Report No:
TR-OSEC-DV01-09.2019

MÔ HÌNH MÔ PHỎNG TRONG QUY HOẠCH VÀ KHAI THÁC
CẢNG BIỂN

TS. NGUYỄN MINH QUÝ

Supervisor and promoter:
Prof. Rehan Sadiq

Science advisory members:

Rehan Sadiq	Professor and Executive Associate Dean, School of Engineering, University of British Columbia, Okanagan Compus (UBCO)
Pham Van Giap	Professor and Lecturer on Port and Waterway National University of Civil Engingeering (NUCE)
Tran Tan Phuc	General Director Portcoast Consultant Corporation (PORTCOAST)
Nguyen Hoang	Vice Director Vietnam Maritime Administration (Vinamarine)

Printed at UBCO
ISBN:
All rights reserved

Project title:	**Simulation model for Port Investment Planning and Operation**	Report No: TR-OSEC-DV01.2019

Sponsorship Agency: Portcoast Consultant Corporation (PORTCOAST)
328 Nguyễn Trọng Tuyển, P.2, Q.Tân Bình, Tp. Hồ Chí Minh
Điện thoại: (84 - 28) 62970345; 62970341
Fax: (84 - 28) 62970344
E-mail : portcoast@portcoast.com.vn;
Website: http://www.portcoast.com.vn

Host Agency: The University of British Columbia, Okanagan Campus (UBCO)
ADM002 - 1138 Alumni Ave
Kelowna, BC Canada V1V 1V7
Tel 250 807 9839
Fax 250 807 8062
Website: https://ok.ubc.ca/

Supporting Agency: National University of Civil Engineering (NUCE)
55 Giai Phong, Hanoi, Vietnam
Tel: (0084) 2438.696.397
Fax: 0438.691.684
Email: dhxaydung@nuce.edu.vn
Website: www.nuce.edu.vn

Document control

No.	Date	Issue version	Place
1	1st July 2019	First draft version	UBCO, Kelowna

Acknowledgements

This project apreared to be highly challenging. I received great helps from a number of individual, and public and organizations in Vietnam and Canada during the project being implemented. I would not be able to complete the project without their support and participation.

Firt of all, I am very thankful to the PORTCOAST, through all the members of the company, for funding support of this project. In particlar, I wish to express my appreciation to Tran Tan Phuc, General director of PORTCOAST, for giving me freely the valuable documents and resourses, which were used in this project.

I also grateful to UBCO, especially Prof. Rehan Sariq, for their administration and technical supports during my research at UBCO. I would also like to express my gratitude to NUCE and Department of Port and Waterway, for letting me free from lectures at my university to be able carry out this project.

I am greatly indebted to Prof. Giap who I have been teaching during the past 30 years in the fleld of port construction. He helped me a lot whenever I need in not only commenting my research works and papers but also giving advices during my life.

Finally, I would expresses my gratitude to Vinamarine for allowing us to work with Vietnamese Port Authorities, and for making their information and data available to us for use in this project.

Lời cảm ơn

Dự án này thực sự là một thử thách. Tôi đã nhận được nhiều sự giúp đỡ của các cá nhân và tổ chức tại Việt Nam và Canada trong quá trình thực hiện Dự án. Tôi không thể hoàn thành Dự án này nếu không có sự tham gia và giúp đỡ của họ.

Lời đầu tiên, tôi xin bày tỏ lời cảm hơn tới Công ty Portcoast, qua tất cả các thành viên của Công ty, đã hỗ trợ tôi thực hiện Dự án này. Đặc biệt, tôi xin trân thành gửi lời tới ông Trần Tấn Phúc, Tổng giám đốc PORTCOAST, đã cũng cấp nhiều tài liệu và sách tham khảo chuyên ngành rất giá trị mà tôi đã sử dụng trong nghiên cứu này.

Tôi cũng xin bày tỏ lòng biết ơn tới trường Đại học British Colombia, Okanagan, Canada, đặc biệt Giáo sư Rehan Sariq, đã giúp đỡ và tạo điều kiện cho tôi được thực hiện Dự án này tại trường UBCO. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn tới Trường Đại học xây dựng và Bộ môn Xây dựng Cảng – Đường thủy, đã hỗ trợ tôi trong công tác giảng dạy và cho phép tôi làm việc tại trường Đại học UBCO.

Tôi đặc biệt gửi lời cảm ơn tới Giáo sư Phạm Văn Giáp người thầy đã dạy tôi suốt 30 năm qua trong lĩnh vực xây dựng công trình cảng. Giáo sư đã giúp tôi không chỉ các vấn đề liên quan đến kỹ thuật mà còn đưa ra những lời khuyên trong cuộc sống.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn tới Cục hàng hải Việt Nam đã cho phép tôi làm việc với các Cảng vụ để điều tra, thu thập số liệu sử dụng trong Dự án này.

Mục lục

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG 1-1

1.1 Đặt vấn đề nghiên cứu 1-1

1.1.1 Khai thác vận hành luồng tàu 1-1

1.1.2 Quy hoạch và quản lý khai thác cảng biển 1-1

1.2 Mục tiêu của nghiên cứu 1-1

1.3 Nội dung và cấu trúc báo cáo 1-2

1.4 Từ viết tắt 1-2

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ 2-1

2.1 Sơ lược về các ứng dụng của phương pháp mô phỏng số 2-1

2.2 Phân loại các mô hình mô phỏng số 2-1

2.2.1 Phân theo thời gian thực hiện mô hình 2-1

2.2.2 Phân theo mức độ tương tác giữa các đối tượng trong mô hình 2-1

2.2.3 Phân theo loại theo loại mô hình toán sử dụng trong mô phỏng 2-2

2.2.4 Phân theo loại theo thời điểm mô phỏng 2-2

2.2.5 Phân theo có hay không có con người tham gia 2-2

2.2.6 Phân theo kích thước của mô hình 2-2

2.2.7 Phân theo mục đích sử dụng 2-2

2.3 Tại sao nên sử dụng phương pháp mô phỏng 2-3

2.4 Lợi ích và kết quả từ phương pháp mô phỏng số 2-3

2.5 Mô phỏng số áp dụng trong trường hợp nào 2-4

CHƯƠNG 3. TỔNG QUAN PPMPS TRONG CÔNG HÀNG HẢI 3-1

3.1 Phân loại mô hình mô phỏng trong công trình hàng hải 3-1

3.2 Tổng quan mô hình mô phỏng trong thiết kế quy hoạch và khai thác công trình cảng 3-3

3.2.1 Tổng quan các mô hình 3-3

3.2.2 Đánh giá và phân loại mô hình 3-8

3.3 Một số đánh giá và nhận xét 3-13

CHƯƠNG 4. QUÁ TRÌNH HÀNH HẢI CỦA TÀU & MÔ HÌNH TOÁN SỬ DỤNG TRONG MÔ HÌNH 4-1

4.1 Quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng 4-1

4.1.1 Tàu đến cảng 4-1

4.1.2 Neo đợi tại ngoài bể cảng 4-2

4.1.3 Điều động tàu và vận hành trên luồng 4-4

4.1.4 Tàu chờ làm hàng bến tại khu neo đợi 4-5

4.1.5 Quay trở tàu và cập bến 4-6

4.1.6 Làm hàng trên bến và rời bến 4-6

4.1.7 Tàu vào luồng và rời cảng 4-7

4.2 Các mô hình toán và số liệu sử dụng trong mô hình 4-7

4.2.1 Mô hình mô phỏng tàu đến cảng 4-7
4.2.2 Mô hình mô phỏng điều kiện thời tiết 4-8
4.2.3 Thủy triều 4-8
4.2.4 Chiều sâu chạy tàu 4-9
4.2.5 Mớn nước và kích thước của tàu 4-10
4.2.6 Độ dằn của tàu do vận tốc (Smax) 4-10
4.2.7 Dao động tàu trong sóng (Wave response) 4-11
4.2.8 Dự trữ do nghiêng lệch tàu do gió 4-16
4.2.9 Khoảng dự trữ an toàn dưới sống tàu 4-17
4.2.10 Mực nước chạy tàu 4-17
4.2.11 Chiều rộng luồng tàu 4-17
4.3 Quy định an toàn về khai thác và chạy tàu trên luồng 4-17

CHƯƠNG 5. THUẬT TOÁN CỦA MÔ HÌNH PHẦN MỀM OSEC 2020 5-1

5.1 Giới thiệu chung 5-1
5.2 Các mô đun chính của mô hình 5-2
5.3 Thuật toán tổng quát quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng 5-4
5.4 Thuật toán chi tiết tàu đến cảng và làm hàng 5-5

CHƯƠNG 6. GIỚI THIỆU VỀ PHẦN MỀM MÔ PHỎNG OSEC 2020 6-1

6.1 Tổng quan 6-1
6.2 Mô phỏng hoạt động cảng phục vụ thiết kế quy hoạch 6-1
6.2.1 Kết cấu của mô hình 6-1
6.2.2 Dữ liệu chuẩn bị cho mô hình 6-2
6.2.3 Kết quả mô phỏng 6-2
6.2.4 Kết quả phân tích tối tưu 6-2
6.2.5 Giao diện nhập dữ liệu 6-2
6.2.6 Các kết quả mô phỏng 6-9
6.3 Mô phỏng phục vụ khai thác (Underkeel Check) 6-14
6.3.1 Mục đích 6-14
6.3.2 Nội dung 6-14
6.3.3 Mô hình kết hợp 6-15
6.3.4 Giới thiệu về mô hình 6-15

CHƯƠNG 7. PHÂN TÍCH TỐI ƯU XÁC ĐỊNH QUY MÔ CÔNG TRÌNH 7-1

7.1 Đặt vấn đề 7-1
7.2 Bài toán tổng quát 7-3
7.3 Bài toán phân tích đầu tư và khai thác tối ưu trong công trình cảng 7-3
7.3.1 Bài toán phân tích quy mô luồng tối ưu 7-3
7.3.2 Bài toán xác định năng suất bốc xếp tối ưu 7-4
7.3.3 Bài toán tổng hợp 7-5
7.4 Phương pháp lựa chọn phương án quy hoạch 7-5

7.4.1 Nguyên tắc chung 7-5
7.4.2 Trình tự các bước thực hiện 7-5

CHƯƠNG 8. VÍ DỤ TÍNH TOÁN 8-1

8.1 Điều kiện thiết kế 8-1
8.1.1 Điều kiện tự nhiên 8-1
8.1.2 Số liệu về đội tàu 8-5
8.1.3 Điều kiện và quy định khai thác 8-7
8.1.4 Lượng hàng 8-7
8.2 Xác định sơ bộ quy mô các hạng mục công trình cảng 8-7
8.2.1 Luồng tàu 8-7
8.2.2 Bến cập tàu 8-8
8.2.3 Khu quay trở 8-8
8.2.4 Thiết bị bốc xếp 8-8
8.3 Các mô hình áp dụng 8-8
8.3.1 Công thức xác định độ dẫn do vận tóc 8-8
8.3.2 Mô hình dao động động 8-9
8.3.3 Nghiêng lệch tàu do gió 8-9
8.4 Quy hoạch mặt bằng cảng 8-9
8.5 Kết quả mô phỏng 8-10
8.5.1 Các kết quả về dao động tàu 8-11
8.5.2 Các kết quả chính trên màn hình 8-12
8.5.3 Các kết quả thống kê trên biểu đồ 8-13
8.5.4 Các kết quả mô phỏng chi tiết lưu trong file exel 8-19
8.6 Bài toán tối ưu tổng hợp 8-20
8.6.1 Các kịch bản nghiên cứu 8-20
8.6.2 Các kết quả mô phỏng chính 8-20
8.6.3 So sánh và lựa chọn phương án đầu tư tối ưu 8-22

CHƯƠNG 9. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 9-1

9.1 Kết luận 9-1
9.1.1 Về mô hình mô phỏng công trình cảng 9-1
9.1.2 Về phần mềm OSEC 2020 9-1
9.2 Kiến nghị 9-2
9.3 Phiên bản Demo dành cho sinh viên 9-2

Bảng biểu:

Bảng 3-1: Sự khác biệt giữa các loại mô hình mô phỏng 3-2
Bảng 3-2: Phạm vi áp dụng các phương pháp mô phỏng 3-3
Bảng 3-3: Danh sách các mô hình mô phỏng về luồng tàu và cảng biển 3-4
Bảng 3-4: Phân nhóm mô hình theo mục đích sử dụng 3-8
Bảng 3-5: Phân loại kích cỡ và quy mô các mô hình 3-9
Bảng 3-6: Phân loại mô hình theo mức độ chi tiết mô phỏng đội tàu đến cảng 3-10
Bảng 3-7: Phân loại mô hình theo khả năng mô phỏng điều kiện tự nhiên 3-11
Bảng 3-8: Phân loại mô hình theo kết quả mô phỏng 3-12
Bảng 4-1: Quy định số lượng tàu lai dắt tại cảng Vancouver, Canada 4-2
Bảng 4-2: Quy định an toàn thác cảng biển 4-3
Bảng 4-3: Dao động lớn nhất cho phép khi tàu làm hàng 4-3
Bảng 4-4: Chiều cao song giới hạn trong bể cảng khi tàu làm hàng 4-4
Bảng 4-5: Vận tốc chạy tàu lớn nhất trên luồng biển 4-4
Bảng 4-6: Quy định về tránh tàu trên luồng 4-5
Bảng 4-7: Hệ số chờ tàu theo hệ số bận bến và số lượng bến 4-6
Bảng 4-8: Năng suất cần trục bốc xếp hàng rời 4-7
Bảng 4-9: Phương pháp truy cập và mô phỏng số liệu thời tiết 4-8
Bảng 4-10: Độ nghiêng lệch tàu do gió và điều kiện vận hành 4-16
Bảng 4-11: Quy định về chạy tàu 4-18
Bảng 4-12: Chiều sâu chạy tàu theo kiến nghị của PIANC-2014 4-18
Bảng 5-1: Chức năng của các Mô đun 5-2
Bảng 5-2: Tiêu chuẩn kiểm soát an toàn chạy tàu 5-5
Bảng 6-1: Bảng dữ liệu về đội tàu đến cảng 6-5
Bảng 6-2: Bảng dữ liệu về luồng tàu 6-7
Bảng 6-3: Các tham số cho điều kiện tàu kéo và khu nước 6-8
Bảng 6-4: Các tham số và điều kiện sử dụng trong mô hình dao động tàu 6-8
Bảng 6-5: Một số các kết quả chính xuất trên màn hình 6-10
Bảng 6-6: Giải thích các kết quả xuất trên biểu đồ 6-12
Bảng 6-7: Số liệu tàu điều động 6-17
Bảng 6-8: Dữ liệu thời gian tàu dự kiến đến cảng 6-20
Bảng 6-9: Các kết quả về dao động tàu trong quá trình điều động 6-21
Bảng 6-10: Kết quả kiểm tra kế hoạch điều động tàu 6-21
Bảng 7-1: Tổng hợp dòng chi phí trong phân tích quy mô công trình cảng 7-4
Bảng 8-1: Tần suất sóng theo các hướng (tính theo hướng bắc) 8-1
Bảng 8-2: Tần suất sóng theo chu kỳ 8-1
Bảng 8-3: Trích đoạn mực nước theo 24h cho các ngày 8-4

Bảng 8-4: Số liệu đội tàu thiết kế 8-6
Bảng 8-5: Số lượng tàu lai dắt yêu cầu 8-7
Bảng 8-6: Khối lượng hàng dự báo cho năm quy hoạch 8-7
Bảng 8-7: Thông số luồng tàu 8-8
Bảng 8-8: Số lượng bến 8-8
Bảng 8-9: Khoảng cách từ khu quay trở đến các khu bến 8-8
Bảng 8-10: Số lượng và công suất bị tại các khu bến 8-8
Bảng 8-11: Phương án quy hoạch 8-9
Bảng 8-12: Tổng hợp các kết quả mô phỏng chính 8-12
Bảng 8-13: Kết quả mô phỏng chi tiết lưu trên file exel 8-19
Bảng 8-14: Tổng hợp kết quả mô phỏng các hoạt động của tàu tại cảng 8-19
Bảng 8-15: Các phương án đầu tư cảng 8-20
Bảng 8-16: Tập hợp các kết quả của sáu phương án 8-23
Bảng 8-17: Khối lượng đầu tư ban đầu 8-24
Bảng 8-18: Đơn giá tổng hợp 8-24
Bảng 8-19: Khái toán kinh phí đầu tư hạng mục so sánh 8-24
Bảng 8-20: Chi phí khai thác hạng mục so sánh 8-25

Hình vẽ:

Hình 3-1: Phân loại mô hình mô phỏng hàng hải 3-1
Hình 4-1: Thủ tục thực hiện và quá trình hoạt động của tàu tại cảng 4-1
Hình 4-2: Khoảng cách an toàn giữa hai tàu trên luồng 4-5
Hình 4-3: Thời gian quay trở và cập tàu 4-6
Hình 4-4: Tham số xác định chiều sâu luồng tàu 4-9
Hình 4-5: Dao động tàu theo 6 quỹ đạo 4-11
Hình 4-6: Dao động đứng của tàu theo phương dọc Z_2 (PIANC 2014) 4-12
Hình 4-7: Dao động đứng của tàu theo phương ngang Z_3 (PIANC 2014) 4-12
Hình 4-8: Các hàm RAO dao động Z_2 của tàu dưới tác động của heave và pitch. 4-13
Hình 4-9: Dao động tàu trong sóng 4-14
Hình 4-10: Quan hệ chu kỳ sóng và xác suất chạm đáy theo d/T (theo PIANC) 4-15
Hình 4-11: Quan hệ chu kỳ sóng và tỷ số d/T theo Hs với α = 3x10^{-5} (theo PIANC) 4-15
Hình 4-12: Quan hệ chu kỳ song và tỷ số β/T theo Hs và $\alpha = 3x10^{-5}$ (theo USACE) 4-16
Hình 5-1: Các mô đun của Chương trình 5-2
Hình 5-2: Thuật toán tổng quát của Chương trình 5-5
Hình 5-3: Thuật toán kiểm soát hoạt động tại cảng. 5-6
Hình 6-1: Màn hình giao diện chính phần mềm OSEC 2020 6-1
Hình 6-2: Màn hình giao diện của mô hình mô phỏng thiết kế quy hoạch 6-3

Hình 6-3: Cửa sổ giao diện nhập dữ liệu sóng 6-4
Hình 6-4: Cửa sổ giao diện nhập gió và dòng chảy 6-5
Hình 6-5: Nhập số liệu về đội tàu 6-5
Hình 6-6: Giao diện nhập mực nước 6-6
Hình 6-7: Cửa sổ nhập số lượng cho từng loại bến 6-7
Hình 6-8: Cửa sổ nhập dữ liệu luồng tàu 6-7
Hình 6-9: Cửa sổ nhập dữ liệu và tàu kéo và khu nước 6-8
Hình 6-10: Cửa sổ lựa chọn nhập mô hình tính dao động tàu 6-9
Hình 6-11: Nhập số liệu mô phỏng và chạy chương trình 6-9
Hình 6-12: Cửa sổ kiểm tra các dữ liệu và điều kiện thiết kế đã được đưa vào mô hình 6-10
Hình 6-13: Cửa sổ xuất dữ liệu chính 6-11
Hình 6-14: Cửa sổ hiển thị kết quả và vẽ kết quả mô phỏng 6-11
Hình 6-15: Cửa sổ chạy chương trình và xuất dữ liệu sang file Exel. 6-13
Hình 6-16: Kết quả mô phỏng thời gian chờ của từng tàu cho 1 lần mô phỏng 6-13
Hình 6-17: Kết quả mô phỏng chiều cao sóng của từng tàu cho các lần mô phỏng 6-13
Hình 6-18: Kết quả mô phỏng dao động từng tàu cho các lần mô phỏng 6-14
Hình 6-19: Kết quả dự trữ do vận tốc của từng tàu và của các lần mô phỏng 6-14
Hình 6-20: Cửa sổ giao diện của mô hình mô phỏng khai thác 6-16
Hình 6-21: Nhập số liệu sóng 6-17
Hình 6-22: Nhập số liệu tàu mô phỏng 6-17
Hình 6-23: Cửa sổ nhập kế hoạch ngày dự kiến điều động tàu 6-19
Hình 6-24: Hai phương án nhập ngày điều động tàu mô phỏng 6-20
Hình 6-25: Hiển thị các kết quả mô phỏng điều động tàu 6-20
Hình 6-26: Cửa sổ hiển thị kiểm tra kết quả mô phỏng điều động tàu 6-21
Hình 6-27: Độ dẫn tàu theo vận tốc chạy 6-22
Hình 7-1: Chi phí thuê các loại tàu container qua các năm 7-1
Hình 7-2: Lợi nhuận cho thuê các loại tàu hàng rời qua các năm 7-2
Hình 7-3: Quan hệ giữa chi phí công trình và chi phí tàu 7-2
Hình 8-1: So sánh kết quả sóng mô phỏng với sóng đầu vào 8-2
Hình 8-2: Đường mật độ tần suất vận tốc gió 8-3
Hình 8-3: Đường mật độ tần suất vận tốc dòng chảy 8-3
Hình 8-4: Phương án mặt bằng 1 8-10
Hình 8-5: Phương án mặt bằng 2 8-10
Hình 8-6: Độ dẫn các tàu do vận tốc cho một lần mô phỏng 8-11
Hình 8-7: Dao động của các tàu do sóng cho một lần mô phỏng 8-11
Hình 8-8: Tổng dao động của tàu cho một lần mô phỏng 8-11
Hình 8-9: Các kết quả mô phỏng chính trên màn hình 8-12

Hình 8-10: Số lượng tàu được mô phỏng cho từng loại tàu 8-13
Hình 8-11: Thời gian chờ bến trung bình cho từng loại tàu 8-13
Hình 8-12: thời gian làm hàng trung bình cho từng loại tàu 8-13
Hình 8-13: Thời gian trung bình tàu tại cảng 8-14
Hình 8-14: Số lượng tàu đợi bến trung bình theo thời gian 8-14
Hình 8-15: Thời gian tàu đợi bến trung bình của từng loại tàu 8-14
Hình 8-16: Số lượng tàu đợi tại từng khu bến trong thời gian khai thác 8-15
Hình 8-17: Thời gian chờ bến của tàu trong thời gian khai thác 8-16
Hình 8-18: Số lượng tàu tại cảng trong thời gian khai thác 8-17
Hình 8-19: quan hệ giữa số lượng tàu tại cảng và tần suất xuất hiện 8-17
Hình 8-20: Số lượng tàu kéo sử dụng trong thời gian khai thác 8-17
Hình 8-21: Quan hệ giữa số lượng tàu kéo và tần suất sử dụng 8-18
Hình 8-22: Tỷ lệ thời gian chờ tàu theo các nguyên nhân 8-18
Hình 8-23: Tỷ lệ thời gian tàu sử dụng cho các hoạt động tại cảng 8-18
Hình 8-24: Các kết quả mô phỏng chính cho PA1 8-21
Hình 8-25: Các kết quả mô phỏng chính cho PA2 8-21
Hình 8-26: Các kết quả mô phỏng chính cho PA3 8-21
Hình 8-27: Các kết quả mô phỏng chính cho PA4 8-22
Hình 8-28: Các kết quả mô phỏng chính cho PA5 8-22
Hình 8-29: Các kết quả mô phỏng chính cho PA6 8-22
Hình 8-30: Giá trị NPV theo các phương án 8-25

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 Đặt vấn đề nghiên cứu

1.1.1 Khai thác vận hành luồng tàu

Trong thời gian gần đây, đội tàu vận tải biển đến Việt Nam ngày càng gia tăng về số lượng cũng như trọng tải tàu vượt qua khả năng tiếp nhận của luồng tàu theo thiết kế ban đầu. Điều này dẫn đến có thể mang đến những rủi ro trong quá trình khai thác. Do hạn chế về kinh phí đầu tư mở rộng, nâng cấp và nạo vét duy tu luồng tàu, việc khai thác các tàu trọng tải lớn trên các tuyến luồng hiện hữu đang nhận được sự quan tâm của các nhà khoa học và các cơ quan chức năng liên quan.

Ở Việt Nam, việc xác định mớn nước lớn nhất tàu ứng với mực nước khai thác trên luồng tàu trong các điều kiện thời tiết cụ thể vẫn chủ yếu dựa vào kinh nghiệm. Trong khi, áp dụng các mô hình toán và phương pháp mô phỏng để gia tăng mớn nước vận tải của tàu và hạn chế tai nạn trong quá trình hành hải là giải pháp đang được áp dụng tại nhiều cảng trên thế giới.

Qua khảo sát một số Cảng vụ hàng hải tại Việt Nam, việc nghiên cứu áp dụng công nghệ hiện đại để hỗ trợ trong việc điều động tàu cũng như khai thác luồng tàu rất đang được quan tâm.

1.1.2 Quy hoạch và quản lý khai thác cảng biển

Qua các số liệu thống kê tại một số cảng biển Việt Nam cho thấy mật độ và số lượng các loại tàu có trọng tải nhỏ đến cảng chiếm tỷ trọng lớn hơn rất nhiều so với quy mô đội tàu theo dự báo. Bên cạnh đó, phần lớn các cảng biển lớn ở miền Trung chịu tác động trực tiếp của sóng và tải trọng môi trường với bể cảng không hoặc ít được che chắn. Việc đánh giá và dự báo các tác động này trong bước quy hoạch phát triển cảng cũng như quá trình khai thác sau này ít được quan tâm. Hơn nữa, đánh giá hiệu quả hoạt động của cảng bằng phương pháp truyền thống là hết sức khó khăn và thiếu chính xác. Để khắc phục được vấn đề này, áp dụng mô mình mô phỏng số là giải pháp rất phổ biến hiện nay trên thế giới.

Với những lý do trên, Trường Đại học xây dựng đã kết hợp với Công ty cổ phần tư vấn Cảng – Kỹ thuật biển (PORTCOAST) đề xuất đề tài nghiên cứu “Áp dụng mô hình mô phỏng số trong quy hoạch và khai thác cảng biển Việt Nam”. Đề tài đã được Cục hàng hải Việt Nam chấp thuận triển khai và đã được trình Bộ Khoa học công nghệ xem xét phê duyệt.

1.2 Mục tiêu của nghiên cứu

Nghiên cứu này là một trong những nội dung quan trong của Đề tài nên trên. Mục tiêu chính của Dự án nghiên cứu này là phát triển mô hình phần mềm trong sử dụng quy hoạch và quản lý khai thác cảng biển. Việc ứng dụng phần mềm này nhằm giải quyết các vấn đề sau đây:

(1) Tối ưu hóa quy hoạch đầu tư và phát triển cảng biển.

(2) Nhận diện được những khó khăn và thuận lợi trong quá trình khai thác luồng tàu và cảng biển ngay trong bước lập quy hoạch và trước khi nó được xây dựng.

(3) Tăng năng lực khai thai đối với một số luồng tàu và cảng biển ở Việt Nam.

1.3 Nội dung và cấu trúc báo cáo

Bao gồm các chương sau:

Chương 1:	Giới thiệu chung
Chương 2:	Tổng quan về phương pháp mô phỏng số
Chương 3:	Tổng quan PPMPS trong công trình hàng hải
Chương 4:	Quá trình hành hải của tàu và các mô hình toán sử dụng trong MP
Chương 5:	Thuật toán của mô hình phần mềm OSEC 2020
Chương 6:	Giới thiệu phần mềm OSEC 2020
Chương 7:	Phân tích xác định quy mô tối ưu các hạng mục công trình
Chương 8:	Ví dụ tính toán
Chương 9	Kết luận và kiến nghị
Tài liệu tham khảo	
Các phụ lục	

1.4 Từ viết tắt

AIS	Hệ thống nhận dạng tự động
CBA	Phân tích lợi ích và chi phí
CDL	Cao độ hải đồ
FTS	Mô hình mô phỏng nhanh
OCDI	Viện nghiên cứu bờ biển và hải ngoại, Nhật Bản
PIANC	Hiệu hội quốc tế và hàng hải
SHS	Mô phỏng lái tàu
SM	Mô hình mô phỏng
SMSP	Mô hình mô phỏng cảng biển
RTS	Mô phỏng thực
TFS	Mô phỏng luồng vận tải
USACE	Hướng dẫn thiết kế công trình bờ biển của Hải quân Mỹ
VTS	Hệ thống quản lý giao thông đường thủy

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ

2.1 Sơ lược về các ứng dụng của phương pháp mô phỏng số

Phương pháp mô phỏng số được ứng dụng rất phổ biến trong khoa học-kỹ thuật, kinh tế, xã hội và cuộc sống hàng ngày. Có thể kể đến rất nhiều ứng dụng mà chúng ta thường gặp từ những mô hình vĩ mô như dự báo biến đổi khí hậu toàn cầu, dự báo phát triển kinh tế xã hội của một quốc gia, một ngành hay lĩnh vực kinh tế, dự báo sự phát triển hay suy vong của một giống loài,.v.v đến các mô hình vi mô hơn như mô phỏng một sự kiện nào đó đã xảy ra trong quá khứ, mô phỏng trong các trò chơi điện tử hay phim hoạt hình. v.v.

Trong lĩnh vực xây dựng công trình, chúng ta rất thường gặp mô phỏng quy hoạch phát triển đô thị, mô phỏng phản ứng hay khả năng làm việc của một kết cấu, mô phỏng kết cấu bị phá hoại trước và sau khi sụp đổ. Mô phỏng diễn biến thay đổi hình thái của địa hình, địa mạo dưới tác động của điều kiện tự nhiên.

Trong công tác quản lý khai thác và đào tạo, chúng ta cũng rất thường gặp các mô hình mô phỏng vận hành một dây truyền sản xuất, mô hình mô phỏng buồng lái (máy bay, tàu biển,...), mô hình mô phỏng một thí nghiệm nào đó.

Mô hình mô phỏng số cũng được sử dụng rất rộng rãi trong quy hoạch xây dựng, thiết kế và vận hành khai thác công trình cảng. Tổng quan về phương pháp mô phỏng số ứng dụng trong xây dựng công trình cảng sẽ được đề cập chi tiết ở Chương 3.

Một số ví dụ trên cho chúng ta thấy có rất nhiều loại mô hình khác nhau về kích thước (đối tượng cần mô phỏng), tích chất, nội dung và mục đích sử dụng mà ở đó phương pháp mô phỏng số là công cụ hữu hiệu để giải quyết các vấn đề đặt ra. Phân loại sự khác biệt giữa các mô hình mô phỏng này sẽ được đề cập dưới đây.

2.2 Phân loại các mô hình mô phỏng số

Dựa trên quy mô, tích chất, kỹ thuật mô phỏng và mục đích áp dụng, có thể phân loại các mô hình mô phỏng như sau:

2.2.1 Phân theo thời gian thực hiện mô hình

Phân theo thời gian mô phỏng có mô phỏng nhanh và mô phỏng thực.

(1) Mô phỏng nhanh: là mô phỏng ở đó bước thời gian được nén lại. Nhờ đó, chúng ta có thể mô phỏng một sự kiện hay nhiều kiện xảy ra trong một năm nhiều năm có thể được rút ngắn còn vài giờ thậm chí vài phút tùy thuộc năng lực của máy tính.

(2) Mô phỏng thực: là mô phỏng diễn ra theo bước thời gian thực. Nhiều mô hình mô phỏng thực tạo cho chúng ta có cảm giác như chúng ta đang sống trong thế giới hiện thực. Nhưng thực tế toàn bộ sự kiện và hình ảnh được mô phỏng thông qua máy tính.

2.2.2 Phân theo mức độ tương tác giữa các đối tượng trong mô hình

Phân theo mức độ tương tác giữa các đối tượng trong mô hình có các loại: mô phỏng tương tác, mô phỏng bán tương tác và mô phỏng không tương tác.

(1) Mô phỏng tương tác: là mô phỏng mà ở đó các đối tượng trong mô phỏng tương tác qua lại với nhau theo các quan hệ toán học nào đó. Các quan hệ toán học này phản ánh đúng bản chất vật lý như chúng diễn ra trong thực tế.

(2) Mô phỏng bán tương tác: rất nhiều các mối quan hệ giữa các đối tượng trong thực tế mà các tương tác của chúng rất khó hoặc chưa thể xây dựng chính xác bằng các hàm toán học. Trong trường hợp này, người ta thường sử dụng các công thức thực nghiệm, các hàm xác suất thống kê hay các hệ số kinh nghiệm thay vào đó.

(3) Mô phỏng không tương tác: các đối tượng trong mô hình hoàn toàn không tương tác với nhau. Ví dụ như mô phỏng không gian 3D của đồ vật, mô phỏng trong phim hoạt hình. vv.

Cả ba loại mô phỏng trên có thể là mô phỏng nhanh hoặc mô phỏng thực.

2.2.3 Phân theo loại theo loại mô hình toán sử dụng trong mô phỏng

Phân theo loại này có mô phỏng ngẫu nhiên (stochastic) và mô phỏng không ngẫu nhiên (deterministic).

(1) Các sự kiện trong diễn ra được mô phỏng bằng các hàm xác suất ngẫu nhiên trên cơ sở phân tích thống kê quy luật vận động của nó. Theo phương pháp này, các kết quả mô phỏng đều khác nhau giữa các lần mô phỏng trên cùng một điều kiện của số liệu đầu vào.

(2) Thay vì các hàm xác suất, các hàm tất định (deterministic) được sử dụng trong mô phỏng. Các kết quả mô phỏng theo phương pháp này là như nhau cho các lần mô phỏng trên cùng một điều kiện đầu vào.

2.2.4 Phân theo loại theo thời điểm mô phỏng

Theo loại này có:

(1) Dựa trên các số liệu xảy ra trong quá khứ và hiện tại để dự báo tương lai; hay

(2) Dựa vào các số liệu hiện tại và quá khứ gần để phỏng đoán các sự kiện hoặc diễn biến đã xảy ra trong quá khứ xa.

2.2.5 Phân theo có hay không có con người tham gia

(1) Con người có thể là một chủ thể trực tiếp tham gia trong quá trình mô phỏng.

(2) Con người không trực tiếp tham gia trong quá trình mô phỏng mà thay vào đó là người máy. Tuy nhiên, để người máy ứng sử được giống như con người vẫn còn rất nhiều thách thức và thời gian để thực hiện được.

2.2.6 Phân theo kích thước của mô hình

Phân theo kích thước mô hình có mô phỏng vĩ mô và mô phỏng vi mô. Ví dụ khi mô phỏng để dự báo tai nạn hàng hải trên một vùng biển với nhiều tuyến và đội tàu vận tài khác nhau là mô hình vĩ mô. Trong khi dự báo mô phỏng để đánh giá khả năng tai nạn của một con tàu trong một điều kiện thời tiết cụ thể là mô hình vi mô. Tuy nhiên, việc phân chia này chỉ là khai niệm tương đối.

2.2.7 Phân theo mục đích sử dụng

Phương pháp mô phỏng được sử dụng rất rộng rãi với nhiều mục đích khác nhau. Nói chung, có thể chia thành các nhóm mục đích chính sau:

(1) Trong công tác dự báo về quy mô kinh tế và xã hội; phân tích dự báo điều kiện tự nhiên, rủi ro, thiên tai, v.v. Từ đó chúng ta có thể đưa ra các quy hoạch tối ưu.

(2) Trong công tác tái tạo các diễn biến, sự kiện và sự cố đã xảy ra trong quá khứ.

(3) Trong quản lý khai thác và vận hành một quá trình sản xuất hay một chuỗi các hoạt động để đưa ra các giải pháp hay kịch bản khai thác hay vận hành tối ưu.

(4) Trong huấn luyện, giảng dạy và đào tạo.

(5) Trong vui chơi, giải trí và các hoạt động của cuộc sống hàng ngày.

2.3 Tại sao nên sử dụng phương pháp mô phỏng

Ưu điểm của phương pháp truyền thống trong tính toán quy mô, thiết kế quy hoạch và khai thác công trình cảng là đơn giản, không cần nhiều số liệu thu thập và thống kê. Tuy nhiên, phương pháp này có những hạn chế sau:

(1) Chỉ có thể xem xét đến một số điều kiện thiết kế cơ bản (đặc biệt các yếu tố về môi trường và đội tàu). Điều này không phản ánh đúng thực tế dẫn đến việc thiết kế có thể lớn hơn hoặc thấp hơn nhu cầu thực tế. Công trình có đầu tư quá mức cần thiết hoặc không thuận lợi trong quá trình khai thác vận hành.

(2) Quá trình vận hành tàu từ khi đi cảng, hoạt động trên các khu nước, làm hàng trên bến và rời bến không được xem xét đến. Điều này dẫn đến các chi phí khai thác và vận hành tàu và công trình bị bỏ qua.

(3) Chỉ có thể xem xét được một số ít các phương án quy mô, quy hoạch và khai thác nhất định. Hơn nữa, việc điều chỉnh thường khó khăn khi số liệu thiết kế thay đổi.

(4) Năng lực vận hành của tàu không được xem xét.

(5) Rủi ro trong quá trình khai thác vận hành không được xem xét đến hay nói cách khác không xác định được.

(6) Các hạn chế trên dẫn đến không thể tiến hành phân tích lựa chọn phương án tối ưu được.

Các hạn chế nêu trên sẽ dẫn đến việc là công trình được thiết kế tốn kém và/hoặc khai thác không hiệu quả; hoặc không đảm bảo an toàn hay chi phí khai thác lớn. Đôi khi cả các vấn đề trên có thể xảy ra đồng thời.

Phương pháp mô phỏng có thể khắc phục được các hạn chế nêu trên. Cũng cần phải lưu ý rằng PIANC khuyến cáo phương pháp tất định (deterministic method) chỉ nên áp dụng trong thiết kế ý tưởng (concept) hoặc cơ sở (basic).

2.4 Lợi ích và kết quả từ phương pháp mô phỏng số

(1) Khắc phục được tất cả các hạn chế nêu trên;

(2) Trên cơ sở các kết quả của mô phỏng, cho phép chúng ta tiến hành phân tích lựa chọn phương án quy hoạch và khai thác tối ưu.

(3) Phương án mô phỏng cho phép các bên liên quan như nhà thiết kế, khai thác, quản lý và đầu tư cùng tham gia trong quá trình thiết kế. Vì thế đảm bảo độ tin cậy và chính xác cao.

(4) Các kết quả tính toán trực quan, dễ hiểu và dễ thuyết phục các bên tham gia.

(5) Những diễn biến bất lợi, rủi ro hay khó khăn trong quá trình vận hành khai thác có thể xảy ra ở tương lai có thể được nhận dạng nhờ các kết quả mô phỏng.

(6) Sau cùng, mang lại lợi ích về kinh tế nhờ việc tăng năng lực thông qua hàng hóa của cảng.

2.5 Mô phỏng số áp dụng trong trường hợp nào

Nên sử dụng phương pháp mô phỏng trong quy hoạch, thiết kế chi tiết và vận hành khai thác cảng. Đặc biệt trong các trường hợp sau đây:

(1) Khu vực có biên độ thủy triều dao động lớn;

(2) Luồng nằm khu vực biển hở chịu tác dụng trực tiếp của sóng;

(3) Cảng được khai thác với nhiều loại tàu, đa dạng về chủng loại và kích thước;

(4) Chọn hướng tuyến luồng tối ưu khi qui hoạch phát triển cảng;

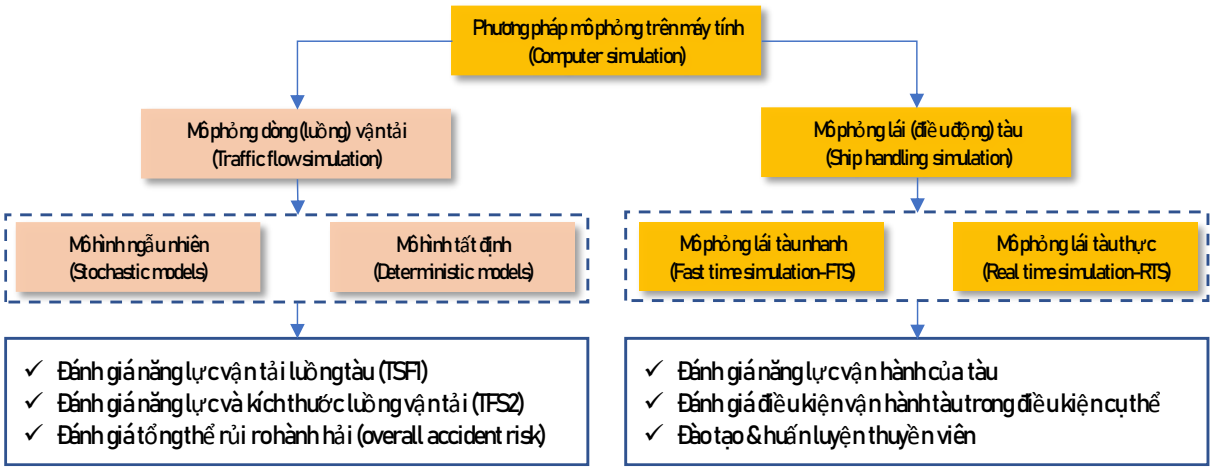
(5) Nơi luồng tàu thường xuyên bị bồi lắng và nạo vét duy tu rất tốn kém.

CHƯƠNG 3. TỔNG QUAN PPMPS TRONG CÔNG HÀNG HẢI

Chương này trình bày tổng quan phương pháp mô phỏng số ứng dụng trong công trình cảng-đường thủy

3.1 Phân loại mô hình mô phỏng trong công trình hàng hải

Trong phạm vi xây dựng công trình thủy, tùy thuộc vào mục đích và vấn đề nghiên cứu, các mô hình mô phỏng được chia làm hai nhóm chính: (1) mô phỏng dòng hay luồng vận tải (traffic flow simulations); và (2) mô phỏng lái tàu hay điều động tàu (ship handling simulations) như thể hiện trên Hình 3-1.



Hình 3-1: Phân loại mô hình mô phỏng hàng hải

Trong mô hình mô phỏng dòng vận tải (TFS), các tương tác giữa môi trường (điều kiện thời tiết), đội tàu vận tải và các hạng mục công trình hàng hải (luồng tàu, bể cảng và công trình bến) được xem xét trong mô hình. Tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu, mô hình mô phỏng dòng vận tải có thể được sử dụng đánh giá năng lực thông qua hàng hóa của một cảng ; hoặc để kiểm chứng quy mô kích thước công trình cảng (bao gồm luồng dẫn và công trình bến); hoặc được sử dụng để dự báo mức độ rủi ro tai nạn hành hải trên phạm vi khu nước nghiên cứu; hoặc kết hợp của hai hay cả ba mục tiêu nêu trên. Tùy thuộc vào mức độ phức tạp và chính xác của mô hình toán sử dụng trong mô phỏng, mô hình TFS có thể được phân loại thành hai nhóm (TFS1 và TFS2) với sự khác biệt được thể hiện trong Bảng 3-1. Trong đó, nhóm mô phỏng TFS1 thường được sử dụng để đánh giá năng lực vận tải (khả năng tắc nghẽn) của một hay nhiều tuyến luồng. Trong khi nhóm TFS2, ngoài mục đích trên nó còn được sử dụng để xác định quy mô và kích thước công trình cảng.

Mô phỏng điều động tàu hay mô phỏng lái tàu (SHS) được sử dụng để đánh giá năng lực vận hành của tàu trên một tuyến luồng hay một khu nước cụ thể với điều kiện thời tiết được xác định trước. Tùy thuộc vào có hay không con người tham trong quá trình mô phỏng, mô hình SHS cũng được chia làm hai nhóm: (1) mô hình mô phỏng thực (real time simulation, viết tắt FTS) ; và (2) mô hình mô phỏng nhanh (fast time simulation, viết tắt RTS).

Trong mô hình FTS, toàn bộ quá trình lái tầu được thiết lập trên mô hình máy tính (computer-based model). Các mô đun chính của hệ thống mô phỏng bao gồm:

- Mô hình người lái tầu (autopilot);
- Mô hình mô phỏng tuyến luồng tầu;
- Mô hình mô phỏng con tầu;
- Mô hình toán mô phỏng tương tác giữa tầu và môi trường (sóng, gió, dòng chạy, sương mù, ảnh hưởng biên và đáy luồng, v.v.);
- Mô hình toán mô phỏng tương tác giữa "autopilot" và hệ thông điều khiển tầu.

Các kết quả mô phỏng lái tầu bao gồm: quỹ đạo chuyển động của con tầu; các thông số hoạt động của tầu (vận tốc; góc quay bánh lái, các thông số sự dụng máy, v.v.). Dựa trên các kết quả này, chúng ta có thể thiết kế qui mô của luồng chạy tầu.

Về cơ bản, các mô hình toán tương tác trong mô hình mô phỏng thực và mô hình mô phỏng nhanh là giống nhau. Điều khác biệt lớn nhất và quan trọng nhất đó là autopilot được thay thế bằng người lái tàu thực sự (real pilot) và được tiến hành trong buồng lái có kích thước và trang thiết bị tương tự như con tàu thực. Hơn nữa, tương tác giữa môi trường (sóng, gió, dòng chảy, sương mù,...), con tàu, con người và công trình (luồng tàu, công trình bến, trợ giúp hành hải,...) được thực hiện trên thời gian thực. Có thể nói rằng, những gì diễn ra trong quá trình mô phỏng lái tàu thực không khác nhiều những gì sẽ diễn ra khi lái con tàu đó trong thực tế.

Các kết quả của mô phỏng lái tầu thực cũng tương tự như các kết quả mô phỏng số. Tuy nhiên, sự khác biệt lại nằm ở trong giá trị thông tin mà chúng đem lại. Các thông tin mà mô hình RTS cung cấp phản ánh chính xác những gì sẽ diễn ra ngoài thực tế. Điều này không thể có được trong mô hình FTS.

Sự khác biệt giữa các mô hình FTS, RTS, TFS1 và TFS2 được chỉ rõ trong các bảng dưới đây.

Bảng 3-1: Sự khác biệt giữa các loại mô hình mô phỏng

No	Hạng mục so sánh		FTS	RTS	TFS1	TFS2	Ghi chú
1	Mức độ tương tác trong mô hình		Tương tác	Tương tác	Không tương tác	Bán tương tác	Chi tiết 1.2.2
2	Thời gian mô phỏng		Giới hạn hoặc ngắn hạn	Theo thời gian thực & ngắn hạn	Dài hạn, một hoặc nhiều năm	Dài hạn, một hoặc nhiều năm	
3	Số lượng tàu mô phỏng		1 tàu/1 lần mô phỏng	1 tàu/1 lần mô phỏng	Đội tàu/1 lần MP	Đội tàu/1 lần MP	
4	Tính năng tàu		Có	Có	Không	Có	
5	Điêug kiện tự nhiên (sóng, gió, dòng chảy..)		Giới hạn một số kịch bản	Giới hạn một số kịch bản	Ít hoặc không xét đến	Mô phỏng 1 năm hoặc nhiều nam	
6	Thông số luồng		có	có	Có/không	có	
7	Con người		có	Không	Không	không	
8	Mục đích	Phân tích Rủi ro	X	X	X	X	Chi tiết xem mục 1.2.7
		Tính quy mô		X	X	X	
		Phân tích tối ưu				X	

Bảng 3-2: Phạm vi áp dụng các phương pháp mô phỏng

No	Loại mô phỏng	Hạn chế / phạm vi áp dụng	Hướng nghiên cứu
1	Nhóm RTS (Real time simulation)	- Chi phí tốn kém, nhiều thời gian - Mô hình toán chưa hoàn chỉnh ở khu nước nông (h/T<=1.2). Thông thường độ sâu được cho là không thay đổi trên tuyến luồng mô phỏng. - Kiểm soát hành trình trên mặt bằng. Dao động tàu theo phương đứng ít hoặc không được xem xét.	Hoàn chỉnh MHT ở shallow water, bank-ship, ship-ship
2	Nhóm FTS (Fast time simulation)	- Kết quả mô phỏng sử dụng autopilot chưa phản ánh đúng với thực tế (như kết quả của RTS) - Mô hình toán chưa hoàn chỉnh ở khu nước nông - Kiểm soát hình trình trên mặt bằng. Dao động tàu theo phương đứng được mô hình hóa bằng các công thức thực nghiệm hoặc mô hình toán xác xuất.	- Như trên - Hoàn thiện mô hình Autopilot
3.1	SMVTF(1)	- Phân tích mạng lưới tuyến luồng vận tải - Phân tích năng lực tuyến vận tải - Phân tích rủi ro - Các kích thước luồng ít hoặc không được quan tâm	- Kết nối AIS - Kết nối VTMS
3.2	SMVTF(2)	- Phạm vi ứng dụng như TFS1 - Các kích thước luồng và công trình bến được xét đến - Trên phạm vi một luồng - Mô hình hóa dao động đứng tàu chưa được hoàn thiện	Nghiên cứu đưa FTS hay autopilot vào mô hình này đang được quan tâm

Trong phạm vi nghiên cứu này, mô hình mô phỏng dòng vận tải được phát triển và áp dụng trong thiết kế quy hoạch và khai thác công trình cảng. Tuy nhiên, việc ứng dụng các mô hình FTS và RTS để phát triển và hoàn thiện mô hình TFS sẽ được đề cập đến. Mục dưới đây trình bày tổng quan về mô hình TFS áp dụng trong cảng biển (gọi tắt là SMSP) hiện đang được nghiên cứu và sử dụng trên thế giới.

