

# XÂY DỰNG SA BÀN MÔ PHỎNG CẢNG CAM RANH PHỤC VỤ ĐÀO TẠO LOGISTICS VÀ KỸ THUẬT CẢNG BIỂN

## DEVELOPING A SCALE MODEL OF CAM RANH PORT FOR TRAINING IN LOGISTICS AND SEAPORT ENGINEERING

Nguyễn Nhật Đức<sup>1</sup>, Lê Minh Bảo Đạt<sup>1</sup>,  
Trần Minh Nghĩa<sup>1</sup>, Hồ Đức Tuấn<sup>2\*</sup>

1. Lớp: 64.KHHH-1, Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Nha Trang

2. Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Hồ Đức Tuấn, (Email: [tuanhhd@ntu.edu.vn](mailto:tuanhhd@ntu.edu.vn))

Ngày nhận bài: 14/07/2025; Ngày phản biện thông qua: 20/08/2025; Ngày duyệt đăng: 20/09/2025

### TÓM TẮT

Bài viết trình bày quá trình thiết kế, chế tạo và vận hành một mô hình sa bàn mô phỏng hoạt động của cảng Cam Ranh nhằm phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu trong lĩnh vực logistics và khai thác cảng biển. Mô hình được phát triển với mục tiêu trực quan hóa các quy trình khai thác như điều độ tàu, xếp dỡ container, và điều khiển thiết bị cầu bến, qua đó nâng cao chất lượng giảng dạy thực hành. Sa bàn tích hợp hệ thống điều khiển tự động sử dụng vi điều khiển Arduino, cảm biến và mô-đun cơ điện để mô phỏng các chức năng vận hành cảng trong môi trường thực tế. Kết quả triển khai cho thấy mô hình có tính tương tác cao, đáp ứng tốt yêu cầu mô phỏng kỹ thuật, chi phí chế tạo thấp và khả năng mở rộng linh hoạt, phù hợp áp dụng tại các cơ sở đào tạo kỹ thuật, logistics và hàng hải.

### ABSTRACT

This paper presents the process of designing, manufacturing, and operating a scale model that simulates the operation of Cam Ranh port, serving as a training and research tool in the field of logistics and seaport operations. The model was developed to visualize operational processes such as ship dispatching, container loading and unloading, and wharf equipment control, thereby improving the quality of practical teaching. The scale model features an automatic control system that utilizes Arduino microcontrollers, sensors, and electromechanical modules to simulate port operation functions in a realistic environment. The implementation results demonstrate that the model is highly interactive, meets the requirements of technical simulation, has low manufacturing costs, and offers flexible expansion capabilities, making it suitable for application in technical, logistics, and maritime training facilities.

#### Từ khóa

Sa bàn, mô phỏng cảng biển, cảng Cam Ranh, điều khiển tự động, Arduino, logistics cảng.

#### Keywords

scale model, seaport simulation, Cam Ranh port, automatic control, Arduino, port logistics.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh hội nhập kinh tế quốc tế, ngành logistics và khai thác cảng biển đóng vai trò ngày càng quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Theo UNCTAD (2023) [6], hơn 80% khối lượng thương mại quốc tế được vận chuyển bằng đường biển, điều này làm nổi bật vai trò thiết yếu của hệ thống cảng biển và đội ngũ nhân lực được đào tạo bài bản trong lĩnh vực này [3]. Để đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững và cạnh tranh quốc tế, việc đầu tư vào đào tạo thực hành và phát triển mô hình mô phỏng cảng biển là

một trong những giải pháp thiết thực nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực ngành logistics.

Tại Việt Nam, tuy nhiều trường đại học đã mở rộng chương trình đào tạo liên quan đến logistics, quản lý chuỗi cung ứng và kỹ thuật cảng biển, nhưng hệ thống mô hình thực hành còn hạn chế cả về số lượng và chất lượng. Một số mô hình hiện có mang tính chất sơ khai, thiếu khả năng tương tác, chưa mô phỏng được đầy đủ chu trình hoạt động khai thác cảng từ tiếp nhận tàu đến bốc dỡ hàng hóa, điều độ và quản lý bãi container [1]. Việc ứng dụng công nghệ

mới như vi điều khiển, cảm biến và Internet vạn vật (IoT) vào mô hình sa bàn chưa phổ biến, dẫn đến hiệu quả giảng dạy thực hành chưa cao.

