

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



NCS. NGUYỄN XUÂN LONG

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG
THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH THEO THỜI GIAN
THỰC CHO TÀU HÀNG RỜI**

Luận án tiến sĩ kỹ thuật

Ngành: Khoa học hàng hải

; mã số: 9840106

Chuyên ngành: Khoa học hàng hải

Hải Phòng - 2020

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trong quá trình hàng hải, con tàu luôn chịu tác dụng của ngoại lực như sóng gió, khả năng nó tự trở lại vị trí cân bằng khi ngoại lực ngừng tác động là yêu cầu cơ bản để tiếp tục hành trình an toàn trên biển, khả năng này là tính ổn định của tàu. Để đảm bảo tính ổn định của tàu, sỹ quan hàng hải và các bên liên quan phải tính toán, đánh giá và đảm bảo tính ổn định của tàu theo các tiêu chuẩn của IMO.

Tính ổn định của tàu biển nói chung, tàu hàng rời nói riêng được đặc trưng bởi hai thông số cơ bản, đó là chiều cao thể vũng (G_0M) và cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z). Vấn đề ổn định của tàu chủ yếu phát sinh trong quá trình tàu làm hàng, bơm xả nước dẫn và những yếu tố bất thường ảnh hưởng đến ổn định tàu trong quá trình chạy biển.

Theo thống kê của tổ chức Allianz, từ năm 2009 đến 2018, có tất cả 1036 vụ tai nạn có mức thiệt hại nghiêm trọng, trong đó tai nạn chìm tàu chiếm số lượng lớn nhất (551 vụ) và giữ ở mức cao hàng năm (từ 46÷132 vụ). Cũng theo báo cáo tai nạn của tổ chức này, số vụ tai nạn liên quan đến tàu hàng rời là 93 vụ và hầu hết (80%) các nguyên nhân dẫn đến chìm tàu là do tàu không đảm bảo ổn định nguyên vẹn và ổn định tai nạn [46].

Đặc điểm chung của các tai nạn này đều là sự suy giảm ổn định của tàu không được phát hiện sớm và tính ổn định của tàu bị mất đi khi tàu hành trình trên biển.

Như vậy, nếu có thể liên tục cập nhật được tính ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực trong suốt quá trình hàng hải, đưa ra các cảnh báo về sự suy giảm ổn định của tàu sẽ là một trợ giúp hiệu quả, quan trọng với người hàng hải.

Do vấn đề ổn định cho các loại tàu khá rộng, đồng thời tàu chở hàng rời thường phải vận chuyển một số loại hàng có khả năng gây suy giảm ổn định khi hành trình trên biển, nên tác giả lựa chọn đề tài **“Nghiên cứu thiết kế hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời”** để nghiên cứu cho luận án tiến sĩ nhằm góp phần nâng cao an toàn hàng hải.

2. Tổng quan các công trình nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của đề tài luận án ở trong nước và nước ngoài

Tình hình nghiên cứu trên thế giới liên quan đến đề tài luận án

Tình hình nghiên cứu trong nước liên quan đến đề tài luận án

Từ kết quả công bố của các công trình, có thể nhận thấy, các công trình khoa học trên chưa đưa ra được phương pháp tính toán và đánh giá ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực trong điều kiện hành trình, cũng như một hệ thống thiết bị hoàn chỉnh cho phép tự động tính toán, hiển thị các thông số đặc trưng cho tính ổn định của tàu theo

thời gian thực và đưa ra cảnh báo khi tính ổn định tàu có xu hướng suy giảm.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của đề tài luận án là thiết lập hệ thống thông báo ổn định của tàu hàng rời có khả năng hiển thị liên tục các thông số đặc trưng cho ổn định nguyên vẹn theo thời gian thực, xu hướng thay đổi giá trị và đưa ra cảnh báo khi tính ổn định của tàu không thỏa mãn tiêu chuẩn quy định trong Bộ luật ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008) của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO).

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đề đạt mục tiêu đề ra, đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài luận án được xác định cụ thể như sau:

- Đối tượng nghiên cứu: Tàu hàng rời, tính ổn định của tàu hàng rời, phương pháp đánh giá ổn định của tàu hàng rời;

- Phạm vi nghiên cứu: Ổn định nguyên vẹn của tàu hàng rời khi hành trình trên biển, trong điều kiện tàu nổi cân bằng, không bị nghiêng ngang tĩnh.

5. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp được lựa chọn để thực hiện đề tài luận án:

- Phương pháp phân tích và tổng hợp;
- Phương pháp mô hình hóa;
- Phương pháp chuyên gia;
- Phương pháp ứng dụng công nghệ thông tin;
- Phương pháp thực nghiệm.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Ý nghĩa khoa học

Đề tài luận án đã tổng hợp và hệ thống hóa cơ sở lý luận về ổn định tàu và đặc trưng ổn định của tàu hàng rời;

Đề tài luận án đã đưa ra phương pháp xác định ổn định tàu một cách liên tục theo thời gian thực dựa trên chuyển động lắc ngang của con tàu.

- Ý nghĩa thực tiễn

Xây dựng hệ thống tích hợp (phần cứng, phần mềm) cho phép đo, xử lý thông tin ổn định tàu theo thời gian thực, đưa ra cảnh báo khi ổn định tàu bị suy giảm, hệ thống đã được thực nghiệm và cho kết quả tốt;

Hệ thống này có thể áp dụng trên tàu hàng rời nhằm hỗ trợ thuyền trưởng và sĩ quan hàng hải trong quá trình dẫn tàu, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải.

7. Những điểm đóng góp mới của luận án

Sản phẩm nghiên cứu của đề tài hướng đến áp dụng cho các tàu hàng rời, do đó mọi hoạt động nghiên cứu đều gắn liền với hoạt động của các tàu hàng rời, những điểm đóng góp mới của luận án:

- Xây dựng phần mềm thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời

gian thực cho phép: tính toán và hiển thị tự động giá trị của chiều cao thể vững và đồ thị đường cong cánh tay đòn ổn định tính một cách liên tục theo thời gian thực; cảnh báo khi ổn định của con tàu suy giảm, không đảm bảo tiêu chuẩn quy định.

- Thiết lập hoàn chỉnh hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực bao gồm các thiết bị phần cứng và chương trình phần mềm. Hệ thống có thể được xem như là công cụ hỗ trợ sĩ quan hàng hải trong công tác dẫn tàu an toàn.

- Hệ thống cũng có thể được ứng dụng trong công tác đào tạo, huấn luyện sĩ quan hàng hải, sinh viên ngành điều khiển tàu biển ở góc độ kiến thức, kỹ năng về ổn định tàu hàng nói chung và tàu hàng rời nói riêng.

7. Kết cấu của luận án

Luận án gồm 109 trang A4 (không kể phụ lục), thứ tự gồm các phần sau: Mở đầu; nội dung chính (được chia thành bốn chương); kết luận; kiến nghị; danh mục các công trình khoa học công bố kết quả nghiên cứu của đề tài luận án (01 công bố quốc tế, 03 công bố trong nước, 01 đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ); danh mục tài liệu tham khảo (19 tài liệu tham khảo tiếng Việt, 27 tài liệu tham khảo tiếng Anh, 10 tham khảo từ các website) và phụ lục (12 phụ lục).

CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

1.1. Khái niệm chung về tàu hàng rời

1.1.1. Kích thước thông thường của một số tàu chở hàng rời

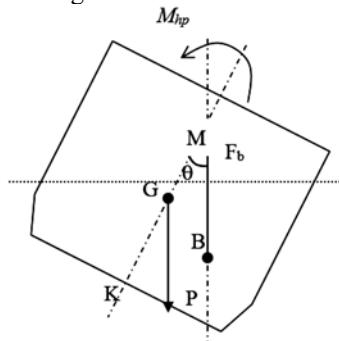
1.1.2. Các loại tàu hàng rời cơ bản

1.2. Ổn định tàu hàng

1.2.1. Khái niệm ổn định tàu hàng

1.2.1.1. Ổn định tàu tại góc nghiêng nhỏ

Điểm M là tâm của quỹ đạo tâm nổi B, ở góc nghiêng nhỏ, quỹ đạo này được coi là cung tròn và do đó điểm M được coi là cố định.