3.2 Tổng quan mô hình mô phỏng trong thiết kế quy hoạch và khai thác công trình cảng

3.2.1 Tổng quan các mô hình

Một trong những mô hình mô phỏng cảng biển (SMSP) đầu tiên được giới thiệu tại Hội nghị liên hợp quốc về Thương mại và Phát triển vào năm 1974. Tuy nhiên, phải 10 năm sau, phương pháp mô phỏng mới thật sự được ứng dụng trong các dự án cảng biển thực tế. Hai trong số đó phải được kể đến là nghiên cứu luồng vận tải trên kênh đào Suez (Clark, Kabil, & Mostafa, 1983) và công trình cảng tại Hà Lan (Groenveld, 1983).

Cho đến nay, mô hình mô phỏng cảng biển được được phát triển và ứng dụng tương đối phổ biến, đa dạng với nhiều mục đích sử dụng khác nhau. Trong phạm vi nghiên cứu này, tác giả chỉ cập nhật và tổng quan những mô hình SMSP đã được áp dụng và công bố trên các tạp chí quốc tế, các báo cáo được đăng tại các hội thảo hay ấn phẩm chuyên ngành PIANC, USACE,.... Tác giả cũng ngầm định rằng quy mô, năng lực cũng như phạm vi nghiên cứu của các mô hình đã được trình bày đầy đủ trong các tài liệu mà tác giả thu thập được. Tuy nhiên, cũng có thể xảy ra trường hợp mức độ chi tiết của mô hình chưa được phản ánh hết trong các tài liệu này.

Theo thống kê trong khoảng 55 năm tính đến 2015 (Dragovic, Tzannatos, & Park, 2016), có khoảng 226 bài báo nghiên cứu về mô phỏng cảng biển được công bố và đăng tại các tạp chí chuyên ngành (chưa kể các bài báo đăng tại các hội thảo quốc tế). Từ năm 2016 đến nay, theo thống kê của tác giả, có thêm khoảng 50 bài báo được đăng tải. Tuy nhiên, các con số thống kê này có thể chưa đầy đủ.

Việc tổng quan chi tiết toàn bộ các bài báo này là dường như không thể và không cần thiết. Trong phạm vi nghiên cứu này, các bài báo cũng như mô hình được lựa chọn để phân tích tổng quan dựa trên các tiêu chí sau đây:

- Các bài báo hay nghiên cứu có số lượng trích dẫn lớn;
- Các mô hình mô phỏng đã được áp dụng trong thực tiễn và được kiểm chứng;
- Các nghiên cứu mang tính chuyên sâu và không bị trùng lặp;
- Các nghiên cứu mới gần đây nhất.

Với tiêu chí trên có 27 bài báo và công trình nghiên cứu được thu thập và lựa chọn, trong đó có 15 SMSP được đại diện để tổng quan và được chia làm ba (03) nhóm. Sở dĩ có điều này vì một số bài báo hay mô hình có tính chất và nội dung nghiên cứu gần giống nhau; và chỉ khác nhau về địa chỉ áp dụng.

Các mô hình được phân ba (03) nhóm dựa trên phạm vi (không gian trên mặt bằng) nghiên cứu và mục đích sử dụng. Cụ thể như sau:

- Nhóm mô hình mô phỏng bến – bãi (G.01): chỉ tập trung mô phỏng các hoạt động của thiết bị và hàng hóa trên bến hoặc/và bãi. Các hoạt động của tàu trong khu nước của cảng không được xem xét. Tuy nhiên, loại tàu và tần suất của tầu đến cảng được kể đến trong mô hình.
- Nhóm mô hình mô phỏng luồng – bến (G.02): tập trung nghiên cứu hoạt động của tàu trong toàn bộ khu nước của cảng. Các thiết bị bốc xếp hàng hóa trên bãi không được xem xét. Tuy nhiên, loại bến và năng suất bốc xếp của từng bến được mô phỏng trong mô hình.
- Mô hình mô phỏng vận tải và thiết kế luồng tàu (G.03): tập trung nghiên cứu quy mô và kích thước luồng tàu như các mô hình SMVTF (1) hoặc/và SMVTF (2) trong Bảng 3-2.

Cụ thể, nhóm một bao gồm các mô hình được ký hiệu từ SM 1.01 đến SM 1.04 được ứng dụng chủ yếu mô phỏng cho các hoạt động trên bến-bãi. Nhóm hai gồm các mô hình được ký hiệu từ SM 2.01 đến SM 2.07 được ứng dụng chính mô phỏng các hoạt động của tàu trong khu nước của cảng. Nhóm ba bao gồm các mô hình SM 3.01 đến SM 3.04 được sử dụng để mô phỏng và đánh giá năng lực thông qua và kích thước luồng tàu. Cũng cần phải nói thêm rằng, việc phân chia này cũng chỉ mang tính tương đối. Một số mô hình có thể có nhiều chức năng và khả năng tính toán với nhiều mục đích hơn. Tuy nhiên, như tác giả đã đề cập phần trên, việc tổng quan chỉ được được thực hiện trên cơ sở các nội dung và phạm vi trình bày trong các bài báo mà tác giả đã thu thập được. Các bài báo và mô hình được phân chia và tập hợp trong Bảng 3-3 dưới đây.

Bảng 3-3: Danh sách các mô hình mô phỏng về luồng tàu và cảng biển

Nhóm	Phạm vi	Tác giả/tên mô hình	Mục đích sử dụng	Ký hiệu
G.01 (8)	Bến - bãi	(Demirci E., Araz and & Köse 2000); (Demirci E. , 2003)	Mô hình mô phỏng trong phân tích tối ưu đầu tư công trình cảng.	SM 1.01
		(HOWARD, BRAGEN, BUAK, & LOVE, 2004) /PORTSIM	Mô hình mô phỏng cảng biển	SM 1.02

Nhóm	Phạm vi	Tác giả/tên mô hình	Mục đích sử dụng	Ký hiệu
		(Uğurlu, Yıldırım, Yüksekyıldız, & Yıldız, 2015); (Uğurlu, Yüksekyıldız, & Köse, 2014)	Nghiên cứu mô phỏng bằng công cụ Awesim để xác định hiệu quả của việc mở rộng cảng dàu Tupras Izmit.	SM 1.03
		(Mohamad, Mydin, & Ahmad, 2018); (Cao & Lam, 2019); (Shahpanah, Zahraee, & Shiwakoti, 2019)	Nghiên cứu năng lực cần trục bốc xếp để giảm thời gian khai thác của tàu trên bến.	SM 1.04
G.02 (10)	Luồng-bến	(Scott, Taylor, El-Solh, & Elliott., 2016)	Đánh giá hoạt động khai thác cảng dưới tác động của sóng có bước dài	SM 2.01
		(Groenveld, 1983); (Groenveld, 2006); (Valentin, et al., 2014); /HABOURSIM	- Nghiên cứu mô phỏng mở rộng cảng Rotterdam, Hà Lan. - Nghiên cứu phát triển cảng Bahia Blanca, Argentina.	SM 2.02
		(Thiers & Janssens, 1998)	Mô hình mô phỏng hỗ trợ quản lý và quyết định đầu tư cảng biển	SM 2.03
		(Solari, Moñino, Baquerizo, & Losada, 2010)	Mô hình mô phỏng cho khai thác và quản lý cảng biển.	SM 2.04
		(Sebastián, 2013); (Piccoli, 2014)	Phát triển mô hình mô phỏng để đánh giá quy mô luồng tàu, cảng biển Taman và cảng Jebel Dhanna/Ruwais – UAE	SM 2.05
		(Gi-Tae, Michael, & Soak, 2007)	Đánh giá năng lực vận tải và khả năng tắc nghẽn luồng tàu tại cảng phía Bắc Busan.	SM 2.06
		(Almaz & Altiok, 2012)	Mô hình mô phỏng luồng vận tải trên sông Delaware, USA. Nghiên cứu tác động của gia tăng độ sâu luồng đến hiệu suất khai thác cảng.	SM 2.07
G.03 (9)	Quy mô và kích thước luồng	(Quy, Vrijling, & Gelder, 2008)	Tối ưu hóa kích thước luồng tàu bằng phương pháp mô phỏng và phân tích rủi ro. Áp dụng cho cảng Cẩm Phả, Quảng Ninh.	SM 3.01
		(Tang, Wang, Guo, & Yu, 2014); (Tang, Wang, et al., 2016); (Tang, et al., 2016)	Sử dụng công cụ mô phỏng để thiết kế tối ưu luồng dẫn trong hệ thống cảng biển. Nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước luồng tàu đến hệ số bận bến bằng mô hình mô phỏng.	SM 3.02
		(Zhang, Ke, Dong, & Yuan, 2019); (Huang, Hsu, Fang, & Song, 2013); (Qu & Meng, 2012)	Nghiên cứu tác động của việc gia tăng độ sâu luồng đến vận tải trên luồng.	SM 3.03
		(Eloot, Vantorre, Richter, & Verwilligen, 2010); (Thompson Clarke Shipping Pty Ltd, 2007)	Phát triển công cụ hỗ trợ lập kế hoạch điều động tàu kết hợp với lợi dụng thủy triều.	SM 3.04

3.2.1.1 Về mô hình mô phỏng bến-bãi

So với các mô hình mô phỏng luồng tàu và bể cảng, các mô phỏng hoạt động trên bến có lẽ được quan tâm sớm hơn, đặc biệt đối với các cảng container (Borovits & Ein-Dor, 1975). Những năm sau đó, các mô hình mô phỏng hoạt động trên bãi đã được phát triển xem xét đến quy luật và mật độ tàu đến cảng, trong đó phải kể đến các nghiên cứu mô phỏng phân tích đầu tư công trình tải cảng Trabzon (Demirci E. , 2003).

Howard D.E. et al. (2004) giới thiệu SMSP được biết nhiều với tên gọi PORTSIM. Tuy nhiên, các hạng mục luồng dẫn và bể cảng vẫn chưa được quan tâm. Các hoạt động của cảng được mô phỏng tập trung trong phạm vi bến-bãi-kho (terminal).

Ugurlu et al. (2014) đã phát triển mô hình cảng biển để phân tích các kịch bản khác nhau của công suất thiết bị bơm hút cho cảng dầu. Mục đích để tìm phương án tối ưu của quy mô công trình bến với năng suất bốc xếp. Tuy nhiên, các điều kiện về môi trường được giả định tương đối đơn giản và được giới hạn trong hai kịch bản (thời tiết thuận lợi và bất lợi).

Trong bài báo gần đây nhất thuộc nhóm mô hình này (Mohamad, Mydin, & Ahmad, 2018), tối ưu hoạt động của các thiết bị hoạt động trên bến-bãi để giảm thời gian tàu làm hàng bến đã được nghiên cứu chi tiết trong bài báo này. Tuy nhiên, các tham số của mô hình và nội dung nghiên cứu cũng không có khác biệt so với các nghiên cứu trước đây.

Tóm lại, điểm đáng lưu ý trong nhóm các mô hình loại này là tương tác giữa tàu, điều kiện thời tiết và công trình chưa được xem xét trong các nghiên cứu này.

3.2.1.2 Về mô phỏng luồng-bến

Toàn bộ khu nước trong công trình cảng từ phao số "0", luồng tàu, khu neo đợi tàu, khu nước trước bến, và bến cập tàu được mô phỏng trong mô hình này. Trong số các SMSP nêu trên có thể nói Haborsim được phát triển bởi Groenveld vào năm 1983 là một ứng dụng sớm nhất. Với việc ứng dụng mô hình này cho một số dự án gần đây (Groenveld, 2006; Valentin, et al., 2014) cho thấy tương tác giữa điều kiện mối trường và năng lực vận hành tàu vẫn còn tương đối đơn giản và mức độ chi tiết chưa đạt được như nhóm mô hình luồng vận tải SMVTF (2). Tuy nhiên, để khắc phục nhược điểm này, tác giả kết hợp sử dụng mô hình mô phỏng RTS và FTS để kết hợp đánh giá năng lực vận hành của tàu cũng như quy mô luồng tàu yêu cầu.

Trong phạm vi nghiên cứu hẹp và đặc thù hơn (Scott, Taylor, El-Solh, & Elliott., 2016), các tác giả đã thực hiện đánh giá ảnh hưởng của sóng có bước dài đến năng lực khai thác của cảng bằng mô hình mô phỏng. Kết quả từ mô phỏng cho phép tiến hành phân tích bài toán kinh tế giữa lợi nhuận gia tăng từ việc nâng cao khả năng khai thác của cảng và chi phí phải bỏ ra để giảm thiểu tác động của sóng dài. Hầu như toàn bộ các hạng mục công trình cảng và quá trình hành hải từ khi tàu đến, làm hàng và rời cảng dưới các tác động của điều kiện tự nhiên được kể đến trong mô hình mô phỏng. Tuy nhiên, bài báo không đề cập phương pháp mô phỏng điều kiện tự nhiên và cách thức mà nó được đưa vào trong mô hình.

Thiers & Janssens (1998) đã xây dựng mô hình mô phỏng và áp dụng trong nghiên cứu năng lực khai thác cảng Antwerp của Bỉ. Về cơ bản, các hạng mục công trình cảng như luồng tàu, khu neo đậu tàu, và bến cập tàu được xem xét. Tuy nhiên, các quy định về an toàn và vận hành hành hải cũng như tương tác giữa môi trường và tàu không được đề cập trong nghiên cứu này. Đánh giá năng lực thông qua hàng hóa cũng như khả năng tắc nghẽn luồng tàu và khu nước phía bắc cảng Busan cũng không có nhiều khác biệt với các mô hình trước đó (Gi-Tae, Michael, & Soak, 2007), ngoại trừ mô hình hóa đội tàu đến cảng được thiết lập dựa trên các dữ liệu AIS.

Hai mô hình mô phỏng có nội dung tương đối giống nhau được phát triển và áp dụng cũng như kiểm chứng tại các cảng Jebel Dhanna, các tiểu Vương quốc Ả Rập (Piccoli, 2014) và cảng Taman, Nga (Sebastián, 2013), trong đó tương tác giữa tàu và điều kiện tự nhiên đã được xem xét đến. Tuy nhiên, đánh giá quy mô và kích thước luồng tàu trên mặt bằng cũng chưa được xem xét.

Bước tiến đáng kể trong nghiên cứu phát triển SMSP phải kể đến những đóng góp của Solari et al. (2010). Có thể nói tất cả các hạng mục của công trình cảng, điều kiện mô trường và tính năng của tàu cũng như quá trình hành hải của tàu đi/rời cảng đã được mô phỏng trong mô hình. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu và ứng dụng mô hình này trong thực tiễn chưa được công bố cho đến nay. Hơn nữa, các hoạt động của tàu tại bến không được xem xét trong mô hình này.

3.2.1.3 Mô phỏng vận tải và xác định quy mô và kích thước luồng tàu

Mô hình này được sử dụng chủ yếu nghiên cứu năng lực vận tải của luồng tàu và khu nước của cảng. Qua đó đánh giá hệ thống cơ sở hạ tầng công trình cảng và đường thủy có đáp ứng hay phù hợp với năng lực vận tải của luồng hai không.

Dựa trên các dữ liệu AIS trong hệ thống VTS để xác định các tham số của mô hình mô phỏng đội tàu đến cảng cũng như đánh giá rủi ro tai nạn và khả năng tắc nghẽn luồng vận tải rất được quan tâm trong những năm gần đây (Xiao, et at., 2012; Rolf & Gilberg, 2018). Các dữ liệu này phản ánh đúng thực tế nhất quá trình hành hải của đội tàu đến cảng. Từ kết quả mô phỏng kết hợp với các dữ liệu thống kê về tai nạn hàng hải và mô hình xác suất, chúng ta có thể dự báo được rủi ro hành hải trong tương lai khi mà đội tàu gia tăng. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng, dữ liệu AIS chỉ phản ánh quỹ đạo chuyển động của tàu trên thực tế chứ không phải tương tác của tàu với môi trường được mô phỏng trong mô hình.

Một trong những nghiên cứu khởi đầu ứng dụng mô hình mô phỏng trong tối ưu hóa độ sâu chạy tàu được thực hiện trong dự án xây dựng tuyến luồng ngoài, cảng Cẩm Phả, Quảng Ninh (Quy et al. 2008). Trong mô hình này, tương tác giữa môi trường và tàu, quy định an toàn về khai thác luồng, và ảnh hưởng của vận tốc tàu chạy trên luồng được xét đến. Tuy nhiên, các hoạt động trên bến cũng như tương tác giữa tàu và bến chưa được xét đến trong mô hình này.

Với phạm vi nghiên cứu tương đối rộng trên tuyến vận thủy, (Almaz & Altiok, 2012) đã phát triển một SMSP để đánh giá tác động của việc nạo vét tuyến luồng vận tải trên sông Delaware (USA) đến hoạt động khai thác của một số cảng trong khu vực. Nghiên cứu tập trung vào phân tích năng lực vận tải với quy mô của tuyến luồng, nhưng các tác động từ điều kiện từ nhiên gần như không được xem xét đến. Cũng gần tương tự như nghiên cứu này, Zhang, et al., 2019) Nghiên cứu tác động của việc gia tăng độ sâu luồng đến vận tải trên luồng sông Yangtze.

Guolei Tang tiến hành thiết kế tối ưu luồng dẫn và đánh giá ảnh hưởng của kích thước luồng tàu đến hệ số bận bến bằng mô hình mô phỏng tại một số cảng biển (Tang, et al., 2016; Tang, et al.; 2014; Tang, et al., 2016). Nói chung, các yếu tố về điều kiện tự nhiên được đơn giản hóa và tương tác giữa tàu với môi trường chưa có sự phát triển so với các nghiên cứu trước đây.

Khác biệt với các nghiên cứu trên, mô hình có tên ProToel được K. Eloot, et al. (2010) phát triển trong đó dao động của tàu dưới tác động của sóng được xác định bằng các mô hình thực nghiệm. Tác giả đã xây dựng được cơ sở dữ liệu của rất nhiều loại tàu đến cảng. Phương pháp này có độ chính xác và tin cậy cao nhất để có thể gia tăng mớn nước làm hàng của tàu. Phương pháp chủ yếu sử dụng trong việc khai thác vận hành luồng tàu. Cũng tương tự như mô hình này, cho đến nay, có nhiều phần mềm mang tính thương mại có thể được sử dụng để thiết lập kế hoạch điều động tàu vào cảng, đặc biệt ở các khu nước và luồng tàu chịu tác động trực tiếp bởi sóng. Một trong những phần mềm có thể kể đến như Passage_Planner, Keel_Check, v.v. Việc kết hợp mô

hình này với các mô hình mô phỏng vận tải sẽ làm cho kết quả mô phỏng chính xác hơn và hiện rất đang được quan tâm.

Sự khác biệt về mức độ chi tiết, độ chính xác của mô hình toán, mục đích và phạm vi nghiên cứu của các mô hình này được đề cập trong các bảng dưới đây.

3.2.2 Đánh giá và phân loại mô hình

Trên tổng số 27 bài báo được thu thập, tác giả phân thành 15 mô hình được đánh số từ SM1 đến SM16. Các mô hình được đánh gian và phân loại theo các tiêu chí trong các bảng dưới đây.

3.2.2.1 Phân loại theo mục đích áp dụng

Nhìn thống kê trong Bảng 3-3 cho ta thấy số lượng các bài báo hay áp dụng theo cả ba nhóm tương đối đồng đều, trong đo nhóm G.02 chiếm số lượng nhỉnh hơn.

Nhóm các mô hình loại một chủ yếu tập trung nghiên năng lực thông qua của công trình bến và kho bãi. Tuy nhiên, nhưng các kết quả mô phỏng theo nhóm này có thể sử dụng gián tiếp để đánh giá sơ bộ quy mô luồng. Ngược lại, các mô hình thuộc nhóm hai mục đích nghiên cứu có thể là năng lực thông qua công trình bến hoặc/và năng lực thông qua của luồng tàu. Thậm chí, các kích thước cơ bản của luồng chạy tàu cũng như phân tích rủi ro tai nạn hành hải có thể được đánh giá dựa trên các kết quả mô phỏng của nhóm mô hình này.

Sử dụng mô hình mô phỏng trong thiết kế tối ưu kích thước luồng tàu gần đây nhận được sự quan tâm của tác giả Tang Guolei. Đánh giá rủi ro trong dài hạn bằng phương pháp mỏ phỏng không phải đối tượng trực tiếp của nghiên cứu này. Tuy nhiên, thông qua các số liệu thống kê về tai nạn hành hải kết hợp với sử dụng cơ sở dữ liệu AIS, chúng tác có thể sơ bộ đánh giá rủi ro hành hải trên cơ sở nghiên cứu mật độ giao thông cung cấp bởi các mô hình mô phỏng này. Trong nhóm này, mô hình SM 3.05 tương đối khác biệt với các mô hình còn lại và được sử dụng để lập kế hoạch điều động tàu.

Bảng 3-4: Phân nhóm mô hình theo mục đích sử dụng

Thứ tự mô hình	Xác định kích thước luồng	Đánh giá quy mô luồng tàu	Đánh giá năng lực thông qua bến	Đánh giá rủi ro hành hải	Lập kế hoạch điều động tàu
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SM 1.01		□	Δ		
SM 1.02		□	Δ		
SM 1.03		□	Δ		
SM 1.04		□	Δ		
SM 2.01			Δ	□	
SM 2.02		□	Δ		
SM 2.03		□	Δ		
SM 2.04	□	Δ	□		
SM 2.05	□	Δ	□		
SM 2.06	□	Δ	□		
SM 3.01	Δ	□			
SM 3.02	Δ	□			
SM 3.03	Δ	□	□		
SM 3.04	Δ	□			
SM 3.05	□				Δ

Ghi chú:

Cột (1): Kích thước luồng bao gồm chiều rộng và chiều sâu chạy tàu
Cột (2): Đánh giá năng lực thông qua của luồng hay tuyến vận tải
Cột (3): Đánh giá năng lực thông qua bến các hạng mục công trình cảng
Cột (4): Đánh giá rủi ro tai nạn hành hải dựa trên các kết quả mô phỏng
Cột (5): Hỗ trợ điều động tàu ra vào cảng
Δ Mục tiêu chính của mô hình
□ Mục tiêu khác có thể đạt được trên cơ sở phân tích các kết quả mô phỏng

3.2.2.2 Phân loại theo quy mô và kích cỡ mô hình

Kích cỡ của mô hình được xác định bởi số lượng các hạng mục công trình cảng được mô phỏng cũng như mức độ tin cậy và sự dễ dàng trong việc tiếp cận và vận hành nó. Nhìn thống kê trong Bảng 3-5 cho thấy chưa có một mô hình nào mô phỏng hết tất cả các hạng mục công trình cảng. Số lượng mô hình được định dạng và kiểm chứng cũng không nhiều. Các công cụ và ngôn ngữ để xây dựng mô hình cũng rất đa dạng, trong đó Matlab, AweSim và Arena được sử dụng nhiều hơn.

Bảng 3-5: Phân loại kích cỡ và quy mô các mô hình

Thứ tự	Ngôn ngữ sử dụng	Cấu hình cảng (O, I, A, T, B, L)	Quá trình hành hải (NR, OS, VT, TU)	Vấn đề khác (F, V, G, I, C)
SM 1.01	AweSim	(0, 0, 1, 1, 1, 1)	(1, 0, 0, 0)	(1, 0, 1, 0, 1)
SM 1.02	Visual Basic	(0, 0, 1, 1, 1, 1)	(1, 0, 0, 1)	(1, 1, 1, 1, 0)
SM 1.03	AweSim	(0, 0, 0, 1, 1, 0)	(0, 0, 0, 1)	(1, 0, 0, 1, 0)
SM 1.04	Arena	(0, 0, 0, 0, 1, 0)	(0, 0, 0, 1)	(1, 0, 0, 0, 1)
SM 2.01	Arena	(0, 1, 1, 0, 1, 0)	(0, 1, 0, 0)	(1, 0, 0, 1, 0)
SM 2.02	Prosim	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 1, 1, 1)	(1, 0, 1, 0, 1)
SM 2.03	SIMAN/Arena	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 0, 0, 1)	(1, 0, 1, 0, 1)
SM 2.04	Matlab	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(0, 1, 0, 0)	(1, 0, 1, 0, 0)
SM 2.05	Matlab/Flexsim	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 0, 1, 1)	(1, 0, 1, 0, 1)
SM 2.06	AweSim	(0, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 0, 1, 0)	(1, 0, 1, 1, 0)
SM 3.01	Arena	(0, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 0, 1, 0)	(1, 0, 1, 1, 1)
SM 3.02	Matlab	(1, 1, 1, 0, 0, 0)	(0, 1, 0, 0)	(1, 0, 0, 0, 1)
SM 3.03	Java	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(1, 0, 1, 0)	(1, 1, 1, 1, 0)
SM 3.04	Arena	(0, 1, 0, 0, 0, 0)	(1, 0, 0, 0)	(1, 0, 0, 1, 0)
SM 3.05	Java	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	(0, 1, 0, 0)	(1, 0, 1, 1, 1)

Ghi chú:

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Cấu hình cảng	A	Khu neo tàu
	O	Đoạn luồng ngoài
	I	Đoạn luồng trong
	T	Khu quay trở tàu
	B	Bến cập tàu
	L	Kho bãi
Quá trình hành hải	NR	Quy định vận hành tàu trên luồng
	OS	Các tiêu chuẩn an toàn
	VT	Kiểm soát lái tàu
	TU	Hỗ trợ lai dắt
Vấn đề khác	F	Sơ đồ dòng chảy quá trình mô phỏng cảng
	V	Hiển thị mặt bằng hoặc không gian bố trí công trình
	G	Khả năng giao diện người sử dụng
	I	Mức độ tương tác giữa các mô đun trong mô hình
	C	Kiểm chứng mô hình

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Quy định có hay không có hạng mục trong mô hình	(1/0)	Nếu đánh số (1) khi hạng mục đó được xem xét trong mô hình; nếu đánh số (0) khi hạng mục đó không được xem xét trong mô hình.

3.2.2.3 Thống kê theo các thông số và dữ kiện của đội tàu

Một trong dữ liệu rất quan trọng ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của kết quả mô phỏng là xác định hàm mật độ phân bố khoảng thời gian các tàu đến cảng. Hàm này thường được xác định thông qua các số liệu thống kê của đội tàu đến cảng. Đối với cảng xây mới hoàn toàn thường phải tham khảo các cảng có quy mô và tính chất tương tự. Theo thống kê trong Bảng 3-6 cho thấy phần lớn hàm mật độ số mũ (negative exponential distribution-NED) được sử dụng nhiều hơn cả để mô phỏng khoảng thời gian các tàu đến cảng. Tuy nhiên, trong một số cảng mà đội tàu đã được lập kế hoạch đến cảng thường xuyên theo định kỳ, hàm mật độ phân bố đều (uniform distribution-UNI) thường được sử dụng.

Bảng 3-6: Phân loại mô hình theo mức độ chi tiết mô phỏng đội tàu đến cảng

Thứ tự	Quy luật tàu đến cảng, neo cập và làm hàng			Thông số tàu	
	Tàu đến cảng	Neo cập	Làm hàng	Kích thước	Năng lực
SM 1.01	NED	⊗	NED	Yes	No
SM 1.02	VAR	⊗	VAR	Yes	No
SM 1.03	UNI	UNI	UNI	Yes/No	No
SM 1.04	Data	⊗	Data	Yes/No	No
SM 2.01	UNI	Fixed	Fixed	Yes	Yes
SM 2.02	NED Erlang-K	NED Erlang-K	NED Erlang-K	Yes	No
SM 2.03	NED	⊗	Gamma/Lognormal	Yes	No
SM 2.04	NED	⊗	UNI	Yes	No
SM 2.05	NED	Uniform	Uniform Erlang-K	⊗	⊗
SM 2.06	NED	No	Erlang-K	Yes	No
SM 3.01	VAR	⊗	VAR	Yes	No
SM 3.02	NED	⊗	No	Yes	Yes
SM 3.03	NED	⊗	NED	Yes	No
SM 3.04	NED	⊗	NED	Yes	No
SM 3.05	No	No	No	Yes	Yes

Ghi chú:

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Mô phỏng quy luật tàu đến cảng, neo cập và làm hàng trên bến	NED	Hàm phân bố mũ "Exponential"
	UNI	Hàm phân bố "Uniform"
	Erlang-K	Hàm phân bố "Erlang-K"
	Gamma	Hàm phân bố "Gamma"
	Lognormal	Hàm phân bố "Lognormal"
	Fixed	Cố định thời gian
	Data	Sử dụng cơ sở dữ liệu thống kê
	VAR	Kết hợp nhiều hàm
	⊗	Không nêu rõ trong tài liệu
Kích thước và năng lực vận hành tàu	(Yes/No)	Chỉ định "Yes" có xem xét trong mô hình; Còn "No" không được kể đến trong mô hình.

Cũng cần lưu ý rằng, thời gian tàu neo cập và cố định tàu trên bến cũng rất đáng kể và phải được xem xét đến trong mô phỏng. Một số nghiên cứu xem xét thời gian này là cố định (khoảng từ 2-3 giờ), một số khác lại xem xét như một biến ngẫu nhiên (UNI, NED hoặc Erlang). Tương tự, thời gian làm hàng trên bến cũng được xem xét là biến ngẫu nhiên và được xác định trên cơ sở năng suất trung bình của cần trục mép bến.

Trọng tải và kích thước của tàu được xem xét hầu hết trong các mô hình. Tuy nhiên, tính năng và khả năng vận hành của tàu lại ít được quan tâm. Đây là một trong vấn đề quan trọng sẽ được nghiên cứu trong báo cáo này.

3.2.2.4 Phân loại theo khả năng mô phỏng điều kiện tự nhiên trong mô hình

Hầu hết các mô hình mô phỏng các hoạt động của cảng trên bến-bãi đều không quan tâm đến điều kiện thời thiết như thể hiện trong Bảng 3-7. Các mô hình còn lại kể đến tác động của môi trường hoặc bằng cách xây dựng các cơ sở dữ liệu về điều kiện thời tiết theo thời gian hoặc sử dụng công cụ thống kế và hàm xác suất để mô phỏng điều kiện thời tiết trong mô hình. Trong một số trường hợp ảnh hưởng của điều kiện thời tiết không lớn đến hoạt động của cảng, các giá trị trung bình thống kê trong năm có thể được sử dụng.

Ngay cả khi có xem xét đến điều kiện thời tiết, cũng chỉ có số ít xem xét đến ảnh hưởng của điều kiện thời tiết đến khả năng vận hành của tàu. Điều này cho chúng ta thấy phần lớn các mô hình kể đến điều kiện thời tiết làm ảnh hưởng đến hoạt động của cảng thông qua kinh nghiệm. Ảnh hưởng cụ thể của điều kiện thời tiết đến khả năng hoạt động của từng con tàu cụ thể chưa được quan tâm. Đây cũng là vấn đề trọng tâm của nghiên cứu trong Báo cáo này. Hình dạng và loại luồng tàu ảnh hưởng đến khả năng vận hành của tàu cũng chưa được xem xét trong hầu hết các mô hình. Như chúng ta biết cùng với hình dạng tàu, loại luồng cũng ảnh hưởng đáng kể đến độ dằn của tàu khi vận hành trên luồng.

Bảng 3-7: Phân loại mô hình theo khả năng mô phỏng điều kiện tự nhiên

Thứ tự	Điều kiện thời tiết (WI, WA, CU, TI, SB, OT)	Phương phá mô phỏng	Ảnh hưởng của thời tiết đến vận hành tàu	Ảnh hưởng của độ sâu luồng đến vận hành tàu
SM 1.01	(0, 0, 0, 0, 0, 0)	No	No	No
SM 1.02	(0, 0, 0, 0, 0, 0)	No	No	No
SM 1.03	(0, 0, 0, 0, 0, 1)	Deterministic	No	No
SM 1.04	(0, 0, 0, 0, 0, 1)	Data base	No	No
SM 2.01	(1, 1, 0, 0, 0, 0)	Deterministic	Yes	No
SM 2.02	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	Probabilistic	No	Yes
SM 2.03	(0, 0, 0, 1, 0, 0)	Data base	No	No
SM 2.04	(1, 1, 1, 1, 0, 0)	Data base	Yes	No
SM 2.05	(1, 1, 1, 1, 1, 0)	Probabilistic	Yes	Yes
SM 2.06	(0, 0, 0, 0, 0, 0)	No	No	No
SM 3.01	(0, 0, 0, 1, 0, 0)	Data base	No	No
SM 3.02	(0, 1, 0, 1, 1, 0)	Probabilistic	Yes	Yes
SM 3.03	(0, 1, 1, 1, 0, 0)	Deterministic	Yes	Yes
SM 3.04	(0, 0, 0, 1, 0, 0)	Probabilistic	Yes	No
SM 3.05	(0, 1, 0, 0, 1, 0)	Data base	Yes	Yes

Ghi chú:

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Điều kiện thời tiết	WI	Gió
	WA	Sóng
	CU	Dòng chảy
	TI	Mực nước triều
	SB	Địa chất đáy luồng

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
	OT	Đơn giản hóa điều kiện thời tiết thành hai kịch bản: thuận lợi và không thuận lợi
	(1/0)	Đánh số (1) khi các điều kiện môi trường kể trên được xem xét; Ngược lại đánh số (0).
Phương pháp mô phỏng	Deterministic	Phương pháp tất định
	Probabilistic	Phương pháp xác suất
	Database	Sử dụng số liệu đo đạc theo thời gian (tối thiểu một năm)
	(Yes/No)	Chỉ định "Yes" khi được xem xét trong mô hình; ngược lại "No" khi không được xem xét.
Ảnh hưởng của thời tiết và độ sâu luồng đến vận hành tàu	(Yes/No)	Chỉ định "Yes" khi điều kiện thời tiết hoặc độ sâu luồng được kể đến trong mô hình; ngược lại "No" không được xem xét.

3.2.2.5 Kết quả mô phỏng

Tất cả các mô hình đều cho các kết quả về thời gian chờ của tàu. Tùy mục đích và phạm vi nghiên cứu, các kết quả chờ tàu có thể do điều kiện thời tiết, thủy triều, đợi tàu kéo hỗ trợ, đợi bến hoặc tổ hợp hai hay nhiều yếu tố trên. Các mô hình nghiên cứu hoạt động của bến-bãi, các thông tin về tàu hoạt động trên luồng gần như bỏ qua. Trong khi, các mô hình nghiên cứu về luồng tàu thì các hoạt động trên bến-bãi lại ít được quan tâm. Các mô hình nghiên cứu cả luồng tàu và bến gần như cung cấp thông tin đầy đủ hoạt động của tàu trong cảng.

Bảng 3-8: Phân loại mô hình theo kết quả mô phỏng

Model	Thời gian chờ (WE, TI, TU, BE)	Hệ số sử dụng luồng	Hệ số sử dụng bến	Số lượng tàu đợi	Tổng thời gian tại cảng	Quá trình hành hải	CBA
SM 1.01	(0, 0, 0, 1)	No	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 1.02	(0, 1, 1, 1)	No	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 1.03	(0, 0, 1, 1)	No	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 1.04	(0, 0, 1, 1)	No	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 2.01	(0, 0, 0, 1)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
SM 2.02	(0, 1, 1, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
SM 2.03	(0, 1, 0, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 2.04	(1, 1, 0, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
SM 2.05	(1, 1, 1, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
SM 2.06	(0, 0, 0, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 3.01	(0, 1, 0, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
SM 3.02	(1, 1, 0, 0)	Yes	No	No	No	No	No
SM 3.03	(1, 1, 0, 1)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
SM 3.04	(1, 1, 0, 0)	Yes	No	No	No	No	No
SM 3.05	(1, 1, 0, 0)	No	No	No	No	Yes	No

Ghi chú:

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Thời gian tàu chờ	WE	Do điều kiện thời tiết
	TI	Do đợi mực nước
	TU	Do đợi tàu lai dắt
	BE	Do đợi bến
	(1/0)	Đánh số (1) khi mô hình xem xét đến các điều kiện chờ tàu nêu trên; ngược lại đánh số (0)
Hệ số sử dụng luồng	CO	Tỷ số giữa tổng thời gian luồng sử dụng và thời gian luồng có thể khai thác

Hạng mục	Ký hiệu	Chi tiết
Hệ số bận bến	BC	Tỷ số giữa thời gian bến được khai thác và thời gian bến có thể khai thác được trong năm
Số lượng tàu đợi	QL	Số lượng tàu phải đợi vào làm hàng trong thời gian mô phỏng
Tổng thời gian tại cảng	TT	Tổng thời gian tàu sử dụng tải cảng
Quá trình hành hải	SP	Dữ liệu về hoạt động của tàu từ khi đến cảng đến khi rời cảng
	CBA	Phân tích lợi ích và chi phí
	Yes/No	Chỉ định "Yes" khi được xem xét trong mô hình; ngược lại "No"

3.3 Một số đánh giá và nhận xét

(1) Nghiên cứu ứng dụng mô hình mô phỏng công trình cảng biển đã có sự quan tâm trong những năm gần đây. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có một hình mô phỏng tương tác hoàn chỉnh cho toàn bộ hệ thống công trình cảng.

(2) Các mô hình mô phỏng được phát triển chủ yếu tập trung nghiên cứu để giải quyết một số vấn đề cho một cảng cụ thể. Chưa có một mô hình mô phỏng mang tính thương mại để chuyển giao và áp dụng phổ biến cho tất cả các cảng. Theo tác giả, hạn chế này có thể do các nguyên nhân sau đây:

- Việc vận hành mô hình đòi hỏi chuyên gia ở nhiều lĩnh vực;
- Công tác chuẩn bị để vận hành mô hình, bao gồm: xây dựng mô hình cảng, thu thập và phân tích xử lý số liệu, đưa số liệu vào mô hình và chạy thử đến hoàn thiện mất rất nhiều thời gian và chi phí tốn kém.
- Các kiến thức trong lĩnh vực này vẫn chưa được phổ cập rộng rãi, do vậy việc tiếp cận và nghiên cứu tương đối khó khăn.
- Chưa được quan tâm thích đáng tại một số nước đang phát triển do chưa nhận thức rõ lợi ích mà nó đem lại.

(3) Qua phân tích tổng quan cho thấy đa phần các mô hình áp dụng để đánh giá năng lực vận tải thuộc nhóm TFS1 và chiếm phần lớn. trong đó tương tác giữa tàu, điều kiện thời tiết và công trình ít hoặc không được xem xét.

(4) Các mô hình áp dụng để phân tích tối ưu quy mô công trình cảng không nhiều, nhưng đã nhận được sự quan tâm trong thời gian gần đây.

(5) Mô hình số SM3.05 được áp dụng để hỗ trợ điều động tàu và khai thác luồng tàu. Theo đó các tàu có trọng tải lớn hơn trọng tải thiết kế có thể được hỗ trợ vào cảng bằng lợi dụng mực nước triều.

(6) Phát triển và hoàn thiện mô hình autopilot kết hợp với nhóm TFS2 là hướng nghiên cứu đang được các nhà khoa học quan tâm hiện nay.

(7) Các tiêu chuẩn an toàn cũng như các quy định vận hành khai thác công trình cảng là các nội dung quan trọng không thể thiếu trong quá trình mô phỏng. Các quy định này khác nhau theo từng nước, thậm chí khác nhau cho từng cảng trong một quốc gia. Các tiêu chuẩn an toàn và quy định khai thác này ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian khai thác của cảng.

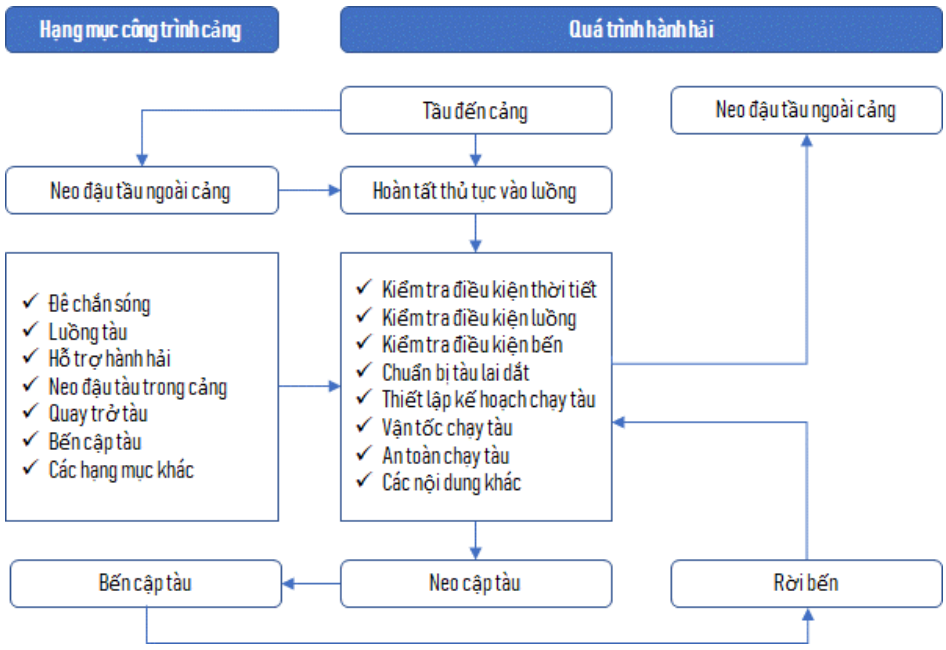
CHƯƠNG 4. QUÁ TRÌNH HÀNH HẢI CỦA TÀU & MÔ HÌNH TOÁN SỬ DỤNG TRONG MÔ HÌNH

Chương này phân tích và trình bày quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng, trong đó các yếu tố đặc thù của cảng biển ở Việt Nam đã được xem xét đến. Các mô hình toán được sử dụng trong Mô phỏng này cũng được trình bày ở các nội dung tiếp theo.

4.1 Quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng

Quá trình hành hải của tàu đến, làm hàng tại bến và rời cảng bao gồm các công đoạn và thủ tục được thể hiện trên Hình 4-1. Cụ thể như sau:

- Tàu đến cảng
- Neo đợi ở ngoài cảng (thường gần phao số không)
- Điều động tàu đi trên luồng định trước vào bến
- Quay trở tàu và cập bến
- Làm hàng trên bến
- Neo đợi tại bến hoặc vũng neo tàu trong cảng
- Rời bến hoặc rời vũng neo đợi
- Điều động tàu rời cảng



Hình 4-1: Thủ tục thực hiện và quá trình hoạt động của tàu tại cảng

4.1.1 Tàu đến cảng

Mặc dù kế hoạch tàu đến cảng đã được xây dựng trước đó vài ngày thậm chí vài tuần hoặc vài tháng, nhưng thời điểm tàu đến cảng thường vẫn có sự chênh lệch so với kế hoạch ban đầu. Thống kê cho thấy khoảng thời gian liên tiếp giữa các tàu (interval time) đến cảng thường tuân theo một quy luật ngẫu nhiên nào đó. Hai trong số hàm phân bố xác suất phù hợp với quy luật tàu đến cảng được sử dụng nhiều nhất là hàm "Exponential" và hàm "k-Erlang". Các hàm này được thảo luận trong chương sau và trình bày chi tiết trong Phục lục.

4.1.2 Neo đợi tại ngoài bể cảng

Hiếm khi tàu đến cảng được điều động vào bến ngay lập tức và thường phải neo đợi ở vũng neo ngoài cảng. Vũng neo này thường được bố trí gần vị trí phao số "0", có độ sâu khoảng 30-40 m để tránh vùng sóng vỡ. Tàu đợi ở vũng neo này với một hoặc đồng thời nhiều lý do sau:

- Luồng tàu hoặc/và bến
- Hoa tiêu hoặc/và tàu lai dắt
- Điều kiện thời tiết và vận hành tàu trên luồng
- Mực nước chạy tàu
- Các tiêu chuẩn về an toàn

(1) Luồng tàu hoặc/và bến

Cảng vụ thông qua hệ thống VTS và các quy định về giao thông trên luồng (traffic rules) sẽ kiểm tra luồng tàu đã sẵn sàng để cho tàu vận hành trên luồng hay chưa. Đồng thời, trong trường hợp cảng không có khu neo đợi tàu bên trong bể cảng, bộ phận vận hành cảng sẽ kiểm tra bến đã sẵn sàng hay chưa. Chỉ khi hai yêu cầu này thỏa mãn, sẽ chuyển sang các thủ tục kiểm tra tiếp theo.

(2) Hoa tiêu hoặc/và tàu lai dắt

Khi điều kiện về luồng và bến đã được thỏa mãn, hoa tiêu được điều động kết hợp với thuyền trưởng và cảng vụ để lập kế hoạch điều động tàu. Kế hoạch này bao gồm: kiểm tra năng lực vận hành của tàu, kiểm tra điều kiện thời tiết và mực nước triều và tính toán số lượng cũng như năng lực tàu kéo cần thiết để lai dắt tàu mẹ.

Số lượng tàu lai dắt cần thiết phụ thuộc vào kích thước tàu mẹ và điều kiện tự vận hành tàu. Bảng dưới đây là một ví dụ về yêu cầu tàu lai dắt tại cảng Vancouver.

Bảng 4-1: Quy định số lượng tàu lai dắt tại cảng Vancouver, Canada

Kích thước tàu (m)		Số lượng tàu kéo		Lực kéo (tấn)		
Mớn nước	LOA/LOA+B	Mũi	Lái	Mũi	Lái	Tổng cộng
>12	LOA>200	1	2	30	110	140
>10>12	LOA>200	1	1 hoặc 2	30	80	110
<10	(LOA+V)>265	1	1 hoặc 2	30	65	95
>8<10	LOA>200; LOA+B<265	1	1 hoặc 2	30	65	95
<8	LOA>200; LOA+B<265	1	1 hoặc 2	30	50	80
>10	LOA<200	1	1 hoặc 2	30	50	80
>8<10	LOA<200	1	1 hoặc 2	30	40	70
<8	LOA<200	1	1	20	30	50
Ghi chú: LOA là chiều dài lớn nhất của tàu, B là chiều rộng tàu						

Nguồn: (Vancouver Port, 2014)

(3) Mực nước chạy tàu

Đa phần các cảng ở Việt Nam và trên thế giới, vì lý do kinh tế, đều tận dụng mực nước triều để đưa tàu có trọng tải lớn hơn tàu thiết kế khai thác. Vì thế, việc lựa chọn mực nước cũng như thời gian duy trì mực nước đó (tidal window) để chạy tàu là rất quan trọng. Mực nước chạy tàu phụ

thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm: mớn nước tàu, vận tốc chạy tàu, điều kiện sóng gió, và khoảng dự trữ an toàn dưới sống tàu. Chi tiết nội dung này sẽ thảo luận trong Phần 5.

(4) Điều kiện thời tiết

Tàu không thể vận hành với mọi điều kiện thời tiết. Đồng thời với tính toán mực nước chạy tàu, điều kiện thời tiết để tàu vận hành an toàn phải được kiểm tra, bao gồm: khả năng hoạt động dưới tác động của sóng gió và kích thước của luồng tàu có đủ lớn để tàu vận hành an toàn. Trên cơ sở đó, hoa tiêu và thuyền trưởng sẽ quyết định một tốc độ chạy tàu hợp lý để điều động tàu.

(5) Các điều kiện an toàn

Các điều kiện an toàn được thiết lập thường khác nhau ở mỗi nước, thậm chí là khác nhau ở từng các cảng trong cùng một quốc gia phù thuộc vào các yếu tố về điều kiện tự nhiên, điều kiện cơ sở hạ tầng công trình cảng, trình độ khoa học công nghệ và năng lực của hoa tiêu. Dưới đây là một số điều kiện an toàn theo các hướng dẫn của (Thoresen, 2018) và một số cảng trên thế giới có thể tham khảo.

