



Ứng dụng tính toán mô phỏng giúp tối ưu hóa hoạt động khai thác tàu RORO tại Chi Nhánh Tân Vũ, Công ty Cổ phần Cảng Hải Phòng

Research on software simulation calculations to optimize RORO vessel operations at Tân Vũ Branch, Hai Phong Port Joint Stock Company

Nguyễn Thị Phương Thảo^{1,*}

¹ Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

Từ khóa:

TÓM TẮT

Bến cảng
Tàu Ro-Ro
Tối ưu hóa
Mô phỏng
Thuật toán

Nghiên cứu này nhằm tối ưu hóa hoạt động khai thác tàu RORO tại cảng Tân Vũ (Công ty Cổ phần Cảng Hải Phòng) thông qua mô phỏng và tích hợp vào phần mềm quản lý khai thác. Trên cơ sở dữ liệu thực tế, nhóm nghiên cứu xây dựng các kịch bản vận hành và vận dụng công thức tính toán từ tài liệu quốc tế, điều chỉnh phù hợp với đặc thù cảng biển miền Bắc Việt Nam. Phương pháp mô phỏng giúp xác định thời gian khai thác tối ưu và đánh giá hiệu quả vận hành trong bối cảnh hạn chế về số bến khả dụng và lượng tàu neo đậu cao. Kết quả cho thấy mô hình phản ánh sát thực tế, hỗ trợ hiệu quả công tác điều phối, lập kế hoạch và ra quyết định khai thác. Đồng thời, nghiên cứu cung cấp các chỉ số định lượng phục vụ nâng cấp và tinh chỉnh phần mềm quản lý cảng. Đây là một trong những ứng dụng mô phỏng đầu tiên cho tàu RORO tại khu vực phía Bắc Việt Nam, mang lại giá trị thực tiễn và khoa học, đồng thời mở ra tiềm năng nhân rộng trong lĩnh vực quản lý khai thác cảng.

Keywords:

Terminal
Ro-Ro vessel
Optimization
Simulation
Algorithm

This study aims to optimize the operation of RORO vessel handling at Tan Vu Port (Hai Phong Port Joint Stock Company) through simulation and its integration into port management software. Based on real operational data, the research team developed operational scenarios and applied calculation methods referenced from international studies, tailored to the specific characteristics of the Hai Phong port region. The simulation approach enabled the determination of optimal handling time and performance evaluation under constraints related to berth availability and vessel congestion. The results indicate that the proposed simulation model closely reflects real-world operations and effectively supports decision-making in port management, planning, and coordination. Additionally, the study provides quantitative indicators to support software upgrades in port operation and management. This is one of the first practical simulation applications for RORO vessels in the North of Vietnam, contributing to improved port efficiency and offering potential for broader implementation in the future.

* Nguyễn Thị Phương Thảo. Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

Email: thaontp.kt@vimaru.edu.vn

<https://www.doi.org/10.55228/JTST140409>

Ngày nhận bài: 18/06/2025; Ngày nhận bài sửa: : 14/7/2025; Ngày chấp nhận đăng: 15/7/2025

Ngày xuất bản trực tuyến: 15/7/2025

pISSN: 1859-4263; eISSN: 3030-4261

1. Giới thiệu

Khi phân tích hoạt động của một bến cảng hàng hóa bất kỳ, có rất nhiều biến số liên quan mật thiết cần được xem xét. Hệ thống này bao gồm chuỗi các phân hệ hoặc các phân hệ riêng biệt, trong đó mỗi phân hệ cần được tối ưu hóa nhằm nâng cao hiệu suất tổng thể và tính động bộ khi hệ thống vận hành và tránh bất kỳ điểm nghẽn nào có thể xảy ra. Cách tiếp cận vận hành bến cảng theo hướng này cho phép tập trung vào từng quy trình, giúp hiểu rõ, cải thiện và cuối cùng xác định được năng lực của từng phân hệ cũng như của toàn bộ bến cảng.

Nhìn chung, hoạt động của một bến cảng có thể được chia thành bốn phân hệ chính, tương ứng tương đối với các khu vực vật lý là khu vực khai thác riêng biệt tại các bến cảng thực hiện các tác nghiệp gồm: bốc/dỡ hàng từ/tới tàu sang/từ cầu cảng, vận chuyển (từ cầu cảng đến khu vực lưu trữ), lưu trữ, và giao nhận — tất cả đều phụ thuộc vào loại hình luồng hàng hóa hoặc loại bến cảng.

Đối với các bến Ro-Ro, việc chia thành ba phân hệ thay vì bốn phân hệ như thông thường được cho là phù hợp, do thời gian chuyển tải trong quá trình bốc/dỡ hàng bị ảnh hưởng đáng kể bởi cách bố trí khu lưu trữ, khiến cho việc tách biệt ba phân hệ trở nên khó thực hiện một cách độc lập.

Trên thực tế, các bến Ro-Ro có những đặc điểm riêng biệt như thời gian lưu bãi ngắn hơn của các phương tiện tại bến, cũng như đặc tính đặc biệt là hàng hóa có thể tự di chuyển bằng chính bánh xe của mình đối với hàng hóa là các phương tiện vận tải hoặc nhóm hàng nằm trên các thiết bị kéo có bánh lăn như sơ mi rơ mooc.