Hình 1.1: Chiều cao thể vững

Tại những góc nghiêng nhỏ, ổn định của tàu được đánh giá bằng độ lớn của GM và GM được gọi là chiều cao thể vững của tàu

Từ Hình 1.1 có:

$$GM = KM - KG \quad (1.1)$$

Trong đó:

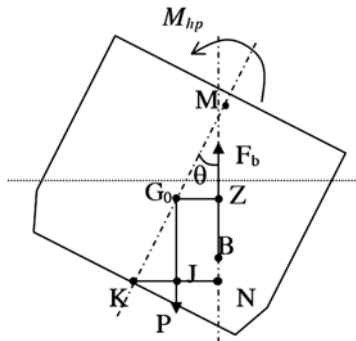
KM là chiều cao tâm nghiêng, được cho trong bảng thủy tính hoặc thước trọng tải của tàu với đối số là lượng giãn nước D (hoặc môn nước).

KG là chiều cao trọng tâm của tàu được tính theo công thức:

$$KG = \frac{D_0 \times KG_0 + \sum P_i \times KG_i}{D} \quad (1.2)$$

1.2.1.2. Ổn định tàu tại góc nghiêng lớn

Tại các góc nghiêng lớn, quỹ đạo tâm nổi B không còn là một cung tròn nữa nên tâm nghiêng M không phải là cố định. Do đó, không thể dùng chiều cao thể vững GM để đánh giá ổn định của tàu mà dùng đường cong cánh tay đòn ổn định tính G_0Z để đánh giá ổn định của tàu ở những góc nghiêng lớn.



Hình 1.2: Ổn định góc nghiêng lớn

Từ Hình 1.2 có: $G_0Z = KN - KJ$ và $KJ = KG_0 \times \sin\theta$ (1.3)

KN ứng với các góc nghiêng được tra trong hồ sơ tàu tại bảng đường cong hoành giao (Stability Cross Curves) với đối số là lượng giãn nước.

KG_0 là chiều cao trọng tâm của tàu đã xét đến ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng.

1.2.2. Quy định của Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn

1.2.2.1. Tiêu chuẩn đối với đặc tính đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh [29]

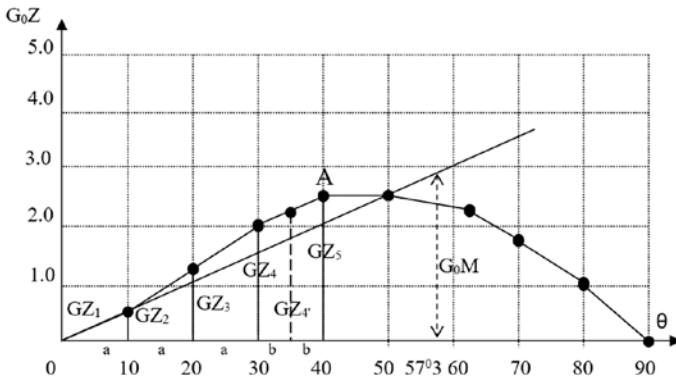
a. Diện tích dưới cánh tay đòn ổn định (đường cong G_0Z) không nhỏ hơn 0,055 m-rad tính đến góc nghiêng 30° và không nhỏ hơn 0,090 m-rad khi tính tới góc nghiêng 40° hoặc góc ngập nước nếu góc nhỏ hơn 40° .

Ngoài ra, phần diện tích dưới đường cong G_0Z nằm giữa góc nghiêng 30° và 40° hoặc góc ngập nước nếu góc này nhỏ hơn 40° không được nhỏ hơn $0,030$ m-rad.

b. Độ lớn của cánh tay đòn G_0Z tối thiểu phải bằng $0,20$ m tại góc nghiêng bằng hoặc lớn hơn 30° .

c. Cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z phải đạt giá trị cực đại tại góc nghiêng tốt nhất là vượt quá 30° nhưng không được nhỏ hơn 25° .

d. Chiều cao thể vữa ban đầu sau khi đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng G_0M không được nhỏ hơn $0,15$ m.



Hình 1.3: Diện tích dưới đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh
 1.2.2.2 Tiêu chuẩn ổn định khi có tác động của gió giật và lắc ngang
 (tiêu chuẩn ổn định thời tiết) [29]

1.3. Ổn định tàu hàng rời

Trong hồ sơ ổn định và xếp tải của các tàu hàng rời đều đưa ra các tiêu chuẩn ổn định nguyên vẹn theo các yêu cầu, quy định của IMO và tính toán ổn định cho từng trường hợp xếp tải của tàu như ổn định của tàu ở trạng thái tàu không, có nước dẫn và có tải. Các tiêu chuẩn về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời đều tuân thủ các tiêu chuẩn ổn định tàu hàng được quy định trong Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008) như đã được trình bày ở Mục 1.2. [29], [30].

1.3.1. Ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực

1.3.1.1. Cơ sở dữ liệu theo thời gian thực

1.3.1.2. Ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực

Theo cách tính toán truyền thống trong máy tính xếp tải được trang bị trên các tàu hàng rời thì các thông số ổn định của tàu chỉ xác định được trong quá trình lập kế hoạch xếp hoặc dỡ hàng. Khi tàu hành trình trên biển thì hệ thống máy tính xếp tải trên tàu không có khả năng tính toán ổn định tàu theo thời gian thực. Mỗi khi muốn kiểm tra độ ổn định hiện tại của tàu, các sỹ quan phải xác định được chu kỳ lắc ngang của tàu tại thời điểm đó để làm cơ sở cho việc tính toán ổn định.

Việc thực hiện các tính toán ổn định tàu theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang của tàu trong suốt chuyến đi cũng như đưa ra cảnh báo sự suy giảm ổn định tàu theo thời gian thực sẽ mang lại nhiều lợi ích giúp cho sỹ quan hàng hải có thể nắm bắt kịp thời việc thay đổi dữ liệu ổn định tàu một cách liên tục, nhanh chóng và khi phát hiện ổn định tàu bị suy giảm thì họ sẽ có thời gian phân tích để đưa ra các biện pháp phù hợp nâng cao ổn định tàu.

1.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng bất lợi đến ổn định của tàu hàng rời

1.3.3. Một số phương pháp hiệu chỉnh chiều cao thể vững nhằm gia tăng tính ổn định của tàu hàng rời

1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 của đề tài luận án đã đạt được một số kết quả:

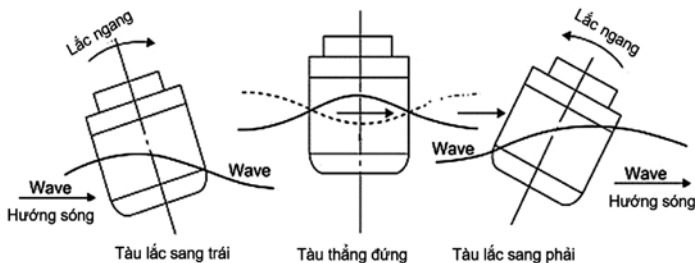
- Tổng quan các quy định về ổn định nguyên vẹn, tiêu chuẩn đối với đặc tính đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh và tiêu chuẩn ổn định thời tiết theo Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code) từ đó xác định được các tiêu chuẩn ổn định cho tàu hàng rời;
- Thông qua công thức thực nghiệm tính toán ổn định tàu của IMO và trong các hồ sơ tàu hàng rời, xác định được chu kỳ lắc ngang là yếu tố quan trọng để đánh giá nhanh ổn định tàu theo thời gian thực;
- Xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định của tàu hàng rời trên cơ sở phân tích một số vụ tai nạn liên quan đến tàu hàng rời;
- Đưa ra một số phương pháp hiệu chỉnh chiều cao thể vững nhằm gia tăng tính ổn định của tàu hàng rời;
- Chỉ ra vai trò quan trọng của cơ sở dữ liệu theo thời gian thực so với cơ sở dữ liệu truyền thống liên quan đến tính toán ổn định tàu.

CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC THÔNG QUA CHU KỲ LẮC NGANG

2.1. Tổng quan về chuyển động lắc của tàu

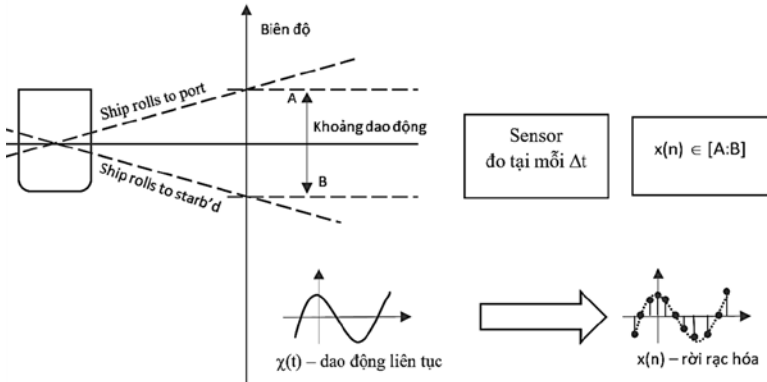
2.2. Phương pháp xác định chu kỳ lắc ngang của tàu từ thiết bị đo góc nghiêng được đặt trên tàu

Trong phạm vi của nghiên cứu liên quan đến rung lắc thân tàu, thông số đo đặc biên độ lắc ngang của tàu là một dạng tín hiệu liên tục $\chi(t)$. [17]



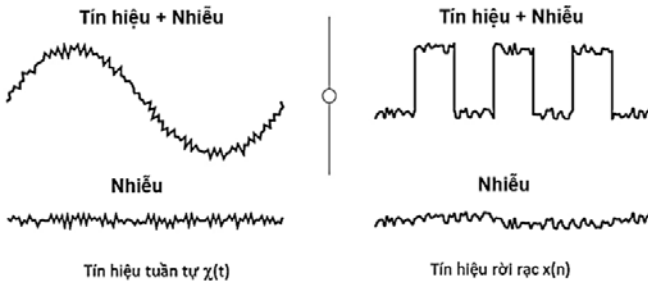
Hình 2.1: Lắc ngang thân tàu dưới ảnh hưởng của sóng

Bằng cách sử dụng các quan trắc (đo đạc) tại sau mỗi thời điểm Δt nhất định, có thể dễ dàng biểu diễn $\chi(t)$ thành dạng tín hiệu với tham số duy nhất là thời gian $x(t)$ [13]. Hình 2.2 thể hiện biện pháp đo đạc và chuyển đổi thông tin biên độ dao động lắc ngang của tàu từ tương tự sang rời rạc.



Hình 2.2: Biện pháp đo đạc, chuyển đổi dao động lắc ngang sang dạng tín hiệu rời rạc

Thông qua việc xác định tần số của tín hiệu thu được $x(t)$, tính toán được chu kỳ lắc của thân tàu một cách gần đúng. Tuy nhiên giá trị này chưa hẳn là dao động lắc riêng của tàu, do còn bị ảnh hưởng bởi sóng biển và nhiều yếu tố khác. Các yếu tố đó thể hiện trên tín hiệu thu được ở việc thay đổi giá trị chính xác của góc nghiêng thân tàu tại thời điểm đo, và được gọi chung là các nhiễu đo đạc/sai số [16]. Như vậy dao động lắc ngang của thân tàu là một hàm trộn lẫn giữa thông tin dao động riêng của tàu và dao động ảnh hưởng bởi sóng biển.



Hình 2.3: Nhiễu làm ảnh hưởng đến các giá trị đo

$$x(n) = r(n) + e(n) \quad (2.1)$$

Trong đó với $r(n)$ là tín hiệu kỳ vọng đo được còn $e(n)$ là một dạng

tín hiệu thuộc dạng nhiễu can dự làm ảnh hưởng đến kết quả đo được.

Để tìm được $r(n)$ một cách chính xác là khá khó khăn, do các tín hiệu nhiễu là ngẫu nhiên và không có quy luật để đoán định trước. Hiện có nhiều phương pháp nhằm giảm thiểu sự tác động của nhiễu đến tín hiệu gốc qua các phương pháp khác nhau.

Như vậy thay vì tìm $r(n)$ một cách chính xác, các nghiên cứu tìm cách biến đổi $e(n)$ về dạng không mấy ảnh hưởng đến tín hiệu gốc $\varepsilon(n)$ như biểu diễn ở phương trình (2.2).

$$x(n)=r(n)+\varepsilon(n) \quad (2.2)$$

Trong đo lường dao động lắc ngang của tàu $e(n)$ là sự kết hợp tác động giữa các dao động sóng của môi trường xung quanh cộng với các sai số trong đo đạc như biểu diễn trong phương trình (2.3), trong đó $w(n)$ biểu diễn sự tác động của sóng biển và $d(n)$ biểu diễn sự sai số trong kết quả đo.

$$e(n)=w(n)+d(n) \quad (2.3)$$

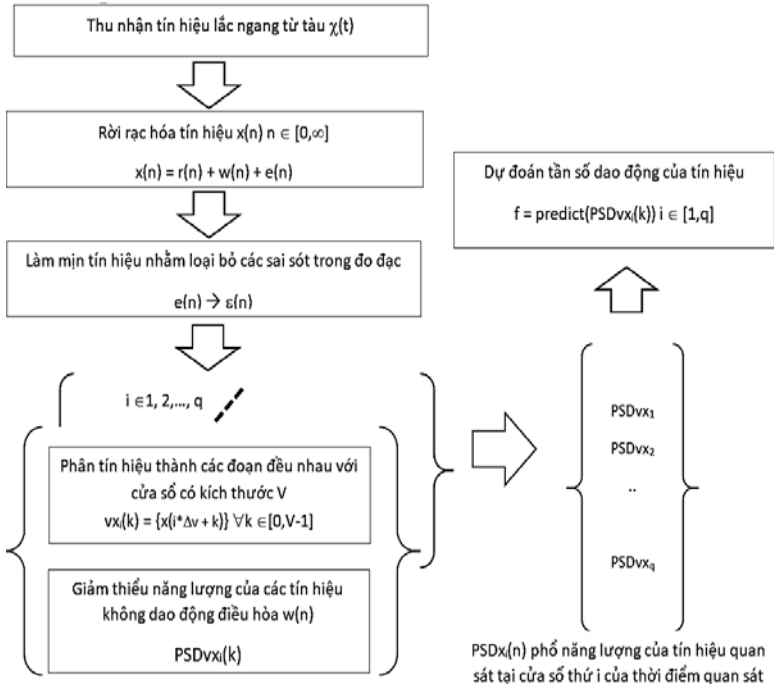
Như vậy, dao động lắc ngang của tàu đo đạc trong thực tế là tín hiệu rời rạc $x(n)$ được tổng hợp đến từ dao động riêng $r(n)$, phần nhiễu động ảnh hưởng bởi dao động của sóng biển $w(n)$ và nhiễu trong quá trình đo đạc $d(n)$.

Việc giải phương trình để tìm ra $r(n)$ có thể cho ra rất nhiều nghiệm khả thi, vì vậy tiến hành phân tách trực tiếp $e(n)$ khỏi $x(n)$ là không khả thi. Trong phạm vi của đề tài, nghiên cứu sinh đề xuất cách tiếp cận gần đúng, nhằm giảm thiểu năng lượng của $e(n)$ qua một số các bước tiếp cận như mô tả trực quan trong lưu đồ thuật toán sau (Hình 2.4).

Tiếp theo tiến hành giảm thiểu năng lượng của thành phần $w(n)$ trong $x(n)$. Giả sử ký hiệu các tín hiệu thu được ở bước quan sát thứ j theo cửa sổ có kích thước V lần lượt là $v_{x_i}(k)$ với $i \geq 0$ như phương trình (2.4). Ký hiệu PSD_i là phổ năng lượng tương ứng với từng $v_{x_i}(k)$, với kỳ vọng trong khoảng thời gian Δv , tần số dao động của $r(n)$ vẫn duy trì tại một giá trị \mathcal{F}^r hoặc chưa kịp thay đổi quá lớn, trong khi đó tần số dao động \mathcal{F}^w của $w(n)$ lại biến đổi với độ lệch lớn hơn nhiều so với \mathcal{F}^r trong cửa sổ quan sát. Khi đó năng lượng của dao động điều hòa luôn được duy trì một lượng nhất định tại tần số dao động (Đồng nghĩa với việc tần số dao động chính sẽ có xác suất lớn được phân bổ năng lượng ở mức cao), các tần số khác đóng góp năng lượng không liên tục và thường có độ lệch lớn. Dựa vào tính chất này, tác giả xây dựng hàm loại bỏ (điều chỉnh) sự phân bổ năng lượng tại các tần số dựa trên xác suất đóng góp năng lượng của nó tại các lần quan sát. Ký hiệu là $Power_j$ như phương trình (2.5).

