

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



NGUYỄN QUANG HUY

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC
DẪN ĐƯỜNG CHO TÀU NGẦM HOẠT
ĐỘNG TRONG KHU VỰC BIỂN ĐÔNG**

Tóm tắt luận án tiến sĩ kỹ thuật

Ngành: Khoa học hàng hải; mã số: 9840106

Chuyên ngành: Khoa học hàng hải

Hải Phòng – 2020

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS.TS. Nguyễn Viết Thành

2. PGS. TS. Phạm Xuân Dương

Phản biện 1: PGS. TS. Nguyễn Phùng Hưng

Phản biện 2: TS. Huỳnh Vĩnh Tuyền

Phản biện 3: PGS. TS. Nguyễn Minh Đức

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Trường
hợp tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vào hồi giờ
.....phút..... ngày tháng năm 2020

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam là một quốc gia với hơn 3000km bờ biển và vùng biển rộng gấp 3 lần diện tích đất liền. Các quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa có vị trí quan trọng về kinh tế và cả hàng hải lẫn quân sự. Chính vì vậy trong những thập niên gần đây, Biển Đông luôn là điểm nóng về quân sự trong khu vực. Vì vậy, việc nghiên cứu, khai thác và bảo vệ các hoạt động trên Biển Đông theo các công ước quốc tế một cách có hệ thống đã trở nên cấp bách hơn bao giờ hết.

Xác định được vai trò, vị trí, tầm quan trọng của Biển Đông, Hội nghị lần thứ 4 Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam Khoá X đã ra Nghị quyết số 09/NQ-TW về “Chiến lược biển Việt Nam đến năm 2020”[1]. Sau 10 năm thực hiện, qua tổng kết đã xác định Nghị quyết đã đi vào cuộc sống và đạt được những kết quả quan trọng, ngày 22/10/2018, tại Hội nghị Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam Khoá XII tiếp tục ra Nghị quyết số 36/NQ-TW về “Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045”[2]. “Việc đề ra Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam nhằm góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế cả nước, tận dụng mọi tiềm năng hiện có để phát triển và quan trọng bậc nhất là bảo vệ chủ quyền biển, đảo của Tổ quốc và lợi ích quốc gia tối thượng” - đồng chí Trần Hồng Hà[69]. Điều này càng khẳng định rõ sự quan tâm đặc biệt của Đảng, Nhà nước ta đối với biển và đặt ra những yêu cầu và nhiệm vụ quan trọng bậc nhất về bảo vệ chủ quyền biển, đảo.

Hải quân nhân dân Việt Nam là Quân chủng kỹ thuật, là lực lượng nòng cốt trong sự nghiệp bảo vệ toàn vẹn chủ quyền, quyền chủ quyền của quốc gia trên biển theo Công ước Quốc tế về Luật biển năm 1982. Được sự quan tâm của Lãnh đạo Đảng, Nhà nước, trong những năm qua, ngoài việc tăng cường lực lượng khả năng chiến đấu của tàu mặt nước, Hải quân đã được xây dựng Binh chủng tàu ngầm trực thuộc Quân chủng Hải quân. Ngày 29/5/2013, Tư lệnh Hải quân đã công bố Quyết định của Bộ trưởng Bộ Quốc phòng về việc thành lập Lữ đoàn tàu ngầm 189[70]. Lữ đoàn được trang bị các tàu ngầm diesel – điện lớp KILO 636[71], có khả năng tác chiến cao và là một trong các lực lượng chủ lực của Hải quân nhân dân Việt Nam.

Để đảm bảo tàu ngầm hành trình an toàn và hiệu quả, các tàu ngầm được trang bị nhiều trang thiết bị phục vụ cho dẫn đường. Ngoài các trang bị hàng hải cơ bản như máy lái tự động, la bàn điện, tốc độ kế, máy thu vệ tinh thì tàu ngầm được trang bị hệ thống dẫn đường quán tính để phục vụ dẫn đường. Ưu điểm của hệ thống dẫn đường quán tính là cung cấp liên tục vị trí, hướng và tư thế của tàu ngầm, không bị ảnh hưởng các yếu tố bên ngoài cũng như nhiễu loạn khi đối phương tiến hành tác chiến điện tử. Yếu điểm lớn nhất của hệ thống dẫn đường quán tính là sai số tích lũy theo thời gian do sự trôi con quay, dẫn đến việc xác định vị trí tàu không chính xác do đó phải tiến hành hiệu chỉnh lại tại thời điểm thích hợp.

Bản chất của hệ thống dẫn đường quán tính là dẫn đường bằng phương pháp dự tính, để hiệu chỉnh vị trí cho hệ thống cần dùng một phương pháp quan trắc khác chính xác hơn để tiến hành hiệu chỉnh. Các tài liệu của nước ngoài cung cấp không nói rõ về nguyên lý hệ thống dẫn đường quán tính cung cấp vị trí tàu, cũng như các giải thuật liên quan đến hoạt động của hệ thống mà chỉ cung cấp một cách tổng quát hướng dẫn sử dụng, do đó bất lợi cho các thủy thủ tàu ngầm nắm chắc hệ thống dẫn đường quán tính được trang bị, từ đó khó có thể vận hành hệ thống dẫn đường quán tính một cách hiệu quả. Điều này cũng dễ hiểu vì các giải thuật và chế tạo hệ thống dẫn đường quán tính liên quan đến bí mật công nghệ của các nhà sản xuất. Để hiệu chỉnh vị trí tàu ngầm được cung cấp bởi hệ thống dẫn đường quán tính, thông thường hiện nay người ta sử dụng kết hợp giữa hệ thống dẫn đường quán tính và hệ thống vệ tinh hàng hải dẫn đường toàn cầu thông qua bộ lọc Kalman. Ngoài ra, việc đưa vào càng nhiều yếu tố hiệu chỉnh giúp hệ thống dẫn đường quán tính có thể hoạt động một cách hiệu quả hơn khi chỉ để hệ thống làm việc tự động.

Khi tàu hành trình trên biển, người điều khiển tàu phải tiến hành hàng loạt các đo đạc và tính toán khác nhau, nhằm xác định vị trí tàu, xác định các thành phần chuyển động của tàu và thực hiện các nhiệm vụ khác trên biển. Có rất nhiều định nghĩa về dẫn đường, tuy nhiên trong luận án này, tác giả sử dụng thuật ngữ “navigation” được định nghĩa theo từ điển Oxford[65], tạm dịch là: “Dẫn đường là một quá trình hành động hoặc xử lý liên tục để xác định vị trí chính xác của một con tàu và lập kế hoạch cũng như hành trình theo tuyến đi kế hoạch đó”. Vì vậy, ngoài việc lập kế hoạch, xác định chính xác vị trí tàu liên tục tại mọi thời điểm cũng là một phần rất quan trọng trong dẫn đường. Dẫn đường cho tàu ngầm khác với dẫn đường cho tàu mặt nước ở hai điểm sau:

- Thứ nhất, tàu mặt nước chỉ cần xác định vị trí tàu theo không gian 2 chiều, tức là chỉ cần xác định tọa độ theo kinh độ và vĩ độ (hệ tọa độ XY), trong khi đó tàu ngầm cần xác định vị trí tàu theo không gian 3 chiều, ngoài kinh, vĩ độ còn có cả độ sâu theo trục Z hướng xuống dưới (hệ tọa độ XYZ).

- Thứ hai là, các tàu mặt nước và kể cả tàu ngầm, mặc dù có được trang bị hệ thống dẫn đường quán tính hay không, khi hành trình nổi luôn luôn có điều kiện quan sát được các vệ tinh của hệ thống GNSS, đối với tàu ngầm là phương án kết hợp GNSS/INS. Khi hành trình ngầm, tàu ngầm hoàn toàn sử dụng hệ thống dẫn đường quán tính và một số phương án kỹ thuật kết hợp khác để dẫn đường mà mất hẳn tín hiệu từ hệ thống vệ tinh dẫn đường.

