

An application of ship manoeuvring simulation in access channel design

Nguyen Van Ngoc¹, Hoang Hong Giang²

Ứng dụng kỹ thuật mô phỏng buồng lái trong thiết kế luồng vào cảng

Nguyễn Văn Ngọc¹, Hoàng Hồng Giang²

Tóm tắt: Sự phát triển buôn bán và vận tải biển quốc tế trong những năm qua đã dẫn đến việc thay đổi kích thước tàu một cách đáng kể. Chúng ta có thể thấy cỡ tàu ngày càng to và rộng hơn. Xu hướng này đã tạo một áp lực rất lớn đối với các cảng biển trong việc đáp ứng nhu cầu giao thương. Cơ hội để các cảng đáp ứng được nhu cầu này thường là rất hạn chế – Luồng vào cảng, vũng quay tàu có thể được nạo vét sâu và rộng hơn, nhưng việc cải tạo các công trình cũng như đề chắn sóng cho phép tàu có thể an toàn hàng hải là một điều khó khăn. Chính điều này đã khiến các nhà thiết kế và qui hoạch cảng đang nỗ lực tìm ra chiều rộng tàu lớn nhất, an toàn cho một loại tàu nhất định có thể ra vào cảng dựa trên các số liệu về mức nước, tốc độ hàng hải cho phép, thủy triều, sóng, gió và dòng chảy. Hoặc nói một cách khác là tìm ra chiều rộng luồng nhỏ nhất mà tàu có thể hàng hải an toàn. Một yêu cầu quan trọng cho cả 2 bài toán trên là xác định chính xác vết tàu chạy.

Bài báo này mô tả việc dùng 2 phần mềm mô phỏng buồng lái PORTSIM 3.0 và SIMPLEX NAVIGATOR 2.2 để xác định vết chạy tàu trên luồng vào cảng của 2 dự án xây dựng cảng – Một dự án nâng cấp và một dự án xây mới. ưu điểm của bộ mô phỏng buồng lái thời gian thực và các yếu tố tác động của con người cũng được bàn tới. Vấn đề xử lý số liệu mô phỏng cũng được miêu tả. Các kết luận về việc ứng dụng kỹ thuật mô phỏng buồng lái vào thiết kế luồng tàu được trình bày.

1. Giới thiệu

Thương mại thế giới tăng trưởng mạnh, giao dịch liên lục địa tăng nhanh. Vấn đề container hoá cũng góp phần làm tăng trưởng khối lượng hàng hoá vận tải biển. Sự tăng trưởng này bao gồm cả sự tăng của khối lượng hàng hoá và kích thước tàu. Sự tăng trưởng của hàng hoá vận tải được chứng minh bằng sự tăng của năng lực của các cảng container, trong những năm 1990 đến 1997 tốc độ tăng trưởng là 9%, do đó năm 1999, 100 cảng container hàng đầu trên thế giới bốc xếp 168 triệu TEUs [4]. Sự tăng trưởng này cũng có thể nhận biết qua chủng loại và kích thước của các tàu container chuyên chở số hàng hoá này. Bảng 1 cho thấy sự tăng trưởng của tàu container, trong đó tàu container lớn nhất được đóng năm 1997 (Maersk S-class) có khả năng chuyên chở 8400 TEU, và được dự báo sẽ tăng đến 12 000 TEU trong tương lai gần.

Bảng 1: Sự tăng trưởng của tàu container (Nguồn: Dynamar Consultancy BV [5])

| Loại tàu | L(m) | B(m) | Trọng lượng (TEU) |
|----------------------|-------|-------|-------------------|
| <i>Panamax:</i> | | | |
| Tokyo Senator | 215,6 | 32,2 | 3 017 |
| Hannover Express | 294,0 | 32,25 | 4 407 |
| <i>Post Panamax:</i> | | | |
| Hyundai Admiral | 275,0 | 37,1 | 4 411 |