Bảng 4-2: Quy định an toàn thác cảng biển

Yêu cầu thiết kế và khai thác	**Phao "0"" và Cửa cảng**	**Luồng tầu khu nước**	**Neo cập tầu**	**Làm hàng trên bến**
Sóng	1.5-2 m	<=1 m	0.5-1.0 m	Xem bảng 11 và 12
Gió	< 20m/s, 15 và 10m/s cho diện tích chắn gió 1000, 5000, và 10000m2		7-10 m/s	10-15 m/s
Dòng chảy	Không quá 3m/s	1-2m/s	1-2m/s	
Mực nước (dự trữ đáy tầu)	Sóng chưa vỡ	>10% mớn nước	Không nhỏ hơn 1.1 T	
Sương mù	>1-1.5km	3-6 LOA		
Tầu kéo	Tùy thuộc quy định của cảng (Bảng 4-1)			
Vận tốc	<=12 knots	4-10 knots	Theo quy định của từng loại tàu	

Nguồn: Tác giả tổng hợp

Bảng 4-3: Dao động lớn nhất cho phép khi tàu làm hàng

Dao động	Jensen, 1990	Smitz, 1992	PIANC, 1995	D'Hondt, 1999	Moes, 2000
Tịnh tiến (surge-m)	0.50	0.50	0.50	0.24	0.30
Ngang (sway-m)	0.40	0.30	0.60	0.22	0.30
Đứng (heave-m)	0.45	0.30	0.40	0.20	0.30
Xoay ngang (roll-deg)	1.50	1.00	1.50	0.24	0.50
Xoay đứng (pitch-deg)	0.75	-	0.50	0.40	0.50
Xoay dọc (yaw-deg)	0.25	-	0.50	0.10	0.50

Nguồn: (PIANC-115, 2012)

Bảng 4-4: Chiều cao song giới hạn trong bể cảng khi tàu làm hàng

Loại tàu	Chiều cao sóng giới hạn H_s: m	
	0^0 (thuận và ngược sóng)	45–90°
Tàu tổng hợp	1,0	0,8
Tàu container và tàu ro/ro	0,5	
Tàu hàng rời: 30 000–100 000 DWT chất tải	1,5	1,0
Tàu hàng rời: 30 000–100 000 DWT dỡ tải	1,0	0,8–1,0
Tàu dầu: 30 000 DWT	1,5	
Tàu dầu: 30 000–200 000 DWT	1,5–2,5	1,0–1,2
Tàu dầu: >200 000 DWT	2,5–3,0	1,0–1,5

Nguồn: (Thoresen, 2018)

4.1.3 Điều động tàu và vận hành trên luồng

Khi và chỉ khi tất cả các điều kiện nêu trên được thỏa mãn, tàu mới được phép truy cập luồng. Trong quá trình vận hành trên luồng, một số điều kiện dưới đây phải được thỏa mãn.

(1) Vận tốc chạy tàu

Vận tốc chạy tàu thường được quy định trước cho mỗi loại tàu và trên từng tuyến luồng cụ thể. Tuy nhiên, hoa tiêu có thể điều chỉnh tốc độ trong một khoảng nhất định nào đó để phụ hợp với từng điều kiện thời tiết cụ thể. Nói chung, tàu không được đi quá nhanh để đảm bảo khoảng cách dừng tàu khi cần thiết đồng thời giảm thiểu độ dằn tàu do vận tốc, tàu cũng không nên đi quá chậm để giảm thiểu dao động tàu do chôi dạt dưới tác động của sóng, gió và dòng chảy. Nói chung, vận tốc chạy tàu không lớn hơn 15 knots đối với luồng ngoài và không lớn 8 knots đối với đoạn luồng trong bể cảng.

Bảng 4-5: Vận tốc chạy tàu lớn nhất trên luồng biển

Loại tàu	DWT	Vận tốc tối đa (kn)
Tàu khí hóa lỏng LNG	75 000	19.0
Tàu hàng rời	20 000	14.0
Tàu tổng hợp	6 038	16.0
Tàu hàng rời	12 500	14.5
Tàu dầu VLCC	300 058	16.8
Tàu container	83 826	24.5
Tàu chở quặng	322 398	14.7
Tàu tổng hợp	8 739	13.3
Tàu container	18 158	20.2

Nguồn: (Lighteringen, 2009)

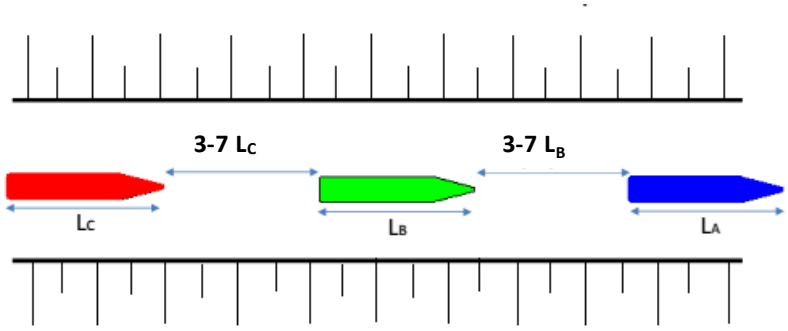
(2) Tránh tàu trên luồng

Các tàu có được vượt hoặc đi ngược chiều nhau trên luồng hay không phụ thuộc vào từng loại tàu, quy mô luồng tàu, và điều kiện hỗ trợ an toàn hành hải trên luồng. Các trường hợp sau đây hay gặp tại các cảng.

Bảng 4-6: Quy định về tránh tàu trên luồng

No.	Loại luồng	Quy định hoạt động
1	Một làn	Thông thường các tàu không được vượt nhau hoặc đi ngược chiều nhau tại mọi thời điểm trên luồng trừ một số trường hợp đặc biệt. Khi đó tàu nào đến hoặc đi trước sẽ được vào luồng trước (FIFO), các tàu khác phải đợi đến khi luồng được tàu kia rời khỏi luồng. Tuy nhiên, nếu trường hợp có tàu ưu tiến, các tàu khác đều phải đợi đến khi tàu ưu tiên rời khỏi luồng.
2	Hai làn	Các tàu được đi ngược chiều nhau và có thể vượt khi phía luồng bên kia không có tàu. Trong thời đoạn các tàu vượt nhau hay ngược chiều nhau trên luồng, tốc độ chạy tàu được hạn chế theo quy định của từng cảng.
3	Một lan có điểm một hoặc nhiều hơn một điểm tránh trên luồng	Trong trường hợp này. Nếu không có tàu ưu tiên, tàu nào gần điểm tránh trước sẽ phải vào điểm tránh để tàu kia vượt qua. Nếu có tàu ưu tiên, như trường hợp luồng một làn.

Trong trường hợp tàu không được phép vượt nhau, các tàu gần nhau cần phải đảm bảo cách an toàn theo quy định như trên hình dưới đây.



Hình 4-2: Khoảng cách an toàn giữa hai tàu trên luồng

4.1.4 Tàu chờ làm hàng bến tại khu neo đợi

Trong trường hợp bến đang bận được được khai thác sử dụng, tàu kế tiếp phải xếp hàng neo đợi tại một vị trí nào đó được che chắn trong cảng. Về mặ lý thuyết, thời gian đợi tàu được xác định dựa trên hệ số bận và số lượng bến cần thiết tính toán. Có thể tham khảo bảng dưới đây là hệ số tàu phải chờ tính theo thời gian làm hàng trên bến của tàu đến cảng.

Ví dụ với hệ số bận bến bằng 0.3, thời gian làm hàng cho tàu là 100 giờ thì thời gian chờ bến của tàu đối với trường hợp một bến là 0.13x100 = 13 giờ, nhưng đối với trường hợp hai bến thời gian chờ bến giảm xuống chỉ còn 0.02x100 = 2 giờ.

Chúng ta có thể thấy rõ ràng là số lượng bến càng lớn thời gian chờ bến cảng giảm với cùng hệ số bận bến. Ngược lại, với hệ số bận bến càng lớn thì thời gian chờ bến càng lớn trong mọi trường hợp về số lượng bến.

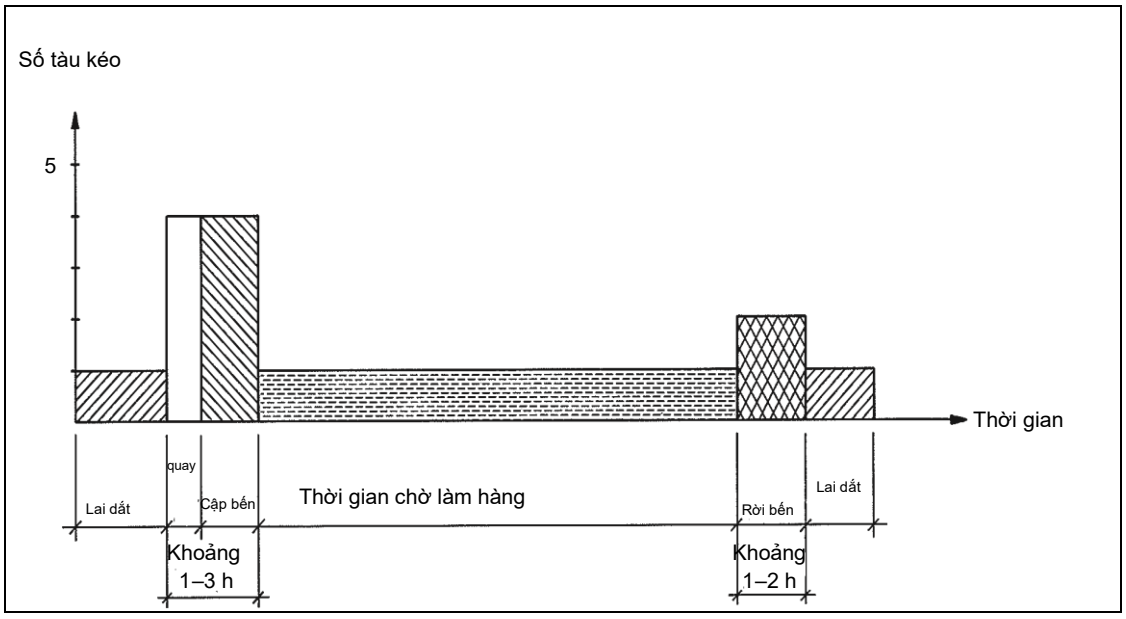
Bảng 4-7: Hệ số chờ tàu theo hệ số bận bến và số lượng bến

Hệ số bận bến	Một bến	Hai bến	Ba bến
30%	0.13	0.02	0.01
40%	0.24	0.06	0.02
50%	0.39	0.12	0.05
60%	0.63	0.22	0.11
70%	1.04	0.41	0.23
80%	1.87	0.83	0.46
90%	4.36	2.00	1.20

Nguồn: (UNCTAD, 2013)

4.1.5 Quay trở tàu và cập bến

Tùy thuộc vào hướng gió và dòng chảy, tàu có thể quay trở trước khi cập bến hoặc quay trở sau khi rời bến. Vị trí khu quay trở tàu thường được bố trí tại gần tâm của bể cảng. Thời gian quay trở tùy thuộc vào từng loại tàu và điều kiện khu quay trở và dao động khoảng 60’ đến 180’ bao gồm cả thời gian cập bến. Thời gian tàu rời bến từ 60’ đến 120’.



Hình 4-3: Thời gian quay trở và cập tàu
Nguồn: (Thoresen, 2018)

4.1.6 Làm hàng trên bến và rời bến

Thời gian làm hàng trên bến phụ thuộc vào khối lượng hàng trên tàu, số lượng và công suất bốc xếp của cần trục trên bến, và điều kiện thời tiết. Các số liệu dưới đây được thu thập ở một số cảng trên thế giới có thể tham khảo.

Bảng 4-8: Năng suất cần trục bốc xếp hàng rời

No.	Loại tàu	Kích cỡ	Công suất cần trục (TUEs hoặc tấn /giờ)	Công suất bến (tấn/m dài bến/năm)
1	Container	<2000 TEU	< 25 TUE	< 5000
		2000-4000 TEU	25-40 TUE	5000-12000
		>4000 TEU	40-80 TUE	>12000
2	Hàng rời (quặng)	<80 000 DWT	1 000 – 1 500	
		<160 000 DWT	1 500 – 2 800	
		>160 000 DWT	2 800 – 3 500	
3	Hàng tổng hợp	< 10 000 DWT	200	<3000
		10-40 000 DWT	200 - 400	3000-5000
4	Dầu khí	Crude Oil	10.000-20.000	
		Gasoline	1.000-2.000	
		Diesel Oil	1.000-2.000	
		LPG	500-2.000	

Nguồn: Tác giả tổng hợp

4.1.7 Tàu vào luồng và rời cảng

Khi và chỉ khi các điều kiện an toàn vận hành tàu nêu trong Mục 4.1.2 4.1.3 được thỏa mãn, tàu mới được truy cập luồng. Quá trình vận hành tàu trên luồng được thực hiện theo các quy định nêu trong Mục 4.1.3.

4.2 Các mô hình toán và số liệu sử dụng trong mô hình

4.2.1 Mô hình mô phỏng tàu đến cảng

Như đã nêu phần trên, thời gian tàu đến cảng tuân theo một quy luật ngẫu nhiên theo đó khoảng thời gian liên tiếp giữa các tàu đến cảng có thể biểu diễn bằng một số hàm phân bố xác suất. Hàm xác suất theo quy luật phân bố mũ "Exponential" có dạng dưới đây được sử dụng nhiều hơn cả.

$$f(\mathrm{x}) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (1)$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (2)$$

Trong đó:

$f(x)$ là hàm một độ phân bố xác suất

$F(x)$ là hàm phân bố tích lũy

x là khoảng thời gian giữa hai tàu liên tiếp đến cảng

λ là hệ số phụ thuộc vào mật độ tàu đến cảng (1/giờ)

khi l được xác định, khoảng thời gian giữa các tàu đến cảng được xác định trong mô hình như sau:

$$x = F^{-1}(\mathrm{U}) = -\ln(U)/\lambda \quad (3)$$

Trong đó U là biến ngẫu nhiên có giá trị trong khoảng (0,1) được phát sinh bằng các hàm "Random" đã có sẵn trong hầu hết các ngôn ngữ lập trình.

4.2.2 Mô hình mô phỏng điều kiện thời tiết

Có hai cách đưa số liệu điều kiện thời tiết (mô phỏng hoặc truy cập) vào mô hình như đề cập trong Bảng 4-9.

Bảng 4-9: Phương pháp truy cập và mô phỏng số liệu thời tiết

Phương pháp	Quy định hoạt động	Ưu/ nhược điểm
Truy cập đến cơ sở dữ liệu	Các số liệu về điều kiện thời tiết (sóng, gió, dòng chảy và sương mù) trong thời gian nghiên cứu (một hay nhiều năm) được lưu trong mô hình theo chuỗi thời gian (từng giờ hoặc vài phút).	Ưu điểm là các số liệu chính xác về mặt tương quan giữa các yếu tố điều kiện tự nhiên. Nhược điểm là thu thập đầy đủ các số liệu này không phải lúc nào cũng thực hiện được. Hơn nữa, các yếu tố và số liệu về điều kiện thời tiết là như nhau cho tất cả các lần mô phỏng.
Mô phỏng	Dựa trên các bảng thống kê tần suất về hướng và độ lớn của các yếu tố điều kiện thời tiết (các bảng này thường được xây dựng trong một hoặc nhiều năm bởi cơ quan quản lý nhà nước hoặc tư vấn chuyên ngành), một số hàm xác suất thống kê được sử dụng để phân tích và tìm ra hàm phù hợp nhất (có độ lệch nhỏ nhất) với các số liệu thống kê. Các số liệu về điều kiện thời tiết được phát sinh và mô phỏng trong mô hình từ các hàm này.	Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản trong việc lưu và cập nhật số liệu. Các số liệu điều kiện thời tiết biến đổi ngẫu nhiên trong các lần mô phỏng nhưng đều có điểm chung về đặc trưng thống kê. Tuy nhiên, nhược điểm là các số liệu về mô phỏng kém tương quan hơn so với phương pháp truy cập.

Ba hàm xác suất thống kê hay được sử dụng để mô phỏng điều kiện thời tiết là hàm "Gamma", "Lognormal" và "Weibul". Trong trường hợp không có số liệu thống kê tần suất về điều kiện thời tiết nhưng có các số liệu đặc trưng thống kê (ví dụ giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, và trung bình), chúng ta có thể sử dụng hàm "Exponential" để mô phỏng. Các chi tiết về hàm này xem Phụ lục.

Các số liệu mô phỏng về điều kiện tự nhiên bao gồm các yếu tố sau:

- Sóng: độ cao sóng Hs (m), hướng sóng so với hướng Bắc (độ) và chu kỳ sóng Tp (s).
- Gió: tốc độ gió (m/s) và hướng gió so với hướng Bắc (độ).
- Dòng chảy: tốc độ dòng chảy (m/s) và hướng dòng chảy so với hướng Bắc (độ)

4.2.3 Thủy triều

Số liệu mực nước thủy triều được đưa vào mô hình có thể bằng một trong hai cách sau:

(1) Thủy triều thiên văn

Bảng dự báo mực nước thủy triều thiên văn theo từng ngày và từng giờ dọc bờ biển Việt Nam trong nhiều năm hầu như đã được xác định. Tuy nhiên, dưới tác động của gió, áp suất và các yếu tố môi trường khác, mực nước triều thực tế có thể chênh lệch với mực nước triều thiên văn vài centimet đến vài chục centiment. Mức độ sai số này cần phải được xác định bằng các phương pháp thống kê khi so sánh với các số liệu thực đo sau đó được tích hợp với mực nước thủy triều thiên văn để đưa vào mô hình.

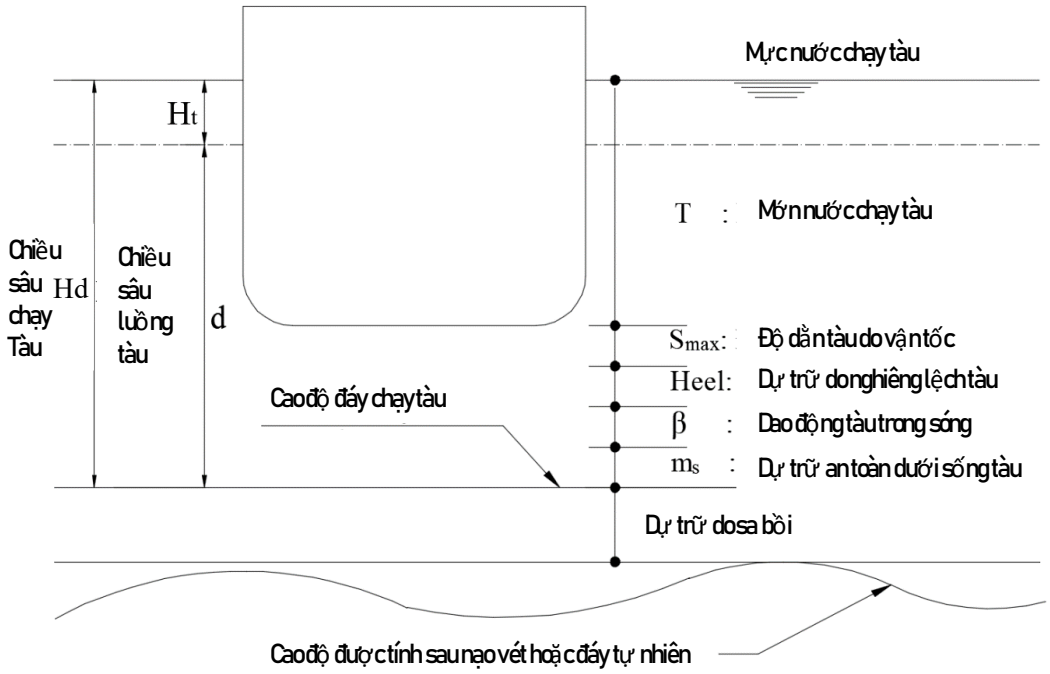
(2) Mực nước thực đo

Bảng mực nước thực đo từng giờ tại vị trí nghiên cứu có thể được sử dụng trong mô hình. Phương pháp này chính xác hơn trong điều kiện các đặc trưng thống kê của số liệu mực nước thu được có thể đại diện và tương tự về đặc trưng thống kê cho các năm nghiên cứu tiếp theo.

Cả hai phương pháp này đều áp dụng được trong mô hình OSEC2020 được trình bày trong các phần sau.

4.2.4 Chiều sâu chạy tàu

Chiều sâu chạy tàu được xác định trên cơ sở mớn nước tàu cộng với các khoảng dự trữ dưới sống tàu như thể hiện trên Hình..



Hình 4-4: Tham số xác định chiều sâu luồng tàu

Chiều sâu chạy tàu được xác định như sau:

$$H_d = T + S_{max} + \beta + Heel + m_s \quad (4)$$

Trong đó:

H_d : Chiều sâu chạy tàu (m)
T : Mớn nước của tàu đang xem xét (m)
S_{max} : Độ dằn tàu gây ra bởi vận tốc chạy tàu (m)
β : Dao động tàu trong sóng (m)
$Heel$: Dự trữ do nghiêng lệch tàu (m)
m_s : Dự trữ an toàn dưới sống tàu (m)

Mực nước chạy tàu được xác định từ chiều sâu chạy tàu như sau:

$$H_t = H_d - d \quad (5)$$

Trong đó d (m) là chiều sâu luồng tàu tính từ mực nước "0" hải đồ.

Các tham số trên sẽ được thảo luận và trình bày trong các mục dưới đây.

4.2.5 Mớn nước và kích thước của tàu

Mớn nước tàu được xác định từ thông số kỹ thuật của tàu. Trong trường hợp tên tàu chưa được xác định, mớn nước tàu có thể tính toán từ trọng tải (DWT) của tàu hoặc các số liệu thống kê trong OCDI 2009. Cần lưu ý rằng mớn nước của tàu thay đổi theo tỷ trọng của nước biển (Xem thêm Phụ lục C, PIANC, 2014).

4.2.6 Độ dằn của tàu do vận tốc (Smax)

Độ dằn của tàu do vận tốc được xác định chủ yếu từ công thức thực nghiệm phụ thuộc vào loại tàu, loại luồng tàu (hở, kín, đào, tự nhiên), và vận tốc chạy tàu. Phạm vi sử dụng cũng khác nhau cho từng trường hợp cụ thể. Trong mô hình mô phỏng này ba công thức của ICORELS, Barrass3, và Eryuzlu2 đã được trình bày dưới đây được trích dẫn từ PIANC 2014.

4.2.6.1 Công thức của ICORELS

Công thức này thường được áp dụng cho các loại luồng không hạn chế và hở:

$$S_{b,I} = C_S \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}} \tag{6}$$

Trong đó:

C_s : Hệ số dằn tàu, phụ thuộc vào hệ số béo C_B. Thường lấy:

$$C_s = \begin{cases} 1.7 & khi\ \ C_B < 0.70 \\ 2.0 & khi\ 0.70 \le C_B < 0.80 \\ 2.4 & khi\ C_B > 0.80 \end{cases}$$

∇ : Thể tích chiếm nước của tàu (m^3)

L_{pp} : Chiều dài tàu giữa hai đường vuông góc

F_{nh} : Số Froude. Đại lượng không thứ nguyên đặc trưng cho tương quan giữa tác động của lực quán tính và trọng lực đối với dòng chảy:

$$F_{nh} = \frac{v_s}{\sqrt{g.h}}$$

Theo kinh nghiệm số Foude thường có giá trị 0.6 cho tàu chở dầu, và 0.7 cho tàu chở container; $F_{nh} \le 1$,

v_s : Vận tốc của tàu (là tốc độ tương đối của tàu so với nước) *(m/s),*

h : Chiều sâu chạy tàu (*h=d*).

4.2.6.2 Công thức của Barass3 (B3)

Barass (2004) đề xuất một công thức rút gọn để tính dằn tàu có thể dùng được với hầu hết các loại luồng tàu, tương đối thân thiện với người sử dụng:

$$S_{Max,B3} = \frac{C_B V_k^2}{100/K} \tag{7}$$

Trong đó:

K : Hệ số kích thước: $K = 5.74S^{0.76}$

S : Hệ số cản trở; S = 0.1 đối với các luồng rộng (luồng không hạn chế hoặc luồng hở) khi đó K = 1; S = 0.25 đối với các luồng kín hay hạn chế, khi đó K = 2,

V_k : Vận tốc tàu tương tự (V_s) nhưng đơn vị tính *Knot.*

4.2.6.3 Công thức của Eryuzlu2 (E2)

Eryuzlu và cộng sự đã tiến hành mô hình các các mô hình tàu lớn tự hành chở hàng rời, contailer và chở dầu trong các điều kiện luồng hạn chế và cả không hạn chế. Sau đó thu lại kết quả thí nghiệm và thiết lập được công thức tính độ dằn tàu:

$$S_{b,E2} = 0.298T\left(\frac{h}{T}\right)^{0.1725} F_{nh}^{2.289} K_b \tag{8}$$

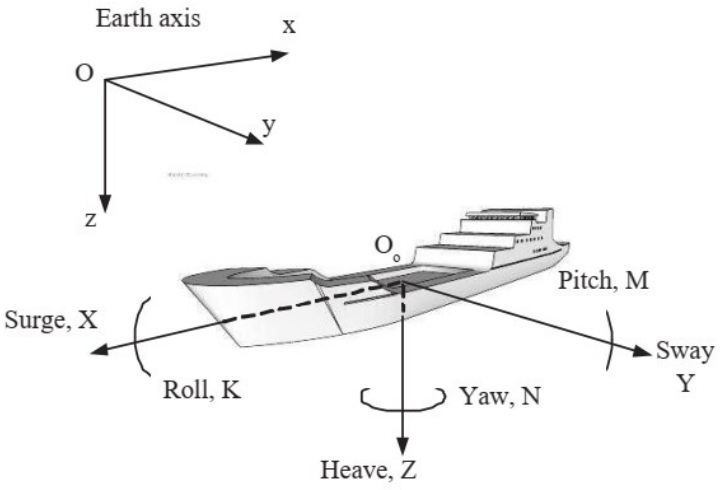
Với K_b là một đại lượng không thứ nguyên phụ thuộc vào quan hệ tỉ đối giữa bề rộng luồng với bề rộng của tàu:

$$K_b = \begin{cases} \dfrac{3.1}{\sqrt{W/B}} & \text{Khi } \dfrac{W}{B} < 9.61 \\ 1 & \text{Khi } \dfrac{W}{B} \geq 9.61 \end{cases} \tag{9}$$

Hệ số K_b*=1* thường được dùng đối với các loại kênh hở không xác định được đường bờ.

4.2.7 Dao động tàu trong sóng (Wave response)

Khi chịu tác động của sóng tàu có thể sẽ dao động theo 6 thành phần. Trong đó có 3 thành phần là dao động đứng (Heave), dao động xoay ngang (roll), và xoay dọc tàu (pitch) là những thành phần chính gây ra dao động của tàu theo phương đứng (trục z). Dựa vào các thành phần dao động này mà có thể tính toán được độ dự trữ của tàu trong sóng.

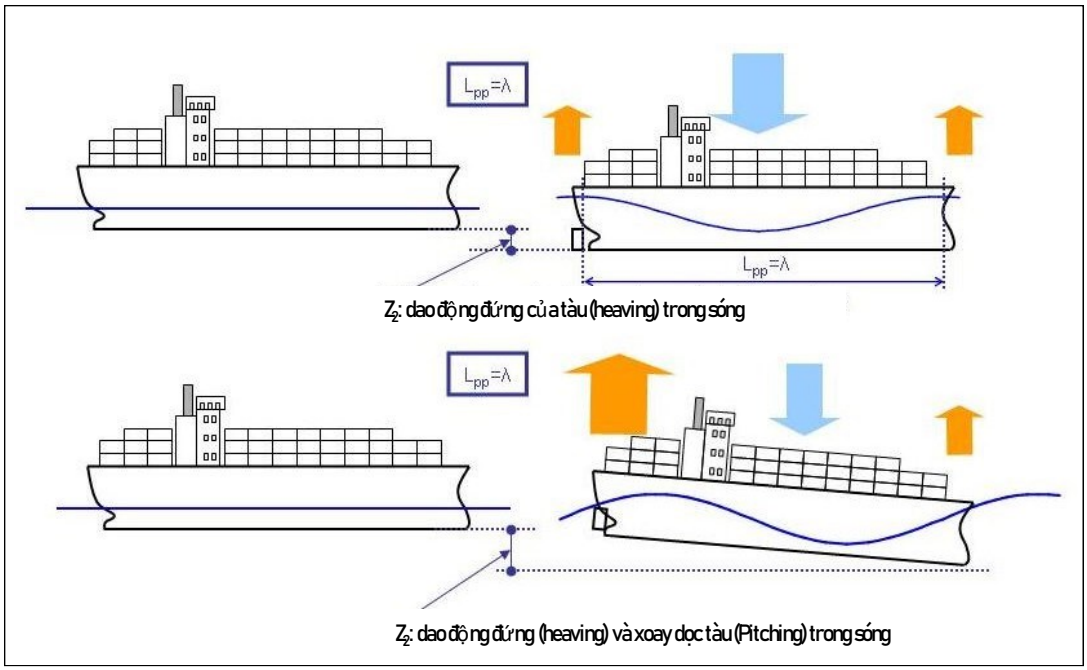


Hình 4-5: Dao động tàu theo 6 quỹ đạo

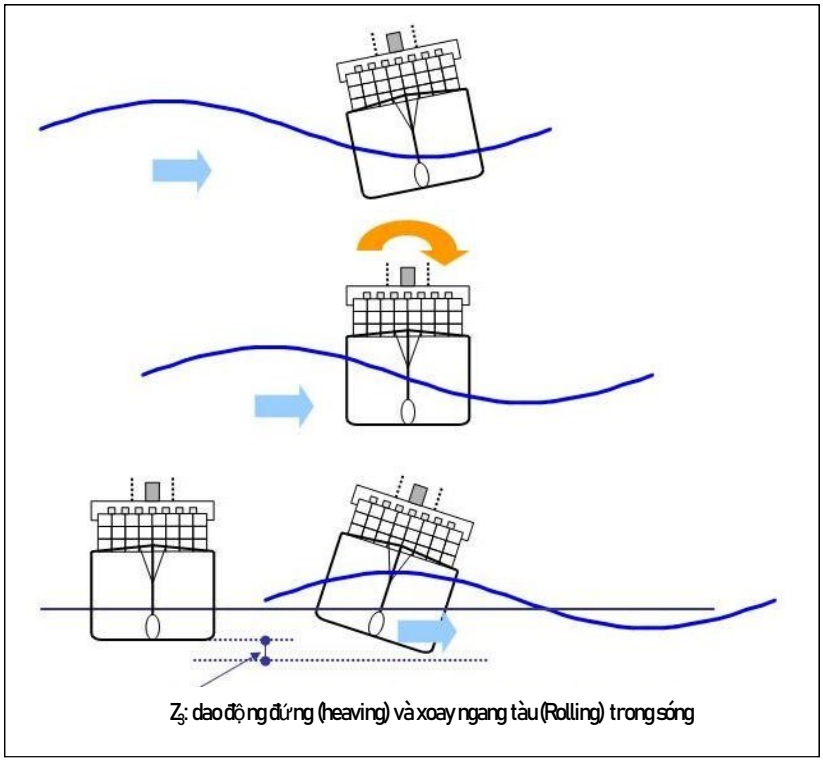
4.2.7.1 Công thức thực nghiệm của Nhật Bản

Theo phương pháp của Nhật Bản, chuyển động nguy hiểm nhất khi tính toán chiều sâu luồng được cho là gây ra bởi các dao động (Z_2; Z_3) như thể hiện trên các Hình 4-6 và Hình 4-7.

Dao động đứng dọc theo trục tàu ký hiệu Z_2 là tổ hợp của dao động đứng (heaving) và dao động xoay dọc (pitching); còn dao động đứng theo phương ngang tàu ký hiệu Z_3 (nghiêng) là tổ hợp của dao động đứng (heaving) và dao động xoay ngang (rolling).



Hình 4-6: Dao động đứng của tàu theo phương dọc Z_2 (PIANC 2014)



Hình 4-7: Dao động đứng của tàu theo phương ngang Z_3 (PIANC 2014)

Các giá trị Z_2 và Z_3 được được xác định từ mô hình toán kết hợp thực nghiệm cho hầu hết các loại tàu phổ biến có kích thước, điều kiện sóng và khả năng vận hành khác nhau. Sau đó các kết quả được thống kê và lập thành các đồ thị để thuận tiện cho việc tra cứu. Dự án nghiên cứu được thực hiển bởi nhóm chuyên gia Nhật Bản (Ohtsu et al., 2006; MLIT, 2007). Một số kết qua chính được xuất bản bởi PIANC (2014).

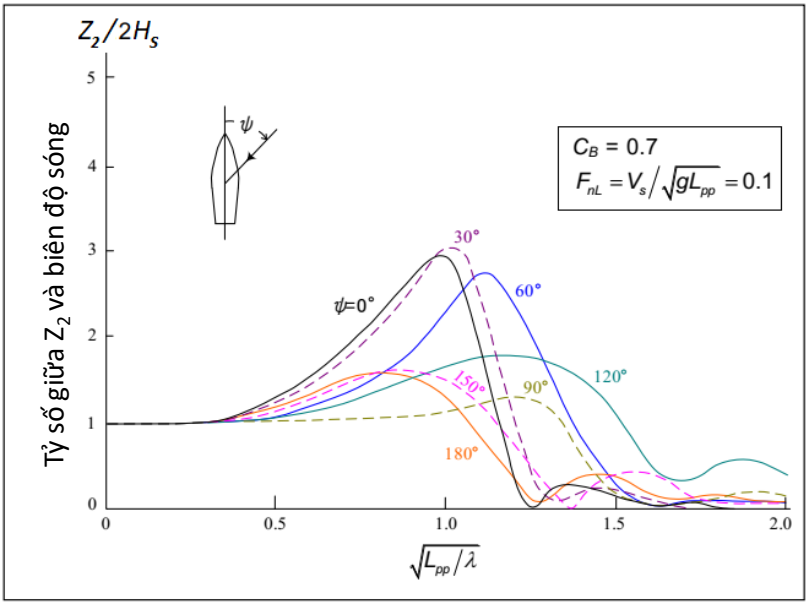
(1) Xác định dao động đứng của tàu theo phương dọc Z_2

Giá trị dao động đứng tổng hợp Z_2 có thể được xác định thông qua tương quan giữa Z_2/H_s và L_{pp}/λ như thể hiện trên Hình 4-7 và Hình 4-8.

Trong đó:

Hs	Chiều cao sóng có nghĩa
Lpp	Chiều dài giữa hai đường vuông góc của tàu
λ	Bước sóng
Ψ	Góc tạo bởi giữa hướng song và hướng chạy tàu
V_s	là vận tốc tàu chạy tàu

Các kết quả trên biểu đồ này được thực hiện cho tàu có hệ số hình dạng *Cb*=0.7 và vận tốc chạy tàu nằm trong khoảng sao do giá trị F_{nL} bằng khoảng 0.1.



Hình 4-8: Các hàm RAO dao động Z_2 của tàu dưới tác động của heave và pitch.
Nguồn: (OCDI, 2009)

(2) Xác định dao động đứng của tàu theo phương ngang Z_3

Giá trị Z_3 có thể xác định bằng công thức sau:

$$Z_3 = 0.7\frac{H_s}{2} + \frac{B}{2}\sin\phi_{Max} \quad (10)$$

Trong đó góc xoay ngang (roll) lớn nhất ϕ_{Max} (độ) được xác định như sau:

$$\phi_{Max} = \mu\gamma.\Phi = \mu\gamma.360\left[\frac{0.35H_s}{\lambda}\right]\sin\psi \quad (11)$$

Với μ là hệ số không thứ nguyên kể đến chênh lệch biên độ sóng; γ hệ số kể đến ảnh hưởng của độ dốc sóng. Tích số của hai giá trị này thường được lấy trong khoảng μ.γ =3-7.

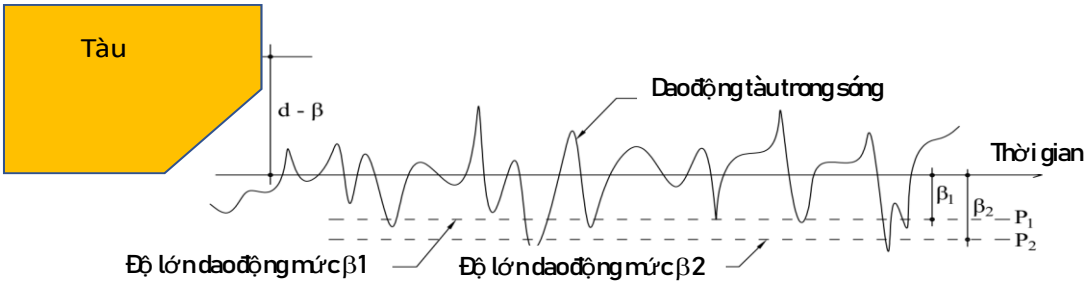
(3) Lựa chọn giá trị lớn nhất từ (Z_2, Z_3)

Giá trị lớn hơn trong hai giá trị (Z_2, Z_3) sẽ được đưa vào xác định độ dự trữ chiều sâu chạy tàu do sóng:

$$\beta = Max(Z_2, Z_3) \tag{12}$$

4.2.7.2 Mô hình toán theo lý thuyết độ tin cậy

Hình dưới đây thể hiện quá trình dao động của tàu theo thời gian. Giả sử trong một khoảng thời gian thực T_h (*s*), xét cho một phân đoạn của luồng có chiều dài L *(m)*. Xác suất dao động của tàu vượt qua giá trị b trong khoảng thời gian T_h được xác định như sau (Strating et al 1982):



Hình 4-9: Dao động tàu trong sóng

$$P(\beta, T_h) = 1 - \exp(-\nu_\beta T_h) \tag{13}$$

Trong đó hệ số ν_β được tính bằng công thức:

$$\nu_\beta = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m_2}{m_0}}\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{\beta^2}{m_0}\right) \tag{14}$$

Trong đó:

m_0 : Mô men bậc không (mô men trung tâm) xác định từ phổ dao động của tàu:

$$m_0 = \int_0^\infty S_r(\mathrm{w}_e)d\mathrm{w}_e$$

m_2 : Mô men bậc hai xác định từ phổ dao động của tàu:

$$m_2 = \int_0^\infty \mathrm{w}_e^2 S_r(\mathrm{w}_e)d\mathrm{w}_e$$

$S_r(\mathrm{w}_e)$: Phổ dao động của tàu

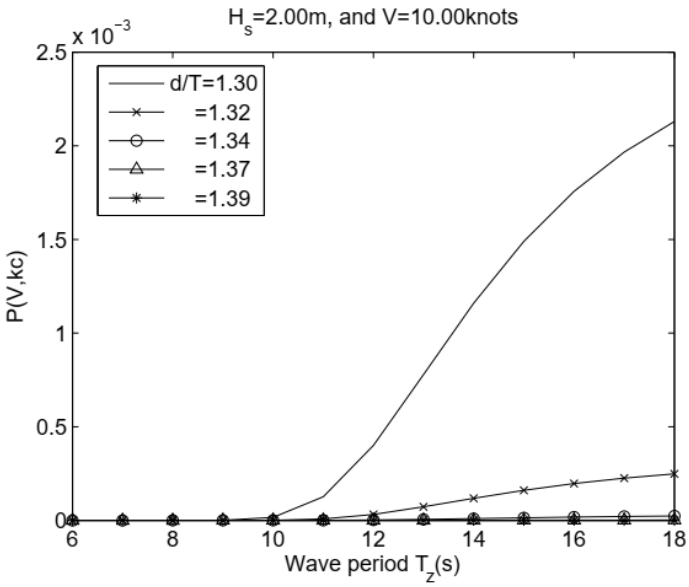
Nếu đặt $P(\beta, T_h) = \alpha$, công thức (13) có thể viết lại như sau:

$$\beta = \sqrt{m_0}\left[-2\ln\left(-\ln(1-\alpha)/\left(\frac{T_h^2}{2\pi}\sqrt{\frac{m_2}{m_0}}\right)\right)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{15}$$

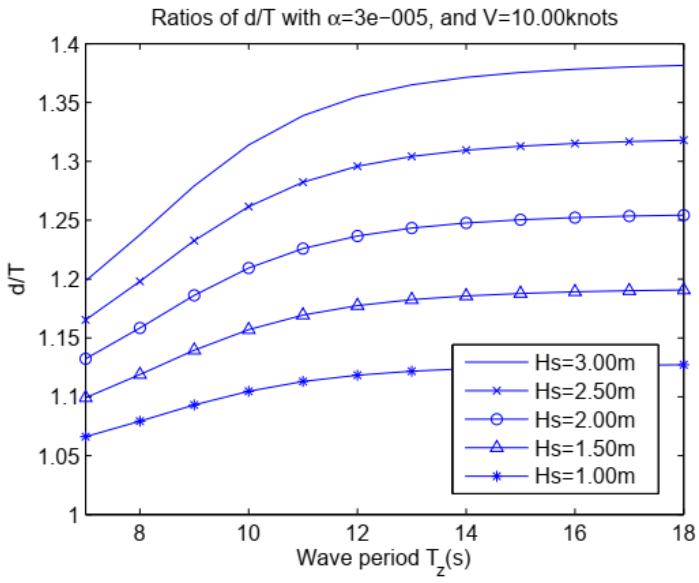
Có thể phát biểu công thức này như sau: dao động (độ lớn) ngẫu nhiên của tàu dưới tác động của sóng trong khoảng thời gian T_h có xác suất vượt quá giá trị β (được xem như độ dự trữ do sóng) bằng α. Các giá trị m_o và m_2 là mô men bậc không và bậc hai được xác định từ phổ dao động của tàu. Theo nhiều tài liệu nghiên cứu xác suất cho phép của tàu mắc cạn được lấy khoảng 10^{-4} đến 10^{-5} tùy thuộc vào địa chất nền đất. Thay vào biểu thức trên ta có thể xác định độ dự trữ β dưới tác động của sóng.

Chi phí lớn nhất áp dụng mô hình này là phải xác định được hàm truyền dao động (RAO) của tàu. Hiện nay, có một số phần mềm thương mại giúp chúng ta làm được việc này.

Một số kết quả áp dụng phương pháp này để khảo sát dao động cho tàu 65 000 DWT được trình bày dưới đây. Theo quy định của PIANC, tỷ số giữa chiều sâu chạy tàu và mớn nước của tàu là tiêu chí để xem xét điều động tàu vào luồng. Hình 4-10 và Hình 4-11 là tương quan giữa thông số sóng, tỷ số *d/T* và xác suất chạm đáy của tàu theo công thức (15). Nhìn biểu đồ ta có thể thấy trong trường hợp chu kỳ song dưới 10s, gần như không tác động nhiều đến mức độ dao động của tàu. Tuy nhiên, với tỷ *số d/T* thấp và chu kỳ song lớn hơn 10s, ảnh hưởng này là đáng kể.

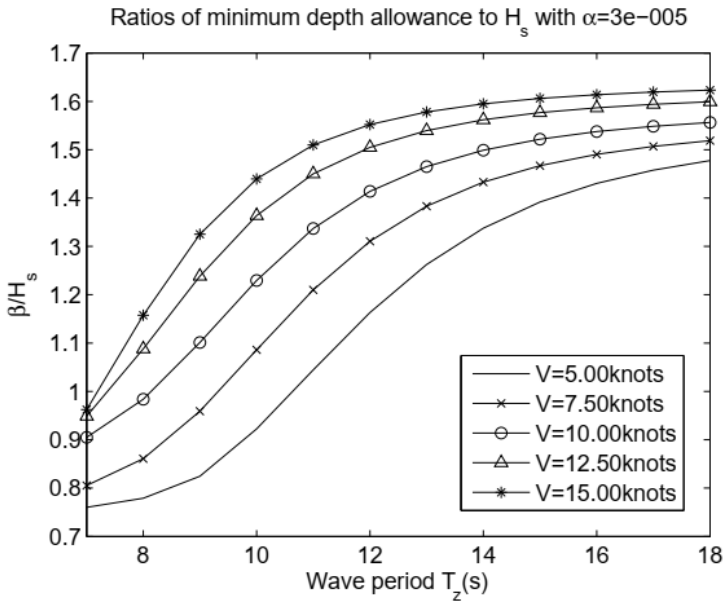


Hình 4-10: Quan hệ chu kỳ sóng và xác suất chạm đáy theo d/T (theo PIANC)



Hình 4-11: Quan hệ chu kỳ sóng và tỷ số d/T theo Hs với α = 3x10^{-5} (theo PIANC)

Đối với quy định của USACE, tính theo tỷ số giữa dao động của tàu chiều cao song (⍰/*Hs*), như thể hiện trên Hình 4-12. Với cùng trị số $\alpha = 3x10^{-5}$, tỷ số giữa *b/Hs* thay đổi rất đáng kể khi chu kỳ sóng thay đổi. tỷ số này tăng lên theo độ tăng của vận tốc chạy tàu. Với độ dự trữ dưới sống tàu do sóng theo yêu cầu của USACE bằng 1.2*Hs*, vận tốc chạy tàu không được lớn hơn 10 knots và đồng thời chu kỳ song không được lớn hơn 10s.



Hình 4-12: Quan hệ chu kỳ song và tỷ số β/T theo Hs và $\alpha = 3x10^{-5}$ (theo USACE)

Trong trường hợp tuyến luồng dài, chúng ta có thể chia luồng thành các phân đoạn nhỏ hơn sao cho điều kiện sóng và điều kiện tự nhiên ở mỗi đoạn được xem như không thay đổi. Xác suất chạm đáy của tàu trên toàn bộ hành trình di chuyển trên luồng (gồm m phân đoạn) sẽ là:

$$P = 1 - \prod_{j=1}^{m} \left(1 - P_j\right) \tag{16}$$

4.2.8 Dự trữ do nghiêng lệch tàu do gió

Dự trữ nghiêng lệch tàu do gió và do đánh lái qua đoạn luồng cong được xem xét trong mô hình với 03 trường hợp sau:

Bảng 4-10: Độ nghiêng lệch tàu do gió và điều kiện vận hành

No.	Trường hợp	Độ nghiêng lệch ϕ_{WR} (độ)
1	Khu vực ít gió và tuyến luồng thẳng	0.5
2	Khu vực ít gió nhưng có đoạn cong	1.0
3	Khu vực nhiều gió và có đoạn cong	1.5

Độ dự trữ do nghiêng lệch tàu với góc nghiêng tàu ϕ_{WR} được xác định bằng công thức sau:

$$Heel = F_k \left(\frac{B}{2} \sin \phi_{WR} \right) \tag{17}$$

Trong đó:

F_k : Hệ số bilge keel (vây tàu) tính đến khả năng làm giảm xu hướng chuyển động của tàu. F_k nằm trong khoảng 0.76 đến 0.9 nhưng sử dụng giá trị F_k càng lớn thì sẽ an toàn hơn.

B : Bề rộng tàu

ϕ_{WR} : Góc nghiêng tàu được xác định trong các điều kiện nêu trong Bảng…

4.2.9 Khoảng dự trữ an toàn dưới sống tàu

Khoảng dự phòng an toàn dưới sống tàu (m) phụ thuộc vào địa chất nền đất dưới đáy luồng và được lấy như sau:

- Bằng 0.5 m cho trường hợp nền đất yếu;
- Bằng 1.0 m cho nền đất chặt vừa; và
- Bằng 1.5m cho nền đất cứng hoặc nền đá.

4.2.10 Mực nước chạy tàu

Sau khi có được được tổng dự trữ dưới sống tàu, mực nước chạy tàu yêu cầu được xác định bằng hiệu số giữa chiều sâu chạy tàu và chiều sâu luồng tàu (d) như thể hiện trong công thức (5). Có ba khả năng có thể xảy ra:

- Tại thời điểm tàu đến, mực nước triều không đủ lớn, tàu phải đợi đến mức nước triều cao để vào luồng.
- Tại thời điểm tàu đến, mực nước triều cao hơn mực nước chạy tàu, tuy nhiên thời gian duy trì mực nước này không đủ lâu để tàu có thể vượt được qua chiều dài của luồng với vận tốc định trước. Tàu cũng phải đợi mực nước lên trong đợt thủy triều tiếp theo.
- Trong trường hợp mực nước triều không có trong khoảng thời gian nhất định kể từ thời điểm dự kiến tàu đi hoặc đến, lúc này thuyền trưởng hoặc chủ tàu sẽ quyết định hoặc phải giảm tải hoặc phải hủy kế hoạch tàu đến cảng.

4.2.11 Chiều rộng luồng tàu

Trong quá trình chạy tàu trên luồng, dưới tác động của sóng, gió và dòng chảy tàu, tàu sẽ chuyển động theo quỹ đạo hình “sin” và dao động xung quanh tim luồng (hay tuyến đã được định trước). Mức độ dao động chệch khỏi tim luồng của tàu phụ thuộc vào độ lớn của ngoại lực (sóng, gió và dòng chảy) và năng lực lái tàu của hoa tiêu hay thuyền trưởng. Dựa trên mức độ dao động này, người ta có thể xác định biên luồng hay nói cách khác là chiều rộng luồng cần thiết để đảm bảo tàu vận hành an toàn trên luồng trong một giới hạn nhất định của điều kiện khai thác.