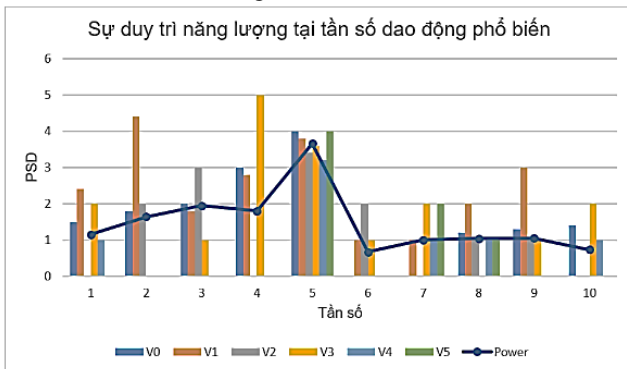
$$v_{x_i}(k)=x(i*\Delta v+k) \quad \forall k \in [1, V] \quad (2.4)$$

$$Power_j=\{AVG_{v_i, f}(PSD_i^f)\} \quad (2.5)$$



Hình 2.4: Mô hình xử lý và dự đoán tần số dao động chính của tín hiệu

Tại lần quan sát thứ j với cửa sổ có kích thước V (Ký hiệu là V_j), ta thu được một phổ phân bố năng lượng $Power_j$ đại diện, trong đó năng lượng dao động của những tần số f với xác suất xuất hiện cao trong các tín hiệu thành phần sẽ được duy trì, còn các trường hợp khác bị giảm thiểu như mô tả trong Hình 2.5.



Hình 2.5: Sự duy trì năng lượng tại tần số dao động phổ biến

Tần số còn duy trì được năng lượng ở mức cao nhất, chính là tần số dao động kỳ vọng của tín hiệu quan sát trong cửa sổ V_j . Tuy vậy nếu chỉ với một quan sát đơn, sẽ khó quyết định được tần số F_j của một cửa sổ V_j bất kỳ là tần số dao động của tàu. Do vậy, để khách quan, nghiên cứu sinh tiến hành quan sát sự biến động của tần số f trong q cửa sổ liên tiếp. Vì năng lượng của $w(n)$ đã được giảm thiểu, nên năng lượng phổ biến của các tín hiệu quan sát sẽ tập trung xung quanh tần số dao động chính của $x(n)$. Bằng cách xây dựng hàm Predict, có thể tính được giá trị tần số dao động gần đúng F của $r(n)$ trong khoảng thời gian xem xét (T tính theo s), dựa vào tần số dao động của q tín hiệu đã quan sát được. Tần số này cũng có thể xem như là tần số dao động của tàu tại thời điểm bắt đầu của kỳ quan sát thứ $q+1$.

$$F_{q+1} = \text{predict}(\{\text{Power}_j \mid j \in [1, q]\}) = \text{AVG}_{v_j \in [1..q]}(F_j) \quad (2.6)$$

Bên cạnh đó trong trường hợp xem xét, dao động lắc ngang của tàu có sự biến thiên tăng/giảm đều theo thời gian (Không có sự thay đổi đột ngột). Ta có thể xây dựng một hàm nội suy đa thức $P(x)$ để dự đoán.

$$P(x) = \prod_{v_i \in [1..q]} (x - F_i) \quad (2.7)$$

Khi đó tần số dao động của lần quan sát thứ $q+1$ được kỳ vọng có thể tính gần đúng là $F_{q+1} = P(q+1)$.

Sau khi có tần số dao động gần đúng của tàu, chu kỳ dao động của tàu tại kỳ quan sát thứ k (C_k) được tính bằng tỉ số của thời gian quan sát $T(s)$ cố định, với tần số F_k tính được như công thức (2.8).

$$C_k = \frac{T}{F_k} \quad (\text{số lần dao động/s}) \quad (2.8)$$

2.3. Xác định các thông số ổn định của tàu hàng rời từ chu kỳ lắc ngang

2.3.1. Xác định chiều cao thể vũng của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang

Trong thực tế, để tiện cho việc kiểm tra G_0M của tàu, trong các hồ sơ tàu đã lập sẵn bảng kiểm tra G_0M (Rolling Period Table) hoặc đồ thị các đường cong kiểm tra G_0M (Rolling Period- G_0M Curves) thông qua chu kỳ lắc và mớn nước trung bình của tàu, (mục 8 phần Phụ lục).

Mớn nước trung bình hoặc lượng dẫn nước tương ứng của tàu được xác định ở thời điểm trước khi tàu hành trình. Hai giá trị này có thể lấy từ sơ đồ xếp hàng của tàu (Cargo stowage plan), sau đó hiệu chỉnh với lượng tiêu thụ nhiên liệu, nước ngọt cho đến thời điểm khảo sát.

Trên cơ sở bảng tra nói trên có thể lập chương trình tra cứu giá trị G_0M từ đối số là chu kỳ lắc đã đo được (T), mớn nước trung bình hoặc lượng dẫn nước của tàu.

Các công thức làm cơ sở cho tính toán lập bảng nhằm tra cứu G_0M từ chu kỳ lắc ngang của tàu, như sau:

a. Công thức tổng quát đưa ra trong Bộ luật IS code [29]

$$T = \frac{2 \times C \times B}{\sqrt{G_0M}}$$

$$G_0M = \left(2 \times C \times \frac{B}{T}\right)^2 \quad (2.9)$$

C là hệ số quán tính chuyển động lắc. Có nhiều cách để xác định giá trị C, có thể tra trong hồ sơ đóng tàu hoặc tính toán theo hướng dẫn của IMO (IS Code) như sau:

$$C = 0.373 + 0.023 \times \left(\frac{B}{d}\right) - 0.043 \times \left(\frac{Lwl}{100}\right) \quad (2.10)$$

d: mớn nước định hình trung bình của tàu (tương ứng với lượng dẫn nước D của tàu ở thời điểm khảo sát) (m)

B: Chiều rộng định hình của tàu (m)

Lwl: chiều dài đường nước của tàu (m)

T: Chu kỳ lắc ngang của tàu (s)

b. Công thức thực nghiệm trong hồ sơ tàu hàng rời

Trong chuyến hành trình, G_0M của tàu có thể xác định một cách gần đúng nếu như xác định được chu kỳ lắc ngang và mớn nước trung bình của tàu tại thời điểm đó. Chu kỳ lắc của tàu được xác định bằng công thức toán học như sau: [41], [42]

$$T_s = 2\pi \times \frac{K}{\sqrt{g \times G_0M}} = 2,01 \times \frac{K}{\sqrt{G_0M}} \quad (2.11)$$

Hay:

$$G_0M = \left(\frac{2,01 \times K}{T_s}\right)^2 \quad (2.12)$$

Với: K được xác định theo công thức sau:

$$K = B * \sqrt{f \times \left(C_b \times C_u + 1,10 \times C_u \times (1 - C_b)\right) \times \left(\frac{H_s}{d} \gamma - 2,20\right) + \left(\frac{H_s}{B}\right)^2} \quad (2.13)$$

Trong đó:

K là bán kính quay (radius of gyration) (m): ngoài việc được xác định theo công thức (2.13) thì K còn có thể được xác định theo đồ thị

đường cong $\left(\frac{K}{B}\right)^2$ được cho sẵn trong hồ sơ tàu (Hình 2.6).