¹ PGS. TS., Khoa Công trình thủy, Đại học Hàng Hải Việt Nam

² ThS, Khoa Công trình thủy, Đại học Hàng Hải Việt Nam

| Loại tàu | $L(m)$ | $B(m)$ | Trọng lượng (TEU) |
|--------------------------|--------|--------|-------------------|
| Hanjin London | 279,0 | 40,3 | 5 302 |
| P&O Nedlloyd Southampton | 299,9 | 42,8 | 6 674 |
| Maersk K-class | 318,6 | 42,8 | 7 400 |
| Maersk S-class | 348,0 | 42,8 | 8 400 |
| kiểu Suezmax | 400,0 | 50,0 | 11 989 |
| kiểu Malacca-max | 400,0 | 60,0 | 18 154 |

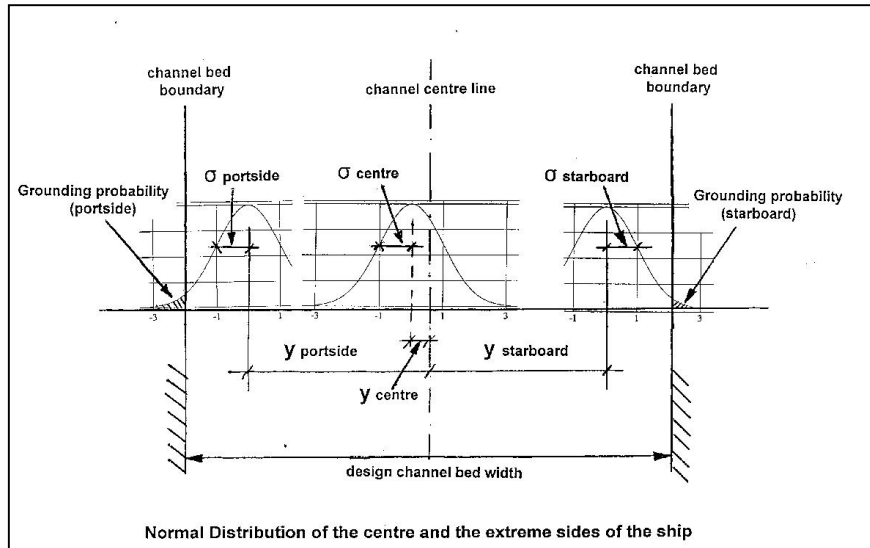
Do sự tăng trưởng nhanh về hàng hoá, các cảng trên toàn cầu đã đạt tới mức bão hoà hay giới hạn khai thác và yêu cầu hoặc được mở rộng hoặc là các cảng mới phải được xây dựng. Các dự án mở rộng và xây dựng mới như vậy ảnh hưởng đến việc thay đổi luồng tàu, đề chấn sóng, vũng quay tàu v.v., Những việc này thường là đòi hỏi một lượng đầu tư lớn. Như vậy vấn đề thiết kế tối ưu là quan trọng. Bài báo này chỉ ra vai trò quan trọng của việc ứng dụng các bộ mô phỏng buồng lái chạy trên máy tính cá nhân trong 2 loại hình dự án điển hình: mở rộng một cảng cũ và xây mới cảng.

Quá trình thiết kế

Theo tiêu chuẩn thiết kế luồng tàu của PIANC [6], việc thiết kế luồng tàu được chia ra làm 2 giai đoạn: thiết kế sơ bộ và thiết kế chi tiết. Tại bước thiết kế sơ bộ chủ yếu dựa trên việc tổng hợp định tính của tất cả các yếu tố ảnh hưởng như tàu thiết kế, điều kiện môi trường, điều kiện kinh tế và các vấn đề về bảo vệ môi trường. Sản phẩm của giai đoạn này là hình thành một loạt các phương án lựa chọn. Tuy nhiên, giai đoạn thiết kế sơ bộ này lại không tính đến các yếu tố ảnh hưởng của con người trong hàng hải, hoặc yếu tố độ tin cậy an toàn của việc thiết kế. Việc thiết kế chú trọng vào xem xét tàu tính toán, sự ổn định của tàu dưới ảnh hưởng của gió, sóng, dòng chảy có tính đến một số các tiêu chuẩn an toàn. Tất cả các yếu tố này chịu ảnh hưởng một mức độ nào đó vào trình độ của người hoa tiêu hoặc thủy thủ lái tàu và việc điều khiển tàu lại đất. Do vậy, PIANC đã khuyến nghị rằng bước thiết kế chi tiết tiếp theo [6] phải được tiến hành bằng lý thuyết xác suất thống kê, trong đó con người được sử dụng để điều khiển dẫn tàu trong mô hình mô phỏng hàng hải. Trình tự ứng dụng xác suất thống kê trong thiết kế luồng chạy tàu đã được Iribarren [7] giới thiệu và là tư tưởng của bài báo này.

