

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan luận án là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi. Các thông tin, số liệu tôi tham khảo đều được trích dẫn đầy đủ. Các kết quả nghiên cứu rõ ràng, trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ một công trình nào khác.

Tác giả luận án



Nguyễn Thanh Vân

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi muốn gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban Giám hiệu, Viện Đào tạo Sau Đại học, Khoa Hàng hải, Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, nơi tôi học tập, công tác đã tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Đặc biệt, tôi muốn gửi lời tri ân sâu sắc tới hai Thầy hướng khoa học - PGS. TS. Nguyễn Minh Đức và PGS. TS. Trần Xuân Việt luôn tận tâm chỉ dạy, định hướng cho tôi những kiến thức bổ ích, phương pháp, cách thức triển khai để làm sáng tỏ vấn đề nghiên cứu.

Tôi cũng bày tỏ lòng cảm ơn tới gia đình, bạn bè, đồng nghiệp luôn bên tôi, động viên, khích lệ tôi để tôi có thể hoàn thành luận án.

Nghiên cứu sinh



Nguyễn Thanh Vân

MỞ ĐẦU

MỞ ĐẦU	i
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU	v
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	x
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	xiii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu	1
2. Mục đích nghiên cứu của luận án	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án	3
4. Phương pháp nghiên cứu của luận án	4
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án	5
6. Những đóng góp mới của luận án	5
7. Các nội dung chính của luận án	6
CHƯƠNG I. TỔNG QUAN	9
1.1. Hệ thống AIS.....	9
1.1.1. Thành phần trên biển.....	10
1.1.2. Thành phần trên bờ	15
1.2. Các bản tin AIS	15
1.2.1. Cấu trúc bản tin AIS.....	16
1.2.2. Phân loại bản tin AIS	17
1.2.3. Các bản tin ứng dụng đặc biệt của hệ thống AIS.....	23
1.3. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước	28
1.3.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	28
1.3.2. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	33
1.4. Hướng phát triển	34
1.5. Kết luận chương	35

CHƯƠNG II. BỘ THU AIS ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VÔ TUYẾN ĐIỀU KHIỂN BẰNG PHẦN MỀM SDR.....	36
2.1. Cấu trúc thiết bị AIS	36
2.1.1. Sơ đồ khối	36
2.1.2. Cấu trúc phân lớp	37
2.1.3. Cấu trúc bộ thu AIS.....	40
2.2. Công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm trong thiết kế	44
2.3. Thiết kế đầu cuối vô tuyến của bộ thu AIS mềm.....	47
2.3.1. Kiến trúc khối cao tần	47
2.3.2. Kiến trúc đầu cuối SDR	49
2.3.3. Các tham số điều chỉnh băng gốc cho ADC	50
2.4. Thiết kế, chế tạo bộ thu AIS ứng dụng công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm	54
2.4.1. Bộ điều chế GMSK	55
2.4.2. Bộ tổng hợp số trực tiếp.....	58
2.4.3. Bộ giải điều chế GMSK	59
2.4.4. Bộ thu SDR AIS.....	62
2.5. Kết luận chương	70
CHƯƠNG III. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ RỦI RO ĐÂM VÀ KHI TÀU HÀNH TRÌNH TRÊN LUỒNG DỰA TRÊN DỮ LIỆU AIS ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO	71
3.1. Một số phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng trong hàng hải..	71
3.1.1. Các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng	71
3.1.2. Một số hạn chế của các phương pháp hiện có khi áp dụng trên luồng hàng hải	78
3.2. Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải ứng dụng trí tuệ nhân tạo.....	79
3.2.1. Các thông số đầu vào và đầu ra của mô hình.....	79

3.2.2. Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải ứng dụng trí tuệ nhân tạo	82
3.3. Kết luận chương	98
CHƯƠNG IV. XÂY DỰNG HỆ THỐNG HỖ TRỢ ĐÁNH GIÁ RỦI RO ĐÂM VA TÀU THUYỀN TRÊN LUỒNG HÀNG HẢI THEO THỜI GIAN THỰC TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU AIS	99
4.1. Xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng theo thời gian thực.....	99
4.1.1. Xây dựng mô hình hệ thống.....	99
4.1.2. Chức năng của hệ thống.....	102
4.1.3. Phương pháp xử lý hệ thống	104
4.1.4. Phát triển bản tin AIS cảnh báo nguy cơ đâm va.....	113
4.2. Thử nghiệm đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng hàng hải Hải Phòng	116
4.2.1. Đặc điểm luồng hàng hải Hải Phòng	116
4.2.2. Thu thập và xử lý dữ liệu	123
4.2.3. Thực hiện thử nghiệm đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải Hải Phòng	126
4.3. Kết luận chương	135
KẾT LUẬN	136
HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI	138
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ KẾT QUẢ ĐỀ TÀI LUẬN ÁN	139
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	141
PHỤ LỤC	PL-1

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
A/D	Analog/Digital	Bộ chuyển đổi tương tự sang số A/D
ADC	Analog to Digital Converter	Bộ chuyển đổi tương tự sang số
AGC	Automatic Gain Control	Bộ tự động điều chỉnh hệ số khuếch đại
AI	Artificial intelligence	Trí tuệ nhân tạo
AIS	Automatic Identification System	Hệ thống nhận dạng tự động
ASIC	Application Specific Integrated Circuit	Vi mạch tích hợp chuyên dụng
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Chuẩn mã trao đổi thông tin Hoa Kỳ
AtoN	Aids to Navigation	AIS trợ giúp hành hải
ASM	Application Specific Message	Bản tin (AIS) ứng dụng đặc biệt
ARPA	Automatic Radar Plotting Aids	Thiết bị tự động đồ giải Radar
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Nhiều Gauss trắng cộng
BT	Bandwidth Time Product	Hệ số điều chế GMSK
CCTV	Closed Circuit Television	Camera giám sát
CPA	Closest Point of Approach	Điểm tiếp cận gần nhất
CPM	Continuous Phase Modulation	Điều chế pha liên tục CPM

COG	Course Over Ground	Hướng đi của tàu (so với đáy biển)
CRC	Cyclic Redundancy Check	Mã vòng dư
CRI	Collision Risk Index	Chỉ số rủi ro va chạm
CSDL		Cơ sở dữ liệu
CSTDMA	Carrier Sense Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian có cảm nhận sóng mang
DAC	Designated Area Code	Mã vùng được cấp phát
DCPA	Distance at Closest Point of Approach	Khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất
DCU	Digital Control Unit	Bộ điều khiển số
DDS	Direct Digital Synthesis	Bộ tổng hợp số trực tiếp
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System	Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu vi sai
DLS	Data link service	Lớp dịch vụ liên kết dữ liệu
E-L	Early - Late	Cổng sớm - muộn
ETA	Estimated Time of Arrival	Thời gian đến dự kiến
FI	Function Indicator	Trường định dạng chức năng
FM	Frequency Modulation	Điều chế tần số
FTDMA	Fixed Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian cố định
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System	Hệ thống thông tin an toàn và cứu nạn toàn cầu
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying	Điều chế khoá dịch pha tối thiểu chuẩn Gauss

GNSS	Global Navigation Satellite System	Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
HDG	Heading	Hướng mũi tàu
HDLC	High Level Data Link Control	Giao thức điều khiển liên kết dữ liệu mức cao
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities	Hiệp hội các cơ quan quản lý báo hiệu hàng hải và hải đăng quốc tế
ID	Identification	Số nhận dạng
IF	Intermediate Frequency	Trung tần
IF A	Intermediate Frequency Amplifier	Bộ khuếch đại trung tần
ISI	Intersymbol Interference	Nhiều xuyên ký tự
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến
IMO	International Maritime Organization	Tổ chức Hàng hải quốc tế
ITU	International Telecommunication Union	Liên minh Viễn thông quốc tế
LPF	Low Pass Filter	Lọc thông thấp
LME	Link management entity	Lớp thực thể quản lý liên kết
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm thấp
LO	Local Oscillator	Bộ tạo dao động nội
LOS	Line of Sight	Sóng tầm nhìn thẳng
LSB	Least Significant Bit	Bit có giá trị nhỏ nhất

M/B	M: transmitted by mobile station/B: transmitted by base station	M: đài tàu/B: trạm bờ
MAC	Medium access control	Lớp điều khiển truy nhập đường truyền
MMSI	Maritime Mobile Service Identity	Mã nhận dạng dịch vụ di động hàng hải
MSK	Minimum Shift Keying	Điều chế khoá dịch pha tối thiểu
NRZI	Non return zero inverted	Mã hóa đường dây không trở về không đảo
OS	Ownership	Tàu chủ
PC	Personal Computer	Máy tính cá nhân
PCU	Processing Centre Unit	Bộ xử lý trung tâm
RATDMA	Random access TDMA	Đa truy nhập phân chia theo thời gian với cơ chế truy cập ngẫu nhiên
ROT	Rate of turn	Tốc độ quay trở của tàu
S-AIS	Satellite-based AIS	AIS vệ tinh
SART	Search And Rescue Transponder	Bộ phát đáp radar để tìm kiếm và cứu nạn
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu
SDR	Software Defined Radio	Thiết bị vô tuyến điều khiển bằng phần mềm
SOG	Speed Over Ground	Tốc độ (vận tốc so với đáy biển)
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển

SOTDMA	Self Organizing TDMA	Đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức
TCPA	Time to Closest Point of Approach	Thời gian đến điểm tiếp cận gần nhất
TS	Target Ship	Tàu mục tiêu
UTC	Coordinated Universal Time	Giờ phối hợp quốc tế
VDL	VHF Datalink Layer	Lớp liên kết dữ liệu VHF
VGA	Variable Gain Amplifier	Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại điều chỉnh được
VHF	Very High Frequency	Dải tần VHF
WGS84	World Geodetic System 1984	Hệ tọa độ địa lý toàn cầu năm 1984

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Hệ thống nhận dạng tự động AIS.....	10
Hình 1.2. Cấu trúc của bản tin AIS.....	16
Hình 2.1. Sơ đồ khối của thiết bị AIS lắp đặt trên tàu.....	36
Hình 2.2. Cấu trúc phân lớp thiết bị AIS.....	37
Hình 2.3. Sơ đồ khe truyền theo nguyên tắc SOTDMA.....	39
Hình 2.4. Cấu trúc tổng quát của thiết bị thu phát AIS.....	40
Hình 2.5. Phổ của tín hiệu GMSK và MSK.....	43
Hình 2.6. Sơ đồ khối giải điều chế AIS ở máy thu.....	43
Hình 2.7. Đáp ứng bộ lọc Gaussian theo BT.....	44
Hình 2.8. Sơ đồ cấu trúc SDR.....	45
Hình 2.9. Sơ đồ khối bộ thu sử dụng thiết bị RTL-SDR.....	47
Hình 2.10. Kiến trúc bộ thu lấy mẫu trực tiếp.....	48
Hình 2.11. Sơ đồ khối của bộ phận băng gốc zero-IF.....	49
Hình 2.12. Các yêu cầu bộ lọc khử hài và ảnh hưởng của các hài.....	50
Hình 2.13. Suy giảm hiệu năng do lượng tử hóa trong bộ ADC.....	52
Hình 2.14. Sơ đồ khối bộ điều chế/giải điều chế GMSK cho tín hiệu AIS.....	55
Hình 2.15. Đáp ứng xung của bộ lọc Gauss với $BT=0.5$ và $BT=0.3$	56
Hình 2.16. Bộ tổng hợp số trực tiếp DDS.....	58
Hình 2.17. Sơ đồ khối của bộ so pha dựa trên SDR.....	60
Hình 2.18. Cấu trúc bộ thu AIS mềm.....	62
Hình 2.19. Mạch phần cứng RTL-SDR.....	63
Hình 2.20. Sơ đồ khối bộ đồng bộ dạng E-L.....	64
Hình 2.21. Sơ đồ mạch giải mã NRZI.....	65
Hình 2.22. Thuật toán giải chèn bit.....	66
Hình 2.23. Lưu đồ thuật toán CRC kiểm soát lỗi.....	67
Hình 2.24. Phần cứng module chuyển đổi HDLC sang AIS NMEA.....	69

Hình 2.25. Mặt trước bộ thu AIS mềm.....	69
Hình 2.26. Mặt sau bộ thu AIS mềm.....	69
Hình 3.1. Trạng thái chuyển động của tàu chủ và tàu mục tiêu.....	72
Hình 3.2. Đánh giá nguy cơ đâm va sử dụng phương pháp DCPA/TCPA.....	74
Hình 3.3. Kích thước miền tàu trong trường hợp vượt qua nhau.....	75
Hình 3.4. Miền tàu của tàu OS không bị xâm phạm bởi tàu TS.....	76
Hình 3.5. Miền tàu của tàu TS không bị xâm phạm bởi chính tàu OS.....	76
Hình 3.6. Không tàu nào bị vi phạm miền tàu.....	77
Hình 3.7. Các miền tàu không chồng lấn lên nhau.....	77
Hình 3.8. Mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng ứng dụng mạng nơ ron được đề xuất.....	82
Hình 3.9. Cấu trúc mạng nơ ron được đề xuất.....	84
Hình 3.10. Phương pháp luyện mạng có giám sát.....	85
Hình 3.11. Mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp.....	87
Hình 3.12. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 5 nơ ron.....	91
Hình 3.13. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 6 nơ ron.....	92
Hình 3.14. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 7 nơ ron.....	93
Hình 3.15. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 8 nơ ron.....	94
Hình 3.16. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 9 nơ ron.....	95
Hình 3.17. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 10 nơ ron.....	96

Hình 4.1. Mô hình hệ thống	100
Hình 4.2. Luồng xử lý dữ liệu thực hiện giải mã.....	106
Hình 4.3. Sơ đồ luồng dữ liệu chức năng tổng hợp, xử lý dữ liệu giải mã gói tin AIS tức thời.....	109
Hình 4.4. Dịch vụ bản đồ số OpenStreetMap.....	112
Hình 4.5. Sơ đồ thuật toán tạo nội dung gói tin số 8.....	115
Hình 4.6. Luồng hàng hải Hải Phòng.....	117
Hình 4.7. Khu vực dự kiến thử nghiệm.....	123
Hình 4.8. Đoạn dữ liệu AIS thu thập được.....	124
Hình 4.9. Đoạn dữ liệu AIS sau khi xử lý.....	125
Hình 4.10. Lớp hiển thị các đối tượng tàu thuyền xuất hiện trên luồng.....	127
Hình 4.11. Tra cứu nhanh thông tin của đối tượng tàu thuyền.....	128
Hình 4.12. Đối tượng tàu đang được giám sát.....	129
Hình 4.13. Theo dõi các đối tượng khác xung quanh tàu đang giám sát.....	129
Hình 4.14. Có một đối tượng tàu phía trước mũi tàu đang được giám sát, xác định nguy cơ va chạm ở mức độ 3.....	131
Hình 4.15. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu tương ứng với trường hợp ở Hình 4.14 trên bản tin AIS số 8.....	131
Hình 4.16. Xác định nguy cơ va chạm ở mức độ 4.....	132
Hình 4.17. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu tương ứng với trường hợp ở Hình 4.16 trên bản tin AIS số 8.....	133
Hình 4.18. Xác định nguy cơ đâm va ở mức 5.....	133
Hình 4.19. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa tàu đang giám sát với hai tàu đối hướng tương ứng với trường hợp ở Hình 4.19 trên bản tin AIS số 8.....	134

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Báo vị trí của thiết bị AIS loại A.....	11
Bảng 1.2. Báo vị trí của thiết bị AIS loại B-CS.....	12
Bảng 1.3. Báo vị trí của thiết bị AIS loại B-SO.....	13
Bảng 1.4. Các loại bản tin AIS.....	17
Bảng 1.5. Bản tin AIS được chia theo các nhóm khác nhau.....	19
Bảng 1.6. Quy định bản tin ứng dụng đặc biệt.....	25
Bảng 1.7. Các bản tin ASM sử dụng cho các hoạt động quốc tế.....	26
Bảng 3. Các kết quả luyện mạng nơ ron với số nơ ron của lớp ẩn tăng dần...97	
Bảng 4.1. Cấu trúc gói tin AIVDM.....	104
Bảng 4.2. Bảng mã ASCII 6 bit.....	105
Bảng 4.3. Bảng cấu trúc gói tin loại 1 - 2 - 3.....	108
Bảng 4.4. Bảng dữ liệu đối tượng SHIP_DYNAMIC.....	110
Bảng 4.5. Bảng dữ liệu đối tượng SHIP_STATIC.....	111
Bảng 4.6. Cấu trúc trường dữ liệu gói tin số 8.....	113
Bảng 4.7. Các dịch vụ ứng dụng đăng ký.....	114
Bảng 4.8. Thống kê số vụ tai nạn hàng hải giai đoạn 2018-2022.....	120
Bảng 4.9. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2018.....	120
Bảng 4.10. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2019.....	120
Bảng 4.11. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2020.....	121
Bảng 4.12. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2021.....	122
Bảng 4.13. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2022.....	122

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu

Việc vận chuyển hàng hóa bằng tàu thủy mang lại những lợi ích to lớn về kinh tế - xã hội tuy nhiên luôn tiềm ẩn những nguy cơ gây mất an toàn giao thông như đâm, va, đắm, mắc cạn... gây thiệt hại về người và tài sản, tổn thất về kinh tế, gây ô nhiễm môi trường và làm ảnh hưởng đến an ninh quốc phòng của mỗi quốc gia. Chính vì vậy, khi hành hải hay các hoạt động trên biển thì yêu cầu về đảm bảo an toàn sinh mạng và tài sản, phòng ngừa rủi ro do con người hay thiên tai gây ra là vô cùng cần thiết, cấp bách mà trong đó, thông tin liên lạc trên biển là một trong những yếu tố quan trọng hàng đầu góp phần nâng cao hiệu quả đảm bảo an toàn hàng hải, an ninh, chủ quyền mỗi quốc gia cũng như phát triển kinh tế đất nước.

Hệ thống nhận dạng tự động (AIS - Automatically Identification System) là hệ thống thông tin hoạt động trên băng tần VHF (Very High Frequency - Tần số rất cao) để chia sẻ thông tin giữa tàu với tàu và tàu với bờ. Các thông báo được phát một cách tự động và có thể được thu bởi các thiết bị thu trên tàu, trạm bờ hoặc vệ tinh. Bằng cách trao đổi thông tin liên tục giữa các thiết bị AIS đài tàu với nhau và với các trạm bờ, hệ thống AIS được sử dụng cho mục đích cung cấp thông tin về nhận dạng vị trí, hướng, tốc độ của tàu thuyền tới Trung tâm giám sát và điều phối giao thông hàng hải (VTS - Vessel Traffic Service), hỗ trợ công tác quản lý lưu lượng, giám sát và điều phối giao thông của VTS.

Hiện tại, hệ thống AIS đang được sử dụng để thu và truyền dữ liệu theo đúng tính năng, phục vụ cung cấp thông tin về vị trí, hướng, tốc độ, hành trình cho quản lý, giám sát tàu thuyền nhưng không có khả năng dự báo, cảnh báo

sớm các nguy cơ đâm va tàu thuyền. Trong khi đó, trên thực tế, ngay cả khi hệ thống VTS của các Trung tâm VTS được trang bị đầy đủ các thiết bị AIS, Radar, CCTV (Closed Circuit Television - Camera giám sát), ... để giám sát hoạt động tàu thuyền, cung cấp thông tin để hỗ trợ hành hải thì tai nạn vẫn xảy ra, đặc biệt là tai nạn do đâm va. Điều này cho thấy sự cần thiết trong xây dựng hệ thống cảnh báo sớm nguy cơ đâm va để hỗ trợ cho công tác giám sát tàu thuyền nhằm góp phần giảm thiểu các tai nạn hàng hải.

Hơn nữa, khi tàu hành trình trên luồng, do đặc điểm mật độ giao thông đông đúc, sự đa dạng, phức tạp các loại hình phương tiện... cho nên việc đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng theo nguyên tắc đánh giá từ xa cũng như có thể đưa ra các cảnh báo nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng, phục vụ hỗ trợ hành hải thực sự cần thiết. Điều này đã thúc đẩy thực hiện nghiên cứu phát triển ứng dụng hệ thống AIS một cách cụ thể hoá là xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải theo thời gian thực dựa trên cơ sở dữ liệu AIS phục vụ cảnh báo tránh va và việc cảnh báo có thể được thực hiện bằng chính bản tin AIS dựa trên nghiên cứu phát triển về hệ thống AIS.

Xuất phát từ các vấn đề còn bỏ ngỏ nêu trên, đề tài "*Nghiên cứu phát triển tăng cường năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền ứng dụng hệ thống nhận dạng tự động (AIS)*" với hướng nghiên cứu ứng dụng phát triển hệ thống AIS trong dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va, trong trường hợp xác định có nguy cơ, có thể cảnh báo trên bản tin AIS của hệ thống thực sự cần thiết và có ý nghĩa cả về mặt khoa học và thực tiễn nhằm góp phần nâng cao hiệu quả trong công tác bảo đảm an toàn hàng hải.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu giải pháp tích hợp hệ thống AIS và công nghệ trí tuệ nhân tạo

để hỗ trợ quản lý, giám sát tàu thuyền nhằm bảo đảm an toàn hàng hải trong khu vực luồng, cụ thể bao gồm:

Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải trên cơ sở dữ liệu AIS và ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo;

Nghiên cứu xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá đâm va tàu thuyền trên luồng theo thời gian thực dựa trên dữ liệu AIS để dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền nhằm nâng cao năng lực quản lý, giám sát tàu thuyền;

Nghiên cứu phát triển các bản tin AIS đặc biệt, còn gọi là các bản tin ASM (Application Specific Message) để thực hiện cảnh báo nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền trên chính bản tin ASM của hệ thống AIS.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu: Hệ thống hỗ trợ đánh giá đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải theo thời gian thực dựa trên cơ sở ứng dụng hệ thống nhận dạng tự động AIS bao gồm: dữ liệu AIS và cảnh báo trên bản tin ASM của hệ thống AIS (bản tin AIS số 8).

Phạm vi nghiên cứu: Đề tài tập trung vào công tác quản lý, giám sát đảm bảo an toàn hàng hải trên luồng và khu vực cảng. Dữ liệu được sử dụng là dữ liệu thu AIS. Thực hiện đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải ứng dụng hệ thống AIS và thử nghiệm trên luồng Hải Phòng.

Thực tế việc đảm bảo an toàn hàng hải cần dựa trên thông tin tổng hợp thu nhận được từ các thiết bị, hệ thống quan trắc khác như Radar/ARPA, CCTV,..., quan trắc bằng mắt thường. Tuy nhiên, đề tài tập trung vào khai thác thông tin dữ liệu của hệ thống AIS để hỗ trợ công tác đánh giá rủi ro đâm va hàng hải, còn các nguồn dữ liệu khác có thể được sử dụng làm tăng độ tin cậy, chính xác trong đánh giá nguy cơ đâm va.

4. Phương pháp nghiên cứu của luận án

Phương pháp phân tích và tổng hợp: Phân tích, tổng hợp các tài liệu về hệ thống AIS, các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền, các tài liệu về trí tuệ nhân tạo... để hình thành cơ sở nghiên cứu, giải pháp triển khai cho luận án.

Phương pháp Delphi (Phương pháp chuyên gia): Kế thừa những kết quả các nghiên cứu đã thực hiện liên quan đến đề tài và những tham vấn về chuyên môn, kỹ thuật để xác định rủi ro đâm va với thang điểm đánh giá tương ứng của mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng được xây dựng. Để triển khai, cách thức thực hiện là tham vấn các nhà chuyên môn có kiến thức và kinh nghiệm về hàng hải, đánh giá rủi ro hàng hải đã được lựa chọn tại Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, Cảng vụ Hàng hải Thanh Hoá, Tổng Công ty Bảo đảm an toàn hàng hải miền Bắc, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Phương pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) - mạng nơ ron trong xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải.

Phương pháp xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải theo thời gian thực. Hệ thống đảm nhận chức năng thu thập, xử lý dữ liệu AIS và hiển thị thông tin trên bản đồ số, lưu trữ cơ sở dữ liệu phục vụ cho việc truy vết, tra cứu lịch sử hành trình, giám sát, quản lý tàu thuyền. Trong đó, dữ liệu sau khi được thu thập, xử lý được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu của hệ thống, bao gồm: Dữ liệu đã được lưu trữ trước đó từ quá khứ được sử dụng để huấn luyện mạng nơ ron; Dữ liệu theo thời gian thực được gửi ngay tới mạng nơ ron để tính toán, xử lý và đưa ra các cảnh báo trên màn hình của hệ thống cũng như các cảnh báo trên bản tin ASM.

Phương pháp triển khai thực nghiệm: Thử nghiệm đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng hàng hải Hải Phòng.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học: Luận án hoàn thiện sẽ tạo cơ sở cho hướng nghiên cứu tiếp cận với khoa học công nghệ tiên tiến, hiện đại - công nghệ trí tuệ nhân tạo để đề xuất một mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng sớm theo nguyên tắc đánh giá từ xa, phù hợp với điều kiện hoạt động của tàu thuyền trên luồng hàng hải hơn so với các phương pháp hiện có. Mô hình được đề xuất sử dụng các yếu tố môi trường và các yếu tố đặc trưng của luồng hàng hải, có thể áp dụng để đánh giá nguy cơ đâm va trên các luồng hàng hải khác nhau trên cơ sở tham vấn ý kiến chuyên gia và khai phá dữ liệu, sử dụng mạng nơ ron nhằm nâng cao an toàn cho tàu khi hành trình trên luồng, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải;

Đồng thời, hình thành giải pháp khoa học - công nghệ trong nghiên cứu phát triển hệ thống AIS để xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền với khả năng dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va trên luồng cũng như thực hiện cảnh báo nguy cơ đâm va trên bản tin ASM của hệ thống AIS.

Ý nghĩa thực tiễn: Luận án góp phần giải quyết một số vấn đề của thực tiễn. Trước hết, thực hiện xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng phù hợp hơn so với các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thường được sử dụng trong hàng hải. Đồng thời, xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng theo thời gian thực để cảnh báo nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền góp phần nâng cao hiệu quả của công tác quản lý, giám sát tàu thuyền, nhằm tăng cường an toàn hàng hải.

6. Những đóng góp mới của luận án

Thứ nhất, thiết kế, chế tạo bộ thu AIS ứng dụng công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm (còn gọi là bộ thu AIS mềm) để tạo ra sự linh hoạt, chủ động trong thu thập, phân tích và xử lý dữ liệu AIS.

Thứ hai, đề xuất một mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải ứng dụng mạng nơ ron có khả năng đánh giá sớm nguy cơ đâm va theo nguyên tắc đánh giá từ xa, phù hợp với điều kiện hoạt động của tàu thuyền trên luồng. Mô hình sử dụng các yếu tố môi trường và các yếu tố đặc trưng của luồng, có thể áp dụng để đánh giá nguy cơ đâm va trên các luồng hàng hải khác nhau trên cơ sở tham vấn ý kiến chuyên gia và khai phá dữ liệu. Đây là hướng tiếp cận mới, phù hợp hơn khi đánh giá rủi ro đâm va trên luồng so với các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thường được sử dụng như TCPA/DCPA (Thời gian đến điểm tiếp cận gần nhất/Khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất) và domain (miền tàu).

Thứ ba, xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền theo thời gian thực trên cơ sở dữ liệu AIS với khả năng dự báo, cảnh báo nguy cơ đâm va trên luồng, có thể bổ sung công cụ hỗ trợ đảm bảo an toàn hàng cho các hệ thống giám sát phương tiện sẵn có, góp phần nâng cao hiệu quả của công tác quản lý, giám sát tàu thuyền, nhằm bảo đảm an toàn hàng hải.

Cuối cùng, nghiên cứu ứng dụng bản tin ASM, là bản tin AIS số 8 để thực hiện tạo ra các bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va trên luồng, trong đó, các bản tin được tạo ra là các bản tin cảnh báo nội vùng, cung cấp thông tin cảnh báo trực tiếp tới các tàu có nguy cơ đâm va, giúp hỗ trợ công tác quản lý hàng hải trên luồng.

7. Các nội dung chính của luận án

Các nội dung chính của luận án gồm:

Chương I. Tổng quan.

Thực hiện nghiên cứu tổng quan về hệ thống AIS, các bản tin AIS để hình thành cơ sở lý thuyết cho đề tài. Tập trung tìm hiểu, phân tích, đánh giá các công trình trong và ngoài nước và những kết quả mới nhất trong lĩnh vực

nghiên cứu của đề tài. Từ đó, đề xuất định hướng nghiên cứu ứng dụng hệ thống AIS trong việc nâng cao năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền.

Chương II. Xây dựng bộ thu AIS ứng dụng công nghệ SDR (Software Defined Radio - Vô tuyến điều khiển bằng phần mềm).

Trên cơ sở nghiên cứu các vấn đề cơ bản của bộ thu AIS như cấu trúc chung của thiết bị AIS, cấu trúc của bộ thu, ... và công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm SDR, tiến hành thiết kế, chế tạo bộ thu AIS ứng dụng công nghệ SDR (còn gọi là bộ thu AIS mềm) phục vụ thu thập các bản tin - thông điệp AIS. Các bản tin AIS sau khi thu thập sẽ được giải mã, xử lý dữ liệu và lưu trữ vào cơ sở dữ liệu của hệ thống hỗ trợ đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng, phục vụ huấn luyện cho mạng nơ ron cũng như cung cấp các thông tin chi tiết của tàu thuyền theo thời gian thực để đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng sẽ được thực hiện ở các chương tiếp theo của luận án.

Chương III. Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va khi tàu hành trình trên luồng trên cơ sở dữ liệu AIS và mạng nơ ron.

Thực hiện nghiên cứu một số phương pháp đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền thông dụng trong hàng hải. Trên cơ sở phân tích, đánh giá các ưu điểm cũng như các hạn chế của các phương pháp này, đề xuất xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va phù hợp hơn với luồng ứng dụng mạng nơ ron. Xác định các thông số đầu vào và đầu ra của mô hình, trong đó các thông số đầu vào dựa trên dữ liệu AIS cũng như các yếu tố môi trường và các yếu tố đặc trưng của luồng. Xây dựng cấu trúc của mạng nơ ron cũng như thực hiện huấn luyện mạng nơ ron. Tri thức của mạng sau khi hình thành qua quá trình luyện mạng sẽ phục vụ đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải.

Chương IV. Xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền theo thời gian thực trên cơ sở dữ liệu AIS.

Từ các nghiên cứu tại các chương bên trên, tiến hành xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền theo thời gian thực trên cơ sở dữ liệu AIS cũng như các nghiên cứu phát triển bản tin AIS số 8.

Hệ thống được xây dựng gồm phần cứng là bộ thu AIS mềm được thiết kế, chế tạo ở chương II và phần mềm giải mã, xử lý dữ liệu, các thuật toán... để tính toán nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng theo nguyên tắc đánh giá từ xa, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va trên luồng. Trong trường hợp xuất hiện nguy cơ đâm va, hệ thống có thể cảnh báo một cách trực tiếp tới các tàu trên bản tin ASM, góp phần hỗ trợ công tác giám sát, quản lý tàu thuyền trên luồng hàng hải.

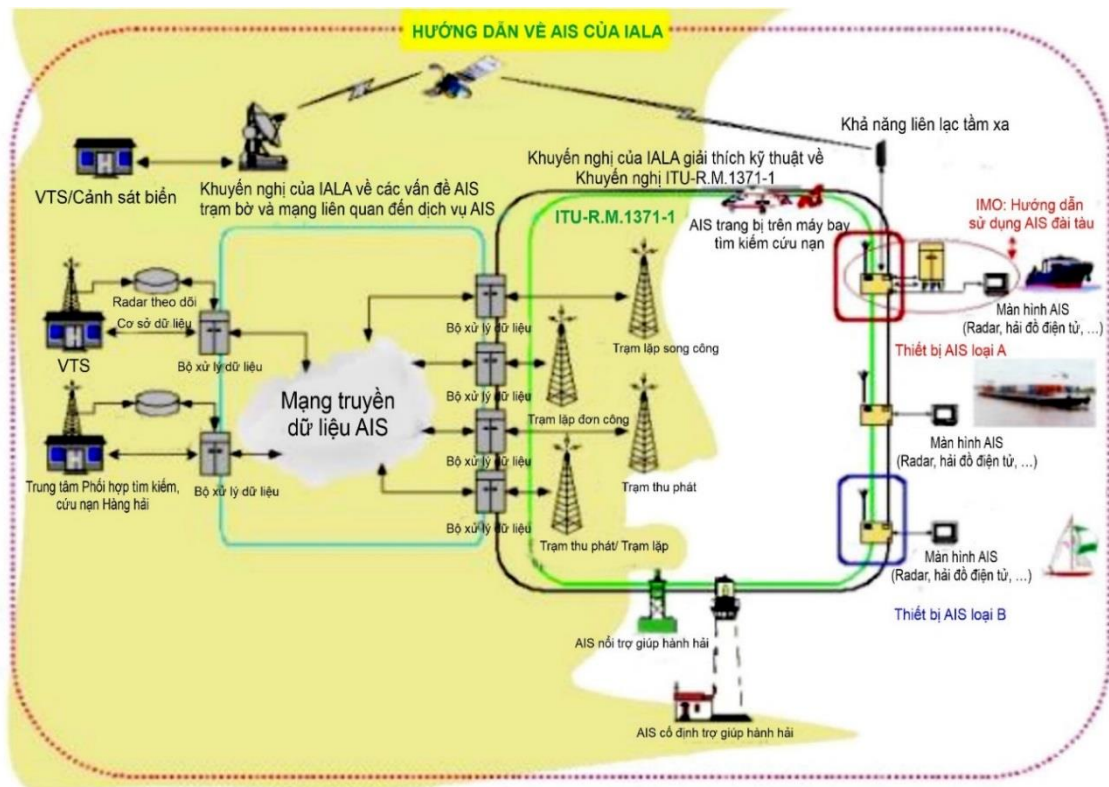
CHƯƠNG I. TỔNG QUAN

1.1. Hệ thống AIS

Hệ thống AIS được tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO - International Maritime Organization) khuyến nghị sử dụng đối với các quốc gia thành viên của Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển sửa đổi (Công ước SOLAS - International Convention for the Safety of Life at Sea) [19]. Tại Chương V, Công ước SOLAS quy định tất cả các tàu có tổng dung tích từ 300GT trở lên tham gia vào các tuyến vận tải quốc tế, tàu hàng có tổng dung tích 500GT trở lên không chạy tuyến quốc tế và tất cả các tàu chở khách bắt buộc phải trang bị hệ thống AIS [19].

AIS là hệ thống thông tin an toàn hàng hải hoạt động trên băng tần VHF để trao đổi, cung cấp dữ liệu về hành trình tàu với mục tiêu đơn giản hoá việc trao đổi thông tin, được khai thác, sử dụng để hỗ trợ cho việc theo dõi hành trình của tàu thuyền, góp phần tăng cường an toàn, an ninh quốc gia trên biển [20,21]. Theo hướng dẫn của Hiệp hội các cơ quan quản lý báo hiệu hàng hải và hải đăng quốc tế (IALA - International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities), hệ thống gồm các thành phần cơ bản: Phần trên biển và phần trên bờ được mô tả ở Hình 1.1 [22].

- Thành phần trên biển bao gồm các thiết bị AIS:
 - AIS trang bị trên tàu.
 - AIS trang bị trên máy bay tìm kiếm cứu nạn (AIS SART - Search And Rescue Transponder).
 - AIS trợ giúp hàng hải AtoN (Aid to Navigation AIS).
- Thành phần trên bờ: Các trạm thu/phát AIS (AIS đài bờ) và trung tâm xử lý dữ liệu.



Hình 1.1. Hệ thống nhận dạng tự động AIS

1.1.1. Thành phần trên biển

1.1.1.1. Thiết bị AIS trang bị trên tàu

Thiết bị AIS trang bị trên tàu thuyền có chức năng tự động trao đổi các thông tin với các tàu khác và các đài bờ phục vụ cho an toàn hàng hải.

Thiết bị AIS sẽ phát tới các tàu khác và tới đài bờ với các dữ liệu hàng hải của tàu mình bao gồm:

- *Thông số tĩnh:* Số MMSI (Maritime Mobile Service Identity - Mã nhận dạng dịch vụ di động hàng hải hàng hải), số IMO (IMO ship identification number - Mã nhận dạng tàu biển của IMO), tên và hô hiệu, chiều dài, chiều rộng của tàu, vị trí đặt anten trên tàu.
- *Thông số động:* Giờ UTC (Coordinated Universal Time - Giờ phối hợp quốc tế), kinh vĩ độ, hướng đi của tàu so với mặt đất, tốc độ quay trở dựa trên

các thông số nhận được từ các thiết bị hàng hải khác như GPS (Global Positioning System - Hệ thống định vị toàn cầu), la bàn điện, tốc độ kế, ...

- *Dữ liệu về hành trình*: do người sử dụng nhập vào: Nơi đến và dự kiến thời gian đến ETA (Estimated Time of Arrival), môn nước, loại hàng hoá, hành trình dự kiến.

Thiết bị AIS lắp đặt trên tàu cũng có khả năng thu nhận các dữ liệu phát đi từ các AIS khác.

Thiết bị AIS lắp đặt trên tàu có hai loại:

- *Loại A (Class A)*: Thiết bị loại A có công suất là 12.5 W, lớn hơn so với loại B và được trang bị trên các tàu thương mại. Thiết bị loại A thuộc hạng mục bắt buộc phải lắp đặt theo quy định của IMO. Trong cơ chế truyền, các bản tin từ thiết bị loại A được ưu tiên hơn loại B. Các thông tin tĩnh của tàu như: tên tàu, MMSI, hô hiệu, điểm đến, loại tàu và ETA được phát đi 6 phút một lần; Các thông tin động như vị trí, tốc độ quay trở, hành trình, tốc độ thì phát nhiều lần hơn như Bảng 1.1 [21].

Bảng 1.1. Báo vị trí của thiết bị AIS loại A

Tốc độ di chuyển	Chu kỳ phát bản tin
Neo đậu hoặc di chuyển nhỏ hơn 3 knot	3 phút
Neo đậu hoặc di chuyển lớn hơn 3 knot	10 giây
Di chuyển 0-14 knots	10 giây
Di chuyển 0-14 knots và chuyển hướng	3 1/3 giây
Di chuyển từ 14-23 knots	6 giây
Di chuyển 14-23 knots và chuyển hướng	2 giây
Di chuyển lớn hơn 23 knots	2 giây
Di chuyển lớn hơn 23 knots và chuyển hướng	2 giây

- *Loại B (Class B)*: Thiết bị loại B có công suất phát thấp hơn (2W), giá thành rẻ hơn và ít tính năng hơn loại A, chỉ dành cho các tàu nhỏ như tàu cá, tàu nạo vét ... với tính năng hạn chế.

Các thiết bị loại B có chu kỳ báo cáo vị trí 30 giây một lần. Các thiết bị loại B không được trang bị màn hình, bàn phím và có thể hoạt động như một hộp đen trang bị trên xuồng cứu sinh hoặc áo phao.

Thiết bị loại B được chia thành hai loại nhỏ hơn:

- Class B-CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access - Đa truy nhập phân chia theo thời gian có cảm nhận sóng mang): Thiết bị B-CS sẽ “lắng nghe” kênh VHF, chỉ khi nào thấy không có lưu lượng truyền thì thiết bị mới phát thông tin. Nếu kênh đang bận, thì thiết bị phải đợi vì vậy thiết bị có độ ưu tiên thấp hơn so với các thiết bị phát khác. Công suất phát là 2W và các thông tin tĩnh được báo cáo 6 phút một lần. Các thông tin về vị trí, tốc độ của thiết bị AIS loại B-CS có thời gian báo cáo như trong Bảng 1.2 [21].

Bảng 1.2. Báo vị trí của thiết bị AIS loại B-CS

Tốc độ di chuyển	Chu kỳ phát bản tin
Di chuyển nhỏ hơn 2 knots	3 phút
Di chuyển lớn hơn 2 knots	30 giây

- Class B-SOTDMA (Self Organizing TDMA - Đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức): Thiết bị B-SO này là bước trung gian giữa loại B và loại A, có khả năng hoạt động như loại A nhưng không cần trang bị màn hình và bàn phím. Loại B-SO có cùng cơ chế ưu tiên truyền như loại A, khi phát hiện ra một khe thời gian còn trống sẽ thông báo chiếm khe thời gian và sử dụng khe đó để phát bản tin tương lai.

Các thông tin về vị trí, tốc độ của thiết bị AIS loại B - SO có thời gian báo cáo như trong Bảng 1.3 [21].

Bảng 1.3. Báo vị trí của thiết bị AIS loại B-SO

Tốc độ di chuyển	Chu kỳ phát bản tin
Di chuyển nhỏ hơn 2 knots	3 phút
Di chuyển từ 2-14 knots	30 giây
Di chuyển từ 14-23 knots	15 giây
Di chuyển trên 23 knots	5 giây

1.1.1.2. Thiết bị AIS trang bị trên máy bay tìm kiếm cứu nạn

Thiết bị AIS loại lắp đặt trên máy bay tìm kiếm cứu nạn có chức năng thu phát trao đổi thông tin với các AIS khác, cụ thể là phát các dữ liệu về máy bay tìm kiếm cứu nạn, bao gồm: Mã nhận dạng của máy bay, kinh vĩ độ, cao độ, hướng bay, tốc độ.

Thiết bị AIS lắp đặt trên máy bay tìm kiếm cứu nạn cũng có chức năng thu nhận và hiển thị các dữ liệu phát từ các AIS khác để phục vụ cho việc định hướng và phối hợp tìm kiếm cứu nạn.

Cấu tạo của AIS lắp đặt trên máy bay tìm kiếm cứu nạn về cơ bản cũng tương tự như thiết bị lắp đặt trên tàu. Tuy nhiên, các chức năng sử dụng và trao đổi dữ liệu được thiết kế khác so với loại lắp đặt trên tàu, như: nội dung điện phát đi, chu kỳ phát,...

1.1.1.3. Thiết bị AIS trợ giúp hành hải (AtoN)

Hiện nay, hệ thống đèn biển, phao, phao đèn, racon,... đã và đang được sử dụng phổ biến như một hệ thống trợ giúp hành hải phục vụ cho tàu thuyền

lưu thông an toàn. Các hệ thống này sử dụng phương pháp quan sát bằng mắt thường hoặc thông qua việc sử dụng radar. Hai phương pháp quan sát này có nhược điểm là bị ảnh hưởng lớn bởi điều kiện môi trường như mưa, sương mù, Nhược điểm này có thể được khắc phục bằng cách trang bị cho các đèn biển, phao, phao đèn, ... các thiết bị AIS chuyên dụng được gọi là AIS trợ giúp hành hải (AtoN).

Thiết bị AIS này sẽ theo phát tín hiệu trên dải tần VHF tới các AIS lắp đặt trên tàu theo chu kỳ 3 phút hoặc phát ngay khi có yêu cầu, cung cấp các dữ liệu về mình bao gồm các thông tin:

- Loại AIS trợ giúp hành hải: Beacon, đèn biển, phao luồng, phao đánh dấu, ...

- Vị trí của AIS gồm kinh độ, vĩ độ và độ chính xác vị trí, hệ thống định vị sử dụng cùng một số thông tin liên quan khác. Các thông số này sẽ được hiển thị trên AIS trang bị trên tàu và có thể kết nối và hiển thị trên các thiết bị hành hải khác như rada, hải đồ điện tử, Qua đó người đi biển hoàn toàn có đủ các thông tin về các báo hiệu hàng hải.

Thiết bị AIS có thể hoạt động ở ba chế độ sau:

- Chế độ tự động liên tục: hoạt động ở tất cả các vùng biển hoạt động của tàu đảm bảo liên tục tự động thiết lập trao đổi thông tin về trạng thái tĩnh và khi hành trình giữa các tàu với nhau và giữa tàu với trạm trên bờ. Chế độ này phải có khả năng được chuyển đến từ một trong các chế độ thay thế như sau:

- Chế độ chỉ định: hoạt động trong vùng chịu sự quản lý của cơ quan có thẩm quyền có trách nhiệm kiểm soát giao thông, ở đó khoảng thời gian truyền phát thông tin về trạng thái tĩnh và khi hành trình có thể được quy định bởi cơ quan có thẩm quyền hoặc được định theo chu kỳ.

- Chế độ thăm dò: chuyển phát tự động thông tin trạng thái tĩnh và động, cũng như thông tin liên quan đến hành trình của tàu đáp lại các yêu cầu từ tàu hoặc từ cơ quan có thẩm quyền.

Luận án thực hiện ứng dụng hệ thống AIS nhằm nâng cao năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền nên chỉ tập trung vào thiết bị AIS trang bị trên tàu thuyền, không đề cập đến thiết bị AIS trang bị trên máy bay tìm kiếm cứu nạn và thiết bị AIS trợ giúp hành hải.

1.1.2. Thành phần trên bờ

Các thành phần trên bờ của hệ thống AIS gồm có: Trạm AIS đài bờ và trung tâm dữ liệu. Trong đó:

- Trạm thu AIS: là các trạm thu tín hiệu vô tuyến điện hoạt động trên dải tần VHF có nhiệm vụ trao đổi dữ liệu trực tiếp đối với các thiết bị AIS. Trạm AIS đài bờ thực hiện thu nhận các dữ liệu phát từ các thiết bị AIS lắp đặt trên tàu và phát cung cấp dữ liệu an toàn hàng hải cho tàu thuyền. Tại Việt Nam, trạm AIS đài bờ được thuê đặt tại các vùng duyên hải.

- Trung tâm dữ liệu: có nhiệm vụ lưu trữ tập trung dữ liệu AIS thu được từ các trạm thu AIS. Tại trung tâm dữ liệu các thông số như tên tàu, số MMSI... của tàu thuyền sẽ được hiển thị cùng vị trí của tàu trên hải đồ điện tử ... qua đó có thể nắm bắt được hoạt động của tàu thuyền.

1.2. Các bản tin AIS

Hệ thống AIS là hệ thống phục vụ an toàn hàng hải thông qua việc trao đổi thông tin giữa tàu với tàu và giữa tàu với trạm bờ. Hệ thống AIS gồm 27 loại bản tin khác nhau được quy định bởi Liên minh Viễn thông quốc tế (ITU - International Telecommunication Union). Hầu hết các bản tin này được sử dụng cho giám sát, thu nhận dữ liệu hàng hải như các bản tin vị trí tàu hoặc các bản tin dữ liệu tĩnh của tàu.

Các bản tin của hệ thống AIS được phát trên hai kênh VHF dành riêng là: kênh AIS1 (CH 87B): 161,975 MHz, kênh AIS2 (CH 88B): 162,025 MHz. Ngoài ra còn có kênh DSC (CH70): 156,525 MHz. Các dữ liệu động của tàu như: vị trí, thời gian UTC được đưa đến hệ thống AIS từ các bộ thu hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite System). Các thông tin khác như tốc độ, tốc độ quay trở của tàu, hướng mũi tàu được phát bởi AIS (nếu có) được gửi đến AIS từ các thiết bị, hệ thống khác như máy đo tốc độ (SpeedLog), máy lái tự động, la bàn điện ... thông qua các kết nối chuẩn NMEA0183.

1.2.1. Cấu trúc bản tin AIS

Cấu trúc của bản tin AIS được minh họa ở Hình 1.2 [21].

Mở đầu	Chuỗi thử	Cờ bắt đầu	Data	Sửa lỗi	Cờ kết thúc
8 bit	24 bit	8 bit	168 bit	16 bit	8 bit

Hình 1.2. Cấu trúc của bản tin AIS

Bản tin AIS gồm phần mở đầu (8 bit) để giới thiệu đây là bản tin AIS. Tiếp theo với một chuỗi thử 24 bit, 8 bit tiếp theo là cờ bắt đầu bản tin. Phần dữ liệu sẽ có 168 bit, tiếp đến 16 bit mã vòng dư CRC (Cyclic Redundancy Check) để sửa lỗi. Cuối cùng sẽ là 8 bit cờ kết thúc bản tin. Độ dài của một bản tin AIS là 256 bit. Một bản tin AIS có thể nằm trọn trong một khe thời gian độ rộng 26,7 ms hoặc kéo dài trong 5 khe thời gian liên tiếp. Nguyên tắc trong cấu trúc của các bản tin AIS là để đảm bảo sao cho chiều dài của mỗi bản tin AIS được truyền là nhỏ nhất. Do đó, các ký tự ASCII (American Standard Code for Information Interchange - Chuẩn mã trao đổi thông tin Hoa Kỳ) được nén thành 6 bit và chỉ có số bit nhỏ nhất được cấp phát cho mỗi biến số.

1.2.2. Phân loại bản tin AIS

Danh sách 27 bản tin AIS được liệt kê theo thứ tự số nhận dạng ID (Identification) và nội dung của các bản tin được trình bày ở Bảng 1.4 [22].