Mục tiêu của nghiên cứu là dựa vào hoạt động thực tế và công tác ứng dụng phần mềm trong hoạt động khai thác tàu RORO tại bến cảng xây dựng và kiểm nghiệm mô hình mô phỏng hoạt động khai thác tàu RORO tại bến Tân Vũ, từ đó tìm ra các thông số tối ưu giúp giảm thiểu thời gian tàu lưu bến và nâng cao năng lực khai thác. Hiện nay, các nghiên cứu về khai thác tàu RORO tại Việt Nam còn hạn chế, đặc biệt là chưa có công trình nào mô phỏng chi tiết quá trình xếp/dỡ và lượng hóa hiệu quả vận hành. Khoảng trống này đặt ra yêu cầu về một nghiên cứu có tính thực tiễn cao, phục vụ quy hoạch và điều hành cảng.

2. Phương pháp và công cụ nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp nghiên cứu hỗn hợp (mixed-method) kết hợp giữa mô hình mô phỏng định lượng và phương pháp định tính thông qua phỏng vấn chuyên gia, nhằm đảm bảo tính chính xác, thực tiễn và khả năng ứng dụng trong quá trình xây dựng phần mềm hỗ trợ khai thác tàu Ro/Ro tại bến cảng.

Cốt lõi của nghiên cứu là xây dựng và kiểm nghiệm mô hình mô phỏng hoạt động khai thác tàu Ro/Ro sử dụng phần mềm Portlogics – một công cụ nội bộ được phát triển nhằm trực quan hóa và dự báo quá trình vận hành tại các bến Ro/Ro. Dữ liệu đầu vào cho mô hình được thu thập từ báo cáo khai thác thực tế trong 6 tháng gần nhất tại Chi nhánh Tân Vũ, bao gồm: Lịch trình tàu và tần suất cập cảng; Đặc điểm hàng hóa (số lượng, loại phương tiện); Cấu trúc bến cảng (số cầu dẫn, năng lực kho bãi, luồng di chuyển nội bộ); Tốc độ xử lý, năng lực luân chuyển và khả năng bố trí phương tiện tại cảng.

Các tham số trong mô hình được xác định dựa trên số liệu thống kê lịch sử và hiệu chỉnh thông qua thảo luận với chuyên gia kỹ thuật. Theo kế hoạch, hãng tàu sẽ đưa tàu về cảng với tần suất 2 tuần/1 tàu và sản lượng bình quân đạt khoảng 1500xe/tháng. Do việc khai thác hàng ô tô có nhiều đặc thù, với nhiều yêu cầu khắt khe, phức tạp về quy trình khai thác và quản lý hàng hóa. Nếu như trước đây, việc khai thác tàu RORO tại Tân Vũ chỉ có thực hiện cho việc nhập hàng loại này thì giai đoạn hiện tại Chi nhánh Tân Vũ không chỉ tiếp nhận ô tô nhập khẩu mà gần đây đã thực hiện xuất ô tô cho hãng xe điện Vinfast sang các thị trường. Do đó quá trình quản lý khai thác tàu Ro-Ro có phần thay đổi do phải quản lý cả quá trình nhập xuất tàu dẫn đến việc phải nâng cấp và cập nhật từ quy trình khai thác đến hệ thống phần mềm.

Do đó cần phải tiến hành nghiên cứu, phân tích rõ yêu cầu nghiệp vụ trên cơ sở đó sẽ thiết kế, xây dựng và nâng cấp các tính năng mới các chức năng cập nhật, cụ thể cần nghiên cứu các công thức tính toán mô phỏng, các bài toán tham số giúp nâng cao hiệu quả khai thác nhằm giúp bộ phận kỹ thuật và công nghệ thông tin tiến hành lập trình, thêm các

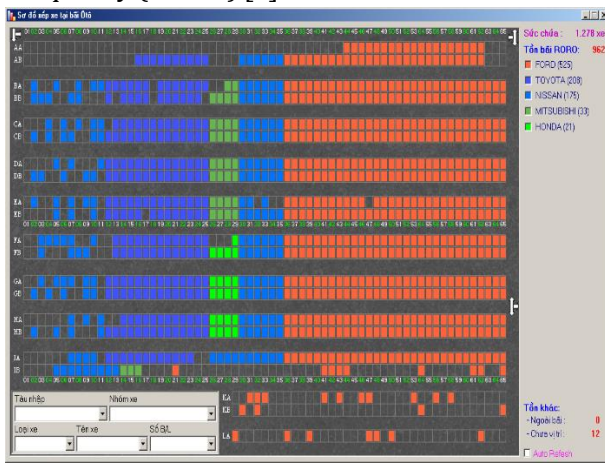
câu lệnh phù hợp giúp cải thiện hiệu quả khai thác của phần mềm.