Mục đích của việc thiết kế xác suất ngẫu nhiên này là tạo ra các mẫu ngẫu nhiên của các vết hàng hải (hình vẽ 5), các vết này được tạo ra bởi hoa tiêu khi cố gắng dẫn tàu hàng hải theo 1 tuyến định trước, từ các vết này, các thông số của hàm phân bố xác suất có thể được xác định. Mỗi vết được vẽ từ kết quả chuỗi liên kết của 9 điểm trên thân tàu: mũi, lái, các mạn trong quá trình tàu hàng hải trên luồng. Từ các điểm thân tàu này, ba mẫu được lấy ra tại mỗi chuỗi: điểm giữa thân tàu và điểm có độ lệch tuyến lớn nhất của mạn trái và phải tàu. Kết hợp các điểm có độ lệch lớn nhất này ta được vết hàng hải của tàu. Cho mỗi 1 điều kiện môi trường nhất định đều yêu cầu có một số lượng điểm thống kê nhất định (lặp lại); Iribarren [7] đề nghị 8 đến 15 lần hàng hải cho một điều kiện môi trường.

Sau đó, một hàm phân phối ngẫu nhiên sẽ được áp cho các điểm mẫu ở điểm tâm tàu và ở hai bên mạn dọc theo các mặt cắt của luồng tàu (Hình 1), và khoảng tới hạn, liên quan đến xác suất vượt giới hạn được đặt ra. Bằng cách liên hệ xác suất vượt giới hạn và tiêu chí an toàn của cảng thì độ rộng tương ứng của luồng sẽ được xác định. Độ rộng luồng tính toán này sẽ được sử dụng để củng cố thêm các quan điểm tại bước thiết kế sơ bộ hoặc là để lựa chọn giữa các phương án thiết kế khác nhau.



2. Tính toán mở rộng luồng vào cảng (Ví dụ 1)

2.1 Giới thiệu chung

Phần này giới thiệu cách tính cho một cảng có luồng vào cảng rất hẹp. Để chuẩn bị cho xu thế chung của thế giới đó là đón nhận các loại tàu cỡ Post-panamax, ban quản lý cảng đã tiến hành thử nghiệm khả năng tiếp nhận tàu có trọng tải lớn hơn tàu thiết kế.

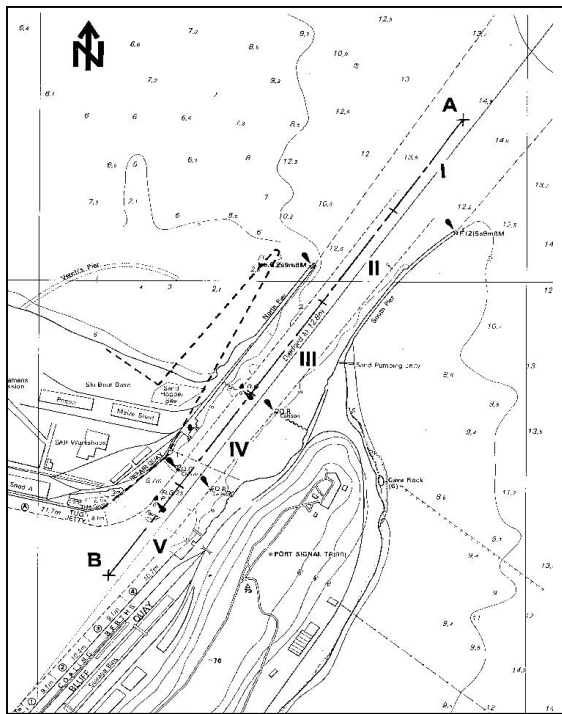
Luồng vào cảng hiện đang được sử dụng với tàu container loại panamax 40 000 DWT (3200 TEU) và là luồng 1 chiều. Nếu theo khuyến nghị của PIANC [6] thì chiều rộng luồng hiện tại 147m được coi là rất hẹp cho loại tàu post-panamax. Việc hàng hải tại đầu luồng được coi là rất quan trọng và nó được dùng để xác định chiều rộng luồng yêu cầu cho việc hàng hải vào luồng an toàn của 1 tàu đầy hàng post-panamax.

