp để tính lượng khí thải tàu biển Việt Nam.

2. Các phương pháp tính

Khí thải tàu biển có thể được tách ra thành khí thải tàu biển trên vùng biển quốc tế, vùng biển thuộc chủ quyền quốc gia ven biển và khi tàu trong cảng biển. Các phương pháp luận khác nhau sau đây để ước tính lượng khí thải từ tàu biển đã được đánh giá bởi Gommers và cộng sự (2007) [4]:

Phương pháp MEET: Dự án châu Âu về Phương pháp luận để ước tính phát thải chất ô nhiễm không khí từ giao thông vận tải (MEET) mô tả một phương pháp tính toán lượng phát thải từ tàu biển, trong số các phương pháp luận cho các phương thức vận tải khác (MEET, 1999).

Phương pháp ENTEC: ENTEC UK Limited đã thực hiện một nghiên cứu thay mặt cho Ủy ban châu Âu, để định lượng trong số những thứ khác mà tàu phát thải khí SO_2, NO_X, CO_2 và hydrocacbon, trong năm 2000, ở Biển Bắc, Biển Ailen, Kênh Anh Quốc, Biển Baltic và Địa Trung Hải. Đối với chất ô nhiễm dạng hạt PM, họ mới chỉ định lượng lượng phát thải trong cảng (điều động, bốc dỡ và gia nhiệt).

Phương pháp EMS: Dự án 'Đăng ký và giám sát khí thải trong vận chuyển' (EMS) (Emisseregistratie en Monitoring Scheepvaart) được thực hiện bởi dịch vụ cố vấn Hà Lan về giao thông và vận tải (DVS) (trước đây gọi là Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) (đơn vị thực hiện chính), bởi Lệnh của Tổng cục vận tải hàng hóa. Mục đích của dự án là lập bản đồ các lượng khí thải khác nhau từ các tàu biển khi vận chuyển nội địa cho Hà Lan.

Phương pháp TREMOVE: Transport & Mobility Leuven đã đưa vận chuyển hàng hải vào mô hình vận tải TREMOVE của họ. Mô hình tính toán lượng

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

khí thải từ tàu biển với phương pháp luận do ENTEC thiết lập.

Phương pháp TRENDS: là phương pháp vận chuyển và hệ thống cơ sở dữ liệu môi trường. Các tác giả của TRENDS đã thiết lập một phương pháp luận để xác định lượng khí thải từ bốn phương thức vận tải quan trọng nhất (vận tải đường bộ, đường sắt, vận tải biển, hàng không). Mô-đun trong nghiên cứu Tiêu thụ năng lượng và phát thải chất ô nhiễm không khí từ vận tải Đường sắt và Hàng hải dựa trên TRENDS. Trong ARTEMIS, việc tính toán lượng khí thải từ tàu biển dựa trên phương pháp luận TRENDS.

Với dữ liệu về năm thành phần khác nhau của đội tàu được thu thập, có thể tính toán hoặc ước tính mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải của tàu, tùy thuộc vào tính sẵn có và chất lượng của dữ liệu. Việc này được khuyến nghị thực hiện cho từng thành phần trong số năm thành phần khác nhau của đội tàu, vì điều này sẽ giúp xác định thành phần nào phù hợp với quốc gia về mức tiêu thụ nhiên liệu và khí thải.

Tuy nhiên, các phương pháp được nhiều chuyên gia và quốc gia ven biển đánh giá cao và áp dụng là ba phương pháp (Bảng 1) do IMO đề xuất để tính toán/ước tính mức tiêu thụ nhiên liệu và khí thải của tàu [1, 2]. Các phương pháp này có mức độ phức tạp, độ tin cậy và khả năng phân tách lượng khí thải khác nhau và phân bổ chúng cho các lĩnh vực khác nhau của đội tàu.

Phương pháp A, (Top-down) từ trên xuống - dữ liệu/thống kê bán nhiên liệu hàng hải.

Phương pháp B (Bottom-up 1), từ dưới lên 1 - dữ liệu do chủ tàu/người khai thác báo cáo.

Phương pháp C (Bottom-up 2), từ dưới lên 2 - dữ liệu về hoạt động vận chuyển và các mô hình tiêu thụ năng lượng. Với các ưu điểm vượt trội và phù hợp với cơ sở dữ liệu hạn chế tại Việt Nam, phương pháp C từ dưới lên được lựa chọn để tính lượng khí thải từ hoạt động của đội tàu biển Việt Nam trong nghiên cứu này (Bảng 1).

Khảo sát đội tàu biển Việt Nam, gần như chưa có động thái nào về việc thu thập báo cáo lượng tiêu thụ nhiên liệu tàu biển trước 2019. Yêu cầu của IMO cho công tác này bắt đầu từ ngày 01/01/2019, do vậy đa số các chủ tàu còn chưa thực sự quan tâm. Ngoài ra, đa số các chủ tàu đều có xu hướng chọn phương pháp báo cáo tiêu thụ nhiên liệu thủ công bằng phiếu biên nhận, lý do vì chi phí thấp không tốn kém trong việc nhập khẩu các thiết bị đo từ nước ngoài. Trong nghiên cứu này, dữ liệu được thu thập được trong năm 2019 dựa trên báo cáo từ các chủ tàu.

3. Tính lượng khí thải từ đội tàu biển Việt Nam

Theo phương pháp C, các yếu tố phát thải được tính toán dựa trên các nghiên cứu của IMO (2009 và 2014), cho phép ước tính lượng khí thải từ lượng tiêu hao nhiên liệu (HFO MDO) với hàm lượng các thành phần trong từng loại nhiên liệu, kết hợp với hệ số phát thải được điều chỉnh theo công suất máy. Phương pháp được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Xác định các yếu tố phát thải cơ sở, công thức tính

Các yếu tố, thành phần khí thải được tính đến bao gồm:

- CO_X (Cacbon Ôxít);
- NO_X (Nitơ Ôxít);
- SO_X (Lưu huỳnh Ôxít);
- PM (Bụi mịn);
- CO (Carbon monoxide);
- CH_4 (Mêtan);
- N_2O (Dinitơ monoxit);

Bảng 1. So sánh phương pháp tính toán lượng khí thải tàu biển và dự báo phát thải

Thành phần đội tàu	Khả năng tính toán		
	Phương pháp A	*Phương pháp B*	*Phương pháp C*
1. Đội tàu đăng ký mang cờ quốc tịch	Không	Không	Có
2. Đội tàu nội địa	Có	Có (nếu hoạt động thì cũng được báo cáo)	Có
3. Đội tàu dịch vụ quốc gia phục vụ vận tải quốc tế	Có (độ chính xác thấp)	Có (nếu hoạt động thì cũng được báo cáo)	Có
4. Đội tàu đi qua lãnh hải quốc gia	Không	Không	Có
5. Đội tàu thuộc sở hữu quốc gia	Không	Không	Có

Nguồn:[IMO GHG, 2014]

• NMVOC (các hợp chất dễ bay hơi không metan - non-methane volatile organic compounds).

Công thức tính và cách tính hệ số các yếu tố phát thải trong nghiên cứu này được tham khảo từ IMO GHG [1,2] phương pháp "C" như sau:

CO_2 *g/kWh = 3.114 g CO_2/g nhiên liệu* x *SFOC hệ số phát thải* (1)

Tổng lượng phát thải khí thải CO_2 từ tàu biển được tính toán dựa trên lượng tiêu hao nhiên liệu và hệ số đốt cháy nhiên liệu cơ bản theo IMO (GHG lần thứ 3, 2014): FO là 3.11400g/g nhiên liệu và DO là 3.20600g/g nhiên liệu.

NOx

- Tiêu chuẩn NO_X IMO Tier 1: n (rpm) trong khoảng:

n < 130: NO_X *g/kWh* = 17,0

n = 130 - 1999: NO_X *g/kWh = 45* x $n^{(-0.20)}$

n ≥ 2000: NO_X *g/kWh = 9,8*

- Tiêu chuẩn NOx IMO Tier 2 n (rpm) trong khoảng:

n < 130: NO_X *g/kWh* = 14,4

n = 130 - 1999: NO_X *g/kWh = 45* x $n^{(-,.23)}$

n ≥ 2000: NO_X *g/kWh = 7,7*

SOx *g/kWh = SFOC g nhiên liệu/kWh* x *2* x *0,97753* x *% lưu huỳnh* (2)

Trong đó 0,97753 là hệ số nhiên liệu có lưu huỳnh chuyển đổi SO_X và 2 là tỉ lệ của trọng số SO_X và S.