B là chiều rộng định hình (m)

H_s là hệ số ảnh hưởng của chiều chìm của tàu

C_u là hệ số diện tích phần hứng gió

C_b là hệ số béo

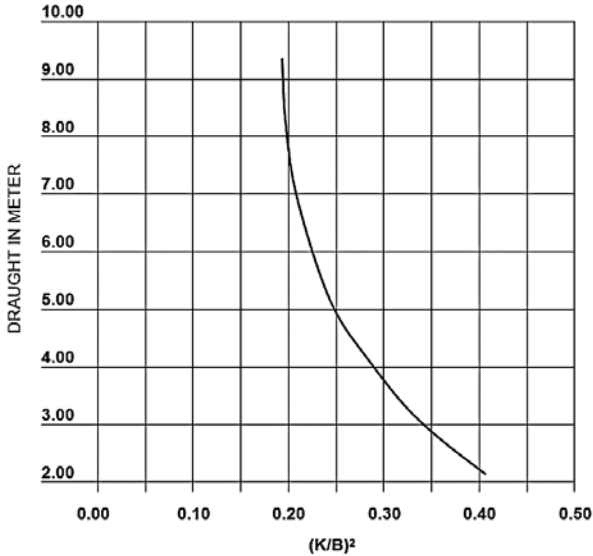
f là hệ số có giá trị từ 0,136 (tàu nhẹ tải) đến 0,131 (tàu đầy tải)

γ là hệ số được xác định bằng công thức:

$$\gamma = l - e^{-28 \times (d/d_0)^2} \quad (2.14)$$

d là mớn nước trung bình của tàu

d_0 là mớn nước của tàu trong trạng thái đầy tải



Hình 2.6: Đồ thị xác định bán kính quay (radius of gyration)

2.3.2. Vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh và xác định các thông số đánh giá ổn định theo tiêu chuẩn của IMO

2.4. Kết luận chương 2

Để tính toán, đánh giá được các thông số ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang của tàu, Chương 2 của đề tài luận án đã đạt được một số kết quả:

- Tổng quan về chuyển động lắc của tàu, xác định các dạng chuyển động lắc của tàu và ảnh hưởng của chúng đến ổn định và an toàn của tàu;

- Xây dựng được thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang theo thời gian thực từ giá trị góc nghiêng ngang thay đổi theo thời gian của tàu;

- Xây dựng được phương pháp tính toán các thông số đặc trưng cho ổn định nguyên vẹn của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang của nó. Ứng với mỗi giá trị chu kỳ lắc ngang, tính toán được giá trị chiều cao thể vững (G_0M) và đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z) theo thời gian thực.

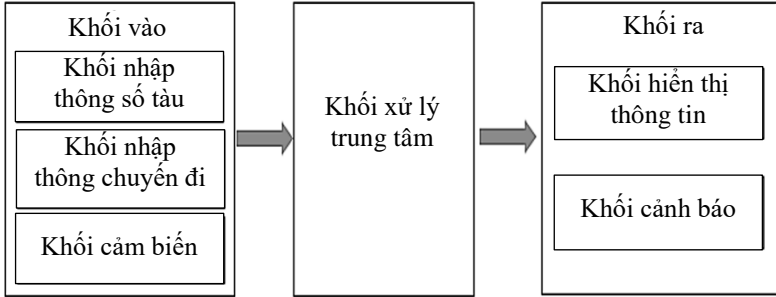
Các kết quả đạt được ở trên là cơ sở cho việc thiết kế, xây dựng hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực được thực hiện ở các nội dung tiếp theo của đề tài luận án.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

3.1. Mô hình kiến trúc hệ thống

3.1.1. Mô hình kiến trúc hệ thống

Trên cơ sở các nội dung đã phân tích trong Chương 1 và Chương 2, mô hình kiến trúc hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực được đề xuất:



Hình 3.1: Mô hình kiến trúc hệ thống thông báo ổn định tàu

3.1.2. Nguyên lý hoạt động

3.2. Các yêu cầu đối với hệ thống

3.2.1. Yêu cầu về chức năng của hệ thống

3.2.2. Phạm vi áp dụng của hệ thống

3.3. Xây dựng hệ thống phần cứng

3.3.1. Khối cảm biến

- *Cảm biến gia tốc góc*

Cảm biến gia tốc góc là một hệ thống cảm biến chuyển động có tới 6 trục cảm biến bao gồm 3 con quay hồi chuyển (axis gyroscope), 3 gia tốc kế (axis accelerometer).

Trong phạm vi của luận án, cảm biến gia tốc Module GY-521 6DOF được lựa chọn để xác định các chuyển động của tàu với các thông số chính như:

- + Điện áp sử dụng: 3~5V DC
- + Điện áp giao tiếp: 3~5V DC
- + Chuẩn giao tiếp: I2C
- + Giá trị Gyroscopes trong khoảng: ± 250 , ± 500 , ± 1.000 , và ± 2.000 độ/giây (dps)
- + Giá trị Acceleration trong khoảng: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, và $\pm 16g$

- *Thiết bị đo góc nghiêng tàu*

Thiết bị đo góc nghiêng tàu được xem là một trong những bộ phận quan trọng nhất trong hệ thống, vì tín hiệu từ thiết bị sau khi đưa vào chương trình được xử lý bằng những thuật toán chuyên dụng sẽ cho ra kết quả chu kỳ lắc ngang của tàu. Do đó, thiết bị này đòi hỏi phải

có độ chính xác cao thì kết quả tính toán mới đảm bảo độ tin cậy khi sử dụng để tính toán các thông số ổn định của tàu theo thời gian thực.

Để đánh giá độ tin cậy của thiết bị đo góc nghiêng tàu, nghiên cứu sinh đã tham khảo các yêu cầu của nghị quyết MSC.363(92) về Tiêu chuẩn thi hành đối với thiết bị đo nghiêng điện tử như sau [32], [52], [53]:

Thiết bị đo độ nghiêng điện tử phải có khả năng đo góc nghiêng thực tế và xác định biên độ dao động lắc ngang của con tàu trên phạm vi ± 90 độ.

Máy đo độ nghiêng điện tử phải có khả năng đo thời gian giữa các giá trị dao động lắc tối đa và xác định thời gian chu kỳ lắc trong phạm vi tối thiểu từ 4s đến 40s.

Máy đo độ nghiêng điện tử phải cung cấp dữ liệu với độ chính xác đủ để đánh giá đúng trạng thái động của tàu. Độ chính xác tối thiểu của các phép đo phải là 5% giá trị đọc hoặc ± 1 độ, tùy theo giá trị nào lớn hơn đối với phép đo góc và 5% giá trị đọc hoặc ± 1 s, tùy theo giá trị nào lớn hơn cho phép đo thời gian.

Trong phạm vi của luận án, thiết bị đo góc nghiêng sử dụng chip MPU 6050 được lựa chọn.

Để đảm bảo các yêu cầu của IMO đối với thiết bị đo góc nghiêng tàu, thiết bị đo góc nghiêng sử dụng chip MPU 6050 đã được gửi đến Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng để thực nghiệm, đánh giá và kết quả đo cho thấy đều thỏa mãn các yêu cầu về phép đo góc nghiêng và phép đo thời gian (Mục 7 của Phụ lục).

3.3.2. Khối xử lý trung tâm

Khối xử lý trung tâm với chức năng xử lý các thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang và các công thức tính toán các thông số ổn định của tàu vì vậy có thể dùng máy tính (PC) hoặc các Vi điều khiển.

3.3.3. Khối hiển thị

Hiển thị thông tin theo thời gian thực: Chu kỳ lắc ngang; chiều cao thể vững; đồ thị chiều cao thể vững và cánh tay đòn ổn định tính theo thời gian thực; bảng so sánh các thông số ổn định tàu hiện tại với tiêu chuẩn của Bộ luật IS; đưa ra cảnh báo khi các thông số ổn định của tàu có xu hướng bị suy giảm.

3.3.4. Khối cảnh báo

Đưa ra cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng cho các sỹ quan biết khi các thông số ổn định (G_0M , G_0Z) của tàu nằm ngoài các tiêu chuẩn yêu cầu được quy định trong Bộ luật IS hoặc khi đồ thị biểu diễn sự biến thiên các giá trị chiều cao thể vững (G_0M) theo thời gian thực của tàu có xu hướng bị suy giảm.