2.2 Mô hình mô phỏng hàng hải

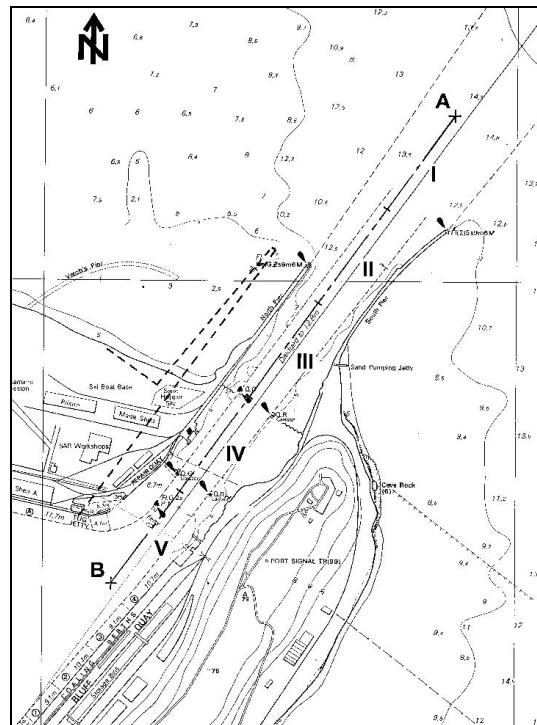
Mô hình mô phỏng được lựa chọn là chương trình mô phỏng PORTSIM 3.0. Chương trình mô phỏng này thể hiện quá trình mô phỏng trên mặt phẳng nằm ngang của cảng. Chương trình mô phỏng này có thể thực hiện theo chế độ mô phỏng thời gian thực, mô phỏng thời gian ảo, hàng hải theo tuyến đã định, lái tự động hoặc điều khiển bằng tay. Quá trình mô phỏng cho ví dụ này được thực hiện theo chế độ thời gian thực và do người điều khiển. PORTSIM 3.0 có thể mô phỏng hoàn thiện quá trình hàng hải của tàu trong mọi điều kiện thời tiết gồm cả các hiệu ứng của tàu lai dắt. Tuy nhiên điểm hạn chế của chương trình là mô phỏng trên mặt phẳng nằm ngang (hình chiếu bằng của cảng và tàu) (hình 2). Mặc dù chương trình mô phỏng như vậy có ưu điểm là tiết kiệm kinh tế xong nhiều nỗ lực vẫn cố gắng để có thể thể hiện các yếu tố ngẫu nhiên một cách gần với thực tế nhất.



Hình 2: Màn hình mô phỏng PORTSIM



Hình 3: Phương án 1 cho mở rộng luồng (thể hiện bằng đường nét đứt)



Hình 4: Phương án 2 cho việc mở rộng luồng

Tàu thiết kế được chọn là loại tàu container post-panamax 4 340 TEU, với Loa = 260,8 m, B= 39,4 m và mớn là 12,5 m. Mô hình toán ổn định của tàu đã được kiểm tra bằng các kiểm tra tiêu chuẩn như quay vòng, ziczac ... để kiểm tra phản hồi của bánh lái trong các độ sâu luồng khác nhau.

Sử dụng PORTSIM trong chế độ thời gian ảo phục vụ thiết kế sơ bộ đã giúp hình thành một số phương án mở rộng. Hai trong số các phương án đó được thể hiện ở đây lần lượt theo hình 3 và 4. Trên đó cũng thể hiện đường tham khảo lấy mẫu trong quá trình mô phỏng. Đường này gồm 5 đoạn (I – V) mỗi đoạn dài 400m: đoạn 1 là phần đê chắn sóng chính, là điểm cuối của đê chắn sóng chính và điểm đầu của đê chắn sóng phụ, tiếp theo là 3 đoạn luồng dẫn vào cảng chính. Mục đích của việc nghiên cứu là tìm ra độ rộng luồng tối ưu cho 2 phương án mặt bằng.