Như đã phân tích ở phần trên, mô hình mô phỏng nhanh (FTS) là công cũ hữu hiệu để giải bài toán này. Tuy nhiên, việc tích hợp mô hình FTS vào mô hình dòng vận tải (vessel traffic simulation) vẫn chưa thể thực hiện được hiện nay.

Hiện nay có một số hướng dẫn và tiêu chuẩn để xác định sơ bộ chiều rộng luồng tàu, trong đó hướng dẫn của PIANC được phổ biến hơn cả và được sử dụng trong mô hình mô phỏng này. Cách thức và thuật toán để mô hình kiểm tra khả năng đi lệch luồng của tàu dựa trên hướng dẫn của PIANC sẽ được trình bày trong Chương 5.

4.3 Quy định an toàn về khai thác và chạy tàu trên luồng

Để tàu được phép điều động trên luồng, các quy định an toàn trong

Bảng **4-11** sau đây phải được thỏa mãn.

Bảng 4-11: Quy định về chạy tàu

Hạng mục	Quy định
Độ sâu chạy tàu	Thỏa mãn công thức trong Mục …[(1)]
Chiều rộng luồng tàu	
Góc xoay ngang lớn nhất (roll)	Không quá 5^0
Góc xoay dọc lớn nhất (pitch)	Không quá 1.2^0
Yêu cầu về tàu kéo	Cảng vụ và hoa tiêu quy định [(2)]
Khoảng cách an toàn giữa các tàu trên luồng	Bằng khoảng 3-6 chiều dài tàu
Tầm nhìn	Theo quy định của cảng vụ
Vận tốc chạy tàu	Theo quy định của cảng vụ [(3)]
Một số quy định về kỹ thuật điều động tàu	Tài liệu thông số kỹ thuật tính năng tàu

Ghi chú: [(1)]Trong trường hợp thiếu số liệu để xác định chính xác các dao động tàu như trình bày trong Mục, độ sâu chạy tàu trong bước thiết kế sơ bộ có thể tham khảo bảng dưới đây theo kiến nghị của PIANC.
[(2)] Số lượng tàu lai dắt yêu cầu có thể tham khảo.

Bảng 4-12: Chiều sâu chạy tàu theo kiến nghị của PIANC-2014

Chiều sâu mực nước yêu cầu	Vận tốc chạy tàu	Điều kiện sóng	Địa chất đáy	Luồng được che chắn	Luồng không được che chắn
h	<=10 kts	None		1.10 *T*	
	10 - 15 kts			1.12 *T*	
	> 15 kts			1.15 *T*	
	Tất cả	Sóng nhỏ (H_S < 1 m)			Từ 1.15*T* đến 1.20*T*
		Sóng vừa (1 m < H_S < 2 m)			Từ 1.20*T* đến 1.30*T*
		Sóng lớn (H_S > 2 m)			Từ 1.30*T* đến 1.40*T*
	Địa chất đáy				
	Tất cả	Tất cả	Bùn	-	-
			Cát/sét	0.4 m	0.5 m
			Đất cứng/đá	0.6 m	1.0 m

Ghi chú:

- Hướng dẫn trên phù hợp với tàu có mớn nước T > 10 m. Trường hợp T < 10 m, lấy T = 10m
- Chù kỳ sóng Tp lớn hơn 10 s
- Giá trị chiều cao sóng Hs có thể thay đổi tùy thuộc vào yếu tố khác như năng lực vận hành tiều, tiêu chuẩn an toàn và chu kỳ sóng. Do vậy, trong khai thác luồng tàu cần xem xét thêm cho từng trường hợp cụ thể.
- Giá trị trên xem xét cho trường hợp nước biển, cần phải xem xét thêm độ dự trữ trong trường hợp nước ngọt.

CHƯƠNG 5. THUẬT TOÁN CỦA MÔ HÌNH PHẦN MỀM OSEC 2020

Chương này giới thiệu một số thuật toán chính sử dụng trong phần mềm OSEC 2020 (Phần mềm quy hoạch và khai thác công trình cảng theo phương pháp mô phỏng).

5.1 Giới thiệu chung

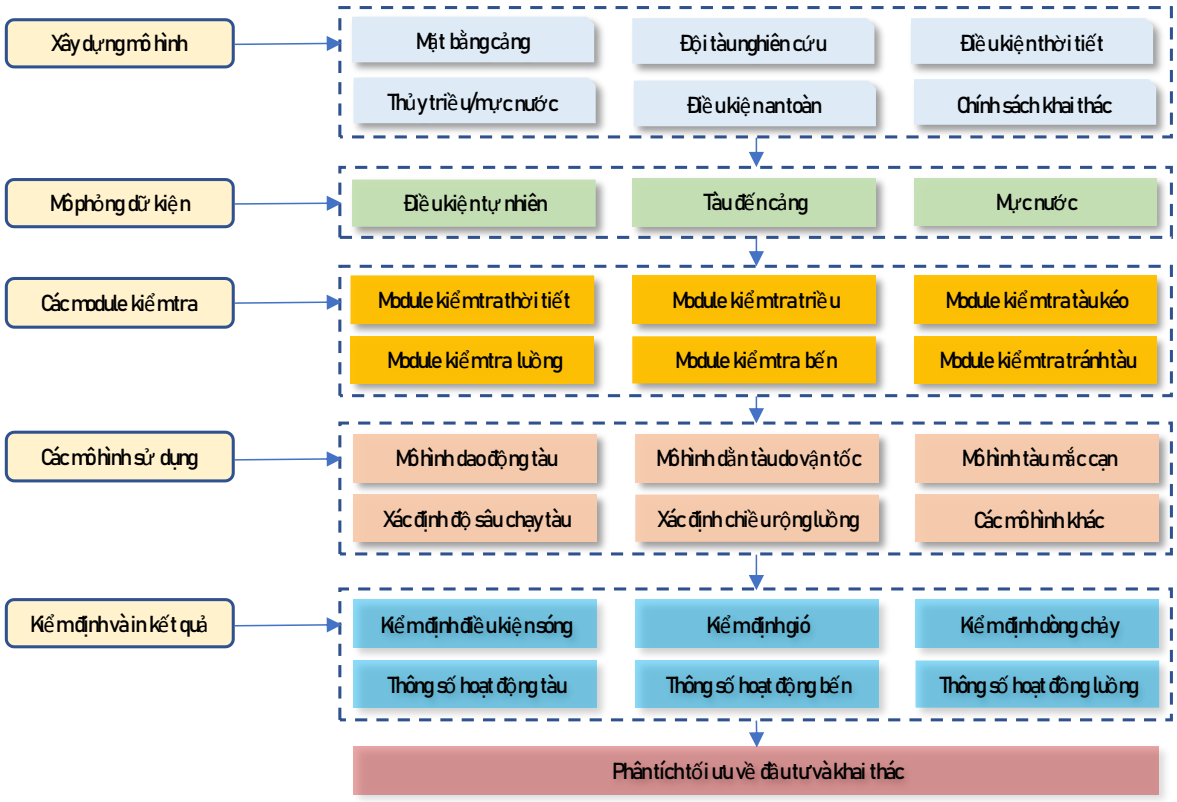
Phần mềm OSEC-2020 được nâng cấp và phát triển dựa trên phiên bản OSEC 2017 sử dụng ngôn ngữ lập trình MATLAB. **Trong phiên bản này, toàn bộ các hạng mục công trình cảng đã được tích hợp** (OSEC-2017 chỉ mô phỏng luồng tàu). Một số thuộc tính của mô hình như sau:

- Mô hình sử dụng phương pháp Monte Carlo để mô phỏng ngẫu nhiên các sự kiện rời rạc trên trục thời gian (discrete event time stepping).
- Quá trình tàu đến cảng được mô phỏng ngẫu nhiên theo hàm phân bố xác suất "Exponential" và có thể dễ dàng cập nhật bổ sung theo số liệu thống kê đội tàu đến cảng (trong trường hợp xây dựng mở rộng).
- Điều kiện thời tiết bao gồm sóng (chiều cao Hs, chu kỳ sóng Tp và hướng sóng Dr), gió (tốc độ và hướng gió), và dòng chảy (tốc độ và hướng dòng chảy) được mô phỏng ngẫu nhiên dựa trên các số liệu thống kê điều kiện thời tiết được phân tích trong nhiều năm. Trong trường hợp không có số liệu thống kê nhiều năm, có thể sử dụng một số giá trị đặc sóng (theo điều tra hoặc kinh nghiệm) kết hợp với hàm xác suất đã được định sẵn trong Chương trình. Phiên bản nâng cấp của Chương trình phép cập nhật chuỗi số liệu điều kiện thời tiết trên trục thời gian.
- Mực nước thủy triều trong thời gian nghiên cứu (một hoặc nhiều năm) được đưa vào trong mô hình dưới dạng bảng theo từng giờ và từng ngày.
- Các hạng mục công trình cảng bao gồm luồng tàu, bến cập tàu, khu quay trở và điều kiện hành hải được mô trong mô hình.
- Để xác định các thời gian cảng phải đóng hoặc tàu phải chờ trong điều kiện thời tiết và vận hành chưa cho phép, các quy định an toàn hành hải và khai thác đề cập trong các Bảng 9 và 16 được thiết lập trong mô hình.
- Tàu được phân loại thành các nhóm và được quy định neo cập theo từng khu bến (có 4 nhóm bến là container, tổng hợp, hàng rời và nhóm bến khác). Các thông số kỹ thuật và năng lực vận hành của tàu được đưa vào trong mô hình.
- Các mô hình xác định dao động tàu, độ dằn do vận tốc và nghiêng lệch tàu được xác định theo nhiều phương pháp khác nhau (như trình bày trong Phần 3) được thiết lập trong mô hình. Kỹ sư có thể tùy trọn trên cơ sở dữ liệu của từng bài toán cụ thể.
- Dao động của tàu được kiểm tra cả phương ngang (chiều rộng luồng tàu) lẫn phương đứng (độ sâu luồng tàu), và chỉ được phép điều động vào luồng khi các điều kiện an toàn được thỏa mãn. Vận tốc tàu chạy trên luồng được điều chỉnh tự động thời tiết dựa trên chỉ dẫn của PIANC
- Các số liệu điều kiện thời tiết mô phỏng được mô hình tự động kiểm định và so sánh với các số liệu thu thập. Các số liệu kiểm định so sánh được vẽ trên các đồ thị để thuận tiện cho việc kiểm tra.

- Các kết quả của mô hình bao gồm toàn bộ các số liệu thống kê quá trình hoạt động của cảng, số liệu hoạt động của từng con tàu đến cảng. Số liệu chi tiết trình bày trong Phần 5.

5.2 Các mô đun chính của mô hình

Các module chính và kết cấu của mô hình được thể hiện trên Hình 5-1.



Hình 5-1: Các mô đun của Chương trình

Bảng 5-1: Chức năng của các Mô đun

No	Mô đun chính	Mô đun phụ	Chi tiết
1	Xây dựng và nhập số liệu cho mô hình	Cấu hình và mặt bằng cảng	Quy mô, số lượng và kích thước các hạng mục công trình cảng trên mặt bằng và mặt đứng bao gồm luồng tàu, khu neo chờ, quay trở tàu và bến cập tàu.
		Đội tàu nghiên cứu	Bao gồm số loại tàu trong từng nhóm tàu, các kích thước và thông số năng lực vận hành tàu, tỷ trọng dự kiến (%) của loại tàu đó trong tổng số các loại tàu đến cảng. Tàu chở hàng xuất, nhập hay hàng hai chiều. Chi tiết xem Bảng 6-1.
		Điều kiện thời tiết	Bao gồm sóng, gió và dòng chảy được lập thành bảng tần suất xuất hiện theo từng hướng và độ lớn. Trong trường hợp không có số liệu chi tiết, có thể sử dụng hàm phân bố mũ. Các tham số của hàm được xác định dựa trên các giá trị thống kê của đối tượng quan tâm (sóng, gió và dòng chảy). Chi tiết bảng tần suất xem Mục 8.1.1 .

No	Mô đun chính	Mô đun phụ	Chi tiết
		Thủy triều/mực nước	Bảng thủy triều được xây dựng cho từng giờ và tối thiểu là 365 ngày. Sử dụng mực nước triều thực đo là chính xác nhất. Chi tiết bảng thủy triều xem Mục 8.1.1.4 .
		Điều kiện an toàn	Điều kiện an toàn chạy tàu bao gồm giới hạn dao động của tàu trong sóng, giới hạn biên luồng (cả hai phương đứng và ngang) để tàu không bị mắc cạn trong điều kiện khai thác, và số lượng tàu lai dắt cần thiết. Các điều kiện an toàn được thiết lập trong Bảng **4-11**.
		Chính sách khai thác	Thiết lập chế độ chạy tàu trên luồng, vận tốc chạy tàu và quy định về luồng một hay hai chiều (cho phép tàu vượt hay đi ngược đồng thời trên luồng hay không).
2	Mô phỏng dữ kiện	Điều kiện thời tiết	Toàn bộ điều kiện thời tiết (sóng, gió và dòng chảy) được mô phỏng ngẫu nhiên và biến đổi theo từng khoảng thời gian tàu đến cảng. Tuy nhiên, điều kiện thời tiết được xem là không đổi trong một hành trình chạy tàu.
		Tàu đến cảng	Các khoảng thời gian tàu đến cảng được phát sinh và mô phỏng ngẫu nhiên theo quy luật số mũ. Loại tàu, nhóm tàu và tàu chở hàng một hay hai chiều được phát sinh theo quy luật số lớn dựa trên các tỷ lệ được khai báo trong số liệu về đội tàu nêu trong mục trên.
		Mực nước	Mực nước được truy cập theo đúng ngày và giờ tàu đến cảng và được kiểm soát trong hành trình chạy tàu.
3	Các module kiểm tra	Kiểm tra điều kiện thời tiết	Module này được xây dựng để kiểm soát dao động của tàu có nằm trong giới hạn cho phép hay không. Nếu vượt qua giới hạn cho phép, tàu phải chờ đến khi có điều kiện thời tiết thuận lợi và thời gian chờ tàu được xác định "Tàu chờ (1.1)".
		Kiểm tra mực nước	Với điều kiện thời tiết cho phép, mô hình sẽ kiểm tra mực nước chạy tàu có đảm bảo hay không. Nếu không đảm bảo, thời gian "Tàu chờ (1.2)" sẽ được kích hoạt cho đến khi chiều sâu chạy tàu đảm bảo.
		Kiểm tra giới hạn biên luồng	Giới hạn biên luồng được kiểm tra để đảm bảo rằng dưới tác động của sóng, gió và dòng chảy, dao động của tàu trên mặt bằng không bị vượt qua giới hạn của hai biên luồng. Khi điều kiện này chưa đảm bảo, mô hình sẽ xác định thời gian "Tàu chờ (1.3)" đến khi thỏa mãn điều kiện.
		Kiểm tra tàu kéo	Số lượng tàu kéo yêu cầu được xác định dựa trên chiều dài của tàu. Mô hình sẽ kiểm tra số lượng tàu kéo đã được huy động và số lượng tàu kéo còn lại có đủ hay không. Tuy nhiên, mô hình chỉ tính toán số lần

No	Mô đun chính	Mô đun phụ	Chi tiết
			tàu kéo không đủ, còn thời gian "Tàu chờ (1.4)" cho mỗi lần được dự kiến bởi chuyên gia.
		Kiểm tra điều kiện chạy tàu	Trong trường hợp luồng không cho phép đi ngược chiều hay vượt nhau trên luồng. Thời gian "Tàu chờ (1.5)" sẽ được tính đến khi tàu kia ra khỏi luồng. Trong trường hợp ngược lại, mô hình sẽ tính toán số lần các tàu đi ngược chiều hay vượt nhau trên luồng.
		Kiểm tra bến	Trong trường hợp tất cả các bến đều bận, mô hình sẽ tính "Tàu chờ 6" cho đến khi có tàu làm hàng xong và rời bến. Đồng thời, mô hình sẽ tính toán số lượng tàu đang phải đợi tại khu neo đậu trước được phép cập bến.
4	Kiểm định và in kết quả	Điều kiện sóng, gió và dòng chảy	Mô hình sẽ tự động kiểm định và so sánh kết quả điều kiện thời tiết mô phỏng với các dữ liệu cập nhật trong mô đun nhập dữ liệu bằng biểu đồ mật độ tần suất theo hướng và độ lớn của từng yếu tố thời tiết.
		Thông số hoạt động của tàu	Bao gồm số lượt tàu, thời gian chờ tàu trong suốt quá trình hành hải như đã phân tích trên, lượng hàng, số lượt tránh tàu trên luồng (nếu có).
		Thông số hoạt động của bến	Bao gồm hệ số bận bến, tổng lượng hàng qua bến và thời gian chờ bến của từng tàu.
		Thông số hoạt động của luồng	Bao gồm hệ số sử dụng luồng, số lần tránh và vượt nhau trên luồng và thời gian chờ luồng của tất cả các tàu đến và rời cảng. Số lần tàu không có mực nước để vào luồng và số lần tàu không thể vận hành do không đảm bảo điều kiện thời tiết.
	Phân tích tối ưu		Các kết quả mô phỏng cho phép phân tích tối ưu về quy mô và khai thác cảng. Bài toán phân tích tối ưu được trình bày trong Chương 7.
Ghi chú: Các module kiểm tra được áp dụng cho cả tàu đến và tàu rời cảng. Các thời gian "Tàu chờ (2.1)" đến "Tàu chờ 2.5" lần lượt được xác định như lúc tàu đến cảng.			

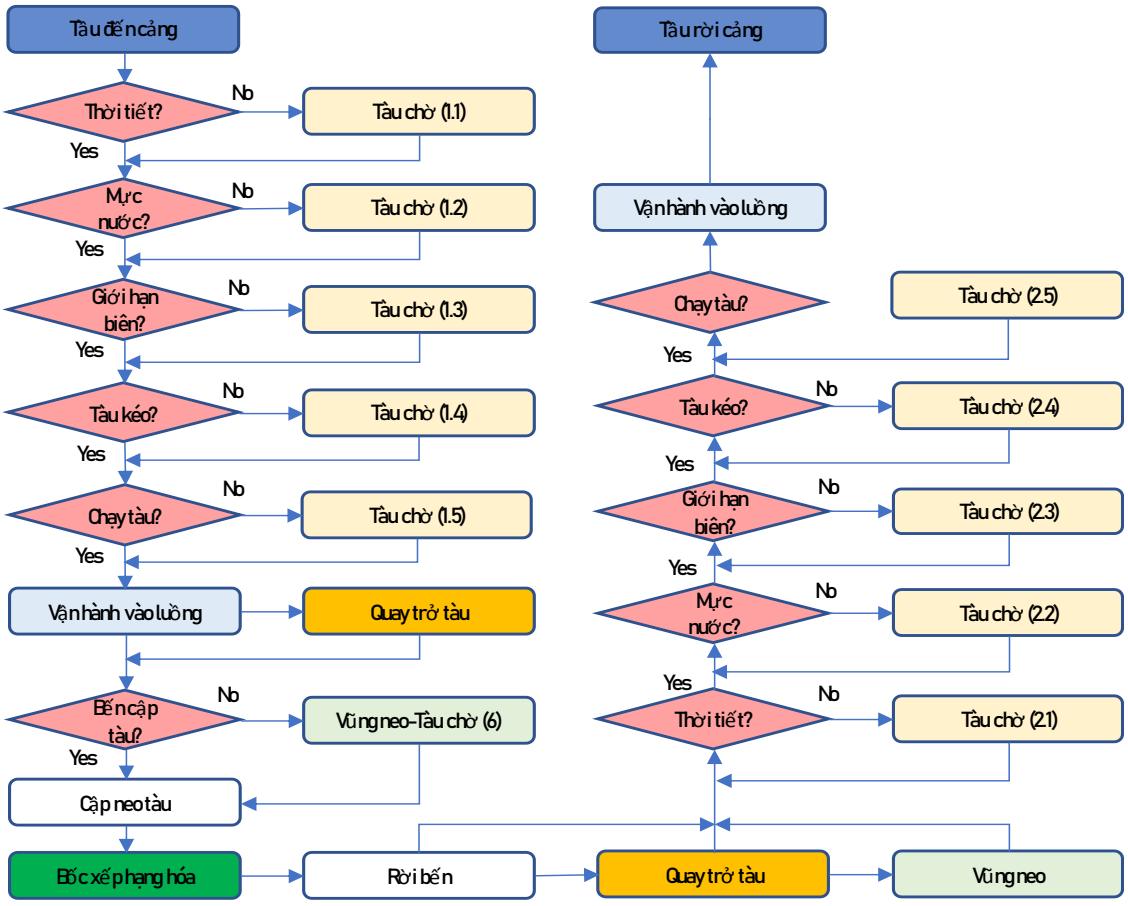
5.3 Thuật toán tổng quát quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng

Thuật toán tổng quát quá trình hành hải của tàu đến và rời cảng được thể hiện trên Hình 5-2 Kiểm soát an toàn và các quy định về vận hành tàu trong mô hình được tóm tắt trong

Bảng **5-2**.

Bảng 5-2: Tiêu chuẩn kiểm soát an toàn chạy tàu

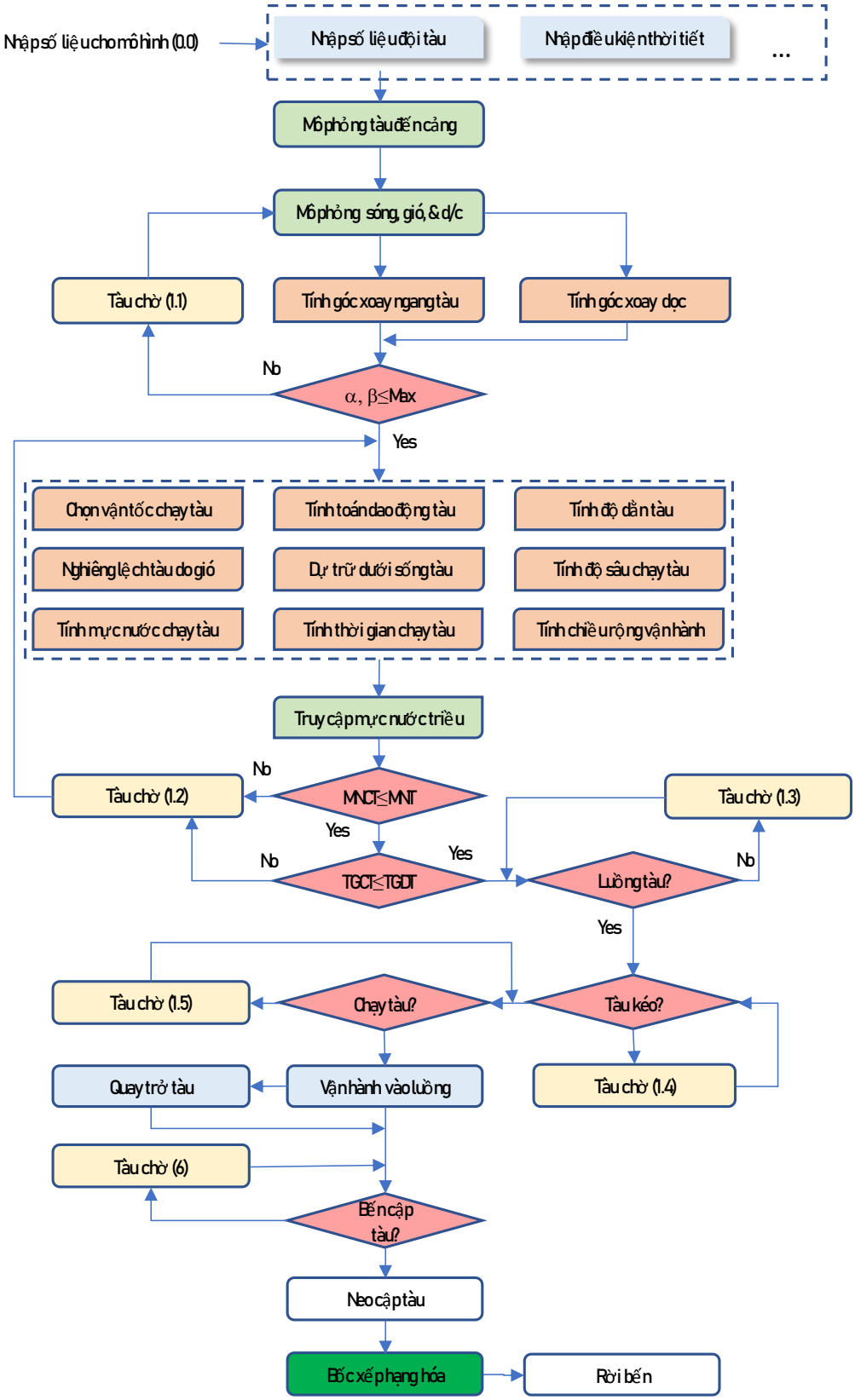
No.	Hạng mục kiểm tra	Công thức/yêu cầu kiểm tra	Thời gian chờ tàu
1	Điều kiện thời tiết	Góc xoay dọc và ngang thỏa mãn điều kiện trong Bảng **4-11**.	Tàu chờ (1.1) và (2.1)
2	Mực nước chạy tàu	Dự trữ sống tàu theo Công thức (12) hoặc (13); hoặc quy định PIANC trong Bảng 4-12.	Tàu chờ (1.2) và (2.2)
3	Chiều rộng biên luồng	Theo hướng dẫn PIANC (2014)	Tàu chờ (1.3) và (2.3)
4	Số lượng tàu kéo	Theo quy định của từng cảng	Tàu chờ (1.4) và (2.4)
5	Quy định chạy tàu	Các quy định về tránh tàu trên luồng của từng trường hợp	Tàu chờ (1.5) và (2.5)
6	Bến cập tàu	Được hay không được phép neo cập theo quy định từng cảng	Tàu chờ (6)



Hình 5-2: Thuật toán tổng quát của Chương trình

5.4 Thuật toán chi tiết tàu đến cảng và làm hàng

Thuật toán chi tiết của tàu đến cảng trình bày trong Hình... Việc xác định thời gian "Tàu chờ (2.1)" đến "Tàu chờ (2.5)" khi tàu rời cảng cũng tương tự như việc xác định thời gian "Tàu chờ (1.1)" đến "Tàu chờ (1.5)" khi tàu đến cảng.



Hình 5-3: Thuật toán kiểm soát hoạt động tại cảng.

Ghi chú:

α, β: góc xoay ngang (roll) và xoay đứng (picth) dưới tác động của sóng.

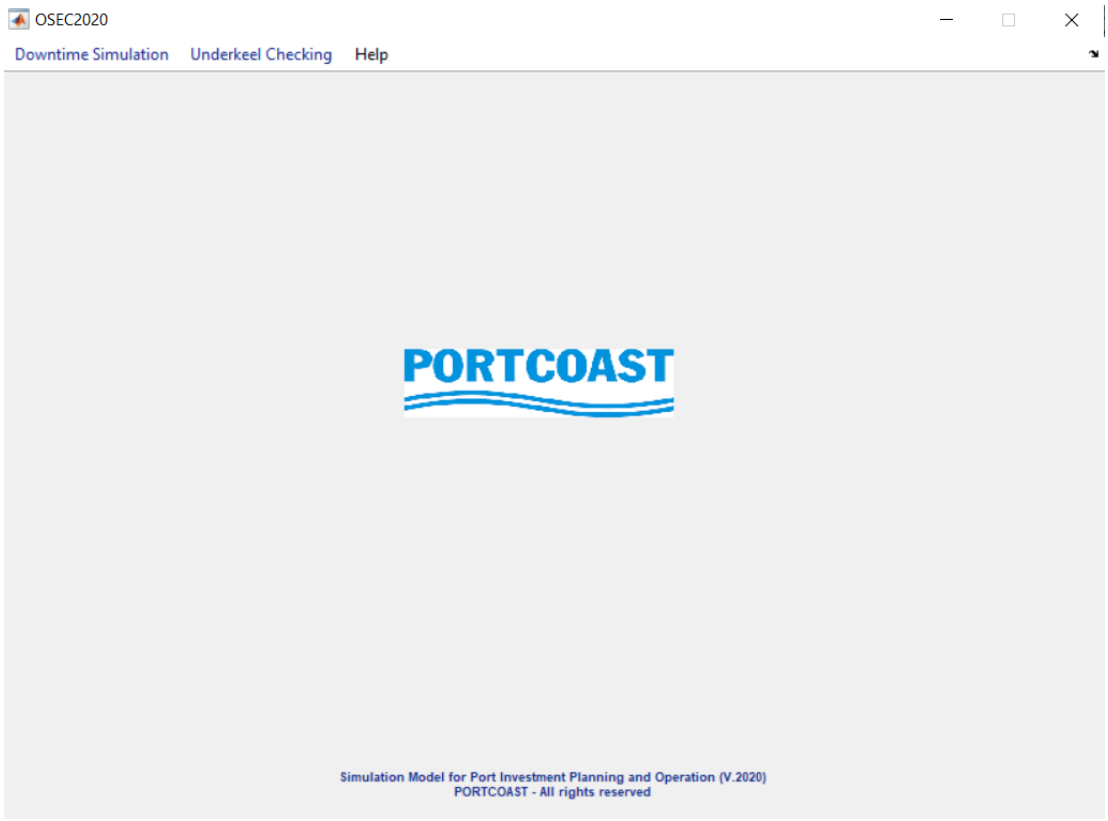
Max: là giá trị cho phép lớn nhất của lần lượt góc xoay ngang và xoay đứng của tàu.

MNCT: mực nước chạy tàu yêu cầu; MNT: mực nước triều tại thời điểm tính toán.

TGCT: thời gian dự kiến tàu chạy trên luồng; TGDT: thời gian mực nước triều duy trì bằng và lớn hơn MNCT.

CHƯƠNG 6. GIỚI THIỆU VỀ PHẦN MỀM MÔ PHỎNG OSEC 2020

Chương này giới thiệu 2 modul chính của phần mềm OSEC 2020 (Phần mềm quy hoạch và khai thác công trình cảng theo phương pháp mô phỏng). Màn hình chính của phần mềm mô phỏng có giao diện như hình dưới đây.



Hình 6-1: Màn hình giao diện chính phần mềm OSEC 2020

6.1 Tổng quan

Phần mềm OSEC được viết bằng ngôn ngữ lập trình Matlab gồm có hai mô đun: mô đun mô phỏng quy hoạch cảng và mô đun điều động tàu.

6.2 Mô phỏng hoạt động cảng phục vụ thiết kế quy hoạch

6.2.1 Kết cấu của mô hình

Mô đun này được cấu thành bởi các mô hình và thuật toán chính sau:

(1) Mô hình mô phỏng điều kiện tự nhiên bao gồm sóng, gió và dòng chảy

(2) Mô hình mô phỏng đội tàu đến cảng

(3) Mô hình xác định dao động của tàu trong sóng

(4) Mô hình xác suất xác định khả năng mắc cạn của tàu

(5) Thuật toán xác định các thời gian chờ tàu

(6) Thuật toán xác định hành trình chạy tàu và thời gian tàu hoạt động tại cảng

6.2.2 Dữ liệu chuẩn bị cho mô hình

(1) Các số liệu thống kê về sóng, gió và dòng chảy trong một hoặc nhiều năm

(2) Số liệu về mực nước trong thời gian mô phỏng

(3) Số liệu thống kê về đội tàu: bao gồm loại tàu, kích thước, tính năng chạy tàu, các số liệu thống kê về loại và lượng hàng của từng loại tàu,...

(4) Các kích thước cơ bản ban đầu về luồng tàu bao gồm loại luồng (tự nhiên hay nạo vét), kích thước, mức độ được che chắn,...

(5) Loại bến, số lượng bến cho từng loại.

(6) Vị trí khu quay trở và khoảng cách từ khu quay trở đến các khu bến cập tàu.

6.2.3 Kết quả mô phỏng

Nội dung chính và kết quả mô phỏng của Modul này là xác định:

- Số lượng của từng loại tàu và tổng số tàu của từng loại được mô phỏng;
- Toàn bộ thời gian tàu chờ trước khi tàu neo cập bến và làm hàng, bao gồm: Tàu chờ (1.1) đến Tàu chờ (1.5), và Tàu chờ (6); và sau khi rời bến, bao gồm: Tàu chờ (2.1) đến Tàu chờ (2.5).
- Tổng thời gian từ khi tàu bắt đầu đến cảng đến khi tàu rời cảng (turn around time), bao gồm: thời gian chờ tàu, thời gian tàu đi trên luồng (đến và đi), thời gian quay trở tàu và cập bến, và thời gian làm hàng.
- Số lần hoặc thời gian luồng không thể khai thác do sóng;
- Số lần tàu phải giảm tải do không đủ mực nước chạy tàu;
- Số lượng tàu phải xếp hàng đợi bến theo thời gian;
- Tổng lượng hàng được bốc xếp cho từng loại;
- Thời gian bận bến (tỷ số giữa tổng thời gian bến được sử dụng và tổng thời gian khai thác trong năm) ;
- Hệ số sử dụng luồng;
- Số lần tránh tàu (cùng chiều và ngược chiều);
- Tổng số lần tàu kéo được điều động;
- Các kết quả mô phỏng về điều kiện thời tiết cũng như thông tin kỹ thuật trong quá trình hành hải của tàu.

6.2.4 Kết quả phân tích tối tưu

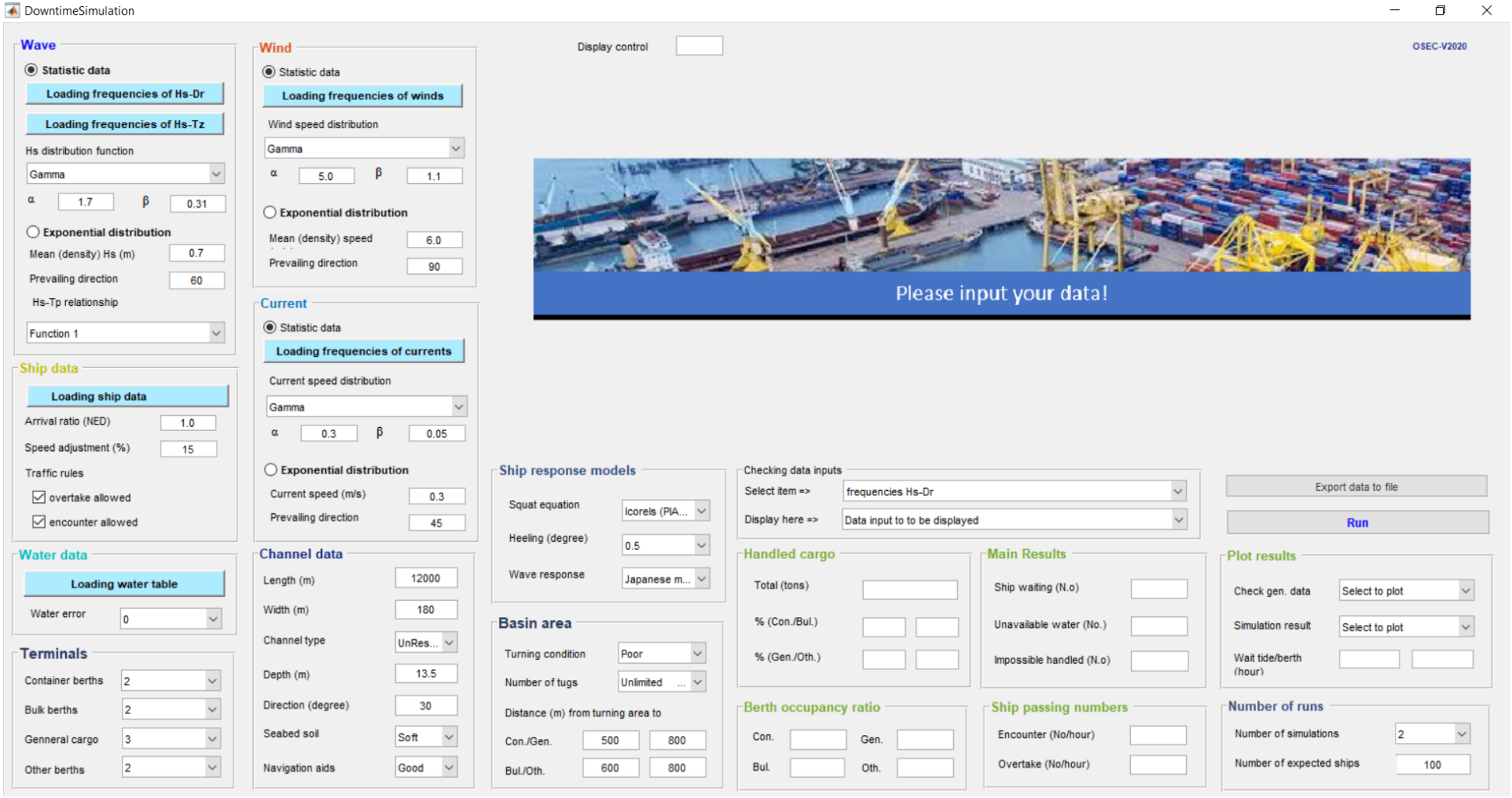
Phần mềm được tích hợp với mô đun phân tích kinh tế để kỹ sư có thể tiến hành phân tích lựa chọn phương án đầu tư và khai thác tối ưu. Các kết quả bao gồm

- Chi phí đầu tư cho từng hạng mục công trình và tổng chi phí đầu tư của dự án;
- Chi phí khai thác hàng năm;
- Giá trị hiện tại dòng (NPV);

Chi tiết bài toán phân tích kinh tế xem Chương 7.

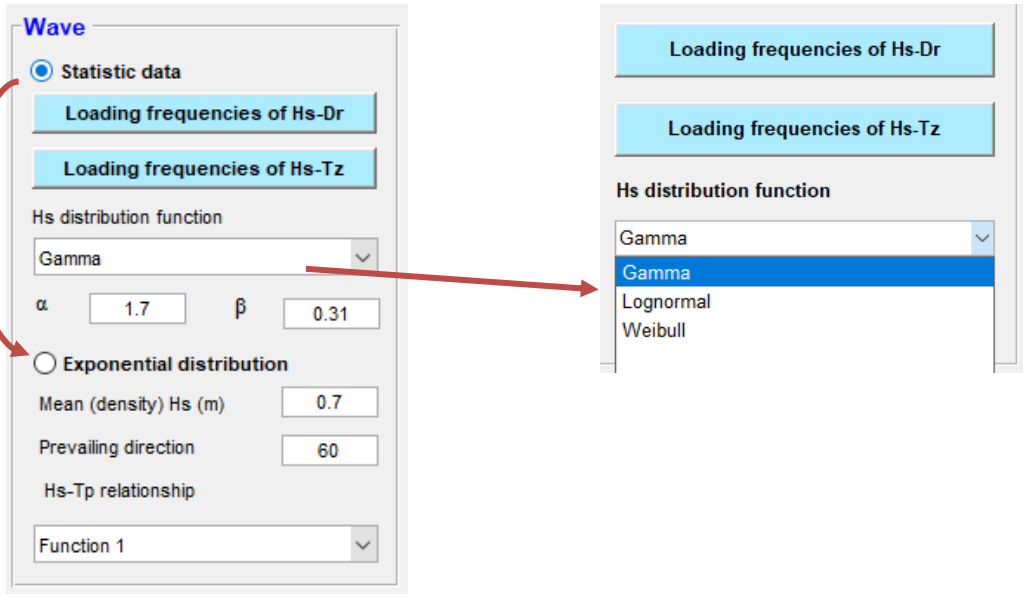
6.2.5 Giao diện nhập dữ liệu

Hình 6-2 thể hiện cửa sổ giao diện cho mô đun mô phỏng phục vụ thiết kế quy hoạch luồng.



Hình 6-2: Màn hình giao diện của mô hình mô phỏng thiết kế quy hoạch

6.2.5.1 Nhập số liệu sóng



Hình 6-3: Cửa sổ giao diện nhập dữ liệu sóng

Chương trình cho phép nhập số liệu sóng theo hai cách: nhập từ bảng số liệu thống kê sóng hoặc nhập từ hàm phân bố sóng theo phổ mật độ tần suất.

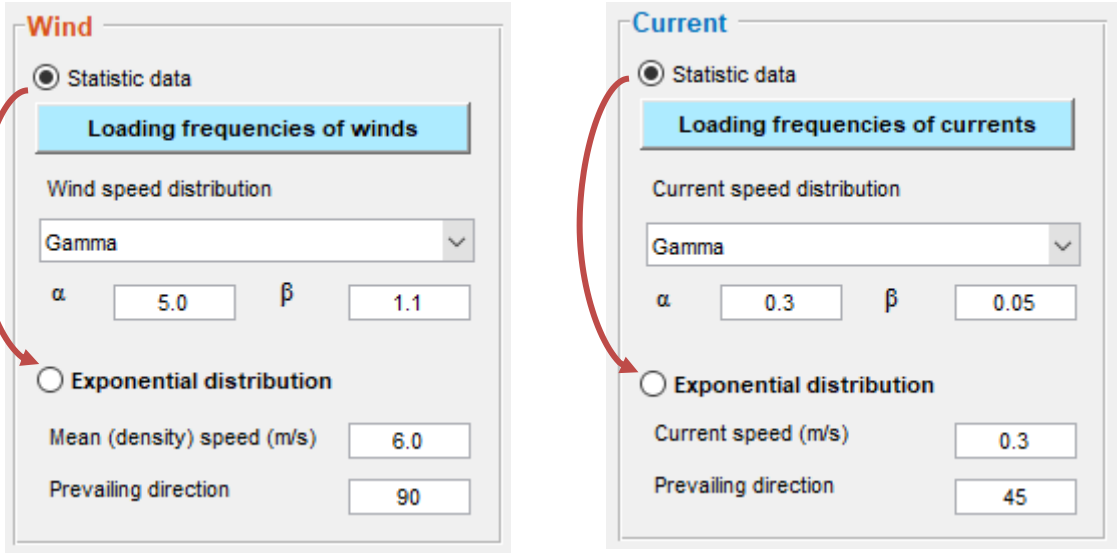
(1) Nhập số liệu từ bảng thống kê: bao gồm nhập bảng tần suất chiều cao và hướng sóng (Loading frequencies of Hs – Dr) và bảng tần suất chiều cao và chu kỳ sóng (Loading frequencies of Hs – Tz). Theo cách này chúng ta phải xác định hàm phân bố chiều cao sóng. Chương trình đã lập sẵn ba (03) hàm mật độ chiều cao sóng thường gặp như thể hiện trên Hình là các hàm Gamma, Lognormal và Weibull. Các tham số của mô hình này được xác định dựa trên số liệu thống kê tần suất chiều cao sóng kết hợp mô hình toán xác suất. Hàm được lựa chọn là hàm có sai số hồi quy nhỏ nhất giữa số liệu thực đo và hàm phân bố thử nghiệm.Ví dụ về bảng thống kê sóng được trình bày trong Phụ lục...

(2) Nhập số liệu sử dụng hàm mũ Exponential: trong trường hợp không có số liệu thống kê nhiều năm, có thể lựa chọn hàm mũ Exponential để mô phỏng sóng. Khi đó chúng tả chỉ cần nhập giá trị chiều cao sóng trung bình (chiều cao sóng tại đỉnh đường tần suất và bằng khoảng 0.6-0.7 chiều cao sóng trung bình) và hướng sóng thịnh hành.

Tần suất quan hệ giữa các đại lượng chiều cao, hướng và chu kỳ sóng được lập thành bảng trong file exel như thường thấy trong kết quả phân tích lan truyền sóng. Chi tiết xem mục 8.1.1.1 .

6.2.5.2 Nhập số liệu dòng chảy

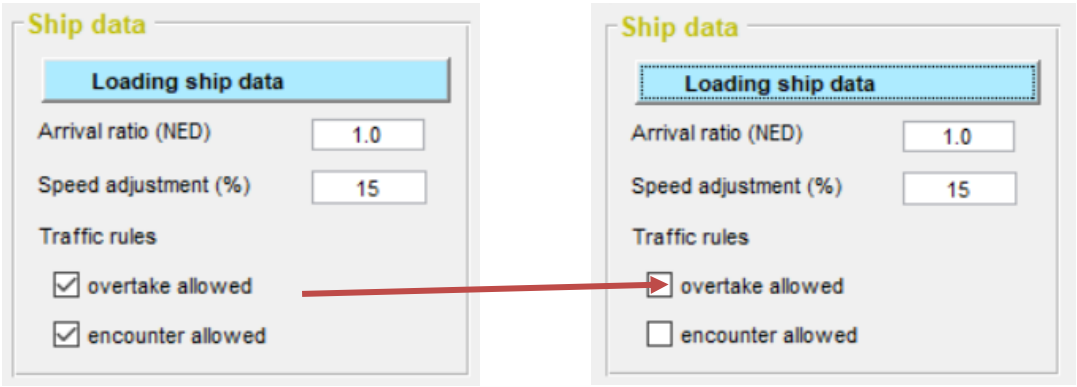
Cũng tương tự như nhập số liệu sóng, có hai sự lựa chọn cho việc nhập các số liệu gió và dòng chảy như thể hiện trên Hình 6-4.



Hình 6-4: Cửa sổ giao diện nhập gió và dòng chảy

6.2.5.3 Nhập số liệu đội tàu

Cửa sổ nhập dữ liệu về tàu được thể hiện trên Hình:



Hình 6-5: Nhập số liệu về đội tàu

(1) Nhập bảng dữ liệu về đội tàu đến cảng (Loading ship data)

Bảng dữ liệu về đội tàu được nhập từ file .exel, bao gồm các hàng là loại tàu đến cảng và các cột là thông số về tàu. Cụ thể được liệt kê trong bảng sau:

Bảng 6-1: Bảng dữ liệu về đội tàu đến cảng

Cột số	Tên cột	Giải thích
1	Index	Tên hay hay số hiệu tàu đến cảng, đánh số theo thứ tự 1, 2, 3, 4,...
2	DWT	Trọng tải tàu tính theo DWT
3	Lpp (m)	Chiều dài lớn nhất của tàu
4	B (m)	Chiều rộng tàu
5	Draft (m)	Mớn nước tàu
6	Cb	Hệ số hình học của tàu
7	Ship rate (%)	Tỷ lệ các loại tàu đến cảng. Thường xác định từ các số liệu thống kê
8	Roll (°)	Khả năng xoay ngang lớn nhất của tàu phụ thuộc tính năng tàu

Cột số	Tên cột	Giải thích
9	Picth (°)	Khả năng xoay dọc lớn nhất của tàu phụ thuộc tính năng tàu
10	P (t/h)	Năng suất bốc xếp của bến đối với tàu đang xét
11	Rates of im-ex-both	Tỷ lệ hàng được nhập, xuất hay cả nhập lẫn xuất của tàu đang xét. Từ đó chương trình sẽ xác định mớn nước của tàu có hay không hàng.
12	Speed (m/s)	Vận tốc chạy tàu trung bình, thường được quy định cho từng loại tàu
13	Ship class	Loại tàu đến cảng. Chương trình quy định: 1: tàu container 2: tàu hàng rời 3: tàu tổng hợp 4: các loại tàu khác

(2) Hệ số mật độ tàu đến cảng (arrival ratio): chương trình mặc định bằng 1. Trong trường hợp tàu đến cảng có mật độ lớn hơn trong khoảng thời gian nào đó, hệ số này có thể điều chỉnh nhỏ hơn 1.

(3) Vận tốc tàu mô phỏng đi trên luồng: tùy thuộc vào điều kiện sóng tại thời điểm tàu đến. Chương trình sẽ tự động điều chỉnh vận tốc tàu(theo Hướng dẫn của PIANC) theo tỷ lệ vận tốc tàu trung bình đã được khai báo ở trên.

(4) Quy định chạy tàu (traffic rules): cho phép (x) hay không cho phép (□) tàu được vượt cùng chiều (overtake) hay ngược chiều (encounter) trên luồng. Nếu cho phép chương trình sẽ tính số lần tàu vượt nhau trên luồng. Nếu không được phép, chương trình sẽ tính thời gian chờ tàu theo quy định FIFO.

6.2.5.4 Nhập số liệu mực nước

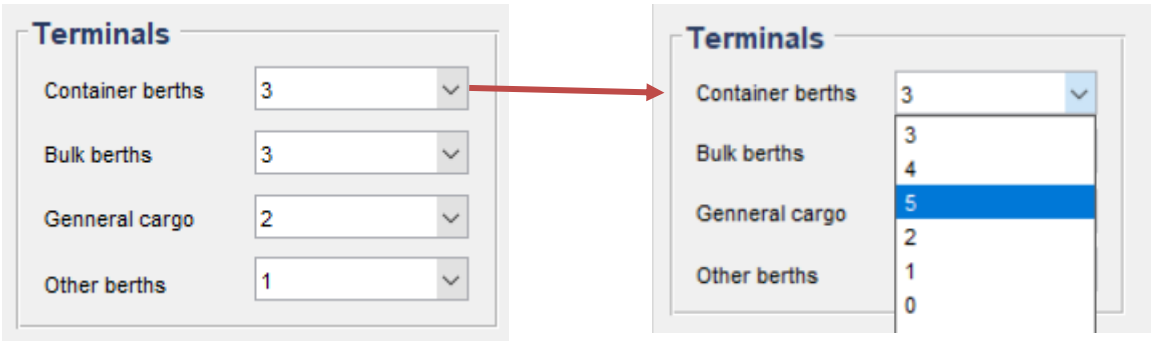
Số liệu mực nước có thể nhập từ một đến nhiều năm tùy thuộc vào thời gian mô phỏng. Mực nước tập hợp thành bảng theo giờ và theo ngày như trang bảng mực nước thủy triều thường gặp (chi tiết xem phụ lục).