Phần mềm khai thác đang ứng dụng tại Chi nhánh Portlogics là công cụ nội bộ được phát triển để trực quan hóa và dự báo quá trình vận hành tại các bến RORO. Dữ liệu đầu vào bao gồm lịch trình tàu, đặc điểm hàng hóa (số lượng, loại phương tiện), cấu trúc bến cảng (số lượng cầu dẫn, năng lực kho bãi), được thu thập từ báo cáo khai thác thực tế 6 tháng của Chi nhánh Tân Vũ. Các thông số như thời gian xử lý, tốc độ xe di chuyển, tần suất tàu được thiết lập dựa trên thống kê lịch sử và hiệu chỉnh qua tham vấn chuyên gia vận hành. Việc kiểm chứng mô hình được thực hiện bằng cách so sánh kết quả mô phỏng với dữ liệu vận hành thực tế trong tháng 3 và tháng 4 năm 2024, cho thấy sai số trung bình nhỏ hơn 5%.

2.1. Những mô hình sử dụng để mô phỏng

Một mô hình sử dụng phần mềm mô phỏng của Công ty Cổ phần Portlogics đã được phát triển để tính toán các kịch bản vận hành trong quá trình khai thác tàu Ro-Ro [1].

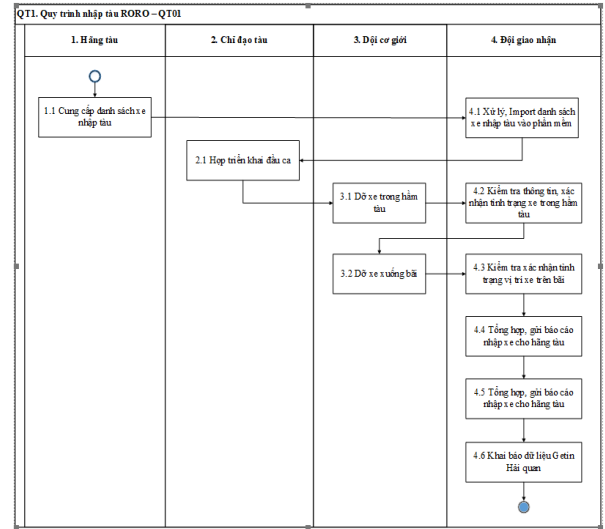
Bằng cách nhập vào các tham số như số lượng phương tiện kéo, tốc độ quay vòng / tốc độ xe lên xuống di chuyển (giá trị điển hình là 14 km/h), khoảng cách giữa các hàng đỗ xe song song và đối diện, cũng như thời gian lấy hàng, có thể thu được một màn hình giao diện thể hiện các giá trị được sử dụng để mô phỏng quản lý bãi chứa và danh mục ô tô cần quản lý (Hình 1) [2].



Hình 1. Giao diện phần mềm hiển thị vị trí xe theo từng tàu, hỗ trợ kiểm soát trực quan số lượng và loại xe trong bãi.

Đây là sơ đồ trực quan, hiển thị vị trí xếp của các xe hiện đang tồn trên bãi. Người sử dụng (NSD) có thể

chọn lọc thông tin hiển thị theo tàu nhập, số vận đơn, nhóm/loại và tên xe. Xe của các hãng được hiển thị theo màu sắc riêng do NSD tự đặt. Khi click chuột vào vị trí bất kỳ, phần mềm sẽ hiển thị thông tin kèm theo hình ảnh đại diện của xe. Từ mô phỏng có thể khẳng định rằng thời gian tại cầu cảng phụ thuộc vào kịch bản được lựa chọn.



Hình 2. Sơ đồ luồng công việc của quy trình khai thác tàu RORO.

2.2. Phân tích hệ thống của bến cảng

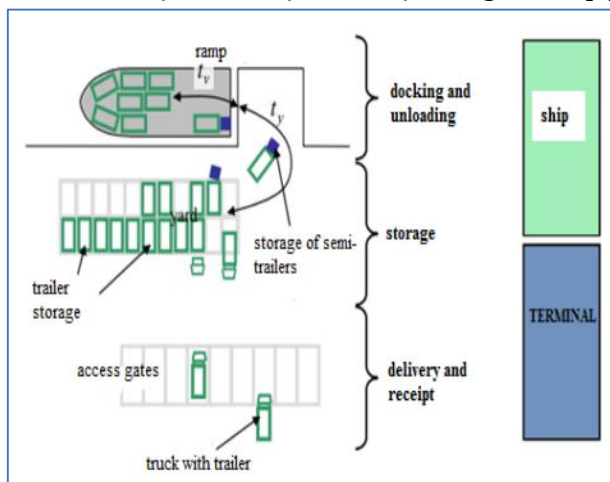
Khi phân tích hoạt động của một bến cảng container, có rất nhiều biến số liên quan mật thiết cần được xem xét, do đó việc coi bến cảng như một hệ thống sản xuất liên tục là điều hợp lý. Hệ thống này bao gồm chuỗi các giai đoạn hoặc các phân hệ riêng biệt, trong đó mỗi phân hệ cần được tối ưu hóa nhằm nâng cao hiệu suất tổng thể và tránh bất kỳ điểm nghẽn nào có thể xảy ra. Cách tiếp cận vận hành bến cảng theo hướng này cho phép tập trung vào từng quy trình riêng lẻ, giúp hiểu rõ, cải thiện và cuối cùng xác định được năng lực của từng phân hệ cũng như toàn bộ bến cảng.