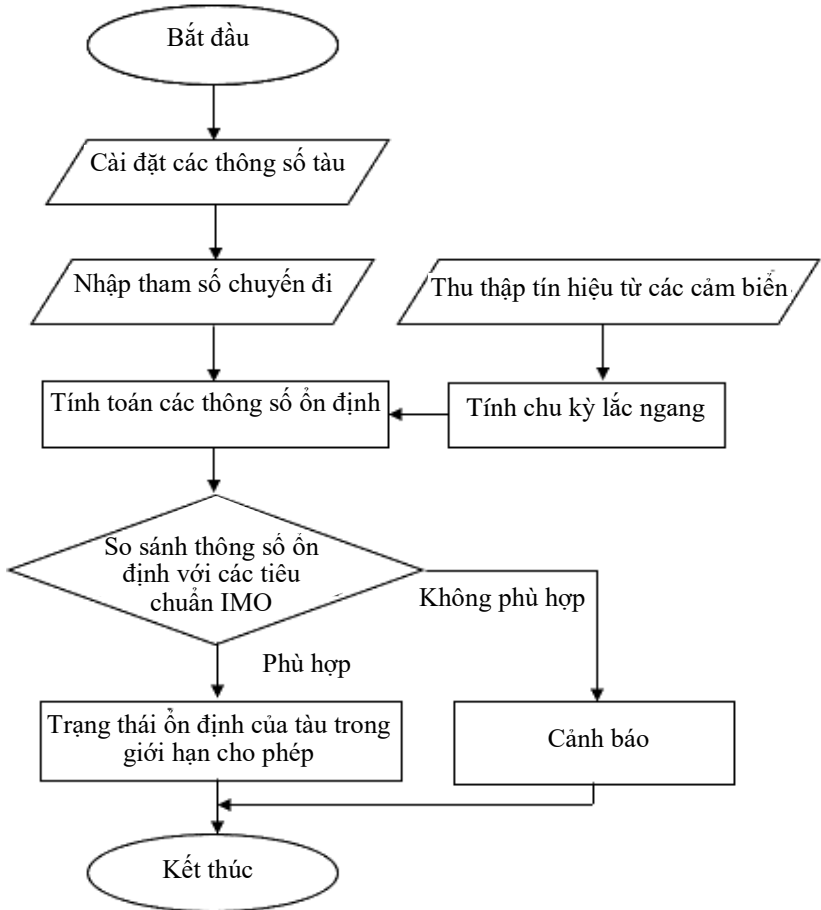
3.3.5. Hệ thống nhớ

3.4. Xây dựng chương trình phần mềm

3.4.1. Thuật toán điều khiển hệ thống

Như đã đề cập trong mục trước (Mục 3.1), từ mô hình kiến trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống, thuật toán điều khiển hệ thống được đề xuất (Hình 3.2).

Từ lưu đồ thuật toán có thể thấy quá trình xử lý tín hiệu trong hệ thống tập trung vào hai pha chính: Tính chu kỳ lắc ngang của tàu và các thông số ổn định tàu.



Hình 3.2: Thuật toán điều khiển hệ thống thông báo ổn định tàu

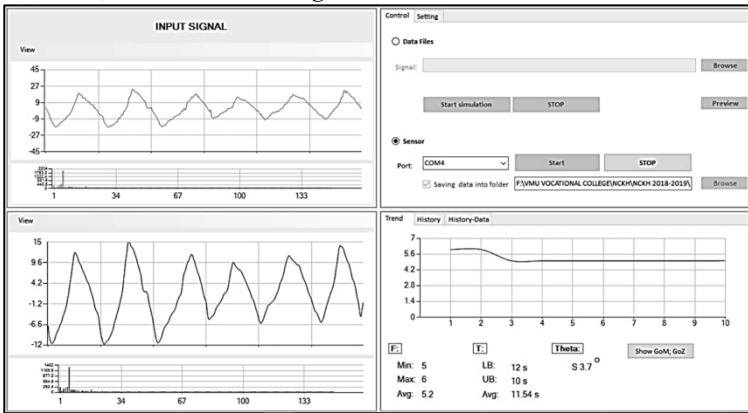
3.4.2. Xây dựng phần mềm tính toán thông số ổn định tàu

- Cơ sở dữ liệu phục vụ cho việc xây dựng chương trình phần mềm hệ thống

Để tính toán được các thông số ổn định của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang của tàu thì cần phải nhập các dữ liệu liên đến tính toán ổn định được cho trong Sổ tay ổn định và xếp tải của một con tàu hàng rời cụ thể. Các dữ liệu cần thiết để trình xây dựng phần mềm hệ thống là:

- + Bảng tra G_0M từ chu kỳ lắc ngang của tàu;
- + Bảng thủy tĩnh;
- + Bảng đường cong hoành giao;
- + Chiều dài đường nước của tàu (Lwl);
- + Chiều rộng định hình (B);
- + Bán kính quay (K).

- *Giao diện chính của chương trình*



Hình 3.3: Giao diện chính của chương trình phần mềm

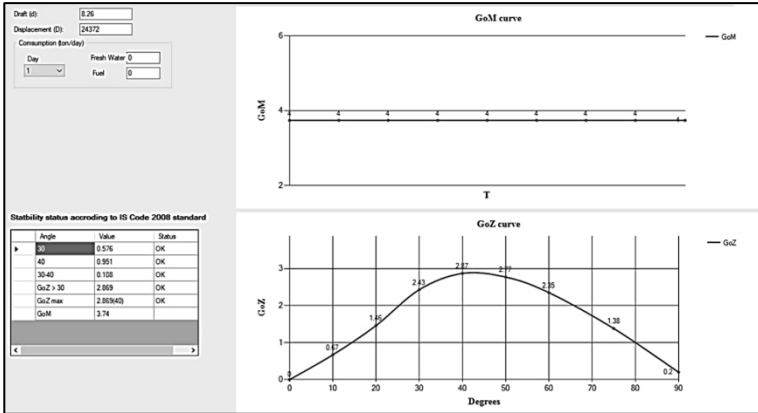
- Cửa sổ điều khiển (control): được sử dụng để khởi chạy chương trình sau khi đã hoàn tất các công tác chuẩn bị, cài đặt các thông số ban đầu và dừng chương trình khi cần thiết.

Trên cửa sổ điều khiển này có chức năng lưu trữ “Saving data” để cho phép người sử dụng lưu lại các dữ liệu về kỳ lắc ngang (T), số lần dao động lắc ngang (F) và góc nghiêng ngang (Θ) tại các thời điểm quan sát khác nhau, các giá trị này được lưu trữ tự động trong một tệp tin có định dạng *.txt ở thư mục đã được chỉ định từ trước trên máy tính.

- Cửa sổ hiện thị tín hiệu đầu vào (input signal) được lấy từ cảm biến lắp bên trong hệ thống. Khi tàu lắc ngang, cảm biến góc gia tốc sẽ hoạt động, tín hiệu nhận được từ cảm biến sẽ được phần mềm chuyển hóa thành các dao động và phổ năng lượng của dao động. Phần mềm sẽ loại bỏ các dao động có năng lượng bất thường (Random) và chọn lọc các phổ năng lượng dao động lặp lại thường xuyên (Periodic) để xác định tần số dao động lắc ngang của tàu trong khoảng thời gian quan sát (như đã trình bày chi tiết trong Mục 2.2).

Sau khi có chu kỳ lắc ngang (T) được xác định tại mỗi thời điểm quan sát. Thì hệ thống sẽ tự động tính toán các thông số ổn định của tàu tại thời điểm đó và đưa ra cảnh báo trong cửa sổ “Show GoM;GoZ” (Hình 3.4).

- Giao diện hiển thị kết quả các thông số ổn định tàu tại thời điểm quan sát



Hình 3.4: Cửa sổ hiển thị thông số ổn định tàu tại thời điểm quan sát

- Cửa sổ thông báo kết quả ổn định và đánh giá ổn định: đưa ra các giá trị liên quan đến việc đánh giá ổn định của tàu theo quy định của IMO như:

- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tĩnh từ 0° đến 30°;
- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tĩnh từ 0° đến 40°;
- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tĩnh từ 30° đến 40°;
- + Giá trị G_0Z , G_0M .

Ngoài ra trong giao diện hiển thị kết quả các thông số ổn định tàu còn có hình ảnh đồ thị biến thiên theo thời gian của G_0M và G_0Z để cho sỹ quan hàng hải đánh giá nhanh được xu hướng ổn định của tàu trong các khoảng thời gian tiếp theo.

3.5. Kết luận chương 3

Chương 3 của luận án tập trung nghiên cứu xây dựng phần cứng và phần mềm hệ thống đã đạt được các kết quả cơ bản sau:

- Xây dựng mô hình kiến trúc hệ thống, nguyên lý hoạt động và các yêu cầu đối với hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực, đây là cơ sở để triển khai xây dựng phần cứng và chương trình phần mềm của hệ thống;

- Xác định các bước cần thực hiện để xây dựng được một hệ thống hoàn chỉnh, đây là các bước bao trùm toàn bộ tiến trình thực hiện xây dựng, thực nghiệm, đánh giá và hiệu chỉnh hoàn thiện hệ thống;

- Lựa chọn được các thiết bị phần cứng của hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực như thiết bị đo góc nghiêng của

tàu, cấu hình cây máy tính hệ thống, hệ thống thiết bị đầu vào và đầu ra của hệ thống;

- Thiết bị đo góc nghiêng tàu đã được Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng đánh giá thỏa mãn các yêu cầu về phép đo góc nghiêng và phép đo thời gian. Việc đánh giá này đã làm tăng độ tin cậy của thiết bị, đảm bảo độ chính xác trong quá trình thực hiện các tính toán liên quan đến chu kỳ lắc ngang của tàu;

- Chương trình phần mềm thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực đã được xây dựng trên cơ sở lưu đồ thuật toán được xác định từ trước, công nghệ nền tảng và các công cụ hỗ trợ phát triển hệ thống phần mềm, cơ sở lý thuyết liên quan đến việc tính toán và đánh giá các thông số ổn định của tàu.