PM

- Đối với nhiên liệu HFO:

PM g/kWh = 1,35 + SFOC g nhiên liệu/kWh x *7* x *0,02247* x *(hệ số S - 0,0246)* (3)

- Đối với nhiên liệu MDO/MGO:

PM g/kWh = 0,23 + SFOC g nhiên liệu/kWh x *7* x *0,02247* x *(hệ số S – 0,024)* (4)

CH_4 *g/kWh = NMVOC EF g/kWh* x *0,02* (5)

N_2O *g/kWh = 0,16* x *SFOC g nhiên liệu/kWh/1000* (6)

Bước 2: Quy đổi các hệ số

Chuyển đổi năng lượng - yếu tố phát thải cơ sở (g chất ô nhiễm/kWh) sang nhiên liệu - yếu tố phát thải EF (g chất ô nhiễm/ g nhiên liệu tiêu thụ) [2] sử dụng công thức sau:

$$EF_{cs} = \frac{\text{EFcs (g chất ô nhiễm/kWh)}}{\text{SFOCcs (g nhiên liệu/kWh)}} \quad (7)$$

Trong đó: EF_{cs} là trích dẫn yếu tố phát thải,

SFOCcs là SFOC kết hợp với trích dẫn yếu tố phát thải.

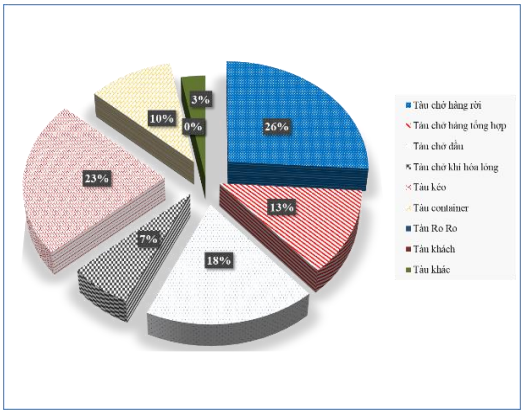
Bước 3: Sử dụng FCFs để áp dụng tính

$$EF_{tt} = EF_{CS} \times FCF \quad (8)$$

Trong đó: EF_{tt} tính theo g chất ô nhiễm/g nhiên liệu.

Bước 4: Xác định hệ số quy đổi của các yếu tố

Trong nghiên cứu này, căn cứ số liệu tiêu hao nhiên liệu và đặc trưng kỹ thuật của tàu biển được cung cấp từ Cục Đăng kiểm Việt Nam (Bảng 2), các hệ số cơ sở của các yếu tố phát thải được tham khảo theo IMO GHG lần 3, 2014 (Bảng 3) [5, 6] và phương pháp tính nêu trên, ta tính tổng lượng khí thải CO_2 đội tàu biển Việt Nam chạy tuyến quốc tế phát thải năm 2019 là 2.660,364 tấn.



Hình 1. Phát thải CO_2 từ tàu biển chạy tuyến quốc tế năm 2019

Bảng 2. Số liệu thống kê lượng tiêu thu nhiên liệu của tàu biển Việt Nam năm 2019

TT	Danh mục tàu biển	Dung tích (1000GT)	Tổng trọng tải (tấn)	Công suất máy (CV)		Lượng tiêu thu nhiên liệu trong năm (tấn)	
				Máy chính	Máy phụ	DO	FO
A	Tàu biển chạy tuyến quốc tế	3362600,4	5185770,7	2369810,6	584989,8	229926,8	617423,0
B	Tàu biển chạy tuyến nội địa	473824,0	829532,5	688852,6	96447,4	214344,9	38188,7
	Tổng	**3836424,4**	**6015303,2**	**3058663,2**	**681437,2**	**214344,9**	**38188,7**

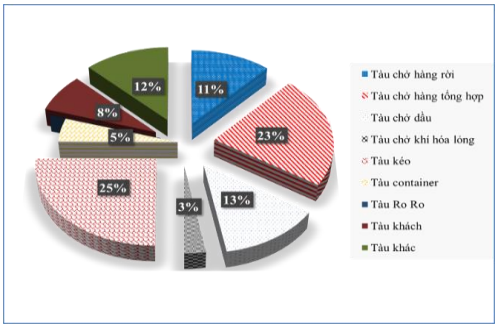
Nguồn: Cục Đăng kiểm Việt Nam, 2020 [5]

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Trong đó tàu chở hàng rời chiếm 26% tổng lượng khí thải từ hoạt động của đội tàu vận tải biển Việt Nam (Hình 1), theo sau đó là lượng khí thải từ tàu kéo chiếm 23% tổng lượng khí thải CO_2 phát thải từ hoạt động của tàu biển Việt Nam. Nhóm tàu chở dầu và tàu Container là những nhóm tàu đang được định hướng phát triển trong giai đoạn hiện nay cũng đóng góp lượng khí thải không nhỏ, lần lượt là 18% và 10% lượng CO_2 phát thải từ tàu biển Việt Nam. Đối với tàu biển chạy tuyến nội địa phát thải lượng CO_2 trong năm 2019 là 1.368,378 tấn.

Bảng 3. Xác định hệ số quy đổi các yếu tố

Hệ số quy đổi EF	**HFO** kg/tấn NL	**MDO/MGO** kg /tấn NL	**Tham khảo**
CO_2	3,114	3,206	IMO, GHG 2014
NO_X	78.46 (SSD) 52,09 (MSD)	-	IMO, GHG 2014
SO_X	52.77 (SSD) 52,79(MSD)	9,76 (MDO 0,5%) 2,64 (MDO 0,15%)	Mass balance
PM	7,28 (SSD) 6,65 (MSD)	1,82 (MDO 0,5%) 1,24 (MDO 0,1%)	EPA, 2007
CO	2,77 (SSD) 2,51 (MSD)	-	EPA, 2007
CH_4	0,06 (SSD) 0,05 (MSD)	-	IVL, 2004
N_2O	0,16 (SSD) 0,16 (MSD)	-	EPA, 2014
NMVOC	3,08 (SSD) 2,33 (MSD)	-	ENTEC, 2002



Hình 2. Tỉ lệ phát thải CO_2 theo loại tàu biển Việt Nam năm 2019

Tổng lượng khí thải CO_2 của đội tàu biển đăng ký mang cờ quốc tịch Việt Nam năm 2019 là 4.028,742 tấn. Hình 2 thể hiện tỉ lệ phát thải CO_2 giữa các loại tàu trong năm 2019. Trong đó, tàu chở hàng tổng hợp phát thải CO_2 lớn nhất, 1.141,830 tấn chiếm 25% tổng lượng phát thải CO_2 của đội tàu. Xếp thứ hai là tàu container phát thải 983,311 tấn CO_2 trong năm 2019.

4. Kết luận

Để thực hiện các cam kết của Chính phủ trong Thỏa thuận Paris (COP24) và nghĩa vụ quốc gia thành viên của Phụ lục VI, Công ước MARPOL về ô nhiễm khí thải từ tàu biển, Việt Nam cần xây dựng chiến lược quốc gia về giảm thiểu phát thải khí thải quốc gia nói chung và giảm phát thải khí thải từ hoạt động của tàu biển nói riêng. Với lượng khí thải phát thải từ tàu biển Việt Nam trong năm 2019 là hơn 4,03 ngàn tấn CO_2, hơn 66,267 tấn NO_X, hơn 34,472 tấn SO_X,... Kết quả này được kỳ vọng là cơ sở quan trọng để các nhà hoạch định chính sách, các nhà nghiên cứu, phát triển các chính sách, chiến lược giảm phát khí thải từ tàu biển nói riêng và giảm phát thải khí nhà kính nói chung để đảm bảo cam kết của Chính phủ và nghĩa vụ quốc gia được thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO). *Second IMO GHG Study 2009*. London, 2015.

[2] Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO). *Third IMO GHG Study 2014*. London, 2015.