Bảng 1.4. Các loại bản tin AIS

ID	Tên bản tin	Mô tả	Đài tàu/ trạm bờ
1	Báo cáo vị trí	Báo cáo vị trí định kỳ (Class A)	Đài tàu
2	Báo cáo vị trí	Báo cáo vị trí định kỳ chỉ định (Class A)	Đài tàu
3	Báo cáo vị trí	Báo cáo vị trí đặc biệt, phức tạp truy vấn (Class A)	Đài tàu
4	Báo cáo vị trí đài bờ	Báo cáo vị trí, UTC, khe hiện tại của đài bờ	Trạm bờ
5	Dữ liệu tĩnh và hành trình tàu	Báo cáo định kỳ dữ liệu tĩnh và hành trình tàu (Class A)	Đài tàu
6	Bản tin nhị phân chỉ định	Dữ liệu nhị phân cho truyền thông chỉ định	Đài tàu/ trạm bờ
7	Phức tạp nhị phân	Phức tạp dữ liệu nhị phân chỉ định nhận được	Đài tàu/ trạm bờ
8	Bản tin quảng bá nhị phân	Dữ liệu nhị phân cho truyền thông quảng bá	Đài tàu/ trạm bờ
9	Báo cáo vị trí thiết bị bay SAR chuẩn	Báo cáo vị trí của thiết bị bay liên quan đến SAR	Đài tàu
10	Yêu cầu UTC/ngày	Yêu cầu UTC	Đài tàu/ trạm bờ
11	Phức tạp UTC/ngày	UTC hiện tại nếu có	Đài tàu

ID	Tên bản tin	Mô tả	Đài tàu/ trạm bờ
12	Bản tin an toàn chỉ định	Dữ liệu an toàn cho truyền thông chỉ định	Đài tàu/ trạm bờ
13	Phúc đáp bản tin an toàn	Phúc đáp bản tin an toàn chỉ định nhận được	Đài tàu/ trạm bờ
14	Bản tin quảng bá an toàn	Dữ liệu an toàn quảng bá	Đài tàu/ trạm bờ
15	Truy vấn	Yêu cầu một dạng bản tin cụ thể (phúc đáp từ 1 hoặc nhiều đài)	Đài tàu/ trạm bờ
16	Lệnh chế độ cấp phát	Chỉ định báo cáo cụ thể bởi chính quyền sử dụng trạm bờ	Trạm bờ
17	Bản tin quảng bá DGNSS	Hiệu chỉnh DGNS (Differential Global Navigation Satellite System - Hệ thống định vị vệ tinh vi sai) được cung cấp bởi đài bờ	Trạm bờ
18	Báo cáo vị trí thiết bị loại B chuẩn	Báo cáo vị trí chuẩn cho nhóm B thay cho bản tin 1,2,3	Đài tàu
19	Báo cáo vị trí thiết bị loại B mở rộng	Báo cáo vị trí thiết bị Class B mở rộng, có thêm các thông tin tĩnh	Đài tàu
20	Bản tin quản lý liên kết dữ liệu	Giữ các khe thời gian cho trạm gốc	Trạm bờ
21	Báo cáo hỗ trợ hành hải	Báo cáo vị trí và trạng thái cho hỗ trợ hành hải	Đài tàu/ trạm bờ
22	Quản lý kênh	Quản lý kênh và các chế độ thu phát bởi trạm bờ	Trạm bờ

ID	Tên bản tin	Mô tả	Đài tàu/ trạm bờ
23	Lệnh cấp phát nhóm	Chỉ định một báo cáo cụ thể bởi chính quyền sử dụng trạm bờ gửi tới một nhóm đài tàu.	Trạm bờ
24	Báo cáo dữ liệu tĩnh	Các dữ liệu bổ sung cho một MMSI Loại A: Tên Loại B: dữ liệu tĩnh	Đài tàu/ trạm bờ
25	Bản tin nhị phân một khe thời gian	Phát dữ liệu nhị phân ngắn không định kỳ (quảng bá hoặc chỉ định)	Đài tàu/ trạm bờ
26	Bản tin nhiều khe thời gian kèm trạng thái truyền thông	Phát dữ liệu nhị phân định kỳ (quảng bá hoặc chỉ định)	Đài tàu/ trạm bờ
27	Báo cáo vị trí cho các ứng dụng cự ly xa	Thiết bị Class A và B “SO” nằm ngoài vùng phủ của đài bờ	Đài tàu

Các bản tin AIS được gộp vào thành vài nhóm khác nhau, được mô tả ở Bảng 1.5 [22].

Bảng 1.5. Bản tin AIS được chia theo các nhóm khác nhau

Nhóm	ID	Tên bản tin
Chuẩn	1	Báo cáo vị trí
	2	Báo cáo vị trí
	3	Báo cáo vị trí
	5	Dữ liệu tĩnh và hành trình tàu
	9	Báo cáo vị trí thiết bị bay SAR chuẩn
	18	Báo cáo vị trí thiết bị loại B chuẩn

Nhóm	ID	Tên bản tin
	19	Báo cáo vị trí thiết bị loại B mở rộng
	24	Báo cáo dữ liệu tĩnh
	27	Báo cáo vị trí cho các ứng dụng tầm xa
AtoN	21	Báo cáo trợ giúp hành hải
Định thời	4	Báo cáo vị trí đài bờ
	10	Yêu cầu UTC/ngày
	11	Phúc đáp UTC/ngày
An toàn	12	Bản tin an toàn chỉ định
	13	Phúc đáp bản tin an toàn
	14	Bản tin quảng bá an toàn
Nhi phân	6	Bản tin nhị phân chỉ định
	7	Phúc đáp nhị phân
	8	Bản tin quảng bá nhị phân
	17	Bản tin quảng bá DGNS
	25	Bản tin nhị phân khe thời gian
	26	Bản tin nhiều khe thời gian kèm trạng thái truyền thông
Khác	15	Truy vấn
	16	Lệnh chế độ cấp phát
	20	Bản tin quản lý liên kết dữ liệu
	22	Quản lý kênh
	23	Lệnh cấp phát nhóm

Nhóm 1 là nhóm chuẩn gồm các bản tin vị trí và các bản tin dữ liệu tĩnh. Các bản tin này chứa các thông tin về kinh độ và vĩ độ của tàu, cũng như các thông tin tĩnh khác của tàu như tên gọi, hô hiệu, kích thước tàu. Với bộ phát Class A, các bản tin vị trí tàu sẽ có ID là 1, 2 và 3, còn bản tin dữ liệu tĩnh sẽ

có ID là 5. Tương tự, với bộ phát Class B, phù hợp với các tàu nhỏ, các bản tin vị trí sẽ có ID là 18 và 19, bản tin dữ liệu tĩnh là 24. Trong nhóm này cũng có thể bao gồm cả bản tin có ID là 9, bản tin báo vị trí của máy bay tìm kiếm cứu nạn (SAR) và bản tin ID 27, bản tin báo vị trí tầm xa sử dụng cho các thiết bị thu ở trên không.

Các bản tin loại 1 sẽ được gửi định kỳ và tự động từ tàu với chu kỳ phụ thuộc vào tốc độ của tàu. Ngược lại, bản tin loại 2 là bản tin gửi vị trí khi có yêu cầu từ cơ quan quản lý, chu kỳ gửi bản tin này được thiết lập bởi một trạm bờ. Như vậy, bản tin loại 2 này đi theo bản tin số 16 hoặc bản tin số 23. Tương tự, bản tin số 3 cũng là bản tin báo vị trí, phúc đáp lại yêu cầu từ bản tin số 15.

Nhóm 2 là bản tin phục vụ hỗ trợ dẫn đường (AtoN). Nhóm này có duy nhất bản tin số 21. Bản tin này chứa MMSI của AtoN, dạng, vị trí và trạng thái.

Nhóm 3 là các bản tin liên quan đến định thời. Bản tin số 4 là báo cáo của trạm gốc. Bản tin này được gửi định kỳ bởi trạm gốc. Bản tin có số hiệu MMSI của trạm gốc, vị trí trạm gốc (đi kèm với dữ liệu hiệu chỉnh, ví dụ như hệ thống định vị toàn cầu GPS - Global Positioning System), và thời gian UTC (chính xác đến giây). Bản tin cũng có thông tin trạng thái để chỉ ra làm thế nào để bộ thu đài tàu đồng bộ được với các đài bờ khác. Bản tin số 4 không được gửi đi như là một bản tin phúc đáp cho một bản tin truy vấn nào đó. Bản tin số 10 và số 11 là các bản tin truy vấn và phúc đáp được gửi hoặc nhận từ bất kỳ đài tàu hoặc đài bờ nào. Bản tin số 11 có cùng khuôn dạng với bản tin số 4.

Thông tin định thời cũng có trong các báo cáo định kỳ của bộ phát Class A như bản tin số 1, 2 và 3 cũng như các báo cáo của bộ phát Class B như bản tin số 18, 19. Mỗi bản tin này chứa một nhãn thời gian gồm 6 bit thể hiện thời gian UTC. Nếu là bộ phát AIS vệ tinh S-AIS (Satellite-based AIS) thì báo cáo sẽ có một nhãn thời gian độc lập theo đồng hồ của vệ tinh.

Nhóm 4 là các bản tin an toàn. Nhóm này có bản tin số 12 là bản tin chỉ chứa văn bản, gồm các số MMSI của bộ phát và các địa chỉ đơn. Các văn bản liên quan đến an toàn có độ dài lên đến 936 bit (tương ứng với các byte có độ dài 6 bit), tương ứng với 156 ký tự ASCII (thực hiện nén thành các byte 6 bit, loại trừ đi các ký tự viết thường (low case)). Do đó, toàn bộ bản tin có thể chiếm tới 5 khe thời gian liên tục. Bản tin số 13 là bản tin xác nhận cho bản tin số 12, nhưng có thể có sự xác nhận cho các bản tin số 12 cho tới đa 4 bộ phát. Bản tin số 14 là bản tin an toàn quảng bá. Bản tin này đóng gói bản tin số 12 nhưng không có địa chỉ và không yêu cầu xác nhận. Bản tin này có thể dài tới 161 ký tự.

Nhóm 5 là các bản tin nhị phân. Nhóm này bao gồm 6 bản tin. Bản tin số 6 là bản tin nhị phân định địa chỉ. Nó bao gồm các số MMSI của bộ phát và địa chỉ. Bản tin nhị phân này có tối đa 936 bit và chiếm tới 5 khe thời gian liên tiếp. Phức đáp cho bản tin số 6 là bản tin số 7, có dạng thức tương tự như bản tin số 13 trong nhóm bản tin an toàn. Bản tin quảng bá trong nhóm này là bản tin số 8, có thể gồm có 1 bản tin nhị phân độ dài lên tới 968 bit. Bản tin số 8 này không yêu cầu phức đáp. Bản tin số 6 và số 8 này được gọi chung là bản tin ứng dụng đặc biệt (ASM - Application Specific Message). Bản tin số 17 là bản tin quảng bá mang dữ liệu cập nhật ở dạng nhị phân của các hệ thống dẫn đường sử dụng vệ tinh (GNSS - Global Navigation Satellite System). Bản tin này được phát bởi đài bờ, bao gồm số MMSI và vị trí tham chiếu GNSS vi sai (DGNSS). Các bản tin nhị phân khác là bản tin số 25 và 26. Trong đó, bản tin số 25 được truyền phát không thường xuyên, có thể gửi theo dạng định địa chỉ hoặc quảng bá. Bản tin số 25 luôn nằm trọn vẹn trong một khe thời gian. Chiều dài của bản tin 25 chỉ là 138 bit, có thể là dạng có cấu trúc hoặc không có cấu trúc được chỉ định bởi trường cờ (flag). Nếu là dạng có cấu trúc thì sẽ có 16 bit xác định ứng dụng. Bản tin số 26 được sử dụng để

truyền phát dữ liệu nhị phân theo lập lịch. Bản tin này cũng có thể là dạng định địa chỉ cụ thể hoặc quảng bá; có thể là dạng có cấu trúc hoặc không có cấu trúc rõ ràng. Bản tin số 26 có thể chiếm dụng lên đến 5 khe thời gian. Thông tin trong đó bao gồm cả trạng thái truyền thông. Không giống như bản tin số 6, bản tin 26 không cần phải có xác nhận qua bản tin 7 hoặc 13.

Nhóm bản tin còn lại bao gồm: bản tin số 15 thực hiện truy vấn cho các bản tin cụ thể; bản tin số 16 thực hiện lệnh chế độ cấp phát; bản tin số 20 để điều khiển liên kết dữ liệu và bản tin 23 thực hiện lệnh cấp phát nhóm.

1.2.3. Các bản tin ứng dụng đặc biệt của hệ thống AIS

Có nhiều dạng bản tin được xác định là dạng bản tin nhị phân và được gọi là bản tin ứng dụng đặc biệt (ASM). Một số cấu trúc ASM đã được chấp nhận toàn cầu và được quy định đặc tính kỹ thuật trong [25] và một số khác đã được định nghĩa bởi Hiệp hội các cơ quan quản lý báo hiệu hàng hải và hải đăng quốc tế IALA (International Association of Lighthouse Authorities) [22,23]. Việc sử dụng các bản tin nhị phân (ASM) nhằm hướng tới thực hiện các liên kết truyền thông có tính giới hạn giữa các bộ phát đáp AIS. Các ASM có thể ở dạng định địa chỉ hoặc quảng bá, nội dung và dạng thức của ASM được quy định bởi IMO cho các ứng dụng khác nhau. Nếu là bản tin ở dạng định địa chỉ, các ASM đòi hỏi phải có sự xác nhận ở lớp liên kết dữ liệu VHF bởi đài thu AIS.

1.2.3.1. Đặc điểm của ASM

Để tránh hệ thống bị quá tải, số lượng cũng như chu kỳ truyền các bản tin ASM phải được quy định chặt chẽ và có giới hạn. ASM chỉ được sử dụng khi có nhu cầu thực sự cần thiết, và cần phải lưu ý đến tính toàn vẹn của lớp liên kết dữ liệu VHF (VDL - VHF Datalink Layer) và không làm ảnh hưởng đến các chức năng của AIS.

Đồng thời, đối với các bản tin liên quan đến an toàn dạng định địa chỉ hoặc quảng bá cho phép trao đổi ở dạng văn bản tự do, sử dụng mã ASCII thì trong AIS việc truyền phát theo cơ chế đa truy nhập phân chia theo thời gian cố định FTDMA (Fixed Time Division Multiple Access) không quá 3 khe thời gian liên tục do đó, các ASM này sẽ không chiếm quá 3 khe thời gian liên tục trừ khi có tải thấp trên VDL. Việc truyền phát ASM được thực hiện theo cơ chế đa truy nhập phân chia theo thời gian cố định trong các khe dành riêng nhằm nâng cao xác suất thu bản tin.

Các ASM được phát và thu bởi đài tàu hoặc đài bờ. Đài bờ cũng có thể thu các ASM rồi phân phối các bản tin này cho người sử dụng trên bờ. Các bản tin có thể được tạo ra một cách tự động hoặc nhập thủ công theo một dạng thức đã được định trước.

1.2.3.2. Ứng dụng của ASM

ASM có thể được sử dụng để cung cấp các khả năng khác nhau cho các gói tin đã được định nghĩa trước như:

- Tàu báo cáo thông tin cho các tàu khác và cho đài bờ.
- Đài bờ phát báo cáo về thông tin, điều kiện và cảnh báo hàng hải.
- Đài tàu thực hiện các báo cáo đơn giản.
- Truy vấn một tàu cụ thể thông qua một bản tin và tự động nhận lại các thông tin được yêu cầu khi tàu đã được lắp đặt các thiết bị phù hợp.

ASM còn giúp làm giảm việc trao đổi thông tin bằng thoại, tăng cường độ tin cậy cho các cuộc trao đổi thông tin và giảm khối lượng công việc cho người vận hành.

ASM không có xu hướng thay thế các dịch vụ tiêu chuẩn như GMDSS và dịch vụ tìm kiếm cứu nạn (SAR).

1.2.3.3. Cấu trúc cơ bản của ASM

Khi bản tin ASM ở dạng có cấu trúc sẽ luôn là bản tin số 6 hoặc số 8, trường nhị phân sẽ chứa một trường trong đó để định nghĩa loại bản tin [24,25]. Như vậy, 16 bit đầu tiên trong phần nhị phân của bản tin sẽ là trường xác định ứng dụng (AI - Application Identifier). Trường AI bao gồm hai thành phần:

- Mã vùng được cấp phát (DAC - Designated Area Code): 10 bit đầu tiên.
- Định dạng chức năng (FI- Function Indicator): 6 bit còn lại.

Các giá trị của DAC lớn hơn 999 sẽ dành cho sử dụng trong tương lai.

Nếu DAC=0 (với bất kỳ giá trị nào của FI): mục đích kiểm thử sử dụng hoặc bản tin 6 hoặc bản tin 8.

Theo quy ước quốc tế, một DAC của một trong hai bản tin chỉ ra ASM cần được nhận diện trên phạm vi quốc tế và nội dung được chỉ ra bởi FI như trong Bảng 1.6 [24,25].

Bảng 1.6. Quy định bản tin ứng dụng đặc biệt

DAC	FI	Bản tin
0	Bất kỳ	Kiểm tra
1	0	Văn bản dạng mã ASCII 6 bit
1	1	Tạm thời không dùng nữa
1	2	Truy vấn cho một ASM cụ thể
1	3	Truy vấn dung lượng
1	4	Trả lời truy vấn dung lượng
1	5	Xác nhận ứng dụng
1	6-9	Dự trữ
1	10-63	Các hoạt động có tính quốc tế

Các bản tin có giá trị của FI=2-5 sẽ dành cho bản tin số 6 và là bản tin định địa chỉ. Một số định dạng khác nhau của các phần nhị phân trong bản tin số 6 và số 8 được mô tả trong [24].

Trong bản tin dạng văn bản (DAC=1, FI=0):

- Trường cờ (1 bit): yêu cầu xác nhận.
- Số thứ tự văn bản (11 bit).
- Bản tin dạng văn bản: phần còn lại.

IMO đã khuyến nghị 17 bản tin ASM dùng cho quốc tế [24,25] như minh họa trong Bảng 1.7. Trong đó, các bản tin với FI =11 -15 đã không còn được khuyến nghị sử dụng, thay vào đó là các bản tin có tương ứng FI=31, 32, 24, 25.

Bảng 1.7. Các bản tin ASM sử dụng cho các hoạt động quốc tế

TT	FI	Tên bản tin	Ghi chú
1	11	Khí tượng/Thủy văn	Không sử dụng sau 1/1/2013
2	12	Chỉ báo hàng hóa nguy hiểm	Không sử dụng sau 1/1/2013
3	13	Luồng sông đóng cửa	Không sử dụng sau 1/1/2013
4	14	Bảng thủy triều	Không sử dụng sau 1/1/2013
5	15	Dữ liệu tĩnh và hành hải mở rộng	Không sử dụng sau 1/1/2013
6	16	Số lượng thuyền viên trên tàu	
7	17	Các mục tiêu tổng hợp do VTS tạo ra	
8	18	Thời gian thông quan để vào cảng	
9	19	Tín hiệu giao thông hàng hải	

TT	FI	Tên bản tin	Ghi chú
10	20	Dữ liệu hàng hàng	
11	21	Bản tin thời tiết được quan sát từ tàu	
12	22	Chú ý khu vực - quảng bá	
13	23	Chú ý khu vực - định địa chỉ	
14	24	Dữ liệu tĩnh và hành hải mở rộng	
15	25	Chỉ báo hàng hóa nguy hiểm	
16	26	Bản tin môi trường	
17	27	Thông tin luồng tuyến - quảng bá	
18	28	Thông tin luồng tuyến - định địa chỉ	
19	29	Mô tả văn bản - quảng bá	
20	30	Mô tả văn bản - định địa chỉ	
21	31	Dữ liệu khí tượng thủy văn	
22	32	Bảng thủy triều	
23	33-63		Dự trữ cho tương lai

Cũng giống như ASM quốc tế, các ASM khu vực có thể được quy định bởi các cơ quan chức năng một quốc gia và chỉ hoạt động trong phạm vi lãnh thổ quốc gia đó. Đặc điểm của các ASM khu vực như sau:

- Có thể được tạo ra và triển khai nhanh chóng mà không cần sự chấp thuận mang tính quốc tế bởi IMO.
- Có thể được điều chỉnh để phù hợp nhất với các yêu cầu ứng dụng chuyên biệt cụ thể tại quốc gia đó.

- Các phần mềm của quốc gia có thể được sử dụng trên đài tàu, đài bờ và được điều chỉnh cho phù hợp với mỗi khu vực.

Tuy nhiên, ASM mang tính quốc gia này có những nhược điểm:

- Không được nhận diện và được hiểu bởi các tàu (hoặc đài bờ) mà chưa được lập trình, cài đặt để sử dụng các ASM này.

- Không được xử lý bởi các tàu khi tàu hoạt động từ quốc gia này sang quốc gia khác.

- Có nguy cơ gia tăng các ASM mang tính quốc gia gây khó khăn cho các nhà sản xuất phần cứng và phần mềm trên tàu và trên đài bờ.

Vì vậy, để giảm trừ các nhược điểm trên, Hiệp hội các cơ quan quản lý báo hiệu hàng hải và hải đăng quốc tế IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) đã đưa ra các chính sách:

- Nhà chức trách mỗi quốc gia kiểm tra trong bộ dữ liệu của IALA để đảm bảo ASM chưa có khi tạo một ASM mới.

- ASM mới không nên chỉ là sự thay đổi số hiệu nhận dạng (DAC và FI).

- Khi sử dụng ASM, cần đảm bảo người dùng khác của lớp VDL trong AIS cũng được khuyến khích sử dụng và hướng tới sử dụng các ASM quốc tế hoặc ASM khu vực đã có trong bộ dữ liệu của IALA.

- Khi bắt buộc phải sử dụng ASM mới, đặc điểm kỹ thuật chi tiết của ASM nên được gửi cho IALA để cập nhật.

1.3. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

1.3.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

1.3.1.1. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu AIS để giám sát lưu lượng

Hệ thống AIS ban đầu vốn được thiết kế là một hệ thống thông tin nhằm tăng cường cho hệ thống radar và hệ thống VTS. Các dữ liệu AIS cung cấp có

thể được sử dụng để thu thập thông tin về giao thông thủy trong một vùng nước nhất định. Do đó, dữ liệu AIS có thể sử dụng như một nguồn dữ liệu lớn, được khai thác phục vụ nghiên cứu.

Trong lĩnh vực giao thông, dữ liệu AIS được sử dụng để phân tích về lưu lượng tàu phục vụ lập bản đồ và định lượng các tuyến đường cho tàu trên phạm vi toàn cầu cho đến các khu vực nhỏ hơn như eo biển, cảng hoặc vịnh [26-30].

Dữ liệu AIS được sử dụng để phân tích mật độ tàu, mật độ giao thông [26- 33]. Ngoài ra, có thể sử dụng dữ liệu AIS để phân tích sự thay đổi mật độ giao thông giữa các giai đoạn trong mỗi năm, sự sai khác trong mật độ tàu giữa các chủng loại tàu trên các kênh luồng và các vịnh khác nhau như eo biển Singapore, eo biển Istanbul [26,27]. Trong hầu hết các trường hợp, các thành phần dữ liệu AIS được sử dụng bao gồm: MMSI, kinh độ, vĩ độ của tàu, tốc độ tàu và nhãn thời gian trong bản tin AIS.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu dự đoán quỹ đạo chuyển động tàu dựa trên dữ liệu AIS cũng được quan tâm, phát triển [34-52]. Các công trình nghiên cứu theo hướng này thực hiện xây dựng mô hình dự đoán chuỗi Markov để dự đoán hành trình của tàu qua các vùng nước có congestion hay phát hiện sự bất thường của quỹ đạo [34]; dự đoán hành vi điều hướng của tàu trên các tuyến mật độ giao thông đông đúc bằng cách phân tích dữ liệu AIS trên Apache HBase [38]; dự đoán quỹ đạo tàu ứng dụng thuật toán di truyền [39]; dự đoán quỹ đạo tàu sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng [40].

1.3.1.2. Nghiên cứu sử dụng AIS trong giám sát, tránh va

Trong các nghiên cứu sử dụng AIS để giám sát, hệ thống được sử dụng để giám sát hoạt động, phát hiện các bất thường trong hoạt động hoặc vấn đề liên quan hỗ trợ tìm kiếm cứu nạn [42-52]. Dữ liệu đầu vào khi đó sẽ là vị trí

của tàu ở các giai đoạn khác nhau, hoặc thêm các dữ liệu về tốc độ và hành trình tàu [45-48], cũng có thể kết hợp thêm hình ảnh từ SAR [42].

Nghiên cứu về tránh va, đảm bảo an toàn hàng hải là vấn đề được tập trung nghiên cứu nhiều nhất liên quan đến việc sử dụng dữ liệu AIS. Các nghiên cứu chỉ ra rằng việc cung cấp thông tin đầy đủ, với thông tin động, tính toàn vẹn và đầy đủ, AIS có thể cung cấp thông tin bổ sung hữu ích trong quá trình tránh va [53-62].

Vấn đề về an toàn hàng hải trở nên đặc biệt quan trọng khi số lượng tàu tăng lên, mật độ giao thông và luồng tuyến tàu phức tạp hơn [54]. Vấn đề này là sự quan tâm của cả đơn vị khai thác tàu đến các cơ quan quản lý Nhà nước về hàng hải như đơn vị vận hành hệ thống VTS [55,56].

Hầu hết các nghiên cứu đều tập trung phát triển các mô hình để tính toán xác suất xảy ra tai nạn hàng hải để đưa ra các hướng dẫn nếu các tàu tuân thủ thì an toàn hàng hải sẽ được nâng lên và nguy cơ xảy ra đâm va sẽ được giảm xuống [54,60-61].

Để phát triển được các mô hình, dữ liệu AIS liên quan đến chuyển động của tàu sẽ đóng vai trò nguồn dữ liệu chính. Dữ liệu AIS được phân tích xử lý dựa trên các thông tin về loại tàu, tốc độ và các thông tin liên quan để phục vụ tính toán phạm vi vùng hoạt động của tàu: vùng an toàn hoặc vùng có nguy cơ rủi ro tai nạn. Mô hình dự đoán nguy cơ xảy ra đâm va chủ yếu sử dụng logic mờ để ước lượng các nguy cơ đâm va [55-59].

1.3.1.3. Nghiên cứu sử dụng các bản tin ASM trong giám sát, quản lý hàng hải

Đối với việc sử dụng các bản tin ASM trong giám sát, quản lý hàng hải và hỗ trợ tránh va tàu biển, một số nghiên cứu đã được triển khai.

Các bản tin ASM được đề xuất và triển khai để có thể truyền phát được nhiều hơn các thông tin dưới dạng số liệu giữa các đài tàu với nhau, giữa

đài tàu với đài bờ nhằm nâng cao an toàn trong khi hành hải cho tàu biển. Ngoài các bản tin ASM đã được khuyến nghị, cần có những khảo sát và đề xuất các bản tin ASM dựa trên các khuyến nghị quốc tế cũng như các nhu cầu thông tin thực tế của đội tàu khi hoạt động trên biển. Cơ sở dữ liệu các cụm từ, câu hỏi thoại thường xuyên sử dụng trong truyền thông được thiết lập dựa trên các khuyến nghị quốc tế như Mã tín hiệu quốc tế. Nội dung đa số của các cụm từ, câu thoại truyền thông là liên quan đến vấn đề thông tin an toàn hàng hải [25]. Ngoài ra, các thông tin như thông tin cứu nạn, thông tin chung và thông tin tàu tới tàu như tàu vượt nhau, thay đổi hướng đi, cảng đến, cảnh báo hàng hải đóng vai trò quan trọng và cần phải được hiển thị trên màn hình và có thể cần được cung cấp, trao đổi với các bên liên quan một cách nhanh nhất.

Trong các tình huống hành hải có nguy cơ xảy ra đâm va, trên cơ sở đánh giá nguy cơ đâm va, sĩ quan trực canh (OoW - Officer of the Watch) sẽ có các quyết định hành xử để tránh va, thực hiện các kế hoạch quay trở tránh va. Vì vậy, các thay đổi không mong muốn liên quan đến điều hướng của tàu mục tiêu hoặc các dự đoán không chuẩn xác có thể sẽ dẫn tới các tình huống nguy hiểm cận kề giữa tàu chủ và tàu mục tiêu và nguy cơ xảy ra đâm va. Sĩ quan trực canh thường sử dụng các thiết bị thông tin VHF để trao đổi thông tin liên quan đến điều hướng. Đồng thời, các thông số của hệ thống AIS cũng được sử dụng để xác định các thông số tàu mục tiêu như tên tàu nhằm thuận lợi trong việc xác định mục tiêu cho cuộc gọi VHF. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, việc trao đổi thông tin qua hệ thống VHF có các nhược điểm như: rào cản về ngôn ngữ, nhiễu, tiếng ồn trong thông tin VHF. Các nhược điểm này có thể được khắc phục một phần nhờ các dữ liệu đã được mã hóa thống nhất trên toàn cầu. Ngoài ra, việc sử dụng các hệ thống hỗ trợ điều hướng hàng hải nhờ ứng dụng công nghệ thông tin và truyền thông cũng tăng lên trong

những năm gần đây mà trong số đó, việc sử dụng các bản tin ASM của hệ thống AIS cũng là một hướng tiếp cận hiệu quả [83].

Các bản tin ASM được sử dụng như một phần của hệ thống VTS mở rộng nhằm [83]:

- Giảm các kết nối thoại giữa đài bờ và đài tàu.
- Cải thiện hiệu quả và an toàn trong dẫn đường hàng hải.

Trong việc sử dụng ASM để truyền phát giữa đài tàu và đài bờ, các thông tin sẽ được xác định và ưu tiên là những thông tin quan trọng với các đài tàu, với thuyền viên và các thông tin được cung cấp nhanh nhất đến đài tàu với dạng thức thuận lợi nhất. Các dữ liệu được truyền phát sẽ giảm đáng kể các kết nối thoại và cải thiện hiệu quả dẫn đường, giám sát hàng hải.

Trên thực tế, trong hoạt động giám sát giao thông tàu biển (VTS), rất nhiều thông tin cần được trao đổi giữa đơn vị khai thác VTS và các tàu nằm trong phạm vi giám sát. Các thông tin này thông thường vẫn được các đơn vị khai thác VTS trao đổi với các tàu biển thông qua thoại nhờ hệ thống VHF. Tuy nhiên, nếu các thông tin này được truyền dưới dạng dữ liệu thì sẽ hiệu quả hơn. Đặc biệt trong tình huống mật độ giao thông tàu phức tạp thì các khai thác viên VTS và sĩ quan trực ca của tàu có thể bị quá tải trong việc xử lý các thông tin qua đàm thoại. Do đó, sử dụng dữ liệu số để cung cấp các thông tin này cho các tàu sẽ giúp cho lượng dữ liệu được truyền từ VTS nhiều hơn, tức thời và thuận lợi hơn cho các tàu xem các thông tin.

Ngoài ra, việc sử dụng ASM còn đảm bảo tính linh hoạt. Dữ liệu khác nhau có khả năng được gửi đến các nhóm phương tiện thủy khác nhau như tàu biển, phà, hoa tiêu, ... hoặc cùng nhóm phương tiện thủy nhưng ở các vùng cảng biển khác nhau. Các dữ liệu được gửi đảm bảo được hiển thị theo hướng thuận tiện cho người sử dụng, rõ ràng, tránh được nhiễu thông tin không có ích với từng nhóm phương tiện thủy.

Trong [81,82], ứng dụng liên quan đến thông tin khí tượng biển được phát triển. Hệ thống sẽ cung cấp các dịch vụ thông tin khí tượng hàng hải cho các phương tiện thủy được trang bị AIS. Đồng thời, hệ thống cũng có khả năng thu thập các thông tin khí tượng từ các tàu thuyền trong vùng phủ sóng của đài bờ AIS.

Việc sử dụng bản tin số 8 để thực hiện phát quảng bá các dữ liệu khí tượng biển, đồng thời các dữ liệu này được kiểm soát chất lượng bởi các trạm giám sát thời tiết.

1.3.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Vấn đề sử dụng, khai thác hệ thống AIS luôn được quan tâm và được quy định trong các thông tư, nghị định của Chính phủ nhằm nâng cao công tác bảo đảm an toàn hàng hải [1-3]. Các quy định, tiêu chuẩn về lắp đặt, trang bị hệ thống đã được triển khai [4-6] và được sử dụng kết hợp với radar, CCTV... như một thành phần của hệ thống VTS phục vụ giám sát và điều phối giao thông hàng hải [7].

Các nghiên cứu phát triển hệ thống AIS còn chưa nhiều, chủ yếu là các công trình nghiên cứu ứng dụng kết hợp với hải đồ điện tử hay radar để phục vụ giám sát, quản lý tàu thuyền [8,9].

Trong ứng dụng dữ liệu AIS thực hiện tránh va, phương pháp đánh giá rủi ro đâm va chủ yếu dựa trên việc xác định DCPA/TCPA, là phương pháp phổ biến trong hàng hải [10,11,15], hoặc có phát triển nâng cao với việc tính thêm chỉ số rủi ro va chạm CRI (Collision Risk Index) từ các giá trị DCPA và TCPA [11]. Một số nghiên cứu gần đây sử dụng phương pháp miền tàu để xác định vùng an toàn [12-14]. Trong khi đó, các nghiên cứu ứng dụng phát triển hệ thống AIS phục vụ cảnh báo sớm nguy cơ đâm va tàu thuyền cũng như các bản tin ASM để phát cảnh báo nguy cơ đâm va là chưa có.

1.4. Hướng phát triển

Trên cơ sở đánh giá các công trình trong và ngoài nước, có thể thấy các công trình nghiên cứu có những ưu điểm, tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số hạn chế. Hệ thống AIS chủ yếu được sử dụng cho mục đích cung cấp thông tin về nhận dạng vị trí, hướng, tốc độ của tàu thuyền; các nghiên cứu sử dụng dữ liệu AIS để truy vết hành trình, cũng như ứng dụng phát triển hệ thống để dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va tàu thuyền, phát triển các bản tin ASM cảnh báo tránh va còn hạn chế.

Trong đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải, một số phương pháp được sử dụng phổ biến là xác định TCPA/TCPA, hoặc miền tàu và các hướng phát triển nâng cao của các phương pháp này. Chẳng hạn, với phương pháp xác định TCPA/TCPA có thể phát triển thêm chỉ số rủi ro va chạm CRI trên cơ sở từ giá trị TCPA/TCPA. Phương pháp miền tàu dựa trên dữ liệu AIS về tốc độ của hai tàu, tính toán thay đổi kích thước của miền tàu phù hợp hơn với khu vực nghiên cứu. Các phương pháp này còn một số điểm chưa phù hợp với đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng: chưa xét tới một số các yếu tố đặc trưng của luồng, các yếu tố ngoại cảnh tác động ... Chính vì vậy, đề tài hướng tới việc nghiên cứu phát triển ứng dụng hệ thống AIS: xử lý, khai phá dữ liệu AIS để cung cấp các thông tin cần thiết, hữu ích phục vụ cho đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng; đề xuất mô hình đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng ứng dụng trí tuệ nhân tạo để dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va; trong trường hợp xác định có nguy cơ xảy ra, thực hiện phát bản tin ASM để cảnh báo trực tiếp đến các tàu thuyền có nguy cơ đó, nhằm tăng cường năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền trong khu vực luồng, hỗ trợ công tác quản lý, giám sát tàu thuyền, góp phần bảo đảm an toàn hàng hải.

1.5. Kết luận chương

Chương I đã thực hiện hệ thống hoá cơ sở lý thuyết về hệ thống AIS, các bản tin AIS, đánh giá tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước từ các công trình khoa học có liên quan và các kết quả nghiên cứu về đề tài để đề xuất định hướng nghiên cứu ứng dụng hệ thống AIS trong việc nâng cao năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền.

CHƯƠNG II. BỘ THU AIS ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VÔ TUYẾN ĐIỀU KHIỂN BẰNG PHẦN MỀM SDR

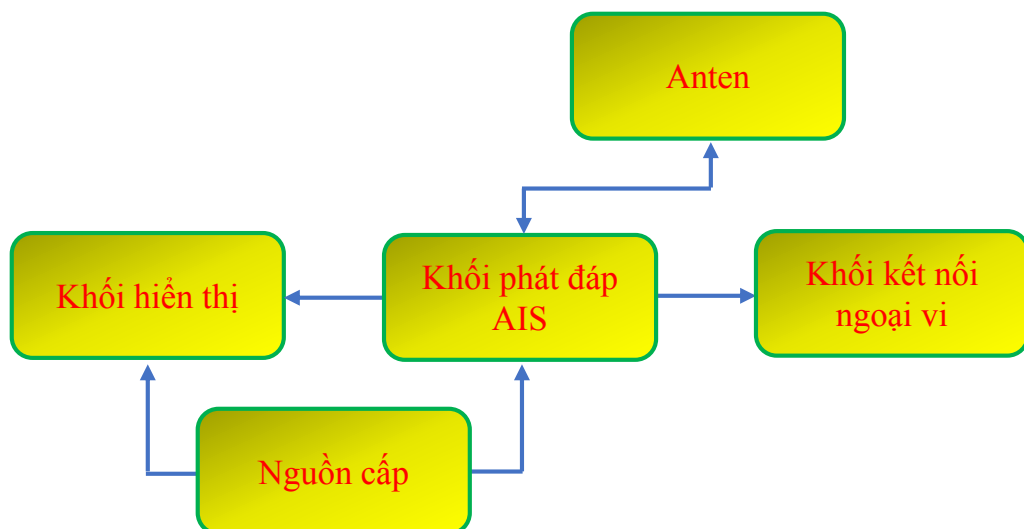
Chương II thực hiện xây dựng bộ thu AIS ứng dụng công nghệ điều khiển vô tuyến bằng phần mềm SDR (bộ thu AIS mềm) để tạo sự linh hoạt, chủ động trong thu thập, phân tích và xử lý dữ liệu AIS.

2.1. Cấu trúc thiết bị AIS

2.1.1. Sơ đồ khối

Như đã đề cập trong Chương I, thiết bị AIS trên tàu thuyền có chức năng tự động trao đổi các thông tin với các tàu khác và các đài bờ phục vụ cho cấp cứu an toàn hàng hải. Thiết bị AIS sẽ phát tới các tàu khác và tới đài bờ các dữ liệu hành hải của tàu mình bao gồm thông số tĩnh, thông số động và dữ liệu về hành trình đồng thời có khả năng thu nhận các dữ liệu phát đi từ các AIS khác.

Các thiết bị AIS được trang bị trên tàu hoặc đài bờ có thể bao gồm cả thiết bị phát và thiết bị thu hoặc cũng có thể chỉ trang bị thiết bị thu (đài bờ). Sơ đồ khối thiết bị AIS (bao gồm cả thiết bị phát và thu) như Hình 2.1 [22].



Hình 2.1. Sơ đồ khối của thiết bị AIS lắp đặt trên tàu

Thiết bị AIS bao gồm các thành phần:

- Khối phát đáp AIS: thực hiện phát hoặc thu bản tin AIS từ đài bờ hoặc các tàu xung quanh trên dải tần VHF.
- Khối anten: bao gồm anten thu, anten phát, anten GPS.
- Khối hiển thị: hiển thị các thông tin liên quan đến các bản tin AIS nhận được.
- Khối kết nối ngoại vi (khối ghép nối): thực hiện trao đổi dữ liệu với các thiết bị hàng hải khác như hải đồ điện tử, radar, GPS, la bàn điện, ...
- Nguồn cung cấp: cấp nguồn ổn định, liên tục cho màn hình hiển thị và khối xử lý tín hiệu.

2.1.2. Cấu trúc phân lớp

Hình 2.2 minh họa cấu trúc phân lớp của thiết bị AIS (từ lớp vật lý đến lớp vận chuyển và các lớp ứng dụng (từ lớp phiên tới lớp ứng dụng)) [21].

Lớp ứng dụng		
Lớp trình bày		
Lớp phiên		
Lớp vận chuyển		
Lớp mạng		
Kênh A		Kênh B
Lớp thực thể quản lý liên kết LME (Link management entity)		LME
Lớp dịch vụ liên kết dữ liệu DLS (Data link service)		DLS
Lớp điều khiển truy nhập đường truyền MAC (Medium access control)		MAC
RxA	TxA/B	RxB

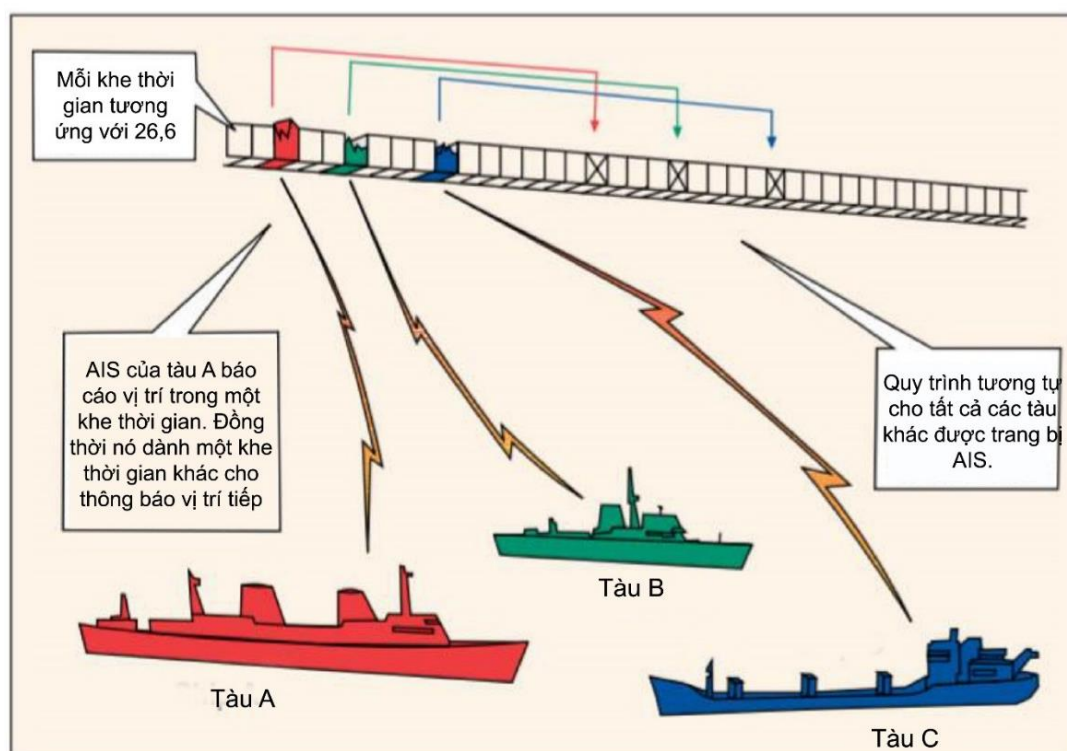
Hình 2.2. Cấu trúc phân lớp thiết bị AIS

Chức năng của các lớp như sau:

- Lớp vận chuyển: thực hiện đóng gói dữ liệu thành các gói có kích thước chính xác theo tiêu chuẩn và sắp xếp các gói dữ liệu theo thứ tự truyền.
- Lớp mạng: thực hiện nhiệm vụ quản lý phân bổ các bản tin của các gói truyền dẫn giữa các kênh và thực hiện các cơ chế chống tắc nghẽn.
- Lớp liên kết: được chia thành 3 lớp con với các chức năng như sau:
 - o Lớp thực thể quản lý liên kết: Đóng gói các bit bản tin AIS; sắp xếp các bit bản tin AIS thành từng bytes để gói vào trong các gói truyền dẫn.
 - o Lớp dịch vụ liên kết dữ liệu: Tính toán mã kiểm soát lỗi CRC cho các bản tin AIS; Bổ sung thêm dãy bit kiểm tra khung tin (FCS - Frame Check Sequence) vào bản tin AIS để hoàn chỉnh việc tạo nội dung của gói truyền dẫn; thêm các bit chèn vào trong gói AIS; hoàn thiện việc đóng gói gói tin truyền dẫn.
 - o Lớp điều khiển truy nhập đường truyền: cung cấp cơ chế để điều khiển, giám sát truy cập vào truyền dữ liệu lên các liên kết dữ liệu VHF. Cơ chế được sử dụng là TDMA có đồng bộ thời gian.
- Lớp vật lý: Thực hiện mã hóa đường dây không trở về không đảo (NRZI - Non return zero inverted) cho các gói truyền dẫn; thực hiện điều chế các gói tin đã được mã hóa NRZI theo phương thức điều chế khoá dịch pha tối thiểu chuẩn Gauss (GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying) để đưa đến khối phát.

Hình 2.3 mô tả cơ chế truyền dẫn đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) của AIS. Khả năng báo cáo của tàu theo yêu cầu tiêu chuẩn hoạt động của IMO đạt tối thiểu 2000 khe thời gian cho mỗi phút, mặc dù hệ thống có thể cung cấp 4500 khe thời gian cho mỗi phút. Cơ chế

truyền dẫn SOTDMA cho phép hệ thống được quá tải từ 400 đến 500% thông qua việc chia sẻ các khe cắm, và vẫn cung cấp gần 100% thông lượng cho các tàu. Trong trường hợp hệ thống quá tải, chỉ có các mục tiêu xa hơn sẽ bị loại bỏ để ưu tiên cho các mục tiêu gần đó [22].

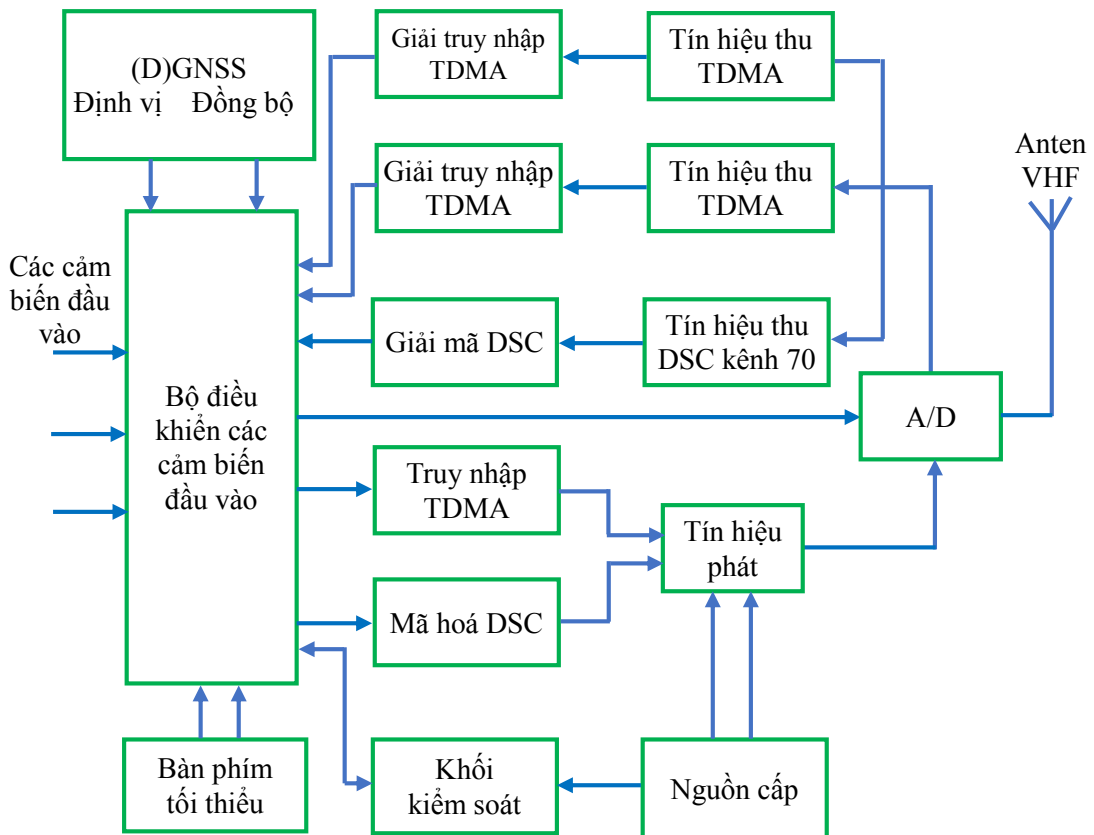


Hình 2.3. Sơ đồ khe truyền theo nguyên tắc SOTDMA

Phạm vi phủ sóng của hệ thống AIS tương tự như các thiết bị VHF khác, chủ yếu dựa vào chiều cao của anten. Thông thường, các tàu với một thiết bị thu AIS được kết nối với một anten ngoài đặt trên độ cao 15m so với mặt nước biển sẽ nhận thông tin AIS trong phạm vi từ 15 đến 20 hải lý. Nếu các anten của AIS đài bờ cao hơn có thể mở rộng phạm vi thu từ 40 đến 60 hải lý, thậm chí sau các ngọn núi xa, tùy thuộc vào độ cao, kiểu anten và địa vật che chắn quanh anten và điều kiện thời tiết. Nhân tố quan trọng nhất để thu tốt là độ cao của anten AIS đài bờ so với mặt biển.

2.1.3. Cấu trúc bộ thu AIS

Cấu trúc tổng quát của một bộ thu AIS được thể hiện trên Hình 2.4 [22].



Hình 2.4. Cấu trúc tổng quát của thiết bị thu AIS

Các thông tin về vị trí và thời gian của hệ thống AIS được cung cấp bởi các bộ thu GNSS ở bên trong hệ thống hoặc bộ thu GNSS bên ngoài, cũng có thể là GNSS vi sai để có được các thông tin về vị trí chính xác hơn. Mỗi hệ thống AIS có khả năng xử lý lên tới 4500 bản tin trong 1 phút và thời gian cập nhật 2 giây một lần. AIS sử dụng cơ chế đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) để phù hợp với tốc độ truyền dẫn cao và đảm bảo hoạt động trao đổi thông tin từ tàu tới tàu; kỹ thuật điều chế FM/GMSK (Frequency Modulation/Gaussian Minimum Shift Keying - Kỹ thuật điều chế tần số/Điều chế khoá dịch pha tối thiểu chuẩn Gauss) tốc độ 9,6kbps trên các kênh có độ rộng băng thông 25kHz hoặc 12,5kHz và sử dụng giao thức

điều khiển liên kết dữ liệu mức cao HDLC (High Level Data Link Control) nên các bộ thu AIS hoạt động trên tần số sóng mang 161,975MHz hoặc/và 162,025MHz với độ rộng kênh là 25 hoặc 12,5kHz. Ở lớp vật lý, AIS sử dụng dạng điều chế FM/GMSK để thích ứng độ rộng băng thông. Để thực hiện mã hóa dữ liệu, bộ mã hóa dạng sóng NRZI được sử dụng. Như vậy, tín hiệu số trước khi được điều chế để đưa lên sóng mang sẽ được mã hóa NRZI và GMSK. Trong AIS, GMSK có hệ số điều chế BT (Bandwidth Time Product) nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,5 [23].