Trong thực tế, đối với tàu ngầm được trang bị hai hệ thống dẫn đường quán tính khác loại, khi hành trình ngầm hai hệ thống này có sự sai lệch về vị trí khác nhau. Đặc thù của dẫn đường cho tàu ngầm của Hải quân là phải đảm bảo tính bí mật trong xác định vị trí tàu, nhất là trong điều kiện thời chiến thì yêu cầu này là đòi hỏi cao nhất, không thể dùng hệ thống định vị toàn cầu của nước ngoài để xác định và hiệu chỉnh vị trí. Đối với một số Quốc gia như Mỹ, Nga, Trung Quốc, Nhật Bản và Liên minh châu Âu, họ đã phát triển hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu riêng, dành kênh riêng cho quân sự nên việc hiệu chỉnh vị trí cho tàu ngầm vẫn đảm bảo tính bí mật. Tàu ngầm quân sự Việt Nam hiện nay chỉ hoạt động trong vùng biển Việt Nam, trong khi chưa xây dựng và phát triển được hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu riêng. Do đó việc xác định vị trí tàu ngầm khi hành trình ngầm chính xác, phù hợp với điều kiện thực tế biển Việt Nam, phục vụ cho việc tối ưu hóa dẫn đường là một yêu cầu cần thiết và cấp bách. Mặt khác, liên quan đến bí mật quân sự, hoạt động tác chiến, không có nhiều tài liệu hoặc nghiên cứu về dẫn đường ngầm cho tàu ngầm được công bố của các quốc gia có tàu ngầm. Trước những yêu cầu trên, tác giả chọn lựa nghiên cứu đề tài “**Nghiên cứu nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm hoạt động trong khu vực Biển Đông**” là cần thiết đáp ứng nhiệm vụ cấp bách thực tế đặt ra.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu có liên quan đến đề tài luận án

2.1. Những nghiên cứu của nước ngoài về phát triển thiết bị và công nghệ phục vụ dẫn đường cho tàu ngầm trên thế giới

2.2. Những nghiên cứu trong nước

3. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

3.1. Mục đích nghiên cứu

- Phân tích làm rõ nguyên nhân sai lệch trong xác định vị trí tàu từ các hệ thống dẫn đường quán tính được lắp đặt trên tàu.

- Trên cơ sở các trang thiết bị đã có với sai số của hệ thống dẫn đường, tính toán và đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm ở chế độ đi ngầm.

3.2. Đối tượng nghiên cứu

Đề tài luận án tập trung vào các đối tượng nghiên cứu sau đây:

- Hệ thống dẫn đường quán tính được trang bị trên các tàu ngầm;
- Đặc điểm địa hình, thủy văn khu vực Biển Đông;
- Các phương pháp dẫn đường theo hệ thống dẫn đường quán tính cho tàu ngầm;
- Tác động của ngoại cảnh đến độ chính xác dẫn đường tàu ngầm.

3.3. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài luận án được giới hạn trong phạm vi nghiên cứu như sau:

- Hành trình ngầm của tàu ngầm trong khu vực Biển Đông, chú trọng đến tính bí mật, bảo đảm an toàn trong hoạt động dẫn đường tàu ngầm.
- Ảnh hưởng của một số yếu tố ngoại cảnh tới hoạt động của tàu ngầm trong khu vực Biển Đông: Lực thủy tĩnh, áp lực nước, mật độ nước, dòng chảy.

4. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu phổ biến sau đây để giải quyết các nhiệm vụ nghiên cứu đặt ra nhằm đạt được mục đích nghiên cứu:

- Phương pháp phân tích, tổng hợp được sử dụng nhằm hệ thống hóa cơ sở lý luận về độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm, đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố ngoại cảnh tới độ chính xác dẫn đường tàu ngầm trong khu vực Biển Đông;
- Phương pháp tổng hợp kết hợp với tham vấn chuyên gia nhằm đưa ra các giải pháp kỹ thuật, giải pháp huấn luyện nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường tàu ngầm;
- Phương pháp ứng dụng công nghệ thông tin để xây dựng phần mềm “Xử lý thông tin vị trí tàu” nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường tàu ngầm;
- Phương pháp khảo sát thực tế thông qua phiếu hỏi nhằm đánh giá tính khả dụng của phần mềm “Xử lý thông tin vị trí tàu”.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

5.1. Ý nghĩa khoa học

- Hệ thống hóa cơ sở lý luận của hệ thống dẫn đường quán tính, là hệ thống dẫn đường chính được sử dụng trên tàu ngầm;
- Tạo cơ sở khoa học và các yêu cầu kỹ thuật cũng như kỹ năng trong công tác huấn luyện, xử lý và nhập liệu thông tin phục vụ hiệu chỉnh hệ thống dẫn đường quán tính bảo đảm công tác xác định vị trí tàu ngầm, nâng cao độ chính xác dẫn đường của tàu ngầm trong khu vực Biển Đông.

5.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Đề tài luận án chỉ rõ các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình dẫn đường ngầm cho tàu ngầm, đồng thời đưa ra một số giải pháp mang tính khả thi nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường tàu ngầm khi hành trình ngầm dưới biển, đặc biệt phần mềm “Xử lý thông tin vị trí tàu” được xem như là công cụ hỗ trợ cho chỉ huy tàu trong quá trình điều khiển tàu ngầm hành trình ngầm trong khu vực Biển Đông.

Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu của đề tài luận án còn góp phần nâng cao chất lượng huấn luyện, sẵn sàng chiến đấu của tàu ngầm.

6. Những đóng góp mới của luận án

- Hệ thống hóa cơ sở lý luận về hệ thống dẫn đường quán tính, phục vụ đào tạo cán bộ hàng hải và chỉ huy tàu ngầm;

- Làm rõ một số yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm trong khu vực Biển Đông, là khu vực lực lượng tàu ngầm của Việt Nam hoạt động, như: Lực thủy tĩnh, áp lực nước, mật độ nước, dòng chảy.

- Đề xuất quy trình lập kế hoạch đi biển cho tàu ngầm và xây dựng một phần mềm xử lý thông tin vị trí tàu ngầm khi hành trình ngầm trong khu vực Biển Đông nhằm trợ giúp cho chỉ huy tàu nâng cao độ chính xác khi xác định vị trí tàu trong quá trình dẫn đường ngầm.

7. Kết cấu luận án

Kết cấu luận án gồm ba phần:

1. Phần mở đầu: Giới thiệu tổng quan về luận án, tính cấp thiết, mục đích, ý nghĩa, nêu những điểm mới của luận án, trình bày tóm tắt kết cấu và nội dung luận án.

2. Phần nội dung nghiên cứu được trình bày trong 3 chương.

Chương 1: Cơ sở lý luận về độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm.

Chương 2: Các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm

Chương 3: Giải pháp nâng cao độ chính xác dẫn đường tàu ngầm trong khu vực Biển Đông.

3. Phần kết luận và kiến nghị: Tóm tắt những kết quả đạt được và những đóng góp mới của luận án trong lĩnh vực chuyên ngành, bàn luận về khả năng ứng dụng thực tế và kiến nghị cho hướng phát triển tiếp theo của đề tài.

CHƯƠNG 1

CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ ĐỘ CHÍNH XÁC DẪN ĐƯỜNG CHO TÀU NGẦM

1.1. Mô hình toán học tàu ngầm

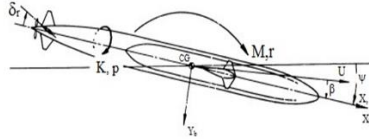
1.1.1. Các hệ tọa độ và ký hiệu quy ước

1.1.1.1. Các hệ tọa độ

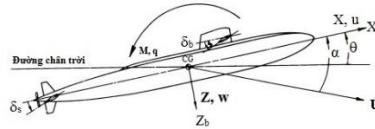
Cho đến nay, các nhà khoa học vẫn sử dụng các ký hiệu quy ước của Hiệp hội đóng tàu Mỹ (SNAME 1950 - Society of Naval Architects & Marine Engineers) để mô tả các chuyển động của tàu biển (tàu ngầm) trong 6 bậc tự do, sử dụng cho tàu ngầm là hệ **NED** (North/hướng Bắc/ hướng mũi tàu, East/hướng Đông/hướng sang phải và Down/ hướng xuống dưới).

1.1.1.2. Ký hiệu quy ước

Theo các tài liệu [33], [39], để xác định hướng dương của các trục, góc, vận tốc, lực và mô men của tàu ngầm, có thể quy ước như hình 1.2 và 1.3.



Hình 1.2. Quy ước hướng dương các đại lượng tàu ngầm theo chuyển động ngang



Hình 1.3. Quy ước hướng dương các đại lượng tàu ngầm theo chuyển động dọc

1.1.2. Mô hình toán học phương trình chuyển động tàu ngầm [49]

+ Phương trình trượt dọc

$$X = m[\dot{u} - vr + wq] = \frac{\rho}{2} L^4 [X'_{qq} q^2 + X'_{rr} r^2 + X'_{rp} rp] + \frac{\rho}{2} L^3 [X'_{\dot{u}} \dot{u} + X'_{vr} vr + X'_{wq} wq] \quad (1.5)$$

$$+ \frac{\rho}{2} L^2 [X'_{vv} v^2 + X'_{ww} w^2] + \frac{\rho}{2} L^2 u^2 [X'_{\delta_r \delta_r} \delta_r^2 + X'_{\delta_s \delta_s} \delta_s^2 + X'_{\delta_b \delta_b} \delta_b^2] + \frac{\rho}{2} L^2 [a_r u^2 + b_r u U_c + c_r U_c^2]$$

+ Phương trình trượt ngang

$$Y = m[\dot{v} - wp + ur] = \frac{\rho}{2} L^4 [Y'_{\dot{r}} \dot{r} + Y'_{\dot{p}} \dot{p} + Y'_{|r|} |r| + Y'_{pq} pq] + \frac{\rho}{2} L^3 [Y'_{ur} ur + Y'_{vp} vp + Y'_{\dot{v}} \dot{v} + Y'_{wp} wp] \quad (1.6)$$

$$+ \frac{\rho}{2} L^2 [Y'_{uv} uv + Y'_{|v|} |v| (v^2 + w^2)^{1/2} + Y'_{\delta_r} u^2 \delta_r]$$