Đề thuận tiện cho việc thực nghiệm hệ thống thì chương trình phần mềm thông báo ổn định được xây dựng dựa trên các số liệu của một tàu hàng rời cụ thể, chương trình phần mềm đảm bảo được chức năng tính toán, hiển thị các thông tin ổn định và đánh giá trạng thái ổn định tàu theo các yêu cầu được quy định bởi Bộ luật IS Code - 2008.

CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

4.1. Bố trí hệ thống trên tàu thực nghiệm

4.1.1. Hệ thống thiết bị phục vụ cho công tác thực nghiệm

4.1.2. Vận hành hệ thống

4.2. Các bước tiến hành thực nghiệm

Sau khi đã lắp đặt hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực ở vị trí phù hợp thì tiến hành các bước sau để thực nghiệm hệ thống:

Tiến hành khởi động hệ thống. Sau khoảng 5 phút, hệ thống chạy ổn định thì tiến hành thực nghiệm;

Thực hiện thực nghiệm nhiều lần (từ 7 đến 9 lần);

+ So sánh các kết quả thu được:

+ So sánh chu kỳ lắc ngang được xác định bằng việc đếm dao động lắc ngang của tàu với chu kỳ lắc ngang do hệ thống tính toán;

+ So sánh giá trị G_0M do hệ thống tính toán được từ chu kỳ lắc ngang với giá trị G_0M do máy tính xếp tải trên tàu tính toán.

- Phân tích, đánh giá các kết quả thu được sau khi đã thực hiện phương pháp so sánh ở trên.

4.3. Kết quả thực nghiệm trên một số tàu hàng rời

4.3.1. Thực nghiệm trên tàu Tàu hàng rời CHANG CHANG NAN HAI

4.3.2. Thực nghiệm trên tàu Tàu hàng rời SERENE JUNIPER

4.3.3. Thực nghiệm trên tàu hàng rời LI DIAN 3

4.3.4. Thực nghiệm trên tàu LUCKY STAR

4.3.5. Thực nghiệm trên tàu hàng rời BMC BRAVO

Tàu hàng rời BMC BRAVO thuộc sự quản lý của Công ty CP VTB Quốc tế Bình Minh. Thời điểm thực nghiệm, tàu đang hành trình từ Cửa Lò- Nghệ An đi Quảng Ninh. Trong lần thực nghiệm này, nghiên cứu sinh đã tiến hành xác định thông số ổn định của tàu G₀M thông qua chu kỳ lắc ngang trong quá trình tàu tiến hành trao đổi nước dẫn.

- *Tình trạng của tàu khi thực nghiệm*

Lượng dẫn nước: 10.383 tấn

Mớn nước: 8,00 m

Lượng tiêu thụ nước ngọt khi chạy biển: 5MT

Lượng tiêu thụ nhiên liệu khi chạy biển: 13 MT

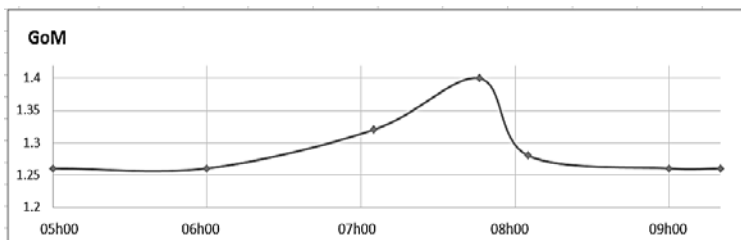
Tư thế: Không nghiêng ngang; chúi lái với trim 0,01 m.

- *Kết quả thực nghiệm trong quá trình tàu trao đổi nước dẫn*

Bảng 4.1: Chu kỳ lắc ngang và G₀M trong quá trình tàu trao đổi nước dẫn trên tàu BMC BRAVO (Mục 11, phần Phụ lục)

TT	Thời gian/ vị trí	Chu kỳ lắc quan sát		Chu kỳ lắc trên hệ thống T _s (s)	G ₀ M Theo phần mềm xếp dỡ của tàu (m)	Ghi chú hoạt động bơm ballast	
		T ₀ (s) (đo bằng tay)				Tên kết ballast	Lượng nước trong kết
		T ₀ (s)	Cấp sóng				
Lần 1 Khi chưa bơm ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 06h00m Vĩ độ: 20°23.7N Kinh độ: 107°05.2E	14,5	3	14,81	1,26	WBT 5P/S	03T
Lần 2 Khi đang bơm nước ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 07h05m, Vĩ độ: 20°31,8N Kinh độ: 107°14,1E	14,4	3	14,64	1,32	WBT 5P/S	80T

TT	Thời gian/ vị trí	Chu kỳ lắc quan sát T_0 (s) (đo bằng tay)		Chu kỳ lắc trên hệ thống T_s (s)	GoM Theo phần mềm xếp dỡ của tàu (m)	Ghi chú hoạt động bơm ballast	
		T_0 (s)	Cấp sóng			Tên kết ballast	Lượng nước trong kết
Lần 3 Khi đã bơm đủ lượng nước ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 07h46m, Vĩ độ: 20°37,5N Kinh độ: 107°15,0E	14,8	3	14,25	1,40	WBT 5P/S	200T
Lần 4 Khi đang bơm nước ballast ra	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 08h05m, Vĩ độ: 20°39,8N Kinh độ: 107°12,9E	15,1	3	14,75	1,28	WBT 5P/S	40T
Lần 5 Khi kết thúc bơm nước ballast ra	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 09h00m, Vĩ độ: 20°46,7N Kinh độ: 107°09,4E	14,6	3	14,80	1,26	WBT 5P/S	06 T



Hình 4.1: Đồ thị biến thiên G_0M theo thời gian khi trao đổi nước dằn

Từ số liệu thu thập được trong Bảng 4.1, có thể lập bảng so sánh giữa chu kỳ lắc quan sát được (T_0) với chu kỳ lắc chỉ báo trên hệ thống (T_s) cũng như lập bảng so sánh giữa G_0M được xác định theo chu kỳ

lắc chỉ báo trên hệ thống và G_0M được tính toán từ phần mềm xếp dỡ trên tàu đã được đăng kiểm phê duyệt, cụ thể như sau:

Bảng 4.2: So sánh số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu BMC BRAVO

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG, T_s (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T_0	Cấp sóng tương ứng			
1	14,5	3	14,81	0,31	2,14
2	14,4	3	14,64	0,24	1,67
3	14,8	3	14,25	0,55	3,72
4	15,1	3	14,75	0,35	2,32
5	14,6	3	14,80	0,20	1,37

Bảng 4.3: So sánh G_0M theo chu kỳ lắc đo bằng thiết bị và G_0M theo chương trình xếp dỡ của tàu BMC BRAVO (Mục 11, phần Phụ lục)

TT	Chu kỳ lắc đo được bằng hệ thống (s)	G_0M (m) xác định từ chu kỳ lắc ngang	G_0M (m) Theo phần mềm xếp dỡ của tàu	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
1	14,81	1,24	1,26	0,02	1,59
2	14,64	1,27	1,32	0,05	3,78
3	14,25	1,34	1,40	0,06	4,29
4	14,75	1,25	1,28	0,03	2,34
5	14,80	1,24	1,26	0,02	1,59

4.3.6. Thực nghiệm trên tàu hàng rời TÂN BÌNH 234

- Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

Lượng dẫn nước: 39.675,16 tấn

Mớn nước: 10,02 m

Tư thế: Không nghiêng ngang; không chúi vói trim 0,0 m.

Trạng thái hoạt động của tàu: Hành trình từ trong Nosco Dock đến Cẩm Phả, Quảng Ninh rồi đi Vinh Tân, Bình Thuận.