Hình 6-6: Giao diện nhập mực nước

Nếu sử dụng bảng dự báo mực nước thủy triều nhiều năm, tùy thuộc vào từng khu vực mô hình có sự lựa chọn sai số dự báo +10 hoặc -10 cm.

6.2.5.5 Số liệu bến

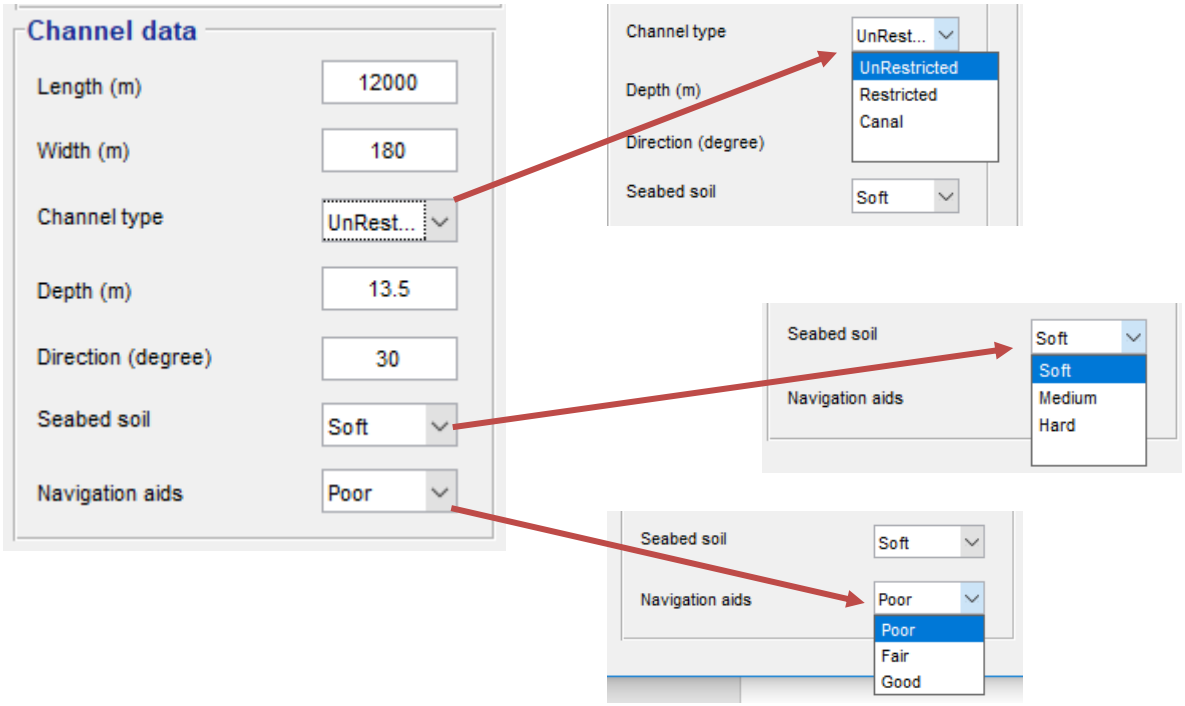
Số lượng bến cho từng loại được nhập như thể hiện trên Hình 6-7.



Hình 6-7: Cửa sổ nhập số lượng cho từng loại bến

6.2.5.6 Số liệu luồng tàu

Số liệu về kích thước, loại luồng cũng như các điều kiện khai thác luồng được nhập trên Hình 6-8.



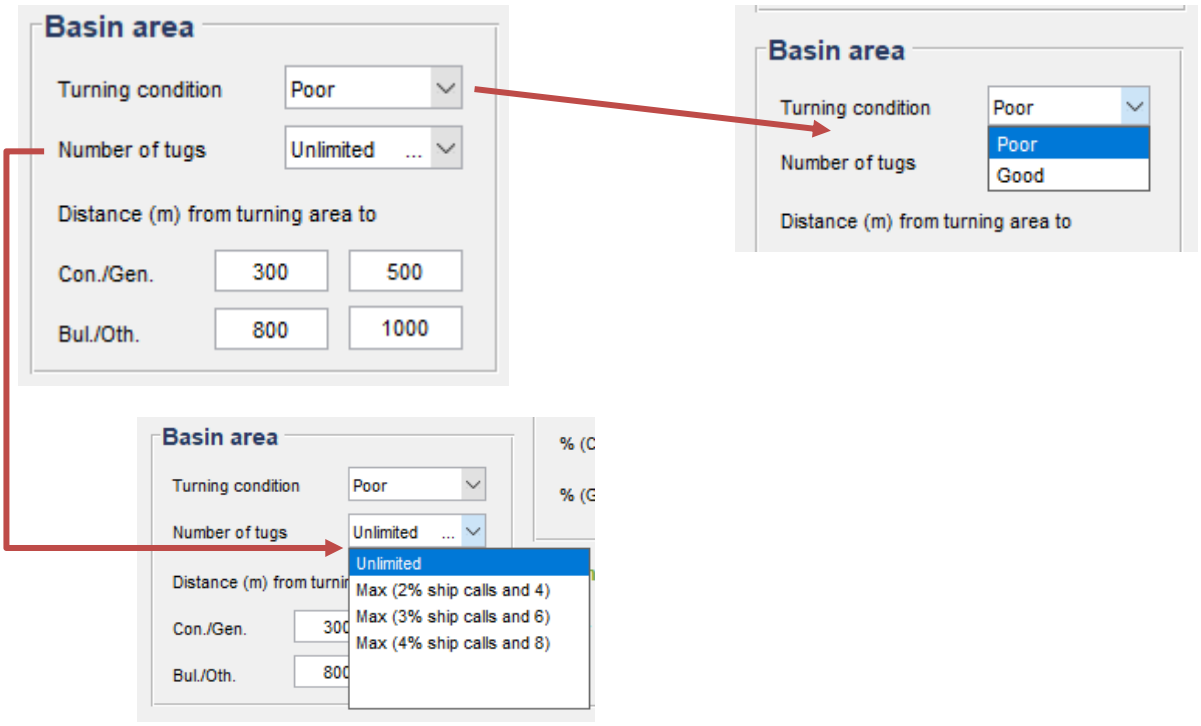
Hình 6-8: Cửa sổ nhập dữ liệu luồng tàu

Bảng 6-2: Bảng dữ liệu về luồng tàu

No.	Mục	Giải thích
1	Length (m)	Chiều dài luồng tính từ phao số "0" đến vũng quay tàu
2	Width (m)	Chiều rộng luồng
3	Channel type	Loại luồng, bao gồm: UnRestricted: luồng tự nhiên; Restricted: luồng nạo vét; và Canal: kênh
4	Depth (m)	Chiều sâu luồng tính từ 0 hải đồ
5	Seabed soil	Địa chất luồng tàu. Soft: nền đất yếu, Medium: nền đất tương đối cứng; Hard: nền đất rất cứng
6	Navigation aids	Điều kiện hỗ trợ hàng hải. Poor: kém; Fair: trung bình; Good: tốt

6.2.5.7 Tàu kéo và quay trở tàu

Cửa sổ nhập dữ liệu cho tàu kéo và khu quay trở được thể hiện trên Hình 6-9.



Hình 6-9: Cửa sổ nhập dữ liệu và tàu kéo và khu nước

Bảng 6-3: Các tham số cho điều kiện tàu kéo và khu nước

No.	Mục	Giải thích
1	Turning condition	Điều kiện khu quay trở có hai sự lựa chọn. Poor: khó khăn; Good: thuận lợi.
2	Number of tugboats	Số lượng tàu kéo được xác định cho một số trường hợp: không giới hạn hoặc tính theo tỷ lệ % số lượng tàu đến cảng nhưng không nhỏ hơn các giá trị kiến nghị chương trình mặc định.
3	Distance from turning area to	Khoảng cách từ khu quay trở đến các khu bến tàu container, bến hàng rời, bến tổng hợp và các bến khác.

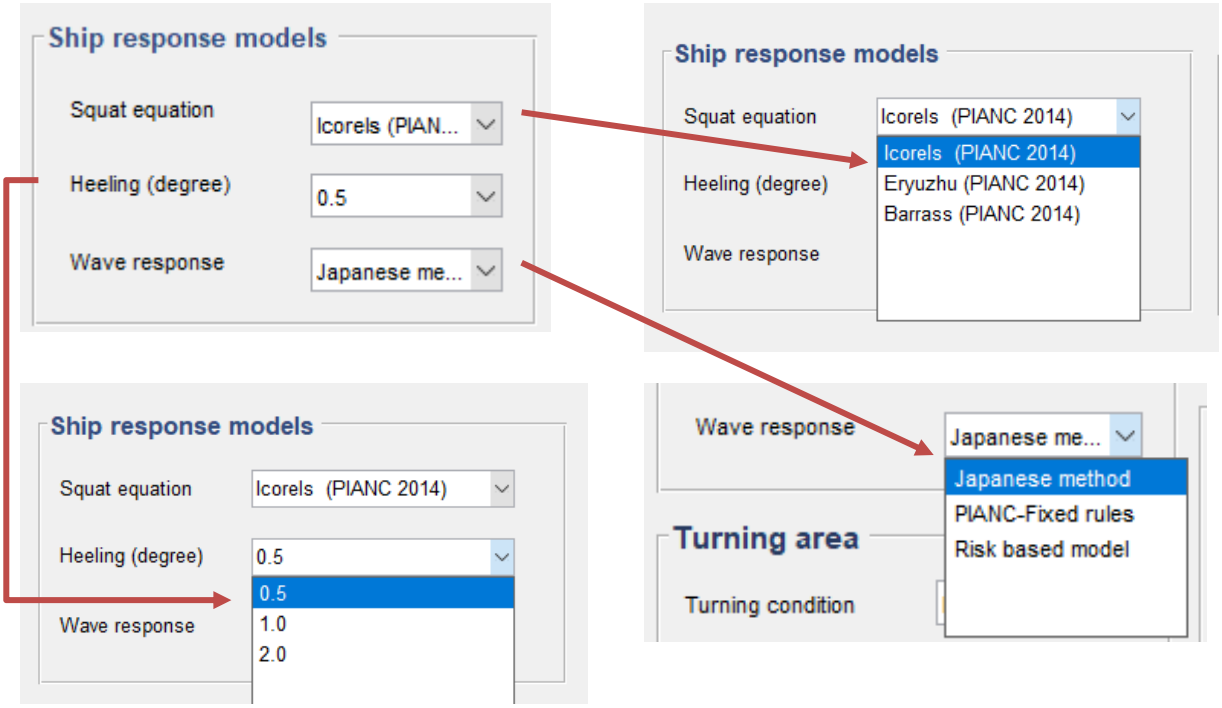
6.2.5.8 Mô hình dao động của tàu (Ship response models)

Cửa sổ lựa chọn mô hình dao động của tàu được thể hiện trên Hình 6-10.

Bảng 6-4: Các tham số và điều kiện sử dụng trong mô hình dao động tàu

No.	Mục	Giải thích
1	Squat equation	Độ dằn tàu do vận tốc. Ba công thức xác định độ dằn của tàu do vận tốc có thể được lựa chọn tùy thuộc vào điều kiện luồng tàu. Việc lựa chọn công thức nào trong tính toán phụ thuộc vào loại luồng tàu (chi tiết xem PIANC 2014).

No.	Mục	Giải thích
2	Heeling (degree)	Góc nghiêng do gió được xác lập cho 3 trường hợp. 0.5^0 , 1^0 và 1.5^0 lần lượt cho trường hợp luồng thẳng không có gió, luồng thẳng có gió và luồng cong có gió.
3	Ship response	Hai mô hình về xác định độ dự phòng do sóng được thiết lập trong mô hình, phương pháp của Nhật Bản (PIANC 2014) và mô hình lý thuyết độ tin cậy (Risk based model). Tuy nhiên, mô hình dựa trên lý thuyết độ tin cậy chỉ sử dụng được khi hàm truyền (RAO) của tàu được xác định.



Hình 6-10: Cửa sổ lựa chọn nhập mô hình tính dao động tàu

6.2.5.9 Số lần mô phỏng

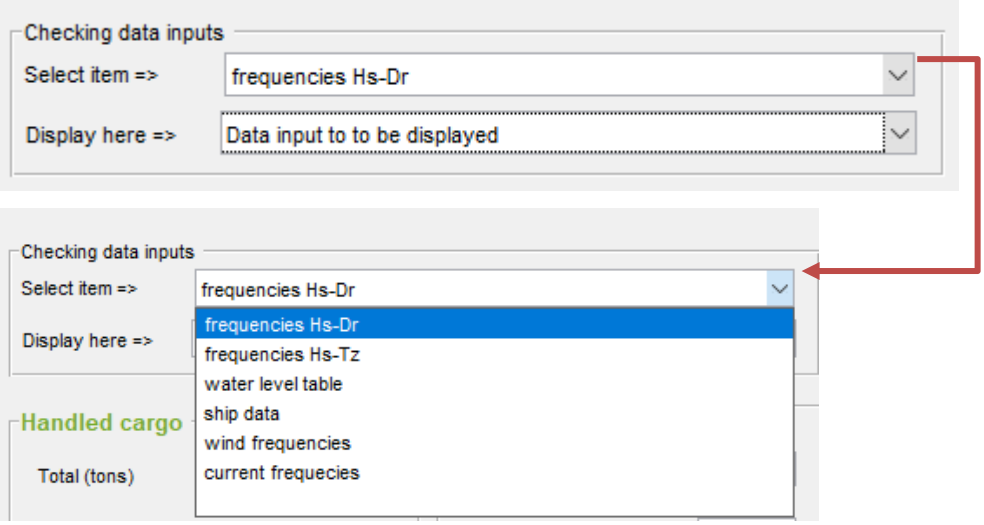
Số lần mô phỏng được nhập trong cử sổ dưới đây

Hình 6-11: Nhập số liệu mô phỏng và chạy chương trình

6.2.6 Các kết quả mô phỏng

6.2.6.1 Cửa sổ kiểm tra nhập dữ liệu

Các dữ liệu về điều kiện tự nhiên, mực nước và đội tàu được nhập từ các tệp exel có thể được kiểm tra trực tiếp trên màn hình thông qua cửa sổ "checking data inputs" như thể hiện trên Hình 6-13. Các số liệu và kết quả mô phỏng trên làm cơ sở để phân tích tối ưu lựa chọn độ sâu nạo vét luồng tàu.



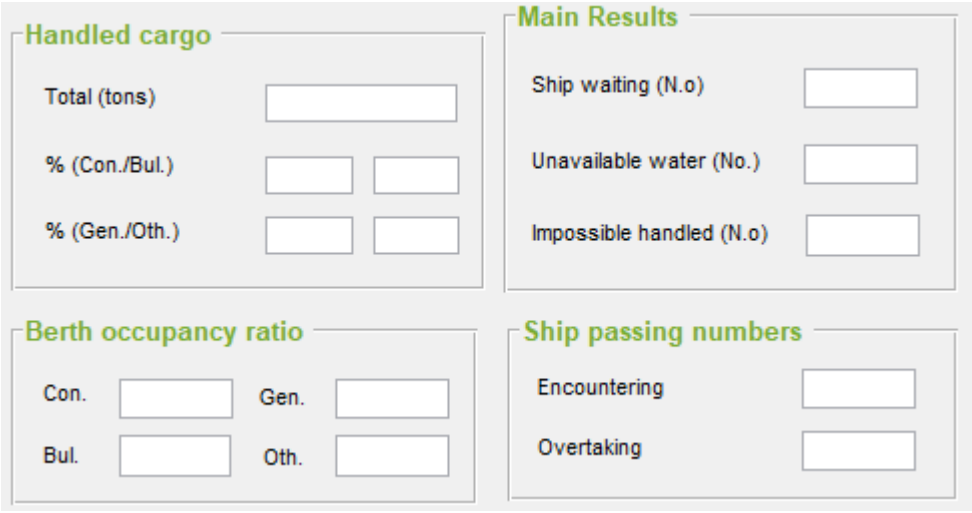
Hình 6-12: Cửa sổ kiểm tra các dữ liệu và điều kiện thiết kế đã được đưa vào mô hình

6.2.6.2 Các kết xuất trên màn hình

Các kết quả tính toán mô phỏng chính được trích xuất trên màn hình như thể hiện trên Hình 6-13.

Bảng 6-5: Một số các kết quả chính xuất trên màn hình

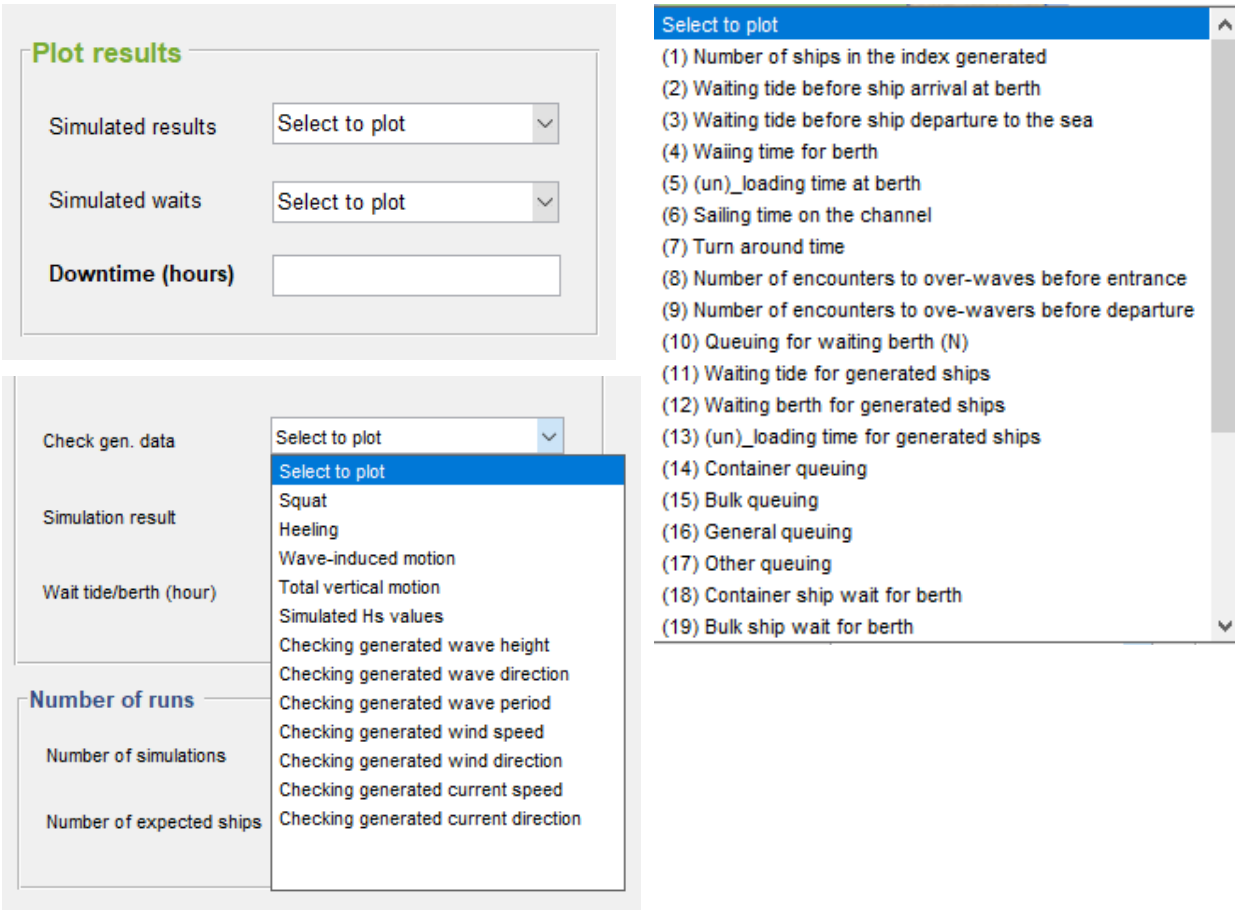
No.	Mục	Giải thích
1	Handled cargo	Tổng lượng hàng qua cảng trong thời gian mô phỏng. Lượng hàng này được phân chia theo tỷ lệ % cho từng khu bến container (con.), khu bến hàng rời (bul.), khu bến tổng hợp (gen.) và khu bến khác (Oth.)
2	Berth occupancy ratio	Hệ số bận bến được xác định cho từng khu bến như nêu trên
3	Handling results	Mục này cung cấp các thông tin quá trình tàu vận hành. Bao gồm ba kết quả chính. Ship waiting (No.): số lần tàu phải đợi mực nước để vào luồng; Unavailable water (No.): số lần không có đủ mực nước để tàu vào luồng; và Impossible (No.): số lần tàu không thể điều động do điều kiện thời tiết.
4	Ship passing numbers	Số lần hoặc thời gian tàu gặp hoặc đợi tránh nhau trên luồng tương ứng với trường hợp tàu được phép và không được phép vượt nhau trên luồng.



Hình 6-13: Cửa sổ xuất dữ liệu chính

6.2.6.3 Kết xuất dữ liệu mô phỏng trên biểu đồ

Chương trình sẽ tự động xuất các kết quả mô phỏng về sóng, gió và dòng chảy và so sánh với các số liệu nhập từ bảng thống kê.



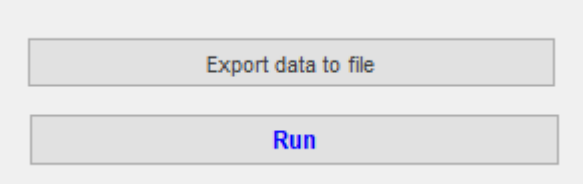
Hình 6-14: Cửa sổ hiển thị kết quả và vẽ kết quả mô phỏng

Bảng 6-6: Giải thích các kết quả xuất trên biểu đồ

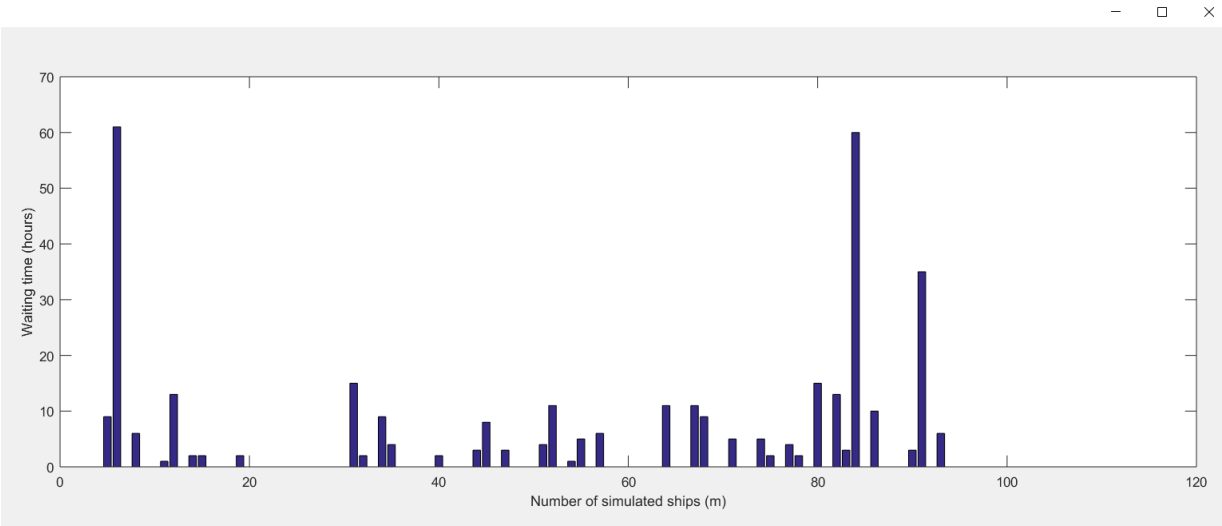
No.	Hạng mục	Nội dung
I	**Simulated data**	
1	Squat (m)	Độ dằn tàu
2	Heeling (m)	Nghiêng lệch tàu
3	Wave-induced motion	Dao động tàu do sóng
4	Total vertical motion	Tổng dao động đứng của tàu
5	Simulated Hs	Chiều cao sóng mô phỏng
6	Checking...wave heigth	Kiểm tra số liệu chiều cao sóng mô phỏng với số liệu thống kế
7	Checking...wave direction	Kiểm tra số liệu hướng sóng mô phỏng với số liệu sóng thống kế
8	Checking...wave period	Kiểm tra số liệu chu kỳ sóng mô phỏng với số liệu sóng thống kế
9	Checking...wind speed	Kiểm tra số liệu tôc độ gió mô phỏng với số liệu gió thống kế
10	Checking...wind direction	Kiểm tra số liệu hướng gió mô phỏng với số liệu gió thống kế
11	Checking...current speed	Kiểm tra số liệu dòng chảy mô phỏng với số liệu thống kế
12	Checking...current direct	Kiểm tra số liệu chiều cao sóng mô phỏng với số liệu thống kế
II	**Simulated results**	
1	Number of ships in ...	Số lần tàu đến cảng (cho từng loại tàu)
2	Waiting tide before arrival	Thời gian chờ mực nước cho từng loại tàu trước khi cập bến
3	Waiting tide before depart	Thời gian chờ mực nước cho từng loại tàu trước khi rời cảng
4	Waiting time for berth	Thời gian chờ bến cho từng loại tàu
5	(un)_loading time at berth	Thời gian làm hàng cho từng loại tàu
6	Sailing time on the channel	Thời gian đi trên luồng cho từng loại tàu
7	Turn around time	Tổng thời gian từ lúc tàu đến và rời cảng cho từng loại tàu
8	Number of encounters to over-weather...entrances	Số lần các tàu gặp điều kiện thời tiết xấu không thể vào bến
9	Number of encounters to over-weather...departure	Số lần các tàu gặp điều kiện thời tiết xấu không thể rời cảng
10	Queuing for wait at berth	Số tàu phải xếp hàng đời bến thời gian mô phỏng
11	Waiting tide for... ships	Thời gian chờ mực nước cho tất cả các tàu mô phỏng
12	Waiting berths...ships	Thời gian chờ bến cho tất cả các tàu mô phỏng
13	(Un)_loading time...	Thời gian làm hàng cho tất cả các tàu mô phỏng
14	Container queuing	Số tàu container xếp hàng đợi bến theo thời gian mô phỏng
15	Bulk queuing	Số tàu hàng rời xếp hàng đợi bến theo thời gian mô phỏng
16	General queuing	Số tàu hàng tổng xếp hàng đợi bến theo thời gian mô phỏng
17	Other queuing	Số tàu hàng khác xếp hàng đợi bến theo thời gian mô phỏng
18	Container ships for berth	Thời gian của từng tàu container đợi bến trước khi làm hàng
19	Bulk ships for berth	Thời gian của từng tàu hàng rời đợi bến trước khi làm hàng
20	General ships for berth	Thời gian của từng tàu tổng hợp đợi bến trước khi làm hàng
21	Othership for berth	Thời gian của các loại tàu khác đợi bến trước khi làm hàng
22	Number of ship stays	Số lượng tàu tại cảng theo thời gian mô phỏng
23	Historical ship stays	Tần suất số lượng tàu tại cảng
24	Number of tug uses	Số lượng tàu kéo được điều động theo thời gian mô phỏng
25	Historical tug uses	Tần suất sử dụng tàu kép
26	% waiting time	Cơ cấu thời gian chờ tàu
27	% ship activity time...	Cơ cấu thời gian tàu hoạt động tải cảng
28	Wait tide/berth (hour)	Tổng thời gian chờ mực nước và đợi bến của tất cả các tàu

6.2.6.4 Chạy chương trình và ghi dữ liệu vào tệp exel

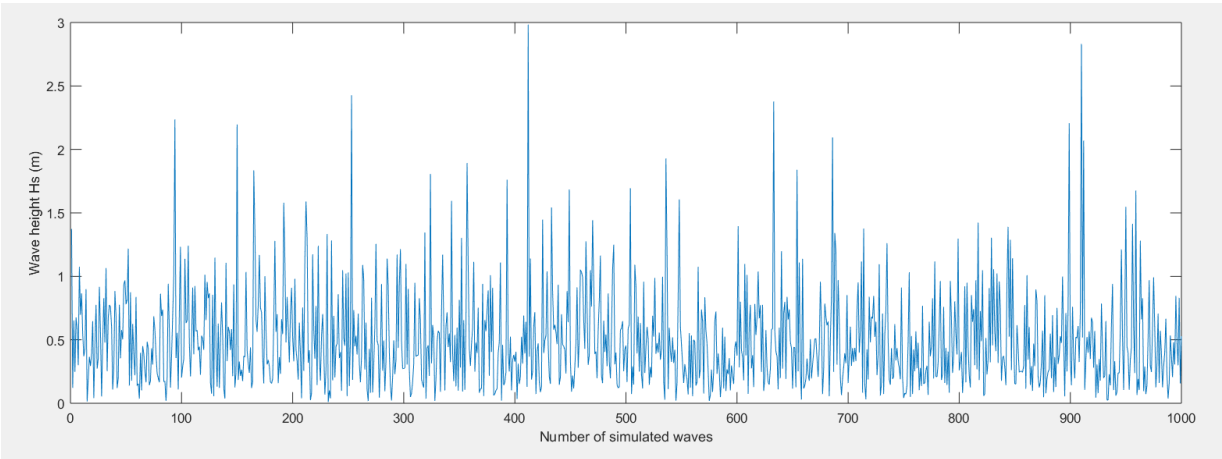
Sau khi nhập xong dữ liệu, chạy chương trình bằng cách ấn nút "Run" và có thể xuất kết quả ra tệp exel. Lưu ý, Theo kinh nghiệm của tác giả để cho kết quả hội tụ, số lần mô phỏng (number of runs) không dưới 10 lần cho số lượng tàu từ 100 và không nên quá 50 lần đối với máy tính cấu hình thấp.



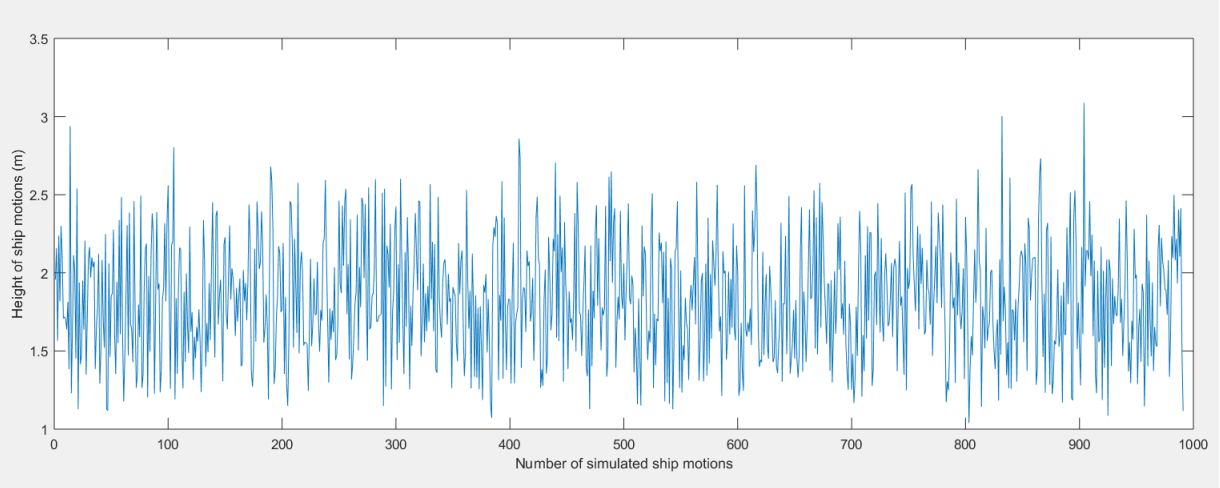
Hình 6-15: Cửa sổ chạy chương trình và xuất dữ liệu sang file Exel.



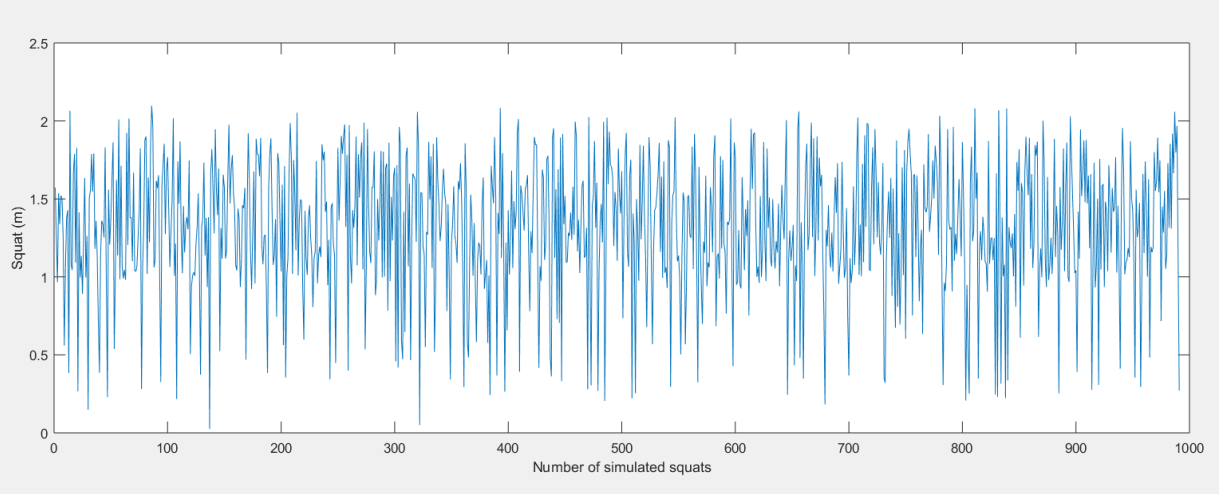
Hình 6-16: Kết quả mô phỏng thời gian chờ của từng tàu cho 1 lần mô phỏng



Hình 6-17: Kết quả mô phỏng chiều cao sóng của từng tàu cho các lần mô phỏng



Hình 6-18: Kết quả mô phỏng dao động từng tàu cho các lần mô phỏng



Hình 6-19: Kết quả dự trữ do vận tốc của từng tàu và của các lần mô phỏng

6.3 Mô phỏng phục vụ khai thác (Underkeel Check)

6.3.1 Mục đích

Trên cơ sở các kết quả mô phỏng trên cho phép xác định

- Nâng cao hiệu suất và giảm chi phí khai thác vận hành luồng tàu;
- Đặt kế hoạch vận hành khai thác luồng; và
- Nhận dạng điều kiện vận hành tàu trên luồng.

6.3.2 Nội dung

Nội dung chính và kết quả mô phỏng khai thác bao gồm:

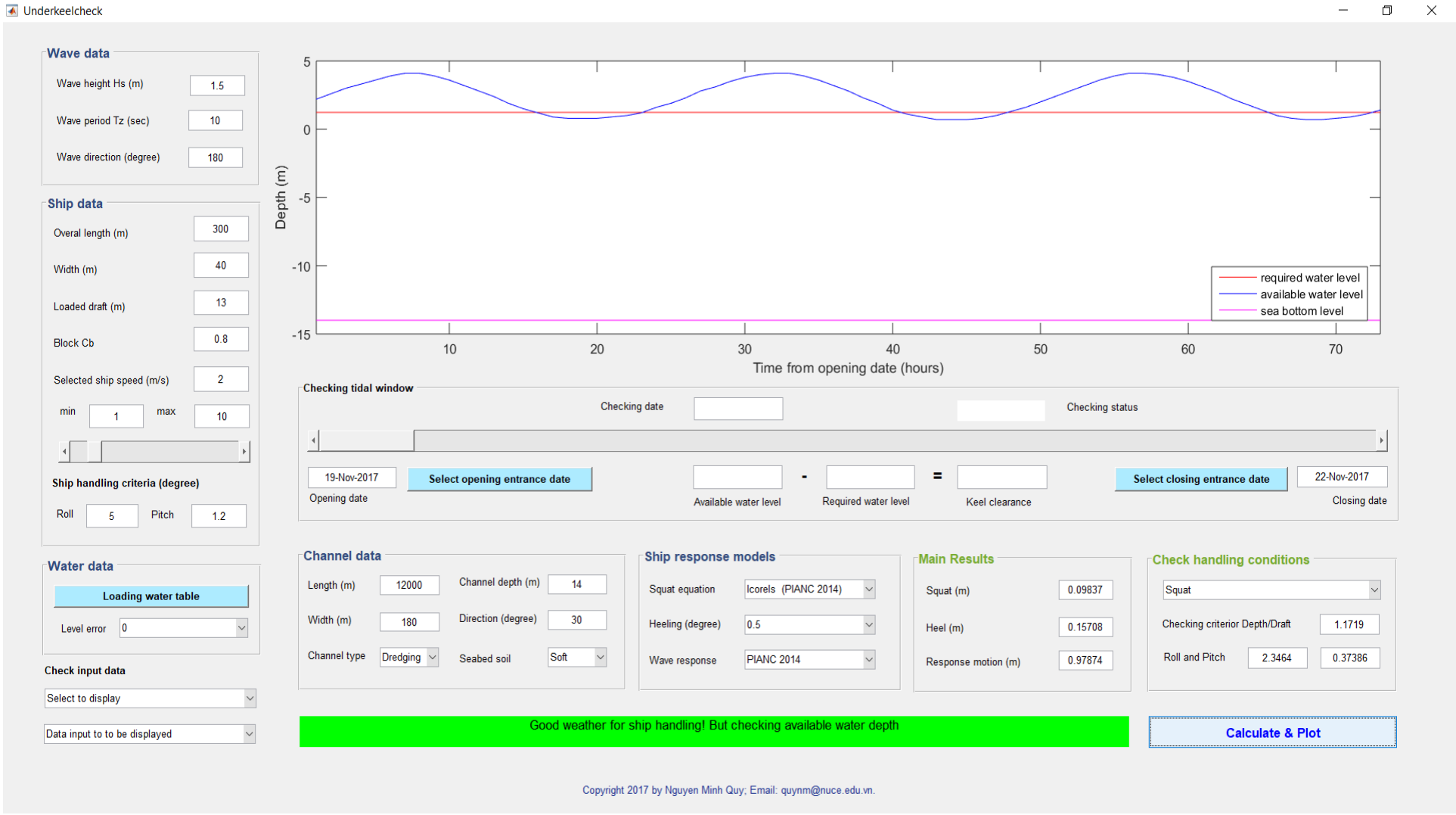
- Các kịch bản khai thác luồng và điều động tàu;
- Xác định khoảng thời gian thích hợp nhất để điều động tàu; và
- Các kết quả vận hành tàu trong quá trình mô phỏng

6.3.3 Mô hình kết hợp

Mô hình này cần kết hợp mô hình dự báo sớm về điều kiện sóng khai thác trên luồng tàu. Hiện một số tổ chức cung cấp số liệu miễn phí. Tuy nhiên, cách tốt nhất và chính xác nhất có được số liệu sóng dự báo là dựa trên số liệu đo đạc tại hiện trường bằng nhiều công nghệ khác nhau.

6.3.4 Giới thiệu về mô hình

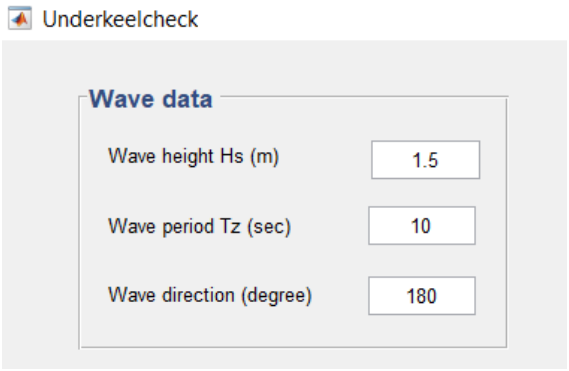
Mô hình mô phỏng khai thác và vận hành luồng tàu có các hợp phần chính được giới thiệu dưới đây.



Hình 6-20: Cửa sổ giao diện của mô hình mô phỏng khai thác

6.3.4.1 Số liệu về sóng

Thông số sóng được cập nhật một vài giờ trước khi tàu đến cảng như thể hiện trên Hình 6-21. Trong đó Hs (m): chiều cao sóng có nghĩa, Tz (s): chu kỳ sóng và Wave direction (degree): hướng sóng so với hướng Bắc.

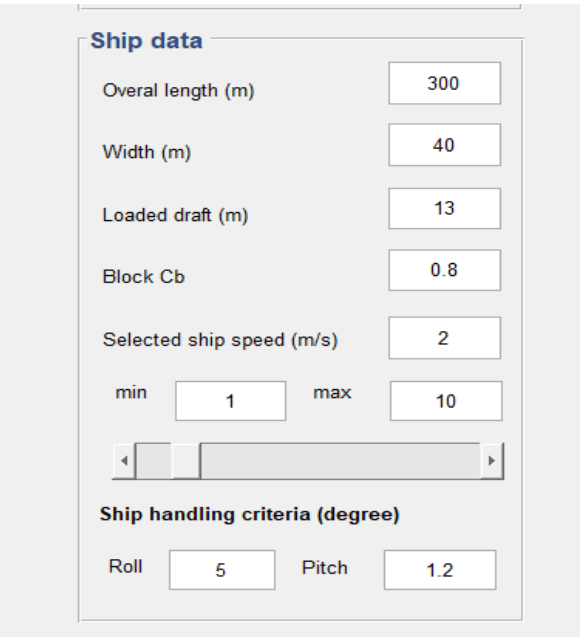


Hình 6-21: Nhập số liệu sóng

6.3.4.2 Số liệu về tàu

Tương tự như sóng, các số liệu về tàu bao gồm các kích thước cơ bản của tàu, vận tốc tàu chạy và khả năng dao động (roll, pitch) của tàu được đưa trực tiếp từ cửa sổ "Ship data".

Vận tốc chạy tàu có thể được thay đổi bằng thanh trượt (slider)



Hình 6-22: Nhập số liệu tàu mô phỏng

Bảng 6-7: Số liệu tàu điều động

No.	Hạng mục	Giải thích
1	Overal length (m)	Chiều dài tổng thể của tàu
2	Width (m)	Chiều rộng tàu
3	Loaded draft (m)	Mớn nước tàu
4	Bloc Cb	Hệ số hình dạng tàu
5	Selected ship speed (m/s)	Vận tốc chạy tàu
6	Roll	Khả năng xoay ngang lớn nhất của tàu (độ)
7	Pitch	Khả năng xoay dọc lớn nhất của tàu (độ)

6.3.4.3 Số liệu về mực nước

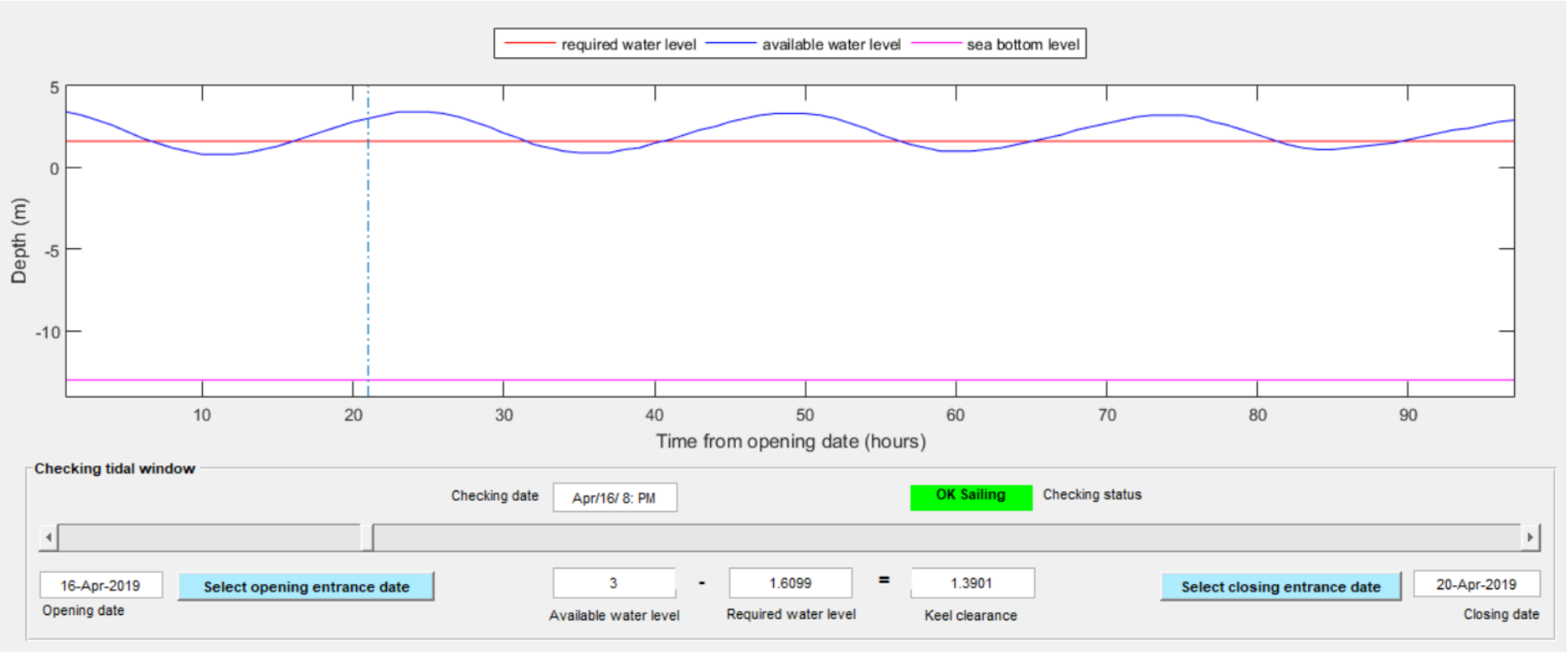
Các số liệu về mực nước được nhập tương tự như modul mô phỏng thiết kế. Chi tiết xem Mục 8.1.1.4 .

6.3.4.4 Dữ liệu về luồng và lựa chọn mô hình tính toán

Dữ liệu về luồng tàu cũng như lựa chọn mô hình tính độ dằn tàu do vận tốc, độ nghiêng lệch (heeling) và dao động của tàu do sóng được nhập tương tự như modul thiết kế mô phỏng.

6.3.4.5 Thông tin về kế hoạch điều động tàu

Thông tin về khoảng thời gian sớm nhất và muộn nhất (opening date and closing date) dự kiến điều động tàu được cung cấp cho chương trình theo cửa sổ dưới đây.

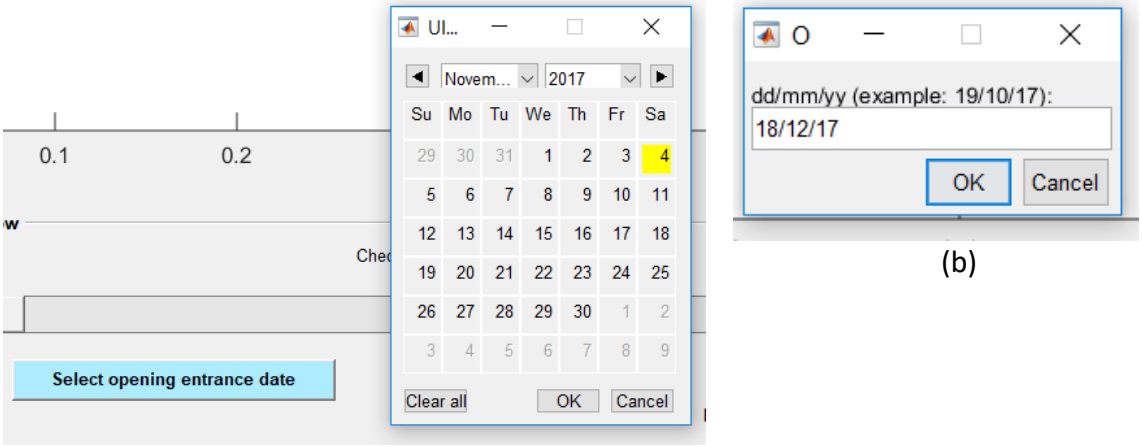


Hình 6-23: Cửa sổ nhập kế hoạch ngày dự kiến điều động tàu

Bảng 6-8: Dữ liệu thời gian tàu dự kiến đến cảng

No.	Hạng mục	Giải thích
1	Select opening entrance date	Lựa chọn thời gian sớm nhất tàu có thể đến cảng
2	Select closing entrance date	Lựa chọn thời gian muộn nhất tàu có thể đến cảng
3	Opening date	Thể hiện ngày sớm nhất tàu đến cảng trong cửa số phía trên
4	Closing date	Thể hiện ngày muộn nhất tàu đến cảng trong cửa số phía trên

Chương trình chạy trên nền tảng Matlab, lịch điện tử sẽ được hiển thị để cập nhật ngày tháng (Hình 6-24a). Nếu không sẽ nhập dữ liệu thông qua cửa sổ trong (Hình 6-24b).