Các yếu tố môi trường bao gồm trong khi chạy mô phỏng là thủy triều, gió và dòng chảy. Các số liệu đầu vào này được đo thực tế tại cảng, kể tới các yếu tố cực đại của dòng chảy, gió. Quá trình mô phỏng chia ra làm 2 nhóm, Phương án 1 (luồng hẹp) và phương án 2 (luồng rộng và thẳng). Cho mỗi phương án, 6 giá trị dòng chảy NW 1.0, 1.5, 2.0 knots và SE 1.0, 1.5, 2.0 knots. Các điều kiện về dòng chảy này được kết hợp với các điều kiện về gió trên luồng theo hướng NE hoặc SW với tốc độ biến thiên từ 16m/s đến 22m/s. Tuy nhiên, cuối cùng quyết định chia các trường hợp thành theo dòng chảy tham khảo tới các giá trị gió. Điều này là cần thiết đối với các nhóm số liệu nhỏ và hợp lý vì tần suất xuất hiện của gió là nhỏ hơn của dòng chảy.

Sự ảnh hưởng của yếu tố con người cũng được bao gồm trong quá trình mô phỏng bằng cách sử dụng và tham khảo ý kiến các hoa tiêu địa phương trong quá trình thực hiện mô phỏng.

2.3. Kết quả

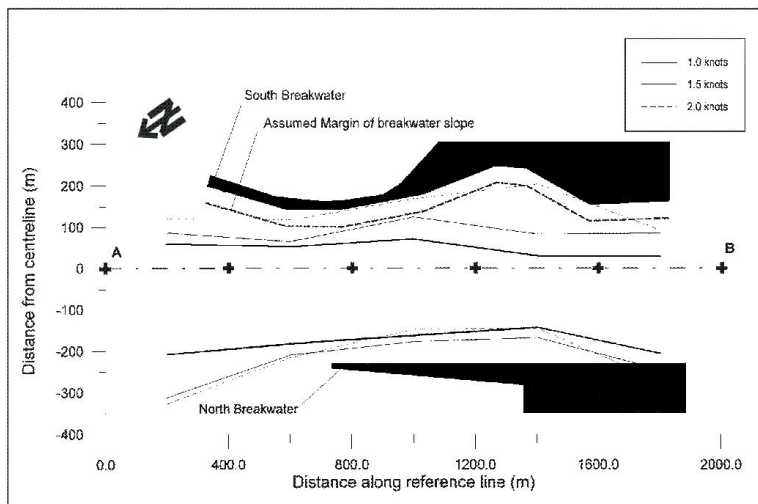
Tổng số lần chạy chương trình mô phỏng cho 2 phương án thiết kế 1 và 2 là 82 lần. Số lần này không kể tới các lần chạy thử để hoa tiêu có thể làm quen với hệ thống điều khiển và các kịch bản mô phỏng. Nhóm các kết quả chạy theo nhóm dựa trên điều kiện dòng chảy ta được 5 nhóm số liệu cho phương án 1 và 6 nhóm cho phương án 2, với số lần chạy nhỏ nhất là 4 lần và nhiều nhất là 9 lần cho mỗi kịch bản.

Tổng hợp các vết chạy tàu cho phương án 2 được trình bày ở hình 2. Điều kiện môi trường cho kịch bản này là dòng chảy ngang hướng NW tốc độ 1.5 knots và tốc độ gió 16m/s theo hướng WSW. Một điều rõ ràng là chúng ta biết được hoa tiêu điều động tàu như thế nào cho trường hợp có dòng chảy; để đối phó với tình huống khó khăn, tàu thường có xu thế ở trên mạn phải của luồng. Trước khi vượt qua đê chắn sóng chính, phần thân tàu phía trước đi vào vùng nước yên lặng còn phần đuôi tàu vẫn còn ở vùng có dòng chảy, một mômen quay tác động lên thân tàu làm tàu lệch sang mạn trái. Lúc này, sự điều chỉnh nhanh và chính xác sẽ giúp cho tàu không bị va vào đầu của đê chắn sóng. Trong những điều kiện như vậy, vết chạy tàu trên luồng giữa hai đê chắn sóng vào khoảng 190m.