- *Kết quả đo chu kỳ lắc*

Bảng 4.4: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu TÂN BÌNH 234
(Mục 12, phần Phụ lục)

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	11,1	5-6	10,91	0,19	1,71
2	10,7	5-6	10,86	0,16	1,50
3	11,2	5-6	11,03	0,17	1,52
4	11,4	5-6	11,17	0,23	2,02
5	11,6	5-6	11,21	0,39	3,36
6	10,9	5-6	11,08	0,18	1,65
7	11,3	5-6	11,15	0,15	1,33

- *Kết quả xác định G_{0M}*

Bảng 4.5: Số liệu thực nghiệm xác định G_{0M} tàu TÂN BÌNH 234
(Mục 12, phần Phụ lục)

A TT	Chu kỳ lắc đo được bằng hệ thống (s)	G _{0M} (m) xác định từ chu kỳ lắc ngang	G _{0M} (m) Theo phần mềm xếp dỡ của tàu	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
1	10,91	3,62	3,59	0,03	0,84
2	10,86	3,65	3,59	0,06	1,67
3	11,03	3,55	3,59	0,04	1,11
4	11,17	3,46	3,59	0,13	3,62
5	11,21	3,43	3,59	0,16	4,46
6	11,08	3,52	3,59	0,07	1,95
7	11,15	3,47	3,59	0,12	3,34

4.3.7. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm đã thu thập được từ 06 tàu hàng rời như trên, có một số nhận xét sau:

- Sai lệch đo chu kỳ lắc ngang của tàu bằng hệ thống và bằng quan sát dưới 1s.

- Sai lệch giá trị G_0M được xác định bằng hệ thống và bằng phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt dưới 5%.

Hệ thống hiển thị một cách tự động sự thay đổi của chu kỳ lắc ngang và giá trị G_0M trong quá trình bơm, xả nước dẫn tàu.

Kết quả trên cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, tin cậy.

4.4. Kết luận chương 4

Chương 4 của luận án tập trung nghiên cứu thực nghiệm để kiểm chứng kết quả chính được đề cập trong chương 3 của luận án. Việc nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trên các tàu hàng rời hoạt động trên biển. Kết quả đã đạt được của chương 4 cụ thể như sau:

- Đưa ra các hướng dẫn, yêu cầu và lưu ý khi lắp đặt hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực trên tàu thực nghiệm. Xây dựng các bước cần thực hiện trong quá trình tiến hành thực nghiệm trên tàu.

- Tiến hành thực nghiệm trên các tàu hàng rời ở các trạng thái khác nhau, trong đó có một tàu đang trao đổi nước dẫn trong khi hành trình (BMC BRAVO). Các kết quả thực nghiệm thu được liên quan đến chu kỳ lắc ngang và G_0M của tàu tại thời điểm quan sát đều thỏa mãn các mục đích, yêu cầu mà đề tài đã đưa ra cũng như các quy định của IMO về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Bằng các phương pháp nghiên cứu đã thực hiện trong luận án “Nghiên cứu thiết kế hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời”, luận án đã đạt được mục đích nghiên cứu đặt ra, với các kết quả cụ thể như sau:

1.1. Hệ thống hóa các quy định liên quan đến ổn định nguyên vẹn của tàu hàng nối chong và tàu hàng rời nói riêng. Các tiêu chuẩn về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời đều tuân thủ các tiêu chuẩn ổn định được quy định trong Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định của tàu hàng rời để đưa ra cảnh báo khi ổn định tàu suy giảm cho thuyền trưởng và sỹ quan trong quá trình xếp dỡ và vận chuyển hàng rời.

1.2. Đề tài luận án đã xây dựng được thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang của tàu từ góc nghiêng ngang theo thời gian thực.

1.3. Phân tích, lựa chọn công thức làm cơ sở để xác định chiều cao thể vũng (G_0M) của tàu theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang, đây là công thức được đề cập đến trong nhiều hồ sơ xếp tải của

tàu hàng rời, phù hợp với yêu cầu của Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code). Trên cơ sở đó, đưa ra phương pháp vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z).

1.4. Xây dựng mô hình kiến trúc của hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực, nguyên lý hoạt động và các yêu cầu của hệ thống. Trên cơ sở mô hình kiến trúc hệ thống, luận án đã thiết kế, xây dựng phần cứng và phần mềm hoàn chỉnh cho hệ thống. Phần mềm có khả năng tự động tính toán và hiển thị theo thời gian thực giá trị chu kỳ lắc ngang, chiều cao thể vững, đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh của tàu; cũng như đưa ra tín hiệu cảnh báo khi chiều cao thể vững của tàu có xu hướng giảm hoặc khi không đảm bảo tiêu chuẩn ổn định.

1.5. Triển khai thực nghiệm thành công hệ thống trên một số tàu hàng rời. Trong đó có 01 tàu (tàu BMC BRAVO) được thực nghiệm trong điều kiện chạy biển, có trao đổi nước dằn tàu. Kết quả cho thấy sai lệch về chu kỳ lắc ngang và chiều cao thể vững G_0M xác định được từ hệ thống theo thời gian thực đều ở mức độ cho phép đối với an toàn hàng hải. Hệ thống hoạt động ổn định, tin cậy.

2. KIẾN NGHỊ

Kiến nghị của luận án cũng chính là những vấn đề cần quan tâm trong hướng nghiên cứu tiếp theo, cụ thể:

2.1. Trong luận án đã xây dựng hoàn thiện phần cứng, phần mềm hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời và có thể hoạt động độc lập khi được lắp đặt trên tàu hàng rời, nhưng hệ thống phần cứng vẫn còn tồn diện tích nếu được lắp đặt trên tàu. Vì vậy, trong thời gian tới, có thể trong các nghiên cứu tiếp theo nghiên cứu sinh sẽ tích hợp hệ thống vào trong các thiết bị hiện có trên tàu như máy tính xếp tải, hải đồ điện tử... để tiết kiệm không gian đặt thiết bị cũng như tạo thuận tiện cho sỹ quan hàng hải khai thác sử dụng hệ thống khi tàu hành trình trên biển.

2.2. Các tàu hàng rời được triển khai thực nghiệm hệ thống là các tàu đang neo đậu làm hàng hoặc hoạt động ven bờ trong điều kiện thời tiết cho phép. Các kết quả thực nghiệm thu thập được, sau khi được phân tích, đánh giá đã đáp ứng được các yêu cầu mà luận án đưa ra. Tuy nhiên, để hệ thống có độ tin cậy cao hơn trước khi triển khai áp dụng vào thực tiễn thì nghiên cứu sinh cần tiếp tục liên hệ thực nghiệm trên các tàu hàng rời chạy tuyến xa bờ và hoạt động trong các điều kiện thời tiết khó khăn hơn.

2.3. Sau khi hệ thống được tinh giản, gọn nhẹ và có độ tin cậy cao, nghiên cứu sinh sẽ tiến hành tìm hiểu nhu cầu của các công ty quản lý khai thác tàu hàng rời về việc trang bị hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời để hướng tới thương mại hóa sản phẩm để tài nếu có đơn vị đặt hàng.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ
LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN**

1. PGS. TS. Nguyễn Kim Phương (Chủ nhiệm đề tài), NCS. Nguyễn Xuân Long và các thành viên khác. *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời có trọng tải từ 20.000 tấn trở lên*. Đề tài Khoa học công nghệ cấp Bộ giao thông vận tải; mã số: DT183037, năm 2018.
2. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương, PGS. TS. Nguyễn Công Vịnh, TS. Nguyễn Trung Đức, ThS. Từ Mạnh Chiến. *Xây dựng hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời có trọng tải từ 20.000 tấn trở lên*. Tạp chí Giao thông vận tải, tháng 3/2019.
3. Nguyen Xuan Long, *Assessing Intact Stability of Bulk Carriers through the Rolling Period*, The Journal of the AMFUF, 2019.
4. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương. *Một số yếu tố ảnh hưởng đến tính ổn định của tàu hàng rời*. Tạp chí Giao thông vận tải, tháng 12/2019.
5. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương, TS. Nguyễn Trung Đức. *Xây dựng chương trình hiển thị thông tin ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực*. Tạp chí KHCN Hàng hải số 61 – tháng 1/2020. ISSN 1859-316X.