Nhìn chung, hoạt động của một bến cảng có thể được chia thành bốn phân hệ chính, tương ứng tương đối với các khu vực vật lý riêng biệt trong bến: bốc/dỡ hàng từ/tới tàu sang/từ bờ, vận chuyển (từ cầu cảng đến khu vực lưu trữ), lưu trữ, và giao nhận — tất cả đều phụ thuộc vào loại hình luồng hàng hóa hoặc loại hình bến. Đối với các bến Ro-Ro, việc chia thành ba phân hệ thay vì bốn như thông thường được cho là phù hợp, vì thời gian chuyển tải trong quá trình bốc/dỡ bị ảnh hưởng đáng kể bởi cấu hình khu lưu

trữ, khiến cho việc phân tích ba phân hệ một cách riêng biệt trở nên khó khăn.

Ba phân hệ được xem xét bao gồm:

- Neo đậu;
- Lưu trữ;
- Giao nhận, như được minh họa trong Hình 4 [3].



Hình 3. Các bước tổ chức khai thác đối với tàu Ro-Ro tại bến cảng làm hàng Ro-Ro.

Phương pháp luận được xây dựng để xác định năng lực và từ đó là mức độ dịch vụ của một bến cảng cụ thể trong một cấu hình vận hành nhất định được thực hiện qua bốn giai đoạn chính, trong đó:

- Giá trị tối ưu của thời gian khai thác được ước tính;
- Xác suất chờ đợi tương ứng với thời gian khai thác đã xác định được tính toán;
- Biểu đồ năng lực của bến cảng hiện tại được vẽ; và cuối cùng;
- Mức độ của thang đo dịch vụ liên quan đến bến cảng được xác định.

Khi đã biết thời gian khai thác tại cảng, có thể xây dựng công thức phân tích để ước tính tổng thời gian tnh (thời gian dừng).

Cần lưu ý rằng thời gian xếp dỡ thay đổi đáng kể tùy theo đặc điểm của tàu, khối lượng hàng hóa và các thông số kỹ thuật của hàng.

2.3. Quy trình sản xuất

Quy trình vận hành thường diễn ra theo trình tự, nghĩa là mỗi loại hàng hóa được xếp riêng biệt với các loại khác. Vì lý do đó, thời gian khai thác được xem xét bao gồm bốn chỉ số khác, tương ứng với các loại hàng hóa chính của tàu Ro-Ro / Ro-Pax:

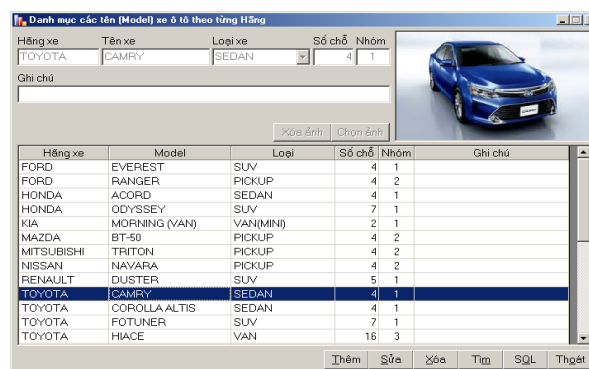
- Xe tải nguyên chiếc;
- Rơ-moóc sơ mi;

- Ô tô chở khách;
- Phương tiện khác có thiết kế hệ thống bánh lăn cũng được coi là hàng hóa.

Tại các bến Ro-Ro, kích thước dự kiến của tàu (chiều dài thực tế) không được đưa vào phương trình, vì mức độ chiếm dụng cầu cảng thực tế liên quan đến số lượng điểm tiếp cận – nơi có thể đặt khung dẫn – chứ không phải chiều dài cầu cảng có sẵn. Ở loại bến này, yếu tố liên quan đến lịch trình tàu được quan tâm hơn so với các tiêu chí khác [4]. Tuy nhiên, các bến Ro-Ro thường vận hành theo hình thức chạy định tuyến như cách khai thác của tàu container (Liner Service), do đó thời gian đến thường được hoạch định sẵn và tuân theo lịch trình nghiêm ngặt. Nhưng ngay cả như vậy, thời gian chờ trong cảng không thể ước tính chính xác và phụ thuộc vào nhiều yếu tố ngoại cảnh [6].

3. Tính Ứng Dụng tại Chi nhánh Tân Vũ, Công ty Cổ phần Cảng Hải Phòng

Phương pháp luận được đề xuất hiện đang được áp dụng cho dữ liệu của một công ty vận tải, đơn vị đang khai thác hai cầu dẫn độc lập tại một bến Ro-Ro ở Chi nhánh Tân Vũ. Cả hai cầu dẫn và các hệ thống trên cầu cảng đều hoạt động độc lập với nhau, do đó có thể phân tích riêng biệt từng hệ thống trong điều kiện thời gian chờ dự báo được, khi các tàu đến bến tuân theo lịch trình đã được thiết lập trước. Bên cạnh đó các thuộc tính quản lý liên quan đến loại hàng này bao gồm: Mục model xe; Nhóm xe tính cước (xe dưới 9 chỗ, xe 9-15 chỗ/bán tải, xe 16 trở lên, xe chuyên dụng dưới 10 tấn, 10-20, 20-30, 30-40, trên 40 tấn).