[3] NM. Cuong and PV. Hung. *An analysis of available solutions for commercial vessels to comply with IMO strategy on low sulphur.* Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping, Vol.4:2, pp.40-47, 2020.

[4] Gommers, A., Verbeeck, L., Van Cleemput, E., Schrooten, L., De Vlieger, I., (*Monitoring Programme on Air Pollution from Sea-Going Vessels- MOPSEA*. Research Financed by BELSPO, Brussels. 2007.

[5] Cục Đăng kiểm Việt Nam (VR). *Báo cáo thống kê lượng tiêu thụ nhiên liệu tàu biển theo thông tư 48/2017/TT-BGTVT năm 2019.* 2020.

[6] Cục Đăng kiểm Việt Nam (VR). *Dữ liệu tàu biển Việt Nam đến ngày 31/12/2020*. Truy cập website: http://xm.vr.org.vn/TaubienVR/

Ngày nhận bài: 16/01/2021
Ngày nhận bản sửa lần 01: 26/01/2021
Ngày nhận bản sửa lần 02: 22/02/2021
Ngày duyệt đăng: 08/3/2021

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN KHÍ TƯỢNG ĐẾN HÀM LƯỢNG PM_{10} VÀ $PM_{2.5}$ TRONG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH CAO TỐC PHÁP VÂN - CẦU GIẼ

RESEARCH ON THE EFFECTS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS TO CONCENTRATION OF PM10 AND PM2.5 IN THE ATMOSPHERE ON PHAP VAN - CAU GIE HIGHWAY

TRƯƠNG VĂN TUẤN*, BÙI ĐÌNH HOÀN, NGUYỄN XUÂN SANG

Viện Môi trường, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: tuantv.vmt@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường, độ ẩm không khí và tốc độ gió đến hàm lượng PM_{10} và $PM_{2,5}$ trong không khí với khu vực thực địa là đường Cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ. Phần mềm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) hỗ trợ hoạt động phân tích thống kê và phần mềm Origin đã được sử dụng. Kết quả cho thấy, có mối tương quan thuận giữa độ ẩm không khí và hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với hệ số tương quan lần lượt là r = 0,68 và r = 0,7.

Từ khóa: *Hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$, độ ẩm không khí, nhiệt độ môi trường, tốc độ gió.*

Abstract

In this study, we studied the effects of ambient temperature, air humidity and wind speed to PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations in the air with the field area is Highway Phap Van - Cau Gie. SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) software supports statistical analysis and Origin software were used. The results show that there is a positive correlation between the air humidity and the PM_{10} and $PM_{2.5}$ content with the correlation coefficients of r = 0.68 and r = 0.7, respectively.

Keywords: *Concentration of PM_{10} and $PM_{2.5}$, air humidity, ambient temperature, wind speed.*

1. Mở đầu

Ô nhiễm không khí dạng PM_{10} và $PM_{2.5}$ đã được xác định là hai trong số những chất gây ô nhiễm không khí nghiêm trọng nhất trên toàn cầu nói chung và khu vực Đông Nam Á nói riêng, trong đó có Việt Nam [1].

Tỉ lệ cơ giới hóa cao của Việt Nam trong thập kỷ qua, dẫn đến giao thông đường bộ trở thành nguồn ô nhiễm môi trường không khí ở các khu vực đô thị hóa. Khi kết hợp khí tượng, giao thông và quy hoạch đô thị không phù hợp điều kiện trong Thành phố, ô nhiễm không khí với mức độ cao được hình thành. Trong đó phần lớn do các chất ô nhiễm độc hại thải ra cùng với khí thải của xe, đặc biệt là PM_{10} và $PM_{2.5}$ có ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người, tích tụ lâu ngày sẽ làm tăng nguy cơ phát bệnh ở hệ hô hấp, hệ tim mạch, hệ tuần hoàn và cả hệ sinh sản của con người [2].

PM_{10} là chất dạng hạt lơ lửng, ở thể rắn hoặc lỏng, có đường kính từ 10 micromet trở xuống. Sự khác biệt giữa PM_{10} và $PM_{2.5}$ chỉ là vấn đề kích thước [3].

Trong những thập kỷ gần đây, các nguyên nhân điển hình của sự gia tăng PM_{10} và $PM_{2.5}$ đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu. Trong đó có chỉ ra rằng ô nhiễm không khí xung quanh cũng chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các yếu tố khí tượng. Các yếu tố thời tiết/khí hậu đóng vai trò quan trọng không chỉ trong quá trình lan truyền vật lý của chất ô nhiễm trong không khí mà còn ảnh hưởng đến cả quá trình biến đổi hóa học của chúng, đặc biệt phụ thuộc vào nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ mặt trời [4].

Hiện nay, có hai phương pháp tiếp cận được sử dụng rộng rãi để xác định hàm lượng và thành phần phân tán của các hạt lơ lửng trong không khí: Phân tích trọng lượng và phân tích quang học. Phương pháp trọng lượng là phương pháp phân tích tuyệt đối không yêu cầu xác định hàm hiệu chuẩn. Ưu điểm chính của nó là khả năng xác định trực tiếp hàm lượng khối lượng của các hạt lơ lửng mà không bị ảnh hưởng của các đặc tính vật lý và hóa học của nó đến kết quả đo. Một nhược điểm và hạn chế đáng kể của phương pháp trọng lượng là không thể xác định hàm lượng tức thời trong chế độ đo liên tục [5]. Trong nghiên cứu này, hàm lượng PM_{10} $PM_{2.5}$ được phân tích bằng phương pháp quang học dựa trên việc đo cường độ ánh sáng bị tán xạ bởi các hạt lơ lửng, hay nói cách khác là đánh

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

giá độ trong suốt của dòng không khí có một thể tích nhất định đi qua máy dò.

2. Phương pháp nghiên cứu

Quá trình thực hiện nghiên cứu, các phương pháp nghiên cứu được sử dụng:

Phương pháp lấy mẫu hiện trường: Các số liệu về hàm lượng PM_{10} $PM_{2.5}$ và các thông số điều kiện khí tượng thủy văn được đo tại 4 vị trí (Hoàng Mai, Thanh Trì, Thường Tín, Phú Xuyên) trong tất cả các tháng của năm 2020; thiết bị đo khí tượng với các thông số nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, hướng gió bằng máy đo Lutron LM8000A. Thiết bị được sử dụng để đo hàm lượng các hạt lơ lửng là máy đo DustTrak II 8530EP (Hãng sản xuất TSI, USA). Các thiết bị ghi dữ liệu 2 lần trong 1 giờ, mỗi lần cách nhau 30 phút.

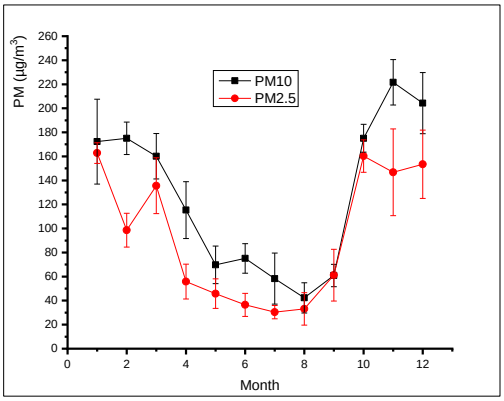
Phương pháp xử lý số liệu: Sử dụng Independent Samples T-Test - là một thử nghiệm thống kê kiểm định xem có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các đối tượng trong hai nhóm thống kê.

Trong nghiên cứu có sử dụng phần mềm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) hỗ trợ hoạt động phân tích thống kê, để đánh giá mối tương quan có ý nghĩa thống kê giữa hàm lượng PM_{10} $PM_{2.5}$ và các thông số điều kiện khí tượng thủy văn.