+ Phương trình trượt đứng

$$Z = m[\dot{w} - uq + vp] = \frac{\rho}{2} L^4 [Z'_q \dot{q} + Z'_{pp} p^2 + Z'_{rr} r^2 + Z'_{rp} rp + Z'_{q|q} q|q|] + \frac{\rho}{2} L^3 [Z'_w \dot{w} + Z'_q uq + Z'_{vp} vp] + \frac{\rho}{2} L^2 [Z'_0 u^2 + Z'_w uw + Z'_{|w|} u |w| + Z'_{ww} w |w| + Z'_w (v^2 + w^2)^{1/2}] + Z'_{\delta_s} \delta_s + Z'_{\delta_b} \delta_b u^2 \quad (1.7)$$

+ Các phương trình phụ:

$$\begin{cases} \dot{\phi} = p + \psi \sin \theta \\ \dot{\theta} = q \cos \phi - r \sin \phi \\ \dot{\psi} = (r \cos \phi + q \sin \phi) / \cos \theta, \quad \theta \neq \pm 90^\circ \\ \dot{N} = u \cos \theta \cos \psi + v (\sin \phi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi) + w (\sin \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \\ \dot{E} = u \cos \theta \sin \psi + v (\cos \phi \cos \psi + \sin \phi \sin \theta \sin \psi) + w (\cos \phi \sin \theta \sin \psi - \sin \phi \cos \psi) \\ \dot{D} = -u \sin \theta + v \cos \theta \sin \phi + w \cos \theta \cos \phi \\ U = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} \end{cases} \quad (1.8)$$

Trong các công thức trên đây, $X'(\cdot)$, $Y'(\cdot)$, $Z'(\cdot)$ là các hệ số không thứ nguyên của lực tác dụng vào tàu ngầm, u là tốc độ theo hướng chiếu dọc của tàu ngầm, w là tốc độ theo hướng chiếu thẳng đứng của tàu ngầm, q là vận tốc góc lắc dọc, h là chiều cao tâm nghiêng, δ_b là góc điều khiển bánh lái tầm ở mũi, δ_s là góc điều khiển bánh lái tầm ở đuôi tàu, tàu ngầm nổi hay lặn nhờ bánh lái tầm này, δ_r là góc điều khiển bánh lái hướng, được đặt ở đuôi tàu, L là chiều dài tàu ngầm, m là khối lượng của tàu ngầm.

1.1.3. Mô hình toán học tàu ngầm chuyển động gần bề mặt

+ Các phương trình chuyển động thẳng đứng:

$$m(w - uq + vp) = \frac{\rho}{2} L^4 [Z'_q \dot{q}] + \frac{\rho}{2} L^3 [Z'_w \dot{w} + Z'_{vp} vp + Z'_q uq] + \quad (1.9)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\rho}{2} L^2 [Z'_0 u^2 + Z'_w uw + Z'_{|w|} w |w| + Z'_{ww} w |w| + Z'_w (v^2 + w^2)^{1/2}] + Z'_{\delta_s} \delta_s + Z'_{\delta_b} \delta_b u^2 + Z_{\text{wave}} \\ I_y \dot{q} + (I_x - I_z) rp &= \frac{\rho}{2} L^5 [M'_q \dot{q} + M'_{rp} rp] + \frac{\rho}{2} L^4 [M'_w \dot{w} + M'_q uq + M'_{|w|q} |w|q| + \quad (1.10) \\ & \frac{\rho}{2} L^3 [M'_0 u^2 + M'_w v^2 + M'_w uw + (M'_{\delta_s} \delta_s + M'_{\delta_b} \delta_b) u^2] - mgh \sin \theta + M_{\text{wave}} \end{aligned}$$

+ Các phương trình chuyển động ngang:

$$I_z \dot{r} = \frac{\rho}{2} L^5 [N'_r \dot{r}] + \frac{\rho}{2} L^4 [N'_v \dot{v} + N'_r ur + N'_{|r|} r |r| + \frac{\rho}{2} L^3 [N'_v uv + N'_{\delta_r} u^2 \delta_r] + M_{\text{wave}} \quad (1.11)$$

$$I_x \dot{p} = \frac{\rho}{2} L^4 [K'_v \dot{v} + K'_r ur] + \frac{\rho}{2} L^3 [K'_v uv] - mgh \cos \theta \sin \phi + M_{\text{wave}} \quad (1.12)$$

Trong đó, Z_{wave} và M_{wave} lần lượt là lực và mô men của sóng tác động vào tàu ngầm.

1.1.4. Mô hình toán học tàu ngầm chuyển động ngầm

Khi tàu ngầm lặn xuống, ngoài chịu sự tác động của dòng chảy, thân tàu còn chịu ảnh hưởng không nhỏ của áp lực nước và mô men thủy tĩnh.

1- Lực thủy động ảnh hưởng trực tiếp đến chuyển động lặn xuống của tàu ngầm (chuyển động thẳng đứng) là hợp lực của các lực sau: áp lực nước, dòng chảy, trọng lực, lực nổi và mô men.

Trọng lực của tàu ngầm $W = m \cdot g$; với m là khối lượng tàu ngầm, g là gia tốc trọng trường.

Lực nổi của tàu ngầm $B = \rho g \nabla$, trong đó ∇ là lượng giãn nước của tàu ngầm.

Lực nổi dư: $\Delta = W - B$, nguyên nhân dẫn đến sai lệch trong tính toán lực nổi là do các trang thiết bị trong tàu ngầm như: ngư lôi, đạn, dược...

Khi $\Delta > 0$, tức là tàu ngầm đủ trọng lượng nặng sẽ lặn xuống;

Khi $\Delta < 0$, tàu ngầm không đủ trọng lượng sẽ nổi lên;

Khi $\Delta = 0$, tàu ngầm ở chế độ cân bằng, trạng thái nằm lơ lửng trong mặt nước.

Lực nổi dư không những phụ thuộc vào trọng tâm tàu ngầm, mà đôi khi còn phụ thuộc vào lực nổi dư của mô men khi vị trí xác định cách trọng tâm một khoảng x_p .

$$\Delta M_p = - \Delta P \cdot x_p \quad (1.13)$$

Ngoài ra, theo lý thuyết lực thủy tĩnh, trọng lực của tàu ngầm và lực nổi không tác dụng cùng lúc theo một mặt phẳng thẳng đứng để tạo nên lực thủy tĩnh, mà còn chịu ảnh hưởng của tác dụng ngang và tác dụng thẳng đứng của khối lượng nước dưới thân tàu ngầm tạo nên.

$$M_H(\theta) = -mgh \sin \theta \quad (1.14)$$

Trong công thức (1.14) trên đây, h là chiều cao tâm nghiêng của khối lượng nước được bơm ra, m là khối lượng của tàu ngầm, θ là góc nghiêng dọc, dấu “-” là do chuyển động ngược hướng với chiều quay quy định.

1.2. Các phương pháp dẫn đường cho tàu ngầm

1.2.1. Dẫn đường cho tàu ngầm khi đi nổi và đi ở độ sâu kính tiềm vọng

- a) Dẫn đường bằng vệ tinh
- b) Dẫn đường bằng hệ thống xung – pha (hệ thống vô tuyến)
- c) Dẫn đường bằng thiên văn
- d) Dẫn đường bằng radar
- e) Dẫn đường bằng Sonar chủ động
- f) Dẫn đường bằng mục tiêu
- g) Hệ thống quản lý hành trình
- h) Dẫn đường dự tính
- i) Hệ thống dẫn đường quán tính

1.2.2. Dẫn đường khi tàu ngầm đi ngầm

- Dẫn đường dự tính
- Hệ thống dẫn đường quán tính
- Dẫn đường bằng thủy âm
- Dẫn đường theo độ sâu đáy biển đã biết

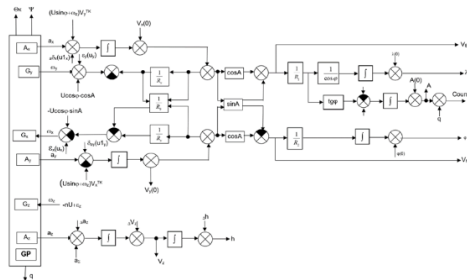
1.3. Hệ thống dẫn đường quán tính của tàu ngầm

1.3.1 Khái niệm cơ bản về dẫn đường quán tính

Phương pháp dẫn đường quán tính dựa vào vị trí, vận tốc và động thái ban đầu đã biết của phương tiện. Từ đó, đo tốc độ động thái và gia tốc rồi dùng phương pháp tích phân để tìm ra vị trí của phương tiện. Đây là phương pháp dẫn đường duy nhất không dựa vào nguồn tham khảo bên ngoài. Nếu phương pháp dẫn đường vô tuyến chịu ảnh hưởng của sóng vô tuyến điện và không sử dụng được trong những khu vực không có sóng thì phương pháp dẫn đường quán tính có thể khắc phục được. Tuy nhiên, sau một thời gian, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố, dẫn đường quán tính sẽ xuất hiện sai số trong việc xác định vị trí, nếu không có sự điều chỉnh. Có 2 kiểu hệ thống dẫn đường quán tính: có đế - Gimbaled và không đế - Strapdown.