Hình 4. Các thành phần cần quản lý liên quan đến thuộc tính của xe.

3.1. Các dữ liệu giả định phục vụ nghiên cứu

Hàng hóa chỉ bao gồm xe tải và hàng hóa nằm trên sơ mi rơ-moóc, trong đó rơ-moóc là loại hàng

thứ hai đòi hỏi nhiều thời gian xếp dỡ nhất do chúng cần sử dụng thiết bị để lên kéo di chuyển trong quá trình xếp dỡ mà không tự vận hành như xe tải

Lượng hàng dỡ xuống bằng với lượng hàng được xếp lên.

Hai kịch bản khác nhau được xem xét: một trường hợp “thông thường” cho bến cảng đang nghiên cứu với 40 rơ-moóc sơ mi và 80 xe tải cần được dỡ và cùng số lượng cần được xếp lên; và một trường hợp “căng thẳng” trong đó toàn bộ hàng hóa là rơ-moóc sơ mi (160 dỡ xuống và 160 xếp lên).

Thời gian ban đầu và tổng thời gian được xác định theo cách định lượng cố định (deterministic), do đó không xét đến sự biến thiên.

Có 8 sà nêng di động và 2 cầu dẫn hoạt động đồng thời.

Thời gian xếp dỡ các rơ-moóc được giả định tuân theo phân phối chuẩn, với giá trị trung bình thu được từ sự kết hợp giữa các giá trị phân tích và mô phỏng, và độ biến thiên được xác định hoàn toàn bằng phương pháp phân tích.

- Số lượng xe tải có thể được xếp là 80 xe/giờ;
- Số lượng xe tải có thể được dỡ là 140 xe/giờ;
- Số lượng xe tải có thể được bố trí đỗ là 100 xe/giờ, và có chỗ cho 19 xe tải trên các làn đường bên trong bến cảng.

Tàu Ro-Ro trong trường hợp điển hình có hai cầu dẫn ($R = 2$).

Độ lệch chuẩn về thời gian đến của tàu là 30 phút. Độ lệch chuẩn về thời gian đến của tàu được thiết lập là 30 phút, dựa trên thống kê từ 46 lượt tàu Ro-Ro cập bến trong quý I/2024, cho thấy dao động thời gian đến chủ yếu nằm trong khoảng ± 30 phút so với lịch trình. Giá trị này phản ánh đặc thù vận hành định tuyến của tàu Ro-Ro, đồng thời đảm bảo tính khả thi trong mô phỏng kịch bản khai thác tối ưu.

3.2. Thời gian khai thác tàu

Bao gồm toàn bộ thời gian được phân bổ tại cầu cảng dành cho việc khai thác một con tàu đơn lẻ. Đây là khoảng thời gian thường kéo dài gấp đôi so với thời gian tàu neo chờ vào làm hàng tại các khu néo ở cảng, thời gian từ lúc tàu cập cầu đến lúc làm

hàng tính từ lúc tàu cập bến cho đến khi các cầu dẫn hạ xuống cầu cảng.

$$t_0 = 16 \cdot d + 3 \cdot R + 20 \quad (1)$$

Trong đó, R là số lượng cầu dẫn ($R = 2$), và d là quãng đường di chuyển từ cổng cảng đến cầu cảng (1 km).

Việc tính toán thời gian khai thác tại cảng t_{sv} được thực hiện theo phương trình (2):

$$t_{sv} = t^t + t^p + \max(t_y^{st} + t_v^{st}, t_y^{cc} + t_v^{cc}) \quad (2)$$

Trong đó t_v là thời gian tàu, t_y là thời gian trong bến cảng

Xác định t^t và t^p lần lượt theo phương trình (3) và phương trình (4):

$$t^t = \frac{1}{\mu_1^t} n_1^t + \frac{1}{\mu_u^t} \mu_u^t + t_{af}^t \quad (3)$$

$$t^p = \frac{1}{\mu_1^p} n_u^p + \frac{1}{\mu_1^p} \quad (4)$$

Trong đó μ_1^t, μ_1^p Đại diện cho số lượng phương tiện / xe tải có thể được xếp hàng trong một đơn vị thời gian; μ_u^p, μ_u^t là tổng số phương tiện có thể dỡ hàng; n_1^p, n_1^t, n_u^t là số lượng phương tiện để xếp/dỡ hàng; t_{af}^t là tổn thất do tình trạng tắc nghẽn trong khu vực bãi. Giá trị của μ tỷ lệ thuận với thể tích của các cầu dẫn trên tàu, cách bố trí chúng bên trong tàu và cơ sở vật chất của bến cảng.

4. Kết quả

Cụ thể đối với bến Ro-Ro tại Chi nhánh Tân Vũ, các kết quả thu được như sau:

$$P_1^t = 0 \dots 90 \text{ xe/giờ}; \mu_u^t = 120-150 \text{ xe/giờ};$$

$$p_1^p = 120 \dots 180 \text{ xe/giờ}; \mu_u^p = 120-180 \text{ xe/giờ}.$$

t_{af}^t được hiểu là thời gian làm thêm do năng lực của bến cảng không đủ đáp ứng. Giá trị này có thể được xác định bằng phương trình (5).

$$t_{af}^t = \frac{1}{g} (n_u^t - L) - \frac{1}{t} n_u^t \quad (5)$$

Trong đó: g là năng lực, đại diện cho tổng năng lực của tất cả các cổng ra hay các điểm thoát của xe ô tô từ tàu xuống bãi và từ bãi lên tàu của bến cảng.