2.1.3.1. Cấp phát kênh

Băng tần VHF có dải tần số từ 30MHz đến 300MHz. Các tần số này được sử dụng cho thông tin quảng bá sóng FM (điều chế tần số Frequency Modulation) từ 88 đến 108MHz, truyền hình quảng bá, hệ thống dẫn đường mặt đất và thông tin hàng không.

Các tín hiệu VHF không bị phản xạ bởi tầng điện ly do đó truyền dẫn không bị can nhiễu khi truyền với cự ly khoảng vài nghìn kilomet. Các tín hiệu VHF có thể truyền qua các vật cản có độ cao như đồi núi, các toà nhà nhưng dễ bị hấp thụ một phần bởi tính chất đất của các vật cản này.

2.1.3.2. Dung lượng liên kết số liệu VHF

Các bộ thu phát AIS đều có khả năng hoạt động ở hai tần số 161,975MHz và 162,025MHz để tránh các vấn đề về can nhiễu. Khi AIS hoạt động ở chế độ bán song công (half-duplex), dung lượng sẽ là 2250 slot (khe thời gian) trong 1 phút với tốc độ 9,6kbps. Khi cả hai kênh AIS cùng được sử dụng, dung lượng sẽ tăng gấp đôi là 4500 slot trong phút hay 4500 bản tin báo cáo trong 1 phút do mỗi đài AIS sẽ báo cáo trong 1 slot.

Khi số lượng đài AIS nằm trong phạm vi thu sóng tầm nhìn thẳng (LOS-Line of Sight) của đài thu có dung lượng lớn hơn 1 khung trong 1 phút, kỹ thuật

đa truy nhập SOTDMA và điều chế FM/GMSK cho phép giảm phạm vi LOS của mỗi trạm AIS bằng cách thực hiện cơ chế ưu tiên cho các trạm AIS ở gần trạm thu và loại bỏ các trạm ở xa hơn.

2.1.3.3. Đặc điểm tín hiệu AIS

Như đã phân tích ở trên, tín hiệu AIS được phát trên hai kênh tần số VHF hàng hải, đó là kênh 87B (161,975MHz) và 88B (162,025MHz), mỗi kênh có độ rộng 25kHz. Tín hiệu AIS sử dụng cơ chế đa truy cập TDMA để sử dụng các kênh tần số VHF này. Dữ liệu AIS được sắp xếp thành các khung liên kết dữ liệu VDL có chu kỳ lặp lại 1 phút một lần, với tốc độ dữ liệu là 9600bps. Một khung VDL được chia nhỏ thành 2250 khe thời gian, mỗi khe thời gian có độ rộng 26,67ms. Mỗi đài AIS sẽ phát bản tin AIS trong một khe thời gian này, đồng thời theo dõi các khe thời gian khác để đọc các bản tin AIS nhận được. Các dữ liệu AIS sẽ được điều chế GMSK để đưa lên các sóng tần số VHF. GMSK là trường hợp đặc biệt của điều chế pha liên tục CPM (Continuous Phase Modulation) trong đó có sử dụng bộ lọc Gauss.

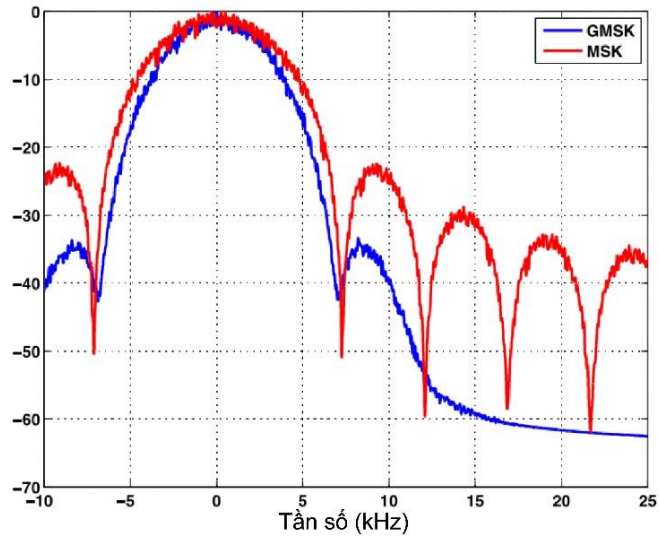
Tín hiệu điều chế CPM được biểu diễn [68]:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \sin\left(2\pi f_c t + \pi \sum_k m_k p(t - kT_s)\right) \quad (2.1)$$

Trong đó:

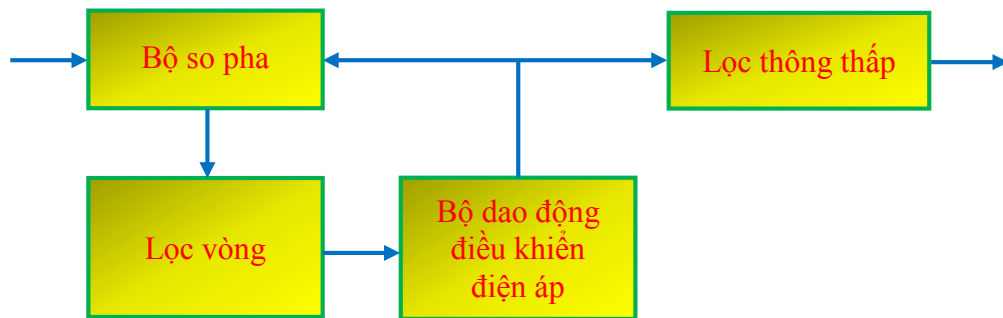
$2E_s$ là năng lượng symbol; f_c là tần số sóng mang; $m_k = \pm 1$ là dữ liệu nhị phân ở dạng NRZ phân cực; T_s là độ rộng symbol; $p(t)$ là đáp ứng pha của bộ điều chế.

So với điều chế khoá dịch pha tối thiểu MSK (Minimum Shift Keying), phổ của GMSK hẹp hơn nhưng các búp sóng phụ có công suất nhỏ hơn như minh hoạ ở Hình 2.5 [69].



Hình 2.5. Phổ của tín hiệu GMSK và MSK

Tại các đài thu AIS, quá trình giải điều chế tín hiệu AIS được minh họa ở Hình 2.6 [71].



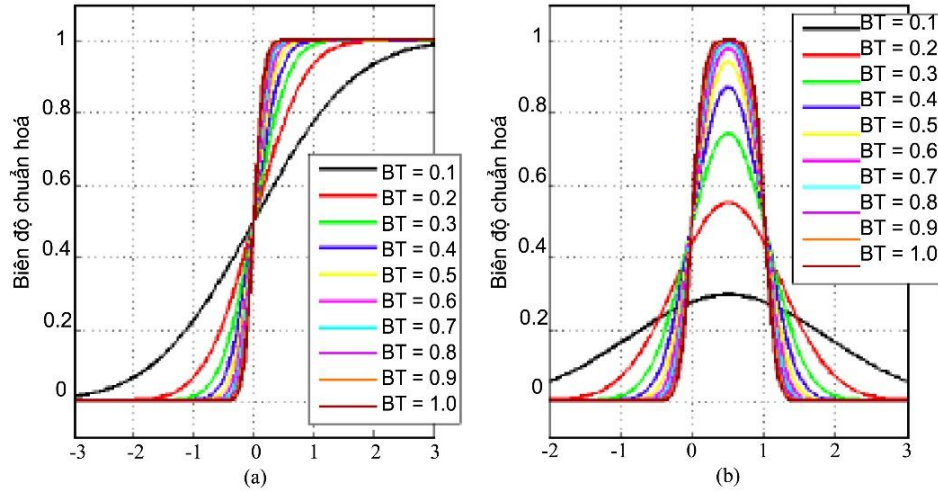
Hình 2.6. Sơ đồ khối giải điều chế AIS ở máy thu

Đặc tính tín hiệu dạng sóng băng gốc theo chuẩn Gauss của tín hiệu AIS được định dạng bởi bộ lọc chuẩn Gauss có đáp ứng xung đơn vị được xác định [68]:

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta}} \exp\left(-\frac{2\pi^2(BT_S)^2}{\ln 2} t^2\right) \quad (2.2)$$

Trong đó, B là băng thông của bộ lọc và T_S là độ rộng của tín hiệu, hệ số BT xác định đặc tính dạng sóng tín hiệu băng gốc GMSK.

Mối quan hệ giữa đáp ứng đơn vị của bộ lọc Gauss và hệ số BT được minh hoạ ở Hình 2.7.



Hình 2.7. Đáp ứng bộ lọc Gaussian theo BT

Từ hình 2.7 có thể thấy hệ số BT càng nhỏ thì các thành phần tần số cao của tín hiệu GMSK suy hao càng nhanh nhưng nhiều xuyên ký tự ISI (Inter symbol Interference) giữa các bit tăng lên. Đồng thời, từ hình vẽ có thể thấy vị trí của các điểm cắt 0 (zero crossing) của tín hiệu bằng gốc tương ứng với điểm chuyển trạng thái bit của tín hiệu số nối tiếp. Các điểm cắt 0 có thể được phát hiện trong giải điều chế GMSK.

2.2. Công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm trong thiết kế

Cùng với phát triển của công nghệ, việc xử lý tín hiệu trong đường truyền tốc độ cao đã thay đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số. Điều này đòi hỏi phải tạo ra một hệ thống xử lý tín hiệu nhanh chóng và tính thích ứng cao đó là hệ thống vô tuyến điều khiển bằng phần mềm SDR (Software Defined Radio).

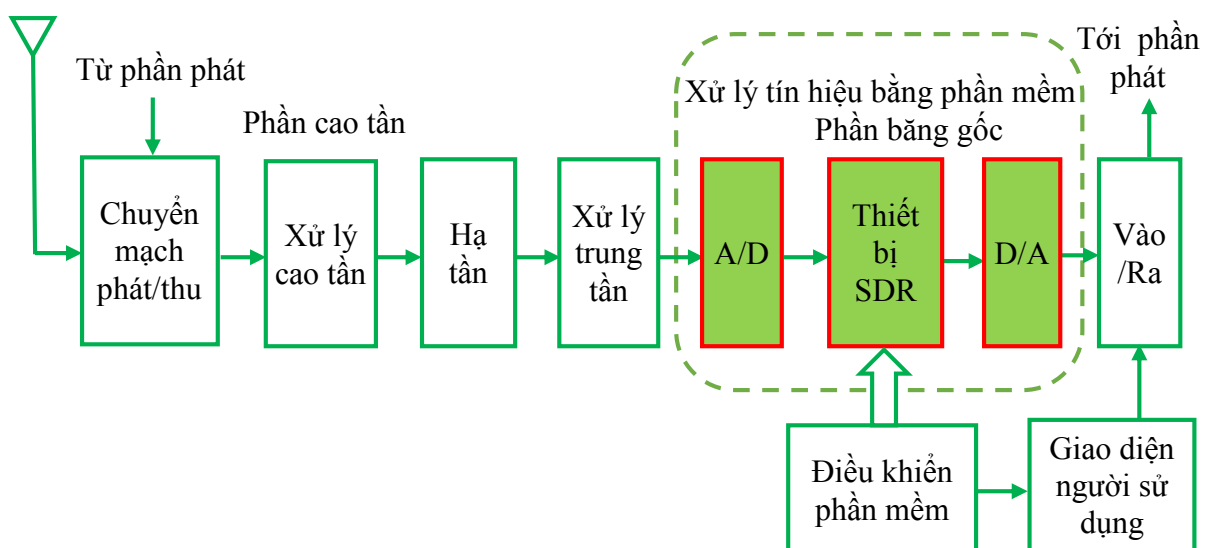
SDR là một thiết bị vô tuyến cấu trúc mềm trong đó việc xử lý tín hiệu khi thu nhận, được thực hiện tại một khâu nào đó theo dòng anten. SDR có thể

thích ứng cao với môi trường một cách tự động cho nên làm tăng chất lượng và hiệu quả phổ. Các thuật toán xử lý thích nghi trên cơ sở dữ liệu thời gian thực từ các máy di động, hạ tầng cơ sở, hay dải tần số RF sẵn có, các giao diện vô tuyến và nhu cầu khác nhau của người sử dụng.

SDR là một thiết bị vô tuyến với tín hiệu được số hóa giữa anten với một thiết bị đầu cuối (frontend), được thực hiện bởi bộ chuyển đổi tương tự sang số A/D (Analog/Digital), vi mạch tích hợp chuyên dụng ASIC (Application Specific Integrated Circuit).

SDR cho phép trên cùng một hệ thống cấu hình động có thể tồn tại nhiều module đa phần mềm, mỗi module sẽ thực hiện một chuẩn khác nhau, bằng việc chọn lựa module tương thích để hoạt động. Cấu hình động được tích hợp trong các thiết bị hạ tầng cơ sở và các máy di động. Một mạng không dây có khả năng tự định lại cấu hình của nó cho phù hợp với các máy di động của các thuê bao, hay trong trường hợp ngược lại... Điều này đã làm đơn giản hóa hoạt động của các thiết bị cơ sở cũng như thiết bị đầu cuối.

Cấu trúc SDR được thể hiện trên Hình 2.8 [67].



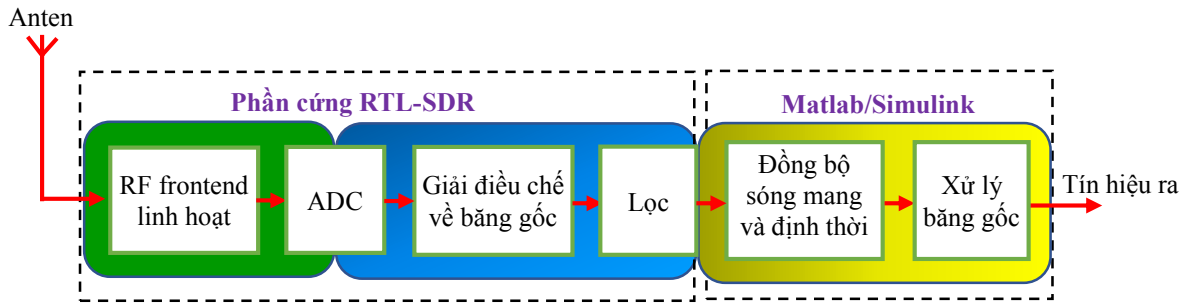
Hình 2.8. Sơ đồ cấu trúc SDR

Theo sơ đồ khối trên, bộ chuyển đổi tương tự sang số A/D được đặt sau bộ xử lý trung tần. Quá trình xử lý tín hiệu băng gốc được thực hiện bằng phần mềm và kết hợp giao diện người sử dụng tạo thành một thiết bị vô tuyến cấu trúc mềm. Những người dùng thiết bị đầu cuối hoàn toàn có khả năng tự cập nhật, cập nhật phần mềm ứng dụng mới cho các thiết bị di động mà không cần phải ghép nối, tương tự như một máy tính cá nhân.

Trong các thế hệ máy vô tuyến cũ, tín hiệu sau khi được anten thu lại sẽ được đi qua một bộ lọc thông dải và khuếch đại thành tín hiệu cao tần. Tín hiệu cao tần được nhân với tín hiệu chuẩn được tạo ra từ bộ tạo dao động nội LO (Local Oscillator), đi qua lọc thông dải đưa vào khâu khuếch đại trung tần. Sau đó tiếp tục nhân với tín hiệu chuẩn từ bộ LO để tăng độ chọn lọc kênh và chuyển xuống tần số thấp hơn. Tín hiệu ra sẽ đi vào bộ chuyển đổi tương tự sang số ADC (Analog to Digital Converter) để lấy mẫu và được xử lý số bằng bộ xử lý tín hiệu số. Tất cả các phần tử từ anten đến bộ chuyển đổi ADC đều là các thành phần tương tự và gặp nhiều hạn chế trong việc xử lý tín hiệu, đồng thời khó có thể tạo ra một máy thu dải rộng do các bộ lọc của mạch tương tự phần lớn chỉ là lọc dải hẹp cũng như chịu tác động từ sự thay đổi nhiệt độ và các hiệu ứng già hóa, độ bền sản xuất, từ đó thúc đẩy sự ra đời và phát triển của hệ thống vô tuyến cấu trúc mềm SDR nhằm khắc phục các hạn chế này. Hơn nữa, sự ra đời của các thiết bị RTL-SDR (Realtek SDR) đã thúc đẩy sự triển khai các hệ thống SDR. RTL-SDR là thiết bị phần cứng có giá thành thấp, sử dụng chuẩn USB (Universal Serial Bus - Chuẩn kết nối đa nhiệm) để thu nhận bất kỳ tín hiệu nào nằm trong dải tần số từ 25MHz đến 1.75GHz. Sơ đồ khối của một thiết bị thu RTL-SDR như Hình 2.9 [67].

Với thiết bị RTL-SDR, thành phần RF frontend có chức năng thu nhận sóng vô tuyến RF. Sau đó, tín hiệu RF được đưa qua bộ chuyển đổi ADC sẽ được chuyển thành tín hiệu số, tiếp tục được giải điều chế về băng gốc, lọc rồi

đưa đến giao diện USB để xử lý dữ liệu bằng phần mềm Matlab/Simulink.



Hình 2.9. Sơ đồ khối của bộ thu sử dụng thiết bị RTL-SDR

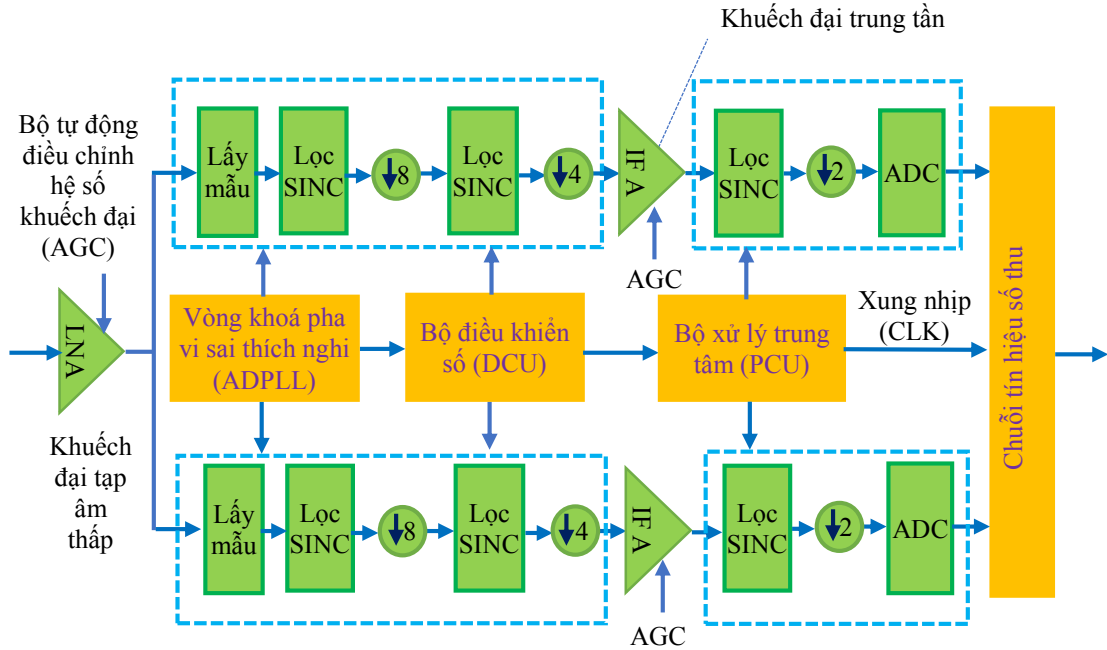
2.3. Thiết kế đầu cuối vô tuyến của bộ thu AIS mềm

Trong cấu trúc SDR, tín hiệu thu được sẽ được lấy mẫu sau các quá trình xử lý tín hiệu tương tự như hạ tần, lựa chọn kênh, lọc nhiễu và khuếch đại nhằm giảm công suất tiêu thụ. Tuy nhiên, kiến trúc đầu cuối (frontend) tương tự linh hoạt vẫn được triển khai trên nền tảng công nghệ IC hiện tại nên khả năng xử lý tín hiệu ứng với dải băng tần rộng và băng thông kênh rộng vẫn có ảnh hưởng đến thiết kế của các phân hệ analog (tương tự) và số của thiết bị thu.

2.3.1. Kiến trúc khối cao tần

Cùng với những tiến bộ của công nghệ IC, nhiều giải pháp mới về kiến trúc khối cao tần đã được sử dụng như kỹ thuật lấy mẫu RF trực tiếp mà trong cấu trúc bộ thu SDR, frontend không sử dụng các mạch hạ tần analog. Các mạch xử lý tín hiệu analog rời rạc được sử dụng để lấy mẫu tín hiệu tần số vô tuyến RF (Radio Frequency) rồi hạ tần, lấy mẫu, lọc và biến đổi về miền tín hiệu số. Giải pháp này hiện thực hóa những cấu trúc analog phức tạp trong thiết kế và cho phép giảm giá thành và công suất tiêu thụ khi được yêu cầu trong môi trường thiết kế có thể cấu hình lại. Trong khi đó, các bộ thu lấy mẫu thông dải hoạt động ở tần số thấp hơn nhưng lại bị ảnh hưởng của tạp âm và jitter xung nhịp. Vì vậy, việc lựa chọn lấy mẫu RF trực tiếp tránh được các

ảnh hưởng này và đạt được sự lựa chọn tần số lớn hơn ở bộ trộn. Sự lựa chọn tần số thường được điều khiển bởi xung nhịp của của bộ dao động LO với độ chính xác cao. Chính vì vậy, bộ thu lấy mẫu trực tiếp được lựa chọn sử dụng với kiến trúc được xây dựng trên Hình 2.10.

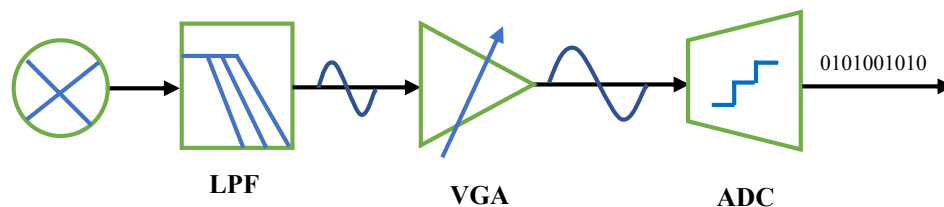


Hình 2.10. Kiến trúc bộ thu lấy mẫu trực tiếp

Về mặt chức năng, tất cả các đặc tính của bộ lọc, tính tuyến tính, băng thông kênh và tần số sóng mang RF có thể được cấu hình lại trên một dải rất rộng. Tuy nhiên trên quan điểm tối ưu năng lượng, điều này cho phép frontend sử dụng cùng một cấu hình lại để giảm công suất tiêu thụ ở các chế độ cụ thể, như trong hình frontend analog chỉ bao gồm một bộ khuếch đại tạp âm thấp LNTA nhằm cho phép frontend SDR đáp ứng được các thông số kỹ thuật của từng chuẩn (ở một mức công suất tương tự như chế độ đơn tần số) nhưng vẫn hoạt động ở mức công suất tiêu thụ trung bình thấp đáng kể do các điều chỉnh tương thích giữa hiệu năng với công suất.

2.3.2. Kiến trúc đầu cuối SDR

Một bộ ADC tại anten thực hiện số hóa đồng thời các băng tần vô tuyến khác nhau sẽ không thực hiện được về mặt thực tế. Do đó, các bộ thu SDR cần phải có một đầu cuối RF băng rộng có thể điều chỉnh tới bất kỳ tần số sóng mang và băng thông kênh nào ở một thời điểm. Kiến trúc bộ thu lấy mẫu trực tiếp ở trên là giải pháp tốt nhất để đạt được các mục tiêu do kiến trúc đơn giản này ứng với một mức linh động nào đó. Việc xử lý tín hiệu analog ở băng gốc thường liên quan đến các hoạt động khuếch đại và lọc để việc chuyển tín hiệu sang dạng số được thực hiện một cách hiệu quả. Hình 2.11 là sơ đồ khối của bộ phận băng gốc trong máy thu lấy mẫu trực tiếp được lựa chọn.



Hình 2.11. Sơ đồ khối bộ phận băng gốc trong máy thu lấy mẫu trực tiếp

Trong đó, các mạch băng gốc tương tự cho máy thu hạ tần trực tiếp thực hiện các chức năng sau:

- *Bộ lọc thông thấp LPF (Low Pass Filter)*: hạn chế băng thông tín hiệu sau khi hạ tần để tránh các hài lạ của các búp ngoài băng và tạp âm do lấy mẫu tiếp theo. Bằng cách tăng bậc của bộ lọc, do đó các thông số sẽ được giảm như công suất tiêu thụ của bộ lọc LPF, tần số lấy mẫu, độ phân giải.

- *Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại điều chỉnh được VGA (Variable Gain Amplifier)*: cung cấp hệ số khuếch đại có khả năng lập trình được vì vậy tín hiệu được xử lý bởi các mạch băng gốc tới đầu vào bộ ADC với mức không đổi. Các bộ VGA được điều khiển bởi thuật toán AGC.

2.3.3. Các tham số điều chỉnh bằng góc cho ADC

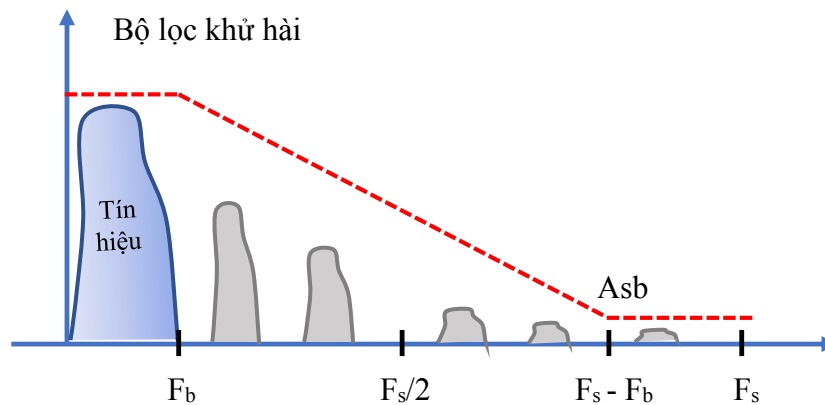
Đối với máy thu thì các yêu cầu về tham số kỹ thuật chủ yếu như sau:

- Độ nhạy: mức tín hiệu RF đầu vào nhỏ nhất mà máy thu có thể phát hiện và phân tích ở mức chất lượng chấp nhận được.
- Các loại nhiễu: là các tín hiệu RF được truyền trong không gian bởi các thiết bị vô tuyến khác và gây can nhiễu cho tín hiệu nhận được.
- Nhiễu ISI: dẫn đến BER cao hơn trong tách sóng các tín hiệu dạng sóng ngẫu nhiên khi được truyền qua các kênh có băng thông hữu hạn.

2.3.3.1. Số lượng pole cho bộ lọc LPF

Giả sử tín hiệu tới có băng thông F_b như minh họa ở Hình 2.12 [67].

Nếu F_s là tần số lấy mẫu của bộ ADC, khi đó các búp sóng sẽ xuất hiện trong khoảng $\left[\frac{F_s}{2} \rightarrow (F_s - F_b)\right]$ sẽ không ảnh hưởng đến LPF do ảnh nằm ngoài dải tần mong muốn. Tuy nhiên, với các thành phần búp sóng xuất hiện trong $[(F_s - F_b) \rightarrow F_s]$ sẽ ảnh hưởng đến phổ tín hiệu và phải được khử tới độ suy hao ngoài băng A_{SB} .



Hình 2.12. Các yêu cầu của bộ lọc khử hài và ảnh hưởng của các hài

Xét bộ lọc Butterworth, khi $F \gg F_b$ hàm truyền bộ lọc có thể được xấp xỉ thành [67]:

$$A_{SB}(F) \approx 20n_p \log\left(\frac{F}{F_b}\right) \quad (2.3)$$

Trong đó, n_p là số lượng búp sóng (pole).

Nếu coi băng thông T_B của bộ lọc là dải tần nằm giữa F_b và $F_s - F_b$, có thể tính được hệ số uốn cong $r_B[\frac{dB}{dec}]$ của hàm truyền bộ lọc Butterworth [67]:

$$r_B(F_s, F_b) = A_{dB}(F_s - F_b) - A_{dB}(F_b) = 20n_p \log\left(\frac{F_s - F_b}{F_b}\right) \quad (2.4)$$

Kết hợp (2.3) và (2.4) có thể xác định được bậc tối thiểu của bộ lọc theo tần số lấy mẫu và băng thông tín hiệu [67]:

$$n_p(F_s, F_b) \geq \left\lceil \frac{A_{SB,dB}}{T_B 20 \log[(F_s - F_b)/F_b]} \right\rceil \quad (2.5)$$

Như vậy, bậc của bộ lọc tỷ lệ thuận trực tiếp với hệ số suy hao dải chắn và băng thông tín hiệu trong khi tần số lấy mẫu càng cao thì sẽ giảm được độ chọn lọc tần số.

2.3.3.2. Dải động của bộ ADC

Dải động của bộ ADC được định nghĩa là dải điện áp của tín hiệu có thể được số hóa với chỉ tiêu chất lượng chấp nhận được.

Dải động D của bộ ADC được xác định [67]:

$$D = 6.02n_b - 1.15 + 10\log(F_s/F_b) \quad (2.6)$$

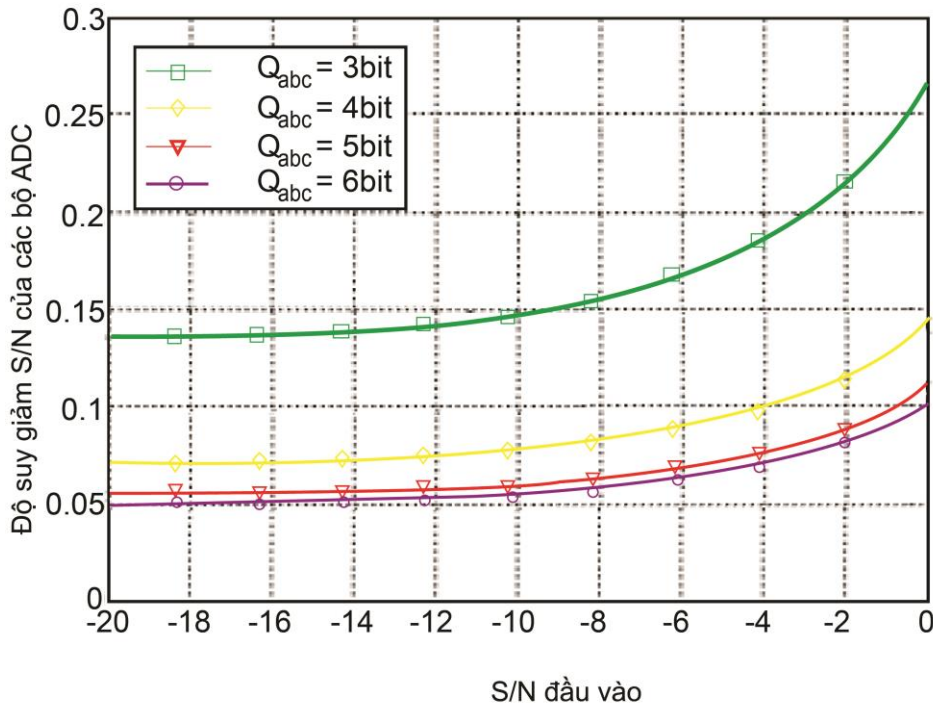
Trong đó: F_s/F_b chính là tỉ số lấy mẫu; n_b là số bit của bộ ADC.

Số bit của bộ ADC, n_b được định nghĩa là mức điện áp thấp nhất có thể được phát hiện bởi ADC và bit Δ là bit có giá trị nhỏ nhất (LSB - Least Significant Bit) thường nhỏ hơn nhiều so với mức tín hiệu nhận được vì thế tạp âm lượng tử ảnh hưởng đến SNR (Signal to Noise - tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu) ở đầu ra ADC có thể được bỏ qua.

Tạp âm lượng tử trung bình bình phương của bộ ADC, σ_Q được xác định theo công thức [67]:

$$\sigma_Q = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{1}{12} \left(\frac{F_s}{2^{n_b}} \right)^2 \quad (2.7)$$

Hình 2.13 thể hiện sự suy giảm SNR của các bộ ADC từ 3 bit đến 6 bit.



Hình 2.13. Suy giảm hiệu năng do lượng tử hóa trong bộ ADC

2.3.3.3. Độ nhạy

Công suất đầu vào nhỏ nhất được nhận bởi máy thu ở mức chất lượng chấp nhận được cho bởi công thức (2.8) [67]:

$$S_{min|dBm} = SNR_{min|dB} + F|dBm \quad (2.8)$$

Trong đó: S_{min} là mức công suất đầu vào nhỏ nhất mà đảm bảo tỉ số SNR tối thiểu (SNR_{min}), thường được gọi là độ nhạy; F là công suất tạp âm tổng cộng, được gọi là tạp âm nền.

Tạp âm nền có thể được xác định [67]:

$$F|_{dBm} = P_{RS}|_{dBm/Hz} + NF|_{dB} + 10\log(B) \quad (2.9)$$

Trong đó NF là tạp âm của máy thu, B là băng thông kênh; P_{RS} là công suất tạp âm phản kháng nguồn.

2.3.3.4. Độ lợi biến đổi băng gốc

Dải rộng độ lợi biến đổi ở băng gốc được xác định [67]:

$$\Delta G_{BB} = 20\log\left(\frac{A_{max}}{A_{min}}\right) - \Delta G_{RF} \quad (2.10)$$

Trong đó ΔG_{RF} là độ lợi điện áp biến đổi ở vùng RF và A_{max}, A_{min} tương ứng là độ lợi điện áp cực đại và cực tiểu của bộ thu. Do đó, để xác định dải động độ lợi biến đổi yêu cầu trong bộ thu cần phải tìm ra công suất trong kênh cực đại và cực tiểu tương ứng với đầu nối (connector) của anten.

2.3.3.5. Ước lượng tiêu thụ công suất băng gốc

Để có thể có sự phản hồi tức thời về mức tiêu thụ công suất của phần băng gốc theo các mức khác nhau của độ chọn tần số bộ lọc và dải động của ADC, hai thông số tiêu biểu của bộ lọc và ADC sẽ được tính toán. Mức tiêu thụ công suất của bộ lọc LPF tương tự được xấp xỉ phụ thuộc tuyến tính vào số lượng pole [67]:

$$P_{LPF} = P_{pole}n_P(f_s, f_B) \quad (2.11)$$

Trong đó P_{pole} là công suất tiêu tán trên mỗi pole trong bộ lọc LPF toàn cực. Mặt khác, mức tiêu thụ công suất của bộ ADC tốc độ Nyquist được xấp xỉ [67]:

$$P_{ADC} = E_{conv}f_s2^{ENOB} \quad (2.12)$$

Trong đó E_{conv} là năng lượng yêu cầu trên mỗi bước biến đổi và số bit hiệu dụng được xác định [67]:

$$ENOB = \frac{SNDR-1.76}{6.02} \quad (2.13)$$

Trong đó SNDR là tỷ số tín hiệu trên tạp âm và méo của ADC. Do đó, mức tiêu thụ công suất băng gốc toàn bộ được xác định:

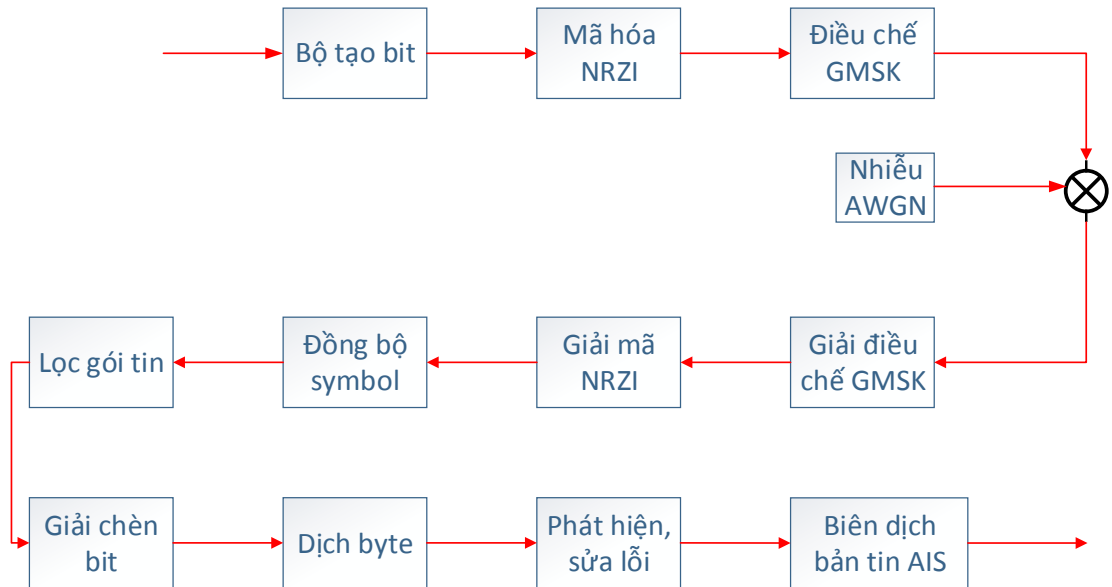
$$P_{BB} = P_{LPF} + P_{ADC} = P_{pole} n_P(f_s, f_B) + E_{conv} f_s 2^{ENOB} \quad (2.14)$$

2.4. Thiết kế, chế tạo bộ thu AIS ứng dụng công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm

Trên cơ sở cấu trúc bộ thu AIS, công nghệ SDR và các giải pháp thiết kế bộ thu mềm AIS, tiến hành triển khai việc thiết kế, chế tạo cho từng thành phần trong bộ thu AIS mềm. Mỗi khối chức năng trong bộ thu AIS được mô hình hóa và thực hiện triển khai trên Matlab để hiệu chỉnh chế độ làm việc trước khi được triển khai trên nền tảng C++. Tuy nhiên, để phát triển được bộ thu AIS, cần thực hiện xây dựng các bộ điều chế GMSK nhằm cung cấp cho bộ thu các tín hiệu đã điều chế chuẩn.

Sơ đồ các khối của bộ điều chế/giải điều chế GMSK cho tín hiệu AIS được thể hiện trên Hình 2.14, bao gồm:

- Bộ mã hoá NRZI.
- Bộ điều chế GMSK.
- Bộ giải điều chế GMSK.
- Bộ giải mã NRZI.
- Bộ đồng bộ symbol.
- Bộ lọc gói tin.
- Bộ giải chèn bit.
- Bộ dịch byte.
- Bộ phát hiện, sửa lỗi.
- Bộ biên dịch bản tin AIS.



Hình 2.14. Sơ đồ khối của bộ điều chế/giải điều chế GMSK cho tín hiệu AIS

2.4.1. Bộ điều chế GMSK

Tín hiệu GMSK được tạo ra bởi bộ điều tần (FM) sau đó đưa qua bộ lọc Gauss. Dữ liệu được mã hóa vi sai nhằm tạo ra tín hiệu NRZI và sau đó được đưa đến bộ lọc Gauss thông thấp.

2.4.1.1. Thiết kế mã hóa dữ liệu và bộ lọc Gauss

Bộ lọc Gauss có đáp ứng xung được cho bởi [71]:

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma T}} \exp\left(\frac{-t^2}{2(\sigma T)^2}\right) \quad (2.15)$$

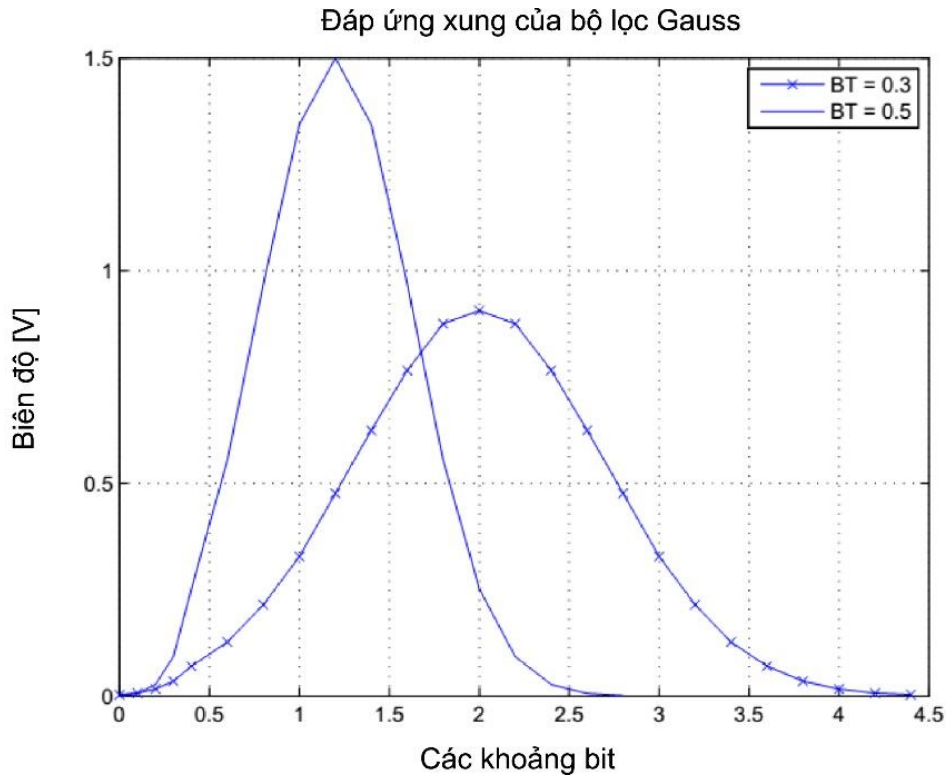
Trong đó $\sigma = \frac{\sqrt{\ln(2)}}{2\pi BT}$ với B là băng thông 3dB của bộ lọc và T là độ rộng symbol.

2.4.1.2. Triển khai bộ lọc Gauss trên Matlab

Biến ngẫu nhiên X có phân bố chuẩn với trị trung bình μ và phương sai σ^2 có hàm mật độ xác suất [71]:

$$y(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2(\sigma)^2}\right) \quad (2.16)$$

Hình 2.15 thể hiện bộ lọc Gauss với BT = 0,3 và BT = 0,5 được thiết kế.



Hình 2.15. Đáp ứng xung của bộ lọc Gauss với BT = 0,3 và BT = 0,5

Phương trình này tạo ra phân bố Gauss với trị trung bình và phương sai chuẩn cho trước. Các hệ số của bộ lọc Gauss với BT=0,5 được tính toán với trị trung bình $\mu = 0$ và phương sai $\sigma = 0,07$ để có được bộ lọc Gauss tương ứng với bộ lọc FIR 17 bậc có các hệ số:

Coeff(0) = 1/1024	Coeff(1) = 6/1024	Coeff(2) = 28/1024
Coeff(3) = 95/1024	Coeff(4) = 258/1024	Coeff(5) = 568/1024
Coeff(6) = 992/1024	Coeff(7) = 1376/1024	Coeff(8) = 1536/1024
Coeff(j = 9:16) = coeff(16-j);		

Các hệ số của bộ lọc Gauss với $BT = 0,3$ được tính toán với trị trung bình $\mu = 0$ và phương sai $\sigma = 0,192$ để có được bộ lọc Gauss tương ứng với bộ lọc FIR 24 bậc có các hệ số:

$$\begin{aligned} \text{Coeff}(0) &= 3/1024 & \text{Coeff}(1) &= 7/1024 & \text{Coeff}(2) &= 17/1024 \\ \text{Coeff}(3) &= 36/1024 & \text{Coeff}(4) &= 72/1024 & \text{Coeff}(5) &= 130/1024 \\ \text{Coeff}(6) &= 220/1024 & \text{Coeff}(7) &= 336/1024 & \text{Coeff}(8) &= 488/1024 \\ \text{Coeff}(9) &= 640/1024 & \text{Coeff}(10) &= 784/1024 & \text{Coeff}(11) &= 896/1024 \\ \text{Coeff}(12) &= 928/1024 & \text{Coeff}(j = 13:24) &= \text{coeff}(24-j); \end{aligned}$$

Hàm Matlab filter được sử dụng để lọc dạng sóng NRZI sử dụng các hệ số của bộ lọc Gauss:

$$\text{GLPF} = \text{filter}(B, 1, \text{MSG}) / 8.$$

Trong đó B là hệ số cho thành phần không đệ quy; MSG là chuỗi bit đầu vào. Thực hiện chia tín hiệu cho 8 để chuẩn hóa biên độ của tín hiệu.

2.4.1.3. Thực hiện bộ lọc Gauss trên C++

```
Z = roots(B)
```

```
Z1 = [Z(1) Z(2)];
```

```
Z2 = [Z(3) Z(4)];
```

```
Z3 = [Z(5) Z(6)];
```

```
B1 = poly(Z1)
```

```
B2 = poly(Z2)
```

```
B3 = poly(Z3)
```

```
double w0 = -a1 * w1 - a2 * w2 + read input port(port in)->read double();
```

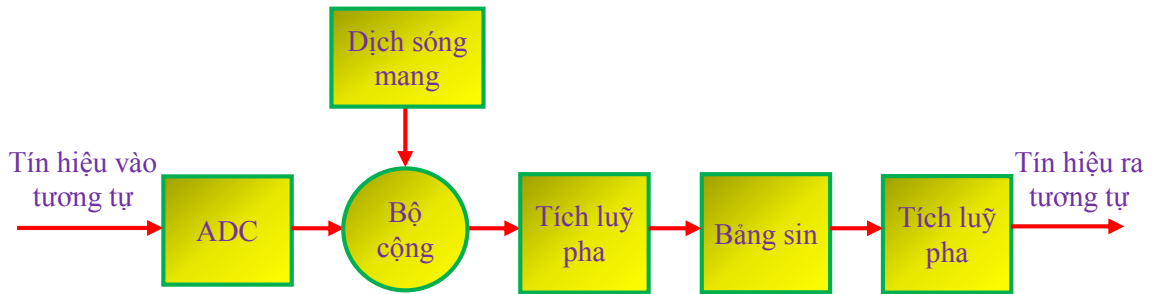
```
write output port(port out, (b0*w0 + b1*w1 + b2*w2)*gain);
```

```
w2 = w1;
```

```
w1 = w0;
```


2.4.2. Bộ tổng hợp số trực tiếp

Bộ tổng hợp số trực tiếp (DDS - Direct Digital Synthesis) được sử dụng để tổng hợp theo phương pháp số các tín hiệu analog mong muốn. DDS sử dụng một tần số lấy mẫu cố định và nhận được các tần số đầu ra khác nhau bằng cách lấy mẫu sóng sin. Sơ đồ khối của DDS được thể hiện trên Hình 2.16.



Hình 2.16. Bộ tổng hợp số trực tiếp DDS

Phần cốt lõi của DDS là bộ tích lũy pha có giá trị thể hiện giá trị pha hiện tại ($0 \leq \phi \leq 2\pi$) ở tín hiệu đầu ra. Sau mỗi chu kỳ, pha của bộ tích lũy sẽ được thêm một giá số $\Delta\phi$. Giá trị của giá số tỉ lệ trực tiếp với tần số đầu ra.

Tần số đầu ra có thể được xác định thông qua [70]:

$$\Delta\phi = 2\pi\left(\frac{f_0}{f_s}\right) \quad (2.17)$$

Pha tức thời của một tín hiệu FM được cho bởi [70]:

$$\theta(t) = \omega_c t + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau + \theta_0 \quad (2.18)$$

Với bộ điều tần (FM) ở miền rời rạc sử dụng DDS, pha tức thời của tín hiệu FM sẽ là:

$$\theta(nT) = nTF_c + k_f T \sum_{k=1}^n m(kT) + \theta_0 \quad (2.19)$$

Trong đó T là chu kỳ lấy mẫu, n là số lượng mẫu, F_c là hằng số xác định tần số sóng mang của tín hiệu rời rạc đầu ra và θ_0 là pha ban đầu. Chú ý rằng quá trình lấy mẫu phải thực hiện đảm bảo điều kiện lấy mẫu Nyquist (Tần số lấy mẫu không nhỏ hơn 2 lần tần số cực đại của tín hiệu).

2.4.2.1. Thực hiện bộ DSS trên Matlab

```
for n = 1:length(MSG);
phi = phi + (2*pi*fd/fs).*MSG(n) + (fc/fs)*2*pi;
if (phi > (2*pi))
phi = phi-(2*pi);
end
module = [ module sin(phi)];
end
```

2.4.2.2. Thực hiện bộ DSS trên nền C++

```
double input sample = read input port(port INPUT)->read double();
phase = phase + (2*M PI*FD*input sample) + delta phi;
if (phase > 2*M PI)
phase -= 2*M PI;
write output port( port Y, amplitude*Sin(phase));
```

2.4.3. Bộ giải điều chế GMSK

Bộ tách sóng FM được sử dụng để thực hiện giải điều chế GMSK. Tín hiệu $x(t)$ đầu vào của bộ giải điều chế GMSK cho bởi [71]:

$$x(t) = A_c \cos \left[\omega_c t + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau \right] \quad (2.20)$$

Với $k_f = 2\pi f_d$ với f_d là độ dịch tần số, giả sử được chuẩn hóa với $m(t)$.