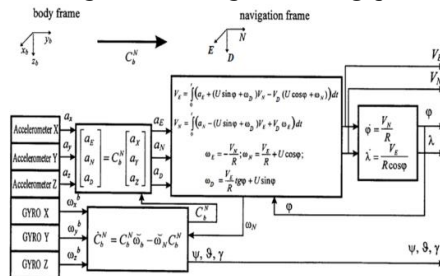
1.3.2. Nguyên lý chung hệ thống dẫn đường quán tính

1.3.2.1. Nguyên lý xác định vị trí của hệ thống dẫn đường quán tính có đế



Hình 1.7. Sơ đồ nguyên lý hệ thống dẫn đường quán tính có đế

1.3.2.2 Thuật toán dẫn đường cho hệ thống dẫn đường quán tính không đế



Hình 1.8. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống dẫn đường quán tính không đế

1.3.3. Nghiên cứu một số hệ thống dẫn đường quán tính hiện nay

Có rất nhiều nhà sản xuất nước ngoài đã giới thiệu và công bố các thông tin về hệ thống dẫn đường quán tính do họ sản xuất. Tuy nhiên, các thông tin chỉ mang tính chung nhất như sai số về vị trí, sai số cố định của con quay, gia tốc kế, thời gian trung bình giữa 2 lần hỏng MTBF. Tuy nhiên, trong cùng 1 hãng sản xuất các hệ thống dẫn đường quán tính cũng có độ chính xác khác nhau. Điều này đã được các hãng thử nghiệm và bảo đảm độ chính xác của thiết bị, tuy nhiên chắc chắn rằng thuật toán để nâng cao độ chính xác của các hệ thống không bao giờ được hãng công bố vì tính bảo mật của nghiên cứu, các sản phẩm đó mang tính chất sống còn với doanh nghiệp của họ. Bảng dưới đây giới thiệu một số hệ thống dẫn đường quán tính đang được chào bán:

- Hệ thống dẫn đường quán tính của hãng SAGEM – Pháp với dòng sản phẩm SIGMA40XP.

- Hệ thống dẫn đường quán tính của hãng Raytheon Anschütz, có tên là MINS2.

- Hệ thống dẫn đường quán tính “ЛІАДІОГА–МЭ” của Nga.

Công nghệ con quay dùng con quay vòng laser(RLG – Ring Laser Gyroscope) hoặc con quay quang (FOG – Fiber Optic Gyroscope).

NCS chỉ liệt kê một số ví dụ về độ chính xác khi hoạt động tự trị của hệ thống dẫn đường quán tính, tức là khi hệ thống dẫn đường quán tính không có kết nối với GNSS.

Bảng 1.2. Giới thiệu độ chính xác một số hệ thống dẫn đường quán tính

STT	Tên hệ thống	Công nghệ CQ	Độ chính xác vị trí	Độ chính xác hướng đi	Độ chính xác góc lắc	MTBF
1	SIGMA40XP-24	RLG	1Nm/24h	0.01 ⁰	0.01 ⁰	>60.000 h
2	SIGMA40XP-48	RLG	1Nm/48h	0.01 ⁰	0.01 ⁰	>60.000 h
3	SIGMA40XP-96	RLG	1Nm/96h	0.01 ⁰	0.01 ⁰	>60.000 h
4	MINS2	RLG	<3Nm/ 8h	< 0.067 ⁰	< 0.028 ⁰	
5	ЛІАДІОГА–МЭ	RLG	5km/ 6h			

Trong các hệ thống trên, ta thấy dòng sản phẩm SIGMA40XP là đạt yêu cầu về sai số vị trí để có thể lắp đặt trên tàu ngầm, trong khi đó MINS và ЛІАДІОГА–МЭ có sai số về vị trí lớn, do đó thời gian phải tiến hành cập nhật lại vị trí tàu sớm hơn so với hệ thống SIGMA40XP. Tất cả các hệ thống trên đều chưa đảm bảo về sai số hướng đi phục vụ cho tàu ngầm quân sự. Như vậy, việc hiệu chỉnh lại hướng đi phải được tiến hành thường xuyên mới đảm bảo cho hoạt động dẫn đường ngầm.

1.4. Độ chính xác dẫn đường tàu ngầm

Hiện nay qua tìm hiểu của tác giả chưa thấy tài liệu nào công bố tiêu chuẩn về độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm. Khi hành trình nổi, độ chính xác dẫn đường tàu ngầm có thể được xác định gần với độ chính xác xác định vị trí của hệ thống vệ tinh dẫn đường mà tàu ngầm nhận được. Còn khi hành trình ngầm, việc dẫn đường gần như hoàn toàn dựa vào hệ thống dẫn đường quán tính, nhưng hiện nay cũng chưa có quy định hoặc yêu cầu về tiêu chuẩn của Hải quân nhân dân Việt Nam về độ chính xác của hệ thống dẫn đường quán tính lắp đặt trên tàu. Trước khi có sự kết hợp giữa hệ thống dẫn đường quán tính và hệ thống vệ tinh, độ chính xác của hệ thống dẫn đường quán tính được lực lượng Không quân Mỹ đưa ra năm 1970[38]. Vị trí từ hệ thống dẫn đường quán tính (INS) được khởi tính và cập nhật vào thời điểm ban đầu t0. Sai số vị trí ban đầu có thể rất nhỏ, nhưng nó có xu thế lớn dần theo thời gian do ảnh hưởng sai số của các cảm biến. Việc lấy tích phân kép đối với các sai số đầu ra của các máy đo gia tốc chính là nguyên nhân chủ yếu của sự gia tăng sai số xác định vị trí điểm xét.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy là phương sai và giá trị bình phương trung bình của sai số vị trí mặt bằng được xác định bằng phương pháp định vị theo hệ thống dẫn đường quán tính có thể được biểu diễn như sau:

$$\sigma_{\text{vị trí}}^2(t) \approx (t - t_0)^2 \quad (1.42)$$

$$\sigma_{\text{vị trí}}^2(t) \approx C \times |t - t_0| \quad (1.43)$$

Trong đó C là hằng số cần xác định; nó đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống dẫn đường quán tính với ý nghĩa chỉ ra mức độ tăng theo thời gian của sai số bình phương trung bình vị trí điểm được xác định. Trên thực tế người ta thường thay bằng một đại lượng được xác định bằng thực nghiệm mang tính cảm nhận trực quan hơn. Đó là bán kính của vòng tròn nằm ngang có tâm là điểm xét mà vị trí thực của nó có xác suất rơi vào trong hay ngoài vòng tròn đó là như nhau. Đại lượng này được biết đến trong lý thuyết sai số là sai số xác suất và được ký hiệu là CEP(Circular Error Probability).

Một đại lượng khác là tốc độ thay đổi CEP, nó thường được biểu diễn bằng hải lý/giờ hay kilômét/giờ.

Với các tiêu chí nêu trên thì lực lượng Không quân Hoa kỳ đã đưa ra các mức chính xác đối với định vị bằng hệ thống dẫn đường quán tính như sau:

* Các hệ thống định vị quán chính xác cao:

Tốc độ thay đổi CEP $\leq 0,1$ hải lý/giờ hay 185m/giờ.

Mức này đề ra cho tên lửa xuyên lục địa và tàu ngầm mang tên lửa đạn đạo.

* Các hệ thống chính xác trung bình:

Tốc độ thay đổi CEP ≤ 1 hải lý/ giờ hay 1,85 km/giờ.

* Các hệ thống chính xác thấp:

Tốc độ thay đổi CEP ≤ 10 hải lý/ giờ hay 18,5 km/giờ.

Theo Nghị quyết số 529(13) của IMO về độ chính xác cho các hệ thống hiệu chỉnh vị trí, độ chính xác của các hệ thống hiệu chỉnh vị trí được xác định tùy vào khu vực hoạt động, với cấp độ là 4% khoảng cách đến chướng ngại nguy hiểm và tối đa là 4 hải lý cho mọi vùng nước. Xác suất xác định vị trí tàu không vượt quá 95%.

Còn theo[66], độ chính xác tối thiểu của hệ thống dẫn đường quán tính lắp đặt trên tàu ngầm quân sự phải đạt các yêu cầu sau:

- Độ chính xác vị trí: 1Nm / 24h;
- Sai số cố định con quay: < 0.0050/ h;
- Sai số cố định gia tốc kế: < 30 μ g.

Khi tàu ngầm hành trình ngầm dưới biển, độ chính xác trong xác định vị trí từ 1 đến 2 hải lý là có thể chấp nhận được.