3. Kết quả và thảo luận

Sự phát tán của các chất ô nhiễm trong không khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố, nhưng các thông số khí tượng là quyết định [6]. Đối với hầu hết các nguồn ô nhiễm không khí, khi sự nghịch đảo nhiệt độ mạnh kết hợp với điều kiện gió yếu (<1 – 2m/s) thì gần như không ảnh hưởng nhiều đến sự lan truyền của các hạt lơ lửng [7].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xác định các điều kiện thông số khí tượng có ảnh hưởng đến kết quả đo thực địa về hàm lượng có PM_{10} và $PM_{2.5}$ trên Cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ: 1) Các điều kiện khí tượng thuận lợi (cho sự lắng có PM_{10} và $PM_{2.5}$) bao gồm gió yếu - vừa, lượng mưa lớn, độ ẩm cao; 2) Điều kiện khí tượng bình thường (điều kiện thường xuyên ở Hà Nội) thuận lợi (cho sự lắng PM_{10} và $PM_{2.5}$) bao gồm gió yếu - vừa, có mây - mưa, độ ẩm vừa - cao; 3) Các điều kiện khí tượng bất lợi bao gồm gió mạnh - trung bình, thời tiết khô kéo dài, độ ẩm thấp - trung bình. Kết quả đo cho thấy hàm lượng của PM_{10} và $PM_{2.5}$ trong điều kiện khí tượng thuận lợi đối với $PM_{2.5}$ - 33.5 ± 19µg/m^3 và đối với PM_{10} - 58.6 ± 17,2µg/m^3, trong điều kiện khí tượng bình thường - đối với $PM_{2.5}$ - 61,8 ± 6,3µg/m^3, và theo PM_{10} - 158,4 ± 19,4µg/m^3, trong điều kiện khí tượng bất lợi - theo $PM_{2.5}$ - 150 ± 20,2µg/m^3 và theo PM_{10} - 180 ± 56,5µg/m^3. Kết quả cho thấy, xu hướng biến động của PM_{10} và $PM_{2.5}$ có giá trị cao nhất trong các tháng từ tháng 10 đến tháng 3, thấp hơn trong các tháng chuyển mùa gồm tháng 4 và tháng 9, thấp nhất trong các tháng từ tháng 5 đến tháng 8 (Hình 1).



Hình 1. Hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ trên cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ năm 2020

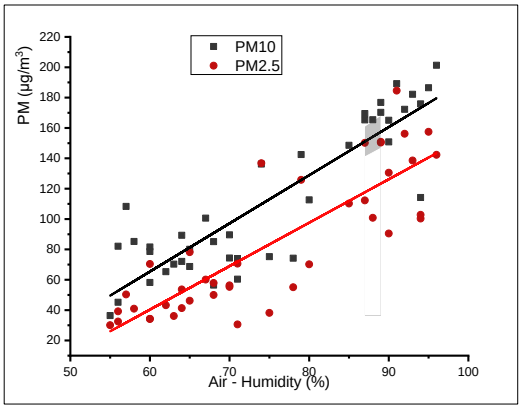
Trong quá trình thực địa trên Cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ, chúng tôi cũng nhận thấy, hàm lượng của PM_{10} và $PM_{2.5}$ cũng thay đổi khá lớn trong ngày. Hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ thường cao vào các giờ cao điểm vào buổi sáng (7-9h) và buổi chiều (18-19h), giảm thấp nhất vào buổi trưa (12-14h) và ban đêm (sau 23h).

Hiện tại, Việt Nam đang áp dụng QCVN 05:2013/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh [8], tuy nhiên trong đó không quy định giá trị giới hạn cho hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ trung bình đo được trong khoảng thời gian 1 giờ. Vì vậy, với phương pháp nghiên cứu thực hiện trong bài báo này, chúng tôi không có cơ sở để đánh giá so với QCVN 05:2013/BTNMT đã được ban hành.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng đã sử dụng phương pháp phân tích tương quan hồi quy để đánh giá mối tương quan cụ thể giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với các thông số tốc độ gió, nhiệt độ môi trường và độ ẩm không khí. Quá trình thực hiện từ tháng 01 đến tháng 12/2020 với tổng cộng 41 mẫu. Kết quả đo thu được hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ trung bình của các lần đo lần lượt là 113 ± 48µg/m^3 và 83,3 ± 45,6µg/m^3, độ ẩm trung bình là 75 ± 13,5%, tốc độ gió trung bình là 2,6 ± 1,2m/s, nhiệt độ trung bình: 27,9 ± 5,2^{0}C. Biểu thị kết quả đánh giá được thể hiện trong Hình 2, Hình 3 và Hình 4 dưới đây.

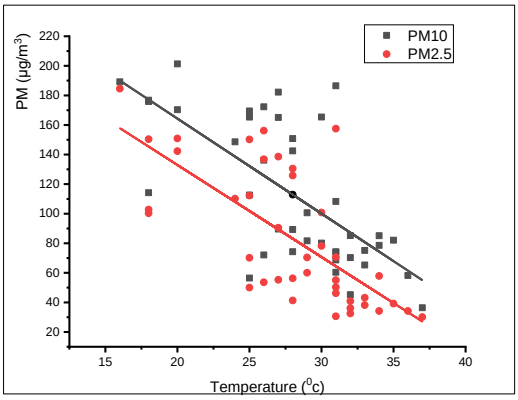
Phân tích mối tương quan cho thấy, có mối "tương quan thuận" giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với độ ẩm không khí, các hệ số tương quan lần lượt là r = 0.68

(P - value = 2,482E-14) và r = 0,7 (P - value = 3,452E-12). Việt Nam có đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm, đặc biệt là đối với khu vực phía bắc, đó cũng là điều kiện làm tăng hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ trong không khí. Kết quả phân tích cũng phù hợp với một số nghiên cứu về quá trình lan truyền của các hạt lơ lửng lơ lửng trong không khí.



Hình 2. Mối tương quan giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với độ ẩm không khí

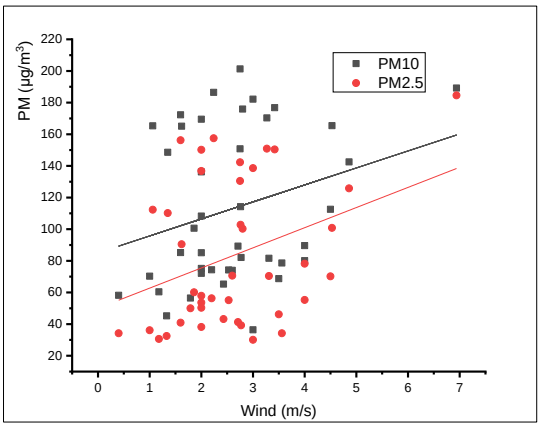
Trong khi đó, kết quả hệ số tương quan r = -0,5 và r = -0,7 giữa nhiệt độ môi trường với hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ thể hiện "mối tương quan nghịch" với P - value > 0,05.



Hình 3. Mối tương quan giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với nhiệt độ môi trường

Liên quan đến nghiên cứu này, nhóm tác giả Trịnh Thị Thủy và các cộng sự thuộc Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, năm 2018 cũng đã đánh giá ảnh hưởng của hiện tượng nghịch nhiệt đến hàm lượng $PM_{2.5}$ trong môi trường không khí tại Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong những ngày xuất hiện hiện tượng nghịch nhiệt hàm lượng $PM_{2.5}$ luôn có xu hướng cao hơn so với những ngày không có xuất hiện hiện tượng ngịch nhiệt [7]. Tuy nhiên, quá trình nghịch nhiệt được hình thành do hệ quả của sự xáo trộn nhiều yếu tố thời tiết. Vì vậy, đánh giá mối tương quan giữa nhiệt độ môi trường với hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ còn có ý nghĩa quan trọng trong việc giải thích sự khác nhau về chất lượng môi trường không khí giữa những ngày nghịch nhiệt và không nghịch nhiệt.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy trùng với kết quả nghiên cứu của Irina Tsvetanova và cộng sự năm 2018 khi nghiên cứu về hàm lượng PM_{10} trên vùng Ruse của Bulgari [9]. Nhưng lại có kết quả ngược với nghiên cứu của một số nhà khoa học như: Jianhua Wang và Susumu Ogawa năm 2015 khi nghiên cứu hàm lượng $PM_{2.5}$ tại Nhật Bản [10]; Minjoong J. Kim năm 2019 khi nghiên cứu hàm lượng hạt lơ lửng ở Seoul, Hàn Quốc [11]. Hàm lượng các hạt lơ lửng chịu ảnh hưởng của tác động cộng gộp của nhiều yếu tố môi trường. Do đó, với đặc điểm của khí hậu khác nhau giữa các khu vực nghiên cứu, thời điểm lấy mẫu các yếu tố thời tiết khác cũng có thể khác nhau. Cùng giá trị yếu tố nhiệt độ, nhưng lại không giống nhau về độ ẩm, tốc độ gió,... thì sự tương quan giữa các nhóm nghiên cứu tìm được có thể không giống nhau. Kết quả nghiên cứu chỉ có thể sử dụng cho những khu vực địa lý cụ thể. Kết quả nghiên cứu tại các khu vực khác nhau, chỉ có thể mang tính chất tham khảo.