Tín hiệu vi sai khi đó là:

$$e(t) = -A_c[\omega_c t + k_f m(t)]. \sin \left[\omega_c + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau \right] \quad (2.21)$$

Thực hiện chỉnh lưu tín hiệu sai phân này và cho qua bộ lọc thông thấp để nhận được:

$$y(t) = |-A_c[\omega_c + k_f m(t)]| = A_c[\omega_c + k_f m(t)] \quad (2.22)$$

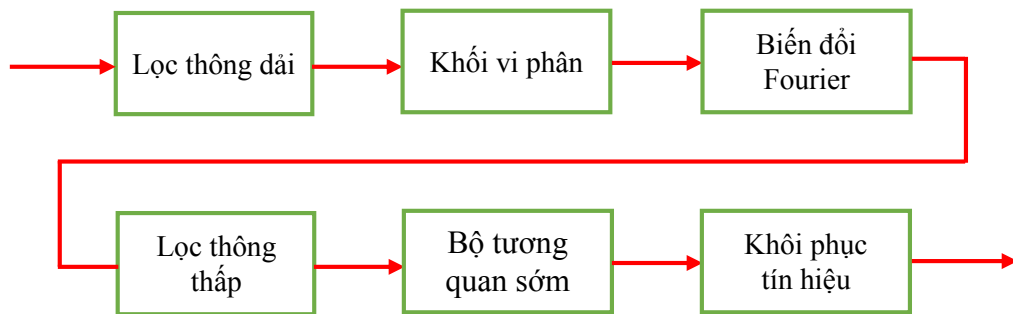
Loại bỏ thành phần một chiều để nhận được:

$$y(t) = A_c k_f m(t) \quad (2.23)$$

Tuy nhiên, do ảnh hưởng của tạp âm chuẩn Gauss, sai lệch biên độ sóng mang tạo ra méo tín hiệu ở đầu ra bộ so pha. Do đó, bộ thu phải sử dụng bộ lọc thông dải để khử các thành phần nhiễu ngoài băng này.

2.4.3.1. Sơ đồ khối bộ so pha GMSK

Sơ đồ khối bộ so pha dựa trên SDR được xây dựng ở hình 2.17.



Hình 2.17. Sơ đồ khối của bộ so pha dựa trên SDR

Tín hiệu điều chế được cho qua bộ lọc thông dải có băng thông đủ rộng để các tín hiệu biên trên và biên dưới qua được bộ lọc và chặn lại các thành phần nhiễu ngoài băng. Bước đầu tiên, thực hiện quá trình sai phân tín hiệu GMSK. Quá trình này thực hiện trong miền thời gian liên tục nhưng để thuận tiện tiến hành xấp xỉ trong miền số:

$$\frac{d}{dt}x(t) \approx \frac{x[nT] - x[(n-1)T]}{T} \quad (2.24)$$

Tín hiệu bản tin ban đầu tỷ lệ với sai pha của các mẫu liên tiếp. Bộ vi phân tính toán các vector sai pha mới cho mỗi mẫu mới. Các tín hiệu vi phân sau đó đi qua bộ biến đổi Fourier. Quá trình biến đổi Fourier được thực hiện bằng phần mềm để lấy được các giá trị tuyệt đối của tín hiệu vi phân. Tín hiệu thu được đi qua bộ chia với hệ số chia $2A/\pi$ (trong đó A là biên độ của sóng mang) được xác định (lấy xấp xỉ chuỗi Fourier) [71]:

$$v(t) = \frac{2A_m}{\pi} \left(\dots + \frac{1}{37} e^{-j3\omega_0 t} + \frac{1}{17} e^{-j2\omega_0 t} + \frac{1}{5} e^{-j\omega_0 t} + \dots \right) \quad (2.25)$$

Như vậy, $2A/\pi$ là thành phần một chiều cần được khử khỏi tín hiệu $v(t)$ theo công thức (2.23).

Tín hiệu sau đó tiếp tục được cho qua bộ lọc thông thấp. Sử dụng bộ lọc thông thấp Butterworth bậc 4 với tần số cắt cao hơn một chút so với 1/2 tần số symbol để tránh được nhiễu ISI ở bộ thu. Khi đó tín hiệu băng gốc được khôi phục:

$$y(t) = A_c[\omega_c + 2\pi f_d m(t)] - A_c \omega_c = A_c 2\pi f_d m(t) \quad (2.26)$$

Thực hiện chia cho độ dịch tần để khôi phục tín hiệu băng gốc:

$$y(t) = \frac{A_c 2\pi f_d m(t)}{2\pi f_d} = A_c m(t) \quad (2.27)$$

2.4.3.2. Thực hiện bộ giải điều chế trên nền tảng Matlab

```
for n = 1:length(MOULATED)
DIFFEREN(n) = (MODULATED(n) - last sample)*fs;
last sample = MODULATED(n);
end
RECTIFIED = abs(DIFSIGNAL);
```

```
[B,A] = butter(4,1/(0.8*Ts*fs))
```

```
LOWPASS SIG = filter(B,A,RECTIFIED)
```

Giá trị $1/(0.8 * T_s * f_s)$ tương ứng với tần số cắt 5kHz

2.4.3.3. Thực hiện bộ giải điều chế trên nền tảng C++

```
[B,A] = butter(4,1/(0.8*Ts*fs))
```

```
double w0 = -a1 * w1 - a2 * w2 + read input port(port in)->read double();
```

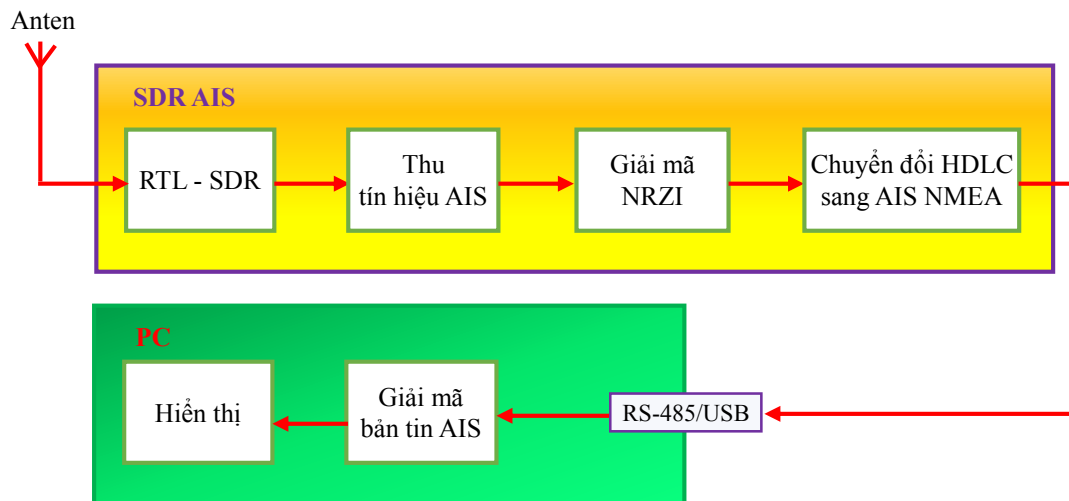
```
write output port(port out, (b0*w0 + b1*w1 + b2*w2)*gain);
```

```
w2 = w1;
```

```
w1 = w0;
```

2.4.4. Bộ thu SDR AIS

Cấu trúc của bộ thu AIS mềm được thực hiện trên Hình 2.18.



Hình 2.18. Cấu trúc bộ thu AIS mềm

Thiết bị thu SDR AIS được kết nối với PC qua cổng USB. Phần xử lý thu tín hiệu AIS và giải mã NRZI được thực hiện bởi phần mềm GNURadio (nền tảng mã nguồn mở để thiết kế các thiết bị SDR). Các tín hiệu sau giải mã NRZI sẽ ở dạng nhị phân được tiếp tục xử lý bởi chương trình giải mã từ HDLC sang NMEA0183.

Tín hiệu lỗi ra của thiết bị thu SDR AIS đã được thiết lập theo chuẩn RS485 với tốc độ dữ liệu 38400bps (tốc độ này phù hợp với dạng bản tin dài NMEA0183 của các gói tin AIS).

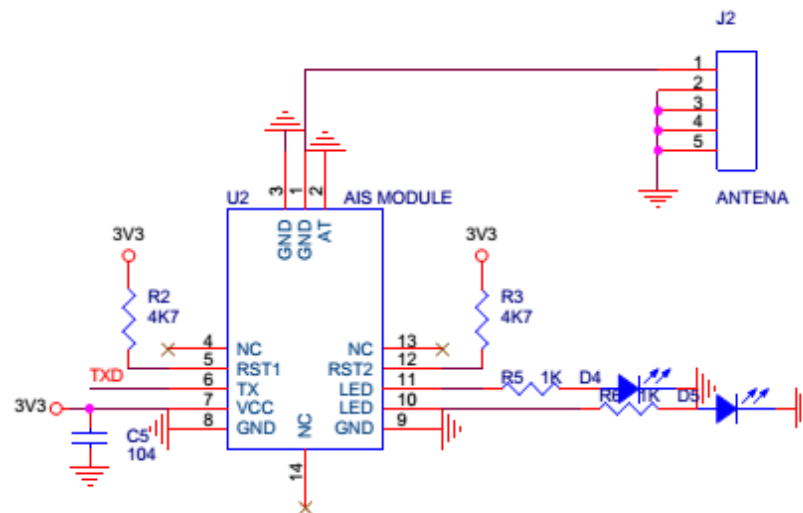
2.4.4.1. RTL-SDR

Phần bộ thu RTL-SDR sử dụng loại RTL2832 ADC và R820T để nhận tín hiệu AIS với các thông số sau:

- Dải tần số: từ 24MHz-1766MHz
- Độ rộng băng thông: 250kHz - 2,5MHz
- Độ lợi tối đa: 40dB
- Chế độ Tx/Rx: chỉ có Rx

Các thông số được thiết lập cho bộ thu RTL-SDR:

- Độ lợi: 40dB
- Tần số lấy mẫu: 1MHz.
- Tần số trung tâm: $162\text{MHz} - 8,3\text{kHz} = 161,9917\text{MHz}$.



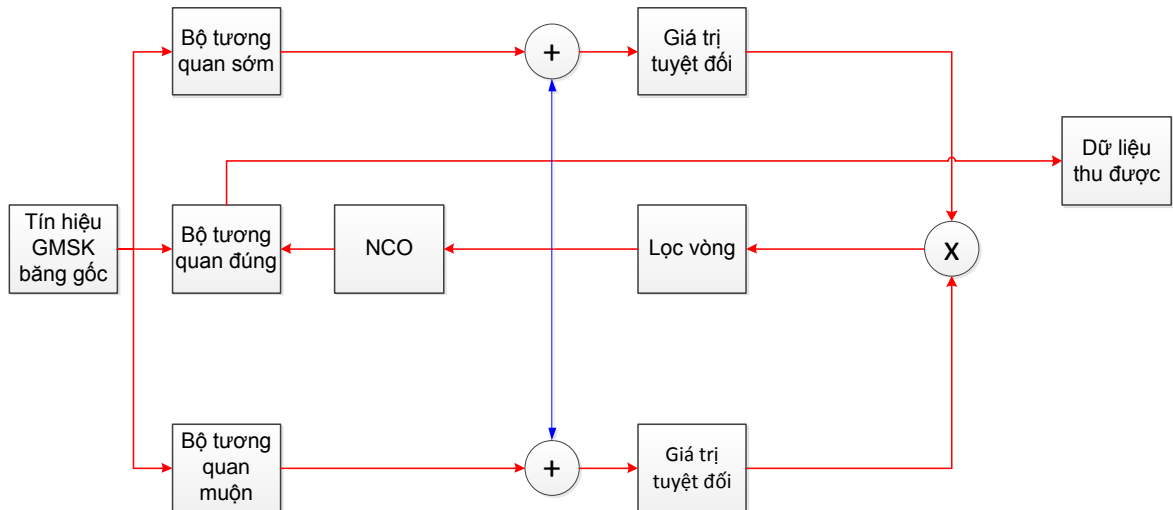
Hình 2.19. Mạch phần cứng RTL-SDR

2.4.4.2. Đồng bộ symbol

Sau khi giải điều chế tín hiệu, để có thể xử lý và biên dịch được bản tin, máy thu cần thực hiện đồng bộ symbol (biết được điểm đầu và điểm cuối của

symbol). Quá trình đồng bộ symbol được thực thi thông qua kiến trúc các cổng Sớm - Muộn (E - L). Bộ đồng bộ dạng E-L thực hiện so sánh tín hiệu tới với hai bản sao (bản sao Sớm và bản sao Muộn) của tín hiệu được tạo ra ở bộ thu với độ lệch thời gian của hai bản sao này là $d=T/2$ (trong đó T là chu kỳ symbol).

Sơ đồ chức năng của bộ đồng bộ E-L được xây dựng ở Hình 2.20 [72].



Hình 2.20. Sơ đồ khối bộ đồng bộ symbol dạng E-L

2.4.4.2.1. Thực hiện bộ đồng bộ symbol dạng E-L trên nền tảng Matlab

```
while n <= length(INPUT)
```

```
if SICS <= SPSD
```

```
Early = (SICS-1) * EARLY INTERVAL + INPUT(n);
```

```
EARLY INTERVAL = (Early)/SICS;
```

```
elseif (SICS > SPSD) & (SICS <= (SPS-SPSD))
```

```
Central = ((SICS-SPSD-1)) * CENTRAL INTERVAL + INPUT(n);
```

```
CENTRAL INTERVAL = (Central)/(SICS-SPSD);
```

```
elseif (SICS > (SPS-SPSD)) & (SICS < SPS)
```

```
Late = (SICS-SPS + SPSD-1) * LATE INTERVAL + INPUT(n);
```

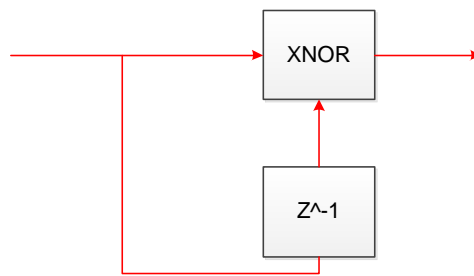
```
LATE INTERVAL = (Late)/(SICS-SPS+SPSD);
```

2.4.4.2.2. Thực hiện bộ đồng bộ symbol dạng E-L trên nền tảng C++

```
Late = (sample index - SPS + NB samples - 1) * ALI + new sample;  
ALI = Late/(double)(sample index - SPS + NB samples);  
if (ACI > 0)  
symbol = 1;  
else  
symbol = 0;
```

2.4.4.3. Giải mã NRZI

Các symbol sau khi được khôi phục nhờ bộ đồng bộ sớm muộn E-L (Early - Late) được đưa tiếp đến bộ giải NRZI để khôi phục lại các symbol đã được truyền. Sơ đồ bộ giải mã được xây dựng ở Hình 2.21.



Hình 2.21. Sơ đồ mạch giải mã NRZI

2.4.4.4. Module chuyển đổi HDLC sang AIS NMEA

2.4.4.4.1. Phát hiện các cờ đầu và cờ đuôi của bản tin AIS

Thực hiện trên nền tảng Matlab

```
while m <= length(decoded);  
if (isequal([0 1 1 1 1 1 0],[buffer(1:end)]))  
disp('start bit reached');  
break  
end  
m = m + 1;
```



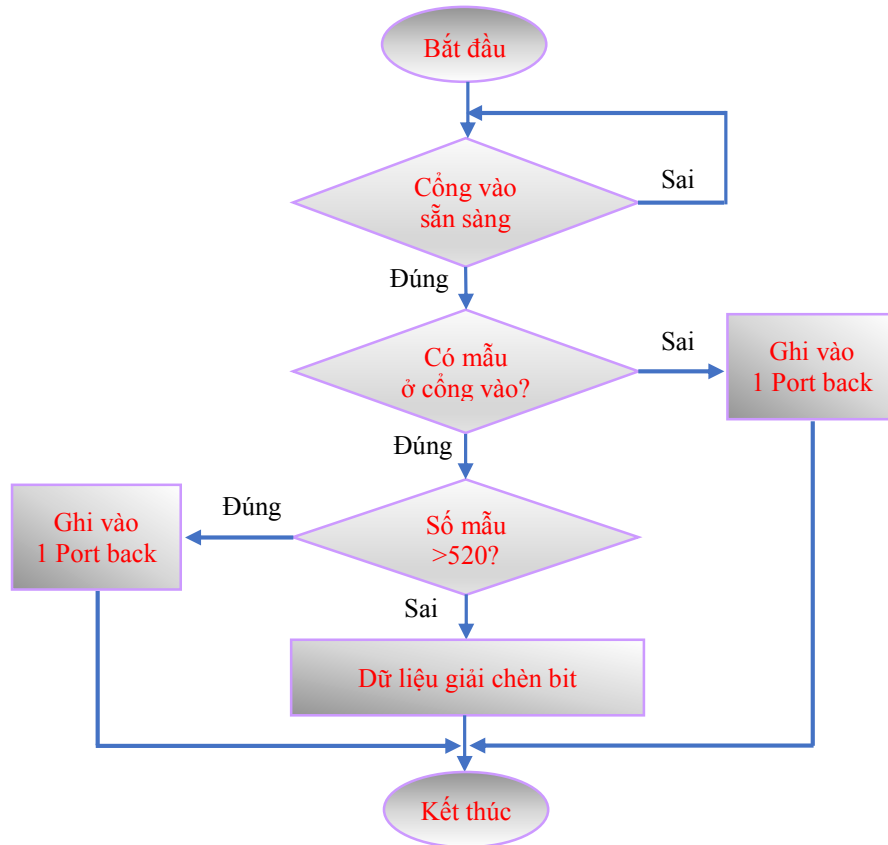
```

buffer = [buffer(2:end) decoded(m)];
end

```

2.4.4.4.2. Thủ tục giải chèn bit

Thủ tục giải chèn bit có lưu đồ thuật toán được thực hiện ở Hình 2.22.



Hình 2.22. Thuật toán giải chèn bit

Thực hiện giải chèn bit trên nền tảng Matlab như sau:

```

if isequal(message(n-5:n),[1 1 1 1 1 0]),
messag(n) = [];

```

2.4.4.4.3. Thực hiện nhóm bit

Sau khi giải chèn bit, các bit bản tin sẽ được gom lại thành từng byte.

```

while i <= (len/8)
bytes = [bytes MSG(i*8:-1:1+(8*(i-1)))];

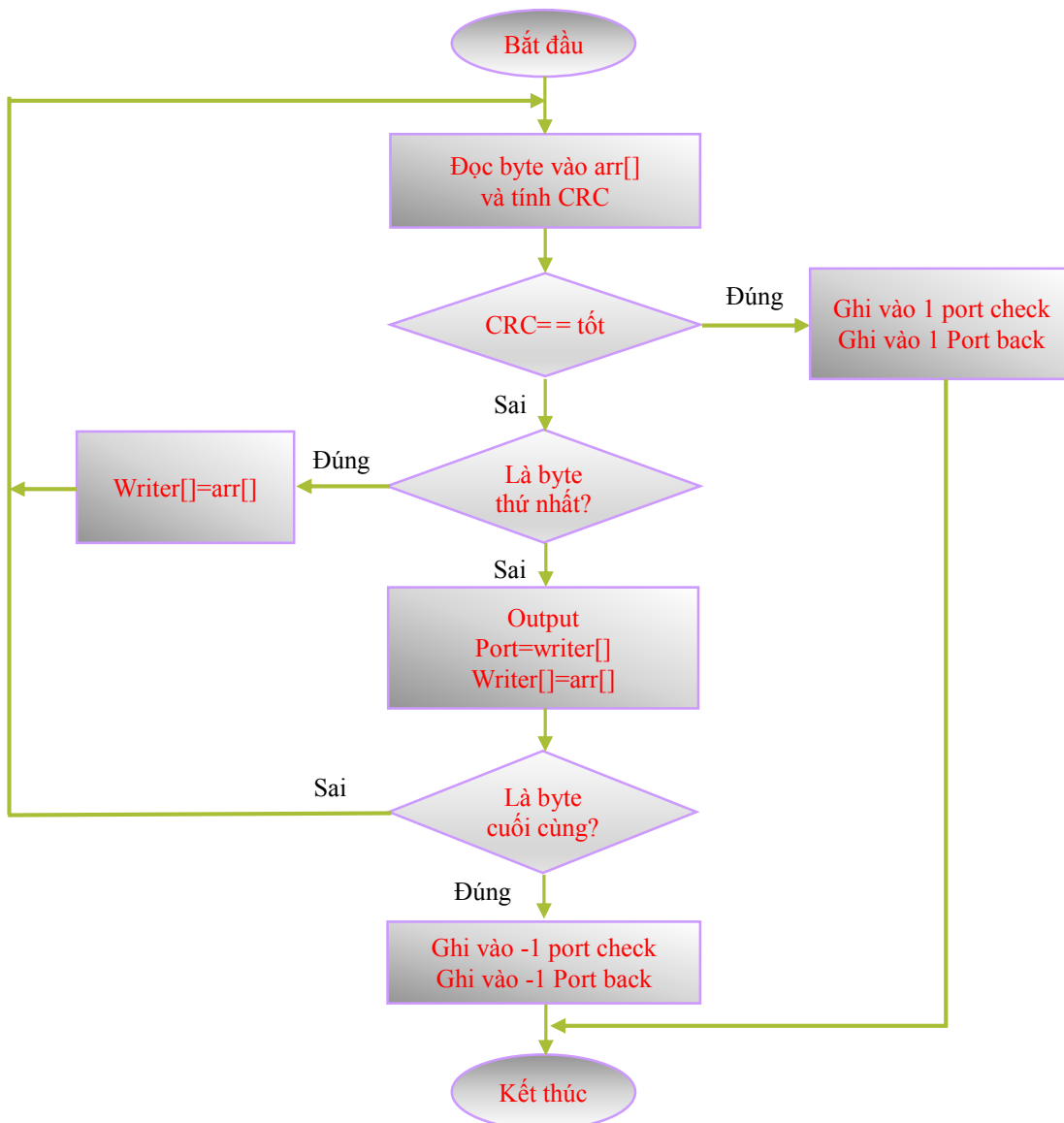
```

$i = i + 1;$

end

2.4.4.4.4. Kiểm soát lỗi

Sau khi được nhóm bit sẽ kiểm tra lỗi có xảy ra đối với bản tin AIS nhận được hay không. Nếu có lỗi xảy ra, bản tin AIS đó sẽ bị hủy bỏ, không có các xử lý tiếp theo. Lưu đồ thực hiện quá trình kiểm soát lỗi theo cơ chế mã vòng dư CRC 16 bit được thực hiện ở Hình 2.23.



Hình 2.23. Lưu đồ thuật toán CRC kiểm soát lỗi

2.4.4.4.5. Biên dịch bản tin

Sau khi bản tin đã được kiểm soát lỗi, bản tin sẽ được thực hiện biên dịch để được các ký tự hợp lệ tương ứng bằng cách nhóm từng chuỗi 6 bit.

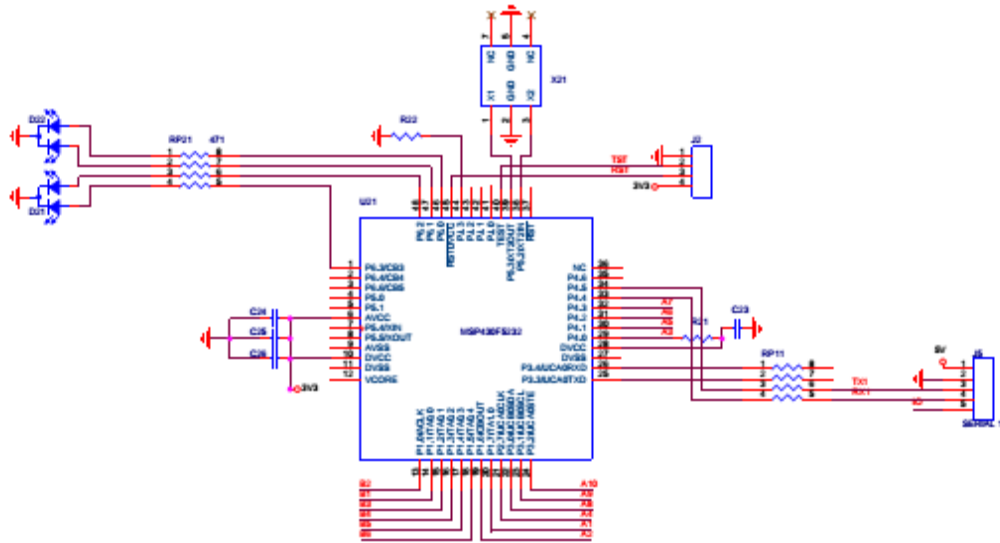
```
if (number <= 39)
bnumber = number + 48;
elseif (number > 39)
bnumber = number + 56;
end
```

Và để biến đổi từ bản tin nhị phân thành các bản tin có nghĩa, như ID của bản tin thì sử dụng cấu trúc lệnh:

```
MSG ID = bi2de(bytes flipped msg(1:6), 'left-msb');
Repeat indicator = bi2de(bytes flipped msg(7:8), 'left-msb');
MMSI NUMBER = bi2de(bytes flipped msg(9:38), 'left-msb');
```

Cấu trúc lệnh trên nền tảng C++:

```
for (int i = 0; i < count; i++)
parameter = 2*x + buf[i];
x = parameter;
if (word len == 6)
write output port(port Output, parameter);
cout << "message ID is" << " " << parameter << endl;
count = 2;
MSG ID = parameter;
else if ( word len == 8 )
write output port(port Output, parameter);
cout << "Repeat indicator is" << " " << parameter << endl;
count = 30;
```



Hình 2.24. Phần cứng module chuyển đổi HDLC sang AIS NMEA

2.4.4.5. Bộ thu AIS mềm được xây dựng

Hình ảnh bộ thu AIS mềm được xây dựng trên Hình 2.25 và Hình 2.26.



Hình 2.25. Mặt trước bộ thu AIS mềm



Hình 2.26. Mặt sau bộ thu AIS mềm

2.5. Kết luận chương

Chương II tiến hành xây dựng bộ thu AIS ứng dụng công nghệ vô tuyến điều khiển bằng phần mềm (SDR) trên cơ sở nghiên cứu cấu trúc bộ thu AIS và công nghệ SDR. Bộ thu AIS mềm được thiết kế, chế tạo đã tạo ra sự linh hoạt, chủ động trong thu thập, phân tích và xử lý dữ liệu AIS cho mục đích nghiên cứu, phục vụ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền, góp phần nâng cao hiệu quả trong công tác bảo đảm an toàn hàng hải.

CHƯƠNG III. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ RỦI RO ĐÂM VA KHI TÀU HÀNH TRÌNH TRÊN LUỒNG DỰA TRÊN DỮ LIỆU AIS ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Có thể nói, đâm va là nguyên nhân chủ yếu, chiếm tới khoảng 80% các vụ tai nạn hàng hải cho nên việc đánh giá được nguy cơ rủi ro đâm va khi tàu hành trình thực sự cần thiết để làm cơ sở cho việc xây dựng các biện pháp hỗ trợ hàng hải phù hợp.

Chương III đề xuất xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên cơ sở dữ liệu AIS và ứng dụng trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ, phù hợp với điều kiện hoạt động giao thông trên luồng hàng hải.

3.1. Một số phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng trong hàng hải

3.1.1. Các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng

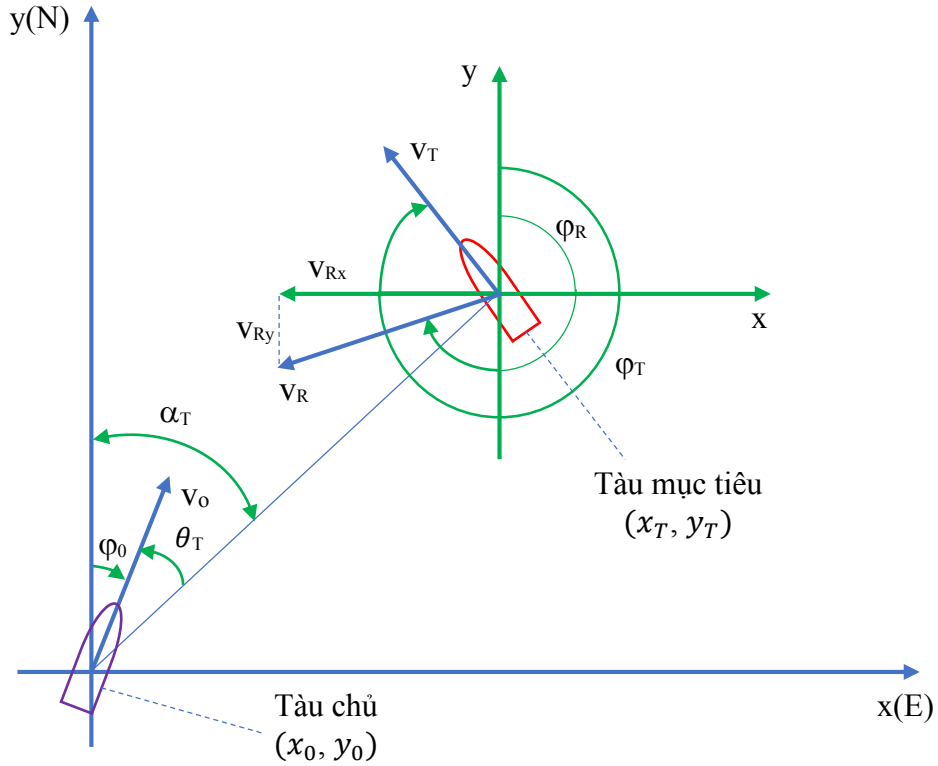
Đánh giá rủi ro đâm va là một trong những nội dung quan trọng trong hàng hải, phục vụ an toàn cho tàu thuyền khi hành trình. Các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va phổ biến được sử dụng bao gồm: Phương pháp DCPA/TCPA, phương pháp domain (miền tàu).

3.1.1.1. Phương pháp xác định DCPA/TCPA

Phương pháp DCPA/TCPA được sử dụng để đánh giá nguy cơ đâm va giữa tàu chủ với tàu mục tiêu, nhằm đảm bảo rằng hai tàu sẽ đi qua nhau với “Khoảng cách an toàn”. Khi khoảng cách nhỏ hơn một giá trị nhất định giá trị, hành động tránh va phải được thực hiện [73,74]. Trong phương pháp này, hành động tránh va nên được thực hiện trong một khoảng thời gian trước khi hai tàu đến điểm tiếp cận, bao gồm:

- DCPA: Khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất;
- TCPA: Thời gian đến điểm tiếp cận gần nhất.

Trong đó, các thông số trạng thái chuyển động của tàu mục tiêu được xác định từ hệ thống AIS. Các trạng thái chuyển động của tàu chủ và tàu mục tiêu được minh hoạ trên Hình 3.1 [74].



Hình 3.1. Trạng thái chuyển động của tàu chủ và tàu mục tiêu

Giả sử tọa độ của tàu chủ là (x_0, y_0) , vận tốc v_0 và hướng φ_0 ; tọa độ của tàu mục tiêu là (x_T, y_T) tốc độ v_T , hướng φ_T (các thông số vị trí và hướng được cung cấp bởi AIS).

Vận tốc của tàu chủ trên các trục tọa độ [74]:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \sin \varphi_0 \\ v_{0y} = v_0 \cdot \cos \varphi_0 \end{cases} \quad (3.1)$$

Vận tốc của tàu mục tiêu trên các trục tọa độ [74]:

$$\begin{cases} v_{Tx} = v_T \cdot \sin \varphi_0 \\ v_{Ty} = v_T \cdot \cos \varphi_0 \end{cases} \quad (3.2)$$

Gọi v_R là vec tơ vận tốc tương đối giữa tàu chủ và tàu mục tiêu, khi đó các thành phần của vec tơ v_R trên các trục tọa độ là [74]:

$$\begin{cases} v_{Rx} = v_{Tx} - v_{0x} \\ v_{Ry} = v_{Ty} - v_{0y} \end{cases} \quad (3.3)$$

Độ lớn của vec tơ v_R được xác định [74]:

$$v_{Rx} = \sqrt{v_{Rx}^2 + v_{Ry}^2} \quad (3.4)$$

Hướng của vec tơ v_R được xác định [74]:

$$\varphi_R = \arctan \frac{v_{Rx}}{v_{Ry}} + \alpha \quad (3.5)$$

Với α được xác định như sau [74]:

$$\alpha = \begin{cases} 0^0 & \text{nếu } v_{Rx} \geq 0, v_{Ry} \geq 0 \\ 180^0 & \text{nếu } v_{Rx} < 0, v_{Ry} < 0 \\ 180^0 & \text{nếu } v_{Rx} \geq 0, v_{Ry} < 0 \\ 360^0 & \text{nếu } v_{Rx} < 0, v_{Ry} \geq 0 \end{cases}$$

Hướng đi thực của tàu mục tiêu với tàu chủ là [73]:

$$\varphi_T = \arctan \frac{x_T - x_0}{y_T - y_0} + \beta \quad (3.6)$$

Với β được xác định như sau [74]:

$$\beta = \begin{cases} 0^0 & \text{nếu } x_T - x_0 \geq 0, y_T - y_0 \geq 0 \\ 180^0 & \text{nếu } x_T - x_0 < 0, y_T - y_0 < 0 \\ 180^0 & \text{nếu } x_T - x_0 \geq 0, y_T - y_0 < 0 \\ 360^0 & \text{nếu } x_T - x_0 < 0, y_T - y_0 \geq 0 \end{cases}$$

Khoảng cách giữa tàu chủ và tàu mục tiêu [74]:

$$R_T = \sqrt{(x_T - x_0)^2 + (y_T - y_0)^2} \quad (3.7)$$

Góc tương đối giữa tàu chủ và tàu mục tiêu [73]:

$$\theta_T = \alpha_T - \varphi_0 \quad (3.8)$$

Khi đó, các giá trị DCPA và TCPA giữa tàu chủ và tàu mục tiêu được xác định [74]:

$$DCPA = R_T \cdot \sin(\varphi_R - \alpha_T - \pi) \quad (3.9)$$

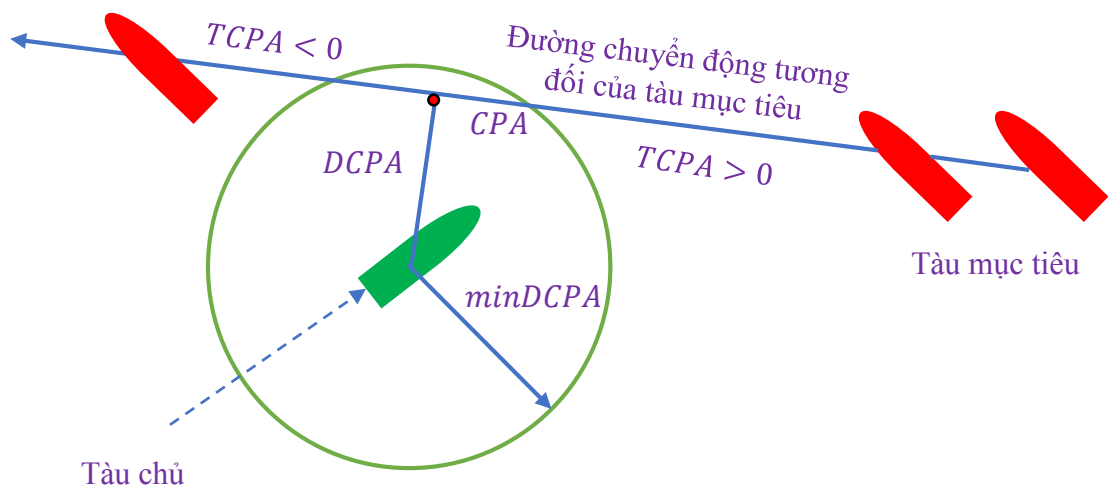
$$TCPA = R_T \cdot \cos(\varphi_R - \alpha_T - \pi) / v_R \quad (3.10)$$

TCPA mang giá trị dương tức là tàu mục tiêu chưa đến điểm tiếp cận gần nhất và ngược lại tàu mục tiêu đã đi qua điểm tiếp cận gần nhất. Nguy cơ đâm va giữa hai tàu được coi là tồn tại nếu [10]:

$$\begin{cases} DCPA < \min DCPA \\ TCPA > 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

Trong đó, giá trị $\min DCPA$ được coi là giới hạn an toàn của tàu, nghĩa là nếu vết di chuyển tương đối của tàu mục tiêu đi vào vùng này sẽ có nguy cơ đâm va.

Hình 3.2 biểu diễn cách đánh giá nguy cơ đâm va sử dụng phương pháp DCPA/TCPA [10].



Hình 3.2. Đánh giá nguy cơ đâm va sử dụng phương pháp DCPA/TCPA

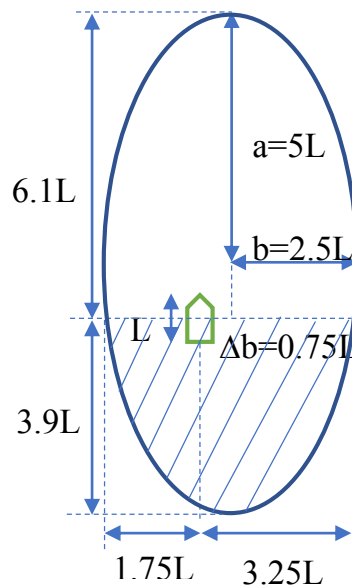
3.1.1.2. Phương pháp domain (Miền tàu)

Miền tàu là một thuật ngữ được sử dụng tương đối rộng rãi trong tránh va, được định nghĩa là khu vực hai chiều bao quanh một con tàu mà các tàu khác phải tránh - khu vực này có thể được coi là khu vực tránh va [75].

Miền tàu có thể có hình dạng bất kỳ, ví dụ hình tròn, elip... tùy thuộc vào kích thước của tàu, đặc điểm địa lý của khu vực tàu hành hải, đáp ứng đủ không gian bao quanh tàu, không cho phép tàu khác xâm phạm [75-78]. Trong các nghiên cứu về miền tàu thường sử dụng miền tàu hình elip, với bán kính các trục lớn và trục nhỏ lần lượt là a và b [75].

Miền tàu được xác định theo kích thước các trục so với chiều dài của tàu, trong các tình huống giao thông. Các tình huống xảy ra va chạm thường là đối hướng, vượt qua. Trong đó, nguy cơ đâm va chủ yếu xảy ra ở khu vực phía mũi tàu nên các kích thước của hình elip cũng được điều chỉnh cho phù hợp, thường phía mũi tàu sẽ dài hơn so với phía sau và tỷ lệ với chiều dài L của tàu.

Hình 3.3 minh họa kích thước miền tàu trong trường hợp vượt qua [75].

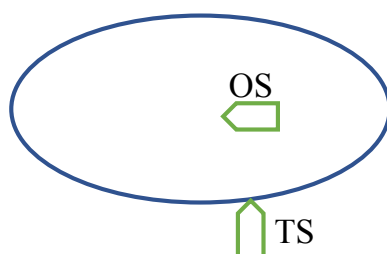


Hình 3.3. Kích thước miền tàu trong trường hợp vượt qua nhau

- Đối với tình huống vượt qua: bán trục lớn là 6L, bán trục nhỏ là 1.75L.
- Đối với tình huống đối hướng và cắt hướng: bán trục lớn là 5L, bán trục nhỏ là 2.5L.

Trong phương pháp này, nếu miền tàu không bị xâm phạm bởi tàu khác thì không có nguy cơ xảy ra va chạm giữa hai tàu. Nếu ký hiệu tàu chủ là OS và tàu mục tiêu là TS, khi đó sẽ không xảy ra đâm va giữa OS và TS trong các tình huống dưới đây [75].

Trường hợp thứ nhất: Miền tàu của tàu chủ không bị xâm phạm bởi tàu mục tiêu như minh hoạ trên Hình 3.4.



Hình 3.4. Miền tàu của tàu OS không bị xâm phạm bởi tàu TS

Hình 3.4 cho thấy tàu TS chưa xâm phạm tới miền tàu của tàu OS, nghĩa là tàu OS vẫn nằm trong khu vực an toàn và như vậy không bị va chạm bởi tàu TS.

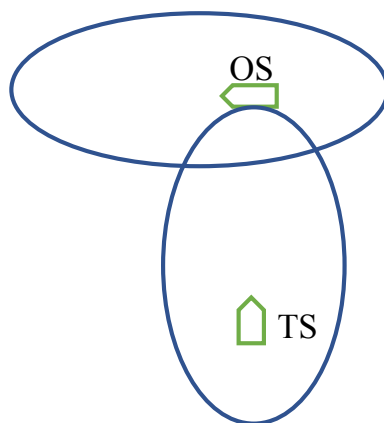
Trường hợp thứ hai: Miền tàu của tàu mục tiêu không bị xâm phạm bởi tàu chủ như minh hoạ trên Hình 3.5.



Hình 3.5. Miền tàu của tàu TS không bị xâm phạm bởi chính tàu OS

Hình 3.5 cho thấy tàu OS chưa xâm phạm tới miền tàu của tàu TS, nghĩa là tàu TS vẫn nằm trong khu vực an toàn và như vậy không xảy ra va chạm giữa hai tàu.

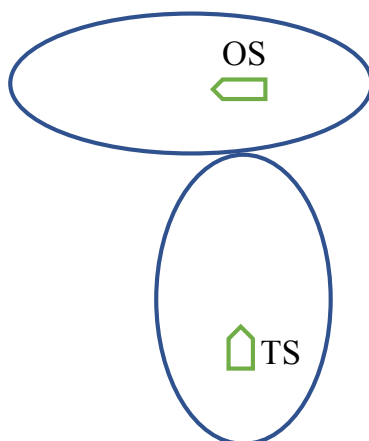
Trường hợp thứ ba: Không một tàu nào bị vi phạm miền tàu, được minh họa trên Hình 3.6.



Hình 3.6. Không tàu nào bị vi phạm miền tàu

Hình 3.6 cho thấy cả hai tàu TS và OS đều không xâm phạm miền tàu của nhau, nghĩa là cả hai tàu đều nằm trong khu vực an toàn và như vậy không xảy ra va chạm giữa hai tàu.

Trường hợp thứ tư: Các miền tàu không chồng lấn lên nhau như minh họa trên Hình 3.7.



Hình 3.7. Các miền tàu không chồng lấn lên nhau

Hình 3.7 cho thấy các miền tàu của cả hai tàu không chồng lên nhau. Khoảng cách hiệu quả sẽ là tổng của khoảng cách do mỗi miền và như vậy không xảy ra va chạm giữa hai tàu.

3.1.2. Một số hạn chế của các phương pháp hiện có khi áp dụng trên luồng hàng hải

Một số phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng được trình bày ở trên đều có những ưu, nhược điểm nhất định, tuy nhiên nếu sử dụng các phương pháp này trong đánh giá rủi ro va chạm khi tàu hành trình trên luồng còn có một số hạn chế, chưa phù hợp. Chẳng hạn, phương pháp tính DCPA /TCPA là phương pháp xác định nguy cơ đâm va cho tàu biển, tại đó hai tàu chuyển động thẳng trong không gian rộng cho nên phương pháp này không phù hợp cho tính toán rủi ro va chạm trên luồng vì thực tế trên luồng luôn có sự thay đổi về hướng luồng nên các tàu đương nhiên không giữ hướng trong khi điều động tàu. Hơn nữa, do các tàu di chuyển trên luồng rất gần nhau, việc xác định theo DCPA và TCPA thực tế không hiệu quả.

Phương pháp miền tàu chỉ xác định miền không gian giữa hai tàu để không chồng lấn lên nhau nên phương pháp này tương đối phù hợp hơn với các khu vực biển hở, không gian rộng để không có sự dịch miền tàu. Do đó, cũng giống với phương pháp DCPA/TCPA, trong trường hợp các tàu di chuyển trên luồng, đặc biệt các khu vực có giao cắt hay luồng hẹp thì không đủ không gian cho hai tàu và khi đó nếu áp dụng phương pháp này thì luôn xảy ra nguy cơ va chạm nên không khả thi.

Đồng thời, có thể thấy các phương pháp này đều không xét đến trường hợp sau khi tàu vừa vượt qua một tàu liền xuất hiện nguy cơ đâm va với tàu chuyển động ngay sau với tàu vừa vượt qua cũng như một số các yếu tố tác động đến chuyển động của tàu. Hơn nữa, đặc trưng của giao thông trên luồng là mật độ đông, đa dạng về chủng loại phương tiện vào ra như tàu cá,

tàu hàng, phương tiện thủy nội địa... cũng như sự hỗn tạp trong chuyển động của các phương tiện với sự phức tạp trong các tình huống giao thông (đổi hướng, cắt hướng, vượt qua...) cũng như sự khó khăn trong điều động tàu. Mặt khác, việc điều động tàu trên luồng còn liên quan đến các thông số của luồng như độ rộng của luồng thiết kế cũng như độ rộng còn lại luồng khi tàu hành hải, độ phức tạp của từng đoạn luồng khác nhau (độ cong, khúc cua, ngã ba, ngã tư, điểm cạn...) cho nên trong đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng phải xét đến các yếu tố đặc trưng về luồng và giao thông trên luồng, vốn không được đề cập trong cả hai phương pháp. Hơn nữa, các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va trên luồng đều không xét đến các yếu tố ngoại cảnh tác động như gió, dòng chảy... là những yếu tố tiềm ẩn nguy cơ, rủi ro đâm va trên luồng. Vì vậy thực hiện đề xuất xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va phù hợp hơn cho luồng hàng hải.

3.2. Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải ứng dụng trí tuệ nhân tạo

3.2.1. Các thông số đầu vào và đầu ra của mô hình

3.2.1.1. Các thông số đầu vào

Như đã phân tích, các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va thông dụng kể trên còn có hạn chế nhất định đối với trường hợp tàu hành trình trên luồng. Chính vì vậy, cần tiến hành xây dựng mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng phù hợp hơn so với các phương pháp hiện có.

Mô hình được xây dựng phải có hiệu quả trong đánh giá rủi ro đâm va trên luồng, khắc phục các hạn chế trong đánh giá trên luồng được thực hiện bởi các phương pháp thông dụng đồng nghĩa với việc phải đảm bảo đánh giá được rủi ro đâm va trong tình huống tàu vừa vượt qua một tàu liền xuất hiện nguy cơ đâm va với tàu kế tiếp ...; phải xét đến tác động của các yếu tố môi trường như

gió, dòng chảy cũng như các thông số đặc trưng của luồng hàng hải có ảnh hưởng đến mức độ nguy cơ đâm va ...

Vì vậy, mô hình được đề xuất được xác định bao gồm các thông số đầu vào:

- Tốc độ tàu chủ;
- Chiều dài tàu chủ;
- Chiều dài tàu mục tiêu;
- Khoảng cách tới tàu kế tiếp;
- Độ rộng của luồng;
- Độ phức tạp của luồng;
- Gió;
- Dòng.

Trong đó:

- Các thông số tốc độ tàu chủ; chiều dài tàu chủ; chiều dài tàu mục tiêu là các thông số động và tĩnh của các tàu thuyền hoạt động trên luồng, trong khu vực đang quản lý, giám sát. Các thông số này được xác định từ việc thu thập, xử lý dữ liệu AIS từ các AIS đài tàu.

- Thông số khoảng cách tới tàu kế tiếp là thông số được xác định từ việc thu thập, xử lý dữ liệu AIS, sau đó tính toán khoảng cách từ tàu được lựa chọn giám sát, theo dõi đến tàu mục tiêu tiếp theo.

- Các thông số độ rộng luồng và độ phức tạp của luồng là các thông số đặc trưng cho ảnh hưởng của luồng hàng hải đối với hoạt động của tàu thuyền. Trong đó, thông số độ rộng luồng là thông số thiết kế của luồng, được cung cấp bởi các đơn vị có liên quan. Thông số độ rộng luồng được lựa chọn đưa vào mô hình là bởi độ rộng luồng khác nhau trong tình huống

giao thông thực tế, chẳng hạn khi tàu di chuyển qua các đoạn ngã ba, ngã tư ... thì mức độ nguy hiểm tăng lên. Thông số độ phức tạp của luồng được lấy theo phương pháp hỏi ý kiến chuyên gia có kinh nghiệm về đặc điểm của từng đoạn luồng trên tuyến trong thực tế và mức độ phụ thuộc cách đánh giá của các chuyên gia. Thông số độ phức tạp của luồng có giá trị từ 1 đến 5, tương ứng với các mức độ tăng dần từ mức 1 (với luồng thẳng, không có khúc cua, một chiều...) đến mức 5 (luồng là khu vực giao nhau của các tuyến như ngã ba, ngã tư, khúc cua... mà có mật độ giao thông đông đúc...).

Việc đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng được thực hiện trên từng phân đoạn của luồng, căn cứ vào đặc điểm đặc trưng của từng phân đoạn luồng nhằm xác định mức độ nguy cơ rủi ro cho từng phân đoạn.

- Các thông số gió và dòng là các thông số đặc trưng cho tác động của ngoại cảnh đến hoạt động của các tàu thuyền trên luồng. Các thông số này được thu thập từ các thiết bị đo đạc thực tế trên luồng.

Như vậy, các thông số đầu vào của mô hình chính là dữ liệu AIS được thu thập và xử lý cùng với các thông số đặc trưng cho luồng, cũng như các ảnh hưởng của ngoại cảnh tác động đến hoạt động của các tàu thuyền.