Hiện nay theo hiểu biết của NCS, chưa có quốc gia nào công bố chính thức về độ chính xác trong xác định vị trí tàu khi hành trình ngầm dưới biển.

Kết luận chương 1

Trong chương 1, tác giả đã tập trung một số vấn đề nghiên cứu tổng quan đến luận án, đạt được kết quả cơ bản như sau:

- Phân tích, đánh giá chi tiết tổng quan tình hình nghiên cứu trên thế giới và trong nước liên quan đến luận án mà nghiên cứu sinh đang nghiên cứu. Từ đó rút ra kết luận vấn đề nghiên cứu của luận án mang tính cấp thiết, đảm bảo ý nghĩa khoa học và đóng góp thực tiễn cho ngành khoa học hàng hải, không trùng lặp với các công trình nghiên cứu đã công bố;
- Nghiên cứu, phân tích một số công trình nghiên cứu về nâng cao độ chính xác cho hệ thống dẫn đường quán tính trong dẫn đường phương tiện ngầm;
- Hệ thống hóa mô hình toán học của tàu ngầm, các phương trình chuyển động của tàu ngầm ở các trạng thái khác nhau.

Trong chương 2, NCS sẽ tập trung nghiên cứu đánh giá về các nguyên nhân và yếu tố gây ra sai lệch trong xác định vị trí tàu, từ đó đề xuất ra các giải pháp xử lý để nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm trong chương 3.

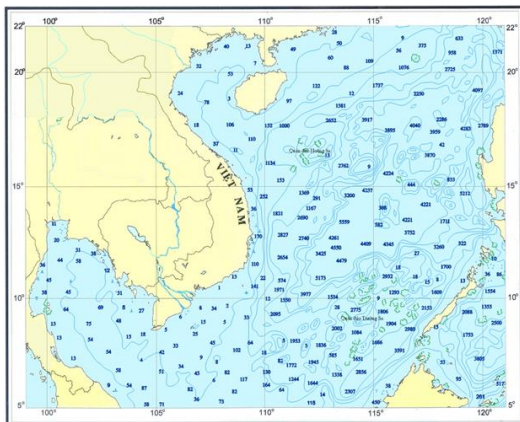
CHƯƠNG 2

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC DẪN ĐƯỜNG CHO TÀU NGẦM

2.1. Ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh đến độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm

2.1.1. Một số đặc trưng của khu vực Biển Đông

2.1.1.1. Độ sâu



Hình 2.1. Bản đồ độ sâu Biển Đông

2.1.1.2. Dòng chảy

Về chế độ dòng triều: Trong Biển Đông tồn tại 4 loại dòng triều và đan xen rất phức tạp. Nhìn chung, vùng có chế độ dòng triều hỗn hợp (nhật triều không đều hoặc bán nhật triều không đều) chiếm hầu hết diện tích Biển Đông. Các vùng có chế độ dòng triều bán nhật triều đều hay nhật triều đều chỉ chiếm diện tích nhỏ và nằm rải rác tại các khu vực khác nhau.

Chế độ thủy văn động lực Biển Đông, ngoại trừ chuyển động thủy triều, chủ yếu là do các quá trình tương tác biển - khí quyển - lục địa khu vực tạo nên. Trong đó, gió mùa Đông Bắc và Tây Nam đóng vai trò chính.

2.1.2. Đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố ngoại cảnh đến độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm trong khu vực Biển Đông

2.1.2.1. Các lực thủy tĩnh tác động lên tàu ngầm

Theo SNAME 1950 và Fredman(1979), véc tơ lực thủy tĩnh của tàu ngầm có thể viết dưới dạng:

$$g(\eta) = \begin{cases} (W - B) \sin \theta \\ - (W - B) \cos \theta \sin \phi \\ - (W - B) \cos \theta \cos \phi \\ - (y_g W - y_b B) \cos \theta \cos \phi + (z_g W - z_b B) \cos \theta \sin \phi \\ (z_g W - z_b B) \sin \theta + (x_g W - x_b B) \cos \theta \cos \phi \\ - (x_g W - x_b B) \cos \theta \sin \phi - (y_g W - y_b B) \sin \theta \end{cases} \quad (2.1)$$

Khi tàu ngầm hoạt động, ở độ sâu nhất định và bất kỳ tư thế nào (xác định bằng góc chúc θ , góc quay trở ϕ , ta có thể dễ dàng xác định được lực thủy tĩnh tác động vào tàu ngầm. Khi $\Delta = W - B = 0$, phương trình chuyển động của tàu ngầm ở trạng thái thả trôi được xác định bằng công thức 1.24.

2.1.2.2. Ảnh hưởng của áp lực nước biển lên thân tàu ngầm

Khi tàu ngầm lặn hoặc nổi lên, áp lực nước ảnh hưởng rất lớn đến khả năng lặn hoặc nổi của tàu. Từ công thức 1.35, tiến hành tính toán, ta có:

$$Z_1 = \nabla \rho \alpha_g (H - H_0) \quad (2.2)$$

Trong công thức trên, ∇ là lượng giãn nước của tàu ngầm, α_g là hệ số áp lực của nước lên tàu ngầm, $\alpha_g = \frac{13}{H_{\max}} \times 10^{-4}$, với $H_{\max}$ là độ sâu tối đa tàu ngầm có thể lặn xuống, H là độ sâu hiện tại, H_0 là độ sâu ban đầu.

2.1.2.3. Ảnh hưởng của mật độ nước biển

Lực nâng của nước biển chủ yếu do mật độ (nước biển) quyết định, mật độ nước biển càng lớn thì lực nâng càng lớn, ngược lại mật độ nước biển nhỏ thì lực nâng nhỏ, chúng là căn cứ chủ yếu để tàu ngầm điều chỉnh độ sâu trong khi lặn, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng nổi của tàu ngầm. Thông thường, để tính toán ảnh hưởng này, người ta dùng 2 phương pháp sau:

1 – Khi chuyển từ vùng biển này sang vùng biển khác, mật độ nước biển thay đổi từ ρ_0 thành ρ_1 , ảnh hưởng của mật độ nước biển đến tàu ngầm là Z_2 , dùng công thức 2.2 để tính toán:

$$Z_2 = \nabla (\rho_1 - \rho_0) \quad (2.3)$$

2 – Thay đổi độ sâu ảnh hưởng đến mật độ nước biển:

Căn cứ tư liệu của Hải quân Nga, mật độ nước biển trong điều kiện nhiệt độ bình thường biến thiên theo hàm số được cung cấp bởi công thức 2.4.

$$\rho = \begin{cases} 1.02501 + \frac{1}{25} \cdot (1.02628 - 1.02501) \cdot H & (H \leq 25m) \\ 1.02628 + \frac{1}{50 - 25} \cdot (1.02684 - 1.02628) \cdot H & (25m \leq H \leq 50m) \\ 1.02684 + \frac{1}{100 - 50} \cdot (1.02750 - 1.02684) \cdot H & (50m \leq H \leq 100m) \\ 1.02750 + \frac{1}{200 - 100} \cdot (1.02832 - 1.02750) \cdot H & (100m \leq H \leq 200m) \\ 1.02832 + \frac{1}{300 - 200} \cdot (1.02889 - 1.02832) \cdot H & (200m \leq H \leq 300m) \end{cases} \quad (2.4)$$

Khi tàu ngầm ở độ sâu bất kỳ, căn cứ công thức (2.4) có thể tính toán được giá trị mật độ nước biển tại độ sâu đó. Sự thay đổi của mật độ nước biển có thể được chia thành 4 lớp nước chính sau:

+ Lớp nước có mật độ dương: Mật độ nước biển càng tăng khi độ sâu càng tăng, $\Delta\rho>0$;

+ Lớp nước có mật độ âm: Mật độ nước biển càng giảm khi độ sâu càng tăng $\Delta\rho<0$;

+ Lớp nước có mật độ cân bằng: Mật độ nước biển không thay đổi khi thay đổi độ sâu $\Delta\rho=0$;

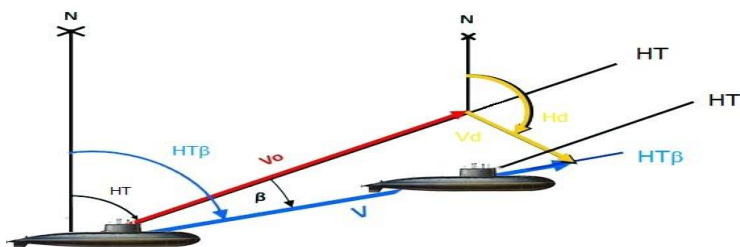
+ Lớp nước có mật độ chuyển tiếp: Mật độ nước biển sẽ không thay đổi đến một độ sâu nhất định. Khi đến độ sâu này, lớp nước sẽ biến thiên tăng hoặc giảm mật độ, sau khi liên tục lặn xuống đến độ sâu giới hạn, mật độ nước biển sẽ không thay đổi nữa. Khi tàu ngầm ở lớp nước có mật độ nước biển dương, thì người điều khiển tàu sẽ rất dễ dàng giữ được ổn định của tàu ngầm, ngược lại khi hoạt động ở lớp nước có mật độ nước biển âm, người điều khiển phải liên tục theo dõi để giữ được ổn định độ sâu cho tàu ngầm.