Hình 4. Mối tương quan giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với tốc độ gió

Tốc độ gió cũng là một trong các yếu tố ngăn cản quá trình khuyếch tán của các chất trong môi trường không khí. Tốc độ gió thấp và theo nhiều hướng sẽ khiến cho các chất ô nhiễm phát tán lên cao chậm và lan truyền trên diện rộng. Kết quả phân tích cũng cho thấy, mối tương quan giữa hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ với tốc độ gió là "mối tương quan yếu" với các hệ số tương quan lần lượt là r = 0,07 (P - value = 0,08) và r = 0,1 (P - value = 0,02). Như vậy có thể nói, ảnh hưởng của gió trong điều kiện nghiên cứu thực tế không ảnh hưởng nhiều đến sự phân tán và lắng của

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

PM_{10} và $PM_{2.5}$ trong khu vực không khí xung quanh đường cao tốc. Trong một nghiên cứu của N.V.Nikolai thuộc Trường Đại học Saint Petersburg Nhà nước Nga, năm 2018 đã cho rằng ở tốc độ gió lớn với tốc độ v> 15m/s, trong điều kiện thời tiết khô kéo dài ở khu vực làm hoặc sửa chữa đường, khi đó quá trình phân tán PM_{10} và $PM_{2.5}$ trong không khí diễn ra mạnh trên khu vực đường cao tốc và vùng lân cận. Đồng thời nghiên cứu cũng cho thấy, đối với thời tiết có tốc độ gió nhỏ (v< 2m/s), có sự tương quan với nồng độ NO_x trong không khí, điều này chứng tỏ rằng trong điều kiện cụ thể của khu vực nghiên cứu, tốc độ gió ảnh hưởng đến sự hình thành của các sol khí trong quá trình thứ cấp hình thành các hạt rắn lơ lửng [12].

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào 3 thông số cơ bản của thời tiết là nhiệt độ, tốc độ gió và độ ẩm để đánh giá mối tương quan giữa chúng với hàm lượng của PM_{10} và $PM_{2.5}$ trên đường cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ. Kết quả cho thấy rằng, hàm lượng PM_{10} và $PM_{2.5}$ có mối tương quan thuận với độ ẩm không khí, tương quan ngịch với yếu tố nhiệt độ và tương quan yếu với tốc độ gió

Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa trong việc quy hoạch đô thị, đánh giá tác động môi trường, và là cơ sở đánh giá chất lượng môi trường không khí dựa vào thời tiết.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.107**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Markus Amann, Zbigniew Klimon, Trương An Hà, Peter Rafaj, Gregor Kiesewetter, Binh Nguyen, Nguyễn Thị Thu, Kim Minh Thúy, Wolfgang Schöpp, Robert Sander, Adriana Gómez-Sanabria, Jens Borken-Kleefeld, Lena Hoglund-Isaksson, Fabian Wagner, Chris Heyes, Janusz Cofala, Nguyễn Quang Trung, Nguyễn Tiến Đạt, Nguyễn Ngọc Tùng, *Dự báo chất lượng không khí tại Hà Nội và khu vực phía Bắc Việt Nam*, Dự án VAST-IIASA, 2018.

[2] World Air Quality Report 2019.

[3] https://www.iqair.com/blog/air-quality/pm10.

[4] V. N. Azarov, I. V. Stefanenko, N. Yu. Karapuzova, D. A. Nikolenko, *Monitoring of Fine Dust Pollution of Urban Air nearby Highways*, International Review of Mechanical Engineering (IREME), Vol.12, No.8, pp.657-662, 2018.

[5] Невмержицкий Н.В, *О физических особенностях моделирования автомагистрали как источника чрезвычайно опасного воздействия частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10}*, Проблемы управления рисками в техносфере, № 3 (35).-С. pp.107-113, 2015.

[6] Dương Ngọc Bách, Phạm Ngọc Hồ, Nguyễn Việt Hoài, Phan Văn Hùng, Phạm Thị Thu Hà, *Mô phỏng ô nhiễm bụi PM_{10} từ hoạt động giao thông trên tuyến đường Trường Chinh - Hà Nội bằng phần mềm Calroads view*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 32, Số 1S, tr.4-30, 2016.

[7] Trịnh Thị Thủy, Nguyễn Thế Đức Hạnh, Nguyễn Thị Anh Thư, Trịnh Thị Thắm, *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng nghịch nhiệt đến hàm lượng bụi $PM_{2.5}$ trong môi trường không khí tại Hà Nội*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 34, Số 3, 2018.

[8] QCVN 05:2013/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh.

[9] Irina Tsvetanova, Ivanka Zheleva, Margarita Filipova, and Antoaneta Stefanova, *Statistical analysis of ambient air PM_{10} contamination during winter periods for Ruse region, Bulgaria*, MATEC Web of Conferences 145, 01007 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201814501007

[10] Jianhua Wang and Susumu Ogawa, *Effects of Meteorological Conditions on $PM_{2.5}$ Concentrations in Nagasaki, Japan*, Int. J. Environ. Res. Public Health, Vol.12, pp.9089-9101, 2015. https://doi:10.3390/ijerph120809089.

[11] Minjoong J. Kim, *Changes in the Relationship between Particulate Matter and Surface Temperature in Seoul from 2002-2017*, Atmosphere,Vol.10(5), 238, 2019. https://doi.org/10.3390/atmos10050238

[12] Невмержицкий Н.В, *О решении обратной задачи моделирования опасного воздействия частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} в окрестности автомагистрали*, Вестник Санкт-Петербургского 22 университета Государственной противопожарной службы МЧС России, № 2.-С. 13-23, 2015.

Ngày nhận bài: 05/3/2021
Ngày nhận bản sửa: 19/3/2021
Ngày duyệt đăng: 29/3/2021

KINH TẾ - XÃ HỘI

PHÂN TÍCH VỊ THẾ CẠNH TRANH CỦA HỆ THỐNG BẾN CẢNG CONTAINER TẠI HẢI PHÒNG TỪ 2011-2019, ỨNG DỤNG MA TRẬN BOSTON CONSULTING GROUP

A STRATEGIC POSITIONING ANALYSIS OF CONTAINER TERMINAL SYSTEM IN HAI PHONG, 2011-2019, AN APPLICATION OF BOSTON CONSULTING GROUP MATRIX

PHẠM THỊ YẾN*, PHẠM THỊ MAI PHƯƠNG
Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: phamyen@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Cảng biển là cửa ngõ quan trọng phục vụ xuất nhập khẩu hàng hoá và tạo động lực phát vùng. Trong đó cảng biển Hải Phòng gắn liền với vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc thực hiện vai trò cảng cửa ngõ quốc tế và chức năng trung chuyển. Nhiều bến cảng container mới và hiện đại được ra đời nhằm phục vụ lượng hàng container thông qua cảng Hải Phòng tăng mạnh. Sự cạnh tranh trong hệ thống trở nên ngày càng gay gắt ảnh hưởng đến vị thế cạnh tranh của các bến cảng. Do đó, nghiên cứu áp dụng Ma trận Boston Consulting Group (BCG) nhằm đánh giá sự dịch chuyển vị thế cạnh tranh trong khoảng thời gian nghiên cứu từ 2011 đến 2019 và từ đó thấy được tiềm lực phát triển của các bến cảng container tại Hải Phòng. Kết quả cho thấy vị thế cạnh tranh của các bến cảng thay đổi đáng kể qua thời gian nghiên cứu và hiện thị trường bến cảng container Hải Phòng hiện được dẫn đầu bởi HICT, Tân Vũ, VIP Green Port và một loạt các bến cảng nhỏ đang chứng kiến sự sụt giảm mạnh về thị phần và tốc độ tăng trưởng.