Trong quá trình xử lý số liệu vết chạy tàu, số liệu mẫu được lấy từ 1 trong 5 đoạn dài 400m. Hàm phân phối xác suất ngẫu nhiên chuẩn được cho là thích hợp để miêu tả chuỗi số liệu thu thập được (Theo phương pháp xử lý của Iribarren [7]). Mức độ an toàn của luồng được tính toán là 1.24% của tổng số lần vượt giới hạn (0,62 % cho mỗi bên luồng) và bằng 2.5 lần độ lệch chuẩn của hàm phân phối chuẩn (Hình 1). Tính toán độ tin cậy cho từng đoạn trong tổng số 5 đoạn ta được độ rộng luồng cho 3 điều kiện vận tốc dòng chảy như trong hình 6. Dựa trên các độ rộng này, đề xuất độ rộng cần được mở rộng sẽ được tính toán.



Hình 5: Vết hàng hải của tàu dưới điều kiện dòng chảy ngang mạnh (mô phỏng bằng PORTSIM)



Hình 6: Ví dụ 1: Tính toán chiều rộng luồng dựa trên hàm của tốc độ tàu cho 1% vượt giới hạn với dòng chảy hướng NW và SE

3. Thiết kế luồng mới (Ví dụ 2)

3.1. Giới thiệu

Ví dụ thứ 2 dùng chương trình mô phỏng hàng hải để thiết kế luồng vào cho 1 cảng mới. Cảng được thiết kế sơ bộ để có thể tiếp nhận tàu cỡ lớn post-panamax, và điểm hạn chế của cảng là thuộc vùng có điều kiện khí hậu và thủy văn tương đối bất ổn. Do điều kiện khí hậu như vậy nên luồng vào cảng được thiết kế trên tuyến gần như vuông góc với hướng sóng phổ biến và hướng gió phổ biến. Rõ ràng đây quả là 1 trường hợp khó khăn cho việc hàng hải.

Trình tự của quá trình thiết kế chi tiết được miêu tả như sau: quá trình thiết kế hoàn thiện một cảng được bắt đầu từ thiết kế sơ bộ và mô phỏng ảo bằng chế độ tự động lái. Mô

phòng thực là bước tiếp theo để đánh giá cùng các yếu tố khác của luồng vào. Những kết luận của bước nghiên cứu này sẽ được sử dụng trong lần kiểm tra cuối cùng bằng bộ mô phỏng buồng lái ti lệ thực 1-1.

3.2. Mô hình mô phỏng hàng hải

Mô hình điều động tàu sử dụng trong ví dụ này có tên là SimFlex Navigator 2.2 của Viện Hàng hải Đan Mạch [2], (Hình 7). Đây là mô hình mô phỏng thời gian thực, mô phỏng tương tác cho phép hoa tiêu và thủy thủ lái tàu quan sát các khung cảnh xung quanh theo không gian 3 chiều.

Cấu hình sử dụng trong ví dụ này là hệ thống 1 máy tính đơn lẻ, lựa chọn này dựa trên quan điểm tiết kiệm chi phí và sự gọn nhẹ của hệ thống. Theo cấu hình này, người sử dụng được cung cấp 1 màn hình gồm khung cảnh thực tế với góc nhìn 30 độ, bảng điều khiển khiên các thiết bị hàng hải.

Mô hình này còn cho phép xây dựng các kịch bản với các giá trị như khoảng thời gian, mật độ giao thông, tầm nhìn khác nhau. Bên cạnh đó, mô hình ổn định còn cho phép ghi lại các thông số vết chạy tàu, góc bẻ lái, tốc độ, độ dạt ngang.