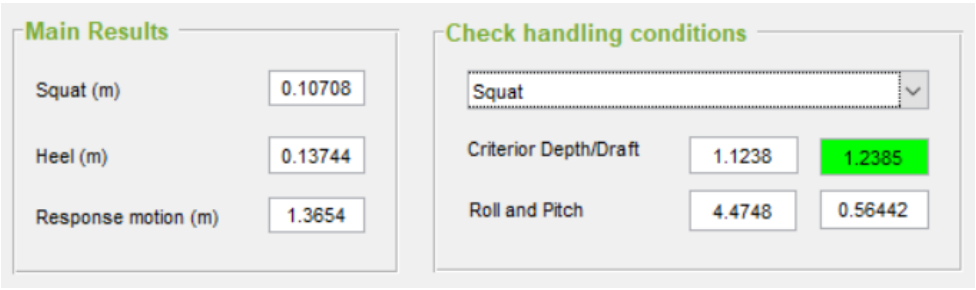
(b)

(a)

Hình 6-24: Hai phương án nhập ngày điều động tàu mô phỏng

6.3.4.6 Các kết quả mô phỏng chính

Các kết quả mô phỏng chính bao gồm độ dẫn do vận tốc, dự trữ do nghiêng tàu, và dự trữ do sóng. Đặc biệt các thông tin về độ nghiêng lệch tàu (roll/pitch) được cung cấp để người vận hành có thể đối chiếu với tiêu chuẩn cho phép (khả năng của tàu). Tỷ số giữa độ sâu mực nước chạy tàu với mớn nước của tàu (depth/draft) cũng được thông tin để đối chiếu với các tiêu chuẩn kiểm tra hiện hành.



Hình 6-25: Hiển thị các kết quả mô phỏng điều động tàu

Bảng 6-9: Các kết quả về dao động tàu trong quá trình điều động

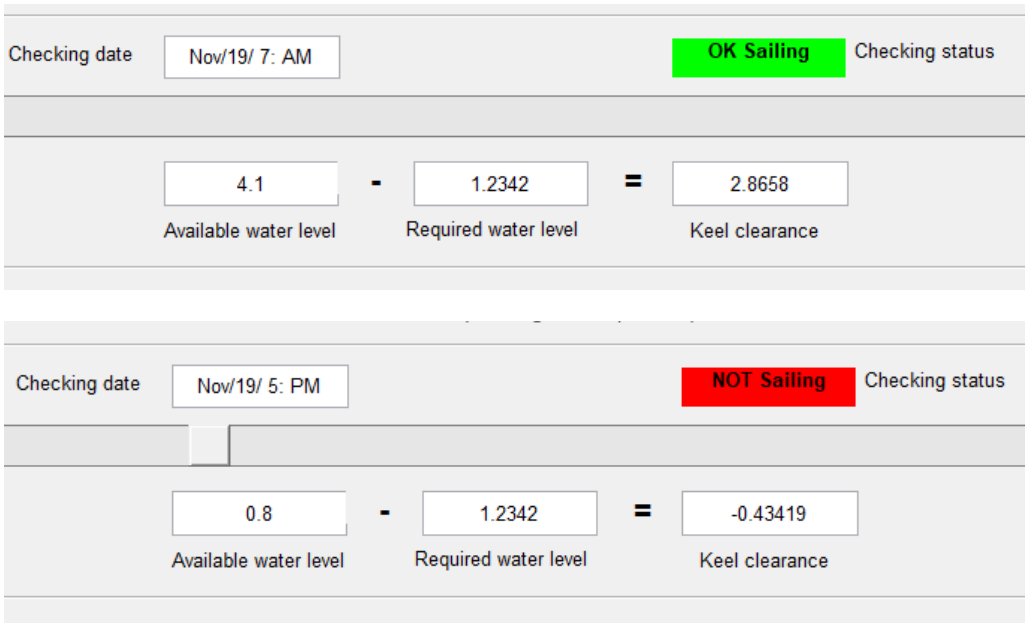
No.	Hạng mục	Giải thích
1	Squat (m)	Độ dằn do vận tốc chạy tàu
2	Heel (m)	Độ nghiêng lệch tàu do gió
3	Response motion (m)	Tổng hợp dao động đứng tàu do sóng
4	Criterio Depth/Draft	Lần lượt là tỷ số tối thiểu (ô bến trái) và tỷ số tại thời điểm mực nước đang xét (ô bên phải) giữa độ sâu chạy tàu và mớn nước tàu.
5	Roll and picth	Giá trị tính toán góc xoay ngang và dọc tàu (độ)

6.3.4.7 Hiển thị kết quả kiểm tra kế hoạch điều động tàu

Trên cơ sở tính toán kiểm tra độ dự trữ dưới sống tàu (underkeel clearance) bằng hiệu số mực nước thủy triều dự báo và mực nước yêu cầu cho tàu chạy, chương trình sẽ đưa ra trạng thái được phép (khi dự trữ dưới sống tàu dương) và không được phép (khi dự trữ dưới sống tàu âm) điều động tàu cùng với thông báo thời gian của thời điểm kiểm tra như hiển thị trong các cửa sổ dưới đây.

Bảng 6-10: Kết quả kiểm tra kế hoạch điều động tàu

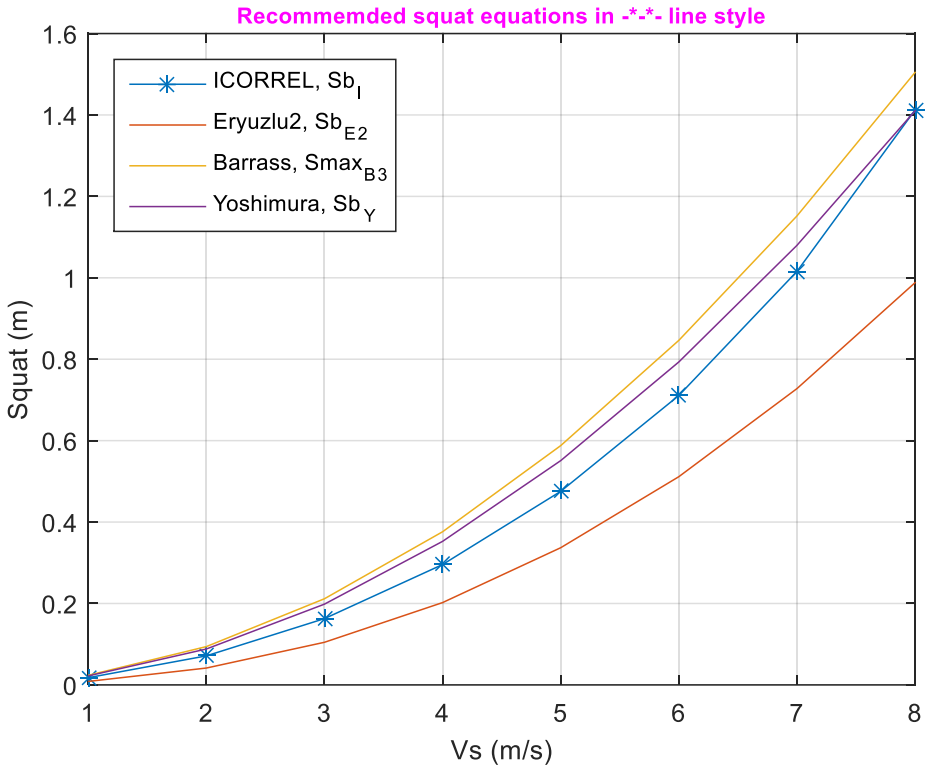
No.	Hạng mục	Giải thích
1	Hình vẽ	- Trục hoành thể hiện khoảng thời gian tàu dự kiến đến - Trục tung thể hiện chiều sâu tính từ đáy luồng (đường màu hồng) - Đường màu xanh là đường quá trình mực nước thủy triều - Đường màu đỏ là mực nước tối thiểu để chạy tàu
2	Checking date	Thể hiện ngày giờ tại vị trí thanh trượt
3	Checking status	- Màu xanh thể hiện thời điểm tàu có thể vào luồng - Màu đỏ thể hiện thời điểm tàu không thể vào luồng
4	Available water level	Thể hiện cao độ mực nước tại thời điểm đang xét (vị trí thanh trượt)
5	Required water level	Thể hiện cao độ mực nước yêu cầu
6	Keel clearance	Độ dự trữ dưới sống tàu (m)



Hình 6-26: Cửa sổ hiển thị kiểm tra kết quả mô phỏng điều động tàu

6.3.4.8 Các kết quả tính toán khác

Mô hình đồng thời cung cấp các kết quả tính toán trong quá trình mô phỏng. Dưới đây là ví dụ về độ dằn do vận tốc chạy tàu theo các công thức tính toán khác nhau.



Hình 6-27: Độ dằn tàu theo vận tốc chạy

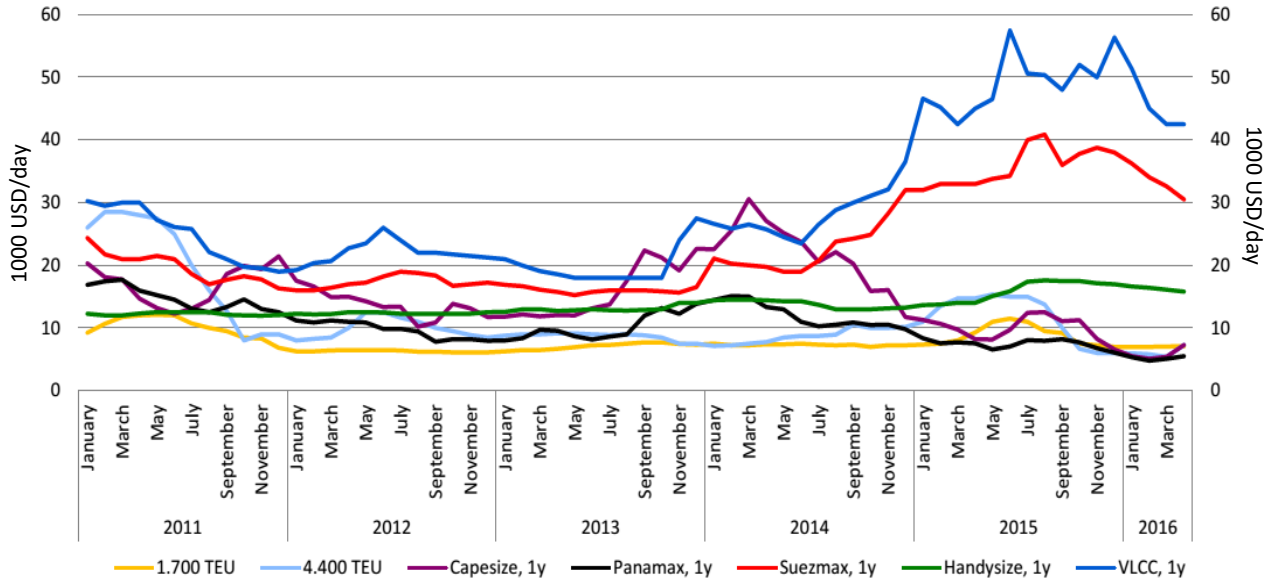
CHƯƠNG 7. PHÂN TÍCH TỐI ƯU XÁC ĐỊNH QUY MÔ CÔNG TRÌNH

Dựa trên các kết quả mô phỏng mà phần mềm OSEC 2020 cung cấp, phân tích tối ưu về quy mô công trình cảng nhờ đó thực hiện được. Một số bài toán tối ưu chính thường được quan tâm trình bày trong chương này.

7.1 Đặt vấn đề

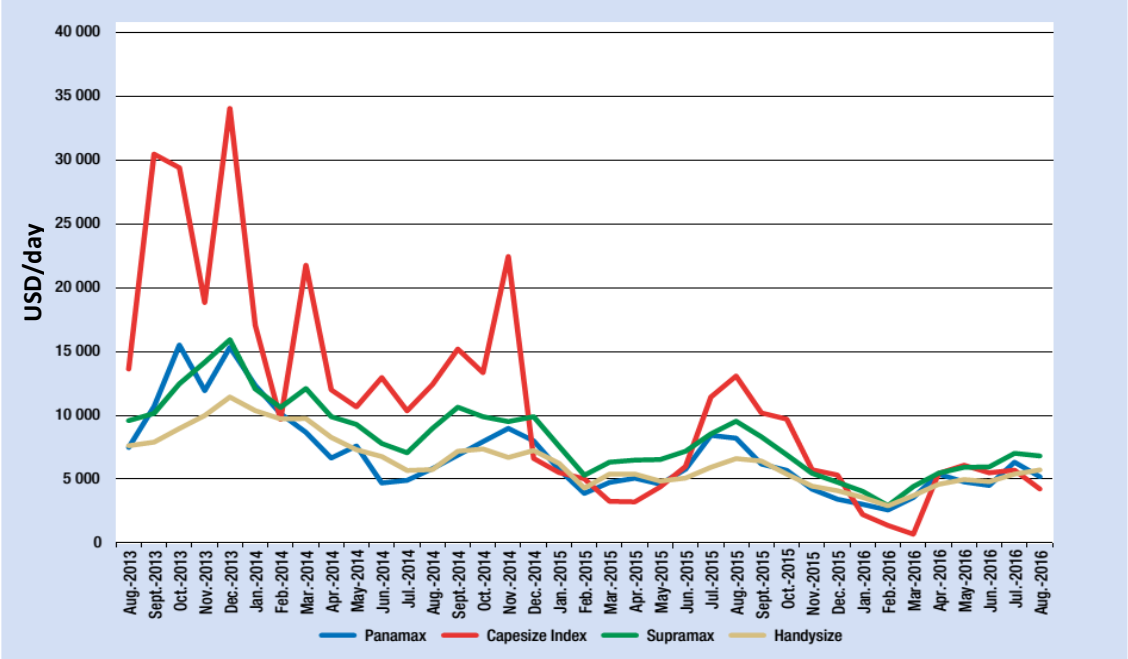
Việc tăng trưởng đột biến vận tải biển trong thập kỷ 90 dẫn đến đội tàu vận tải trên thế giới phát triển nhanh chóng cả về kích thước lẫn quy mô trọng tải. Khi đó giá thuê tàu vì thế không ngừng gia tăng (đặc biệt các con tàu siêu lớ) đã đặt cho các nhà vận tải biển trên thế giới phải tăng số lượng quay vòng tàu cũng như giảm thời gian vận tải của tàu trên mỗi chuyến. Thời gian hành hải trên hành trình viễn dương của tàu gần như không thể thay đổi do là đặc tính và vận tốc khai thác của mỗi tàu. Do vậy, phương án hiệu quả nhất để tăng thời gian quay vòng là giảm thời gian của tàu tại cảng. Điều này dẫn đến quy mô các hạng mục công trình cảng và công suất thiết bị cần được tăng lên. Bài toán đặt ra là với quy mô công trình cảng như thế nào sao cho tổng chi phí đầu tư và khai thác hành hải là thấp nhất?

Hình 7-1 dưới đây thể hiện giá thuê theo ngày cho các loại tàu container (ship charter rates) khác nhau biến động trong những năm gần đây. Giá dao động cho loại tàu loại Suezmax và VLCC tương đối mạnh thay đổi tăng từ dưới 20 000 USD/day trong năm 2013 lên tới 55 000 USD/day trong năm 2015. Đối với các loại tàu container nhỏ hơn, giá thuê không có nhiều biến động.



Hình 7-1: Chi phí thuê các loại tàu container qua các năm
Nguồn: **(DSO_Association, 2016)**

Ghi chú: giá thuê (container ship charter rates) bao gồm chi phí thủy thủ đoàn, duy tu sửa chữa, vận hành tàu và các loại phí khác (for ship operator's (lender) crew cost, repair cost and operation cost, etc.).

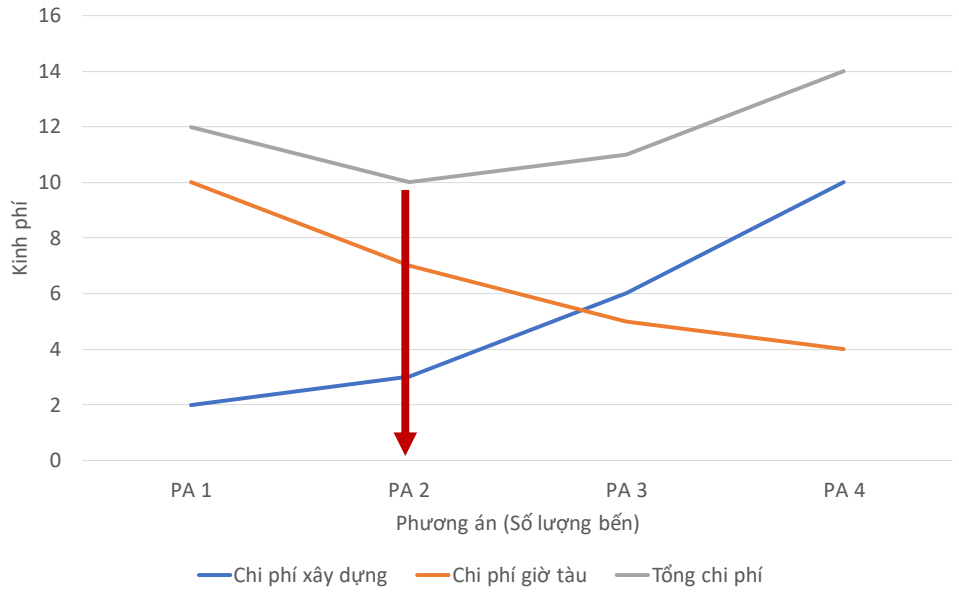


Source: *UNCTAD secretariat calculations, based on data from Clarksons Research and the Baltic Exchange.*
Note: *Capesize and Panamax, average of the four time charter routes; Handysize and Supramax, average of the six time charter routes.*

Hình 7-2: Lợi nhuận cho thuê các loại tàu hàng rời qua các năm

Hình **7-2** thể hiện lợi nhuận cho thuê tàu hàng rời (bulk earning: business profit (gross) per cont ship＝freight from shippers−direct expense (fuel cost, port charge). Ngược lại với tàu container, lợi nhuận cho thuê tàu hàng rời giảm đáng kể, đặc biệt đối với loại tàu Capesize giảm từ 30 000 USD/day năm 2013 xuống còn 5 000 USD/day trong năm 2016.

Biểu đồ trên Hình 7-3 thể hiện mối quan hệ giữa chi phí cho công trình bến cập tàu và chi phí thời gian thuê tàu được đưa ra bởi Alderton (2008). Tìm điểm đầu tư tối ưu sao cho tổng hai chi phí này luôn được quan tâm bởi các nhà khai thác cảng và vận tải biển.



Hình 7-3: Quan hệ giữa chi phí công trình và chi phí tàu
Nguồn: (Alderton, 2008)

7.2 Bài toán tổng quát

Bài toán quen thuộc trong tính toán hiệu quả đầu tư của dự án công trình cảng thường gặp là phân tích chi phí – lợi ích (CBA) của dòng tiền theo tuổi đời của dự án thông qua giá trị hiện tài ròng NPV (Net Present Value).

NPV là giá trị hiện tại của toàn bộ dòng tiền dự án trong tương lai được chiết khấu về hiện tại. Phương pháp NPV xuất phát từ ý tưởng tiền trong hiện tại có giá trị cao hơn cùng với số tiền trong tương lai vì lạm phát và thu nhập từ các khoản đầu tư thay thế có thể thực hiện trong một khoảng thời gian. Nói cách khác, một đồng kiếm được trong tương lai sẽ không có giá trị bằng một đồng kiếm được trong hiện tại.

Công thức tổng quát có dạng:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{R_t}{(1+r_t)^t} = \sum_{t=0}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r_t)^t} \quad (18)$$

Trong đó:

T	:	Tuổi đời của dự án (thường lấy 30 đến 40 năm)
B_t	:	Là tổng doanh thu hàng năm của cảng,
r_t	:	Tỷ lệ chiết khấu (hoàn lợi ích) trong khoảng thời gian t,
t	:	Thời gian năm thứ t của dự án
C_t	:	Tổng chi phí đầu tư ban đầu và chi phí khai thác năm thứ *t* của dự án

Để lựa chọn phương án đầu tư và khai thác tối ưu, cách đơn giản nhất chúng ta cố định doanh thu của cảng cho các phương án là như nhau. Điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế của bài toán quy hoạch xây dựng công trình cảng khi mà lượng hàng thông qua cảng hàng năm thường được cố định cho tất cả các phương án. Công thức (18) được viết lại như sau:

$$\boldsymbol{NPV(C_t) = \sum_{t=0}^{T} \frac{C_t}{(1+r_t)^t}} \quad (19)$$

Từ biểu thức trên cho thấy phương án nào cho giá trị NPV thấp nhất thì phương án đó sẽ kinh tế nhất vì lúc đó sẽ cho lợi nhuận cao nhất khi doanh thu của cảng bằng nhau.

Ưu điểm của phương án này là tính toán đơn giản, dòng tiền được xem xét trong suốt tuổi đời của dự án. Tuy nhiên, việc xác định phương án có NPV lớn nhất mới chỉ nói lên phương án đó là tốt nhất so với các phương án còn lại. Còn để xác định phương án đó khả thi về tài chính hay không vẫn cần đến phân tích tỷ suất nội hoàn tài chính IRR mà chúng ta vẫn sử dụng.

7.3 Bài toán phân tích đầu tư và khai thác tối ưu trong công trình cảng

Dựa trên các kết quả mô phỏng và Công thức (19) cho phép chúng ta thực hiện được các bài toán tối ưu dưới đây.

7.3.1 Bài toán phân tích quy mô luồng tối ưu

Rất nhiều cảng biển ở Việt Nam tàu có trọng tải lớn hơn tàu thiết kế lợi dùng thủy triều để ra vào cảng. Ở đây đặt ra bài toán chiều sâu nạo vét luồng tàu bao nhiêu là hợp lý? Nếu nạo vét luồng quá sâu, thời gian chờ mực nước của tàu vào luồng sẽ ít hơn, nhưng ngược lại chi phí nạo vét

ban đầu và duy tu hàng năm sẽ tăng lên. Nếu nạo vét luồng quá nông, chi phí nạo vét sẽ giảm, tuy nhiên, thời gian chờ tàu lại tăng lên. Như vậy sẽ có một độ sâu nào đó mà ở giá trị đó tổng chi phí chờ tàu và nạo vét luồng là nhỏ nhất. Điều này dẫn đến bài toán xác định độ sâu nạo vét luồng tối ưu.

Theo phương pháp này, trình từ tính toán như sau:

- Tính toán các kích thước luồng tàu theo các hướng dẫn hiện hành
- Thiết lập các phương án quy mô và quy hoạch mặt bằng để đảm bảo rằng tất cả các phương án đều khả thi thông qua lượng hàng theo dự án.
- Chạy mô phỏng xác định thời gian chờ tàu.
- Tính toán chi phí khai thác cho từng phương án đầu tư
- Thiết lập bảng dòng tiền chi phí đầu tư và khai thác cho từng phương án như bảng..
- Xác định NPV cho từng phương án và so sánh lựa chọn

Bảng 7-1: Tổng hợp dòng chi phí trong phân tích quy mô công trình cảng

Năm thứ	Hạng mục	Chi phí đầu tư ban đầu	Chi phí khai thác			Ghi chú
			Nạo vét duy tu	Chi phí chờ tàu	Chi phí lai dắt	
1	Công trình bến	Co1				Giai đoạn xây dựng
2	Nạo vét	Co2				
3	Thiết bị	Co3				
4			CNV(i)	CCT_1(i)	CVT_1(i)	Bắt đầu khai thác
...			...	...	...	
39			CNV(i)	CCT_1(i)	CVT_1(i)	
40			CNV(i)	CCT_1(i)	CVT_1(i)	

Ghi chú: Bài toán phân tích so sánh được thực hiện với các giả thiết sau:

- khi lượng hàng thông qua của các phương án là như nhau, các chi phí khác bao gồm điện nước, nhân công,... được xem như không thay đổi.
- Các hạng mục công trình mạng kỹ thuật và nhà văn phòng được xem như nhau cho các phương án.
- Chi phí lai dắt được tính theo thời gian và số lượng tàu mô phỏng.
- (i) biểu thị cho phương án thứ "i".

7.3.2 Bài toán xác định năng suất bốc xếp tối ưu

Thống kê cảng biển trên thế giới cho thấy, quá trình tàu đến cảng thường tuân theo quy luật số mũ (exponential distribution). Điều này có nghĩa là trong những thời điểm nào đó, tàu đến cảng phải chờ bến để được làm hàng. Nếu chúng ta tăng số dây truyền bốc xếp hoặc tăng công suất bốc xếp của thiết bị, thời gian tàu chờ bến sẽ giảm đi, nhưng kinh phí đầu tư thiết bị lại tăng lên. Ngược lại, nếu chúng ta sử dụng ít dây truyền bốc xếp hoặc công suất thiết bị thấp hơn, tức chi phí đầu tư thiết bị thấp hơn, nhưng thời gian tàu đợi bến sẽ tăng lên, đồng nghĩa sức hấp dẫn của cảng sẽ giảm đi. Như vậy sẽ có một điểm nào đó mà tại đó tổng chi phí đầu tư thiết bị và chi phí tàu đợi bến là nhỏ nhất.

Trình tự các bước giải bài toán này như sau:

- Trên cơ sở tải trọng tàu, lựa chọn năng suất bốc thấp nhất và cao nhất có thể. Thông thường, bước này phải dựa vào kinh nghiệm hoặc tham khảo chuyên gia. Tham khảo bảng dưới đây năng suất bốc xếp tổng hợp tại một số cảng biển
- Xây dựng các kịch bản năng suất bốc xếp

- Tính toán số lượng bến sơ bộ cho từng kịch bản năng suất bốc xếp
- Chạy mô phỏng để xác định thời gian tàu hoạt động tại cảng và hệ số bận bến
- Tính toán chi phí.

7.3.3 Bài toán tổng hợp

Bài toán tổng hợp là bài toán quy hoạch tối ưu cho toàn bộ cảng, tuy nhiên số lượng kịch bản mô phỏng sẽ tăng lên rất nhiều. Để loại trừ bớt các kịch bản kém khả thi hơn, phương pháp chuyên gia và kinh nghiệm nên được sử dụng. Dưới đây là một phương pháp có thể tham khảo.

7.4 Phương pháp lựa chọn phương án quy hoạch

7.4.1 Nguyên tắc chung

Phương pháp này dựa trên một số nguyên tắc chung như sau:

- Đi từ tổng thể đến chi tiết
- Đi từ định tính đến định lượng
- Xây dựng bộ chỉ tiêu đánh giá (định tính và định lượng)
- Phân tích loại trừ dần bằng kinh nghiệm và phương pháp chuyên gia
- Cuối cùng, so sánh và lựa chọn dựa trên giá trị NPV.

7.4.2 Trình tự các bước thực hiện

1. Bước 1: Xây dựng các giải pháp (mặt bằng) tổng thể có thể. Hai yếu tố quan trọng nhất trong giai đoạn này là vị trí và hình dạng (PA kết cấu chưa cần quan tâm trong giai đoạn này)
2. Bước 2: Xây dựng bộ chỉ tiêu đánh giá định tính (ví dụ: tốt, xấu, đắt rẻ, an toàn, rủi ro…)
3. Bước 3: Phân tích so sánh định tính dựa trên bộ tiêu chí nêu trên. Mục tiêu của bước này nhằm loại bỏ các phương án được cho là không đạt được điểm “trung bình”. Do vậy, phương pháp chuyên gia và kinh nghiệm lúc này là rất quan trọng nhằm loại bỏ càng nhiều càng tốt phương án kém. Nếu không Bước 4 sẽ trở lên quá phức tạp.
4. Bước 4: Xây dựng mặt bằng chi tiết. Bước này bắt đầu xem xét đến giải pháp kết cấu cho mỗi phương án mặt bằng và số lượng phương án bắt đầu tăng lên. Lưu ý, một giải pháp kết cấu khổng thể áp dụng cho tất cả các mặt bằng được.
5. Bước 5: Xây dựng bộ tiêu chí đánh giá định lượng và sắp xếp theo thứ tự ưu tiên. Ví dụ an toàn là số 1 sẽ có thang điểm 100, giải pháp kết cấu cho thang điểm 50,…
6. Bước 6: Phân tích lựa chọn phương án khả thi. Bước này cố gắng loại bỏ thêm một số phương án có điểm số kém nhất. Nếu không khối lượng công việc sẽ tăng ở bước sau.
7. Bước 7: khái toán kinh phí công trình (chỉ các hạng mục so sánh)
8. Bước 8: khái toán chi phí khai thác (chỉ các hạng mục so sánh)
9. Bước 9: tính NPV
10. Bước 10: phân tích lựa chọn lần cuối cùng.

CHƯƠNG 8. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Chương này trình bày một ví tính toán cụ thể cho một cảng giả định. Trong đó, các số liệu về điều kiện tự nhiên được tham khảo ở một cảng ở miền Trung Việt Nam.

8.1 Điều kiện thiết kế

8.1.1 Điều kiện tự nhiên

8.1.1.1 Sóng

Thống kê tần suất xuất hiện chiều cao và hướng sóng trong nhiều năm được tập hợp trong Bảng 8-1 và Bảng 8-2.

Bảng 8-1: Tần suất sóng theo các hướng (tính theo hướng bắc)

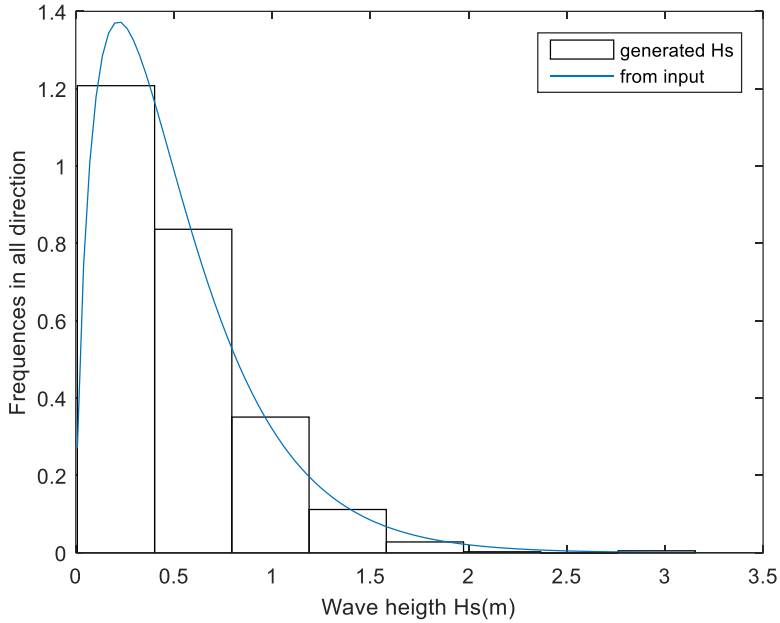
No.	Height (m)	North 0	North 22.5	North 45	North 67.5	North 90	North 125	North 147.5	North 160
1	0	0	22.5	45	67.5	90	125	147.5	160
2	0.25	2.18	3.2	6.38	10.88	7.02	3.89	2.35	7.06
3	0.5	0.98	1.86	3.88	6.72	4.73	1.78	1.2	4.32
4	1	0.52	1.31	2.75	3.8	3.36	1.03	0.15	2.35
5	1.5	0.21	0.47	1.86	2.85	2.19	0.89	0.12	1.25
6	2	0.06	0.15	0.75	1.2	0.65	0.45	0.08	0.85
7	2.5	0	0.03	0.21	0.75	0.52	0.32	0.08	0.35
8	2.75	0	0	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.2
9	3	0	0	0	0	0	0	0	0.01

Bảng 8-2: Tần suất sóng theo chu kỳ

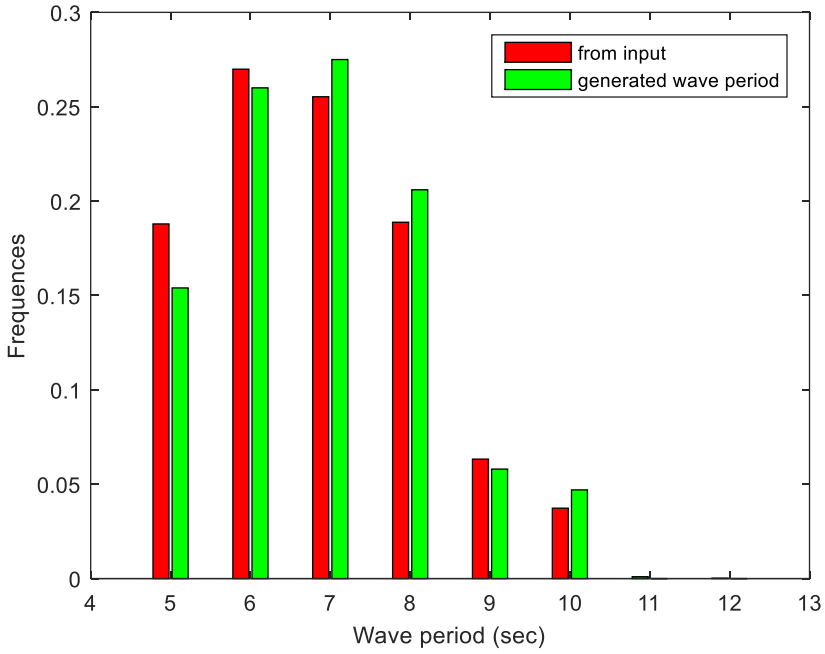
No	Height	Tz_period5	Tz_period6	Tz_period7	Tz_period8	Tz_period9	Tz_period10	Tz_period11	Tz_period12
1	0	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0.25	12.25	13.26	8.95	6.58	1.44	0.48	0	0
3	0.5	5.32	7.54	6.56	3.65	1.35	1.05	0	0
4	1	0.85	3.21	4.5	3.89	1.63	1.15	0.04	0
5	1.5	0.35	1.86	3.21	2.53	1.06	0.82	0.01	0
6	2	0.02	0.76	1.65	1.27	0.42	0.06	0.01	0
7	2.5	0	0.35	0.62	0.85	0.3	0.11	0.02	0.01
8	2.75	0	0.01	0.04	0.11	0.12	0.06	0.02	0.01
9	3	0	0	0	0	0.01	0	0	0

Hàm Gama với hai tham số α= 1.7 và β=0.31 được xác định tương thích nhất với phổ mật độ chiều cao sóng.

Hình dưới đây so sánh về chiều cao và chu kỳ sóng giữa số liệu được mô phỏng và số liệu trong Bảng 8-1 và Bảng 8-2. Kết quả cho thấy không có sự khác biệt nhiều giữa số liệu phát sinh từ mô hình và số liệu thực đo.



(ghi chú: nét liền sóng đầu vào, cột trắng tần suất chiều cao sóng mô phỏng)

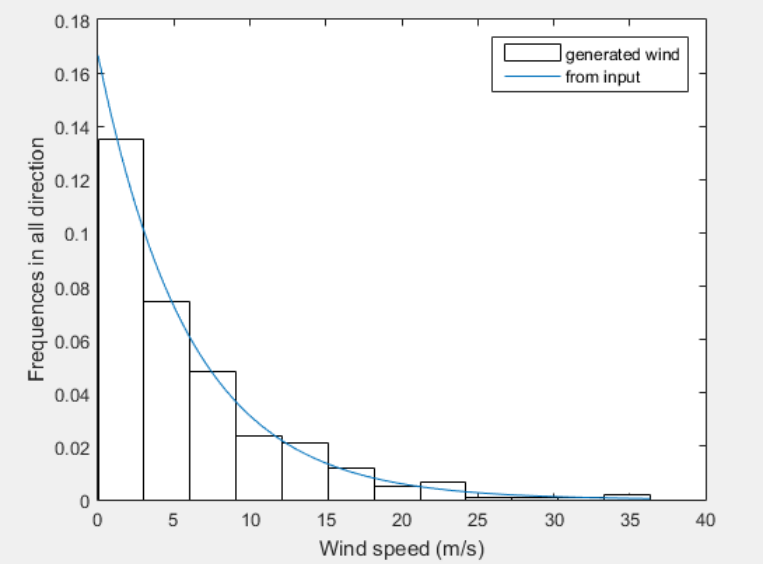


(ghi chú: cột đỏ tần suất sóng đầu vào, cột xanh tần suất sóng mô phỏng theo chu kỳ)

Hình 8-1: So sánh kết quả sóng mô phỏng với sóng đầu vào

8.1.1.2 Gió

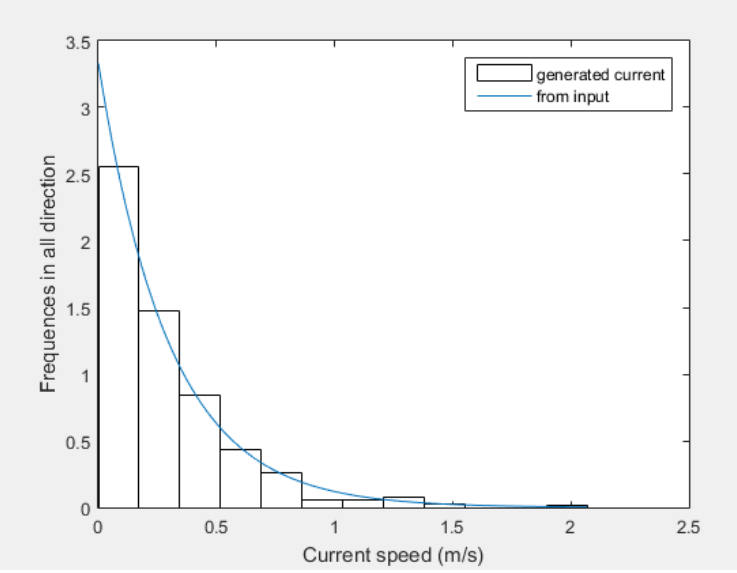
Gió được giả thiết được phát sinh từ hàm số mũ "Exponential" với giá trị vận tốc gió trung bình của phổ mật độ tần suất bằng 6.0 m/s. Hướng gió thịnh hành được giả thiết 90^0 so với hướng Bắc. Hình dưới đây so sánh đường tần suất vận tốc gió của hàm số mũ lựa chọn với kết quả được phát sinh từ hàm này. Kết quả cho thấy không có sự khác biệt giữa hai số liệu này.



Hình 8-2: Đường mật độ tần suất vận tốc gió

8.1.1.3 Dòng chảy

Tương tự như gió, dòng chảy được giả thiết được phát sinh từ hàm số mũ "Exponential" với giá trị vận tốc dòng chảy trung bình của phổ mật độ tần suất bằng 6.0 m/s. Hướng dòng chảy thịnh hành được giả thiết là 45^0 so với hướng Bắc. Hình dưới đây so sánh đường tần suất vận tốc dòng chảy của hàm số mũ lựa chọn với kết quả được phát sinh từ hàm này. Kết quả cho thấy rất tương đồng.



Hình 8-3: Đường mật độ tần suất vận tốc dòng chảy

8.1.1.4 Mực nước

Tổng số có 8760 số liệu mực nước 24h giờ trong năm (365 ngày) được tính toán trong mô hình. Trích đoạn mực nước 24h cho các ngày được thể hiện trong Bảng 8-3.

Bảng 8-3: Trích đoạn mực nước theo 24h cho các ngày

mm/dd/yyyy	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
2019-01-01	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.1	3.4	3.5	3.5	3.4	3.3	3	2.7	2.4	2	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3
2019-01-02	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3	3.1	3.2	3.2	3.1	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
2019-01-03	1.6	1.7	1.9	2	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9
2019-01-04	1.9	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2.1	2.2
2019-01-05	2.3	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6
2019-01-06	2.7	2.9	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.2	2	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8
2019-01-07	3	3.2	3.4	3.4	3.3	3.1	2.8	2.5	2.2	1.8	1.6	1.3	1.1	1	1	1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4	2.8
2019-01-08	3.1	3.4	3.7	3.8	3.8	3.6	3.3	3	2.5	2.1	1.7	1.3	1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.6
2019-01-09	3	3.4	3.8	4	4.2	4.1	3.9	3.5	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.3	1.7	2.2
2019-01-10	2.7	3.4	3.7	4	4.3	4.4	4.3	4	3.6	3.1	2.6	2	1.5	1	0.7	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.9	1.3	1.7
2019-01-11	2.2	2.7	3.2	3.7	4.1	4.4	4.5	4.3	4	3.6	3.1	2.5	2	1.5	1	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.9	1.3
2019-01-12	1.8	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.3	4.4	4.2	3.9	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1
2019-01-13	1.4	1.8	2.3	2.7	3.2	3.6	3.9	4.1	4.2	4	3.7	3.3	2.9	2.4	1.9	1.5	1.1	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1
2019-01-14	1.2	1.5	1.9	2.3	2.7	3	3.4	3.7	3.8	3.8	3.7	3.4	3.1	2.7	2.3	1.9	1.6	1.3	1.1	1	1	1	1	1.1
2019-01-15	1.3	1.5	1.7	2	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.4	3.4	3.2	3	2.8	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
2019-01-16	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8	2.6	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9
2019-01-17	1.9	2	2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2	2	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.3
2019-01-18	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.4	2.6
2019-01-19	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.5	2.4	2.2	2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9	2.2	2.5	2.7
2019-01-20	2.9	3.1	3.2	3.2	3.1	2.9	2.7	2.4	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5	1.7	1.7	2.1	2.4	2.7
2019-01-21	3	3.3	3.4	3.5	3.4	3.3	3	2.7	2.4	2	1.7	1.4	1.2	1	1	1	1	1.1	1.2	1.4	1.4	2	2.3	2.6
2019-01-22	3	3.3	3.5	3.7	3.7	3.6	3.4	3.1	2.7	2.3	1.9	1.5	1.2	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1.1	1.2	1.7	2.1	2.4
2019-01-23	2.8	3.2	3.5	3.7	3.9	3.8	3.6	3.4	3	2.6	2.2	1.7	1.3	1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1.5	1.8	2.2
2019-01-24	2.6	3	3.4	3.7	3.9	3.9	3.8	3.6	3.3	2.9	2.4	2	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.3	1.6	2
2019-01-25	2.4	2.8	3.2	3.5	3.8	4	3.9	3.8	3.5	3.1	2.7	2.3	1.8	1.4	1	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	1.1	1.4	1.8
2019-01-26	2.2	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	3.9	3.9	3.6	3.3	2.9	2.5	2.1	1.7	1.3	1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	1	1.2	1.5
2019-01-27	1.9	2.3	2.7	3	3.4	3.6	3.8	3.8	3.7	3.4	3.1	2.7	2.4	2	1.6	1.2	1	0.9	0.8	0.8	1	1	1.1	1.4

8.1.2 Số liệu về đội tàu

Các số liệu về tàu được đề cập trong Bảng..Cụ thể như sau:

- Tổng số có 20 loại tầu được đánh theo chỉ số từ 1-20 (cột 1) và được chia làm 4 nhóm tàu (cột 15). Trong đó, nhóm 1 là tàu container, nhóm 2 là tàu hàng rời, nhóm 3 là các tàu tổng hợp và nhóm 4 là các loại tàu nhỏ chạy ven biển và nội địa.
- Trọng tải và các kích thước cơ bản của tàu được liệt kê trên các cột 2 đến 5. Hệ số hình dạng vỏ tàu được ghi trên cột 6.
- Số lượng từng loại tàu đến cảng theo tỷ lệ % được liệt kê trên cột 7. Tỷ lệ tàu đến cảng thường được xác định dựa trên dự báo hàng hóa và dự kiến phân bổ lượng hàng cho đội tàu đến cảng.
- Khả năng dao động của tàu thường được quy định bởi các góc xoay ngang (roll) và xoay dọc (picth) của tàu và được ghi trên các cột 8 và 9.
- Năng suất bốc xếp (tấn/giờ) cho từng loại tàu được đề cập tại cột 10.
- Các cột 11, 12 và 13 là tỷ lệ hàng nhập, xuất hay vừa nhập và xuất cho từng loại tàu. Số liệu này cũng được xác định từ dự báo hàng hóa và đội tàu đến cảng.
- Vận tốc chạy tàu trên luồng cho từng loại tàu được quy định trong cột 15. Vận tốc tàu có thể điều chỉnh tùy thuộc vào điều kiện sóng. Lưu ý, vận tốc chạy tàu từ vị trí quay trở đến khu bến neo cập và ngược lại được lấy 0.5 m/s cho tất cả các loại tàu.
- Khả năng vận hành tàu được xác định trong cột 16. Năng lực vận hành tốt được đánh số 1. Trường hợp trung bình và kém được đánh số 2 và 3.

Bảng 8-4: Số liệu đội tàu thiết kế

Chỉ số	Trọng tải (DWT)	Kích thước tầu (m)			Hệ số Cb	Tỷ lệ tàu đến (%)	Góc xoay lớn nhất		Năng suất (tấn/giờ)	Tỷ lệ xuất nhập			Vận tốc (m/s)	Năng lực vận hành	
		Lp	B	Draft			Roll (°)	Pitch (°)		Nhập	Xuất	Cả N-X		Nhóm	Năng lực
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1	80,000	350	42.8	14.7	0.835	0.04	5	1.2	2000	0.7	0.3	0	2.5	1	1
2	60,000	294	35.9	13.4	0.835	0.04	5	1.2	2000	0.7	0.3	0	2.5	1	1
3	40,000	241	32.3	12.1	0.835	0.06	5	1.2	1500	0.7	0.3	0	2.5	1	1
4	30,000	203	30.6	11.2	0.835	0.07	5	1.2	1500	0.7	0.3	0	2.5	1	1
5	20,000	177	27.1	10.1	0.835	0.08	6	1.5	1500	0.7	0.3	0	2.5	1	1
6	100,000	255	39	15.3	0.835	0.03	5	1.2	2000	0	1	0	2.5	2	1
7	80,000	245	36	14.5	0.835	0.06	5	1.2	2000	0	1	0	2.5	2	1
8	50,000	220	30	12.8	0.835	0.07	6	1.5	1500	0	1	0	2.5	2	1
9	40,000	209	30	12.5	0.835	0.03	5	1.2	600	0.5	0.5	0	3.5	3	1
10	35,000	199	28	12	0.835	0.04	5	1.2	600	0.5	0.5	0	3.5	3	1
11	30,000	188	27	12	0.835	0.05	5	1.2	400	0.5	0.5	0	3.5	3	1
12	20,000	166	24	11	0.813	0.06	5	1.2	300	0.5	0.5	0	3.5	3	1
13	15,000	152	22	10	0.805	0.07	6	1.5	300	0.5	0.5	0	4	3	1
14	10,000	133	20	9.5	0.758	0.08	7	1.7	200	0.5	0.5	0	4	3	1
15	10,000	133	20	9.5	0.835	0.02	6	1.2	500	0.2	0.8	0	4	4	1
16	6,500	110	18	8	0.813	0.04	7	1.2	300	0.2	0.8	0	4	4	1
17	5,000	105	15	7	0.805	0.04	8	1.8	200	0.2	0.8	0	4	4	1
18	3,000	90	13	6	0.758	0.04	8	1.8	200	0.2	0.8	0	4	4	1
19	2,000	85	10	5	0.835	0.04	9	2	100	0.2	0.8	0	4	4	1
20	1,500	80	10	4	0.758	0.04	9	2	100	0.2	0.8	0	4	4	1

Ghi chú: Khoảng thời gian liên tiếp giữa các tàu đến cảng theo quy luật số mũ và được mô phỏng bằng hàm NED.

8.1.3 Điều kiện và quy định khai thác

8.1.3.1 Tàu lai dắt

Tùy theo chiều dài của từng loại tàu đến cảng, số lượng tàu lai dắt được quy định trong bảng sau.

Bảng 8-5: Số lượng tàu lai dắt yêu cầu

No.	Chiều dài tàu mẹ	Số lượng tàu lai dắt
1	<200	2
2	200-300	3
3	>300	4

8.1.3.2 Tránh tàu trên luồng (traffic rules)

Luồng một làn và không được tránh tàu trên luồng. Tàu được vào luồng theo nguyên tắc tàu đến trước vào trước. Các tàu ngược chiều chỉ được vào luồng khi tàu ngược chiều đã ra khỏi luồng.