Từ khóa: *Cạnh tranh, thị phần, vị thế cạnh tranh, bến cảng container, Hải Phòng.*

Abstract

Seaports are an important gateway for import and export of goods and creating a driving force for regional development. In which, Hai Phong seaport associated with the northern key economic region performs the role of an international gateway port and transshipment function. Many new and modern container terminals were established to accommodate the strong increase in container throughput of Hai Phong port. The competition in the system has become fierce. Therefore, the study to apply the Boston Consulting Group (BCG) Matrix to evaluate the changes of competitive position in the research period from 2011 to 2019 and thereby having insights into the potential development of container terminals in Hai Phong. The results show that the competitive position of the terminals has changed significantly over the time of research and the Hai Phong container terminal market is currently led by HICT, Tan Vu, VIP Green Port and a series of small terminals is witnessing a sharp decline in market share and growth.

Keywords: *Competition, strategic positioning analysis, container terminal, Hai Phong.*

1. Đặt vấn đề

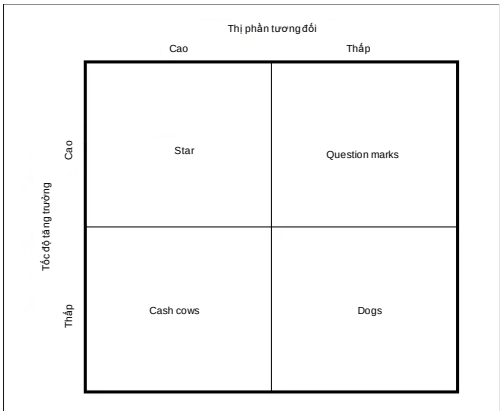
Cảng biển Hải Phòng là cảng biển lớn nhất khu vực miền Bắc góp phần giúp thành phố Hải Phòng trở thành trung tâm logistics của khu vực phía Bắc và cả nước. Nhiều bến cảng container mới và hiện đại được ra đời nhằm phục vụ lượng hàng container thông qua cảng Hải Phòng tăng mạnh, đặc biệt bến cảng container HICT, bến cảng nước sâu đầu tiên tại khu vực phía Bắc, được khai trương vào năm 2018. Điều này tạo ra sự cạnh tranh gay gắt, ảnh hưởng mạnh đến vị thế cạnh tranh giữa các bến cảng trong hệ thống. Chính vì vậy, nhiều nghiên cứu về sự cạnh tranh giữa các bến cảng container tại Hải Phòng đã được thực hiện. Tiêu biểu như, nghiên cứu của hai tác giả Nguyễn Minh Đức và Phạm Thị Yến (2019) sử dụng ma trận BCG và phân tích tĩnh để đánh giá vị trí của bến cảng trong hệ thống từ 2015 đến 2017 của 13 bến cảng [1]. Gần đây, nhóm tác giả Đặng Công Xưởng và cộng sự (2020) đã đề xuất bộ tiêu chí đánh giá xếp hạng năng lực cạnh tranh các bến cảng container tại Hải Phòng [2].

Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện tại còn thiếu đánh giá về vị thế cạnh tranh của hệ thống bến cảng container tại Hải Phòng với sự tham gia của bến cảng mới HICT, bến cảng có nhiều ưu thế hơn các bến cảng

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

cũ, và sự dịch chuyển vị thế cạnh tranh của các bến cảng trong hệ thống qua thời gian. Vì vị thế cạnh tranh trong một khoảng thời gian là cần thiết để cho thấy rõ sự thay đổi để từ đó để có cái nhìn rõ nét hơn về sự cạnh tranh trong hệ thống, từ đó xây dựng định hướng trong tương lai, các quyết định chiến lược như là phát huy lợi thế hoặc là rút khỏi thị trường [3]. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá vị thế cạnh tranh của toàn bộ 15 bến cảng container tại Hải Phòng trong giai đoạn từ năm 2011 đến năm 2019 dựa trên ma trận BCG. Nghiên cứu sử dụng phương pháp đồng thời phân tích động (dynamic analysis) và phân tích tĩnh (static analysis) để có cái nhìn rõ hơn về biến động vị thế cạnh tranh của các bến cảng trên thị trường so với các đối thủ cạnh tranh qua thời gian nghiên cứu.

2. Ứng dụng ma trận BCG



Ma trận BCG là công cụ hữu hiệu để đánh giá vị thế cạnh tranh của bến cảng container [4] (Hình 1). Phương pháp xem xét thị phần và tốc độ tăng trưởng của mỗi doanh nghiệp trên thị trường để từ đó đưa ra các quyết định chiến lược. Chỉ tiêu tốc độ tăng trưởng đo lường mức độ thu hút của ngành dựa trên khái niệm chu kỳ kinh doanh bao gồm 4 giai đoạn giới thiệu, tăng trưởng, trưởng thành và suy giảm để xây dựng các kế hoạch chiến lược. Bên cạnh đó, để xác định điểm mạnh của doanh nghiệp trên thị trường cạnh tranh, chỉ tiêu thị phần tương đối với đối thủ cạnh tranh cần được xác định để thấy được mối quan hệ giữa thị phần và khả năng sinh lời.

Đối với cảng biển, ma trận BCG được xây dựng dựa trên thị phần tương đối trên thị trường và mức tăng trưởng về sản lượng hàng hóa thông qua các bến cảng [5]. Phương pháp phân chia các bến cảng trên thị trường thành 4 nhóm: (1) nhóm "Question marks" là nhóm bến cảng có nhiều tiềm năng trong tương lai về tăng trưởng nhưng thị phần tương đối không ổn định; (2) nhóm "Stars" là nhóm có tiềm năng trong tương lai với tốc độ tăng trưởng và thị phần cao trên thị trường; (3) nhóm "Cash cows" là bến cảng ở giai đoạn ổn định; (4) nhóm "Dogs" là bến cảng có ít hoặc không có kỳ vọng cho sự phát triển [6].

3. Kết quả nghiên cứu

Số liệu xây dựng ma trận BCG được thu thập từ Hiệp hội cảng biển Việt Nam và Cảng vụ Hải Phòng

Bảng 1. Sản lượng thông qua các bến cảng container tại Hải Phòng, 2011-2019

Đơn vị tính: Nghìn TEU

STT	Bến cảng	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Nam Hải	313	232	252	201	269	220	167	146	143
2	Đoạn Xá	227	244	238	214	235	121	55	43	35
7	Transvina	127	105	81	80	113	71	63	72	9
3	Green Port	373	396	347	276	301	297	280	324	284
4	Chùa Vẽ	551	446	401	378	315	270	250	260	302
5	128 Tân Cảng	75	89	130	135	201	209	243	140	270
6	Hải An	110	183	277	309	323	293	310	256	315
8	189 Tân Cảng	-	-	-	110	135	169	200	138	106
9	Đình Vũ	440	456	516	575	629	649	661	657	540
10	Tân Vũ	467	518	639	624	704	788	856	904	992
11	VIP Green Port	-	-	-	-	165	350	520	659	639
12	PTSC Đình Vũ	76	155	241	265	238	245	255	315	350
13	Nam Hải Đình Vũ	-	-	-	277	464	526	640	570	445
14	Nam Đình Vũ	-	-	-	-	-	-	-	185	329
15	HICT	-	-	-	-	-	-	-	65	419
	Tổng	**2759**	**2824**	**3122**	**3444**	**4092**	**4209**	**4500**	**4736**	**5177**

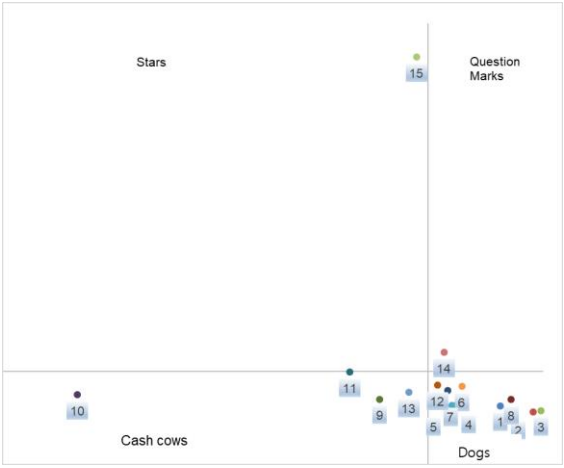
Nguồn: Hiệp hội cảng biển Việt Nam và Cảng vụ Hải Phòng

bao gồm sản lượng thông qua của tất cả các bến cảng container tại Hải Phòng từ 2011-2019 (Bảng 1).