2.1.2.4. Ảnh hưởng của dòng chảy

Gọi H_d và V_d lần lượt là hướng và vận tốc dòng chảy ngầm, khi chịu ảnh hưởng của dòng chảy, chuyển động của tàu sẽ chia làm 2 thành phần chính:

- Chuyển động tương đối với mặt nước theo hướng HT với vận tốc V_0 .
- Chuyển động so với đáy biển dưới tác dụng của dòng chảy theo hướng H_d và vận tốc V_d .

Tổng hợp 2 chuyển động này, vị trí trọng tâm của tàu sẽ di chuyển theo hướng $HT\beta$, với vận tốc $V=V_0+V_d$ gọi là hướng đi tuyệt đối. Hình dưới đây xác định vị trí tàu khi bị dòng chảy ảnh hưởng:



Hình 2.6. Ảnh hưởng của dòng chảy đến chuyển động của tàu ngầm

Từ hình 2.6, chúng ta có thể thấy dòng chảy gây sai lệch vị trí tàu rất lớn khi dòng chảy có vận tốc lớn và vận tốc tàu nhỏ. Vì vậy, khi thực hành dẫn tàu, sĩ quan hàng hải phải đề góc đặt dòng để giảm thiểu ảnh hưởng đến sai số vị trí tàu, vết đi của tàu sẽ gần với vết đi kế hoạch nhất.

2.2. Ảnh hưởng của hệ thống dẫn đường quán tính đến độ chính xác dẫn đường tàu ngầm

2.2.1. Đồng chỉnh hệ thống quán tính

Nguyên tắc chung của hệ thống dẫn đường quán tính đòi hỏi cần phải xác định các thông tin ban đầu của hệ thống. Trong khi vị trí ban đầu và vận tốc có thể nhận được dễ dàng từ các thiết bị khác, nhưng đối với hệ thống GNSS và hệ thống quán tính INS thì hướng ban đầu của hệ thống không phải lúc nào cũng xác định được. Do đó, hệ thống INS cần phải được đồng chỉnh trạng thái ban đầu bằng cách đặt các trục cảm nhận của IMU trùng với hệ tọa độ dẫn đường (có thể là hệ tọa độ địa phương). Từ đó, vị trí ban đầu của hệ thống quán tính được khởi tạo và đặt là vị trí P_0 . Sau một thời gian hành trình, do sai số tích lũy của hệ thống quán tính, người dùng tiếp tục cập nhật lại vị trí cho hệ thống quán tính bằng tay hoặc tự động từ hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS hoặc do người đo đạc cập nhật thủ công.

Trong thuật toán của hệ thống quán tính không đế, mục tiêu đồng chỉnh INS là thiết lập mối liên hệ giữa hệ tọa độ vật thể và hệ tọa độ địa phương; do đó, các thông tin ban đầu của ma trận biến đổi R_b^l (ma trận chuyển từ hệ tọa độ vật thể sang hệ tọa độ địa phương) cần được xác định. Muốn vậy, phải thực hiện cân bằng ngang cho gia tốc kế và cân bằng các góc định hướng cho cảm biến con quay. Bản chất của việc làm này là đồng chỉnh để các số liệu từ cảm biến tương hợp với hệ tọa độ địa phương. Để thực hiện đồng chỉnh hệ thống, người ta sẽ thực hiện 2 bước là cân bằng ngang và cân bằng phương vị.

2.2.2. Sai số của hệ thống INS

Sự sai lệch giữa các vận tốc góc của hệ tọa độ lắp đặt và hệ tọa độ địa phương có nguyên nhân chính là do các giá trị trôi của cảm biến con quay và sai số tính toán, trong khi sai số gia tốc lại chủ yếu do hệ số tỉ lệ và độ lệch tĩnh của các cảm biến gia tốc cũng như sai số tính toán. Các sai số khác (sai số phi tuyến của hệ số tỉ lệ, sai số lắp đặt...) có thể biểu diễn qua mô hình sai số INS.

$$\begin{aligned}\dot{\varphi} &= \frac{V_N}{R_\varphi + h} \\ \dot{\lambda} &= \frac{V_E}{(R_\lambda + h) \cos \varphi}\end{aligned}\quad (2.31)$$

Với quá trình ngắn, mô hình sai số sau đây có thể sử dụng:

$$\begin{cases} \delta \dot{\varphi}_N = \delta V_N \\ \delta \dot{V}_N = g \Phi_E - a_E \Phi_D + a_E \mu_E + B_N \\ \dot{\Phi}_E = -\frac{\delta V_N}{R} + \omega_E^{dr} \\ \dot{\omega}_E^{dr} = 0 \\ \dot{B}_N = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \delta \dot{\lambda}_E = \delta V_E \\ \delta \dot{V}_E = a_N \Phi_D - g \Phi_N + a_E \mu_E + B_E \\ \dot{\Phi}_N = \frac{\delta V_E}{R} + \omega_N^{dr} \\ \dot{\omega}_N^{dr} = 0 \\ \dot{B}_E = 0 \end{cases}\quad (2.32)$$

trong đó:

$\delta\varphi_N, \delta\dot{\varphi}_E$ - sai số vị trí theo trục Đông và trục Bắc.

$\delta V_N, \delta V_E$ - sai số tốc độ theo trục Đông và trục Bắc.

$\omega_E^{dr}, \omega_N^{dr}$ - độ trôi của cảm biến con quay theo trục Đông và trục Bắc, và $aD \approx g$ - gia tốc theo phương thẳng đứng, gần bằng gia tốc trọng trường

2.2.3. Các yếu tố cấu tạo ảnh hưởng đến sự làm việc chính xác của hệ thống dẫn đường quán tính

Khi khai thác sử dụng một hệ thống quán tính, ta cần quan tâm đến các thông số kỹ thuật cơ bản sau:

- Kích thước và trọng lượng;
- Các yêu cầu về làm mát và các yêu cầu sưởi ấm;
- Công suất tiêu hao khi khởi động và khi tàu ngầm hành trình ở trạng thái cân bằng. Khi cơ động, đòi hỏi phải tăng công suất nhiều cấp cho động cơ ra sao (chỉ đối với các đế khùng). Việc điều chỉnh công suất (tần số và điện áp) và độ nhạy đối với thành phần quá độ và sụt áp tạm thời;
- Tốc độ và gia tốc lớn nhất dọc và xung quanh mỗi trục;
- Các đặc tính rung xóc mà không bị hỏng và thoả mãn tính năng dẫn đường theo yêu cầu;
- Khả năng khôi phục của đế giảm chấn và góc lệch tối đa;
- Độ tin cậy bao gồm MTBF (Mean Time Between Failures - thời gian trung bình giữa hai lần hỏng) và khoảng thời gian hiệu chuẩn (nếu có);
- Khả năng tự kiểm tra và sự nguyên vẹn của thiết bị khi có tác động bên ngoài.

Chúng ta đã biết, mặc dù không cần thông tin tham khảo bên ngoài nhưng chất lượng làm việc của hệ thống dẫn đường quán tính sẽ giảm dần do thời gian. Các ảnh hưởng chung của hệ thống dẫn đường quán tính là:

- Độ chính xác về vị trí và vận tốc giảm theo thời gian cho dù tàu ngầm chuyển động hay đứng yên;
- Cần phải thực hiện cân chỉnh ban đầu. Việc cân chỉnh này đơn giản khi tàu ngầm đứng yên ở vĩ độ trung bình, nhưng giảm độ chính xác khi vĩ độ lớn hơn 750 và trên tàu ngầm đang chuyển động;
- Độ chính xác của thông tin dẫn đường tùy thuộc một phần vào sự cơ động của tàu ngầm.

Đối với hệ thống dẫn đường quán tính có đế, một số yếu tố ảnh hưởng đến sự chính xác trong cung cấp vị trí như:

- Gia tốc Coriolis (do trái đất quay);
- Ảnh hưởng của chuyển động thẳng đứng;
- Hình dạng trái đất, không phải hình cầu tuyệt đối mà là hình Geoid;

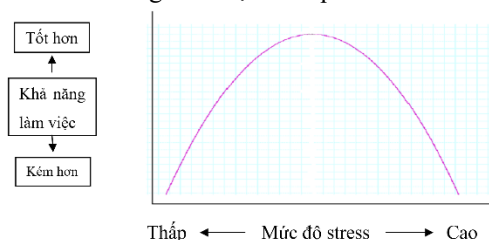
- Hiện tượng “khóa khung” (gimbal lock) khi tàu ngầm cơ động;
- Hệ tọa độ do hệ thống cung cấp và hệ tọa độ lập hải đồ hành trình;
- Các nguồn thông tin tham khảo được nhập vào hệ thống.