Là năng lực của toàn bộ bến cảng (số lượng xe tải có thể lưu thông trong hệ thống giao thông nội bộ của bến).

Sơ mi rơ-moóc và các phương tiện thường được xếp dỡ đồng thời. Khi được xếp dỡ, điểm khác biệt chính giữa các loại hàng hóa này và những loại đã nêu ở trên là hàng hóa được đặt nằm trên các sơ mi rơ-moóc (cũng như các lô hàng ô tô) không có khả năng tự di chuyển, do đó yếu tố giới hạn không còn là năng lực của cầu dẫn trên tàu mà là số lượng đầu kéo cùng lúc thực hiện kéo các sơ mi rơ mooc lên xuống tàu.

Thời gian khai thác tàu và ảnh hưởng từ thời gian thực hiện xếp dỡ đối với loại hàng với rơ-moóc là t_v^{st} và mức độ biến động của nó cần được tính toán riêng cho từng loại tàu hoạt động trong bến cảng [7]. Các tuyến Ro-Ro thường được vận hành theo lịch trình cố định, sử dụng cùng một số tàu theo thời gian; vì vậy, khoảng thời gian này có thể được xác định cho một vài tàu thường xuyên khai thác tại bến Ro-Ro của Chi nhánh Tân Vũ. Giá trị này có thể được xấp xỉ bằng phương trình (6).

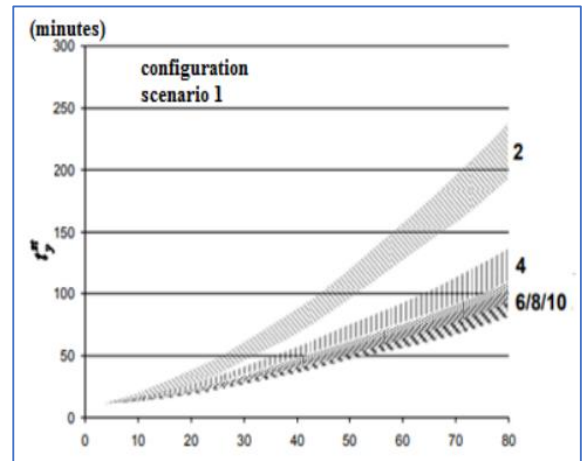
$$t_v^{st} = N \left(\frac{t_v^m (n_u^{st} + n_l^{st})}{n^m}, \frac{\sigma_v^m (n_u^{st} + n_l^{st})}{(n^m)^2} \right) \quad (6)$$

Trong đó: n_u^{st} , n_l^{st} là số lượng sơ mi rơ-moóc sơ mi được dùng để xếp và dỡ hàng; n^m đại diện cho số lượng sà lan nâng di động; $\sigma_{\{n^m\}}^2$ là biến thiên t_v^m (thời gian các sà lan nâng di động hoạt động bên trong tàu). Tuy nhiên, việc sử dụng phương trình (5) có thể không đủ chính xác. Trong trường hợp đó, tổng thời gian của sơ mi rơ-moóc t_s^t có thể được xác định thông qua mô phỏng bằng công thức t_v^m khi đã được biết trước đó.

Mặt khác, thời gian sơ mi rơ-moóc lưu lại tại cầu cảng t_y^{st} , được hiểu là giá trị thời gian khai thác diễn ra bên ngoài khu vực cầu tàu do liên quan đến việc chuẩn bị phương tiện và tập kết, cũng giống như việc đầu kéo cảng thực hiện nhận hàng tại bãi và di chuyển ra cầu tàu chờ xếp tàu và ngược lại. Do đó, sẽ được xác định sau khi mô phỏng khả năng vận hành của bến cảng. Việc ước tính các giá trị cho thời gian tối ưu tại cầu cảng, tương ứng với số lượng đơn vị hàng hóa cụ thể trong trường hợp nghiên cứu này là các xe ô tô cần di chuyển lên xuống trong các kịch bản nghiên cứu, được thực hiện thông qua các biểu đồ thời gian/số đơn vị và

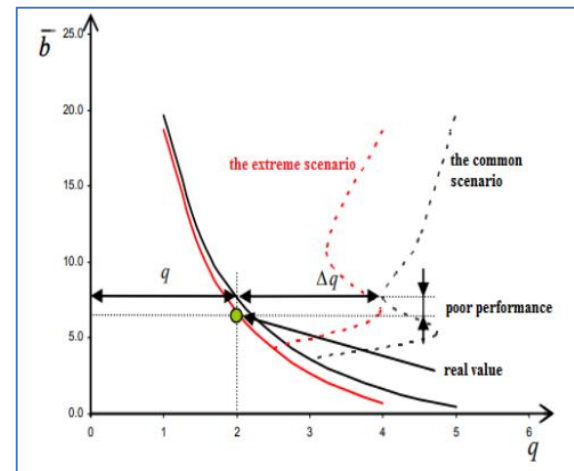
các cấu hình khác nhau của phương tiện sử dụng để di chuyển lên kéo xe trên tàu xuống và phương tiện sử dụng để xếp xe lên tàu, hoặc tự các xe dịch chuyển lên xuống tàu.