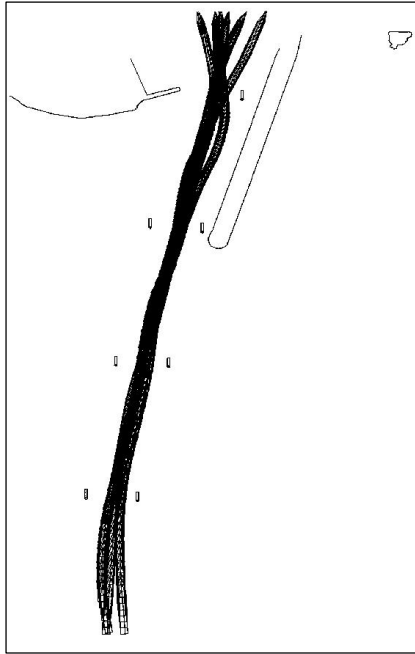
Hình 7: Màn hình bộ SimFlex bridge-view

3.3. Kết quả

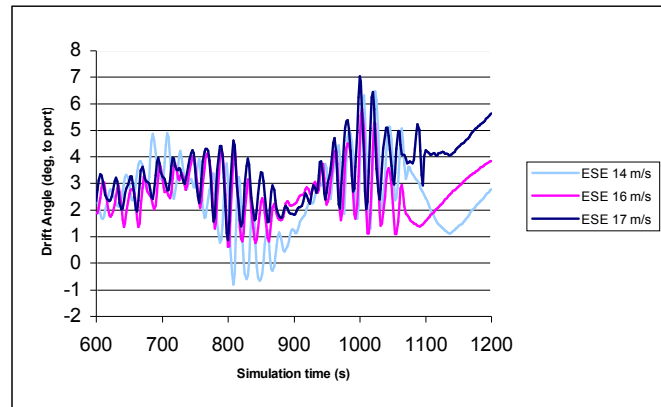
Hình 8 là kết quả tổng hợp các vết chạy tàu khi hàng hải trên lối vào cảng dưới điều kiện sóng SSE với gió hướng ESE với nhiều vận tốc khác nhau.

Bằng cách ghi lại các thông số hàng hải theo thời gian, mô hình SimFlex cho phép người sử dụng có nhiều thông tin hơn về quá trình hàng hải và mức độ thành công của chúng. Hình 9 cho thấy giá trị góc dạt ngang của tàu trong điều kiện sóng SSE và gió tốc độ 14, 16 và 17 m/s trên hướng ESE (gió mạn). Nếu áp dụng tiêu chuẩn góc dạt ngang lớn nhất 14° , người thiết kế có thể quyết định rằng góc dạt này là nguy hiểm và đề nghị tăng tốc độ tàu hàng hải trên luồng vào cảng. Các phân tích thống kê tương tự có thể tiến hành với bánh lái và chân vịt, giúp cho người thiết kế tổng hợp được bức tranh rõ ràng về sự khó khăn của điều kiện hàng hải trên tuyến luồng.

Chúng ta có thể sử dụng bộ mô phỏng 3 chiều buồng lái phục vụ quá trình thiết kế và đánh giá hiệu quả hệ thống báo hiệu hàng hải, phao, tiêu dẫn luồng hoặc dùng để ước tính các dịch chuyển đứng của tàu.



Hình 8: Tổng hợp vết chạy tàu trên lối vào cảng dưới ảnh hưởng sóng hướng SSE và gió hướng ESE winds (Mô hình SimFlex)



Hình 9: Biến đổi góc dạt ngang tàu trên lối vào cảng dưới tác động của sóng và gió

4. Kết luận

Mô phỏng buồng lái đã giúp liên kết quá trình thiết kế sơ bộ và thiết kế kỹ thuật chi tiết luồng tàu. Bộ mô phỏng trên máy tính là một công cụ rẻ giúp cho việc lựa chọn các phương án thiết kế tuyến luồng. Việc sử dụng bộ mô phỏng buồng lái mang lại lợi ích to lớn cho quá trình thiết kế, nó giúp trả lời các câu hỏi như làm thế nào để điều động tàu trên tuyến luồng trong những trường hợp khó khăn về thời tiết, có an toàn hay không, rủi ro là bao nhiêu phần trăm, các tình huống nguy hiểm cho quá trình điều động tàu cũng sẽ được phát hiện.

Tài liệu tham khảo

- [1] SSPA Maritime Consulting AB (1995), PORTSiM Version 3.0, A PC-based Ship Manoeuvring Simulator. Gurteborg, Sweden.
- [2] Danish Maritime Institute (2001), SimFlex Navigator 2.2, Lyngby, Denmark.
- [3] Containerization International (1998), Yearbook 1998.
- [4] Port Development International (2000), "Hong Kong – top dock bites back", April 2000, pp. 14-15.
- [5] Dynamar Consultancy BV (2000), Press Hand-out, Workshop "Liner Shipping 2020", London.
- [6] PIANC (1997), Approach Channels: A Guide for Design, Supplement to PIANC Bulletin No. 95.
- [7] Iribarren, J.R. (1999), Determining the horizontal dimensions of ship manoeuvring area: General recommendations and simulator studies, PIANC Bulletin No. 100.