Vì vậy, để tăng độ tin cậy làm việc cho hệ thống, cần nhập thêm vào càng nhiều các thông số tham khảo thật chính xác càng tốt. Các sai lệch giữa hệ tọa độ dẫn đường và hệ tọa độ được sử dụng trên hải đồ cần được hiệu chỉnh trước mỗi chuyến đi biển để hệ thống dẫn đường quán tính có thể làm việc với độ tin cậy cao nhất.

2.3. Ảnh hưởng của thủy thủ đoàn đối với độ chính xác dẫn đường tàu ngầm

Mặc dù các hệ thống dẫn đường được trang bị trên tàu có tiên tiến đến đâu, đặc điểm sử dụng trên tàu ngầm khác với các phương tiện ngầm khác là nó còn chịu sự chi phối của thủy thủ đoàn, mà cụ thể là chỉ huy tàu ngầm trong việc ra các quyết định.

Biểu đồ 2.1. Biểu đồ khả năng làm việc liên quan đến mức độ stress



Như vậy, mặc dù có các máy móc hỗ trợ nhưng con người vẫn là chủ thể chỉ huy tàu ngầm, do đó phải có các phương pháp huấn luyện, rèn luyện sức khỏe phù hợp, để thủy thủ tàu ngầm đáp ứng tốt trong môi trường làm việc dài ngày khi hành trình ngầm.

2.4. Kết luận chương 2

Trong chương 2, luận án đã nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến dẫn đường ngầm, giới thiệu ngắn gọn về hệ thống dẫn đường quán tính, hệ thống dẫn đường quán tính có đều và không đều, thuật toán xác định vị trí tàu của chúng đồng thời chỉ ra phương pháp đồng chỉnh hệ thống dẫn đường quán tính nhằm nâng cao độ chính xác hoạt động của hệ thống. Luận án cũng nghiên cứu về các sai số của hệ thống dẫn đường quán tính, các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của dẫn đường. Nghiên cứu về ảnh hưởng của người điều khiển tàu đối với độ chính xác dẫn đường.

Qua đó có thể kết luận xác định hiện nay sai số về dòng chảy có ảnh hưởng lớn nhất, làm sai lệch về hướng đi của tàu dẫn đến sai lệch về vị trí của tàu.

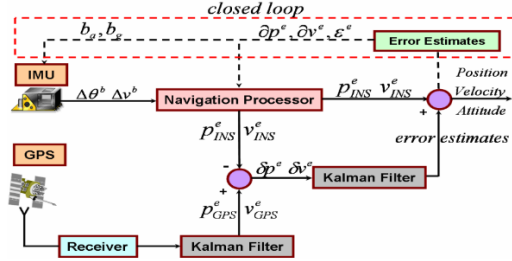
Chương 3 NCS sẽ đề xuất các giải pháp nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm hoạt động trong khu vực Biển Đông.

CHƯƠNG 3

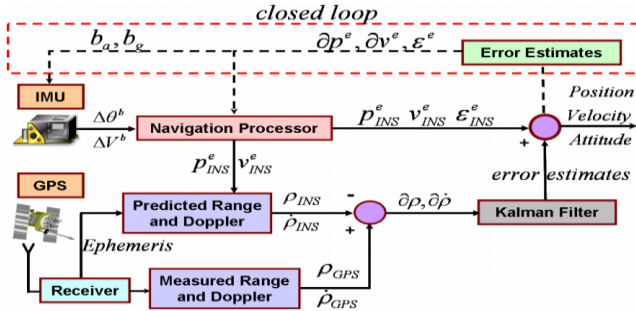
CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC DẪN ĐƯỜNG CHO TÀU NGẦM TRONG KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

3.1. Giải pháp về kỹ thuật nâng cao độ chính xác cho dẫn đường tàu ngầm

3.1.1. Kết hợp giữa hệ thống dẫn đường quán tính và hệ thống vệ tinh định vị dẫn đường toàn cầu sử dụng bộ lọc Kalman

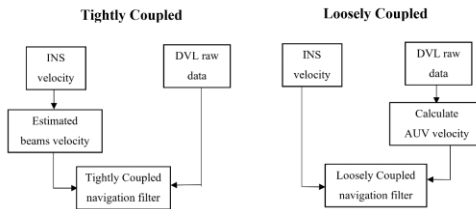


Hình 3.1. Kiểu kết hợp lỏng lẻo



Hình 3.2. Kiểu kết hợp chặt

3.1.2. Kết hợp giữa tốc độ kế tuyệt đối (Doppler Velocity Log – DVL) và hệ thống dẫn đường quán tính (INS/ DVL)



Hình 3.3. Hai phương án kết hợp giữa INS/DVL

3.1.3. Một số giải pháp kỹ thuật khác

3.1.3.1 Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu phục vụ định vị, dẫn đường cho tàu ngầm bằng phương pháp định vị thủy âm

3.1.3.2. Xây dựng hệ thống hải đồ chuyên dụng cho tàu ngầm

3.1.3.3. Xây dựng hệ thống quản lý hành trình

3.2. Giải pháp huấn luyện đảm bảo nâng cao độ chính xác cho dẫn đường tàu ngầm khi hành trình ngầm

3.2.1. Tính toán hệ số độ chính xác K_c và xác suất xác định vị trí tàu theo sai số cho trước

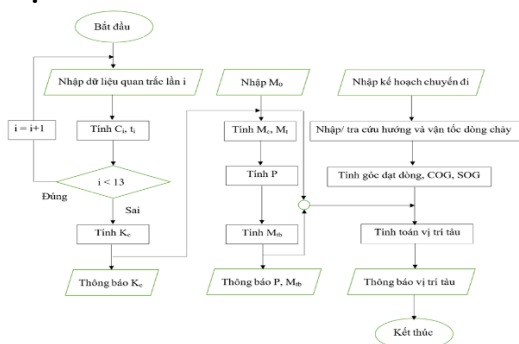
3.2.2. Xác định vị trí tàu và vị trí tàu có mật độ xác suất lớn nhất

3.2.3. Lập kế hoạch đi biển và kế hoạch xác định vị trí tàu

3.2.4. Huấn luyện khai thác sử dụng tốt các trang thiết bị hàng hải hiện có

3.3. Giải pháp ứng dụng công nghệ thông tin xây dựng phần mềm “Xử lý thông tin vị trí tàu”

3.3.1. Lưu đồ thuật toán



3.3.2. Thiết kế chương trình

3.3.3. Các chức năng của chương trình

3.3.3.1. Tính toán hệ số độ chính xác K_c

3.3.3.2. Tính toán xác suất xác định vị trí tàu

3.3.3.3. Xử lý thông tin vị trí tàu

3.3.4. Đánh giá kết quả sử dụng phần mềm “Xử lý thông tin vị trí tàu”

Tác giả đã gửi phần mềm để thử nghiệm trên các tàu thuộc một số đơn vị trực thuộc Quân chủng Hải quân. Mẫu phiếu xác nhận và phiếu đánh giá được tác giả trình bày ở phụ lục 1.

Kết quả khảo sát như sau:

Số đơn vị gửi đi khảo sát: 8

Số đơn vị phản hồi: 8

Số đơn vị chưa phản hồi: 0

- Đánh giá phần mềm dựa trên kết quả thu được từ 19 tàu thuộc 8 đơn vị

A. Tính thẩm mỹ, thuận tiện của phần mềm

B. Độ chính xác, tin cậy của kết quả (qua sử dụng phần mềm)

* Tính hệ số Kc

* Tính toán Mt

* Bảng so sánh về độ lệch Ci:

Tổng hợp chung:

Câu hỏi	Trả lời				
	Rất đồng ý	Đồng ý	Bình thường	Không đồng ý	Phản đối
(Điểm)	5	4	3	2	1
Kết quả tính toán Kc chính xác	19	0	0	0	0
Kết quả tính toán Mt chính xác	19	0	0	0	0
Kết quả tính toán vị trí tàu chính xác	1	8	6	4	0
Tham số và dữ liệu nhập có độ tin cậy cao	1	9	9	0	0
Dữ liệu dòng chảy đầy đủ	0	0	0	19	0
Thời gian tính toán nhanh	19	0	0	0	0

Một số góp ý thêm:

- Tác giả cần bổ sung về dữ liệu dòng chảy, nghiên cứu để tự động hóa hoàn toàn quá trình nhập liệu về vị trí để tránh các sai sót trong quá trình nhập tay gây ra;
- Cần bổ sung thêm một số chức năng tính toán về các bài toán hàng hải khác;
- Cập nhật nhiều cơ sở dữ liệu về dòng chảy hơn.

Số đơn vị xác nhận phần mềm đạt yêu cầu dựa trên 3 tiêu chí: 8

Tỷ lệ phản hồi/ đạt yêu cầu: $8/8 = 100\%$

Nhận xét:

Qua thử nghiệm tại các đơn vị, độ chính xác Kc tính toán phân bố trong dải từ 0.3 đến 0.77.