Từ kết quả mô phỏng tính toán có thể khẳng định rằng thời gian tại cầu cảng phụ thuộc vào kịch bản được lựa chọn, nhưng chỉ ở mức độ nhỏ (tổng thời gian chỉ dao động khoảng 2-3%) (Hình 5).

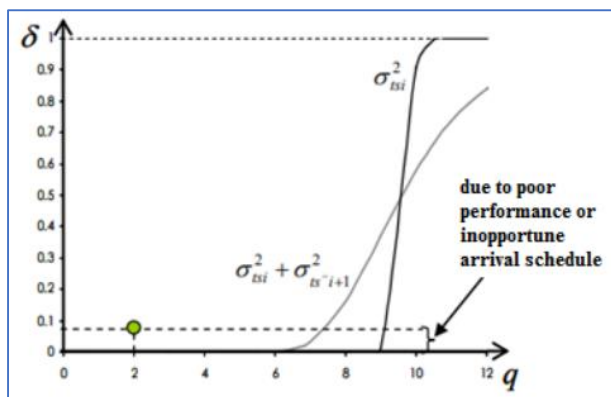


Hình 5. Ước tính các giá trị cho thời gian tối ưu tại cầu cảng, tương ứng với số lượng đơn vị hàng hóa cần xếp trong kịch bản 1.

Biết rằng độ lệch chuẩn đối với thời gian đến của tàu vào khoảng 30 phút, các số liệu sau đây được thu được (Hình 6):



Hình 6. Số lượng tàu được khai thác theo một khoảng cách trung bình nhất định và số lượng tàu có thể phục vụ mà không cần thay đổi lịch trình đến tại bến Ro-Ro của Chi nhánh Tân Vũ.



Hình 7. Mối quan hệ giữa xác suất chò đợi, số lượt tàu đến và độ biến động của thời gian đến cũng như thời gian khai thác.

Trong đó, trên trục tung là xác suất chò đợi và trên trục hoành q là lưu lượng. Bằng cách thêm các giá trị thực tế đã thu được, ta có thể xác định được số lượng tàu mỗi ngày có thể được phục vụ trong điều kiện tối ưu (theo đúng kế hoạch và thời gian khai thác).

Nhìn chung, các thông tin dữ liệu trong hình 5 minh họa mối quan hệ giữa số lượng xe và thời gian khai thác, từ đó xác định mức sản lượng tối ưu (~150 xe/giờ) mà không gây tắc nghẽn. Hình 6 cho thấy khả năng đón tàu tối đa có thể khai thác theo lịch trình không điều chỉnh là 12 chuyến/ngày. Kết quả từ mô hình được đối chiếu với số liệu vận hành thực tế, cho thấy mức độ khớp cao về sản lượng trung bình ($\pm 6\%$), xác nhận độ tin cậy của mô phỏng. Điều này củng cố vai trò của mô hình trong việc điều phối lịch tàu và bố trí nhân sự/kho bãi hợp lý.

Kết quả mô phỏng tại bến Ro-Ro Chi nhánh Tân Vũ cho thấy một số chỉ số hiệu suất quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình khai thác. Cụ thể:

P_1^t : đại diện cho xác suất thời gian phục vụ vượt ngưỡng cho phép – cho thấy giá trị tính toán trung bình đạt dưới 0.12 trong các kịch bản tối ưu khi xây dựng và đưa tham số tính toán vào phần mềm. Điều này phản ánh mức độ kiểm soát hiệu quả đối với thời gian tàu nằm tại cầu cảng, giúp hạn chế nguy cơ khai thác dưới công suất yêu cầu cho tàu.

μ_u^p : năng suất trung bình của các điểm mà nhân viên giao nhận thực hiện kiểm đếm phương tiện (unit processing rate) – dao động từ 120 đến 180 xe/giờ tùy loại phương tiện và phương án điều khiển lên xuống khác nhau của người lái. Khi kết

hợp với số liệu thực tế, giá trị mô phỏng của μ_u^p chênh lệch không quá $\pm 6\%$ so với năng suất khai thác trung bình được ghi nhận trong báo cáo vận hành tháng 3 và 4/2024, cho thấy độ phù hợp cao của mô hình.

Ngoài ra, các tham số như λ (tốc độ khai thác của tàu), σ (độ lệch chuẩn thời gian đến của tàu), và hệ số giảm năng lực khai thác η cũng được đưa vào mô hình để đánh giá tính ổn định trong các điều kiện khai thác khác nhau. Mô hình cho thấy khi σ vượt quá 45 phút, xác suất tàu phải chờ cầu tăng lên trên 20%, ảnh hưởng trực tiếp đến tổng thời gian khai thác trung bình mỗi ca làm việc.