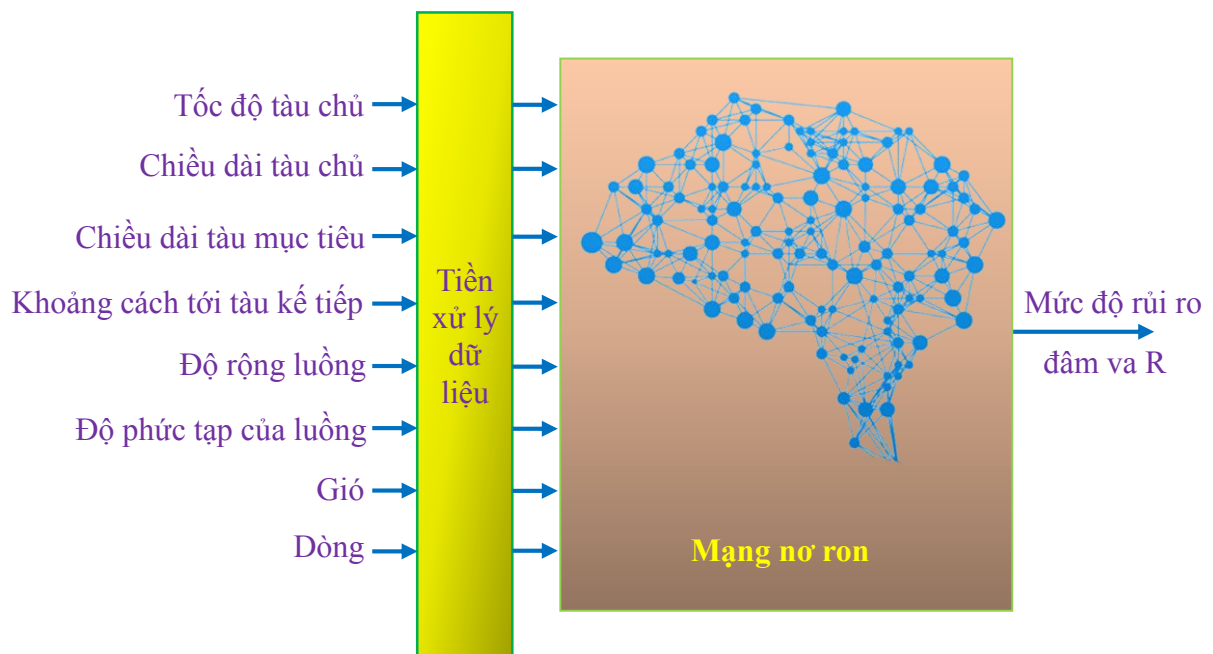
3.2.1.2. Các thông số đầu ra

Đầu ra của mô hình là tín hiệu R, với giá trị của $R = 1 \div 5$, thể hiện mức độ nguy cơ rủi ro đâm va, cụ thể:

- Nếu $R = 1$ tương ứng với mức độ “An toàn”;
- Nếu $R = 2$ tương ứng với mức độ “Khá an toàn”;
- Nếu $R = 3$ tương ứng với mức độ “Nguy cơ mất an toàn”;
- Nếu $R = 4$ tương ứng với mức độ “Tương đối nguy hiểm”;
- Nếu $R = 5$ tương ứng với mức độ “Nguy hiểm”.

3.2.2. Đề xuất mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải ứng dụng trí tuệ nhân tạo

Các dữ liệu đầu vào của mô hình đề xuất có đặc điểm chung là đều có dạng phi tuyến, nghĩa là các đáp ứng theo kích thích có khả năng thay đổi theo thời gian cho nên mô hình phù hợp để đánh giá rủi ro đâm va và tàu thuyền trên luồng được lựa chọn sử dụng mạng nơ ron bởi đặc tính của mạng nơ ron là một hệ có tính phi tuyến mạnh [16]. Chính vì vậy, trong mô hình đánh giá rủi ro đâm va và tàu thuyền trên luồng được đề xuất lựa chọn sử dụng mạng nơ ron.



Hình 3.8. Mô hình đánh giá rủi ro đâm va trên luồng ứng dụng mạng nơ ron được đề xuất

Với các dữ liệu vào ở dạng phi tuyến nên lựa chọn mạng nơ ron truyền thẳng nhiều lớp để có thể giải bài toán không khả phân tuyến tính. Thuật toán huấn luyện mạng truyền thẳng nhiều lớp là thuật toán *lan truyền ngược* [16].

Các trọng số của mô hình được khởi tạo từ các giá trị ngẫu nhiên nhỏ và được cập nhật dựa trên lỗi dự đoán trong quá trình huấn luyện cho nên các dữ liệu đầu vào của mô hình được xây dựng trước hết cần được đưa vào khối tiền xử lý dữ liệu để chuẩn hoá dữ liệu sử dụng kỹ thuật normalization nhằm đạt được phân phối chuẩn cho dữ liệu giúp mô hình học được tốt hơn và đưa ra dự đoán chính xác, sát với kết quả mong muốn hơn.

Dữ liệu sau khi được tiền xử lý sẽ được đưa tới mạng nơ ron cho nên mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng được xây dựng bao gồm khối tiền xử lý và mạng nơ ron như thể hiện trên Hình 3.8.

3.2.2.1. Mô hình mạng nơ ron đánh giá rủi ro đâm va

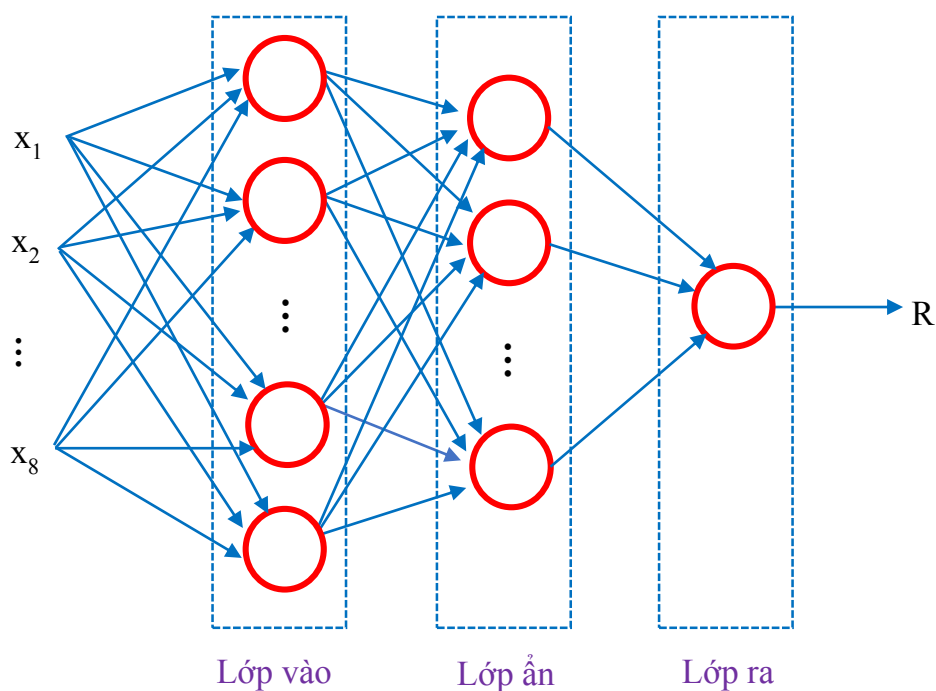
Mạng nơ ron được lựa chọn là mạng truyền thẳng nhiều lớp, là mạng truyền thẳng bao gồm từ ba lớp tế bào thần kinh xử lý trở lên. Lớp tế bào thần kinh nối với ngõ vào gọi là lớp vào, lớp tế bào thần kinh nối với ngõ ra gọi là lớp ra, các lớp tế bào thần kinh không nối trực tiếp với ngõ vào và ngõ ra gọi là các lớp ẩn (còn gọi là lớp trung gian). Thông thường, lớp vào không thực hiện các phép toán xử lý, chỉ có các lớp ẩn thực hiện xử lý thông tin. Đầu ra của các nơ ron lớp ẩn được đưa đến các nơ ron của lớp đầu ra.

Mặc dù số lớp ẩn có thể nhiều hơn một lớp nhưng đối với phần lớn các bài toán cụ thể, chỉ cần sử dụng một lớp ẩn cho mạng là đủ. Các bài toán sử dụng hai lớp ẩn hiếm khi xảy ra trong thực tế bởi vì khi sử dụng một lớp ẩn sẽ cho hiệu năng tốt hơn, trong khi đó việc huấn luyện mạng sẽ rất chậm khi số lớp ẩn càng lớn [83].

Do đó, cấu trúc mạng nơ ron nhân tạo được lựa chọn chỉ bao gồm ba lớp là lớp đầu vào, lớp trung gian và lớp đầu ra.

Các tín hiệu đầu vào x_j ($j = 1 \div 8$), tương ứng với gồm 08 thông số đầu vào (tốc độ tàu chủ, chiều dài tàu chủ, chiều dài tàu mục tiêu, khoảng cách

tới tàu kế tiếp, độ rộng của luồng, độ phức tạp của luồng, gió, dòng) được nối với các nơ ron của lớp vào. Tín hiệu đầu ra chỉ có R nên lớp ra của mạng nơ ron chỉ có một nơ ron. Do đó, mạng nơ ron được đề xuất có cấu trúc thể hiện trên Hình 3.9.



Hình 3.9. Cấu trúc mạng nơ ron được đề xuất

Với vai trò là lớp xử lý thông tin, số lượng tế bào thần kinh ở lớp ẩn ảnh hưởng rất lớn đến tính hội tụ của thuật toán lan truyền ngược và chất lượng của mạng. Thông thường số lượng tế bào thần kinh ở lớp ẩn được chọn dựa vào kinh nghiệm và nên bắt đầu với mạng có ít tế bào ở lớp ẩn, nếu thuật toán không hội tụ thì tăng dần số tế bào đến khi thuật toán hội tụ [16].

Trên thực tế cách lựa chọn số nơ ron của lớp ẩn sẽ nằm trong khoảng số nơ ron lớp vào và lớp ra; hoặc bằng $2/3$ số nơ ron của các lớp đầu vào và đầu ra [83]. Do đó, mặc dù lớp vào không thực hiện các phép toán xử lý nhưng vì số nơ ron của lớp ẩn nên được chọn theo số nơ ron của lớp vào, do đó,

để có thể xác định được số nơ ron của lớp ẩn thích hợp, lựa chọn số nơ ron của lớp vào là 15 nơ ron. Như vậy, cấu trúc mạng nơ ron được đề xuất là mạng nơ ron truyền thẳng gồm ba lớp: Lớp đầu vào gồm 15 nơ ron; Lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron; Lớp ẩn sẽ gồm các nơ ron được lựa chọn tăng dần và theo kinh nghiệm sẽ chọn lớp ẩn bắt đầu có 5 nơ ron, sau đó tăng dần số nơ ron lên từ 5 đến 10 nơ ron.

3.2.2.2. Huấn luyện mạng nơ ron tính toán nguy cơ đâm va

Mạng nơ ron khi mới hình thành còn chưa có tri thức và được hình thành dần sau một quá trình học. Mục đích của quá trình luyện mạng nơ ron là tạo ra một tri thức cho mạng thông qua rèn luyện. Khi đã hình thành tri thức, mạng có thể giải quyết các vấn đề cụ thể một cách đúng đắn dựa trên sự tổ chức hợp nhất giữa các thông tin đầu vào của mạng và các đáp ứng đầu ra. Chính vì vậy, trên cơ sở cấu trúc mạng nơ ron được đề xuất, thực hiện huấn luyện cho mạng để tính toán nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng.

a. Thuật toán lan truyền ngược

Thuật toán lan truyền ngược được bắt đầu với việc truyền mẫu dữ liệu từ đầu vào vào đến đầu ra. Kết quả của việc truyền dữ liệu theo hướng thuận là tạo ra tín hiệu ở đầu ra của mạng. Sau đó sai số là sai lệch giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra được truyền ngược từ lớp ra trở về lớp trước đó để cập nhật trọng số của mạng. Do thuật toán huấn luyện mạng truyền thẳng là thuật toán lan truyền ngược nên mạng này còn được gọi là mạng lan truyền ngược [16].

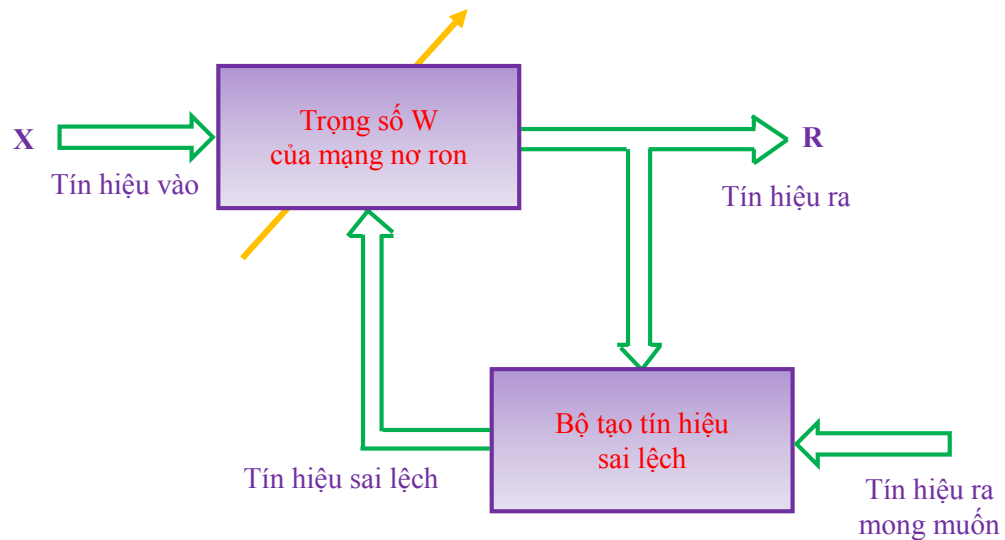
Dữ liệu đưa vào huấn luyện mạng nơ ron là các dữ liệu mong muốn, và dữ liệu đầu ra cũng là các dữ liệu mong muốn. Đây là các dữ liệu được thực hiện theo phương pháp chuyên gia, do đó, để cập nhật trọng số của các thông số theo các dữ liệu mong muốn thì phương pháp luyện mạng phù hợp là phương pháp học có giám sát.

Sơ đồ khối của phương pháp luyện mạng nơ ron theo phương pháp học có giám sát được mô tả trên Hình 3.10 [16].

Dữ liệu đưa vào luyện mạng gồm các mẫu $X(k)$

$$\{X(1), D(1); X(2), D(2); \dots; X(K), D(K)\} \quad (3.12)$$

Ban đầu các trọng số của mạng được khởi động giá trị bất kỳ. Lần lượt từng dữ liệu vào $X(k)$ được đưa vào các ngõ vào của mạng, mạng nơ ron tính được dữ liệu ở ngõ ra là $R(k)$. Dữ liệu ra $R(k)$ được so sánh với dữ liệu ra mong muốn $D(k)$. Sai số $E(k)=D(k) - R(k)$ được sử dụng để cập nhật trọng số W của mạng.



Hình 3.10. Phương pháp luyện mạng có giám sát

Với phương pháp học có giám sát, véc tơ trọng số của tế bào thần kinh thay đổi theo quy luật [16]:

$$W_i(k + 1) = W_i(k) + \Delta W_i(k) \quad (3.13)$$

Trong đó $\Delta W_i(k)$ là biến thiên của véc tơ trọng số tại bước lặp thứ k:

$$\Delta W_i(k) = \eta r X(k) \quad (3.14)$$

Trong đó, η là một số dương quyết định tốc độ học, gọi là hằng số học;

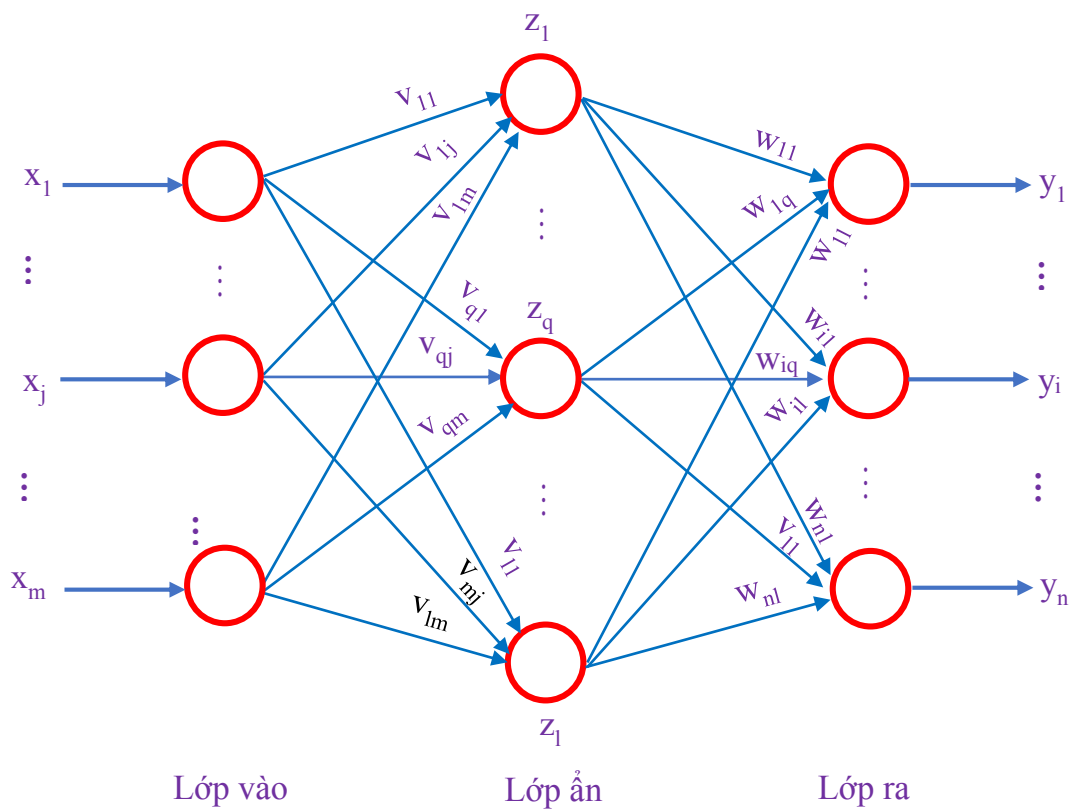
r là tín hiệu học, trong trường hợp tổng quát là hàm của W_i , $X(k)$ và tín hiệu mong muốn d_i [16]:

$$r = f_r(W_i(k), X(k), d_i) \quad (3.15)$$

Kết hợp (3.14) và (3.15) thu được:

$$W_i(k + 1) = W_i(k) + \eta r X(k) \quad (3.16)$$

Đối với mạng nơ ron có cấu trúc ba lớp, với ký hiệu trọng số của nơ ron thứ q của lớp ẩn là v_{qj} , trọng số của nơ ron thứ i ở lớp ra là w_{iq} , gọi hàm tác động của các tế bào ở lớp ẩn là $a_h(\cdot)$, của lớp ra là $a_o(\cdot)$, phương pháp luyện mạng có giám sát được thể hiện như trên Hình 3.11 [16].



Hình 3.11. Mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp

Tổng trọng số của các tín hiệu vào nơ ron thứ q ở lớp ẩn là [16]:

$$net_q = \sum_{j=1}^m v_{qj} x_j \quad (3.17)$$

Tín hiệu ra của nơ ron thứ q ở lớp ẩn là [14]:

$$z_q = a_h(net_q) = a_h\left(\sum_{j=1}^m v_{qj} x_j\right) \quad (3.18)$$

Tổng trọng số của các tín hiệu vào nơ ron thứ i ở lớp ra là [16]:

$$net_i = \sum_{q=1}^l w_{iq} z_q = \sum_{q=1}^l w_{iq} a_h(net_q) = \sum_{q=1}^l w_{iq} a_h\left(\sum_{j=1}^m v_{qj} x_j\right) \quad (3.19)$$

Tín hiệu ra của nơ ron thứ i ở lớp ra là [16]:

$$\begin{aligned} y_i &= a_0(net_i) = a_0\left(\sum_{q=1}^l w_{iq} z_q\right) = a_0\left(\sum_{q=1}^l w_{iq} a_h(net_q)\right) = \\ &= a_0\left(\sum_{q=1}^l w_{iq} a_h\left(\sum_{j=1}^m v_{qj} x_j\right)\right) \end{aligned} \quad (3.20)$$

Trong đó, tập dữ liệu huấn luyện mạng gồm K mẫu $(\mathbf{X}(k), \mathbf{D}(k))$, với $k = 1 \div K$. Tiêu chuẩn để huấn luyện mạng là làm tối thiểu sai số [16]:

$$\begin{aligned} E(w, v) &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (d_i - y_i)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [d_i - a_0(net_i)]^2 = \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [d_i - a_0\left(\sum_{q=1}^l w_{iq} z_q\right)]^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [d_i - a_0\left(\sum_{q=1}^l w_{iq} a_h(net_q)\right)]^2 \end{aligned} \quad (3.21)$$

Áp dụng thuật toán suy giảm độ dốc [83], trọng số của lớp ra được cập nhật [16,83]:

$$w_{iq}(k+1) = w_{iq}(k) - \eta \frac{\partial E(k)}{\partial w_{iq}} \quad (3.22)$$

$$\frac{\partial E(k)}{\partial w_{iq}} = \left[\frac{\partial E(k)}{\partial y_i} \right] \left[\frac{\partial y_i}{\partial net_i} \right] \left[\frac{\partial net_i}{\partial w_{iq}} \right] = -[d_i(k) - y_i(k)] [a'_0(net_i(k))] [z_q(k)] \quad (3.23)$$

Đặt:

$$\delta_{oi}(k) = -\frac{\partial E(k)}{\partial net_i} = -\left[\frac{\partial E(k)}{\partial y_i} \right] \left[\frac{\partial y_i}{\partial net_i} \right] = [d_i(k) - y_i(k)] [a'_0(net_i(k))] \quad (3.24)$$

Thay (3.23) và (3.24) vào (3.22) [16]:

$$w_{iq}(k+1) = w_{iq}(k) + \eta \delta_{oi}(k) z_q(k) \quad (3.25)$$

Trọng số của lớp ẩn được cập nhật theo công thức (3.26) [16]:

$$v_{qj}(k+1) = v_{qj}(k) - \eta \frac{\partial E(k)}{\partial v_{qj}} \quad (3.26)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial E(k)}{\partial v_{qj}} &= \left[\frac{\partial E(k)}{\partial z_q} \right] \left[\frac{\partial z_q}{\partial \text{net}_q} \right] \left[\frac{\partial \text{net}_q}{\partial v_{qj}} \right] = \\ &= \left[-\sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k)) a'_0(\text{net}_i(k)) w_{iq}(k) \right] \left[a'_h(\text{net}_q(k)) \right] \left[x_j(k) \right] \end{aligned} \quad (3.27)$$

Đặt:

$$\delta_{hq}(k) = -\frac{\partial E(k)}{\partial \text{net}_q} = -\left[\frac{\partial E(k)}{\partial z_q} \right] \left[\frac{\partial z_q}{\partial \text{net}_q} \right] = \quad (3.28)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k)) a'_0(\text{net}_i(k)) w_{iq}(k) \right] \left[a'_h(\text{net}_q(k)) \right]$$

Thay $\delta_{hq}(k)$ từ (3.28), kết hợp (3.25), (3.26) và (3.27) ta được [16]:

$$v_{qj}(k+1) = v_{qj}(k) + \eta \delta_{hq}(k) x_j(k) \quad (3.29)$$

b. Huấn luyện mạng nơ ron

Trên cơ sở thuật toán lan truyền ngược, tiến hành huấn luyện mạng nơ ron được đề xuất, bắt đầu với số nơ ron của lớp ẩn là 5 (và khi luyện xong tiếp tục tăng số lượng nơ ron của lớp ẩn lên dần tới 10 nơ ron) với tập dữ liệu huấn luyện mạng gồm 1000 mẫu $(\mathbf{X}(k), \mathbf{D}(k))$, trong đó $k = 1 \div 1000$.

Trước hết, chọn tốc độ học $\eta > 0$, chọn sai số cực đại $E_{\max} = 10^{-4}$. Đồng thời, do mạng nơ ron được đề xuất có cấu trúc nhiều lớp và dữ liệu đầu vào ở dạng phi tuyến với một số dữ liệu được lấy theo phương pháp ý kiến chuyên gia nên sẽ tồn tại sai số nên khó dự đoán được điểm hội tụ của mạng cho nên để thực hiện huấn luyện mạng nơ ron được đề xuất lựa chọn số bước lặp lớn, ở đây là 10000 chu kỳ.

Tiếp theo, thực hiện khởi động; gán sai số $E = 0$; gán biến chạy $k = 1$:
Gán các trọng số $W_i(k)$ bằng các giá trị ngẫu nhiên nhỏ bất kỳ.

Sau đó, truyền thuật dữ liệu (tính đầu ra của mạng với tín hiệu vào $\mathbf{X}(k)$):

Đối với lớp ẩn:

$$net_q(k) = \sum_{j=1}^{15} v_{qj}(k)x_j(k) \quad q = \overline{1,5} \quad (3.30)$$

$$z_q(k) = a_h(net_q(k)) \quad q = \overline{1,5} \quad (3.31)$$

Đối với lớp ra:

$$net_i(k) = \sum_{q=1}^5 w_{iq}(k)z_q(k) \quad (3.32)$$

$$R(k) = a_0(net_i(k)) \quad (3.33)$$

Sau khi truyền thuật dữ liệu, tiến hành thực hiện lan truyền ngược sai số (cập nhật trọng số của mạng) như sau:

Đối với lớp ra:

$$\delta_{oi}(k) = [d_i(k) - R(k)][a'_0(net_i(k))] \quad (3.34)$$

$$w_{iq}(k+1) = w_{iq}(k) + \eta \delta_{oi}(k)z_q(k) \quad q = \overline{1,5} \quad (3.35)$$

Đối với lớp ẩn:

$$\delta_{hq}(k) = \left| \sum_{i=1}^n \delta_{oi}(k) w_{iq}(k) a'_h(net_q(k)) \right| \quad q = \overline{1,5} \quad (3.36)$$

$$v_{iq}(k+1) = v_{qj}(k) + \eta \delta_{hq}(k)x_j(k) \quad j = \overline{1,8}, q = \overline{1,5} \quad (3.37)$$

Sau khi cập nhật trọng số của mạng xong, thực hiện tính sai số tích lũy:

$$E = E + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k))^2 \quad (3.38)$$

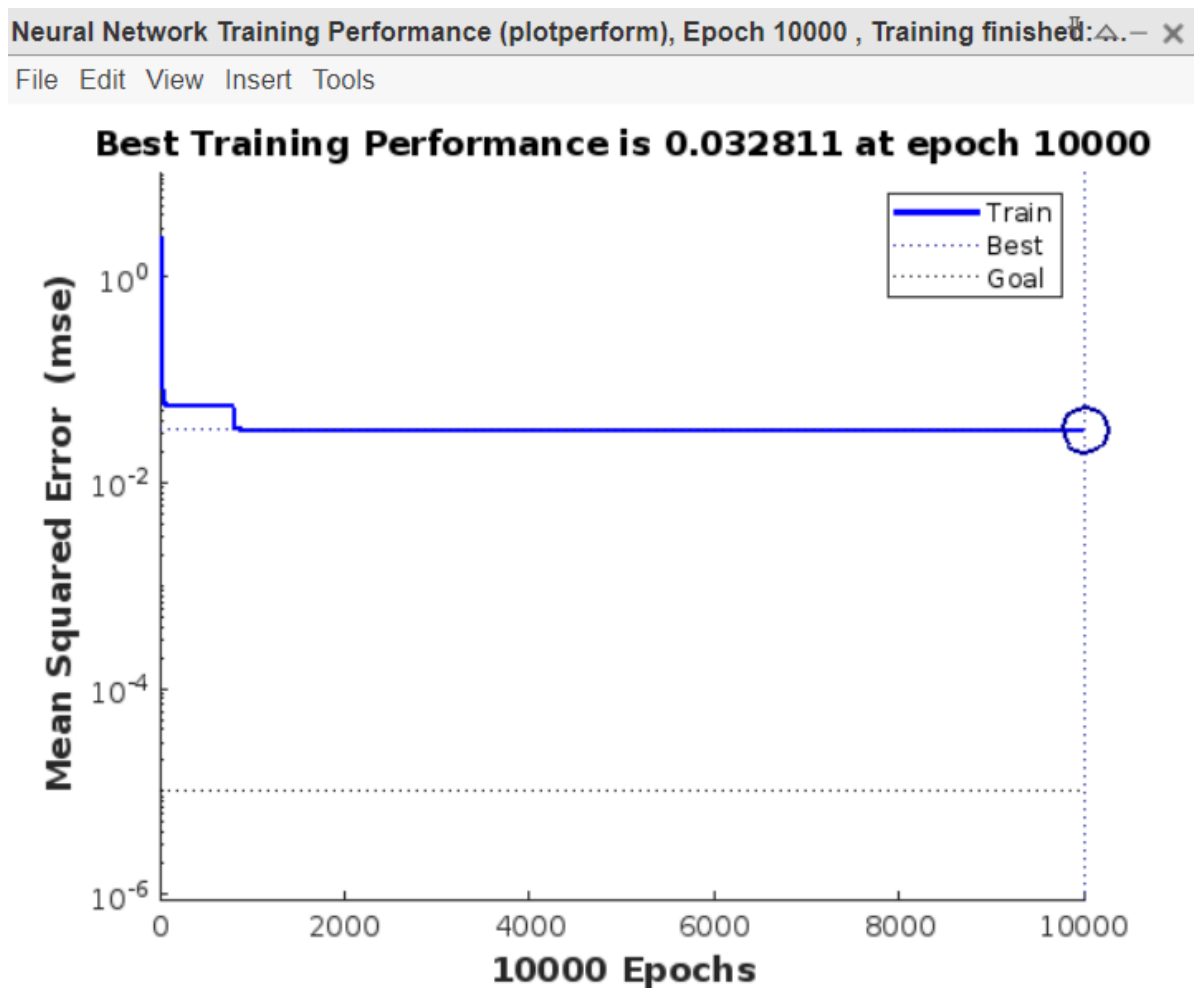
Nếu $k < K$ thì gán $k = k + 1$ và trở lại truyền thuật dữ liệu.

Ngược lại, nếu $k > K$ thì tiếp tục xét đến:

- Nếu $E < E_{max}$ thì kết thúc quá trình học.
- Nếu $E \geq E_{max}$ thì gán $E = 0, k = 1$ và trở lại truyền thuật dữ liệu để bắt đầu một chu kỳ huấn luyện mới; như vậy là kết thúc một chu kỳ huấn luyện.

3.2.2.3. Một số kết quả thử nghiệm

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc truyền thẳng ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 5 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron trên Hình 3.12.

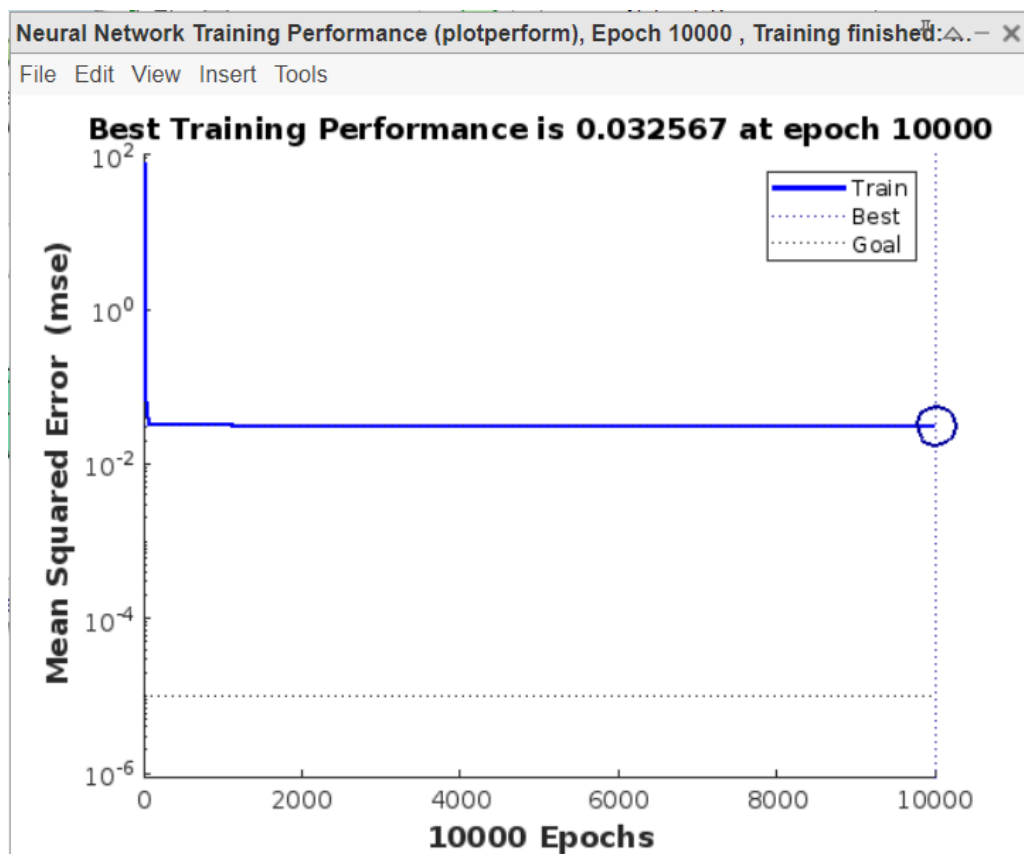


Hình 3.12. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 5 nơ ron

Hình 3.12 cho thấy đối với 5 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất với giá trị sai số là $3,28 \cdot 10^{-2}$ và quá trình luyện mạng kết thúc tại chu kỳ thứ 10.000.

Tiếp tục thực hiện luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp ở trên với số lượng nơ ron lớp ẩn tăng thêm 1 nơ ron thành 6, tương ứng biến q (trong thuật toán luyện mạng nơ ron được sử dụng cho mạng có 5 nơ ron lớp ẩn) tăng thêm 1 đơn vị, nghĩa là $q = \overline{1,6}$.

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 6 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron được thể hiện trên Hình 3.13.

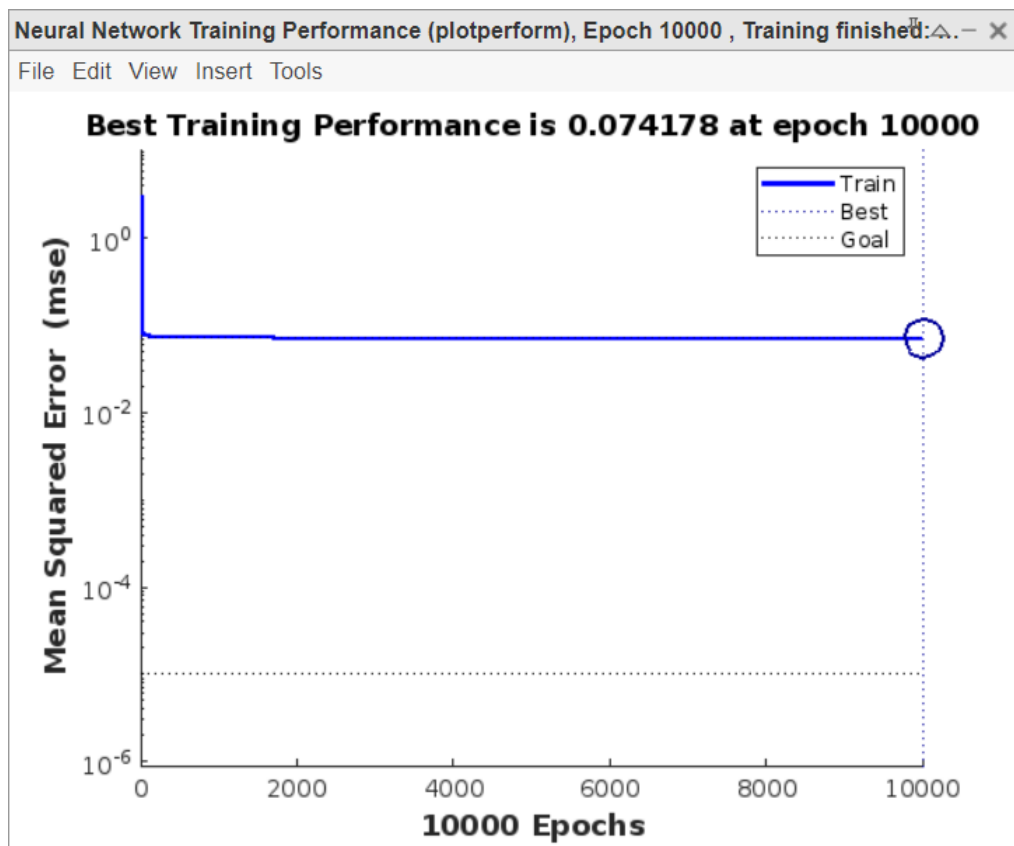


Hình 3.13. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 6 nơ ron

Hình 3.13 cho thấy với cấu trúc mạng nơ ron có 6 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất có sai số là $3,25 \cdot 10^{-2}$ và kết thúc tại chu kỳ luyện mạng thứ 10.000.

Tiếp tục thực hiện luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp ở trên với số lượng nơ ron lớp ẩn tăng tiếp thêm 1 nơ ron thành 7, tương ứng biến q (trong thuật toán luyện mạng nơ ron được sử dụng cho mạng có 6 nơ ron lớp ẩn) tăng thêm 1 đơn vị, nghĩa là $q = \overline{1,7}$.

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 7 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron được thể hiện trên Hình 3.14.

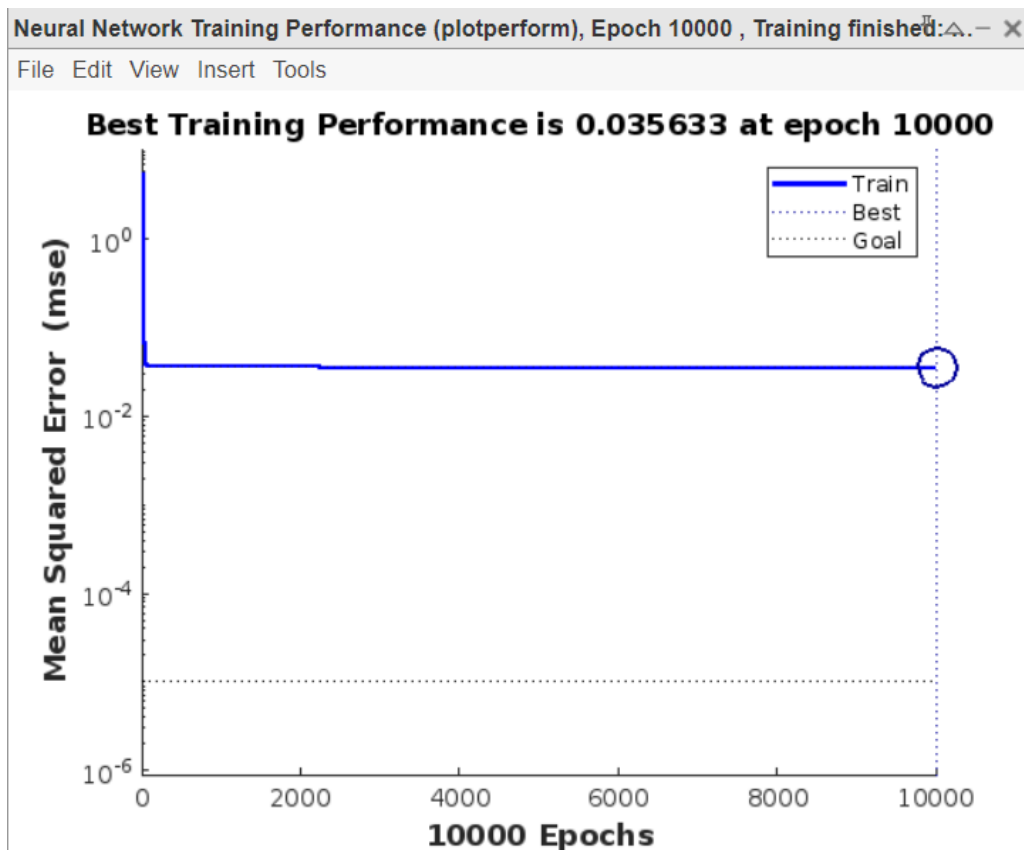


Hình 3.14. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 7 nơ ron

Hình 3.14 cho thấy với cấu trúc mạng nơ ron có 7 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất có sai số là $7,41.10^{-2}$ và kết thúc tại chu kỳ luyện mạng thứ 10.000.

Tiếp tục thực hiện luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp ở trên với số lượng nơ ron lớp ẩn tăng tiếp thêm 1 nơ ron thành 8, tương ứng biến q (trong thuật toán luyện mạng nơ ron được sử dụng cho mạng có 7 nơ ron lớp ẩn) tăng thêm 1 đơn vị, nghĩa là $q = \overline{1,8}$.

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 8 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron được thể hiện trên Hình 3.15.

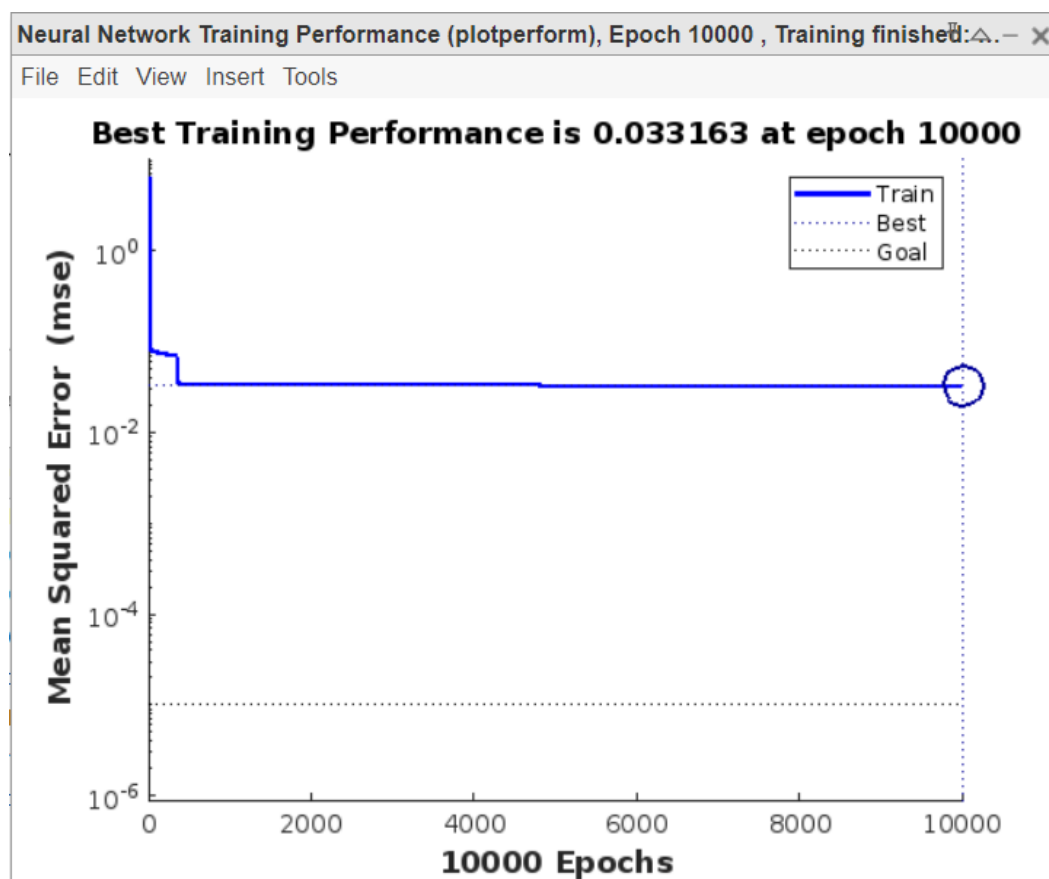


Hình 3.15. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 8 nơ ron

Hình 3.15 cho thấy với cấu trúc mạng nơ ron có 8 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất có sai số là $3,56.10^{-2}$ và kết thúc tại chu kỳ luyện mạng thứ 10.000.

Tiếp tục thực hiện luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp ở trên với số lượng nơ ron lớp ẩn tăng tiếp thêm 1 nơ ron thành 9, tương ứng biến q (trong thuật toán luyện mạng nơ ron được sử dụng cho mạng có 8 nơ ron lớp ẩn) tăng thêm 1 đơn vị, nghĩa là $q = \overline{1,9}$.

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 9 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron được thể hiện trên Hình 3.16.

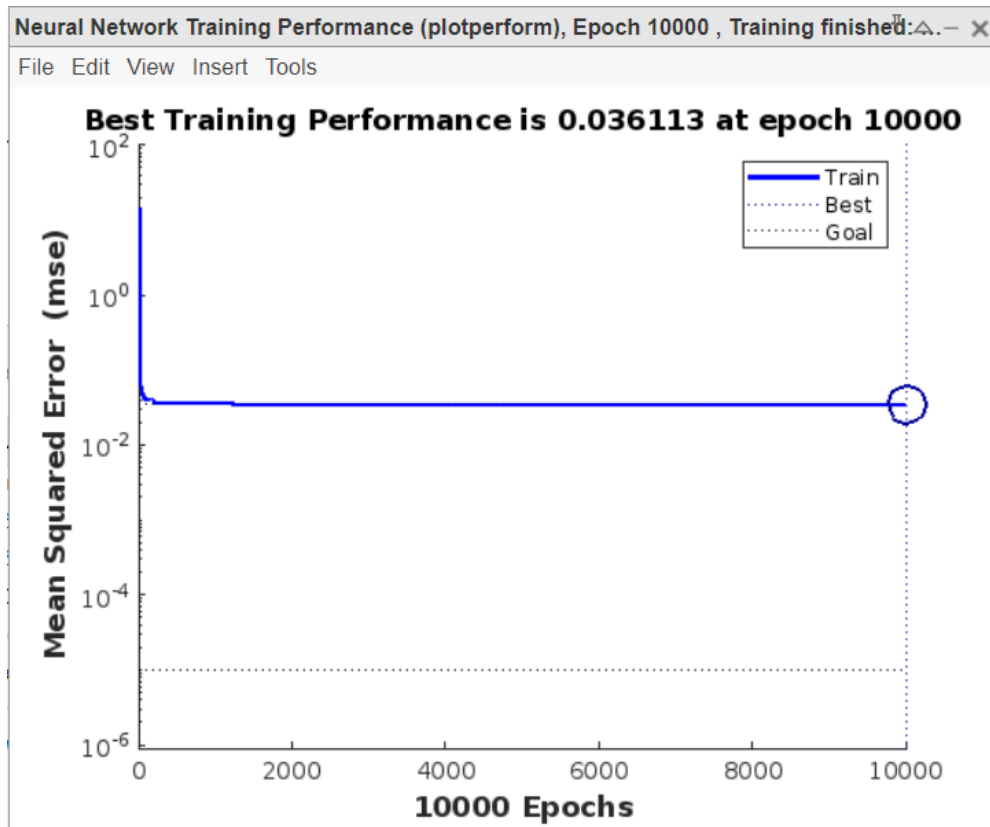


Hình 3.16. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 9 nơ ron

Hình 3.16 cho thấy với cấu trúc mạng nơ ron có 9 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất có sai số là $3,31 \cdot 10^{-2}$ và kết thúc tại chu kỳ luyện mạng thứ 10.000.

Tiếp tục thực hiện luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp ở trên với số lượng nơ ron lớp ẩn tăng tiếp thêm 1 nơ ron thành 10, tương ứng biến q (trong thuật toán luyện mạng nơ ron được sử dụng cho mạng có 9 nơ ron lớp ẩn) tăng thêm 1 đơn vị, nghĩa là $q = \overline{1,10}$.

Kết quả luyện mạng nơ ron cấu trúc ba lớp, với lớp đầu vào có 15 nơ ron; lớp ẩn có 10 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron được thể hiện trên Hình 3.17.



Hình 3.17. Kết quả quá trình luyện mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp với lớp ẩn có 10 nơ ron

Hình 3.17 cho thấy với cấu trúc mạng nơ ron có 10 nơ ron ở lớp ẩn thì kết quả luyện mạng tốt nhất có sai số là $3,25.10^{-2}$ và kết thúc tại chu kỳ luyện mạng thứ 10.000.

Như vậy, quá trình luyện mạng nơ ron cho mạng truyền thẳng ba lớp, trong đó lớp đầu vào gồm 15 nơ ron; lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron; lớp ẩn có số nơ ron được lựa chọn tăng dần bắt đầu có 5 nơ ron, sau đó tăng dần số nơ ron lên từng đơn vị, cho tới 10 nơ ron thì kết thúc, trên tập dữ liệu luyện mạng 1000 mẫu với số bước lặp là 10000 chu kỳ.

Các kết quả luyện mạng tương ứng với số nơ ron trong lớp ẩn tăng dần từ 5 đến 10 nơ ron được tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. Các kết quả luyện mạng nơ ron với số nơ ron của lớp ẩn tăng dần

Stt	Số nơ ron của lớp ẩn (q)	Kết quả sai số luyện mạng
1	5	$3,28.10^{-2}$
2	6	$3,25.10^{-2}$
3	7	$7,41.10^{-2}$
4	8	$3,56.10^{-2}$
5	9	$3,31.10^{-2}$
6	10	$3,61.10^{-2}$

Như vậy, dựa trên Bảng 3 có thể thấy cấu trúc mạng nơ ron có 6 nơ ron lớp ẩn sẽ cho kết quả luyện chính xác nhất (sai số nhỏ nhất) trong các trường hợp luyện mạng. Vì vậy, mô hình mạng nơ ron được lựa chọn sẽ có cấu trúc truyền thẳng ba lớp, trong đó lớp đầu vào có 15 nơ ron, lớp ẩn có 6 nơ ron và lớp đầu ra chỉ có 1 nơ ron.

3.3. Kết luận chương

Chương III tiến hành nghiên cứu các phương pháp đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền thông dụng trong hàng hải bao gồm TCPA/DCPA, miền tàu. Trên cơ sở phân tích, đánh giá ưu nhược điểm, nhận thấy các phương pháp này bên cạnh các ưu điểm vẫn còn tồn tại hạn chế trong đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải. Qua đó, đề xuất một mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền phù hợp với điều kiện hoạt động của tàu thuyền trên luồng. Trong đó, mô hình có sử dụng các yếu tố đặc trưng của luồng hàng hải cũng như các yếu tố môi trường tác động đến chuyển động của tàu; trên cơ sở tham vấn ý kiến chuyên gia cũng như khai phá dữ liệu AIS để đánh giá.