Bảng 2. Thị phần tương đối của các bến cảng container tại Hải Phòng

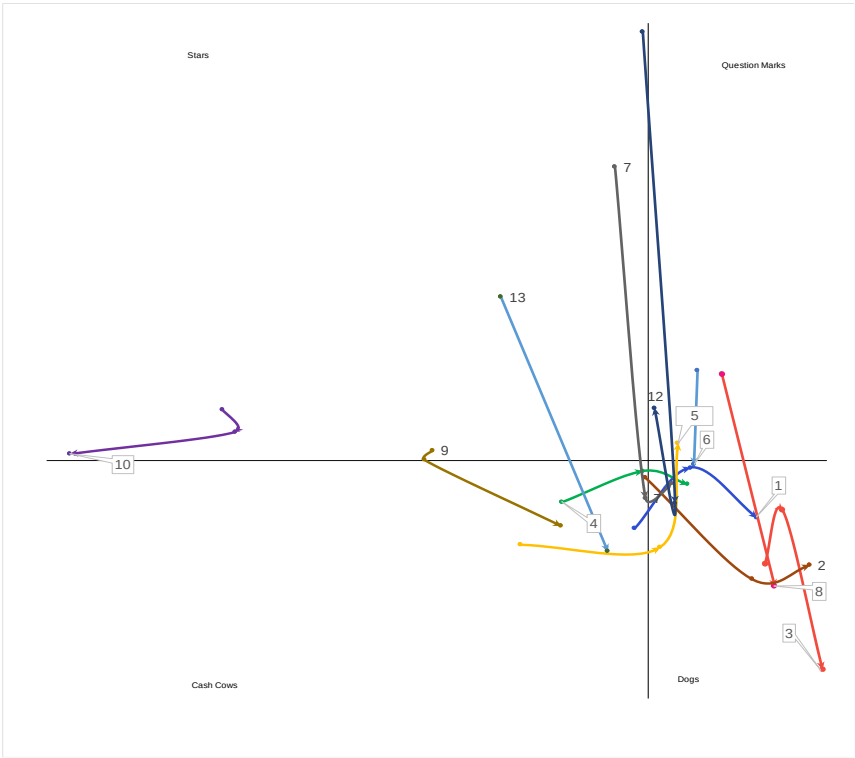
Bến cảng	Năm 2013	Năm 2016	Năm 2019
Nam Hải (1)	0,39	0,28	0,14
Đoạn Xá (2)	0,37	0,15	0,04
Transvina (3)	0,13	0,09	0,01
Green Port (4)	0,54	0,38	0,29
Chùa Vẽ (5)	0,63	0,34	0,30
128 Tân Cảng (6)	0,20	0,27	0,27
Hải An (7)	0,43	0,37	0,32
189 Tân Cảng (8)	0,00	0,21	0,11
Đình Vũ (9)	0,81	0,82	0,54
Tân Vũ (10)	1,24	1,21	1,55
PTSC Đình Vũ (12)	0,38	0,31	0,35
Nam Hải Đình Vũ (13)	0,00	0,67	0,45

Hình số 2 biểu thị vị trí của các bến cảng container tại Hải Phòng được phân định vào các nhóm dựa trên thị phần tương đối (Bảng 2) và tốc độ tăng trưởng trung bình từ năm 2011 đến năm 2019. Xét về thị phần trên thị trường, bến cảng Tân Vũ chiếm có thị phần lớn nhất, theo sau đó là VIP Green Port, Đình Vũ, Nam Hải Đình Vũ và HICT. Tuy nhiên, Tân Vũ, VIP



Hình 2. Vị thế cạnh tranh của các bến cảng container tại Hải Phòng

Green Port, Đình Vũ, Nam Hải Đình Vũ lại thuộc nhóm "Cash cows" - nhóm ghi nhận các bến cảng đang giai đoạn ổn định với tốc độ tăng trưởng giảm dần. Chỉ có bến cảng HICT thuộc nhóm "Stars" với tốc độ tăng trưởng cao nhất ở mức hơn 500% do mới đưa vào khai thác và ghi nhận sản lượng thông qua từ nửa cuối 2018. Nam Đình Vũ cũng là bến cảng ghi nhận tốc độ tăng trưởng nhanh mặc dù mới ghi nhận sản lượng thông qua từ 2018, tuy nhiên với thị phần tương đối thấp so với bến cảng lớn nên Nam Đình Vũ



Hình 3. Sự thay đổi vị thế cạnh tranh của các bến cảng container tại Hải Phòng, 2011-2019

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

nằm ở nhóm "Question Marks". Các bến cảng còn lại nằm ở nhóm "Dogs".

Nhằm phân tích sự thay đổi vị thế cạnh tranh của các bến cảng qua thời gian, phân tích động (dynamic analysis) được thực hiện để bổ sung cho phân tích tĩnh (static analysis). Do đó, ba khoảng thời gian được lựa chọn như sau: từ 2011 đến 2013, từ 2014 đến 2016, và từ 2017 đến 2019. Hình 3 cho thấy sự dịch chuyển về vị thế cạnh tranh của 12 bến cảng container qua ít nhất hai khoảng thời gian nghiên cứu bởi thị phần tương đối và tốc độ tăng trưởng thay đổi đáng kể qua thời gian. Trong ba khoảng thời gian nghiên cứu, bến cảng Tân Vũ và Transvian không có sự thay đổi về nhóm vị thế cạnh trạnh. Về mặt thị phần thị trường tương đối, bến cảng Tân Vũ luôn nắm giữ vị trí cao nhất trong khoảng thời gian nghiên cứu. Tuy nhiên, vị thế cạnh tranh của bến cảng có xu hướng giảm dần mặc vị trí của bến cảng vẫn ở nhóm "Stars" ở cả 3 giai đoạn do tốc độ tăng trưởng có xu hướng giảm. Ngược lại với bến cảng Tân Vũ, bến cảng Transvina được xếp vào nhóm "Dogs" ở cả ba thời kỳ nghiên cứu với tốc độ tăng trưởng giảm và thị phần tương đối thấp nhất thị trường.

Với tốc độ tăng trưởng giảm nhanh, Đình Vũ, Nam Hải Đình Vũ mất vị thế "Stars" ở giai đoạn đầu và giai đoạn thứ 2 và chuyển sang nhóm "Cash cows" ở giai đoạn thứ 3. Bến cảng Hải An đã mất vị thế là một "Stars" trên thị trường trong gia đoạn 2011-2013. Do tốc độ tăng trưởng giảm mạnh và thị phần tương đối nhỏ trên thị trưởng nên vị thế cạnh tranh của bến cảng Hải An dịch chuyển sang nhóm "Cash cows" và cuối cùng hiện được xếp ở nhóm "Dogs" với ít tiềm năng phát triển. Ngược lại, vị thế cạnh tranh của bến cảng PTSC đã có khởi đầu là ở nhóm "Stars" sau đó dịch chuyển sang nhóm "Dogs" do sự sụt giảm mạnh về tốc độ tăng trưởng và thị phần tương đối trên thị trường, nhưng hiện tại được xếp vào nhóm "Question marks" với tốc độ tăng trưởng được hồi phục nhưng thị phần còn chưa ổn định. Tương tự với bến cảng Hải An, bến cảng Chùa Vẽ đã có sự dịch chuyển qua 3 nhóm trong 3 giai đoạn từ nhóm "Cash cows" qua nhóm "Dogs" và đến nhóm "Question Marks" do tốc độ tăng trưởng giảm 28,5% trong giai đoạn 2 sau đó tăng lên 20,8% ở gian đoạn cuối với thị phần tương đối giảm mạnh qua thời gian nghiên cứu. Mặc dù, thị phần tương đối của hai bến cảng container 128 Tân Cảng và 189 Tân Cảng không nhiều thay đổi nhưng do tốc độ tăng trưởng giảm mạnh nên hai bến cảng này đã dịch chuyển từ nhóm "Queston Marks" sang nhóm "Dogs". Hai bến cảng Green Port, Nam Hải dịch chuyển từ nhóm "Cash cows" sang nhóm "Dogs" do sự tốc độ tăng trưởng và thị phần thị trường tương đối thấp.