8.1.3.3 Mớn nước giảm tải

Trong vòng 05 ngày kể từ khi tàu đến cảng, nếu mực nước chạy tàu không đủ cho tàu chở đầy tải thì tàu sẽ khai thác ở mớn nước giảm tải. Khối lượng và mớn nước giảm tải được mô hình xác định tùy thuộc vào mực nước lớn nhất tại thời điểm tàu đến cảng.

8.1.3.4 Các quy định khác

Các quy định khác như được trình bày trong Bảng 4-2.

8.1.4 Lượng hàng

Tổng lượng hàng theo dự báo cho giai đoạn quy hoạch này là 25 triệu tấn/năm. Trên cơ sở phân bổ lượng hàng theo tỷ lệ đội tàu đến cảng, cơ cấu lượng hàng được tập hợp trong Bảng 8-6.

Bảng 8-6: Khối lượng hàng dự báo cho năm quy hoạch

No	Loại hàng	Lượng hàng (triệu tấn)
1	Container	9.50
2	Hàng rời	9.00
3	Hàng tổng hợp	6.00
4	Các loại hàng khác	0.50

8.2 Xác định sơ bộ quy mô các hạng mục công trình cảng

8.2.1 Luồng tàu

Luồng tàu một làn, kích thước được xác định sơ bộ theo Hướng dẫn của PIANC cho tàu có trọng tải 50,000 DWT. Các thông số luồng và kết quả tính toán được tập hợp trong

Bảng 8-7.

Bảng 8-7: Thông số luồng tàu

No	Hạng mục	Đơn vị	Giá trị
1	Loại luồng		Luồng nạo vét một làn
2	Địa chất luồng		Địa chất bùn cát
3	Điều kiện an toàn hành hải		Tốt
4	Chiều dài luồng	m	12,000
5	Hướng luồng (so với hướng bắc)	Độ	30
6	Chiều rộng	m	180
7	Độ sâu (Hải đồ)	m	13.5

8.2.2 Bến cập tàu

Trên cơ sở khối lượng hàng hóa được dự báo cho từng loại hàng, số lượng bến được xác định sơ bộ như sau:

Bảng 8-8: Số lượng bến

No	Loại bến	Số lượng
1	Bến container	2
2	Bến hàng rời	2
3	Bến hàng tổng hợp	3
4	Các loại hàng khác	2

8.2.3 Khu quay trở

Kích thước khu quay trở được xác định với đường kính D=1.5 L. Với L là kích thước tàu lớn nhất. Khoảng cách từ khu quay trở đến các khu bến được xác định trong Bảng..

Bảng 8-9: Khoảng cách từ khu quay trở đến các khu bến

No	Khoảng cách từ khu quay trở đến	Giá trị (m)
1	Khu bến bến container	500
2	Khu bến hàng rời	600
3	Khu bến hàng tổng hợp	800
4	Khu bến hàng khác	800

8.2.4 Thiết bị bốc xếp

Số lượng và công suất thiết bị dự kiến cho các khu bến được tập hợp trong bảng

Bảng 8-10: Số lượng và công suất bị tại các khu bến

No	Hạng mục	Số lượng (Cần trục x bến)	Công suất (tấn/giờ)	Tổng công suất (tấn/giờ)
1	Khu bến bến container	4x2	500	4000
2	Khu bến hàng rời	2x2	1000	4000
3	Khu bến hàng tổng hợp	3x3	200	1800
4	Khu bến hàng khác	3x2	150	900

8.3 Các mô hình áp dụng

8.3.1 Công thức xác định độ dằn do vận tốc

Sử dụng công thức của Icorels được trình bày trong Mục 5.2 .

8.3.2 Mô hình dao động động

Sử dụng phương pháp của Nhật Bản như đề cập trong Mục 5.2 .

8.3.3 Nghiêng lệch tàu do gió

Như đề cập trong bảng

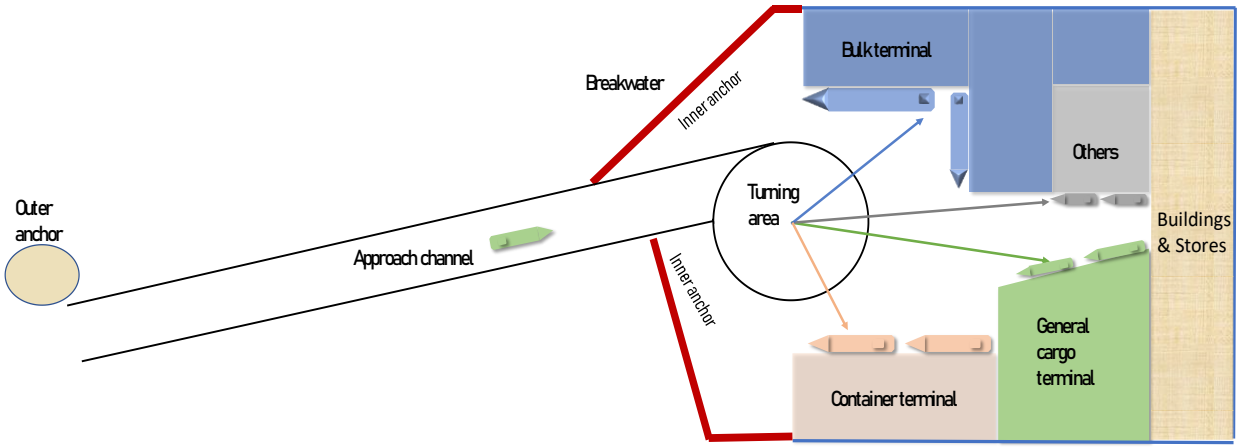
8.4 Quy hoạch mặt bằng cảng

Trên cơ sở quy mô công trình được xác định, hai phương án mặt bằng sau đây được xem xét. Đặc điểm của hai phương án mặt bằng này như sau.

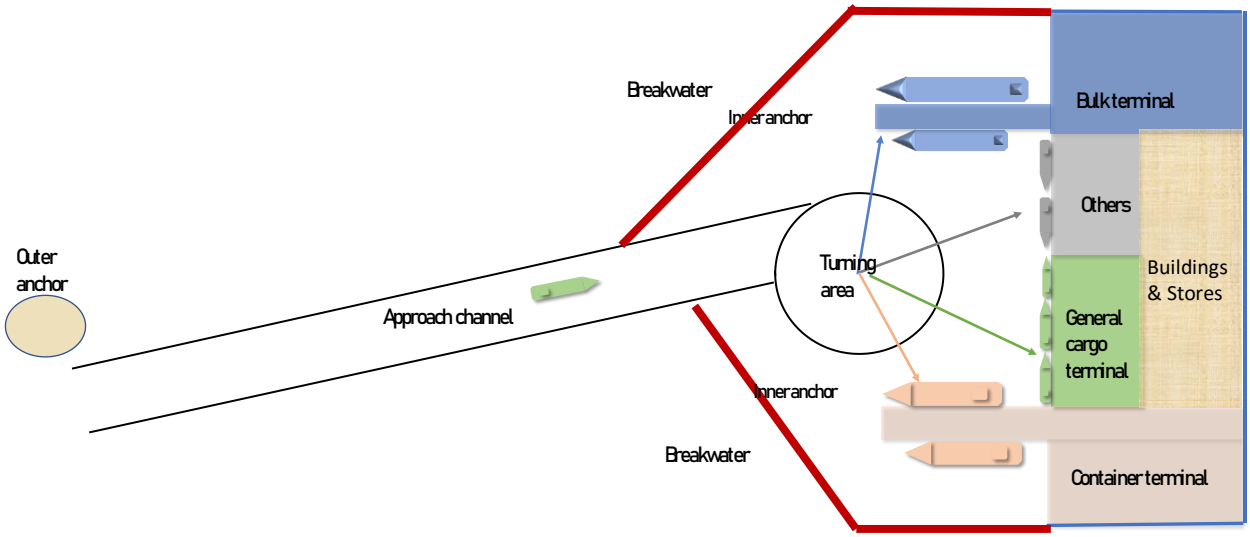
Bảng 8-11: Phương án quy hoạch

Hạng mục so sánh	Chi tiết	Phương án 1	Phương án 2
Mô tả chung	Mặt bằng	Mặt bằng cảng có chiều sâu hướng vào đất liền theo dạng âu tàu.	Mặt bằng cảng hướng dọc theo đường bờ kết hợp với các bến nhô.
Khối lượng xây dựng	Bến cập tàu	Khối lượng xây dựng công trình bến theo phương án này khả năng lớn hơn.	Khối lượng xây dựng công trình bến nhỏ hơn do các bến container và bến hàng rời kết hợp được cập tàu hai phía.
	Đê chắn sóng	Do cảng dạng âu có chiều sâu hướng về phía đất liền nên khối lượng xây dựng đê chắn sóng được giảm thiểu.	Khối lượng xây dựng đê lớn hơn do tuyến bến chạy dọc theo đường bờ.
	Bể cảng	Diện tích bể cảng nhỏ hơn nên diện tích nạo vét ít hơn PA2, tuy nhiên diện tích khu nước neo đợi tàu vì thế cũng nhỏ hơn.	Diện tích bể cảng lớn, nạo vét lớn hơn nhưng diện tích khu neo đợi tàu vì thế cũng lớn hơn. Thuận lợi cho việc bố trí tàu neo đợi trước khi làm hàng
	Khu logistic	Kho bãi của các bến bố trí tương đối độc lập.	Kho bãi chạy dọc theo đường bờ.
Điều kiện khai thác	Luồng tàu	Cơ bản hai phương án tương tự nhau.	Cơ bản hai phương án tương tự nhau.
	Quay trở tàu	Khó khăn hơn do bể cảng hẹp	Bể cảng rộng nên việc quay trở thuận lợi hơn
	Neo cập tàu	Việc neo cập các tàu nhỏ trong khu vực âu khó khăn hơn.	Việc neo cập các tàu lớn phía trong các bến nhô khó khăn hơn.
	Mức độ che chắn	Mức độ che chắn đối với các bến hàng tổng hợp và bến hàng khác tốt hơn.	Các bến hàng tổng hợp và hàng khác ít được che chắn hơn.
Khả năng phát triển tương lai và môi trường	Phân kỳ đầu tư và khả năng mở rộng	Kinh phí đầu tư cho các giai đoạn đầu thấp hơn.	Kinh phí đầu tư cho các giai đoạn đầu cao hơn.
	Tác động môi trường	Phụ thuộc vào mức độ cân bằng đào đắp và nạo vét so cho khối lượng xả thải ra môi trường là thấp nhất.	

Trên cơ sở đánh giá ban đầu nêu trong bảng trên, chúng ta có thể xây dựng thang điểm so sánh các tiêu chí mang tính định tính. Kết hợp với so sánh mang tính định lượng được giới thiệu trong ví dụ dưới đây giúp chúng ta lựa chọn được phương án hợp lý nhất.



Hình 8-4: Phương án mặt bằng 1

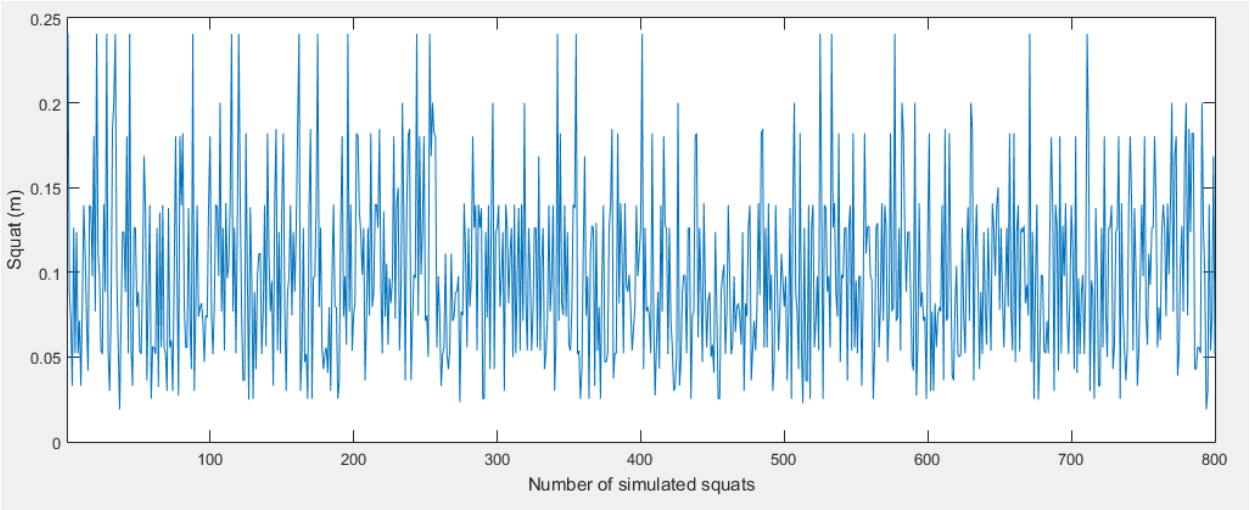


Hình 8-5: Phương án mặt bằng 2

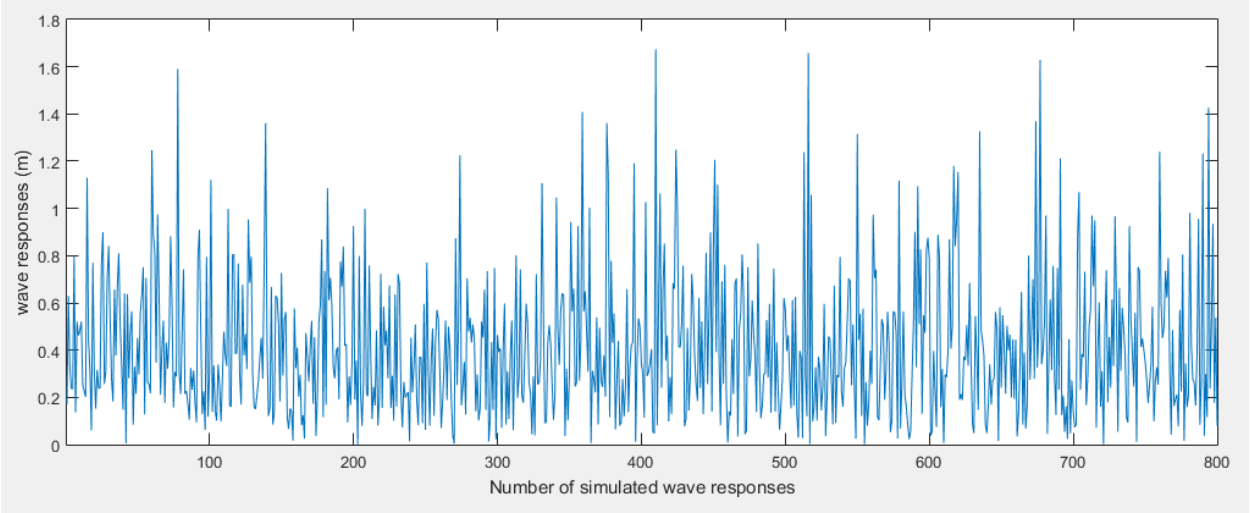
8.5 Kết quả mô phỏng

Trong phạm vi nghiên cứu này, phương án mặt bằng 1 được lựa chọn để mô phỏng. Trình tự các bước mô phỏng cho phương án mặt bằng 2 cũng hoàn toàn tương tự như phương án 1 nên sẽ không trình bày tại đây.

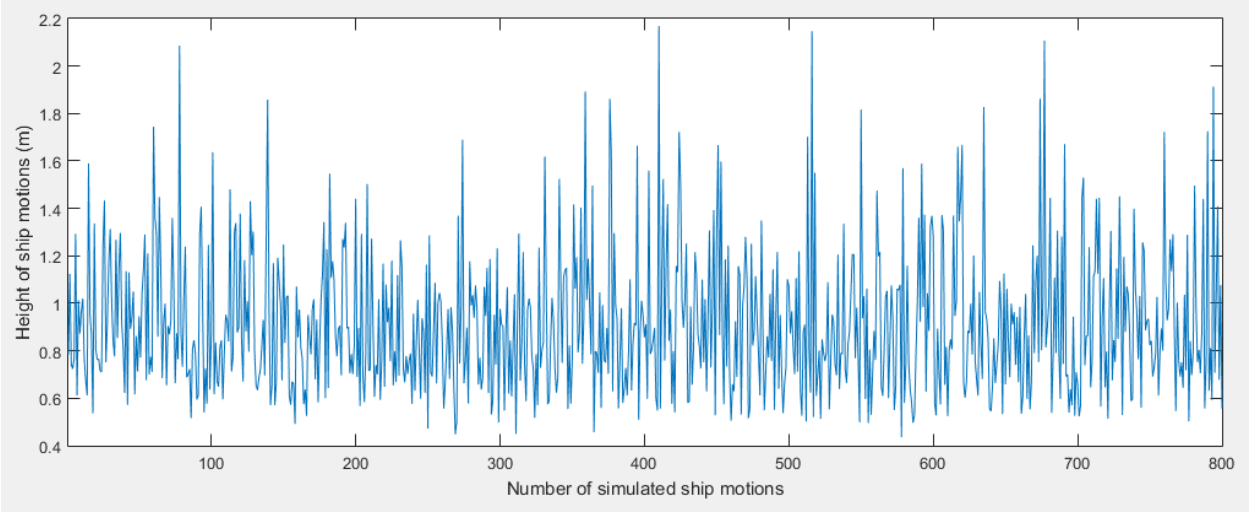
8.5.1 Các kết quả về dao động tàu



Hình 8-6: Độ dằn các tàu do vận tốc cho một lần mô phỏng

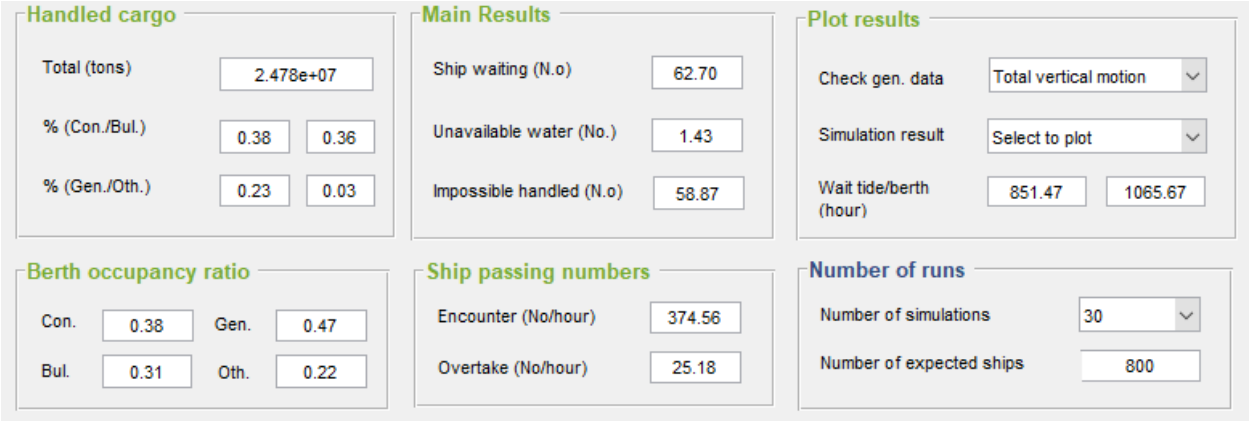


Hình 8-7: Dao động của các tàu do sóng cho một lần mô phỏng



Hình 8-8: Tổng dao động của tàu cho một lần mô phỏng

8.5.2 Các kết quả chính trên màn hình



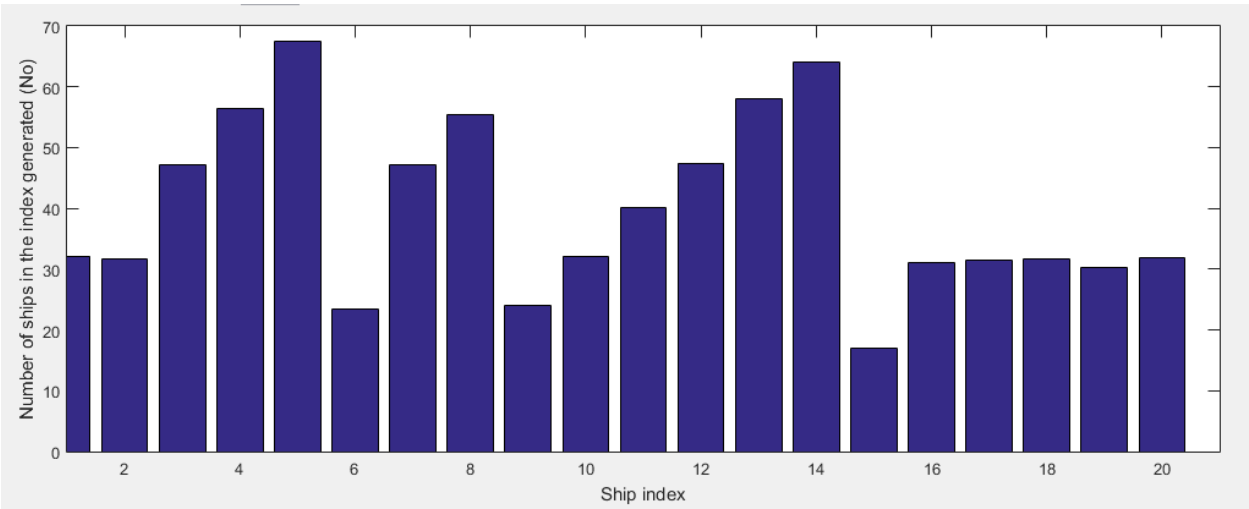
Hình 8-9: Các kết quả mô phỏng chính trên màn hình

Bảng 8-12: Tổng hợp các kết quả mô phỏng chính

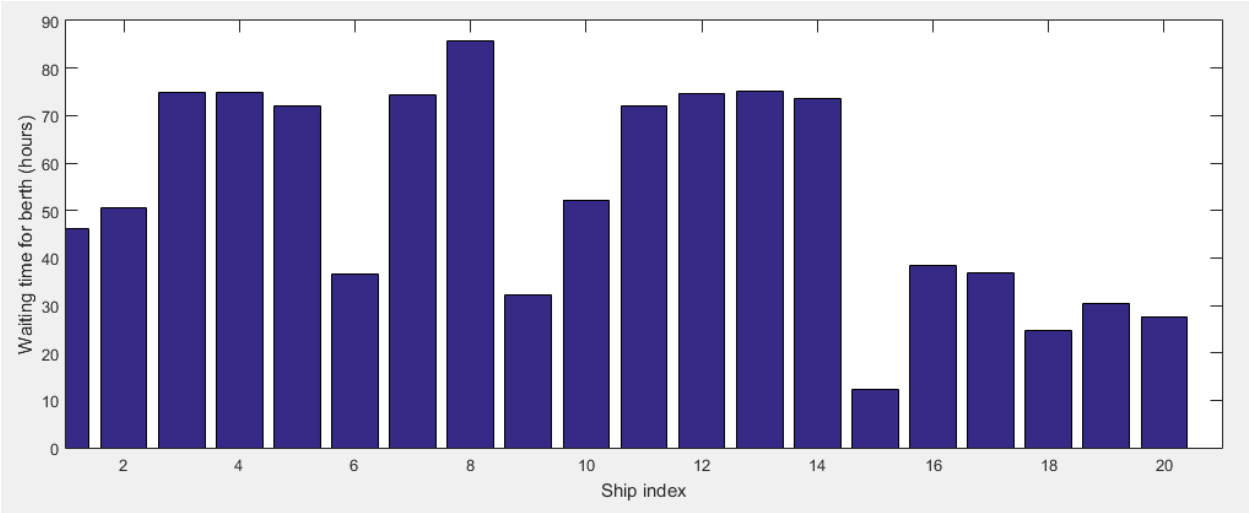
No	Hạng mục	Chi tiết	Đơn vị	Giá trị
1	Số tàu mô phỏng		Tàu	800
2	Tổng lượng hàng		Triệu tấn	24.91
3	Tỷ lệ theo loại hàng bốc xếp	Hàng container	% (triệu tấn)	
		Hàng rời	% (triệu tấn)	
		Hàng tổng hợp	% (triệu tấn)	
		Các hàng khác	% (triệu tấn)	
4	Số lượng bến / Hệ số bận bến	Container		2 / 0.38
		Hàng rời		2 / 0.31
		Hàng tổng hợp		3 / 0.64
		Các hàng khác		2 / 0.25
5	Kết quả điều động tàu	Số lần tàu phải đợi MN vào luồng	No.	64.2
		Số lần không đủ MN để tàu vào luồng	No.	1.8
		Số lần tàu đợi do điều kiện thời tiết	No.	56.4
6	Thời gian đợi tránh tàu	Tránh tàu đi ngược chiều	Giờ	141.0
		Đợi tàu đi cùng chiều	Giờ	19.6
7	Thời gian tàu đợi MN, bến và ảnh hưởng thời tiết	Thời gian đợi mực nước chạy tàu	Giờ	1375.00
		Thời gian tàu đợi bến	Giờ	2448.40
		Thời gian tàu đợi do điều kiện	Giờ	58.87 x *a*

Ghi chú: *a* là thời gian ảnh hưởng của gió mùa được xác định từ số liệu thống kê tùy thuộc vào từng vùng biển.

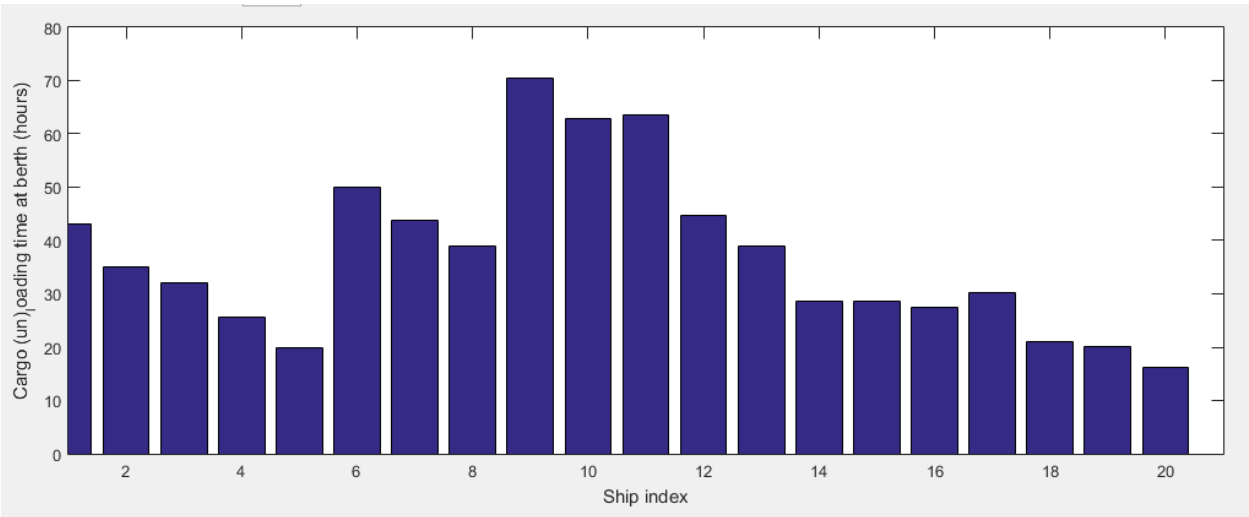
8.5.3 Các kết quả thống kê trên biểu đồ



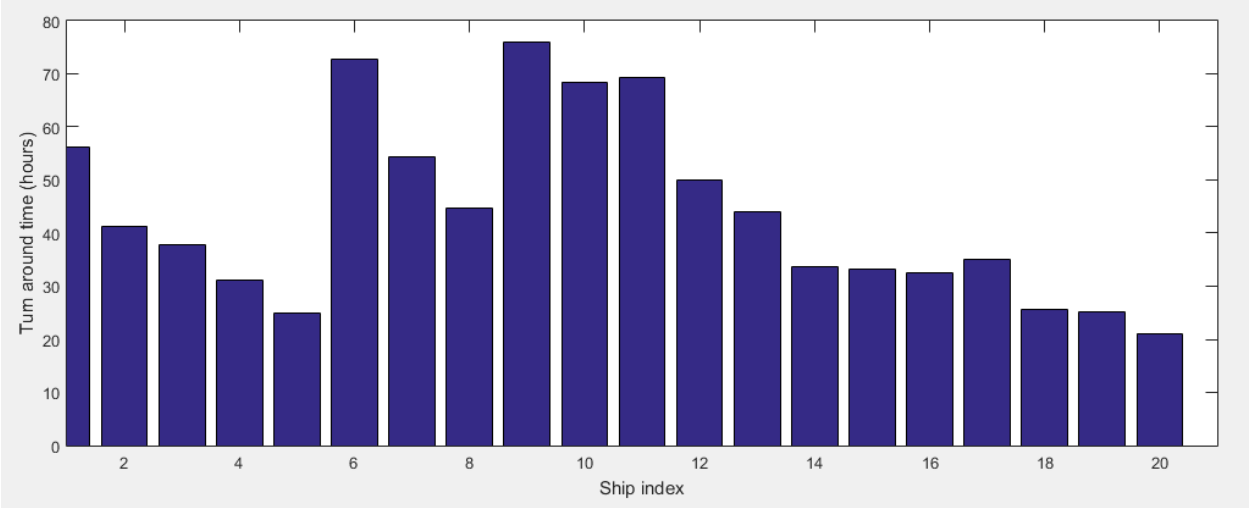
Hình 8-10: Số lượng tàu được mô phỏng cho từng loại tàu



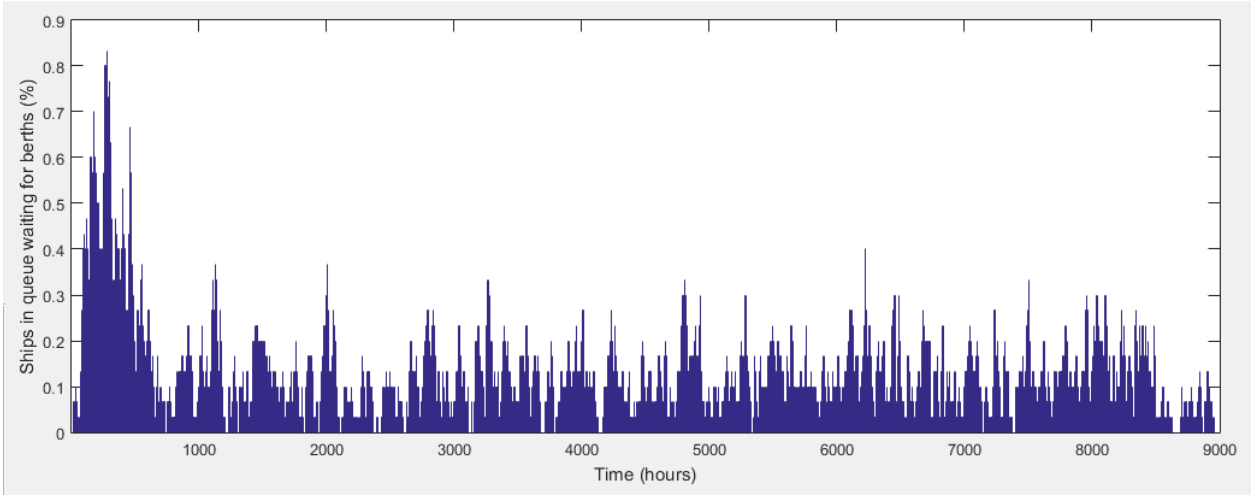
Hình 8-11: Thời gian chờ bến trung bình cho từng loại tàu



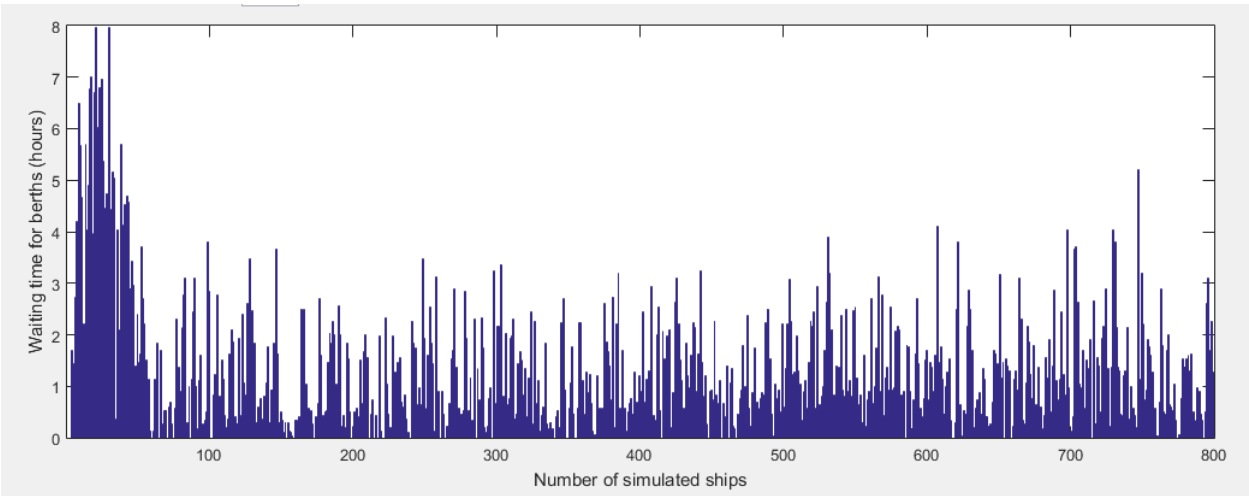
Hình 8-12: thời gian làm hàng trung bình cho từng loại tàu



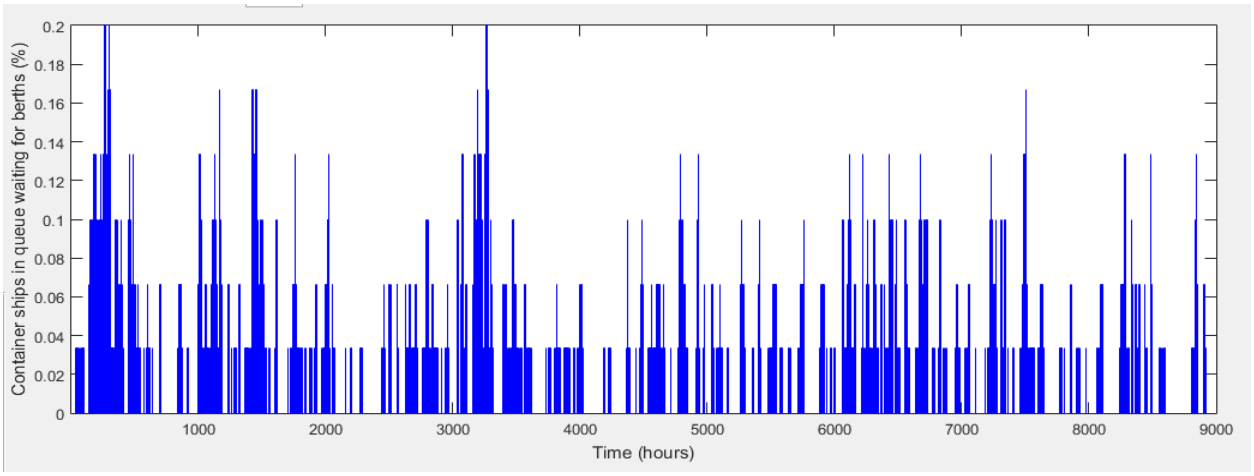
Hình 8-13: Thời gian trung bình tàu tại cảng

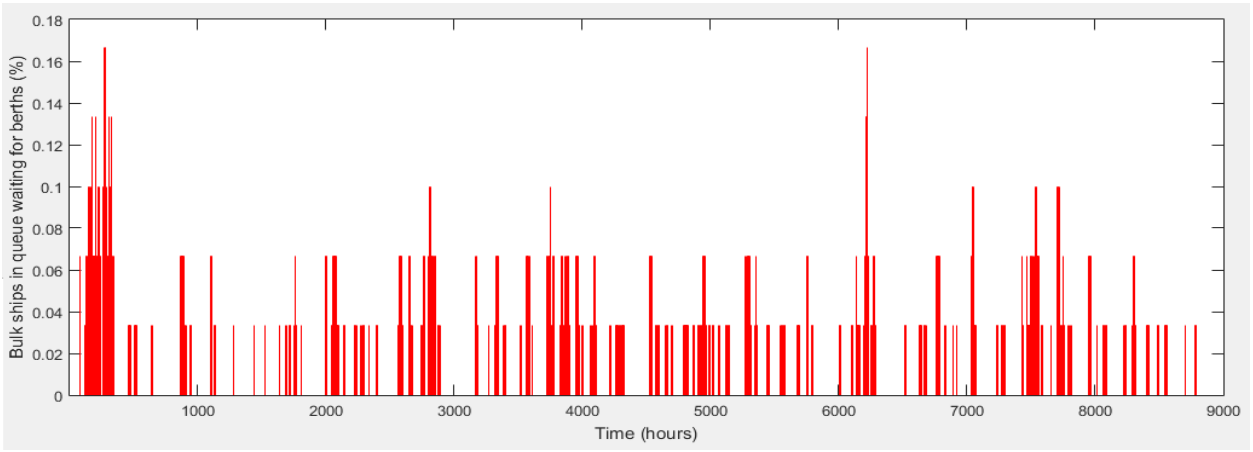


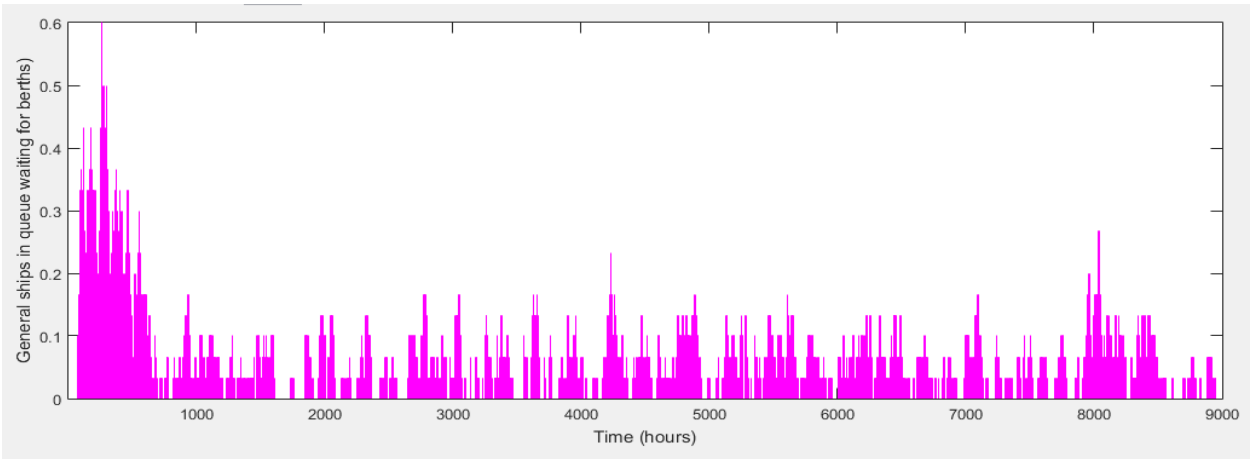
Hình 8-14: Số lượng tàu đợi bến trung bình theo thời gian

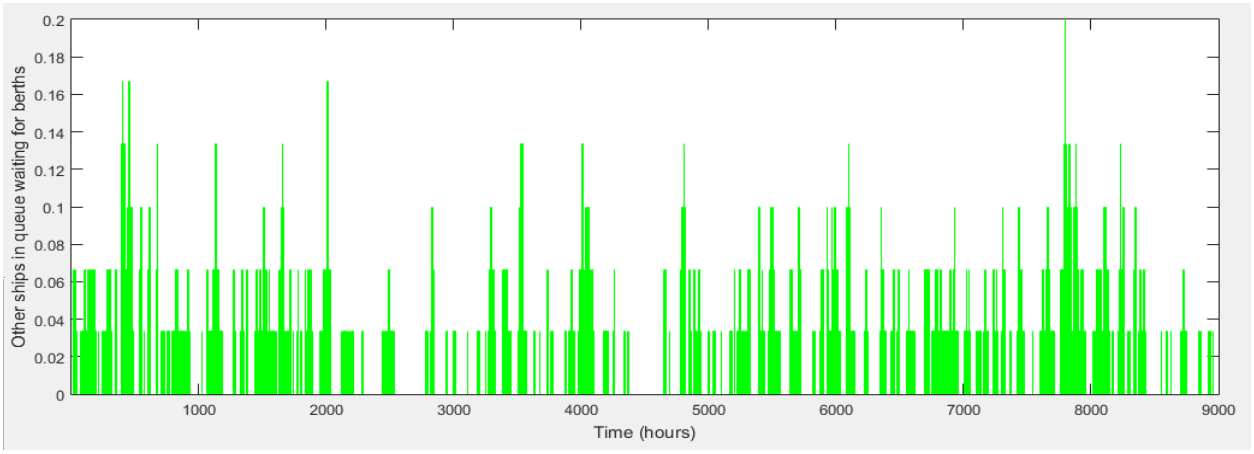


Hình 8-15: Thời gian tàu đợi bến trung bình của từng loại tàu

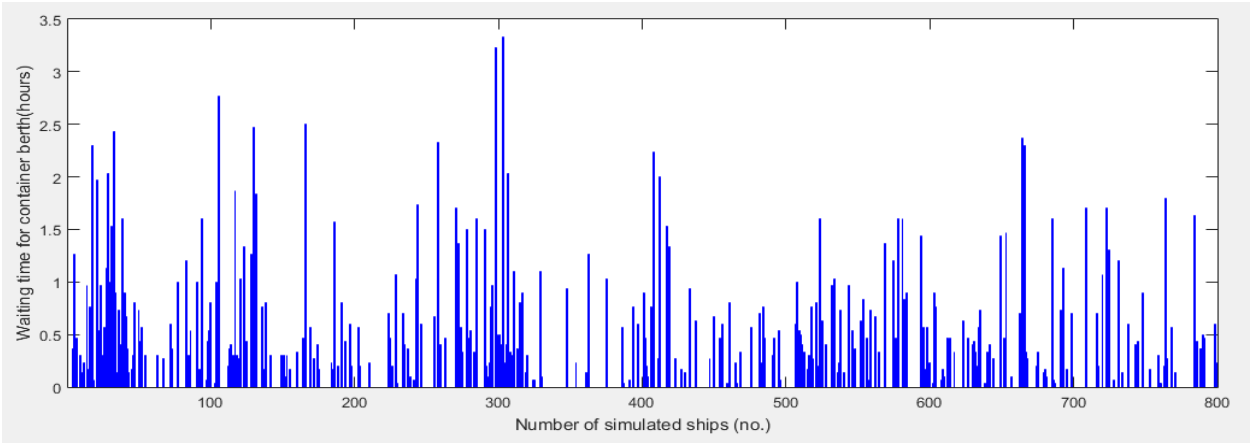


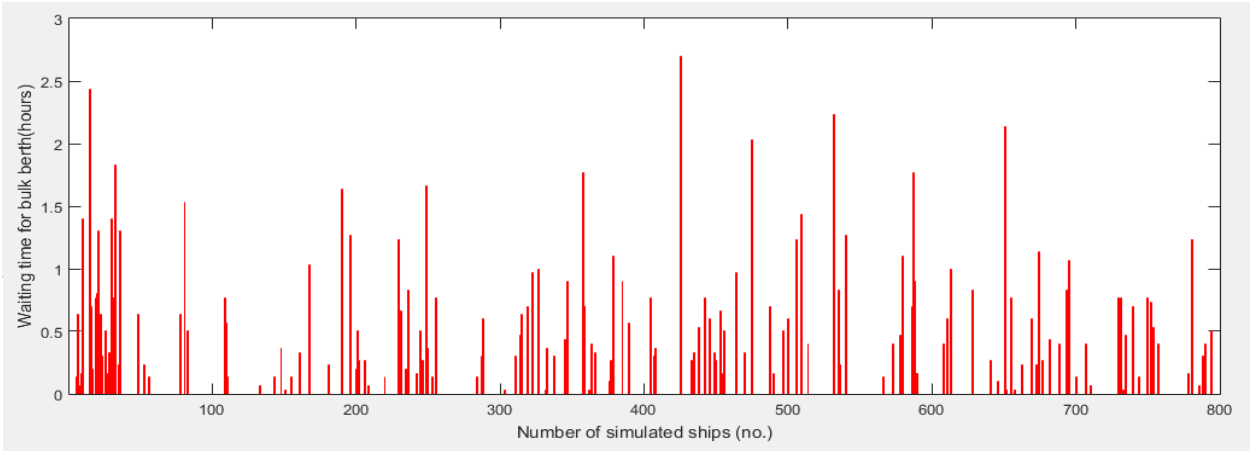


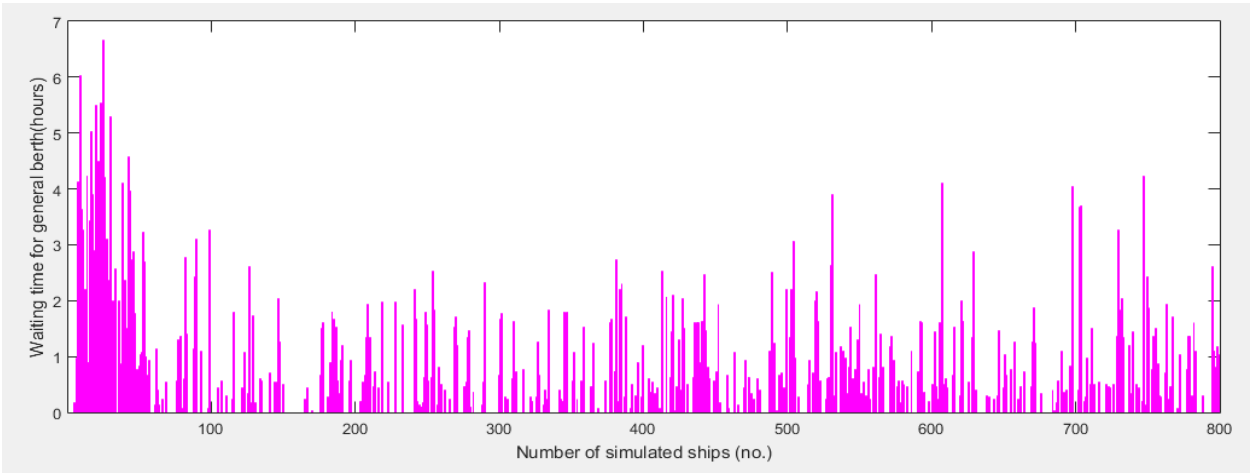


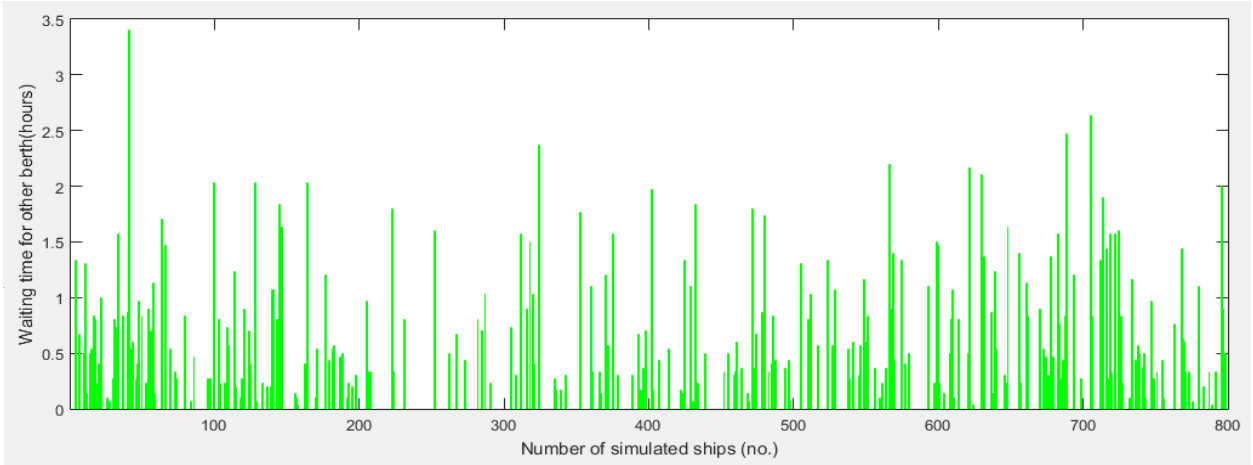


Hình 8-16: Số lượng tàu đợi tại từng khu bến trong thời gian khai thác

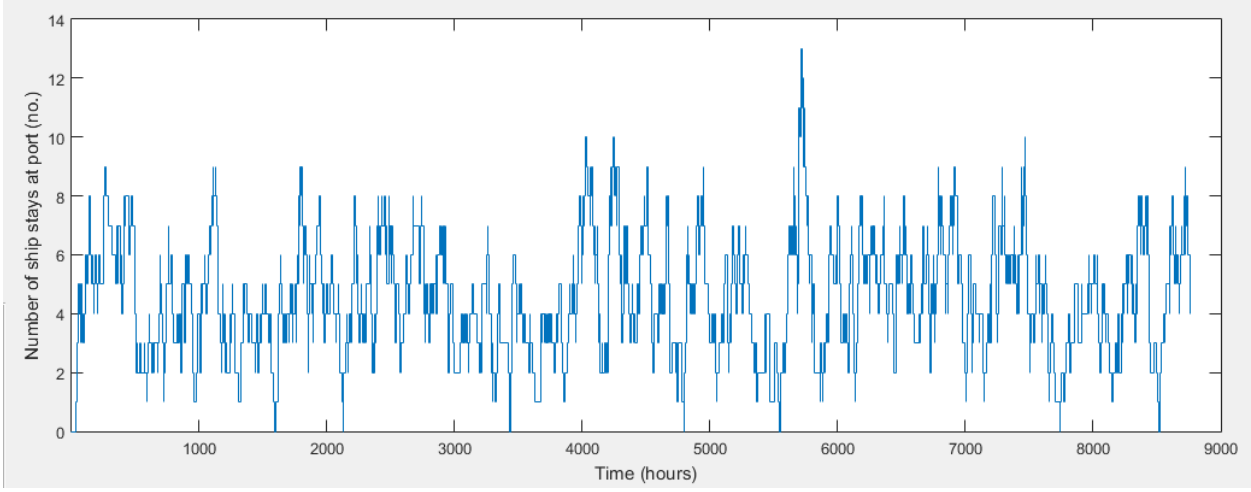




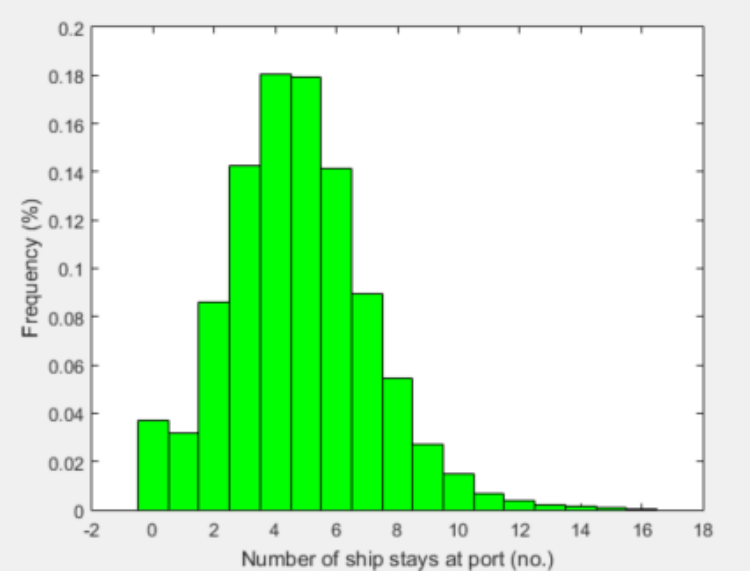




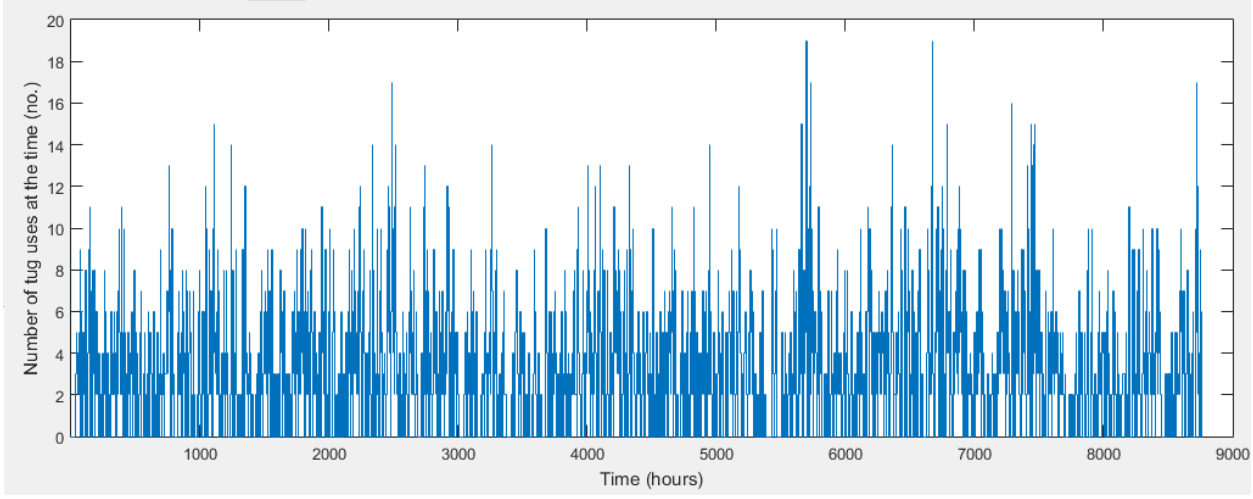
Hình 8-17: Thời gian chờ bến của tàu trong thời gian khai thác