CHƯƠNG IV. XÂY DỰNG HỆ THỐNG HỖ TRỢ ĐÁNH GIÁ RỦI RO ĐÂM VÀ TÀU THUYỀN TRÊN LUỒNG HÀNG HẢI THEO THỜI GIAN THỰC TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU AIS

Chương này tiến hành xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải theo dữ liệu thời gian thực thông qua thu thập và xử lý tín hiệu AIS từ tàu thuyền, hiển thị các thông tin AIS liên quan đến đối tượng tàu thuyền trên giao diện người sử dụng. Tiến hành xác định nguy cơ rủi ro đâm va đã được luyện bởi mạng nơ ron (được thực hiện tại Chương III của luận án) theo các cấp độ để dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng.

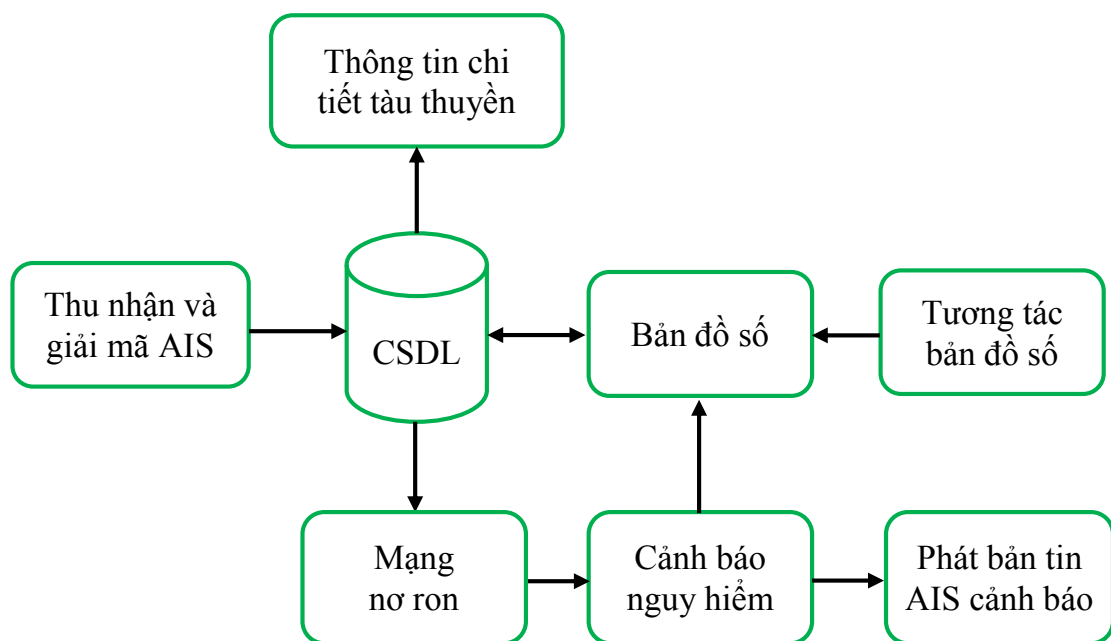
4.1. Xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng theo thời gian thực

4.1.1. Xây dựng mô hình hệ thống

Hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng theo thời gian thực được xây dựng để xác định mức độ rủi ro đâm va khi tàu hành trình trên luồng, trong trường hợp có nguy cơ thì đưa ra các cảnh báo nhằm hỗ trợ công tác giám sát, quản lý tàu thuyền.

Để đánh giá được mức độ rủi ro đâm va, trước hết cần thu thập và xử lý dữ liệu AIS từ tàu thuyền. Dữ liệu AIS sau khi được thu thập sẽ được giải mã để đọc và hiểu các thông điệp được gửi từ tàu thuyền, bao gồm thông tin như tên, số hiệu, loại tàu, tốc độ, hướng đi và các thuộc tính khác, phục vụ việc theo dõi liên tục và cập nhật vị trí của tất cả các tàu thuyền trong khu vực đang được giám sát. Điều này có nghĩa là hệ thống phải có khả năng tương tác với dữ liệu thời gian thực, giúp cung cấp thông tin đầy đủ và chính xác về hoạt động của các tàu thuyền trong khu vực, dựa trên sự kết hợp giữa tính năng theo dõi vị trí và hiển thị thông tin AIS chi tiết lên bản đồ số để thực hiện

quản lý và giám sát hoạt động tàu thuyền theo thời gian thực một cách hiệu quả. Đồng thời, để nâng cao hiệu quả trong quan sát, giám sát tàu thuyền, cần thiết phải xây dựng bản đồ số đa chiều, đa lớp với giao diện thân thiện với người sử dụng, cho phép người dùng dễ dàng theo dõi và quản lý vị trí của các tàu thuyền. Thông tin chi tiết về từng đối tượng tàu thuyền có sẵn khi người dùng tương tác với các đối tượng tàu thuyền được hiển thị trên bản đồ, bao gồm cả các thông tin AIS cũng như cảnh báo đâm va, tình trạng hoạt động và thông tin địa lý liên quan. Đồng thời, có thể thực hiện cảnh báo nguy cơ đâm va giữa các tàu liên quan trên bản tin ASM của hệ thống AIS, nhằm hỗ trợ công tác quản lý, giám sát tàu thuyền khi hành trình trên luồng hàng hải. Trên cơ sở đó, tiến hành xây dựng mô hình hệ thống được mô tả trên Hình 4.1.



Hình 4.1. Mô hình hệ thống

Các khối chức năng căn bản của hệ thống như sau:

- **Khối nhận và giải mã AIS:** có nhiệm vụ thu nhận gói tin thông điệp AIS từ thiết bị thu AIS, tiến hành giải mã gói tin AIS để trích xuất các

thông tin liên quan đến việc định danh tàu thuyền. Dữ liệu sau khi được xử lý được đưa vào khối cơ sở dữ liệu (CSDL) của hệ thống.

- **Khối Cơ sở dữ liệu (CSDL):** Lưu trữ và quản lý các thông tin của các tàu thuyền đã được trích xuất từ bộ giải mã tín hiệu AIS.

Các thông tin của thuyền từ khối nhận và giải mã AIS sẽ được liên tục cập nhật và duy trì vào CSDL của hệ thống để lưu trữ thông tin cũng như trích xuất liên tục thông tin chi tiết tàu thuyền.

- **Khối bản đồ số:** gồm các lớp bản đồ được tạo ra để xử lý, duy trì và cập nhật vị trí các đối tượng tàu thuyền được hiển thị trên các lớp bản đồ khác nhau, phục vụ cập nhật vị trí hiển thị các đối tượng trên bản đồ số. Các đối tượng này đại diện thông tin của các tàu thuyền đã được thu thập bằng thiết bị thu AIS. Việc cập nhật vị trí thực hiện theo thời gian thực, tương ứng với các dữ liệu được cập nhật trong CSDL.

- **Khối thông tin chi tiết tàu thuyền:** trích xuất thông tin, dữ liệu chi tiết từ CSDL để hiển thị thông tin chi tiết về các dữ liệu liên quan đến đối tượng tàu thuyền đã được người dùng tương tác lựa chọn trên bản đồ số.

- **Khối tương tác bản đồ:** truy vấn cơ sở dữ liệu xác định vết di chuyển, xác định vị trí các tàu thuyền khác trong vòng bán kính mà người sử dụng lựa chọn để cho phép người dùng tương tác, lựa chọn một đối tượng tàu thuyền (tàu giám sát) đang hiển thị trên bản đồ nhằm xác định và hiển thị vết di chuyển cũng như các đối tượng tàu thuyền khác xung quanh đối tượng tàu giám sát trong bán kính do người sử dụng lựa chọn.

- **Mạng nơ ron:** các thuật toán được xây dựng để đánh giá mức độ rủi ro đâm va tàu thuyền theo các dữ liệu cung cấp từ CSDL. Dữ liệu từ CSDL cung cấp cho mạng nơ ron bao gồm:

- Các dữ liệu quá khứ: là các dữ liệu đã được lưu trữ trong CSDL được

sử dụng để luyện mạng nơ ron.

- Các dữ liệu mới theo thời gian thực từ CSDL đưa tới để xác định mức độ nguy cơ rủi ro đâm va.

○ **Khối cảnh báo:** giám sát, tìm kiếm và kiểm tra xác định bất kỳ mối nguy hiểm có thể xảy ra giữa tàu giám sát và các tàu xung quanh và thực hiện cảnh báo nếu xác định nguy cơ đâm va trên màn hình của hệ thống cũng như phát các bản tin cảnh báo trên bản tin ASM.

4.1.2. Chức năng của hệ thống

Hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va theo thời gian thực nhận tín hiệu AIS và hiển thị vị trí tàu thuyền cần yêu cầu sự tích hợp của nhiều chức năng quan trọng nhằm đảm bảo hoạt động hiệu quả, cũng như cung cấp các thông tin chi tiết cho người sử dụng. Chức năng chính của hệ thống như sau:

○ **Thu nhận và giải mã tín hiệu AIS**

Thông qua thiết bị thu nhận tín hiệu AIS được phát ra từ các tàu thuyền trong khu vực giám sát, hệ thống tiếp nhận các gói tin AIS.

Hệ thống phải có khả năng giải mã các thông điệp - gói tin AIS để trích xuất thông tin chi tiết như tên, số hiệu, loại tàu, tốc độ, hướng đi và các thuộc tính khác của các đối tượng tàu thuyền.

○ **Lưu trữ và quản lý dữ liệu**

Dữ liệu từ tín hiệu AIS cần được lưu trữ và quản lý một cách hiệu quả để có thể được truy xuất nhanh chóng khi cần thiết.

Sử dụng cơ sở dữ liệu để lưu trữ thông tin về tất cả các tàu thuyền và các thông điệp AIS.

○ **Theo dõi vị trí thời gian thực**

Hệ thống phải liên tục cập nhật và hiển thị vị trí của tàu thuyền trên bản đồ số theo thời gian thực để người sử dụng có thể theo dõi hoạt động của chúng.

- **Tương tác bản đồ số**

Giao diện người dùng của hệ thống cần cung cấp bản đồ số tương tác, cho phép người sử dụng thực hiện các thao tác theo dõi bản đồ như: thu phóng, di chuyển và thực hiện các tương tác khác với dữ liệu trên bản đồ.

- **Thông tin chi tiết về tàu thuyền**

Khi người sử dụng tương tác với một đối tượng tàu thuyền trên bản đồ, hệ thống cần hiển thị thông tin chi tiết như tên, số hiệu, tốc độ, hướng đi, và bất kỳ thông báo hoặc cảnh báo nào liên quan.

- **Cảnh báo và cảnh báo xung đột**

Khi người dùng lựa chọn đối tượng tàu thuyền cần giám sát, hệ thống cần kiểm tra và cảnh báo về các xung đột có thể xảy ra giữa tàu bị giám sát và các tàu thuyền xung quanh trong một bán kính đã chỉ định từ trước.

Việc cảnh báo được xác định dựa trên thuật toán xử lý các thông tin về vị trí, hướng di chuyển, tốc độ... của tàu thuyền.

- **Mở rộng và tích hợp dịch vụ khác**

Hệ thống với khả năng phát triển các bản tin ASM để phát quảng bá thông tin cảnh báo nên có thể mở rộng để tích hợp các dịch vụ khác như dự báo thời tiết, thông tin biển...

- **Bảo mật và quản lý đăng nhập**

Bảo đảm an toàn dữ liệu với các biện pháp bảo mật như mã hóa và quản lý đăng nhập để ngăn chặn truy cập trái phép.

Với các chức năng như vậy, hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền theo thời gian thực có thể cung cấp một cơ chế theo dõi, giám sát tàu thuyền đầy đủ và linh hoạt cho người sử dụng, góp phần nâng cao hiệu quả công tác quản lý, giám sát tàu thuyền, góp phần bảo đảm an toàn hàng hải.

4.1.3. Phương pháp xử lý hệ thống

4.1.3.1. Thu nhận và giải mã thông điệp AIS

a. Định dạng dữ liệu AIS thu thập được

Dữ liệu được đóng gói trong các thông điệp AIS cho phép hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng dựa trên dữ liệu AIS có thể quản lý tốt quá trình lưu thông hành hải, giám sát vị trí tàu, đảm bảo an toàn hàng hải thông qua những dữ liệu do AIS cung cấp bao gồm: các dữ liệu tĩnh, các dữ liệu động và các dữ liệu liên quan tới hành trình của tàu.

Các dữ liệu AIS trên được đóng gói thành các gói tin (thông điệp AIS) AIVDM/AIVDO dạng bit. Một gói tin chuẩn có dạng như sau:

!AIVDM,1,1,,B,177KQJ5000G?tO`K>RA1wUbN0TKH,0*5C

Gói tin trên theo quy ước định sẵn bao gồm 7 trường dữ liệu, ngăn cách nhau bởi dấu phẩy. Chi tiết về gói tin AIS được mô tả trong bảng 4.1 [83].

Bảng 4.1. Cấu trúc gói tin AIVDM

TT	Tên trường	Nội dung	Ghi chú
1	Trường 1	!AIVDM	Xác định loại gói tin AIVDM
2	Trường 2	1	Số lượng đoạn gói tin (có thể có nhiều đoạn, thông thường tối đa 2 đoạn)
3	Trường 3	1	Chỉ số đoạn thứ bao nhiêu
4	Trường 4	N/A	Mã gói tin nếu gói tin gồm nhiều gói tin con
5	Trường 5	B	Mã kênh truyền (VHF): Kênh A - 161.975Mhz (87B) Kênh B - 162.025Mhz (88B).
6	Trường 6	177KQJ5000G?tO`K >RA1wUbN0TKH	Phần dữ liệu
7	Trường 7	0*5C	Kiểm tra lỗi

Dữ liệu gói tin AIS nhận được sẽ ở dạng luồng dữ liệu ASCII sử dụng định dạng dữ liệu NMEA 0183. Mã nhị phân chứa trong tin nhắn NMEA sử dụng 6 bit hoặc 8 bit. Định dạng ASCII đã được xác định trong tiêu chuẩn IEC/PAS 61162-100. Thông báo AIS sử dụng tiêu chuẩn ITU và ASCII có thể tra cứu trong Bảng 4.2 [84].

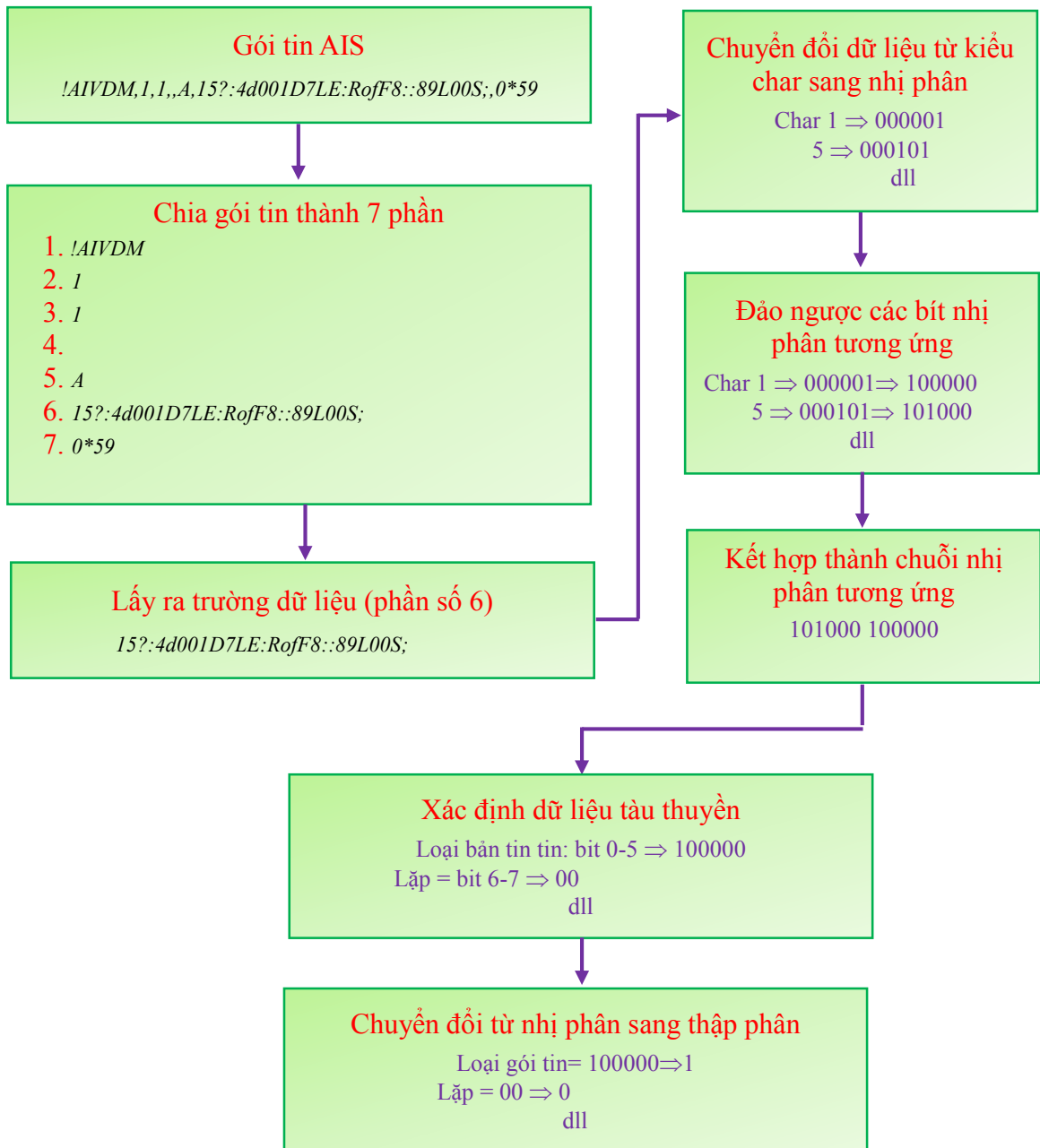
Bảng 4.2. Bảng mã ASCII 6 bit

Char	ASCII	Decimal	Bits	Char	ASCII	Decimal	Bits	Char	ASCII	Decimal	Bits
0	48	0	000000	F	70	22	010110	D	100	44	101100
1	49	1	000001	G	71	23	010111	E	101	45	101101
2	50	2	000010	H	72	24	011000	F	102	46	101110
3	51	3	000011	I	73	25	011001	G	103	47	101111
4	52	4	000100	J	74	26	011010	h	104	48	110000
5	53	5	000101	K	75	27	011011	i	105	49	110001
6	54	6	000110	L	76	28	011100	j	106	50	110010
7	55	7	000111	M	77	29	011101	k	107	51	110011
8	56	8	001000	N	78	30	011110	l	108	52	110100
9	57	9	001001	O	79	31	011111	m	109	53	110101
:	58	10	001010	P	80	32	100000	n	110	54	110110
;	59	11	001011	Q	81	33	100001	o	111	55	110111
<	60	12	001100	R	82	34	100010	p	112	56	111000
=	61	13	001101	S	83	35	100011	q	113	57	111001
>	62	14	001110	T	84	36	100100	r	114	58	111010
?	63	15	001111	U	85	37	100101	s	115	59	111011
@	64	16	010000	V	86	38	100110	t	116	60	111100
A	65	17	010001	W	87	39	100111	u	117	61	111101
B	66	18	010010	,	96	40	101000	v	118	62	111110
C	67	19	010011	a	97	41	101001	w	119	63	111111
D	68	20	010100	b	98	42	101010				
E	69	21	010101	c	99	43	101011				

b. Giải mã gói tin

Mỗi gói tin AIS thu được gồm 7 trường, ngăn cách nhau bởi dấu phẩy nên sau khi thu được gói tin này, thực hiện chia gói thành 7 phần.

Phần nội dung của gói tin AIVDM/AIVDO là một dãy bit mã hóa ASCII, mỗi bit ASCII này đại diện cho 6 bit dữ liệu. Sơ đồ luồng xử lý dữ liệu để giải mã gói tin trên Hình 4.2.



Hình 4.2. Luồng xử lý dữ liệu thực hiện giải mã

Quá trình giải mã nội dung gói tin được thực hiện như sau:

Trước hết, dựa vào Bảng chuyển mã ASCII 6 bit đổi (Bảng 4.2) chuyển từ mã ASCII sang dạng mã nhị phân 6 bit. Tiếp theo, dựa vào 6 bit đầu tiên xác định loại tin, mỗi loại tin sẽ có những quy định riêng nhằm tách chuỗi nhị phân thành nhiều chuỗi con. Sau khi tách riêng chuỗi nhị phân thành nhiều chuỗi con, thực hiện chuyển những chuỗi mã nhị phân con về mã ASCII theo các bảng mã đã quy định. Trong đó, 6 bit nhị phân đầu dùng để xác định loại tin được gửi. Để phục vụ cho hệ thống AIS, chúng ta chỉ xét chi tiết tới các gói tin loại: 1, 2, 3, 4, 5, 18, 19, 21 và 24. Chi tiết như sau:

- Loại 1, 2 và 3: bản tin báo cáo vị trí thiết bị phát AIS loại A. Cung cấp các thông tin tức thời của đối tượng AIS. Bao gồm: MMSI, vị trí hiện tại (kinh độ, vĩ độ), tốc độ, hướng, tốc độ quay, trạng thái...

- Loại 4: bản tin báo cáo từ trạm thông tin AIS.

- Loại 5: thông tin cố định của đối tượng sử dụng thiết bị AIS loại A và dữ liệu hành trình tàu. Bao gồm các thông tin được người sử dụng cập nhật trên thiết bị phát AIS về tàu và hành trình: MMSI, IMO, tên tàu, kích thước, loại tàu, đích đến, thời gian dự kiến tới đích... Loại bản tin số 5 này có chu kỳ phát nhỏ hơn chu kỳ phát của các loại bản tin khác.

- Loại 18: bản tin báo cáo vị trí thiết bị phát AIS loại B.

- Loại 19: thông tin cố định của các đối tượng trợ giúp hành hải sử dụng thiết bị AIS.

- Loại 21: thông tin mở rộng của các đối tượng sử dụng thiết bị AIS loại B, bao gồm những thông tin tức thời và cả những thông tin cố định;

- Loại 24: thông tin cố định phát từ các đối tượng sử dụng thiết bị AIS của cả loại A và B, không kèm theo dữ liệu hành trình tàu.

Chuỗi nhị phân của mã AIVDM loại 1 - 2 - 3 bao gồm 168 bit, cấu trúc được thể hiện theo Bảng 4.3 [84].

Bảng 4.3. Cấu trúc gói tin loại 1-2-3

TT	Vị trí	Độ dài (bit)	Tên trường	Nội dung
1.	0-5	6	Message Type	Loại gói tin
2.	6-7	2	Repeat Indicator	Chỉ dẫn lặp lại
3.	8-37	30	MMSI	Số nhận dạng tàu
4.	38-41	4	Navigation Status	Thể hiện trạng thái hành hải
5.	42-49	8	Rate of Turn (ROT)	Khả năng quay trở (độ/phút)
6.	50-59	10	Speed Over Ground (SOG)	Tốc độ (vận tốc so với mặt đất)
7.	60-60	1	Position Accuracy	Vị trí tương đối
8.	61-88	28	Longitude	Kinh độ
9.	89-115	27	Latitude	Vĩ độ
10.	116-127	12	Course Over Ground(COG)	Hướng tàu chạy so với mặt đất
11.	128-136	9	True Heading (HDG)	Hướng mũi tàu
12.	137-142	6	Time Stamp	Khung thời gian
13.	143-144	2	Maneuver Indicator	
14.	145-147	3	Spare	
15.	148-148	1	RAIM flag	
16.	149-167	19	Radio status	

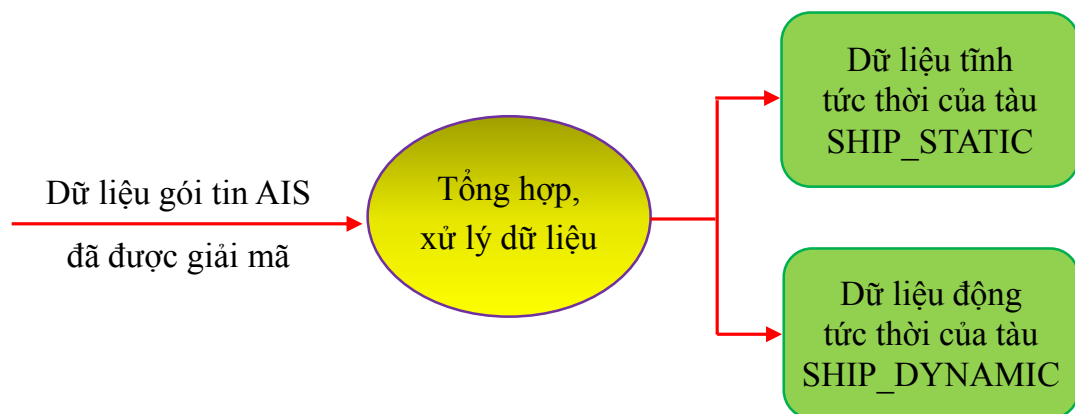
Quá trình giải mã thực hiện việc chuyển đổi cơ bản và nhận dạng các kiểu ký tự trên dữ liệu gốc và dữ liệu nhị phân. Các kiểu dữ liệu được sử dụng trong quá trình giải mã là các kiểu dữ liệu char làm dữ liệu đầu vào, kiểu dữ liệu ASCII, kiểu dữ liệu thập phân và kiểu dữ liệu nhị phân.

4.1.3.2. Cơ sở dữ liệu lưu trữ dữ liệu gói tin AIS đã được giải mã

Các bản tin AIS được xử lý trùng lặp và bóc tách thành những thông tin có ích, lưu trữ lại để có thể lập trình hiển thị trên bản đồ số.

Xử lý trùng lặp là công việc khi tiếp nhận các bản tin AIS từ các trạm khác nhau tại cùng một thời điểm, sẽ có những bản tin giống nhau cùng về một MMSI (thông tin xác định duy nhất một tàu khi trang bị thiết bị AIS bắt buộc phải khai báo). Đối với các bản tin trùng nhau này, hệ thống sẽ phải xử lý loại bỏ để chỉ có thể giữ lại một bản tin duy nhất sau đó lưu trữ lại. Nếu không có bước xử lý trùng lặp, dữ liệu AIS có thể sẽ gây tràn, không kiểm soát được và việc hiển thị các tàu trên bản đồ cũng có thể gặp rắc rối khi có nhiều thông tin khác nhau về cùng một MMSI.

Hình 4.3 mô tả luồng xử lý, lưu trữ dữ liệu giải mã gói tin AIS tức thời.



Hình 4.3. Sơ đồ luồng dữ liệu chức năng tổng hợp, xử lý dữ liệu giải mã gói tin AIS tức thời

Cơ sở dữ liệu biểu diễn trạng thái tức thời của một đối tượng AIS được thiết kế chia thành hai thực thể: Thực thể “SHIP_DYNAMIC” để lưu trữ các thông tin động; Thực thể “SHIP_STATIC” để lưu trữ các thông tin tĩnh. Các thực thể này được liên kết với nhau bởi trường thông tin cố định là MMSI.

Bảng 4.4 và 4.5 mô tả các trường dữ liệu phục vụ quản lý các trường dữ liệu tĩnh và động của một đối tượng tàu thuyền. Sở dĩ các thông tin động và tĩnh phải được lưu riêng biệt là vì các thông tin tĩnh của tàu được phát đi trong bản tin số 5 có chu kỳ 3 đến 5 phút một lần; trong khi đó các thông tin động (thu được từ các bản tin dạng khác) được cập nhật tổng thể 3 giây một lần. Như vậy, sẽ có khoảng thời gian trên hệ thống có thông tin động mà chưa có thông tin tĩnh. Hơn nữa, các thông tin động được lựa chọn lưu trữ riêng để có thể dễ dàng cập nhật và sử dụng để hiển thị vị trí trên bản đồ số. Khi thu được bản tin số 5 từ tàu, hệ thống sẽ cập nhật lại cả thực thể bộ đệm thông tin và thực thể thông tin tĩnh AIS của tàu dựa theo số MMSI.

Bảng 4.4. Dữ liệu đối tượng SHIP_DYNAMIC

Tên trường	Diễn giải	Kiểu dữ liệu	Miền giá trị
MMSI	Số MMSI của tàu	Text	9 ký tự
VSNM	Tên tàu	Text	30 ký tự
LNG	Kinh độ	Decimal	
LAT	Vĩ độ	Decimal	
X_AXIS	Kinh độ làm tròn trong lưới kinh vĩ tuyến		
Y_AXIS	Vĩ độ làm tròn trong lưới kinh vĩ tuyến	Integer	Round(LNG*100, 0)
SOG	Tốc độ	Text	5 ký tự
COG	Hướng so với mặt đất	Text	5 ký tự
UTCPOS	Thời gian thu được bản tin	Date time	
UTCTM	Thời gian xử lý dữ liệu trên hệ thống	Date time	
BSID	Mã viết tắt của trạm thu	Text	5 ký tự

Bảng 4.5. Dữ liệu đối tượng SHIP_STATIC

Tên trường	Diễn giải	Kiểu dữ liệu	Miền giá trị
MMSI	Số MMSI của tàu	Text	9 ký tự
MID	Mã quốc gia	Text	5 ký tự
CALLSIGN	Hồ hiệu	Text	6 ký tự
IMO	Số IMO	Text	9 ký tự
SHIPTYPE	Mã loại tàu	Text	3 ký tự
D_BOWN	Khoảng cách từ điểm đặt máy thu tới mũi tàu	Text	5 ký tự
D_STERN	Khoảng cách từ điểm đặt máy thu tới đuôi tàu	Text	5 ký tự
D_PORT	Khoảng cách từ điểm đặt máy thu tới mạn trái tàu	Text	5 ký tự
D_SB	Khoảng cách từ điểm đặt máy thu tới mạn phải tàu	Text	5 ký tự
ETA	Thời gian dự kiến tàu tới vùng đón trả hoa tiêu	Text	15 ký tự
DES	Cảng đến, đích đến của tàu	Text	30 ký tự
DRAFT	Mớn nước	Text	4 ký tự
NAVSTATUS	Mã trạng thái	Integer	
ROT	Tốc độ chuyển hướng	Text	5 ký tự
HDG	Hướng mũi tàu	Text	5 ký tự
MSG	Loại bản tin	Text	2 ký tự

4.1.3.3. Bản đồ số

Các thông tin AIS từ đầu vào qua quá trình giải mã, lưu trữ trong cơ sở dữ liệu sẽ được sử dụng để hiển thị đối tượng trên bản đồ số.

4.1.4. Phát triển bản tin AIS cảnh báo nguy cơ đâm va

Trong quá trình quản lý, hệ thống phát hiện trường hợp nguy cơ đâm va giữa hai tàu thì sẽ phát ra một bản tin AIS để gửi thông tin cảnh báo đến các đối tượng tàu thuyền.

Với mục đích phát triển bản tin ASM phục vụ cho cảnh báo nguy cơ đâm va giữa các đối tượng, lựa chọn sử dụng bản tin AIS số 8 bởi đây là bản tin quảng bá có phần dữ liệu nội dung nhị phân không xác định, cho phép người dùng có thể tự định nghĩa nội dung cần phát đi [23,24].

4.1.4.1. Cấu trúc trường dữ liệu của gói tin loại 8

Cấu trúc trường dữ liệu của gói tin số 8 được cho trong Bảng 4.6 [23].

Bảng 4.6. Cấu trúc trường dữ liệu gói tin số 8

Trường thông tin	Độ dài	Mô tả	Thành phần	Kiểu dữ liệu	Ghi chú
0-5	6	Loại bản tin	type	u	Luôn là bản tin loại 8
6-7	2	Chỉ số đoạn lặp	repeat	u	Lựa chọn số lần lặp
8-37	30	MMSI trạm phát	mmsi	u	9 chữ số thập phân
38-39	2	Dự trữ		x	Không được sử dụng
40-49	10	Mã nhận dạng vùng	dac	u	Số nguyên không dấu
50-55	6		fid	u	Số nguyên không dấu
56	952	Dữ liệu	data	d	Số nhị phân, tối đa 952 bit

Bảng 4.6 mô tả cấu trúc nội dung một gói tin số 8, bao gồm các trường thông tin có vị trí và độ dài bit khác nhau nhằm biểu diễn các thông tin cần truyền đi.

Trong các trường trên, các trường DAC và FID có tính chất điều khiển cấu trúc chi tiết phần dữ liệu thực tế của gói tin số 8. Tùy theo giá trị các cặp DAC/FID được quy định trong tiêu chuẩn IALA-ASM thì cấu trúc dữ liệu sẽ khác nhau tương ứng với các dịch vụ ứng dụng đã đăng ký. Bảng 4.7 mô tả một phần danh sách này [23].

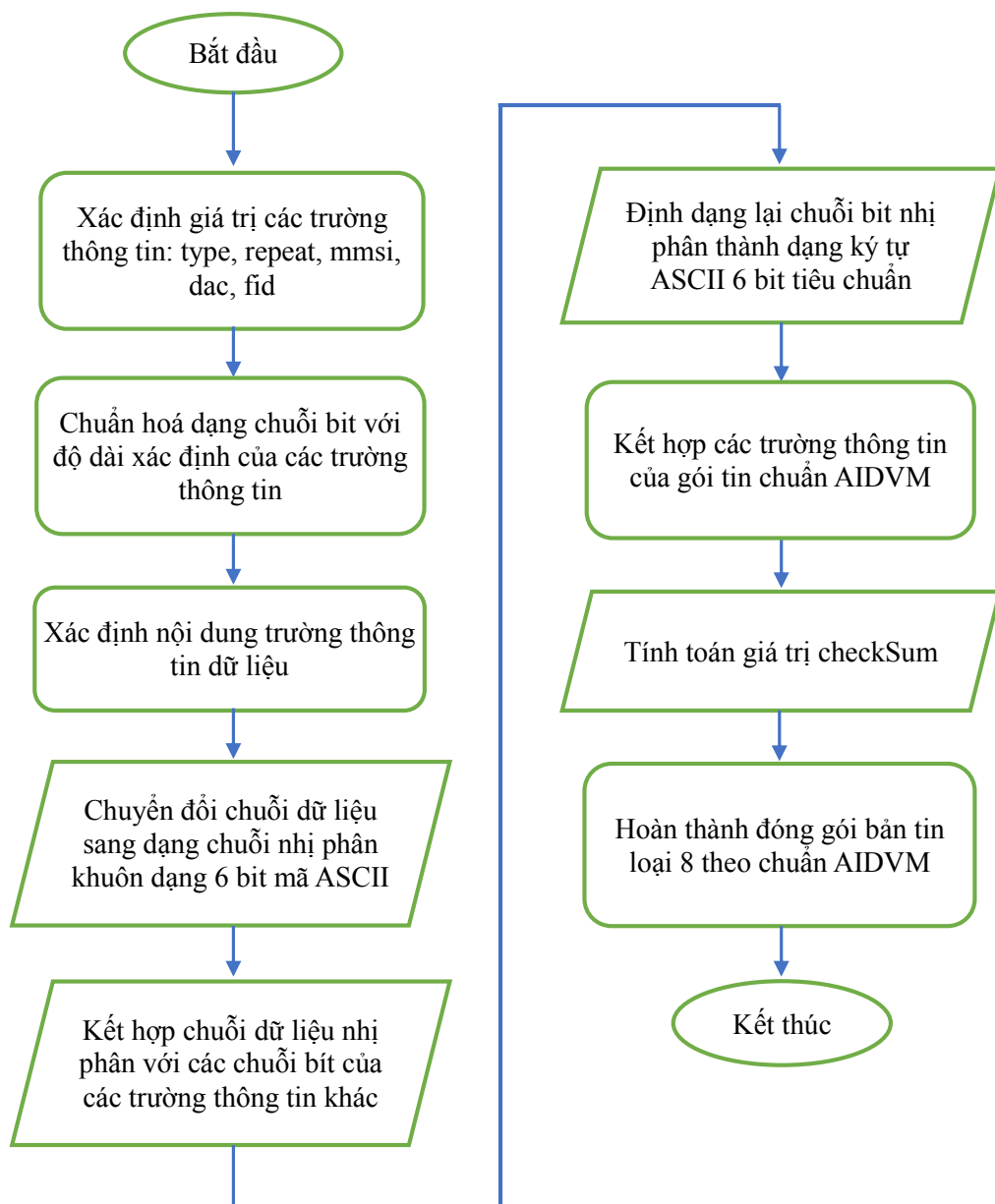
Bảng 4.7. Các dịch vụ ứng dụng đăng ký

DAC	FID	Trạng thái	Mô tả
1	11	Được hay không được sử dụng	Dữ liệu về khí tượng hoặc thủy văn
1	13	Không sử dụng	Luồng đang bị đóng
1	15	Không được sử dụng	Thông tin mở rộng về hành trình của tàu
1	17	Được sử dụng	Các mục tiêu được tạo ra bởi VTS
1	19	Chuẩn	Tín hiệu giao thông hàng hải
1	21	Chuẩn	Quan sát thời tiết từ tàu
1	22	Được sử dụng	Thông báo nội vùng (quảng bá)
1	24	Chuẩn	Thông tin mở rộng về hành trình của tàu
1	26	Chuẩn	Môi trường
1	27	Chuẩn	Thông tin quảng bá về tuyến
1	29	Chuẩn	Thông tin quảng bá dạng văn bản
1	31	Được sử dụng	Thông tin khí tượng thủy văn

Để phục vụ cho việc cảnh báo nguy cơ đâm va trên luồng, lựa chọn cặp giá trị DAC=1 và FID=22 với ứng dụng quảng bá theo vùng quản lý tàu thuyền.

4.1.4.2. Thuật toán tạo nội dung gói tin số 8

Thuật toán tạo nội dung gói tin số 8 được thực hiện trên Hình 4.5.



Hình 4.5. Sơ đồ thuật toán tạo nội dung gói tin số 8

Trước hết, thực hiện xác định giá trị các trường thông tin cần thiết có trong bản tin số 8, cụ thể là type, repeat, mmsi, dac, fid... Đây là gói tin được phát triển để phát quảng bá thông tin nội vùng nên trường thông tin dac và fid phải có giá trị lần lượt là 1 và 22.

Theo quy định mỗi một trường thông tin có một kiểu dữ liệu với độ dài trường kiểu dữ liệu khác nhau do đó sau khi xác định giá trị các trường thông tin cần thiết, tiếp tục tiến hành chuẩn hoá lại chuỗi bit của từng trường thông tin với các độ dài đã được quy định trong Bảng 4.6.

Một trong những vấn đề quan trọng nhất là phải xác định nội dung thông tin cần phát quảng bá trên bản tin AIS số 8, tương ứng với trường Data trong Bảng 4.6. Để đơn giản hoá hệ thống cũng như phù hợp với thông tin cảnh báo phải đảm bảo nhanh chóng, kịp thời cho nên lựa chọn truyền toàn bộ nội dung truyền trong một lần (không chia nhỏ gói tin). Do vậy, độ dài của trường Data này không vượt quá 952 bit.

Sau khi xác định được nội dung thông tin, thực hiện chuyển đổi chuỗi dữ liệu dạng text của trường Data sang dạng chuỗi nhị phân với quy chuẩn mỗi một ký tự tương ứng với một khuôn dạng 6 bit nhị phân của mã ký tự tương ứng trong Bảng mã ASCII. Tiếp theo, kết hợp chuỗi dữ liệu nhị phân của trường Data với các chuỗi bit của các trường thông tin khác để ghép thành khối dữ liệu nhị phân có cấu trúc theo đúng quy định trong Bảng 4.6.

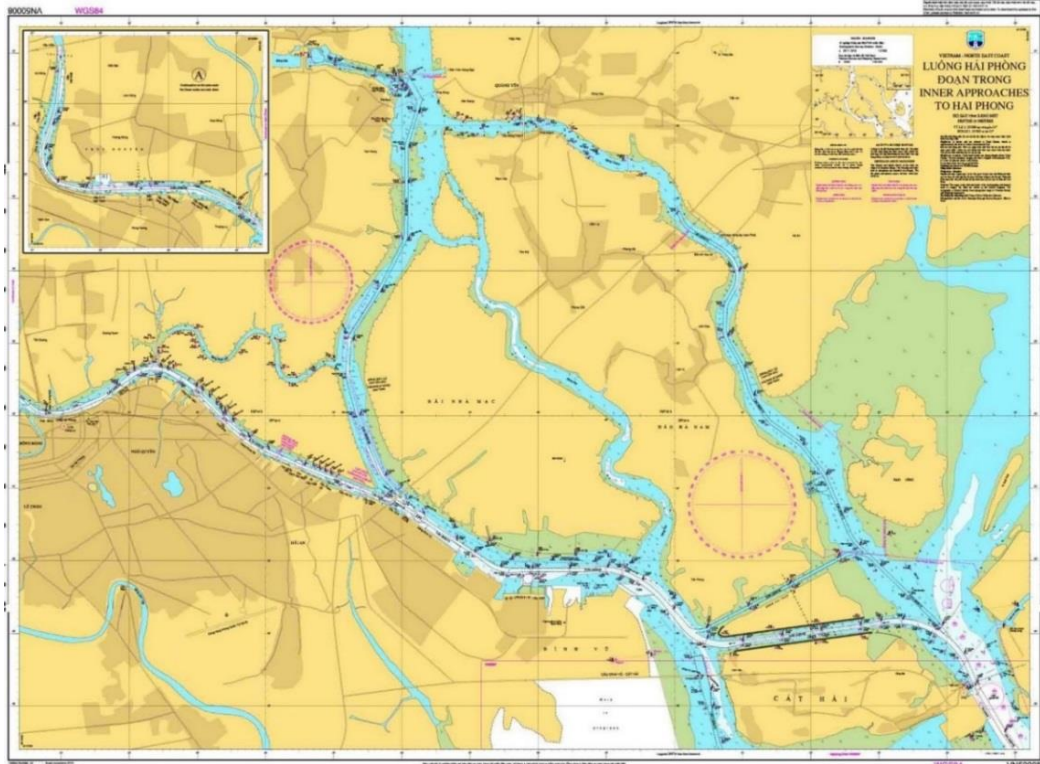
Từ chuỗi nhị phân trên cắt thành từng đoạn 6 bit rồi chuyển đổi thành dạng ký tự tuân thủ theo bảng mã ASCII, sau đó, thực hiện kết hợp các trường thông tin khác để tạo thành gói tin chuẩn dạng AIDVM. Cuối cùng xác định mã kiểm tra lỗi CheckSum rồi gắn vào gói tin để phát đi.

4.2. Thử nghiệm đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng hàng hải Hải Phòng

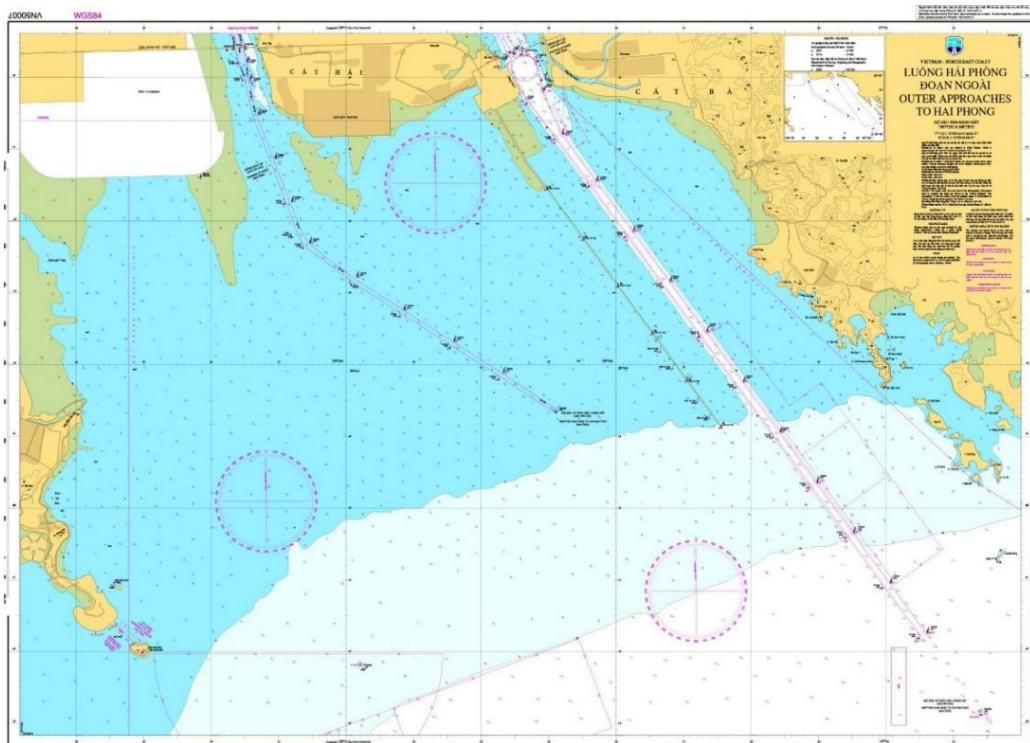
4.2.1. Đặc điểm luồng hàng hải Hải Phòng

Luồng hàng hải Hải Phòng là một trong những tuyến luồng trọng điểm cấp quốc gia với tổng chiều dài toàn tuyến khoảng 72,5km.

Hình ảnh luồng hàng hải Hải Phòng được thể hiện trên Hình 4.6 [95].



a) Luồng Hải Phòng đoạn trong



b) Luồng Hải Phòng đoạn ngoài
Hình 4.6. Luồng hàng hải Hải Phòng

Tuyến luồng hàng hải Hải Phòng nhìn chung tương đối hẹp, chủ yếu là luồng một chiều với các thông số của luồng hàng hải Hải Phòng chi tiết [95].

Luồng Lạch Huyện có chiều dài thiết kế 20 km, độ rộng luồng từ 120-160m, độ sâu từ -13,3 đến -7,3m. Trên luồng xuất hiện dải cạn -7,2 đến -7,0m.

Luồng Hà Nam có chiều dài thiết kế 5,9 km, độ rộng luồng 80m, độ sâu - 7,0m.

Luồng Bạch Đằng có chiều dài thiết kế 9,6 km, độ rộng luồng 80m, độ sâu - 7,0m.

Luồng Sông Cấm có chiều dài thiết kế 9,8 km, độ rộng luồng 80m: Đoạn từ cửa Kênh Đình Vũ đến thượng lưu Cảng Nam Hải có độ sâu -7,0m; Đoạn từ thượng lưu Cảng Nam Hải - C5 cảng Hải Phòng đến Bến Bính có độ sâu -6,8m với dải cạn từ -6,7 đến -5,5m và độ sâu - 6,6m với dải cạn từ -6,5 đến -5,6m.

Luồng Nam Triệu có chiều dài thiết kế 19,4 km, độ rộng luồng từ 80 đến 100m. Độ sâu của luồng -0,9 m; -2,7 m; -3,8m;-1,8 m. Trên luồng xuất hiện dải cạn từ -1,3 đến -1,7m.

Luồng Vật Cách có chiều dài thiết kế 9,7km, độ rộng luồng 60m, độ sâu luồng -5,3m. Trên luồng xuất hiện dải cạn từ -2,3 đến -4,2 m.

Luồng Phà Rừng có tổng chiều dài 15,56 km, chia thành các đoạn: Đoạn PR-HP có chiều dài 0,83 km, độ rộng luồng 80m và độ sâu -4,9m; Hai đoạn còn lại có tổng chiều dài 14,73km, trong đó: đoạn Phà Rừng có độ rộng 80m, độ sâu -3,6m, trên đoạn luồng xuất hiện dải cạn -3,0 đến -3,5m; đoạn Sông Giá có độ rộng luồng 50m và độ sâu -2,2m.

Trên luồng Hải Phòng có các vũng quay tàu:

Vũng quay tàu (từ CHP đến trước cảng Đình Vũ) rộng 130 m, độ sâu - 5,5m, xuất hiện dải cạn -7,0m.

Vũng quay tàu cảng Viconship rộng 330m, độ sâu -6,4m; cảng Công ten nơ quốc tế Hải Phòng rộng 330m, độ sâu -13,3m.

Vũng quay tàu hạ lưu cảng Cẩm rộng 110m, độ sâu -5,4m, dải cạn -5,1 đến -5,3m; Chùa Vẽ 2 rộng 110m, độ sâu -5,5m, dải cạn -2,5 đến -5,4m.

Luồng kênh Cái Tráp có chiều dài thiết kế 5,4 km, độ rộng luồng 70m, độ sâu -1,5m, dải cạn -0,8 đến -1,4 m.

Luồng sông Chanh có độ rộng 80 m, độ sâu -2,5m, dải cạn -2,3m.

Luồng phao 13 đến phao 16 có độ rộng 80m, độ sâu -1,8m.

Khu neo Hòn Dấu, tránh trú bão với độ sâu và cho phép cỡ tàu khác nhau: Độ sâu -7,9m với cỡ tàu tự do trên 20.000DWT; Độ sâu -9,1m cho phép cỡ tàu từ 20.000 đến 30.000DWT, -10,0m cho phép cỡ tàu từ 30.000 đến 50.000DWT.

Như vậy có thể thấy, đặc điểm tự nhiên luồng hàng hải Hải Phòng có một số khu vực giao nhau với các nhánh sông, một số đoạn cong, khúc cua, độ rộng luồng tại một số khu vực khá hẹp. Độ sâu của toàn tuyến không đồng đều, bị hạn chế, còn tồn tại nhiều đoạn cạn, nhiều đoạn luồng không đảm bảo độ sâu yêu cầu cho các tàu cỡ lớn ra vào cảng. Chính vì vậy, hiện nay các tàu ra vào cảng biển Hải Phòng chủ yếu tập trung qua luồng Lạch Huyện, kênh Hà Nam.

Mặc dù là tuyến luồng một chiều nhưng hoạt động hàng hải trên luồng rất phức tạp, do có sự đan xen của nhiều loại phương tiện: phương tiện thủy nội địa, các tàu cá, đò, phà... cho nên dù đã có quy định về tốc độ trên luồng (chẳng hạn với tàu lớn chỉ cho phép tốc độ 7-8 hải lý/giờ) nhưng với mật độ phương tiện dày đặc, nhất là vào thời gian giờ nước lớn trong ngày dẫn tới việc điều động, điều tiết tàu ra, vào các cảng thực sự khó khăn và tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải.