4. Kết luận

Cảng biển Hải Phòng có vị trí và ý nghĩa quan trọng đối với vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc và cả nước. Nghiên cứu đã đánh giá vị thế cạnh tranh của tất cả các bến cảng container tại Hải Phòng thông qua ma trận BCG dựa trên tốc độ tăng trưởng trung bình và thị phần tương đối từ 2011 đến 2019. Theo đó, thị trường bến cảng container Hải Phòng hiện được dẫn đầu bởi HICT, Tân Vũ, VIP Green Port, Nam Hải Đình Vũ, Đình Vũ và Nam Đình Vũ. Một loạt các bến cảng nhỏ với hạn chế về cơ sở vật chất và vị trí địa lý nằm sâu phía thượng nguồn sông Cấm và phía trong cầu Bạch Đằng đang chứng kiến sự sụt giảm mạnh về thị phần và tốc độ tăng trưởng trong hệ thống.

Với kết quả này, nghiên cứu cho thấy vị thế cạnh tranh của các bến cảng trên thị trường so với các đối thủ cạnh tranh. Từ đó góp phần giúp các quản lý khai thác cảng và lập chính sách đưa ra các quyết định chiến lược, chính sách phù hợp sẽ được hình thành góp phần việc phân bổ các nguồn lực một cách hợp lý, cải thiện toàn hệ thống. Mặc dù, nghiên cứu đã chỉ ra vị thế cạnh tranh của các bến cảng container tại Hải Phòng thông qua ma trận BCG thông qua tốc độ tăng trưởng trung bình và thị phần tương đối tuy nhiên nghiên cứu còn hạn chế chưa chỉ ra nguyên nhân và yếu tố tác động đến sự thay đổi vị thế cạnh tranh nên cần được thực hiện ở các nghiên cứu tiếp theo. Ngoài ra, nghiên cứu cần lặp lại vì hiện nay bến số 5, số 6 khu bến cảng Lạch Huyện đã được phê duyệt xây dựng. Khi các bến cảng hiện đại này được đưa khai thác chắc chắc sẽ có tác động đến vị thế cạnh tranh của các bến cảng container hiện nay tại Hải Phòng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.76**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Minh Đức, Phạm Thị Yến, *Ứng dụng phương pháp Boston Consulting Group (BCG) và Hierarchical Cluster Analysis trong phân tích so sánh các bến cảng container khu vực Hải Phòng.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, tr.91-94, Số 58, 2019.

[2] Đặng Công Xưởng, Nguyễn Minh Đức, Nguyễn Thị Nga, *Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí đánh giá xếp hạng năng lực cạnh tranh các bến cảng container tại Hải Phòng*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, tr.64-69, Số 61, 2020.

[3] Fleisher, C.S, Bensoussan, B., *Business and Competitive Analysis: Effective Application of New and Classic Methods*, FT Press: Pearson Education, 2007.

[4] Haezendock, E., Verbeke, A., Coeck, C., *Strategic positioning analysis for seaports*, Research in Transport Economics, Vol. 16, pp. 141-169, 2006.

[5] Notteboom, T., *Concentration and load center development in the Europe container port system*, Journal of Transport Geography, Vol.5, No.2, pp.99-119, 1997.

[6] Day, G.S., "*Diagnosing the Product Portfolio*", Journal of Marketing, Vol.41, No.3, pp.29-38, 1977.

Ngày nhận bài: 09/3/2021
Ngày nhận bản sửa: 18/3/2021
Ngày duyệt đăng: 22/3/2021

THỂ LỆ VIẾT BÀI GỬI ĐĂNG
TẠP CHÍ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI

1. Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" đăng các thông tin, phổ biến các định hướng nghiên cứu khoa học và đào tạo của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, công bố và phổ biến kết quả các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ thuộc các chuyên ngành đào tạo của Nhà trường, phục vụ các lĩnh vực thuộc ngành Hàng hải mà các thông tin này chưa đăng trên bất kỳ một ấn phẩm nào.

2. Quy định về hình thức trình bày một bài báo gửi đăng trên Tạp chí:

Bài gửi đăng trên Tạp chí được đánh máy vi tính theo font Unicode (Times New Roman), cỡ chữ 10pt trên khổ giấy A4 (Lề trái: 2,8 cm; Phải: 2,5cm; Trên: 3,0cm; Dưới: 2,5cm - được chia làm 02 cột) gồm 01 bản in dài không quá 05 trang và kèm theo file bản thảo được gửi về Ban biên tập Tạp chí qua địa chỉ Email: *jmst@vimaru.edu.vn*.

Quy cách trình bày được đăng trên Website http://www.khcn.vimaru.edu.vn/.

+ Tên bài báo viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh (Times New Roman in hoa, đậm cỡ chữ 12pt);

+ Họ và tên tác giả (Times New Roman in hoa, đậm cỡ chữ 10pt);

+ Tên đơn vị (Times New Roman thường, nghiêng cỡ chữ 10pt);

+ Bài báo cần có đầy đủ tóm tắt, từ khóa, tóm tắt nội dung bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh tối thiểu 100 từ, tối đa 300 từ phải nêu được nội dung chính, đóng góp mới của công trình (Times New Roman thường, nghiêng cỡ chữ 10pt);

+ Nội dung bài báo cần có hành văn rõ ràng, súc tích, cách dùng thuật ngữ khoa học và đơn vị đo lường hợp pháp do Nhà nước ban hành hoặc đã dùng thống nhất trong chuyên môn hẹp và cần phải được phân rõ phần, mục, tiểu mục có đánh số thứ tự;

+ Công thức được viết theo Equation Editor, viết rõ theo kí hiệu thông dụng và đánh số thứ tự công thức về phía bên phải. Hình và ảnh minh họa là hình đen trắng, rõ nét và cần được chú thích đầy đủ (font in thường, đậm, nghiêng cỡ chữ 9pt);

+ Danh mục tài liệu tham khảo được đặt ngay sau phần kết luận của bài báo được ghi theo trình tự: thứ tự tài liệu trong [ ]; Với tài liệu tham khảo là sách thì tên tác giả chữ thường, tên sách chữ nghiêng, nhà xuất bản, năm xuất bản; Với tài liệu tham khảo là Tạp chí thì tên tác giả chữ thường, tên bài chữ nghiêng, tên tạp chí, số tạp chí, năm xuất bản.

+ Bản thảo bài báo không đánh số trang.

3. Bài gửi đăng cần được viết cẩn thận, đúng văn phạm (đặc biệt là tiếng Anh), đánh máy rõ ràng và có ý kiến cho phép công bố của đơn vị chủ quản trực tiếp. Bài báo gửi đăng sẽ được ít nhất 02 phản biện của bài báo đọc, góp ý sửa chữa và cho ý kiến có thể công bố trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải".

4. Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" chỉ đăng các bài đáp ứng các yêu cầu trên. Bài không đăng không trả lại bản thảo cho người gửi.

5. Tác giả có bài được đăng trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" được biếu 01 cuốn Tạp chí đăng bài đó và được hưởng mọi quyền lợi theo quy định.

Thư góp ý kiến và bài gửi đăng xin gửi theo địa chỉ:

Tòa soạn Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải"

Phòng KH-CN, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 484 Lạch Tray - Lê Chân - Hải Phòng

Tel: 0225 3829111; Email: jmst@vimaru.edu.vn

Ghi chú: ***Theo Quyết định số 18/QĐ-HĐGSNN, ký ngày 30/6/2020 của Hội đồng Giáo sư Nhà nước có quy định những bài báo đăng trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, được tính từ 0 đến 0,75 điểm công trình khoa học quy đổi khi xét công nhận các chức danh GS, PGS.***

In 300 cuốn tại Xưởng In Nhà xuất bản Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
In xong và nộp lưu chiểu tháng 04 năm 2021