Để kiểm chứng độ tin cậy của mô hình, nhóm nghiên cứu đã tiến hành so sánh các kết quả mô phỏng với dữ liệu thực tế từ hệ thống Portlogics và nhật ký vận hành tại hiện trường. Trong kịch bản tiêu chuẩn (40 rơ-móc chứa hàng và 80 xe tải được khai thác), tổng thời gian khai thác mô phỏng là 215 phút, gần trùng với thời gian thực tế ghi nhận trung bình 210 phút (sai số ~2.4%). Điều này xác nhận độ chính xác và tính ứng dụng của mô hình trong việc lập kế hoạch khai thác và bố trí tài nguyên hợp lý tại bến cảng.

5. Kết Luận

Khi ứng dụng phần mềm vào công tác quản lý và thực hiện nghiệp vụ, toàn bộ thông tin dữ liệu phát sinh có liên quan đều được cập nhật một cách liên tục, chi tiết rõ ràng. Tuy nhiên việc phối hợp giữa bộ phận làm khai thác và bộ phận công nghệ thông tin tiến hành phân tích đưa ra các thuật toán, tham số giúp tinh chỉnh và nâng cao hiệu quả phần mềm là vai trò trách nhiệm của các cá nhân/đơn vị có liên quan đến hoạt động này. Việc kiểm tra, quản lý thông tin dữ liệu/chứng từ cũng đã trở nên rõ ràng, trực quan. Các dữ liệu thu thập phục vụ xây dựng các công thức mô phỏng tính toán thực tế từ các biểu mẫu báo cáo sản lượng/dịch vụ làm căn cứ tính cước kết xuất từ phần mềm đã đáp ứng được yêu cầu quản lý nghiệp vụ.

Nghiên cứu đã thiết lập mô hình, đưa ra các thuật toán tính toán giúp mô phỏng vận hành tàu Ro-Ro tại Chi nhánh Tân Vũ dựa trên dữ liệu thực tiễn và phân tích định lượng. Kết quả cho thấy thời gian khai thác và lưu bến có thể được tối ưu hóa bằng cách điều chỉnh loại hình phương tiện, số lượng cầu dẫn và lịch trình tàu. Mô hình cũng giúp xác định được năng lực

tối đa của bến, hỗ trợ ra quyết định điều hành khai thác hiệu quả hơn. Đây là công cụ hỗ trợ thiết thực trong bối cảnh nhu cầu vận tải Ro-Ro ngày càng gia tăng và là cơ sở để nhân rộng mô hình tại các bến khác trong hệ thống cảng biển Việt Nam.

Tóm lại, việc thực hiện thành công đề tài đã đem lại lợi ích thiết thực cả về giá trị kinh tế làm lợi lẫn góp phần nâng cao chất lượng thực hiện nghiệp vụ cũng như nâng cao hiệu quả quản lý và sản xuất kinh doanh tại Chi nhánh nói riêng và Công ty nói chung.

Tuyên bố không xung đột lợi ích và cam kết bản quyền

Tác giả khẳng định không xuất hiện những xung đột tiềm ẩn từ nghiên cứu này, và cam kết bài báo chưa từng được công bố trước đây.

Chia sẻ dữ liệu theo yêu cầu

Dữ liệu sẽ được cung cấp theo yêu cầu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT24-25.113.

Tài liệu tham khảo

[1] Lanner Group Ltd., “WITNESS Simulation Software,” *Lanner.com*, [Online]. Available: [https://www.lanner.com/en-](https://www.lanner.com/en-us/technology/witnesssimulation-software.html)

[us/technology/witnesssimulation-software.html](https://www.lanner.com/en-us/technology/witnesssimulation-software.html). [Accessed: Jul. 14, 2025].

- [2] R. A. Daineanu, *Modern Technologies Implemented in the Operation of Maritime Container and Ro-Ro Terminals*, Doctoral Dissertation No. 3, Constanta Maritime University, Romania, 2019, p. 27.
- [3] M. B. M. De los Santos, “Discrete Event Simulation in Container Terminals,” [Online]. Available: <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/08/7597-English-TarjomeFa.pdf>. [Accessed: Jul. 14, 2025].
- [4] H. Agerschou, “Facilities Requirements,” in *Planning and Design of Ports and Marine Terminals*, 2nd ed., London, U.K.: Thomas Telford Ltd., 2004, pp. 5–20.
- [5] E. Asperen, R. Dekker, and M. van der Meer, “Arrival Processes in Port Modelling: Insights from a Case Study,” *Econometric Institute Report EI2005-08*, Erasmus University Rotterdam, 2005. [Online]. Available: <https://repub.eur.nl/pub/1843/>.
- [6] K. Bichou and R. Gray, “A Logistics and Supply Chain Management Approach to Port Performance Measurement,” *Maritime Policy & Management*, vol. 31, no. 1, pp. 47–67, Jan. 2004. doi: 10.1080/0308883032000174458.
- [7] J. Dai, M. Chen, and Y. Quan, “Berth Allocation Planning Optimization in Container Terminals,” in *Supply Chain Analysis: A Handbook on the Interaction of Information, System and Optimization*, C. S. Tang, C.-P. Teo, and K. K. Wei, Eds. New York, NY, USA: Springer, 2008, pp. 69–104. doi: 10.1007/978-0-387-73699-0_4.