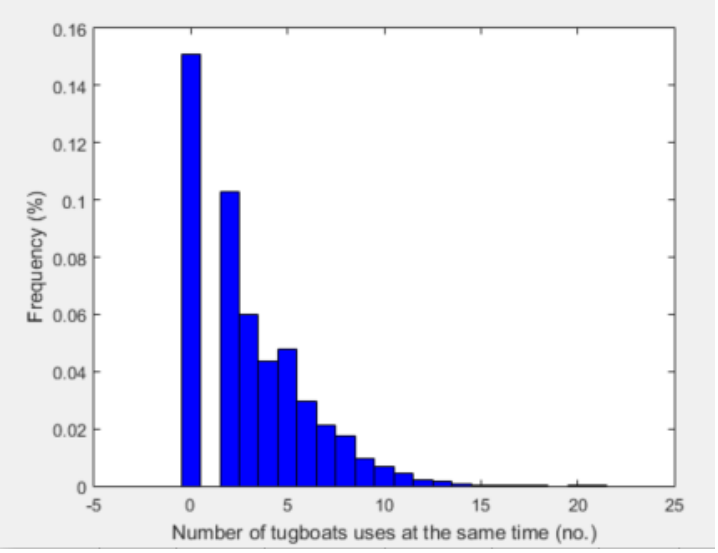
Hình 8-18: Số lượng tàu tại cảng trong thời gian khai thác



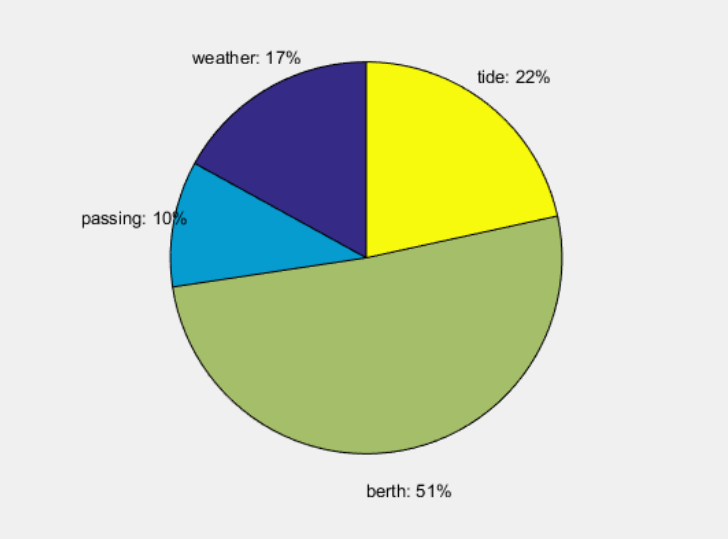
Hình 8-19: quan hệ giữa số lượng tàu tại cảng và tần suất xuất hiện



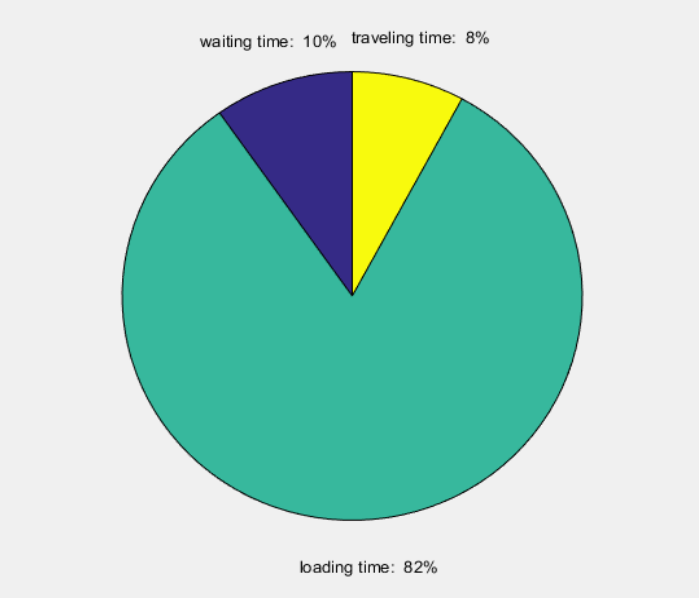
Hình 8-20: Số lượng tàu kéo sử dụng trong thời gian khai thác



Hình 8-21: Quan hệ giữa số lượng tàu kéo và tần suất sử dụng



Hình 8-22: Tỷ lệ thời gian chờ tàu theo các nguyên nhân



Hình 8-23: Tỷ lệ thời gian tàu sử dụng cho các hoạt động tại cảng

8.5.4 Các kết quả mô phỏng chi tiết lưu trong file exel

Các kết quả mô phỏng chi tiết được lưu dưới dạng file exel. Cụ thể, bao gồm các nội dung được tập hợp trong Bảng 8-13.

Bảng 8-13: Kết quả mô phỏng chi tiết lưu trên file exel

Thứ tự	Tên biến	Nội dung
Sheet 1	list_shipIndex	Số hiệu tàu cho từng lần mô phỏng
Sheet 2	ship_class	Chỉ số loại tàu (hàng) đến cảng
Sheet 3	im_ex_index	Chỉ số loại tàu (hàng) xuất hay nhập
Sheet 4	interval_arrival	Khoảng thời gian giữa hai tàu đến cảng cho các lần MP
Sheet 5	wait_in	Thời gian tàu đợi mực nước vào luồng
Sheet 6	delay	Thời điểm tàu vào luồng
Sheet 7	shipspeed_in	Vận tốc chạy tàu trên luồng
Sheet 8	wait4berth	Thời gian tàu đợi bến
Sheet 9	service4load	Thời gian tàu làm hàng trên bến
Sheet 10	wait_out	Thời gian tàu đợi mực nước để rời cảng
Sheet 11	list_shipIndex_sort	Thứ tự chỉ số tàu khi rời cảng
Sheet 12	list_in_ex_sort	Thứ tự chỉ số tàu xuất hay nhập khi rời cảng
Sheet 13	departure_time_sort	Thời điểm tàu vào luồng khi rời cảng
Sheet 14	shipspeed_out	Vận tốc tàu khi ra khỏi luồng
Sheet 15	ship4queuing	Số lượng tàu đợi làm hàng
Sheet 16	mean_wait4berth	Thời gian đợi tàu trung bình của từng tàu
Sheet 17	ship_processes	Thông tin về quá trình hành hải cho từng loại tàu gồm:
	Cột B	Số tàu trung bình cho từng loại được mô phỏng
	Cột C	Thời gian đợi MN khi đến cảng của từng loại tàu
	Cột D	Thời gian đợi MN khi rời cảng của từng loại tàu
	Cột E	Thời gian đợi bến của từng loại tàu
	Cột F	Tổng thời gian quay trở, neo cập, bốc xếp và rời bến
	Cột G	Thời gian tàu đi trên luồng
	Cột H	Tổng thời gian từ khi tàu đến và rời cảng
	Cột I	Thời gian tàu đến cảng phải chờ do điều kiện thời tiết
	Cột J	Thời gian tàu rời cảng phải chờ do điều kiện thời tiết
	Cột K	Thời gian tàu chờ để tránh tàu đi ngược chiều
	Cột L	Thời gian tàu chờ để đợi tàu đi cùng chiều

Bảng thống kê các kết quả mô phỏng quá trình hành hải trong SHEET 17 được tập hợp trong bảng dưới đây.

Bảng 8-14: Tổng hợp kết quả mô phỏng các hoạt động của tàu tại cảng

Số hiệu tàu	Số tàu được MP	Số giờ chờ MN khi tàu đến cảng	Số giờ chờ MN khi tàu rời cảng	Số giờ tàu đợi bến làm hàng	Tổng thời gian làm hàng	Thời gian tàu đi trên luồng	Tổng thời gian tàu hoạt động tại cảng	Thời gian chờ ĐKTT khi tàu đến	Thời gian chờ ĐKTT khi tàu rời cảng	Thời gian tránh tàu ngược chiều	Thời gian đợi tàu cùng chiều
1	30.4	135.4	103	13	43.53	4.51	56.31	2.4	9.6	13.60	1.5
2	29	6.2	10.6	13.6	34.67	4.05	39.76	16.8	7.2	11.59	0.9
3	49.6	0	0	30.4	32.38	4.14	37.12	26.4	24	25.42	1.7

Số hiệu tàu	Số tàu được MP	Số giờ chờ MN khi tàu đến cảng	Số giờ chờ MN khi tàu rời cảng	Số giờ tàu đợi bến làm hàng	Tổng thời gian làm hàng	Thời gian tàu đi trên luồng	Tổng thời gian tàu hoạt động tại cảng	Thời gian chờ ĐKTT khi tàu đến	Thời gian chờ ĐKTT khi tàu rời cảng	Thời gian tránh tàu ngược chiều	Thời gian đợi tàu cùng chiều
4	56.8	0	0	17.4	26.96	4.03	31.29	21.6	14.4	25.19	0.9
5	66.2	0	0	19.8	20.40	3.92	24.60	26.4	38.4	31.16	1.7
6	30	301.6	241	2.2	51.80	4.54	74.51	14.4	14.4	17.94	1.5
7	50.2	155.4	158.4	11	44.82	4.81	56.10	21.6	14.4	31.17	2.9
8	56.4	0.2	7.8	3	39.45	4.26	43.90	14.4	28.8	31.86	2.7
9	25.2	0	0	0	70.56	4.09	74.64	12	9.6	13.35	0.6
10	28.6	0	0	0	62.67	3.96	66.61	12	14.4	15.62	0.7
11	36.6	0	0	11.6	76.76	4.05	81.13	12	38.4	14.71	1.6
12	50.6	0	0	33.4	70.29	3.99	74.95	36	26.4	25.40	1
13	54.2	0	0	19.6	54.32	3.82	58.49	16.8	16.8	24.60	1.4
14	65.2	0	0	30.6	54.64	3.81	58.92	14.4	28.8	30.20	2.3
15	17.6	0	0	8.2	25.28	3.89	29.63	14.4	2.4	6.52	0.8
16	29.2	0	0	3	27.65	3.75	31.49	7.2	21.6	8.73	0.7
17	33.6	0	0	0	31.35	3.70	35.05	9.6	12	16.01	1.1
18	27.6	0	0	9.6	20.69	3.85	24.88	4.8	9.6	14.61	0.6
19	27.6	0	0	2.6	25.57	3.89	29.54	7.2	7.2	12.84	1
20	35.4	0	0	0	21.49	4.04	25.52	16.8	16.8	16.41	1.2
Tổng	**800**	**598.8**	**520.8**	**229**	**835.28**	**81.10**	**954.44**	**307.2**	**355.2**	**386.93**	**26.8**

8.6 Bài toán tối ưu tổng hợp

8.6.1 Các kịch bản nghiên cứu

- Các phương án chiều sâu luồng tàu: 13.0 m và 13.5 m.
- Thiết bị bốc xếp trên bến: tăng công suất bốc xếp 25% so với phương án ban đầu
- Phương án số lượng bến: giảm số lượng 1 bến container và 1 bến hàng rời và công suất bốc xếp tăng lên 50%.

Các phương án nghiên cứu được tập hợp trong bảng sau

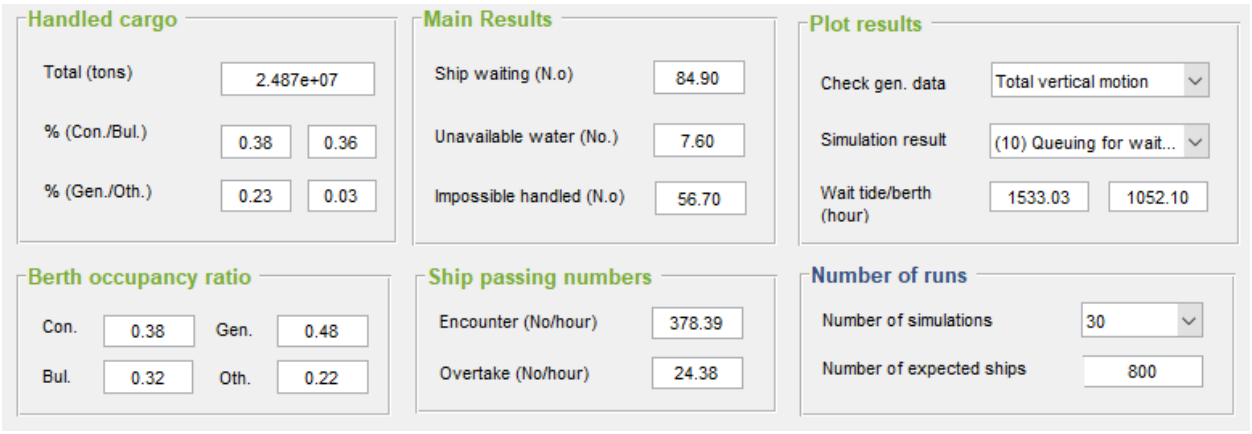
Bảng 8-15: Các phương án đầu tư cảng

Hạng mục	ĐV	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6
Độ sâu luồng	m	13.5	13.0	13.5	13.0	13.5	13.0
Tổng số bến	Bến	9	9	9	9	7	7
Công suất bốc xếp	%	100%	100%	125%	125%	150%	150%

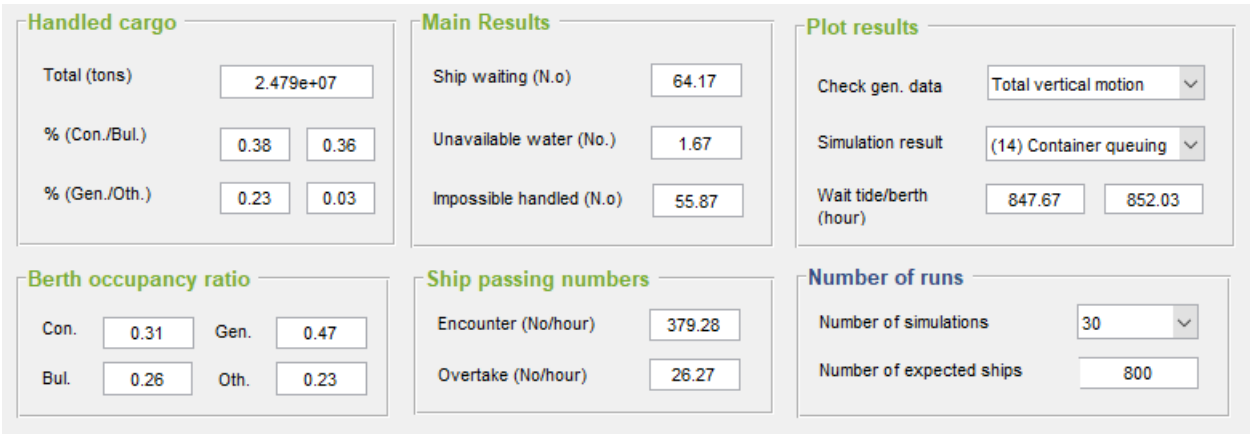
Ghi chú: PA 1 là phương án ban đầu

8.6.2 Các kết quả mô phỏng chính

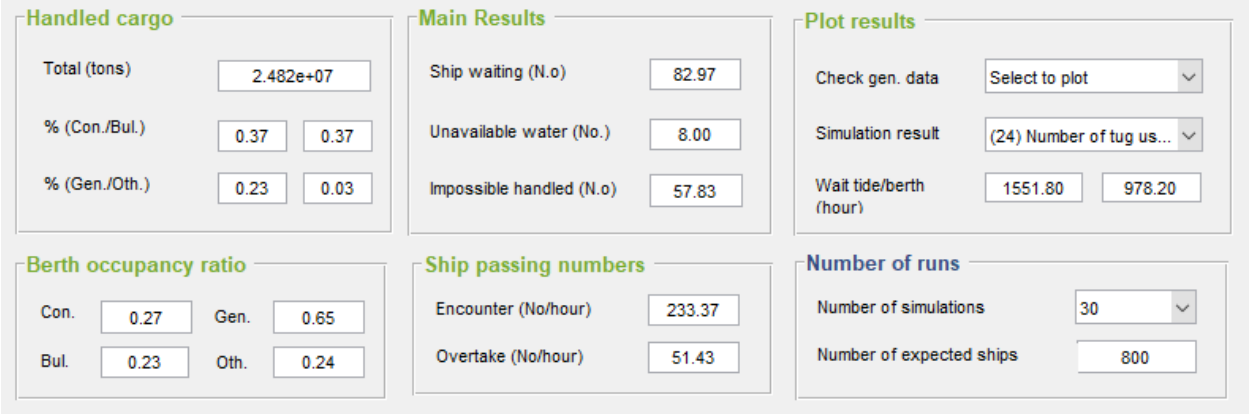
Hình 8-24: Các kết quả mô phỏng chính cho PA1



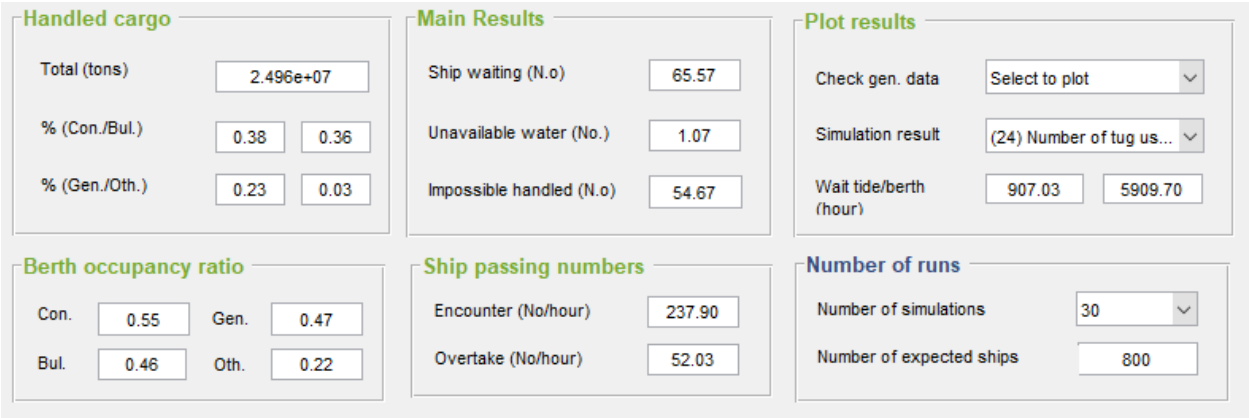
Hình 8-25: Các kết quả mô phỏng chính cho PA2



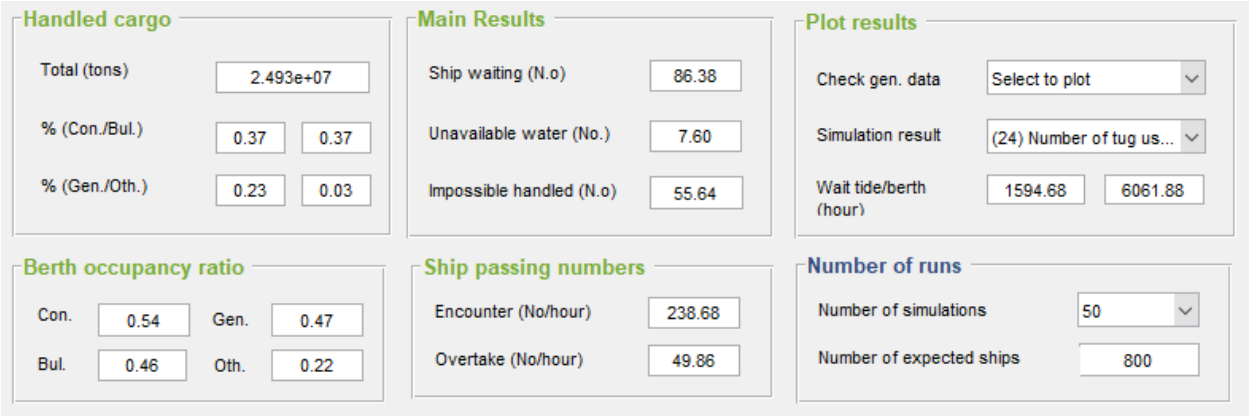
Hình 8-26: Các kết quả mô phỏng chính cho PA3



Hình 8-27: Các kết quả mô phỏng chính cho PA4



Hình 8-28: Các kết quả mô phỏng chính cho PA5



Hình 8-29: Các kết quả mô phỏng chính cho PA6

Thống kê các kết quả mô phỏng cho 6 phương án được tập hợp trong Bảng 8-16.

8.6.3 So sánh và lựa chọn phương án đầu tư tối ưu

Trên cơ sở quy mô công trình xác định trong Bảng 8-15, khối lượng xây dựng phần các hạng mục công trình so sánh được tập hợp trong Bảng 8-16.

Bảng 8-16: Tập hợp các kết quả của sáu phương án

No	Hạng mục	Chi tiết	Đơn vị	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
1	Số tàu mô phỏng		Tàu	800	800	800	800	800	800
2	Hàng qua cảng	Tổng lượng hàng mô phỏng	Triệu tấn	~ 25	~ 25	~ 25	~ 25	~ 25	~ 25
3	Luồng tàu	Rộng							
		Độ sâu		13.5	13.0	13.5	13.0	13.5	13.0
4	Công suất bến	Tổng công suất thiết bị	Tấn/giờ	10,700	10,700	12,700	12,700	14,700	14,700
		So sánh công suất thiết bị theo tỷ lệ	%	100%	100%	125%	125%	150%	150%
5	Số lượng bến	Container		2	2	2	2	1	1
		Hàng rời		2	2	2	2	1	1
		Hàng tổng hợp		3	3	3	3	3	3
		Các hàng khác		2	2	2	2	2	2
6	Hệ số bận bến theo mô phỏng	Hàng container	%	0.38	0.38	0.31	0.27	0.55	0.54
		Hàng rời	%	0.31	0.32	0.26	0.23	0.46	0.46
		Hàng tổng hợp	%	0.47	0.48	0.47	0.65	0.47	0.47
		Các hàng khác	%	0.22	0.22	0.23	0.24	0.22	0.22
7	Số lần tàu	Số lần tàu phải đợi MN vào luồng	No.	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
		Số lần không đủ MN để tàu vào luồng	No.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
		Số lần tàu đợi do điều kiện thời tiết	No.	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
8	Thời gian đợi tránh tàu	Tránh tàu đi ngược chiều	Giờ	374.56	378.39	379.28	233.37	237.9	238.68
		Đợi tàu đi cùng chiều	Giờ	25.18	24.38	26.27	51.43	52.03	49.86
9	Thời gian tàu đợi MN, bến và ảnh hưởng thời tiết	Thời gian đợi mực nước chạy tàu	Giờ	851.47	1533.03	847.67	1551.8	907.03	1594.68
		Thời gian tàu đợi bến	Giờ	1065.67	1052.1	852.03	978.2	5509.7	6061.88
		Thời gian tàu đợi do điều kiện	Giờ	1412.88	1360.8	1340.88	1387.92	1312.08	1335.36

Bảng 8-17: Khối lượng đầu tư ban đầu

No.	Hạng mục	Đơn vị	Phương án đầu tư					
			PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
1	**Nạo vét ban đầu**	m3	3,240,000	2,160,000	3,240,000	2,160,000	3,240,000	2,160,000
2	**Tổng số bến cập tàu**	Bến	9	9	9	9	7	7
2.a	Bến container	Bến	2	2	2	2	1	1
2.b	Bến hàng rời	Bến	2	2	2	2	1	1
2.c	Bến tổng hợp	Bến	3	3	3	3	3	3
2.d	Bến khác	Bến	2	2	2	2	2	2
3	**Tổng công suất thiết bị**	tấn/giờ	10,700	10,700	12,700	12,700	14,700	14,700
3.a	Bến container	tấn/giờ	4,000	4,000	5,000	5,000	6,000	6,000
3.b	Bến hàng rời	tấn/giờ	4,000	4,000	5,000	5,000	6,000	6,000
3.c	Bến tổng hợp	tấn/giờ	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
3.d	Bến khác	tấn/giờ	900	900	900	900	900	900

Bảng 8-18: Đơn giá tổng hợp

No.	Hạng mục	Đơn vị	Phương án đầu tư					
			PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
1	**Nạo vét**	USD/m3	10	10	10	10	10	10
2	**Bến cập tầu**	USD/m						
2.a	Bến container	USD/m	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
2.b	Bến hàng rời	USD/m	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
2.c	Bến tổng hợp	USD/m	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000
2.d	Bến khác	USD/m	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
3	**Thiết bị**							
3.a	Bến container	USD/tấn/giờ	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
3.b	Bến hàng rời	USD/tấn/giờ	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
3.c	Bến tổng hợp	USD/tấn/giờ	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
3.d	Bến khác	USD/tấn/giờ	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

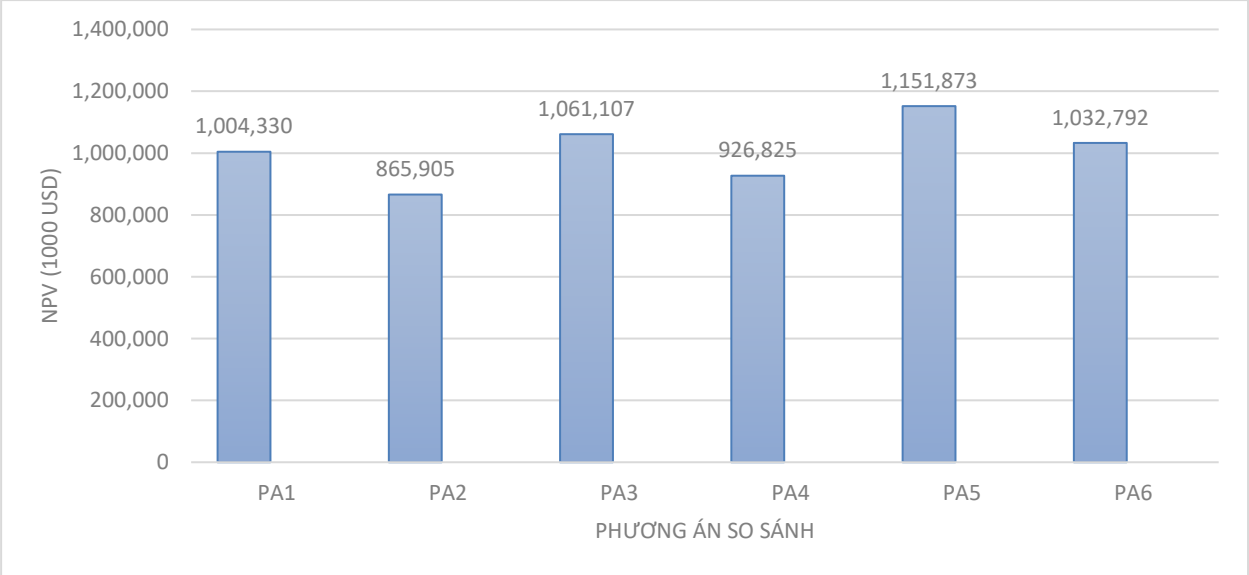
Bảng 8-19: Khái toán kinh phí đầu tư hạng mục so sánh

Hạng mục	Đơn vị	Phương án đầu tư					
		PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
Nạo vét	1000 USD	**32,400**	**21,600**	**32,400**	**21,600**	**32,400**	**21,600**
Bến cập tầu	1000 USD	**180,050**	**180,050**	**180,050**	**180,050**	**116,050**	**116,050**
Bến container	1000 USD	64,000	64,000	64,000	64,000	32,000	32,000
Bến hàng rời	1000 USD	64,000	64,000	64,000	64,000	32,000	32,000
Bến tổng hợp	1000 USD	41,250	41,250	41,250	41,250	41,250	41,250
Bến khác	1000 USD	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800
Thiết bị	1000 USD	**207,000**	**207,000**	**252,000**	**252,000**	**297,000**	**297,000**
Bến container	1000 USD	160,000	160,000	200,000	200,000	240,000	240,000
Bến hàng rời	1000 USD	20,000	20,000	25,000	25,000	30,000	30,000
Bến tổng hợp	1000 USD	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
Bến khác	1000 USD	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Tổng cộng		**419,450**	**408,650**	**464,450**	**453,650**	**445,450**	**434,650**

Bảng 8-20: Chi phí khai thác hạng mục so sánh

Hạng mục	Đơn vị	Phương án đầu tư					
		PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
Nạo vét duy tu	10^3USD	**16,200**	**6,480**	**16,200**	**6,480,000**	**16,200**	**6,480**
Mức sa bồi hàng năm	%	0.50	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30
Khối lượng nạo vét	m3	1,620,000	648,000	1,620,000	648,000	1,620,000	648,000
Đơn giá nạo vét	USD/m3	10	10	10	10	10	10
Sửa chữa khấu hao	10^3USD	**15,212.5**	**15,212.5**	**16,562.5**	**16,562.5**	**14,712.5**	**14,712.5**
Công trình	5%	9,002,500	9,002,500	9,002,500	9,002,500	5,802,500	5,802,500
Thiết bị	3%	6,210,000	6,210,000	7,560,000	7,560,000	8,910,000	8,910,000
Chi phí chờ tàu	10^3USD	**7,459.52**	**8,697.40**	**6,892.26**	**8,405.44**	**16,037.48**	**18,560.92**
Thời gian chờ tàu	giờ	3,730	4,349	3,446	4,203	8,019	9,280
Chi phí chờ tàu	USD/giờ	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Tổng cộng		**38,872,020**	**30,389,900**	**39,654,760**	**31,447,940**	**46,949,980**	**39,753,420**

Từ công thức tính toán NPV, với suất triết khấu 6% và vòng đời dự án là 40 năm, kết quả tính toán giá trị hiện tại dòng cho các phương án được thể hiện trên biểu đồ Hình 8-30.



Hình 8-30: Giá trị NPV theo các phương án

Kết quả trên biểu đồ cho thấy phương án 2 có giá trị NPV thấp nhất, trong khi phương án 5 có giá trị NPV cao nhất. Vì vậy, kiến nghị lựa chọn đầu tư theo phương án 2.

CHƯƠNG 9. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

9.1 Kết luận

9.1.1 Về mô hình mô phỏng công trình cảng

- Mô hình mô phỏng đã được áp dụng phổ biến trên thế giới trong các lĩnh vực kinh tế kỹ thuật nói chung và trong xây dựng công trình GTVT cũng như công trình cảng nói riêng. Tuy nhiên, ở Việt Nam dường như chưa được quan tâm. Tài liệu hy vọng giúp được bạn đọc nắm bắt và vận dụng được phương pháp thông qua phần mềm OSEC 2020 để có thể áp dụng trong thực tiễn quy hoạch cảng ở Việt Nam.
- Qua phần phân tích tổng quan cho thấy mô hình mô phỏng rất đa dạng về quy mô kích thước mô hình, phạm vi nghiên cứu và mục đích sử dụng. Một mô hình để giải quyết tất cả các vấn đề cho đến nay là chưa thể. Tuy nhiên, về cơ bản, các mô hình mô phỏng trong phạm vi khu nước của cảng là tương đối hoàn chỉnh. Có thể áp dụng trong quy hoạch đầu tư và khai thác cảng biển.

9.1.2 Về phần mềm OSEC 2020

- Phần mềm OSEC 2020 được viết trên nền tảng Matlab và dựa trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của tác giả đã được đăng trên các tạp chí và hội thảo quốc tế chuyên ngành. Phần mềm có hai mô đun chính:
    - Mô đun quy hoạch cảng (Downtime_Simulation) có thể được áp dụng để nghiên cứu và đánh giá hoạt động của cảng hiện hữu hay quy hoạch xây dựng phát triển cảng mới. Các kết quả từ mô hình bao gồm toàn bộ thời gian và quá trình vận hành của cảng kể từ khi tàu đến cảng đến lúc rời bến. Các kết quả này cho phép các nhà thiết kế và quản lý xây dựng được phương án quy hoạch phát triển cảng hợp lý nhất.
    - Mô đun khai thác luồng (Underkeel_Check) có thể được sử dụng kết hợp với các mô hình dự báo thời tiết để làm gia tăng mớn nước chở hàng của tàu, nhờ đó tăng hiệu suất khai thác cảng. Ngoài ra, mô hình có thể tính toán và dự báo năng lực vận hành tàu trong từng kịch bản cụ thể của điều kiện vận hành tàu, nhờ đó giảm thiểu được rủi ro tai nạn trong quá trình điều động tàu. Tuy nhiên, mô đun này cần được hoàn thiện và bổ sung hàm truyền (RAO) dao động của tàu trong sóng cho các loại tàu cần quan tâm.
- Quá trình cũng như các thủ tục vận hành cảng biển, an toàn hàng hải và điều động tàu trong khu nước của cảng vụ và hoa tiêu quản lý theo các quy định của Việt Nam cũng đã được xem xét và phản ánh trong mô hình, nhờ đó làm tăng tính thực tiễn áp dụng tại các cảng biển của Việt Nam.
- Phần mềm được tích hợp với các nội dung về phân tích lựa chọn phương án tối ưu quy mô và quy hoạch công trình cảng. Do vậy, giúp người sử dụng có thể giải quyết được triệt để vấn đề đặt ra. Trình tự và phương pháp giải quyết bài toán độ sâu chạy tàu tối ưu, năng suất bốc xếp tối ưu và bài toán tổng hợp được trình bày chi tiết trong Chương 7; với vị dụ cụ thể đề cập trong Chương 8.

9.2 Kiến nghị

Một số vấn đề còn tồn tại và hướng phát triển

(1) Kết nối với mô hình dự báo sóng trực tuyến để tăng độ chính xác các kết quả mô phỏng.

(2) Cập nhật các mô hình dự báo tin cậy hơn về dao động tàu.

Đây là vấn đề lớn đòi hỏi nhiều thời gian và kinh phí thực hiện. Kiến nghị nhà nước cũng như các ban ngành liên quan có sự quan tâm và đầu tư triển khai.

9.3 Phiên bản Demo dành cho sinh viên

Có thể cài đặt phần mềm bằng một trong các cách sau:

(1) Phiên bản OSEC2020_webbase: phiên bản này dung lượng khoảng 6.5MB. Tuy nhiên, phiên bản này cần kết nối internet để được hỗ trợ từ Mathwork Center trong quá trình cài đặt.

(2) Phiên bản OSEC2020_Standalone: với dung lượng gần 600 MB. Phiên bản này không cần kết nối internet trong quá trình cài đặt.

(3) Phiên bản trong thư mục “Copy_version”, người sử dụng chi cần copy vào máy và không cần cài đặt.

Sinh viên thể liên hệ với tác giả để được chợ giúp.

Email: quynm@nuce.edu.vn; Phone: 091 3567 101.

Tài liệu tham khảo

Alderton, P. (2008). *Port management and operation.* London: Informa Law.

Almaz, O. A., & Altiok, T. (2012). Simulation modeling of the vessel traffic in Delaware River: Impact of deepening on port performance. *Simulation Modelling Practice and Theory 22*, 146-165.

Borovits, & Ein-Dor. (1975). Computer simulation of a seaport container terminal. *Simulation 25 (2)*, 141-144.

Cao, X., & Lam, J. S. (2019). Simulation-based severe weather-induced container terminal economic loss estimation. *Maritime Policy & Management 46 (1)*, 92-116.

Clark, T. D., Kabil, M. M., & Mostafa, M. I. (1983). An analysis and simulation of an experimental Suez Canal traffic control system. *WSC '83 Proceedings of the 15th conference on Winter simulation* (pp. 311-318). Arlington, Virginia, USA: IEEE Press Piscataway.

Demirci, E. (2003). Simulation Modelling and Analysis of a Port Investment. *Simulation: Society for Modeling and Simulation International*, 94-105.

Demirci, E., Araz, T., & Köse, E. (2000). Trabzon Port Simulation Model. *Journal of Industrial Engineering, 11*, 2-14.

Dragovic, B., Tzannatos, E., & Park, N. K. (2016). Simulation modelling in ports and container terminals: literature overview and analysis by research field, application area and tool. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-32.

DSO_Association. (2016). *Danish Shipping Statistics.* Danish Ship Owners.

Eloot, K., Vantorre, M., Richter, J., & Verwilligen, J. (2010). Development of Decision Supporting Tools for Determining Tidal Windows for Deep-drafted Vessels. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 4 (3)*, 323-331.

Gi-Tae, Y., Michael, R., & Soak, S.-M. (2007). Evaluation of the Marine Traffic Congestion of North Harbor in Busan Port. *JOURNAL OF WATERWAY, PORT, COASTAL, AND OCEAN ENGINEERING, 133 (2)*, 87-93.

Groenveld, R. (1983). *Harboursim, a generally applicable harbour simulation model.* Delft: Delft University of Technology.

Groenveld, R. (2006). SHIP TRAFFIC FLOW SIMULATION STUDY FOR PORT EXTENSIONS, WITH CASE EXTENSION PORT OF ROTTERDAM. *PIANC CONGRESS* (pp. 1-11). ESTORIL ,PORTUGAL: PIANC.

HOWARD, D., BRAGEN, M., BUAK, J. F., & LOVE, &. R. (2004). P O R T S I M 5: Modeling from a Seaport Level. *MATHEMATICAL & COMPUTER MODELLING*, 715-731.

Huang, S. Y., Hsu, W. J., Fang, H., & Song, T. (2013). A Marine Traffic Simulation System for Hub Ports. *SIGSIM-PADS'13* (pp. 295-305). Montréal, Québec, Canada: Copyright © 2013 ACM.

Ligteringen, H. (1999). *Ports and Terminals.* Delft: University of Delft Technologies.

Ltd, T. C. (2007). *Assistance with the Implementation of an Under Keel Clearance System For Torres Strait.* North Sydney: Australian Maritime Safety Authority.

Mohamad, F. B., Mydin, N. S., & Ahmad, A. (2018). Reducing Ship Queuing Time in Port Operation: A Modelling and Simulation Approach. *International Journal of Engineering & Technology, 7*, 114-118.

OCDI. (2009). *TECHNICAL STANDARDS AND COMMENTARIES FOR PORT AND HARBOUR FACILITIES IN JAPAN.* Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.

PIANC-115. (2012). *Criteria for the (Un)loading Container Vessels.* Brussels, Belgium: Maritime Navigation Commission, PIANC-115.

PIANC-121. (2014). *Harbour approach channels-Design guidelines.* Brussel, Belgium: Maritime navigation commission, PIANC-121.

PIANC-135. (2014). *DESIGN PRINCIPLES FOR SMALL AND MEDIUM MARINE CONTAINER TERMINALS.* Brussel, Belgium: MARITIME NAVIGATION COMMISSION, PIANC-135.

Piccoli, C. (2014). *ASSESSMENT OF PORT MARINE OPERATIONS PERFORMANCE BY MEANS OF SIMULATION.* Delft: Delft University of Technology.

Port, V. M. (2014). *Habour operation manual.* Vancouver: Port Metro Vancouver.

Qu, X., & Meng, Q. (2012). Development and applications of a simulation model for vessels in the Singapore Straits. *Expert Systems with Applications 39*, 8430–8438.

Quy, N.M. (2008). *Approach channel: Risk and Simulation Based-Design.* Delft: University of Delft Technology.

Quy, N. M. (2005). Methods to assess safety criteria ofapproach channels with respect to the acceptability of ship grounding risks. *In 6th International Symposium on Navigation* (pp. 69-76). Gydnia, Poland: Gdynia Maritime University.

Quy, N. M. (2006). On the assessment of ship grounding risk in restricted channels. *In 8th International Conference on Marine Sciences and Technologies* (pp. 294-299). Varna, Bulgaria: Festival and Congress Center.

Quy, N. M. (2006). On the probabilistic analysis of non-stationary ship maneuvering results for waterway design. *In 31st PIANC Congress* (pp. 1-4). Estoril, Portugal: PIANC.

Quy, N. M. (2007). Long-term prediction of navigational risk for maritime engineering design using simulation. *In Asian and Paciflc Coast Conference* (pp. 1605-1611). Nanjing, China: China Ocean Press.

Quy, N. M. (2007). Modeling of ship motion responses and its application to risk-based design and operation of entrance channel. *Journal of Maritime Research*, 4 (2), 47-62.

Quy, N. M. (2007). Parametric modeling of ship motion responses for risk-based optimization of entrance channel depths. *In 11th World Conference on Transport Research* (pp. ID-212). Berkeley, USA.: University of California.

Quy, N.M, Vrijling, J., & Gelder, P. v. (2008). Risk- and Simulation-Based Optimization of Channel Depths: Entrance Channel of Cam Pha Coal Port. *Simulation: Society for Modeling and Simulation International 84 (1)*, 41-55.

Rolf, J. B., & Gilberg, A. (2018). Maritime navigation accidents and risk indicators: An exploratory statistical analysis using AIS data and accident reports. *Reliablity Engineering & System Safety, 176*, 174-186.

Scott, D., Taylor, D., El-Solh, S., & Elliott., &. (2016). Port Simulation Modelling and Economic Assessment. *Journal of Marine Science and Engineering, 4*, 1-16.

Sebastián, R. (2013). *Development of Simulation Model for the Assessment of Approach Channel - Taman Seaport Case.* Delft: Technical University of Delft.

Shahpanah, A., Zahraee, S. M., & Shiwakoti, N. (2019). Optimization of ship traffic at berthing areas of maritime container terminals via Simulation Experiment. *Logistics Research* , 1-15.

Solari, S., Moñino, A., Baquerizo, A., & Losada, &. M. (2010). SIMULATION MODEL FOR HARBOR VERIFICATION AND MANAGMENT. *Coastal Engineering Proceedings* (pp. 1-11). Coastal Engineering.

Tang, G., Wang, W., Guo, Z., & Yu, X. (2014). Simulation-based optimization for generating the dimensions of a dredged coastal entrance channel. *Simulation: Transactions of The Society for Modeling and Simulation International 90 (9)*, 1059-1070.

Tang, G., Wang, W., Guo, Z., Song, X., Yu, X., & Zhang, Y. (2016). Decision Support System for Designing Integrated Coastal Berths and Entrance-Channel Systems. *Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, 1-17.

Tang, G., Wang, W., Song, X., Guo, Z., Yu, X., & Qiao, F. (2016). Effect of entrance channel dimensions on berth occupancy of container terminal. *Ocean Engineering 117*, 174-187.

Thiers, G. F., & Janssens, &. G. (1998). A Port Simulation Model as a Permanent Decision Instrument. *Simulation: Transactions of The Society for Modeling and Simulation International*, 117-126.

Thoresen, C. A. (2018). *Port Designer's Handbook.* London: ICE Publishing.

Uğurlu, Ö., Yıldırım, U., Yüksekyıldız, E., & Yıldız, &. S. (2015). An Awesim Simulation Study: To Determine the Efficiency of Future Improvements on Tupras Izmit Oil Terminal. *Journal of Shipping and Ocean Engineering 5*, 271-279.

Uğurlu, Ö., Yüksekyıldız, E., & Köse, &. E. (2014). Simulation Model on Determining of Port Capacity and Queue Size: A Case Study for BOTAS Ceyhan Marine Terminal. *the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 8*, 143-150.

UNCTAD. (2017). *Review of maritime transport.* New York: United Nations.

Valentin, M., Linares, J., Atienza, R., Redondo, R., Iribarren, J. R., & Groenveld, &. R. (2014). DEVELOPMENT OF THE WET INFRASTUCTURE OF THE PORT OF BAHIA BLANCA IN ARGENTINA. *PIANC World Congress* (pp. 1-19). Francisco, USA: PIANC.

Xiao, F., Ligteringen, H., Gulijk, C.-v., & Ale, B. (2012). AIS DATA ANALYSIS FOR REALISTIC SHIP TRAFFIC SIMULATION MODEL. *International Workshop on Nautical Traffic Models* (pp. 43-49). Shanghai, China: IWNTM'2012.

Zhang, H., Ke, J., Dong, S., & Yuan, Z. (2019). Simulation modeling of state-dependent queuing network: Impact of deepening on the vessel Impact of deepening on the vessel. *Advances in Mechanical Engineering 11 (5)*, 1-12.