Trên cơ sở các số liệu chính thức của Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng thống kê, tổng hợp và phân tích tình hình tai nạn hàng hải trong giai đoạn 2018 - 2022

được thể hiện trong bảng 4.8 [17].

Bảng 4.8. Thống kê số vụ tai nạn hàng hải giai đoạn 2018-2022

Năm	Năm 2018	Năm 2019	Năm 2020	Năm 2021	Năm 2022
Số vụ	04	03	02	05	04

(Nguồn: Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng)

Cụ thể, thời gian và vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng qua các năm từ 2018 đến 2022 trong các Bảng 4.9, Bảng 4.10, Bảng 4.11, Bảng 4.12 và Bảng 4.13 [17].

Bảng 4.9. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2018

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
1	10/01/2018	Luồng Lạch Huyện	Tàu Lantau Bee đâm va với sà lan NĐ-1816, sau đó tiếp tục va chạm với tàu Zhong Lian Hai Xia
2	10/3/2018	Cầu K99	Tàu Hải Hà 18 bị cháy khi đang bơm hàng lên bồn
3	16/5/2018	Luồng Bạch Đằng	Tàu Vinalines Pioneer trên đường hành trình vào cảng đã đâm va vào nhà đèn Arryo làm đèn đổ
4	10/12/2018	Cầu cảng xăng dầu Đình Vũ	Tàu Opec Capri va chạm với cầu cảng XĐĐV1 khi điều động cập cầu

Bảng 4.10. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2019

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
1	28/4/2019	Luồng Bạch Đằng	Tàu Happy Lucky đâm va với tàu Fesco Voyager tại trước thủy điện cảng Nam Hải Đình Vũ
2	07/6/2019	Thủy điện cảng HICT	Tàu Nogoya Express điều động quay trở rời cầu đã va chạm với cầu bờ QC15 của cảng HICT, sau đó va chạm F26 Lạch Huyện
3	21/11/2019	Luồng Bạch Đằng	Tàu Gas Courage đâm va với sà lan Nam Trung 18 (HP3498) tại hạ lưu F47

Bảng 4.11. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2020

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
1	30/7/2020	Luồng Bạch Đằng	Tàu JAN va chạm F60, 58 mắc cạn
2	13/12/2020	Khu vực phao S2 - Luồng Bạch Đằng	Tàu ANASA bị cạn

Bảng 4.12. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2021

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
1	30/1/2021	Khu vực Bến Bính, Sông Cấm	Tàu Hoàng Minh Nguyên 18 (được lai kéo bởi tàu Vinashin Bạch Đằng 01) va chạm với các tàu Mekong Hoàng Yến, Victoria 01, Victoria 03, Victoria 06, Victoria 08, SeaQueen, Bến nổi HP-4764, bến nổi HP-4364

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
2	01/2/2021	Khu vực đón trả	Tàu Tràng An 05 đâm va với tàu Loi Hope
3	13/2/2021	Khu neo Hòn Dấu	Tàu Mạnh Thắng 28 (HD-5507) va vào chướng ngại ngầm dưới nước
4	19/5/2021	Phía Tây đê chắn cát luồng Lạch Huyện, ngang phao 13 14 luồng Lạch Huyện	Tàu Minh Quang 03 (QN-6500) bị chìm tại khu vực Hòn Ba Răng, Hải Phòng
5	05/8/2021	Khu vực kênh đào Đình Vũ, luồng Sông Cấm, Hải Phòng	Tàu Fortune Freighter đâm va với phương tiện thủy nội địa Trường Lộc 89 (NĐ-2341)

Bảng 4.13. Thời gian, vị trí xảy ra tai nạn trên luồng hàng hải Hải Phòng năm 2022

Stt	Thời gian	Vị trí	Phương tiện
1	21//4/2022	Khu vực dưới chân cầu Hoàng Văn Thụ	Tàu Outrivaling 3 va chạm với khu vực kè chống va xô của cầu HVT tại vị trí T23P
2	10/8/2022	Tại cầu cảng Đình Vũ	Tàu Tiger Maanshan va chạm với cần trục giàn cầu tàu STS-01 tại cầu cảng Đình Vũ
3	26/9/2022	Tại thượng lưu phao 51 luồng Bạch Đằng	Tàu Thanh Bình 18 đâm va với tàu cá HP-90200-TS
4	02/10/2022	Tại khu neo Hòn Dấu	Tàu An Hưng 45 đâm va với tàu Thành Đạt 18-BLC

?AIVDM,1,1,/A,15V15P?P00W`8@d;th2f4?v82<23,0*5D
!AIVDM,1?1/.r,E>mWA;Q9W4`~;a2QUh9T:W@0W@<CIVkl5rG2P00003v002CQh00,2*7a
!AIVFM/?????m9?[/??A?0W`V<t;sk2cagv820RO,0*6D
!AIVDM,1,1,,B,405NIjD47wP037`PkB;s1uo?0W?>/?*03
!AIVDM,1,1,,B/E>mWTdN9T4`@;a2QUh?40W4x?>z{lfS25s5G@00?03v018<N;@S0h00,2*1B
!AIVDM,1,9,,A,u>mWWsf47PW3h;74W7@KL@;a2QUkm:c85j9M000003v0100,2*60
!AIVDM,1,1,,B,E>mWTcv;4Rb@:4:PW@KL@;a2QUhCm1GB5n5N800003v0000,2*2F
!AIVDM,1,1,,B,E>mWA:f9T4`@;a2QUh84:h67W3hClnf25qNM@00003v00<0,0*32
!AIVDM,1,1,,B,E>mWTc>8bRh10QnpIrJh;a2QUh@CoBqp67oe@00003v010<,2?7C
!AIVDM,1,1,,B,177F?□8PAVWaS??rCc5:Cr60<;E,0*13
!AIVDM,1,1,,B,E>mWTso?W?□;i?]???Wk;44W7Clt?h5qQ<`00003v01?<LeP0,2*45
!AIVDM/1,1,,B,B8SJsD0009r7wb2w5tD03wTTkP06?>*01?
!AIVDM?1?1/.z/1>SJtWhP00Wws;;wQ<irOv@20T0,0*79
!AIVtM.1/1,?b,18SJum>P00W`?R2;t`MLwv@285u,0*3B
?□m????/1?????SPGbPP0?W`dit;svOphlHB2<3K,0*3F
!AIVDM,1,1,,B,15DW8R001????o;{[Vk?}?<8Zs,8*0F
!AIVDM,1?1/.r,E>mWA;Q9W4`~;a2QUh9T:W@0W@<CIVkl5rG2P00003v002CQh00,2*7a
!AIVDM,1,1,,B,405NIjD47wP037`PkB;s1uo?0W?>/?*03
!AIVDM,1,1,,B/E>mWTdN9T4`@;a2QUh?40W4x?>z{lfS25s5G@00?03v018<N;@S0h00,2*1B
!AIVDM,1,9,,A,u>mWWsf47PW3h;74W7@KL@;a2QUkm:c85j9M000003v0100,2*60
!AIVDM,1,1,,B,C8StbBP0??s;~????□????=?KJHNL?0ToJ;Ui11110?1052100,0*4D
!AIVDM,1,1,,B,E>mWTcv;4Rb@:4:PW@KL@;a2QUhCm1GB5n5N800003v0000,2*2F
!AIVDM,1,1,,B,E>mWA:f9T4`@;a2QUh84:h67W3hClnf25qNM@00003v00<0,0*32
!AIVDM,1,1,,B,E>mWTc>8bRh10QnpIrJh;a2QUh@CoBqp67oe@00003v010<,2?7C
!AIVDM,1,1,,B,177F?□8PAVWaS??rCc5:Cr60<;E,0*13
!AIVDM,1,1,?B.1<SJv7IX>1W`5c2;uWvF?wvF2@7`,0*6A
!AIVDM,1,1,,B,405NIjD47wP03?□_kz?????TOz?R??j?y???m?{??/K???kW3PP00W|b4D;sVct1
OvF287t,0*5B
!AIVDM,1,1,,B,18SJ<V7P00W`50p;u)/????!D?r??*03

Hình 4.8. Đoạn dữ liệu AIS thu thập được

Sau khi nhận được các bản tin AIS, tiến hành giải mã bản tin thu được các bản tin AIS với các thông tin thể hiện trên Hình 4.9.

4.2.2.2. Dữ liệu gió, dòng

Để thử nghiệm hệ thống đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải tại khu vực thử nghiệm, do không có thiết bị đo trực tiếp và nên luận án có sử dụng nguồn dữ liệu được cung cấp từ Tổng Công ty Bảo đảm An toàn Hàng hải miền Bắc, trong đó dữ liệu gió được cung cấp trực tiếp từ trạm, còn dữ liệu dòng chảy được nhập thủ công từ dữ liệu cao độ thủy triều được tính toán gần đúng theo phương pháp hàm điều hoà [18].

4.2.2.3. Dữ liệu độ phức tạp của luồng

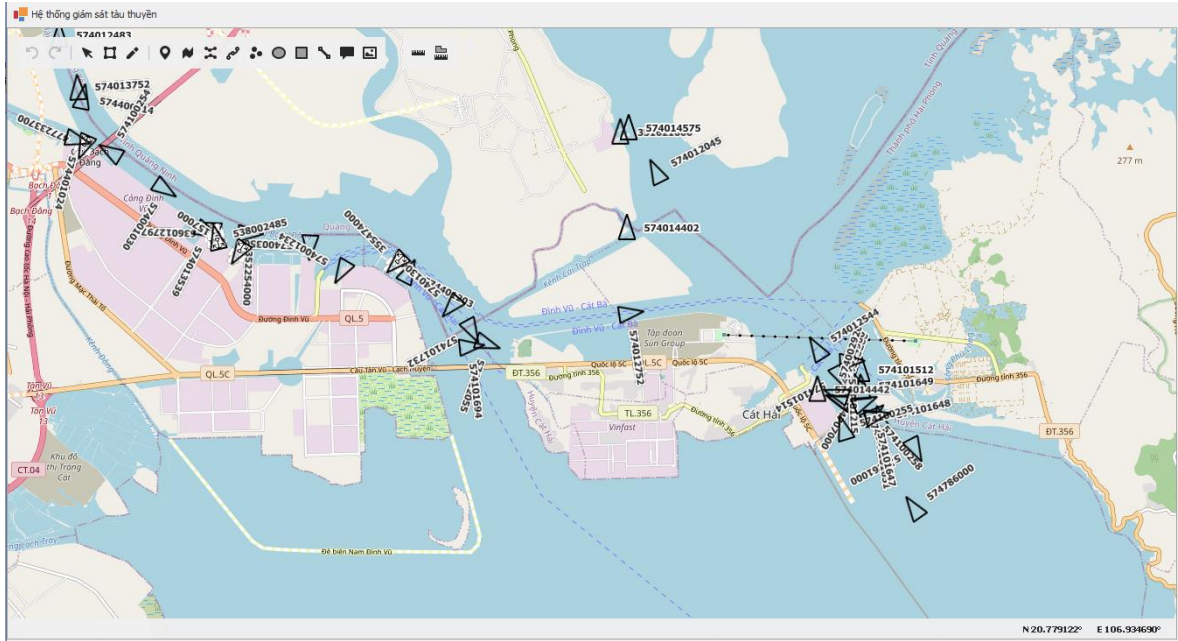
Độ phức tạp của luồng hàng hải Hải Phòng được thực hiện theo phương pháp tham vấn chuyên gia. Tiến hành khảo sát ý kiến của các nhà chuyên môn có kinh nghiệm với luồng hàng hải Hải Phòng là các sỹ quan VTS của Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, thuyền trưởng và hoa tiêu về đánh giá mức độ phức tạp của luồng tại khu vực thử nghiệm. Sau đó, thực hiện tổng hợp các ý kiến thu được.

4.2.3. Thực hiện thử nghiệm đánh giá nguy cơ đâm va tàu thuyền trên luồng hàng hải Hải Phòng

4.2.3.1. Quan sát các đối tượng tàu thuyền trên luồng

Trong quá trình hệ thống hoạt động, các gói tin AIS được thu thập và giải mã theo thời gian thực. Các dữ liệu của các tàu thuyền đã được giải mã được cập nhật vào CSDL đồng thời được trích xuất và hiển thị lên trên nền của bản đồ số.

Hình 4.10 hiển thị các đối tượng tàu thuyền xuất hiện trên luồng hàng hải. Mỗi một tàu thuyền được đại diện bởi một hình tam giác, vị trí hình và hướng đỉnh tam giác tương ứng với tọa độ và hướng mũi tàu của đối tượng tàu thuyền. Đồng thời, mỗi một tàu thuyền đều được định danh bằng số MMSI tương ứng.

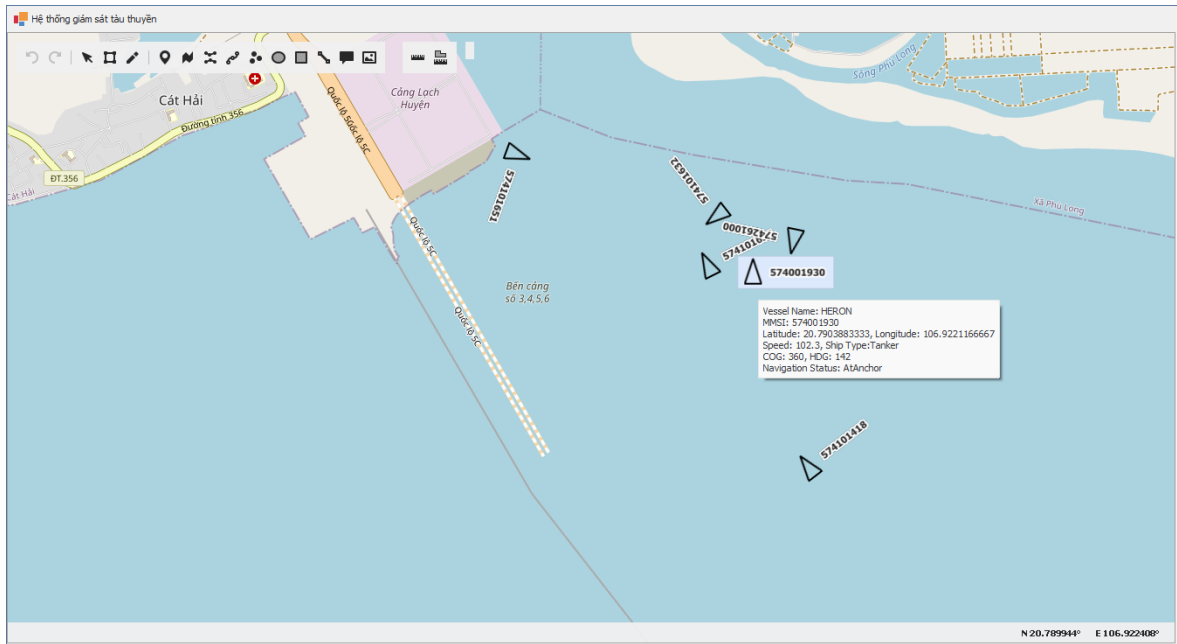


Hình 4.10. Lớp hiển thị các đối tượng tàu thuyền xuất hiện trên luồng

Hệ thống liên tục thu nhận và giải mã các gói tin AIS, các thông tin của các đối tượng tàu thuyền được cập nhật liên tục và thể hiện rõ ràng trên bản đồ thông qua sự thay đổi vị trí của các hình tam giác cũng như hướng đỉnh tam giác, thể hiện sự di chuyển của các tàu thuyền trên luồng hàng hải Hải Phòng.

Hệ thống cung cấp công cụ cho phép tra cứu và hiển thị nhanh thông tin của một đối tượng tàu thuyền. Khi người sử dụng lựa chọn một đối tượng để truy vấn, một bảng thông tin tóm tắt sẽ hiển thị trên màn hình tương ứng với dữ liệu của đối tượng tàu đó.

Hình 4.11 minh họa chức năng tra cứu nhanh thông tin của đối tượng. Khi truy vấn một đối tượng tàu bất kỳ (theo số MMSI), các thông tin của đối tượng bao gồm tên tàu; số MMSI; kinh độ; vĩ độ; tốc độ; loại tàu; COG; HDG; trạng thái hành hải đều được hiển thị. Chẳng hạn, khi tra cứu đối tượng tàu có MMSI là 574001930 thì các thông tin của tàu đều được hiển thị trên bảng.



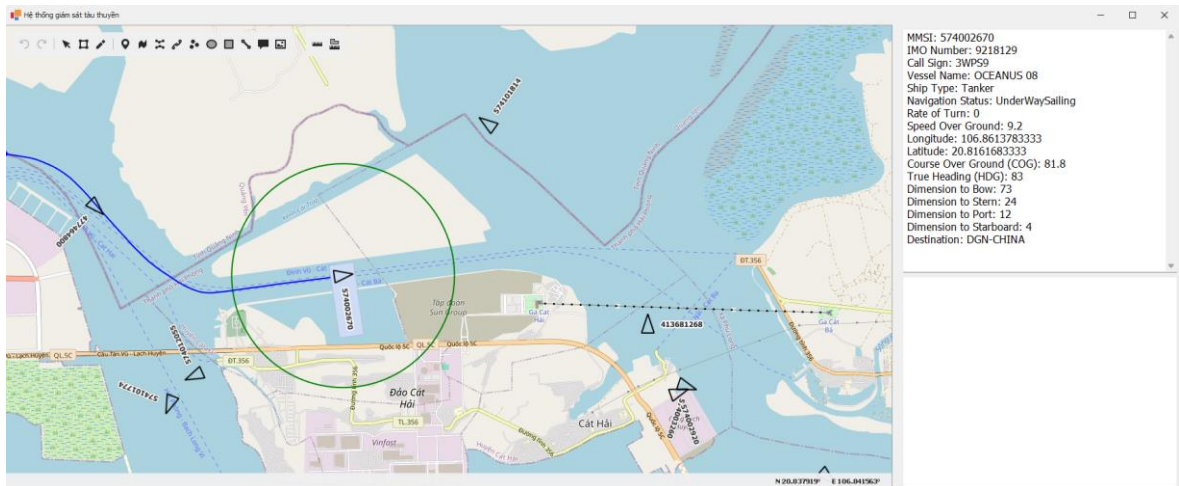
Hình 4.11. Tra cứu nhanh thông tin của đối tượng tàu thuyền

4.2.3.2. Giám sát một đối tượng tàu thuyền trên luồng

Để giám sát một đối tượng tàu thuyền trên luồng, người sử dụng lựa chọn đối tượng cần giám sát trên bản đồ. Khi đó, hệ thống sẽ hiển thị các thông tin căn bản của đối tượng được giám sát trên bảng thông tin bên phải màn hình. Các thông tin chi tiết liên quan đến đối tượng đang giám sát được hiển thị bao gồm các thông tin như: MMSI, số IMO, tọa độ, tốc độ, hướng tàu, kích thước, hải trình....

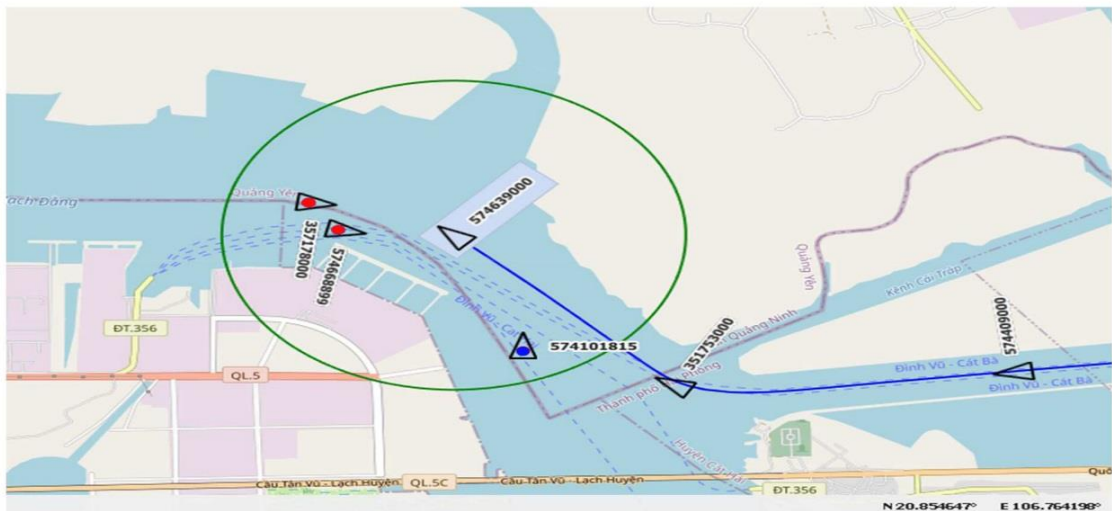
Vết (lịch sử) di chuyển của tàu được thể hiện bởi đường màu xanh đậm. Vòng tròn màu xanh có bán kính được lựa chọn bởi người sử dụng thể hiện khu vực cần giám sát.

Hình 4.12 thể hiện một đối tượng tàu đang được giám sát, với đường màu xanh đậm thể hiện vết di chuyển của tàu, vòng tròn màu xanh lá biểu thị khu vực cần giám sát xung quanh đối tượng.



Hình 4.12. Đối tượng tàu đang được giám sát

Đồng thời, trong vòng tròn màu xanh lá, hệ thống sẽ theo dõi các tàu thuyền khác trong khu vực cần giám sát, trong đó, các tàu có vị trí phía mũi của tàu đang được giám sát (đối hướng) được ký hiệu bằng chấm màu đỏ, các tàu nằm ở phía đuôi tàu của tàu đang được giám sát được ký hiệu bằng chấm màu xanh như trên Hình 4.13.



Hình 4.13. Theo dõi các đối tượng khác xung quanh tàu đang giám sát

Hình 4.13 mô tả có ba đối tượng xuất hiện xung quanh trong khu vực giám sát (vòng tròn màu xanh lá), trong đó có hai tàu ở vị trí đối hướng và một

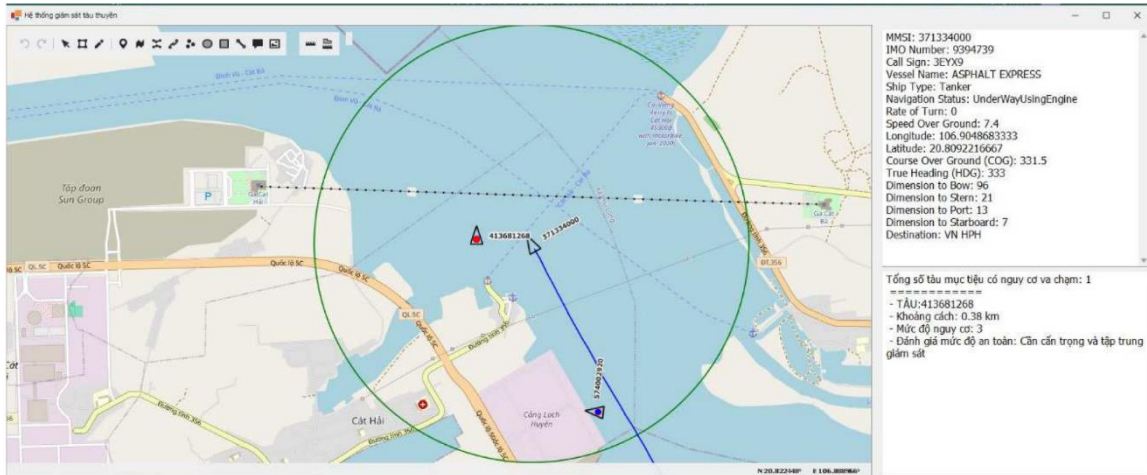
đối tượng ở phía đuôi tàu. Đối với cả hai tàu ở vị trí đối hướng với đối tượng được giám sát đều được hiển thị bằng màu đỏ, trong khi đó tàu ở vị trí phía đuôi tàu đang giám sát được hiển thị bằng màu xanh.

4.2.3.3. Cảnh báo nguy cơ đâm va trên luồng

Để xác định nguy cơ đâm va trên luồng thì sau khi người dùng tương tác chọn lựa một đối tượng trên bản đồ, hệ thống sẽ tự động triển khai đánh giá tổng số mục tiêu có nguy cơ va chạm và mức độ nguy cơ giữa đối tượng tàu đang được giám sát với các tàu đang hành hải theo hướng ngược lại trong phạm vi giám sát (vòng tròn màu xanh lá). Khi đó, hệ thống sẽ tính toán xác định nguy cơ đâm va và mức độ rủi ro đâm va được cập nhật liên tục theo thời gian thực.

Trong trường hợp hệ thống xác định có nguy cơ đâm va trên luồng (mức độ rủi ro đâm va từ 3 trở lên), hệ thống tự động phát bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va trên bản tin AIS số 8. Tuy nhiên, do chưa có thiết bị phát AIS và việc phát bản tin phải được cho phép bởi các cơ quan quản lý nên chưa thể thực hiện được việc phát bản tin cảnh báo lên thiết bị phát AIS. Bởi vậy, việc phát bản tin chỉ có thể được thử nghiệm bằng cách truy cập vào trang Web: <https://www.maritec.co.za/aisvdmvdodecoding> [97] để kiểm tra tính xác thực của bản tin được tạo ra.

Hình 4.14 thể hiện tàu đang được giám sát mang số hiệu MMSI 37133400. Hệ thống phát hiện phía trước mũi tàu có đối tượng tàu với MMSI là 41368128 và phía đuôi có tàu MMSI 574002920. Hệ thống xác định chỉ có tàu MMSI 41368128 ở phía mũi có nguy cơ đâm va với tàu đang giám sát và xác định nguy cơ đâm va giữa hai tàu ở mức độ 3. Do đó, trên màn hình hiển thị tổng số mục tiêu có nguy cơ va chạm: 1 và mức độ rủi ro đâm va là 3 với khuyến cáo “Cần cẩn trọng và tập trung quan sát”.



Hình 4.14. Có một đối tượng tàu phía trước mũi tàu đang được giám sát, xác định nguy cơ va chạm ở mức độ 3

Sau khi xác định mức độ rủi ro đâm va là 3, bản tin AIS số 8 được tạo ra như sau:

```
!AIVDM,1,1,,B,85Mwp`00EPhC`54SkQp5PH0j0CH50EH<utLtu<<85PH=<Luf<Lf0,0*1D
```

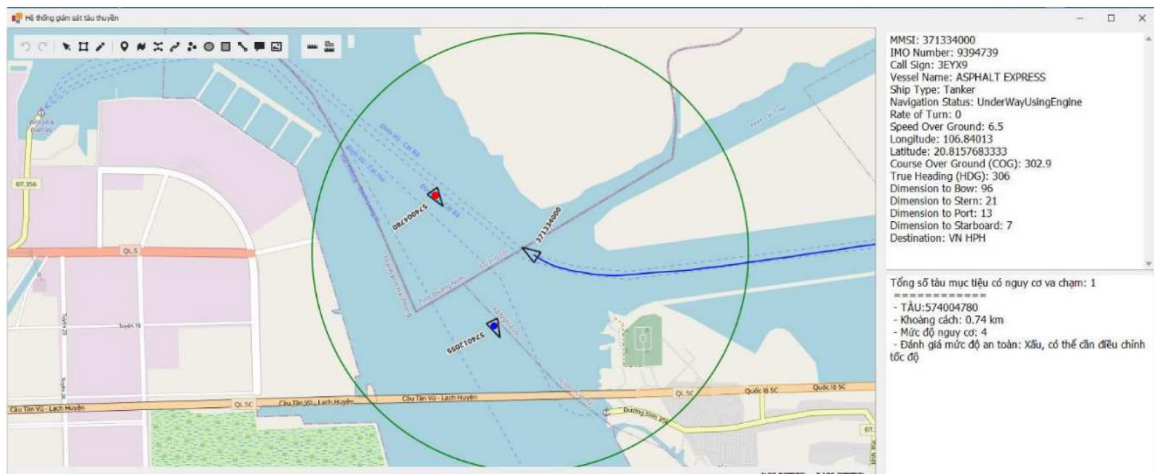
Tiến hành thử nghiệm bản tin vừa được tạo ra trên tại trang Web <https://www.maritec.co.za/aisvdmvdodecoding>. Kết quả bản tin được tạo ra có nội dung trên Hình 4.15.

Message 8 (Generic)			
IAIVDM,1,1,,B,85Mwp`00EPhC`54SkQp5PH0j0CH50EH<utLtu<<85PH=<Luf<Lf0,0*1D			
Parm#	Parameter	Value	Description
01	Message ID	8	
02	Repeat indicator	0	No repeat (default)
03	Source ID (MMSI)	366999712	
04	Spare	0	
05	DAC	1	
06	FI	22	
07	Application Data	CAN TRONG VA CHAM TAU 37133400 VA 41368128	6 Bit Ascii
07	Application Data	Q26V<1n1	8 Bit Ascii

Hình 4.15. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu tương ứng với trường hợp ở Hình 4.14 trên bản tin AIS số 8

Hình 4.15 đã cho thấy bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu MMSI 37133400 và tàu MMSI 41368128 trên bản tin AIS số 8 có nội dung như mong muốn.

Hình 4.16 thể hiện tại vị trí ngã ba Hà Nam, Bạch Đằng và Lạch Huyện xuất hiện hai tàu trong vùng giám sát của tàu được giám sát MMSI 371334000. Do tàu được chấm màu xanh không có nguy cơ đâm va với tàu được giám sát mà chỉ có tàu MMSI 574004780 (chấm màu đỏ) đang đối hướng với tàu được giám sát có nguy cơ đâm va, hệ thống xác định số tàu mục tiêu có nguy cơ va chạm là 1, đồng thời, hệ thống cũng xác định mức độ rủi ro đâm va là 4 và đưa ra khuyến cáo “Có thể cần điều chỉnh tốc độ”.



Hình 4.16. Xác định nguy cơ va chạm ở mức độ 4

Sau khi xác định mức độ rủi ro đâm va là 4, thực hiện tạo ra bản tin AIS số 8 như sau:

```
!AIVDM,1,1,,B,85Mwp`00EU0EH<utLtu<<<85PH=Mu<<==v<80kp3QmF
H0kp5PH0j0CH0hCh,0*3F
```

Tiến hành thử nghiệm bản tin vừa được tạo ra trên trang Web: <https://www.maritec.co.za/aisvdmvdodecoding>. Kết quả bản tin được tạo ra có nội dung trên Hình 4.17.

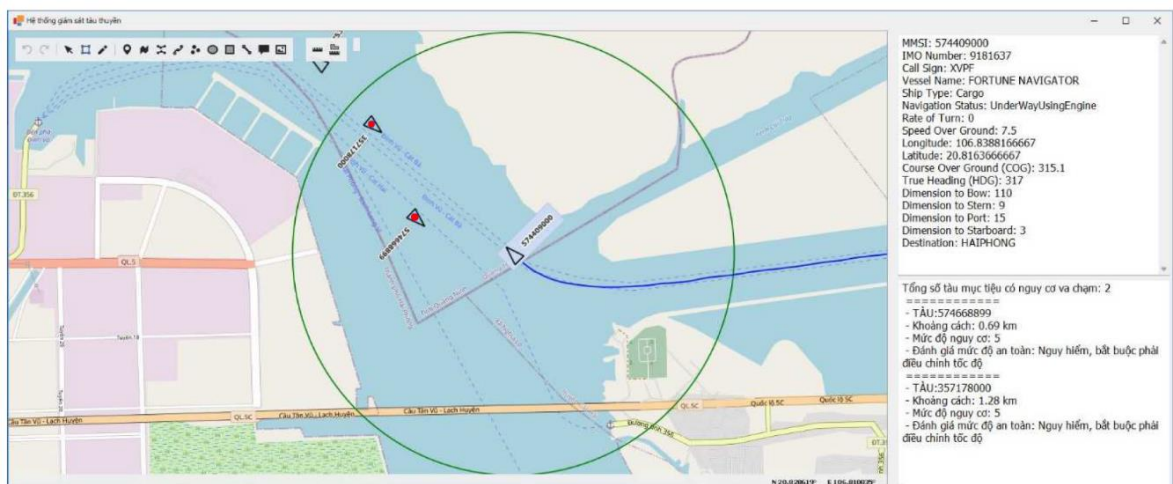
Message 8 (Generic)
IAIVDM,1,1,,B,85Mwp'00EU0EH<utLtu<<<85PH=Mu<<==v<80kp3QmFH0kp5PH0j0CH0hCh,0*3F

Parm#	Parameter	Value	Description
01	Message ID	8	
02	Repeat indicator	0	No repeat (default)
03	Source ID (MMSI)	366999712	
04	Spare	0	
05	DAC	1	
06	FI	22	
07	Application Data	TAU 371334000 VA 574004780 CO NGUY CO VA CHAM CAO	6 Bit Ascii
07	Application Data	P'sL07>U>26<	8 Bit Ascii

Hình 4.17. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu tương ứng với trường hợp ở Hình 4.16 trên bản tin AIS số 8

Hình 4.17 cho thấy bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va giữa hai tàu MMSI 371334000 và tàu MMSI 574004780 trên bản tin AIS số 8 có nội dung như mong muốn.

Hình 4.18 thể hiện một tình huống khác có nguy cơ mất an toàn. Ở phía mũi của tàu đang được giám sát (MMSI 57440900) có hai tàu chuyển động đối hướng, trong đó tàu thứ nhất có MMSI 574668899 và tàu thứ hai có MMSI 357178000. Hệ thống xác định nguy cơ mất an toàn của cả hai tàu đối với tàu đang giám sát là mức 5. Đây là mức độ nguy cơ mất an toàn cao nhất, và đưa ra khuyến cáo “Nguy hiểm, bắt buộc phải điều chỉnh tốc độ”.



Hình 4.18. Xác định nguy cơ đâm va ở mức 5

Sau khi đánh giá mức độ nguy cơ rủi ro đâm va, thực hiện cảnh báo trên bản tin loại 8.

Thực hiện tạo bản tin AIS số 8 phát quảng bá đến hai tàu như sau:

!AIVDM,1,1,,B,85Mwp`00EU0EH=Mu=<>L<80kp3QmFH0kp5PH0j0CH0hCp5SjH=Mu=ef>>NK8<uMtMv<<<0,0*7E

Thực hiện thử nghiệm nội dung bản tin vừa được tạo ra trên trang Web <https://www.maritec.co.za/aisvdmvdodecoding>.

Kết quả bản tin được tạo ra có nội dung trên Hình 4.19.

Parm#	Parameter	Value	Description
01	Message ID	8	
02	Repeat indicator	0	No repeat (default)
03	Source ID (MMSI)	366999712	
04	Spare	0	
05	DAC	1	
06	FI	22	
07	Application Data	TAU 57440900 CO NGUY CO VA CHAM CAO VOI 574668899, 357178000	6 Bit Ascii
07	Application Data	P'4038u3'693w0	8 Bit Ascii

Hình 4.19. Cảnh báo nguy cơ đâm va giữa tàu đang giám sát với hai tàu đối hướng tương ứng với trường hợp ở Hình 4.18 trên bản tin AIS số 8

Hình 4.19 cho thấy bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va giữa các tàu MMSI 57440900, tàu MMSI 574668899 và tàu MMSI 357178000 trên bản tin AIS số 8 có nội dung như mong muốn.

Đồng thời, thực hiện so với các hệ thống giám sát phương tiện sẵn có gồm hệ thống VTS tại Cảng vụ [95] và hệ thống giám sát phương tiện của Vishipel [97], có thể thấy hệ thống tương đương với các hệ thống này ở khả năng thu nhận, xử lý tín hiệu. Hơn nữa, với khả năng dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va sử dụng mạng nơ ron, hệ thống cho thấy tính mới, hiệu quả hơn trong việc đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng nên có thể

bổ sung công cụ hỗ trợ các hệ thống giám sát phương tiện sẵn có, góp phần mang lại hiệu quả trong công tác theo dõi, giám sát, quản lý tàu thuyền, nhằm tăng cường bảo đảm an toàn, an ninh hàng hải.

4.3. Kết luận chương

Chương IV đã thực hiện xây dựng hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va trên luồng hàng hải theo thời gian thực trên cơ sở dữ liệu AIS. Hệ thống được xây dựng đáp ứng tính năng liên tục theo dõi và cập nhật vị trí của tất cả các tàu thuyền trong khu vực đang giám sát, đánh giá được nguy cơ rủi ro khi tàu hành trình trên luồng và khả năng cảnh báo nguy cơ đâm va trên luồng, góp phần nâng cao hiệu quả trong công tác quản lý, giám sát tàu thuyền.

Đồng thời, thực hiện thử nghiệm đánh giá nguy cơ rủi ro đâm va trên luồng hàng hải Hải Phòng. Trong trường hợp xác định có nguy cơ đâm va trên luồng, thực hiện tạo bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va trên bản tin AIS số 8 nhằm hỗ trợ công tác quản lý, giám sát tàu thuyền khi hành trình trên luồng hàng hải. Với khả năng dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va, hệ thống cho thấy tính mới, bổ sung công cụ hỗ trợ các hệ thống giám sát phương tiện sẵn có, như hệ thống VTS của các cảng vụ hay hệ thống giám sát phương tiện của Vishipel... , góp phần mang lại hiệu quả trong công tác theo dõi, giám sát, quản lý tàu thuyền, nhằm tăng cường bảo đảm an toàn, an ninh hàng hải.

KẾT LUẬN

Luận án đã đạt được một số kết quả có ý nghĩa về mặt khoa học và thực tiễn:

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ thu AIS ứng dụng công nghệ điều khiển vô tuyến bằng phần mềm SDR (bộ thu AIS mềm) để tạo sự linh hoạt, chủ động trong thu thập, phân tích và xử lý dữ liệu AIS phục vụ mục đích nghiên cứu khoa học và đánh giá rủi ro đâm va hỗ trợ công tác bảo đảm an toàn hàng hải;

Đề xuất một mô hình đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng sớm theo nguyên tắc đánh giá từ xa, phù hợp với điều kiện hoạt động của tàu thuyền trên luồng hàng hải. Mô hình sử dụng các yếu tố môi trường và các yếu tố đặc trưng của luồng hàng hải, có thể áp dụng để đánh giá nguy cơ đâm va trên các luồng hàng hải khác nhau trên cơ sở tham vấn ý kiến chuyên gia và khai phá dữ liệu, sử dụng mạng nơ ron nhằm nâng cao an toàn cho tàu khi hành trình trên luồng, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải;

Xây dựng mô hình, triển khai áp dụng thử nghiệm hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va tàu thuyền trên luồng theo thời gian thực. Hệ thống có thể cung cấp thông tin đầy đủ và chính xác về hoạt động của các tàu thuyền trong khu vực, dựa trên sự kết hợp giữa tính năng theo dõi vị trí và hiển thị thông tin AIS chi tiết lên bản đồ số để thực hiện quản lý và giám sát hoạt động tàu thuyền theo thời gian thực một cách hiệu quả. Giao diện người dùng cung cấp một bản đồ số đa chiều, đa lớp, cho phép người sử dụng dễ dàng theo dõi và quản lý vị trí của các tàu thuyền. Thông tin chi tiết về từng đối tượng tàu thuyền có sẵn khi người dùng tương tác với các đối tượng tàu thuyền được hiển thị trên bản đồ, bao gồm cả các thông tin AIS cũng như cảnh báo va chạm, tình trạng hoạt động và thông tin địa lý liên quan. Với khả năng dự báo, cảnh báo sớm nguy cơ đâm va, hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va

tàu thuyền trên luồng hàng hải theo thời gian thực cho thấy tính mới, bổ sung công cụ hỗ trợ đảm bảo an toàn hàng cho các hệ thống giám sát phương tiện sẵn có (hệ thống VTS của các cảng vụ hay hệ thống giám sát phương tiện của Vishipel...).

Đồng thời, thực hiện nghiên cứu ứng dụng bản tin ASM của hệ thống AIS để thực hiện cảnh báo nguy cơ đâm va giữa các tàu có nguy cơ nhằm hỗ trợ công tác quản lý, giám sát tàu thuyền khi hành trình trên luồng, góp phần bảo đảm an toàn hàng hải.

HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

Đề tài đã đạt được một số kết quả nhất định trong nghiên cứu ứng dụng hệ thống nhận dạng tự động AIS trong nâng cao năng lực quan sát và quản lý tàu thuyền tuy nhiên vẫn còn tồn tại những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu phát triển, cụ thể:

1. Các thông số về dòng chảy chỉ mới được cập nhật thủ công trên cơ sở dữ liệu cao độ thủy triều. Nguyên nhân khách quan do không có thiết bị đo dòng kết nối trực tiếp vào hệ thống hỗ trợ đánh giá rủi ro đâm va được xây dựng.

2. Việc khảo sát lấy ý kiến chuyên gia mới chỉ được áp dụng trong phạm vi hẹp để chứng minh tính hợp lý của phương pháp, cho nên cần phải tiếp tục bổ sung dữ liệu để làm dày cơ sở dữ liệu để nâng cao độ chính xác và tin cậy trong đánh giá nguy cơ đâm va.

3. Việc phát các bản tin cảnh báo nguy cơ đâm va được tạo ra cần phải được nghiên cứu bổ sung theo hướng tiếp cận, đảm bảo phù hợp với đối tượng sử dụng.

4. Thực tế việc đảm bảo an toàn hàng hải cần dựa trên thông tin tổng hợp thu nhận được từ các thiết bị, hệ thống quan trắc khác như Radar/ARPA, CCTV, quan trắc bằng mắt thường. Tuy nhiên, đề tài tập trung vào khai thác dữ liệu AIS vì lý do dễ tiếp cận và có tính tự động hoá cao, còn các nguồn dữ liệu khác có thể được sử dụng làm tăng độ tin cậy, chính xác trong đánh giá nguy cơ đâm va.

Các vấn đề này sẽ được tiếp tục nghiên cứu phát triển nhằm góp phần mang lại hiệu quả thiết thực hơn nữa trong công tác giám sát, quản lý tàu thuyền tại các cơ quan quản lý Nhà nước về hàng hải.

CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ KẾT QUẢ ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

A. Công bố quốc tế

[1]. **Nguyen Thanh Van**, Viet Tran Xuan, Nguyen MinhDuc (2020). *Ship Navigation Database Based on AIS Data Using for Vessel Management on Haiphong Marine Channel*. 2020 IEEE Eighth International Conference on Communications and Electronics (ICCE), pp. 692-696.

[2]. Hung Pham-Viet, Vu Hoang Tran, Cac Trong Nguyen, **Nguyen Thanh Van**, Nguyen Manh Cuong (2020). *Performance Assessment of Marine Vessel Positioning Method Using AIS Signals Based on Time Difference of Arrival*. 2020 IEEE Eighth International Conference on Communications and Electronics (ICCE), pp. 297-301.

B. Công bố trong nước

[3]. PGS.TS. Lê Quốc Tiến, **ThS. Nguyễn Thanh Vân** (2018). *Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu cho hệ thống tự động nhận dạng (AIS) tại các trung tâm quản lý tàu (VTS)*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 07/2018, tr. 100-103.

[4]. **ThS. Nguyễn Thanh Vân** (2019). *Thiết kế mô hình thu thập và xử lý dữ liệu AIS của hệ thống tự động nhận dạng (AIS) tại các trung tâm quản lý tàu (VTS)*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 08/2019, tr. 95-97.

[5]. **ThS. Nguyễn Thanh Vân**, PGS. TS. Đinh Anh Tuấn, ThS. Đoàn Hữu Khánh, KS. Nguyễn Văn Hùng (2023). *Nghiên cứu, thiết kế bộ điều khiển tránh va thông minh cho tàu thủy ứng dụng logic mờ và trí tuệ nhân tạo AI*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 01+02/2023, tr. 75-78.

[6]. **ThS. Nguyễn Thanh Vân**, ThS. Bùi Đình Thịnh (2023). *Phát triển module thu tín hiệu AIS dựa trên RTL-SDR và OPENCPN*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 8/2023, tr. 104-106.

[7]. Nguyễn Thanh Vân (2024). *Nghiên cứu phát triển các bản tin ứng dụng đặc biệt (ASM - Application Specific Message) của hệ thống nhận dạng tự động (AIS) trong cảnh báo nguy cơ đâm va tàu thuyền*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 78 (04 - 2024), tr. 7-12.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

A. Tiếng Việt

- [1] Bộ Giao thông vận tải (2016). *Thông tư số 23/2016/TT-BGTVT ngày 06/9/2016 ban hành Định mức kinh tế - kỹ thuật vận hành, khai thác và bảo dưỡng hệ thống quản lý hành hải tàu biển.*
- [2] Bộ Giao thông vận tải (2018). *Thông tư số 17/2018/TT-BGTVT ngày 09 tháng 4 năm 2018 quy định quản lý và khai thác thông tin nhận dạng tự động của tàu thuyền.*
- [3] Điều 63 Nghị định 58/2017/NĐ-CP ngày 10/5/2017 của Chính phủ *Quy định chi tiết một số điều của Bộ luật Hàng hải Việt Nam về quản lý hoạt động hàng hải.*
- [4] QCVN 42:2015/BGTVT (2015). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về trang bị an toàn tàu biển.*
- [5] QCVN 68:2013/BTTTT (2013). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về thiết bị trong hệ thống nhận dạng tự động sử dụng trên tàu biển.*
- [6] Bộ Giao thông vận tải (2018). *Thông tư số 39/2018/TT-BGTVT ngày 21 tháng 6 năm 2018 ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy phạm phân cấp và đóng phương tiện thủy nội địa - Sửa đổi lần 2: 2018 QCVN 72:2013/BGTVT.*
- [7] Cục Hàng hải Việt Nam (2023). *Quyết định số 730/QĐ-CHHVN ngày 30/5/2023 của Cục trưởng Cục Hàng hải Việt Nam ban hành Quy chế quản lý hoạt động của Hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải tại khu vực cảng biển Hải Phòng.*
- [8] ThS. Đỗ Đức Tiên, KS. Đinh Văn Thắng (2011). *Ứng dụng hệ thống nhận dạng tự động (AIS) trong công tác quản lý an toàn hàng hải.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 26, tr.47.

- [9] ThS. Lê Trí Thành, ThS. Phạm Trung Minh, ThS. Đặng Hoàng Anh, TS. Nguyễn Trọng Đức, ThS. Nguyễn Thái Dương (2015). *Xây dựng hệ thống quản lý, giám sát tàu biển trên hải đồ số*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 43, tr.72.
- [10] Nguyễn Văn Sương, Mai Xuân Hương (2022). *Nghiên cứu đề xuất hướng tiếp cận tự động hoá điều khiển tàu biển tránh va*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 70 (04-2022), tr.15-19.
- [11] Nguyễn Mạnh Cường, Trương Thanh Bình (2020). *Phương pháp đánh giá khả năng va chạm tàu thuyền dựa trên hệ thống nhận dạng tự động*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 64, tr.31.
- [12] ThS. Nguyễn Văn Quảng, PGS.TS. Trần Văn Lượng, TS. Lương Tú Nam (2023). *Cơ sở lý thuyết xác định vùng an toàn điều động tàu trên vùng biển Việt Nam*. Tạp chí Giao thông vận tải, số 734, tr.106-109.
- [13] ThS. Nguyễn Văn Quảng, KS. Nguyễn Văn Mạnh (2023). *Nghiên cứu xác định vùng nguy hiểm xung quanh tàu sử dụng phương pháp chuyên gia tại các điểm nóng giao thông trên khu vực luồng Hải Phòng*. Tạp chí Giao thông vận tải, số 07/2023, tr. 57-60.
- [14] Đinh Gia Huy, Trần Anh Khoa (2022). *Xác định vùng nguy hiểm xung quanh tàu dựa trên khả năng quay trở của tàu*. Kỷ yếu Hội thảo khoa cấp Trường 2022, tr. 245-250.
- [15] TS. Nguyễn Văn Sương (2021). *Tự động điều khiển tàu thủy*. Giáo trình, Nhà xuất bản Hàng hải.
- [16] TS. Trần Anh Dũng (2013). *Điều khiển hiện đại - Lý thuyết và ứng dụng*. Giáo trình, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [17] Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng (2023). *Số liệu thống kê tai nạn sự cố trong vùng nước cảng biển Hải Phòng (giai đoạn 2018 - 2022)*.
- [18] PGS. TS. TTr. Phạm Kỳ Quang, TS. Vũ Văn Duy (Chủ biên), ThS. TTr.

Nguyễn Văn Cang, PGS. TS. TTr. Nguyễn Phùng Hưng, TS. Cồ Tấn Anh Vũ, TS. Đặng Đình Chiến, ThS. TTr. Phạm Nguyễn Đăng Khoa, ThS. Vũ Đăng Thái (2020). *Ứng dụng CFD xây dựng bản đồ dòng chảy tuyến luồng hàng hải*. Sách chuyên khảo, Nhà xuất bản Hàng hải.