Các đơn vị thường xác định vị trí tàu sau khoảng thời gian hành trình từ 2 giờ trở lên, chứng tỏ khu vực đi biển trong đợt thử nghiệm ít có chướng ngại vật nguy hiểm không cần phải xác định vị trí tàu với thời gian nhỏ hơn 2 giờ. Độ sai Ci phân bố trong dải từ 0.2 với xác định vị trí tàu quan trắc sau 2 giờ và lớn nhất lên đến 1 hải lý sau 5.3 giờ hành quân. Điều này chứng tỏ sai số trong xác định vị trí tàu tích lũy theo thời gian, và cho thấy cần phải có phương án xác định vị trí tàu quan trắc ở

thời điểm nhỏ hơn 2 giờ nhằm đảm bảo an toàn hàng hải và nâng cao độ chính xác của tính đường đi.

Điều này cũng chứng tỏ, nếu có dữ liệu về dòng chảy chính xác, phần mềm sẽ đạt yêu cầu về độ chính xác. Bước đầu phần mềm cũng tạm thời đạt yêu cầu về tính thẩm mỹ và nhỏ gọn, dễ cài đặt, sử dụng, được các đơn vị đánh giá đạt yêu cầu và có thể áp dụng cho các tàu trong đi biển.

Kết luận chương 3

Trong chương 3, NCS đã đề xuất một số giải pháp kỹ thuật cũng như giải pháp huấn luyện nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm khi hành trình ngầm không được cập nhật vị trí từ hệ thống GNSS mà vẫn đảm bảo độ chính xác theo nhiệm vụ cho tàu ngầm.

Đồng thời, tác giả đã trình bày một cách chi tiết về phương pháp xây dựng phần mềm xử lý thông tin vị trí tàu, bao gồm tính toán hệ số độ chính xác trong xác định vị trí tàu Kc, tính toán xác suất xác định vị trí theo sai số cho trước và xử lý thông tin vị trí tàu. Kết quả thử nghiệm tại các đơn vị cho thấy phần mềm đạt yêu cầu về độ chính xác, có thể áp dụng trong đi biển cho các tàu thuộc các đơn vị trong Quân chủng. Tuy nhiên, cần phải cập nhật nhiều hơn về dữ liệu dòng chảy, tuy nhiên trong phạm vi nghiên cứu của mình, NCS chỉ xây dựng và đề xuất định dạng cần có của cơ sở dữ liệu dòng chảy phục vụ cho dẫn đường tàu ngầm, NCS không thể và không có đủ kinh phí để xây dựng hoàn chỉnh cơ sở dữ liệu về dòng chảy trong toàn khu vực Biển Đông.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu thực trạng về nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm trong khu vực Biển Đông, luận án đã đạt được các kết quả sau:

- Hệ thống hóa và làm rõ thực trạng nghiên cứu về dẫn đường ngầm trên thế giới và Việt Nam, nghiên cứu các phương trình chuyển động của tàu ngầm ở các trạng thái khác nhau, nghiên cứu về dòng chảy khu vực Biển Đông ảnh hưởng đến độ chính xác dẫn đường tàu ngầm. Nghiên cứu làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến dẫn đường tàu ngầm trong khu vực Biển Đông

- Nghiên cứu và làm rõ cơ sở lý luận của hệ thống dẫn đường quán tính, là hệ thống chính được sử dụng để dẫn đường cho tàu ngầm trong mọi điều kiện, kể cả trong huấn luyện thời bình và thời chiến, mô phỏng hoạt động của một hệ thống dẫn đường quán tính, qua đó có thể kết luận rằng, hệ thống dẫn đường quán tính tuy hoạt động tự trị, không cần nguồn thông tin tham khảo bên ngoài, nhưng khi được kết hợp hoặc hỗ trợ thêm thông tin đưa vào cho hệ thống thì hệ thống hoạt động sẽ chính xác hơn;

- Dựa trên tình hình thực tế nghiên cứu đề xuất các nhóm giải pháp về kỹ thuật, trong đó đã nghiên cứu và tính toán lý thuyết cho mô hình trạm định vị thủy âm ngầm nhằm xác định vị trí tàu ngầm, đề xuất các thông tin cần có của hải đồ chuyên dụng dùng cho tàu ngầm cũng như phương án xây dựng và sử dụng hệ thống quản lý hành trình trên tàu;

- Đưa ra các giải pháp huấn luyện cho thủy thủ tàu ngầm nhằm nâng cao kỹ năng xử lý thông tin vị trí tàu, kỹ năng lập kế hoạch chuyển đi nhằm nâng cao độ chính xác dẫn đường cho tàu ngầm khi hành trình ngầm không được cập nhật vị trí từ hệ thống GNSS mà vẫn đảm bảo độ chính xác chấp nhận được theo nhiệm vụ cho tàu ngầm;

- Nghiên cứu xây dựng phần mềm xử lý thông tin vị trí tàu phục vụ cho dẫn đường đối với các tàu có trang bị hệ thống dẫn đường quán tính trong khu vực Biển Đông

2. Kiến nghị

Trên cơ sở nghiên cứu của Luận án, NCS xin kiến nghị với cấp trên một số nội dung sau:

- Đầu tư xây dựng các trạm phát thủy âm ngầm nhằm nâng cao độ chính xác trong xác định vị trí tàu ngầm (có thể nghiên cứu học hỏi từ hệ thống của Nga và Mỹ);

- Đầu tư đẩy mạnh hơn nữa việc thu thập, đo đạc và xử lý dữ liệu thủy âm, dữ liệu hải văn và chi tiết đáy biển khu vực Biển Đông, từ đó xây dựng hệ thống hải đồ giấy và điện tử chuyên dụng cho tàu ngầm;

- Đầu tư đóng mới thử nghiệm các loại tàu ngầm khác nhau để từng bước làm chủ về công nghệ, tăng số lượng, kiểu loại tàu ngầm cho lực lượng tàu ngầm phục vụ mục đích Quốc phòng và Nghiên cứu biển;

- Đầu tư cho các nhà khoa học có khả năng nghiên cứu và chế tạo một hệ thống dẫn đường quán tính mới phù hợp với điều kiện hoạt động trong khu vực Biển Đông của Việt Nam. Hệ thống này có thể được tích hợp cơ sở về dữ liệu hải văn, dữ liệu thủy âm và hải đồ chi tiết khu vực Biển Đông, từ đó tăng độ tin cậy của hệ thống;

- Tiếp tục gửi học viên đi đào tạo về tàu ngầm tại các quốc gia có tàu ngầm, đồng thời đẩy mạnh việc huấn luyện, đào tạo thủy thủ tàu ngầm trong nước bằng cách xây dựng Trung tâm huấn luyện tàu ngầm, nhằm nâng cao kiến thức chuyên môn và kỹ năng thực hành, vận hành tàu ngầm trong huấn luyện và chiến đấu;

- Tăng cường công tác huấn luyện và đi biển đối với lực lượng tàu ngầm trong thời điểm hiện nay nhằm huấn luyện thực tế cho bộ đội. Trong lập kế hoạch đi biển xác định khu vực giới hạn của tàu ngầm, nhằm nâng cao khả năng định vị tàu ngầm, dễ dàng tìm kiếm và ứng cứu tàu ngầm khi có sự cố.

- Xây dựng bộ tiêu chuẩn về độ chính xác dẫn đường đối với tàu ngầm khi hành trình ngầm và khi đi nổi.

- Nghiên cứu về phát triển, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực hàng hải nhằm nâng cao an toàn hàng hải.

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

1. Th.S Nguyễn Quang Huy, PGS.TS. Nguyễn Viết Thành (11/2013), “*Thuật toán dẫn đường của hệ thống dẫn đường quán tính không đề*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 36, trang 82 – trang 87.
2. Quang Huy Nguyen, Xuan Duong Pham, Viet Thanh Nguyen, Van Dong Nguyen (2017), *Design of fuzzy logic controller for coaxial motors of underwater vehicle*, 16th Asia Maritime & Fisheries universities forum, p.155 - p. 163.
3. Thực hiện 2 chuyên đề số 6.2.1 và 6.2.2 trong đề tài cấp Bộ Quốc phòng (2016). “*Triển khai thử nghiệm tàu HS của Công ty TNHH Cơ khí Quốc Hòa, tỉnh Thái Bình*”, do Viện Kỹ thuật Hải quân chủ trì, Quân chủng Hải quân chủ quản, nghiệm thu đạt kết quả: Đạt yêu cầu.
4. Th.S Nguyễn Quang Huy, PGS.TS. Nguyễn Viết Thành, PGS.TS. Phạm Xuân Dương (8/2019), “*Nguyên lý xác định vị trí của hệ thống dẫn đường quán tính có đề*”, Tạp chí Giao thông vận tải, trang 131- trang 133.
5. Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Viết Thành, Phạm Xuân Dương (11/2019), “*Nghiên cứu ứng dụng dẫn đường theo định vị thủy âm trợ giúp hệ thống dẫn đường quán tính*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 60, trang 10 – trang 14.