B. Tiếng Anh

- [19] *Solas Chapter V - Annex 17 - Automatic Identification Systems (AIS)*, 2014.
- [20] M. Series (2010). *Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band*. Recommendation ITU, pp. 1371-4, 2010.
- [21] International Telecommunications Union (2012). *Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band*. Recommendation ITU-R M.1371-4, 06-19.
- [22] IALA (2002). *IALA Technical Clarifications on Recommendation ITU-R.1371-1*. In *IALA Guidelines on The Automatic Identification System (AIS)*, vol. 1 of Part I, Edition 1.3.
- [23] IALA (2002). *IALA Technical Clarifications on Recommendation ITU-R.1371-1*. In *IALA Guidelines on The Automatic Identification System (AIS)*, vol. 1 of Part II, Edition 1.3.
- [24] IALA (2013). *IALA Guideline No. 1095 On Harmonised implementation of Application-Specific Messages (ASMs) Edition 1*.
- [25] IMO (2011). *Circular 289: Guidance On the Use of AIS Application-Specific Messages*.
- [26] S. Li (2014). *Analysis with Automatic Identification System Data of Vessel Traffic Characteristics in the Singapore Strait*. Transportation

- Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 2426, pp. 33-43.
- [27] Y. C. Altan and E. N. Otay (2017). *Maritime Traffic Analysis of the Strait of Istanbul based on AIS data*. The Journal of Navigation, vol. 70, no. 6, pp. 1367-1382.
- [28] Xianbiao Ji, Zheping Shao, Jiakai Pan, and Cunbao Tang (2009). *A New AIS-Based Way to Conduct OLAP of Maritime Traffic Flow*. International Conference on Transportation Engineering 2009. ASCE, Proceeding of ICTE 2009, Chengdu, China.
- [29] Jin Xingfu, Fu Yuhui, Zhang Liandong (2012). *Research on vessel traffic flow at Chengshantou water area based on AIS Data*. Journal of Dalian Maritime University, 01, 33-36.
- [30] C. M. Jensen, E. Hines, B. A. Holzman, T. J. Moore, J. Jahncke, and J. V. Redfern (2015). *Spatial and temporal variability in shipping traffic off San Francisco, California*. Coastal Management, vol. 43, no. 6, pp. 575-588.
- [31] Li Hongxiang, Fang Xun (2011). *Statistical Method Research of Vessel Traffic Flow Based on AIS*. Journal of Wuhan University of Technology, Transportation Science & Engineering, 04, 853-857.
- [32] F. Xiao, H. Ligteringen, C. Van Gulijk, and B. Ale (2015). *Comparison study on AIS data of ship traffic behavior*. Ocean Engineering, vol. 95, pp. 84-93.
- [33] P. Kujala, M. Hänninen, T. Arola, and J. Ylitalo (2009). *Analysis of the marine traffic safety in the Gulf of Finland*. Reliability Engineering & System Safety, vol. 94, no. 8, pp. 1349-1357.
- [34] Tong Xiaopeng, Mao Zhe, Chen Xu, Wu Qing, Sang Lingzhi (2015).

Vessel Trajectory Prediction in Curving Channel of Inland River.
The 3rd International Conference on Transportation Information and Safety, IEEE, June 25 - June 28, 2015, Wuhan, P. R. China.

- [35] Bin Hu, Ryan Wen Liu, Kai Wang, Yan Li, Maohan Liang, Huanhuan Li, Jingxian Liu (2017). *Statistical Analysis of Massive AIS Trajectories Using Gaussian Mixture Models.* 2017 2nd International Conference on Multimedia and Image Processing.
- [36] Xiaohan Zhang, Yixiong He, Ruhong Tang, Junmin Mou, Shuai Gong (2018). *A Novel Method for Reconstruct Ship Trajectory Using Raw AIS Data.* 2018 3rd International Conference on Intelligent transportation Engineering, pp.192-198.
- [37] Feng Deng, Sitong Guo, Yong Deng, Hanyue Chu, Qingmeng Zhu and Fuchun Sun (2014). *Vessel track information mining using AIS data.* 2014 International Conference on Multisensor Fusion and Information Integration for Intelligent Systems (MFI), pp.706-714.
- [38] Wayan Mahardhika Wijaya, Yasuhiro Nakamura (2013). *Predicting Ship Behavior Navigating Through Heavily Trafficked Fairways by Analyzing AIS Data on Apache Hbase.* 2013 First International Symposium on Computing and Networking, pp. 220-226.
- [39] Wenjing Yan, Rong Wen, Allan N. Zhang, Dazhi Yang (2016). *Maritime Pattern Extraction from AIS data using a Genetic Algorithm.* 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp.3798-3806, 2016.
- [40] Sindre Fossen, Sindre Fossen (2018). *Extended Kalman Filter Design and Motion Prediction of Ships using Live Automatic Identification System (AIS) Data.* 2018 2nd European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS), pp. 464-470.
- [41] H. Jia, R. Adland, V. Prakash, and T. Smith (2017). *Energy efficiency*

- with the application of Virtual Arrival policy*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 54, pp. 50-60.
- [42] Z. Zhao, K. Ji, X. Xing, H. Zou, and S. Zhou (2014). *Ship surveillance by integration of space-borne SAR and AIS—review of current research*. The Journal of Navigation, vol. 67, no. 1, pp. 177-189.
- [43] A. S. Souf-Aljen, A. Maimun, R. Rahimuddin, and N. Zairie (2016). *Port capacity forecasting and the impact of the dredging works on port sea operations using discrete event simulation*. Journal Teknologi, vol. 78, no. 9-4.
- [44] C. Santamaria, M. Alvarez, H. Greidanus, V. Syrris, P. Soille, and P. Argentieri (2017). *Mass processing of Sentinel-1 images for maritime surveillance*, Remote Sensing, vol. 9, no. 7, pp. 678.
- [45] G. Pallotta, M. Vespe, and K. Bryan (2013). *Vessel pattern knowledge discovery from AIS data: A framework for anomaly detection and route prediction*. Entropy, vol. 15, no. 6, pp. 2218-2245.
- [46] B. Ristic (2014). *Detecting anomalies from a multitarget tracking output*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 50, no. 1, pp. 798-803.
- [47] B. Ristic, B. La Scala, M. Morelande et al. (2008). *Statistical analysis of motion patterns in AIS data: Anomaly detection and motion prediction*. Information Fusion, 2008 11th International Conference on. IEEE, 2008, pp. 1-7.
- [48] Karl Gunnar Aarsæther and Torgeir Moan (2009). *Estimating Navigation Patterns from AIS*. The Journal of navigation (2009) 62, pp. 587-607.
- [49] Jun Min Mou, Cees van der Tak, Han Ligteringen (2010). *Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data*. Ocean Engineering Volume 37, Issues 5–6, April 2010, Pages 483-490.

- [50] H. Greidanus, M. Alvarez, T. Eriksen, and V. Gammieri (2016). *Completeness and accuracy of a wide-area maritime situational picture based on automatic ship reporting systems*. The Journal of Navigation, vol. 69, no. 1, pp. 156-168.
- [51] F. Mazzearella, M. Vespe, A. Alessandrini, D. Tarchi, G. Aulicino, and A. Vollero (2017). *A novel anomaly detection approach to identify intentional AIS on-off switching*. Expert Systems with Applications, vol. 78, pp. 110-123.
- [52] A. N. Skauen (2016). *Quantifying the tracking capability of space-based AIS systems*. Advances in Space Research, vol. 57, no. 2, pp. 527-542.
- [53] Felski, A. and Jaskólski, K. (2015). *Comprehensive Assessment of Automatic Identification System (AIS) Data Application to Anti-collision Manoeuvring*. The Journal of Navigation, 68, 697-717.
- [54] L. Li, W. Lu, J. Niu, J. Liu, and D. Liu (2018). *AIS data-based decision model for navigation risk in sea areas*. The Journal of Navigation, vol. 71, no. 3, pp. 664-678.
- [55] S.-L. Kao, K.-T. Lee, K.-Y. Chang, and M.-D. Ko (2007). *A fuzzy logic method for collision avoidance in vessel traffic service*. The Journal of Navigation, vol. 60, no. 1, pp. 17-31.
- [56] P. Silveira, A. Teixeira, and C. G. Soares (2013). *Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal*. The Journal of Navigation, vol. 66, no. 6, pp. 879-898.
- [57] M. Zaman, E. Kobayashi, N. Wakabayashi, S. Khanfir, T. Pitana, and A. Maimun (2014). *Fuzzy FMEA model for risk evaluation of ship collisions in the Malacca Strait: based on AIS data*. Journal of Simulation, vol. 8, no. 1, pp. 91-104.

- [58] Lianbo Li, Wenyu Lu, Jiawei Niu, Junpo Liu, Dexin Liu (2017). *Fuzzy Optimization Model of High Risk Navigational Area Based on AIS Data*. Proceedings of the 36th Chinese Control Conference, July 26-28, 2017, Dalian, China, pp.9977-9982.
- [59] C.-M. Su, K.-Y. Chang, and C.-Y. Cheng (2012). *Fuzzy decision on optimal collision avoidance measures for ships in vessel traffic service*. Journal of Marine Science and Technology, vol. 20, no. 1, pp. 38-48.
- [60] Lei, D., Wen, Y., Xiao, C., Wang, L., Zhou, C. and Wu, X. (2015). *Collision Probability Calculation for Ship Sailing in Free Navigational Sea Area*. China Safety Science Journal, 01, 53-59.
- [61] X. Qu, Q. Meng, and L. Suyi (2011). *Ship collision risk assessment for the Singapore Strait*. Accident Analysis & Prevention, vol. 43, no. 6, pp. 2030-2036.
- [62] J. Weng, Q. Meng, and X. Qu (2012). *Vessel collision frequency estimation in the Singapore Strait*. The Journal of Navigation, vol. 65, no. 2, pp. 207-221.
- [63] Kgabo Frans Mathapo (2007). *A Software-Defined Radio Implementation of Maritime AIS*.
- [64] IEC (2001). *Maritime navigational and radiocommunication equipment and systems - automatic identification systems (AIS) IEC 61993-2*. In Class A AIS – Operational and performance requirements, methods of test and required test results, Part II, IEC.
- [65] IEC 61162-1 (2010), International Standard. *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces – Part 1: Single talker and multiple listeners*. Edition 4.0 2010-11.
- [66] Tuttlebee, W. (2002). *Software Define Radio: Enabling Technologies*. First edition, New York: Wiley & Sons.

- [67] Vito Giannini, Jan Craninckx, Andrea Baschiroto (2008). *Baseband Analog Circuits for Software Defined Radio*. Published by Springer.
- [68] Van Rooyen, G (2002). *The theory of frequency synthesis*. University of Stellenbosch.
- [69] A. B. Sergienko (2014). *Software - defined radio in MATLAB Simulink with RTL-SDR hardware*. International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA), IEEE.
- [70] ManasseWitsch, V. (1980). *Frequency Synthesisers-Theory and Design*. Second edition, New York: Wiley.
- [71] LASTER, J. D. (1997). *Robust GMSK Demodulation Using Demodulation Diversity and BER Estimation*. PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [72] Skalar, B. (1998). *Digital Communications - Fundamentals and Applications*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- [73] Nguyen Minh Duc (2009). *A Study on the efficiency enhancement of automatic radar tracking and analyses of marine traffic in Tokyo Bay*. TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology.
- [74] Jian Hong MEI, M. R. Arshad, & Jing Rui Tang (2019). *Collision risk assessment based artificial potential field approach for multi-ships avoidance*. Indian Journal of Geo Marine Sciences, Vol. 48 (07), pp. 1037-1047.
- [75] Rafal Szlapczynski a, Joanna Szlapczynska (2017). *Review of ship safety domains: Models and applications*. Ocean Engineering 145 (2017) 277-289.
- [76] Zbigniew Pietrzykowski, Janusz Magaj (2017). *Ship Domain as a Safety Criterion in a Precautionary Area of Traffic Separation Scheme*. Trans-

- Nav 2017; 11 (1), pp. 93-98.
- [77] Rafal Szlapczynski a, Joanna Szlapczynska (2021). *A ship domain-based model of collision risk for near-miss detection and Collision Alert Systems*. Reliability Engineering & System Safety Volume 214.
- [78] M. G. Hansen, T. K. Jensen, T. Lehn-Schiøler, K. Melchild, F. M. Rasmussen, F. Ennemark (2013). *Empirical ship domain based on AIS data*. The Journal of Navigation, vol. 66, no. 6, pp. 931-940.
- [79] Tengfei Wang, X. P. Yan (2017). *Ship Domain Model for Multi-ship Collision Avoidance Decision-making with COLREGs Based on Artificial Potential Field*. TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 11(1), pp. 85-92.
- [80] G. H. Dinh, N. K. Im (2026). *The combination of analytical and statistical method to define polygonal ship domain and reflect human experiences in estimating dangerous area*. International Journal of e-Navigation Maritime Economy, vol. 4, pp. 97-108.
- [81] Pietrzykowski and Uriasz, Z. Pietrzykowski, J. Uriasz (2009). *The Ship Domain – A Criterion of Navigational Safety Assessment in an Open Sea Area*. The journal of navigation, 62 (2009), pp. 93-108.
- [82] Li, Suyi, Meng, Qiang, Qu, Xiaobo (2012). *An Overview of Maritime Waterway Quantitative Risk Assessment Models*. Risk Analysis, Vol.32, No.3, 2012, National University of Singapore.
- [83] Nithin Buduma, Nikhil Buduma, Joe Papa (2022). *Fundamentals of Deep Learning*. Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms, second Edition, O'Reilly.
- [84] IMO (2010). *Guidance on the use of AIS Application-Specific Messages*. IMO Circ.289.

- [85] IMO (2004). *Guidance on the application of AIS binary Messages*. IMO Circ.236.
- [86] U.S. Department of Transportation, John A. Volpe Transportation Systems Center (2010). *St. Lawrence Seaway AIS Data Messaging Formats and Specifications*. Revision 4.1, April 9.
- [87] Frederik Ramm, Jochen Topf and Steve Chilton (2010). *OpenStreetMap: Using and Enhancing the Free Map of the World*. UIT Cambridge, 1st edition.
- [88] John A. Volpe (2010). *St. Lawrence Seaway AIS Data Messaging Formats and Specifications*. Transportation Systems Center, U.S. Department of Transportation, Revision 4.1, April 9.
- [89] S.-H. Choi and Y.-J. Ahn (2017). *AIS-ASM Standardised Communication Message Development Based on Users' Communication Needs at Sea*. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, vol. 23, no. 6, pp. 639-645.
- [90] IMO (2005). *International Code of Signals* Amer Nautical Services; 1st edition (January 1, 2005).
- [91] J. Fukuto, M. Minami and Y. Niwa (2009). *Study on Navigation Intention Exchange Support System with AIS*. The Journal of Japan Institute of Navigation, vol. 120, no. 0, pp. 27-33.
- [92] W. Burns, G. Johnson, I. Gonin, and L. Alexander (2011). *Testing of AIS Application-Specific Messages to Improve US Coast Guard VTS Operations*.
- [93] S.-J. Chang, C.-H. Huang, G. Hsu, and S.-M. Chang (2014). *Implementation of AIS - based marine meteorological applications*. OCEANS 2014-TAIPEI, 2014, pp. 1-4: IEEE.

- [94] Misako Urakami; Nobukazu Wakabayashi; Takayuki Watanabe (2018). *A Study on Location Information Screening Method for Ship Application Using AIS Recorded Data*. 2018 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom).

C. Các Website

- [95] <https://cangvuhaiphong.gov.vn/>
- [96] <https://www.openstreetmap.org>
- [97] <https://www.maritec.co.za/aisvdmvdodecoding>
- [98] <https://vishipel.com.vn/>

PHỤ LỤC

Phụ lục 01. Dữ liệu luyện mạng nơ ron

Gió [kts]	Dòng [kts]	Độ rộng luồng [m]	Độ phức tạp của luồng	Spd [kts]	Chiều dài tàu chủ [m]	Chiều dài tàu mục tiêu [m]	Khoảng cách tới tàu kế tiếp [m]	Đầu ra R
15.8	1.1	1200	4	9	145	120	1595.6	3
4.8	1.8	1200	1	5.5	170	106	1466.7	2
1.7	1.4	876.3	5	11.9	147	108	560.8	4
9.1	1.6	974.3	3	5.6	135	133	2051.9	2
8,5	1,1	1200	1	11,9	202	100	1536,4	3
9,3	1,9	350	5	6,3	129	215	1140,3	3
0,4	1,8	1002,7	0	10,3	100	147	1346	3
2,6	1,9	1046,6	1	8,8	199	140	1402	3
16,6	1,7	1200	1	8,5	223	80	1103,1	3
7,1	0,6	643,7	0	9	105	118	818,1	2
7,3	0,7	1200	1	8,2	105	157	2253,4	2
21,9	0,6	1200	2	6,2	209	207	1269,7	3
14,2	1,5	350	1	11,2	101	142	613,8	3
6,6	0,9	350	2	8,4	195	135	1704,2	3
14	1,9	1200	3	4,3	189	219	702,6	3
28,2	1,7	350	3	5,8	167	148	1067,7	3
22,1	2,2	535,7	2	6,2	202	144	954,5	3
5	0,9	1200	2	6,7	77	130	1848,9	2
11,6	0,6	1200	4	10,6	176	155	1831,7	3
19,4	0,6	350	2	9,1	107	202	1546,1	3
13,5	0,3	1200	5	8,3	130	133	2024,4	3
21,6	0,6	1200	1	11,2	179	113	1053,9	3
7,9	1,5	1200	5	8	91	167	526,1	3
14,3	1,5	673	2	11,9	154	147	1828	3
8,3	1,1	772,8	2	6,7	116	134	320	3
17,8	0,6	425,3	2	4,8	89	142	1133,9	2
20,2	1,7	457,3	4	7,8	142	128	354,1	4
28,9	0,1	1200	1	9,3	198	177	1250,7	3
21,8	0,6	438	5	10,8	116	196	716,9	4
12,4	1,1	507,4	4	6,5	185	93	559,1	3
12,6	0,9	350	5	10,4	113	77	1567,9	3
13	0,5	1159,5	2	5,6	163	116	2027,8	2
26,3	1,2	350	5	5	153	171	1356,4	3
8,7	0,5	1200	1	8,3	87	84	899,1	2
23,4	0,8	350	4	10,8	177	217	1221,4	4
21,2	0,2	1200	1	7,5	170	175	304,1	3

1,9	0,3	350	3	4,1	79	159	2173,5	2
10,1	1,9	350	1	6	144	93	2236	3
8,9	0,2	410,3	2	9,4	97	90	467,3	3
2,3	1,1	573,9	1	7,6	164	108	2007,3	2
19	0,9	397,1	2	5,4	147	191	1428,4	3
28,2	1,2	635,8	4	4,9	204	82	1206,1	3
28,9	0,4	350	2	6,8	184	144	2014	3
18,4	1,8	756,2	3	4,7	87	196	836,1	2
20,8	0,9	1200	3	10,5	109	157	1829,1	3
29	1,2	1157	1	6	170	93	1298,6	2
3,2	1,3	1200	2	8,9	214	80	1530,4	3
9,9	1,1	350	1	4,4	86	111	503,8	2
10,1	0,2	953,4	4	9	133	151	774,5	3
22,6	0,4	1200	4	7,4	85	141	1487,9	2
22,6	0,1	1200	2	8,1	210	213	725,5	3
10	1,2	350	4	6,2	175	172	495,5	3
1,4	0,1	350	2	8,3	206	143	751,4	3
18,5	1,6	1094,4	3	7,4	89	85	2175,3	2
23,2	1,6	684	3	8,1	128	161	1068,3	3
19	1	1200	3	6,3	177	219	752	3
12,2	0	783,7	4	8,5	175	189	959	3
16,2	1,1	408,4	4	10,3	179	153	586,5	4
12,5	0,7	1200	4	11,4	159	116	360,8	4
15,8	0,3	350	2	10	139	126	1195,1	3
20,1	1	1200	1	5,7	217	85	1620,5	2
5,1	1,3	350,6	1	11,2	116	107	1826,7	3
20,7	0,5	867,7	2	7,2	97	185	1410,5	2
24,2	0,9	705,8	1	10,1	207	111	1979,1	3
9	1,8	1200	2	7,9	122	182	1708,3	3
7,1	1,4	407,9	1	4,6	216	189	776,1	3
3,3	0,8	350	3	6,6	199	197	1889,9	3
27,1	1,4	1200	3	9,8	126	121	2220,9	3
28,8	1	891,3	1	4,7	112	171	980,5	2
9,4	0	1200	1	7,8	133	129	1244	2
13,6	1,7	567	2	7,5	91	181	503,5	3
29,9	1	1200	3	8,1	200	165	1513,2	3
8	0,1	735,7	1	9,1	77	146	2267,8	2
15,2	0,5	1200	5	6,8	153	115	1422,4	3
13,9	0,4	1200	2	6,6	159	144	1347,1	2
17,9	0,6	1200	3	10,9	216	120	1689,2	3
29,5	1	1200	2	6,6	222	187	1076,3	3
29	1,4	1200	2	8,3	110	137	1619,4	3
6,3	0,5	1080,9	3	10,7	118	169	2174,2	3
22,4	0	350	4	8,1	160	113	732,9	3

11,7	1,1	847,3	4	7,3	203	138	1911,9	3
14,5	0,5	755,2	4	5,7	180	216	1993,8	3
23,8	1,2	350	4	6,8	218	156	1527,1	4
24,6	0,6	1152,6	0	5,6	175	173	1315,2	2
4,5	0,1	350	3	6,3	184	170	1682,8	3
21,9	0,9	414,6	4	10,7	106	223	583,7	4
11,9	1,2	453,9	4	9,1	135	160	567,4	3
22,2	0,2	1086,9	1	8,7	92	113	1835,7	2
4	1,3	1200	4	7,7	178	113	1294,1	3
25,1	1,1	1200	4	6	86	155	832,8	3
12	0,4	1200	2	4,4	91	178	496,2	2
6,9	0,9	350	3	5,4	147	190	1475,1	3
7,8	0,3	1164,3	4	8,7	131	129	1929,2	3
13,5	0,6	1200	1	11,5	161	138	1676,7	3
24,4	1,4	902,4	1	8,1	99	105	1720,9	2
20,3	0,6	1200	3	5	101	224	1079,7	2
10,8	0,3	1200	4	7,7	137	162	419,8	3
4,2	0,3	545,7	1	11,7	166	192	1789,1	3
14,7	0,2	1200	1	4,2	157	105	1559,5	2
21,9	1,8	600,9	2	6,8	127	117	2199,5	3
23,4	0,9	1200	2	7,8	103	212	326,9	3
13,1	1,5	350	4	4,6	151	87	1076,7	3
6,2	1,8	504,1	2	7,2	88	161	1329,4	3
22,5	1,8	612,6	3	11,6	112	200	1079,4	4
7,3	1,3	1200	3	9,8	160	195	1328,7	3
25,8	1,2	372	1	5	130	205	1370,2	3
15	1,3	350	5	6,8	130	136	1935,5	3
24,6	0,4	842	1	10,5	136	129	326,7	3
5,9	1,7	1200	1	4	127	200	339,9	2
7	1,1	1062,6	2	8,1	162	134	2126	3
5,8	1,2	1028,6	1	8,1	96	84	2145,2	2
8,9	1,2	485,1	2	8,2	98	206	1413,8	3
11,8	1,4	1200	2	8,8	184	187	1667,4	3
19	0,9	350	4	11,6	101	191	2093,1	4
27,9	1,8	350	1	7,2	147	198	845,6	3
10,6	0,6	1200	1	11,5	169	139	519	3
29,5	0,4	1200	0	5,3	200	149	1556,9	2
14	0,1	350	3	7,4	183	155	695	3
4	1,7	1101,8	1	5,9	161	107	1825	2
16,8	1,7	598,9	4	6	88	202	1211	3
25,3	0,6	350	0	4,3	90	117	968,4	2
9,9	1,2	350	1	4,1	203	111	947,9	3
27,3	1,7	1146,9	3	7,4	116	181	1641,1	3
15,2	1,2	548,9	1	5,3	93	98	828,9	2

26,5	0,8	1056,2	2	4,4	178	111	1597,2	2
13,2	0,5	350	2	4,3	106	194	1687,5	2
28	0,7	350	1	11,1	194	127	573,9	4
29,7	4	693	4	8,5	139	155	2016,3	4
23,7	1	1200	0	4,9	198	78	761,6	2
12,4	0,4	725,7	4	8,4	119	211	1490,1	3
11,5	1,2	1200	4	10,4	89	88	2243,4	3
0,6	3	395,4	0	6,2	127	156	1383,2	3
5,1	0,4	350	4	11,5	114	97	1540,7	3
19,4	0,4	672,6	5	7,3	136	214	891,1	3
22,9	1,7	1200	2	11,8	171	122	1182,9	3
17,1	0,6	1200	0	10,6	143	131	817,9	3
17,7	0,1	350	2	11	191	221	502,2	4
9,2	0,8	548	3	9,2	132	189	872,7	3
20,9	1,7	350	2	5,4	125	161	1894,2	3
15,3	1,1	803,4	2	6,7	114	137	1944,5	2
16,5	0,4	359,1	2	4,6	103	209	394,7	2
5,4	0,6	960,5	4	5	166	213	1297,4	2
13,7	1,5	350	1	10,6	213	125	1508,4	4
10,1	0,5	877,2	4	5,1	98	78	422,1	2
23,1	0	656,3	4	6,2	159	207	1274,4	3
20,9	0,9	1200	1	4,6	188	157	720,3	2
12,8	1,6	350	3	9,9	153	142	416,8	4
1,6	0,2	1200	1	11,3	118	165	1630,5	3
4,8	0,2	602,6	1	7	145	164	2225,7	2
26	3,9	350	3	11,6	124	118	1883,7	4
6,7	1,9	955	0	10	224	111	2091,8	3
18,9	0,8	546,6	5	8,6	142	163	1878,3	3
1,6	0,5	1200	1	10	174	198	609,4	3
17,4	2,8	958	5	6,8	138	100	2245,3	3
24,2	2,1	350	5	7,7	112	99	2022,3	3
15,1	0,3	1108,4	0	11	95	77	657,8	2
19,2	0,4	696,6	4	8,7	85	186	2005,6	3
7,2	1,8	350	3	11,4	218	178	1083,2	4
0,2	1,3	624,9	3	10,2	83	147	1377,3	3
27,8	0,5	350	1	11,2	143	166	699,1	3
18,6	0,6	1200	0	11,2	82	119	1231,8	2
3,4	1,9	776,7	0	9,4	148	90	493	3
3,2	0,8	1070,5	5	5,9	92	147	2003,9	2
27,7	1,8	1200	2	9,6	186	131	1291,7	3
7,2	3	592,3	2	10,4	199	109	796	4
1,4	3,2	551,1	3	5,2	214	117	576,9	3
18,9	2,8	647,6	1	9,8	221	166	1769,7	4
0,2	0,9	756,7	2	6,5	196	76	621,2	3

14,9	0,8	760,3	4	11,3	84	154	2078,9	3
29	1,8	488,8	4	7,4	137	225	2264	3
20,8	0,2	773,1	5	10,8	92	219	870,8	3
16,5	0,8	350	2	11	172	98	1153,3	3
29	2,8	1200	2	9,4	95	207	1543,1	3
19	0,3	859,8	2	11,7	93	164	2235,3	3
17,8	1,2	1200	2	6	77	169	1215,2	2
12,1	0,3	350	1	4,4	113	145	504,7	2
2	0,8	1200	4	6,1	119	181	1586,9	2
23,3	0,1	1200	0	9,6	153	168	1819,9	2
29,3	1,7	1200	4	8,2	212	197	1486,7	4
13,8	1,2	894,2	4	7	218	104	1526,5	3
27,8	1,6	1189,8	3	6,2	218	81	1411,7	3
7,3	1,7	1200	2	10,6	184	194	1198,3	3
3,7	1,5	825,5	1	6	155	151	1285,9	2
3	1,1	516,3	2	4,4	206	180	2215,9	3
4,6	0,4	350	2	8,5	175	164	1996,2	3
22,7	0,7	1200	3	7	89	173	1134,5	2
23	0,1	350	4	4,1	177	163	1711,4	3
26,6	0	525,3	4	6,5	160	167	638,6	3
0,6	1,6	1200	1	7,6	192	141	2016,4	3
4	1,6	624,2	5	5,1	172	129	1275,7	3
28,8	0,9	350	1	11,6	84	154	1539,2	3
16,3	1,3	1200	5	7,4	202	103	1020,2	3
27,8	1,9	608,1	1	5,3	156	103	2064,2	3
14,3	1,6	456,9	5	5,1	120	220	1379,2	3
14,4	0,2	743,9	1	5,8	143	183	791,4	2
5,9	0,3	1200	1	6,5	220	202	414,5	3
6,2	1,5	392,1	0	8,5	129	84	1678,8	3
28,7	0,4	747,1	1	5,7	83	210	571,6	2
28,6	0,3	350	1	6,5	140	160	465	3
22,7	1,8	536,5	4	7,8	162	111	1518,2	3
2,1	1,2	1200	4	8,7	135	136	2120	3
24,4	1,1	350	3	4,8	183	89	630,5	3
20,1	1,8	1011,4	5	9,1	92	112	1350,8	3
24,7	0,7	350	0	4,6	86	223	1865,8	2
5,7	1,2	1077,3	0	4,6	168	162	2146,8	2
8,9	0,4	1200	3	11,8	133	79	2234,2	3
19,4	1,2	1106,2	5	4,3	159	152	1846,4	3
3,3	1,9	922,8	3	6,8	214	173	498	3
16,6	0,8	1046,6	0	9,7	208	187	1484,3	3
22,5	0,7	1200	2	4,3	194	223	1138,9	2
23,4	0,4	1159,9	0	4,8	85	123	1464,7	2
5,2	1,1	1200	4	6,9	154	201	1943,4	3

26,3	1	676,2	3	9,1	110	222	1146,3	3
19,8	1,4	452,2	5	10,2	87	190	2269	3
20,7	1,8	350	1	8,7	98	167	335,6	3
14,6	0,1	350	1	6	153	155	902,3	2
5,7	1,7	865,2	2	5,1	151	123	1124,4	2
20,7	0,4	1073,1	4	7,5	183	80	1638,2	3
2,8	0	677,7	4	11,2	98	159	1501,5	3
28	1,8	350	1	10,2	120	153	1732,7	3
15,8	0	813,3	1	7,3	131	221	1880,4	2
3,8	0	1200	0	6,4	200	159	1813,9	2
7	0	1200	3	4,6	118	175	1629,9	2
20,5	3,9	350	2	7,8	190	181	2007,1	4
3	2,1	396	0	4,7	206	218	2269,6	3
8,2	1,1	713,5	3	11,8	96	173	2097,3	3
19,5	0,4	526,5	2	9,9	220	130	886,1	3
19,9	2,9	1200	1	10,5	166	171	2181,5	3
19,2	0,8	1200	2	5,5	203	169	875	3
5,5	2,2	363,8	2	7,4	205	122	764,4	4
24,2	3,1	350	2	5,1	203	208	1853,7	4
15,2	2,8	555,4	4	10,1	167	134	2180,6	4
27,2	2,7	1141,5	5	10,9	214	186	809	4
17,4	3,9	1200	3	11,7	94	76	1738,7	4
28,1	0,1	898,4	4	7,3	180	172	1826,2	3
20,8	2,8	350	5	6,9	144	166	2170,9	4
16,6	0,4	1199,3	4	6,2	204	115	2284	3
14,2	1,2	1200	5	5,7	219	170	514,9	3
6,1	2,9	350	4	9,9	177	82	1821,7	4
2,2	2,9	371,1	2	9,5	211	145	1800,1	4
13,3	0,9	350	3	11,9	102	188	1997,8	3
15,2	0,2	1200	1	10,7	77	155	1774,2	2
9,6	0,7	649,8	2	6,3	92	134	1979,7	2
26,1	1,9	1064,2	3	10,9	127	204	1658,6	4
15,4	0,2	1200	2	11	167	143	658,8	3
27,3	2,2	350	4	11,9	148	120	2282,7	4
6,2	2,2	1087	2	10,8	179	138	639,6	4
1,1	0,1	350	5	8	208	166	538,1	4
25,4	3,1	642,8	4	8,2	212	197	1494,8	4
11,1	3	462	2	4,2	75	202	1932,7	3
18,5	1,5	1200	4	4,7	116	202	2180,8	3
26,6	1	1200	1	6,9	112	188	1474,4	2
22,5	2	857	3	7,9	124	205	955,3	3
29	2,2	378	5	11,5	205	147	576	5
26,4	0,1	489,9	4	5	89	178	1530,4	2
24,2	2,4	350	3	7,6	195	137	560,3	4

27,1	0,6	1200	4	7	105	161	1594,4	3
21,9	0,2	483	0	4,7	183	152	2178,5	2
23,3	2,7	570,9	1	9	147	193	898	3
20,5	1,2	749,9	1	7,3	223	196	2041,5	3
28	0	999,2	2	6,1	103	217	2274,5	2
13,3	1,2	924,4	3	10,8	149	171	1758,4	3
15,2	0,5	648,9	2	6	150	210	2200,7	2
15	0,4	839,9	4	5,1	198	115	876,1	3
20	3,9	746,4	1	11,5	130	148	1457,3	4
8,8	2,8	1200	3	6,1	104	153	878,7	3
22,7	0,9	894	2	11,2	156	84	1564,3	3
18,7	1,1	797,6	5	4,1	149	180	1757,8	3
17,4	0,5	1200	4	9,4	188	192	1259,7	3
11,5	3,8	736,5	0	5,6	193	184	875,8	3
20,5	0	482,7	5	6,5	211	192	1665,7	3
9,3	0,9	1067,8	4	7,3	198	84	1420,1	3
4,9	0,7	350	0	5,8	140	113	1196,7	2
17,6	2,1	894,3	3	7,9	174	168	501,2	3
14,4	1,9	593,7	2	6,8	203	102	1917	3
2,2	3	350	2	7,2	196	100	681,2	4
2,3	2,8	587,2	4	8,3	95	222	2248,8	3
16,6	3,9	787,2	3	10,9	153	177	1866	4
22,1	3,1	1200	4	6,6	154	165	1790,3	3
10,4	2	608,7	3	5	216	126	779,8	3
5,2	0,8	750,9	2	5,3	127	146	852,2	2
5,8	1,8	1200	4	7	178	89	1226	3
15,8	3,9	963,1	4	7,3	138	110	1216,5	3
28,3	0,3	1063,2	1	9,9	165	200	1696	3
3,8	3,1	350	5	10,4	116	171	308	4
29,6	2,5	350	5	10,8	103	190	1324,7	4
27,1	3,8	350	5	6	184	95	975	4
3,5	2,3	523,2	3	6,1	78	117	1245	3
13,5	0,3	668,8	1	6,7	186	116	1471,3	2
5	0,1	777,2	3	10	126	158	449	3
22,3	1,8	1200	1	4,6	83	77	1192	2
5,5	0,7	350	3	5,2	208	113	2071,6	3
25,5	2,9	350	1	11	159	180	2280	4
7,4	2,7	383,2	2	7,5	108	93	2028,3	3
4,9	0,8	1200	1	5,2	117	174	741,3	2
1,5	2,8	655,1	2	5,3	138	117	1375	3
18,7	2,4	350	2	10,6	137	89	1796,3	4
19,2	0,3	860,2	2	8,4	106	81	1121,6	2
11,9	0,9	453,3	1	7,7	196	160	1586,1	3
13,9	2,6	1200	2	9,7	93	146	1331,6	3

21,1	0,4	927,7	2	11,6	141	130	1405,8	3
4,2	0,1	350	4	4,2	198	181	1462,9	3
9,7	2,8	1190,4	0	10,3	184	220	639,9	4
1,1	3,3	1200	1	5,4	133	150	1357,6	3
28,7	1,6	1003,6	2	8	148	181	726,3	3
26,5	0,1	385,7	1	8,3	88	95	637,3	2
18,9	1	350	2	10,1	80	152	977,5	3
9,8	2,1	350	1	10,3	185	82	2118,2	4
21	0,2	1200	0	10,7	158	108	1417,9	3
6,7	3,1	1048	4	4,6	118	187	1130,6	3
3,8	0,1	1007,9	4	5,2	165	114	918,6	2
18,5	1	1030,4	1	11,7	112	86	1545	3
15,4	2,4	350	4	8	193	151	1314,3	4
3,1	1,8	350	2	11	188	212	396,7	4
1,3	2,2	611,7	0	5,2	182	201	1414,3	3
13	1,1	369,2	2	11,2	162	137	2102,8	3
15,7	1,9	1084,7	5	4,1	88	196	1777,5	3
18,5	3,6	1108,3	0	9,5	108	199	1398,2	3
20,7	0,9	1200	1	4,9	156	129	1611,3	2
24,7	2,7	909	1	5	108	125	1863,8	2
15,2	1,6	420,6	1	6,9	207	208	2030	3
14,4	3,7	1077,7	2	4,4	115	117	1818	3
18,9	1,9	1019,2	3	9,7	91	212	481,8	3
20,3	2,8	961,4	2	7,7	221	210	734,6	4
22,6	0,6	350	4	5,5	136	107	1363	3
14,9	3,4	820,6	3	6,6	126	156	821,2	3
24,8	3,8	1200	2	10,5	90	135	469,4	4
28,3	0,5	1200	5	8,9	211	172	1574,4	3
22,2	1,8	1200	4	4	221	122	752	3
0,3	1,1	1011,8	2	9,3	156	114	718,2	3
18,4	3	350	3	6,6	128	216	653,3	4
12,9	3,5	1200	0	11,9	196	84	1530,4	4
28,6	3,6	1200	1	10,4	104	189	2176,8	4
25,2	3,8	1200	3	9,9	147	151	1351,3	4
2,6	0,8	1198,1	2	10,6	167	219	2239	3
11,9	1,8	737,4	3	9,5	223	126	2091,5	3
0,5	2,8	945,5	2	8,3	209	101	953,6	3
15,2	3,9	522,2	1	9,5	75	211	902,7	3
21,2	1,7	350	3	7,8	137	111	333,9	4
21	0,5	1200	2	10	183	185	2180,3	3
3,3	0,3	693,4	3	7,3	100	131	1807,7	2
5,9	3,3	350	4	5,3	123	165	1693,2	3
19,1	1	937,9	3	11,8	96	85	1531,7	3
27,7	4	440,6	1	8,6	188	145	2174	4

4,7	2,1	828,8	5	5,2	108	100	566,2	3
28,3	1,4	789,7	1	4,2	79	159	1968,6	2
13,8	1,6	675,3	1	11,6	195	136	1614,1	3
15,5	2,6	350	4	11,4	218	190	523	5
5,6	3,1	574,8	1	6,5	200	121	1267,3	3
22,1	3,1	1200	4	7,2	219	165	902,1	4
2,9	1,2	350	5	5,6	219	108	1102,8	3
28,1	1,4	879,8	4	4,5	204	170	2195,7	3
5,2	0,3	350	3	11,5	225	130	1541,3	4
10	3,4	1192,3	3	6,5	87	202	375,1	3
5,7	1,9	350	2	6,9	218	217	1107,6	4
26	0,6	894,4	0	11	109	206	1286,1	3
7,5	2,1	950,5	0	7,3	218	216	614,6	3
2,7	3,8	1154,8	2	10,6	147	137	1069,5	4
21,9	3	1010,7	2	7	128	165	2135,3	3
13,2	2,8	1200	3	6,4	200	146	2230,1	3
15,6	3,5	365,9	5	10,5	159	144	354,1	5
2	3,8	1200	2	8,5	145	221	2199,5	3
4,7	2,6	1200	2	4,7	152	111	2094,4	2
14,2	2,6	566,4	4	11,9	167	191	1661,4	4
28,3	2,3	350	1	10,6	116	108	585,5	4
6,9	0,9	873,7	0	4,1	79	134	1141,7	1
26,5	3,5	1134,1	1	10,1	174	224	1450,5	4
18,5	0,9	375,2	2	6,8	77	141	1213,7	2
1,8	2,3	1069,8	3	8,7	187	146	1952,8	3
2,7	0,6	999,2	2	9,5	161	170	806,2	3
23,2	0,9	769,9	4	4,4	159	201	1774,1	3
13	3,1	1157,1	2	8,1	107	118	2102,4	3
29,6	0,9	1049,7	5	8,2	188	171	1637,9	3
20,4	2,6	1200	0	9,7	211	144	1633,7	3
10,1	1,7	617,7	4	11,9	187	110	1360,7	4
26	3,6	350	2	10,2	132	224	2230,5	4
18,4	1,3	350	2	8,5	88	107	1750,4	3
1,8	1,8	553,1	3	11,9	123	207	1755,3	4
10,4	0,4	1114,9	1	5,7	189	139	2199,3	2
25	0,7	829,6	0	5,6	87	106	1300,8	2
14,4	3,4	965,7	0	5,7	156	189	2167,3	3
24,9	3,6	1200	3	5,9	149	124	1702	3
14,1	3,5	350	3	6,4	140	223	2059,7	4
5,2	2	350	2	5,1	96	206	1114,3	3
18,3	1,3	1180,6	3	8,4	196	207	976,2	3
22	1,4	670,3	3	6,9	155	111	1662	3
23,2	3,2	350	4	11,5	195	75	2094,5	5
27,7	2,6	1200	2	11,2	76	91	1694,6	3

19,6	2	745,6	3	7,6	99	206	2241,6	3
22,7	2,9	350	0	11,9	218	176	454,3	5
24,9	3,3	422,3	2	5,3	213	180	1942,3	4
29,1	2,2	1200	1	11,9	137	86	2242,3	3
22,1	2,9	422	1	5,7	131	176	1802,9	3
19,8	0,8	1019,5	3	10	198	163	855,4	3
19,8	0,2	350	4	5,3	185	108	1447,5	3
6,9	0,7	517,8	2	10,4	196	201	596,5	4
1,4	0,3	350	2	7,9	160	76	405,4	3
11,1	1,9	495,2	1	4,7	167	126	1210,6	3
27,8	2,6	550	5	5,1	164	141	1804,2	3
24,5	2,3	1200	2	5,1	179	182	2004,9	3
25,1	2,3	361,8	2	7,6	101	204	548,1	3
1,8	2,1	776,6	4	7,9	102	212	2075,3	3
25,4	1,6	350	1	5,2	116	188	2134,4	3
27,9	0,7	350	3	8,4	200	127	570,9	4
10,4	3,7	1200	0	5,6	202	146	1575,3	3
10,2	3,7	1200	1	9,7	130	190	2020,5	3
26,7	1,4	405,9	1	4,9	111	121	559,9	2
5	1,5	1200	5	10,9	157	95	1590,5	3
19,2	0,5	1200	4	7,1	126	92	780,2	3
20,3	1,4	425,5	1	4,3	85	162	482,1	2
26,8	0,2	787,5	4	9,9	140	200	511,7	3
18,7	3,1	1200	1	9,8	184	121	1088,9	3
13,7	1,7	1156,4	3	10,3	112	153	608,4	3
19,6	2,4	1200	4	10,4	195	178	1548,4	4
5,8	3,4	753,4	2	8,7	198	154	916,8	4
3,7	0,4	1064,1	2	6,9	183	120	791,4	2
16,4	3,6	754,7	4	6	222	77	2221,4	4
25,4	2,6	350	3	8,4	135	186	410,7	4
1,1	2,2	545,1	1	9,7	143	96	1415,4	3
3,3	3,8	350	0	9,9	173	87	1170,2	4
12,7	2,9	880,7	2	8,2	102	163	1563,3	3
23,2	3	745,3	2	11,8	192	203	330,1	5
5,7	3,1	498,3	2	5,9	88	115	819,9	3
27,5	1,2	801,4	1	7,6	104	199	1221,9	3
21,5	0	959,4	3	10,6	207	147	1973,9	3
28,8	1,3	350	1	11,8	192	154	2297	4
19	1,8	454,5	2	9,8	193	195	1264	4
22,1	2,2	372,1	5	6,5	181	99	1838,6	4
13,5	0,4	1108,4	3	9,5	199	199	2240	3
3,3	2	1200	1	5,4	85	184	2156,6	2
24,5	2,6	510,9	3	6	148	126	1320,5	3
3,9	2,4	350	3	6,4	172	200	786,6	4

6,9	0,6	1200	3	8,8	102	185	2043,3	3
23,4	1,2	350	3	7,7	193	139	2201,1	3
9,7	2,8	1113,9	2	9,7	223	214	2192,5	4
1,8	3,4	719,7	4	10,5	139	99	1777,9	4
13	0,5	357,8	5	6,7	199	172	805,3	3
15	0,3	1097,8	0	4,5	147	193	436,7	2
12,8	0,1	1200	1	9,3	154	206	831,2	3
1,8	3	938,6	3	5,8	162	217	1690,3	3
28	1,6	517,3	4	11,7	91	92	855,7	4
11,7	2,6	350	1	4,3	126	164	1381,3	3
18,3	2,4	350	1	10,9	198	223	1358,6	4
2,7	1	350	0	5,7	167	147	1228,1	2
18	3,4	932,4	3	11,6	164	221	421,1	4
28	1,9	1200	1	9,3	111	220	1057,1	3
19,2	1,3	882,9	3	4,9	106	79	1621,5	2
22,5	3	712,4	1	10	162	203	1008,1	4
27	0,8	350	1	5,7	172	177	588,6	3
26,3	2,4	1200	0	8,9	222	92	2072,2	3
29	1,5	1200	2	9,5	84	98	506,8	3
14,4	0,3	1200	2	11,9	106	83	674,4	3
11,9	0,9	355,9	2	6,9	201	155	1582,8	3
5	4	350	1	7,1	216	220	344,6	5
5,8	2,5	1142,4	4	11	172	160	739,9	4
10,9	3,3	465,7	1	6,7	80	174	472,7	3
2,7	1,7	1200	0	8,2	155	107	2298,7	2
2,3	2,8	500,1	0	9,2	186	183	1580,4	3
6,8	0,7	1200	4	10,6	180	113	2042	3
1,2	1,2	703,8	3	4	131	170	2028,6	2
10,3	1,8	1092,6	1	8,2	122	182	1237,6	3
3,6	2,6	1200	1	5	133	139	341,7	3
18,8	2,1	1200	0	8,1	125	78	1920,1	2
12,3	3	350	4	11,6	119	163	1458,2	4
9	2,3	350	4	9,7	121	154	347,4	4
11,9	1,5	628,7	1	8,7	192	87	885,8	3
1,5	2,2	1200	3	6,9	191	96	632,3	3
23	3,9	350	4	11,1	106	85	1613,6	4
27,9	2,1	838,9	2	10	155	103	2160,4	3
8,5	2,2	1200	1	8,4	187	171	1364	3
11,2	1,3	1125,3	3	5,4	225	99	464,6	3
29,5	1,1	1200	0	8,1	175	104	847,8	3
20,5	3,5	350	3	11,2	160	104	1247,6	4
26	3,4	1200	1	10,1	159	146	800,4	4
20,9	0,2	717,6	1	10,6	163	214	1979,3	3
10,5	2,1	350	2	5,9	103	193	1439,5	3

17	1,5	350	4	4,7	92	213	878,6	3
6,9	1,4	350	2	11,1	99	195	332,3	3
6,8	0,6	1200	3	10,3	155	151	1822,3	3
15,9	2,1	517,5	3	4,4	213	207	1982,4	3
21,7	1	350	1	9,5	210	196	1695,2	4
4,1	0,3	1190,3	0	10,1	104	103	1899,3	2
27,6	0,5	727,1	5	10,2	192	83	1256,7	3
3,1	1,8	1019,8	2	10,9	196	112	1615	3
15.8	1.1	1200	4	9	145	120	1595.6	3
4.8	1.8	1200	1	5.5	170	106	1466.7	2
1.7	1.4	876.3	5	11.9	147	108	560.8	4
9.1	1.6	974.3	3	5.6	135	133	2051.9	2

Phụ lục 02. Mã nguồn chương trình tạo bản tin AIS số 8

```

public string to_bin(int value)
{
    string Result = string.Empty;
    int number = value;
    for (int i = 0; number > 0; i++)
    {
        Result = number % 2 + Result;
        number = number / 2;
    }
    return Result;
}
char checkSum(string theseChars)
{
    char check = Convert.ToChar(0);
    for (int c = 0; c < theseChars.Length; c++)
    {
        check = Convert.ToChar(check ^ theseChars[c]);
    }
    return check;
}
string ConvertToHex(char c)
{

```

```

        return (Convert.ToInt32(c)).ToString("X");
    }
    public string PayloadData_To6bitASCII(string data)
    {
        string s_char = "";
        string s_6bitASCII = "";
        byte temp_char;
        foreach (char ch in data)
        {
            temp_char = (byte)ch;
            if (temp_char >= 64 && temp_char <= 95)
                temp_char -= 64;
            s_char = to_bin(temp_char);
            s_char = s_char.PadLeft(6, '0');
            s_6bitASCII += s_char;
        }
        return s_6bitASCII;
    }

    public string Payload_Armoring_ASCII(string content)
    {
        byte temp_char;
        string sub_string;
        string Payload_armoring_ascii = "";
        for (int pos = 0; pos < content.Length; pos += 6)
        {
            if (pos + 6 > content.Length)
            {
                sub_string = content.Substring(pos);
                sub_string = sub_string.PadRight(6, '0');
            }
            else
                sub_string = content.Substring(pos, 6);
            temp_char = Convert.ToByte(sub_string, 2);

```

```

        if (temp_char >= 40)
            temp_char += 8;
        temp_char += 48;
        Payload_armoring_ascii += (char)temp_char;

    }
    return Payload_armoring_ascii;
}
private void but_Generation_Click(object sender, EventArgs e)
{

    string s_mess_type = to_bin(8);
    s_mess_type = s_mess_type.PadLeft(6, '0');

    string s_repeat = txt_repeat.Text;

    mmsi = txt_MMSI_source.Text;
    int temp_mmsi = Convert.ToInt32(mmsi);
    string s_mmsi = to_bin(temp_mmsi);
    s_mmsi = s_mmsi.PadLeft(30, '0');

    string s_spare = txt_Spare.Text;

    designated_area_code = Convert.ToInt32(txt_DAC.Text);
    string s_designated_area_code =
to_bin(designated_area_code);
    s_designated_area_code =
s_designated_area_code.PadLeft(10, '0');

    functional_ID = Convert.ToInt32(txt_FID.Text);
    string s_function_id = to_bin(functional_ID);
    s_function_id = s_function_id.PadLeft(6, '0');

    data = txt_Data_app.Text;

```

```

var s_data = PayloadData_To6bitASCII(data);

string content_field = s_mess_type + s_repeat +
    s_mmsi + s_spare + s_designated_area_code
    + s_function_id + s_data;

string s_content = Payload_Armoring_ASCII(content_field);

s_content = "AIVDM,1,1,,B," + s_content + ",0";
char c_sum = checkSum(s_content);

string AIS_type_8 = "!" + s_content + "*" +
ConvertToHex(c_sum);

    textBox2.Text = AIS_type_8;
}
}

```