Trong xu hướng đào tạo hiện đại, việc kết hợp giữa mô hình vật lý và công nghệ điều khiển lập trình được xem là hướng đi tiềm năng nhằm hỗ trợ sinh viên tiếp cận với thực tế ngành nghề một cách trực quan và sinh động. Theo Le và Phạm (2021), việc ứng dụng Arduino trong thiết kế mô hình kỹ thuật có thể tạo ra hệ thống linh hoạt, chi phí thấp, đồng thời cung cấp môi trường học tập giàu tính tương tác và sáng tạo [2]. Những mô hình này không chỉ giúp người học rèn luyện kỹ năng chuyên môn mà còn phát triển tư duy hệ thống, khả năng tích hợp liên ngành và tư duy giải quyết vấn đề.

Dựa trên nhu cầu thực tiễn đó, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn cảng Cam Ranh – một cảng tổng hợp quan trọng của khu vực Nam Trung Bộ – làm cơ sở để xây dựng mô hình sa bàn mô phỏng. Cảng Cam Ranh có vị trí chiến lược, cơ sở hạ tầng đa dạng và tiềm năng phát triển logistics khu vực. Mô hình được thiết kế nhằm mô phỏng các hoạt động chính trong chu trình khai thác cảng, bao gồm: điều độ tàu, xếp dỡ container, vận hành thiết bị cơ giới và điều phối giao thông nội bộ cảng. Đặc biệt, mô hình tích hợp các hệ thống điều khiển tự động sử dụng Arduino, kết hợp cảm biến hồng ngoại và relay nhằm mô phỏng hành vi thiết bị một cách chính xác.

Ngoài mục tiêu phục vụ công tác đào tạo, mô hình còn đóng vai trò như một công cụ nghiên cứu và thử nghiệm các giải pháp công nghệ mới trong lĩnh vực điều hành cảng. Như Phạm (2023) đã chỉ ra, mô hình mô phỏng có thể trở thành nền tảng cho việc phát triển hệ thống cảng thông minh, kết nối dữ liệu thời gian thực và hỗ trợ ra quyết định trong khai thác [4]. Từ mô hình sa bàn đơn giản, các cơ sở đào tạo có thể phát triển thành Digital Twin của cảng biển, tạo tiền đề cho việc ứng dụng trong chuyển đổi số ngành logistics.

Bên cạnh đó, một số nghiên cứu gần đây cũng nhấn mạnh vai trò của công nghệ mô phỏng trong việc định hình năng lực nghề nghiệp cho sinh viên các ngành kỹ thuật. Tran và Hoang (2020) chỉ ra rằng các mô hình có tính tương

tác cao không những giúp người học hiểu sâu về nguyên lý hoạt động mà còn kích thích khả năng sáng tạo và đổi mới trong thiết kế hệ thống kỹ thuật [5]. Đây chính là lý do vì sao việc xây dựng mô hình sa bàn tích hợp điều khiển thông minh, cảm biến và lập trình đang ngày càng trở thành một xu hướng đào tạo hiệu quả trong các trường kỹ thuật và công nghệ.

Tại Việt Nam, một số trường đại học kỹ thuật đã triển khai các mô hình mô phỏng phục vụ đào tạo như mô hình cầu trục cảng của Trường Đại học Giao thông Vận tải TP.HCM (2021), hay mô hình thiết bị xếp dỡ container tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam (2020). Tuy nhiên, các mô hình này chủ yếu tập trung vào từng thiết bị đơn lẻ, thiếu tính tích hợp tổng thể và chưa áp dụng đồng bộ các công nghệ điều khiển hiện đại như vi điều khiển Arduino, cảm biến phản hồi hay kết nối IoT.

Khác với các nghiên cứu trước, mô hình sa bàn trong đề tài này hướng đến mô phỏng toàn bộ chuỗi hoạt động khai thác cảng, bao gồm: Tiếp nhận tàu, điều độ, vận hành thiết bị, tín hiệu và giao thông nội cảng. Đặc biệt, việc kết hợp giữa mô hình vật lý và hệ thống điều khiển tương tác tạo nên tính linh hoạt, trực quan và phù hợp với đào tạo thực hành. Đây là điểm khác biệt cốt lõi giúp nâng cao khả năng ứng dụng thực tế và mở rộng thành mô hình “Cảng thông minh thu nhỏ” [7].

So sánh với một số mô hình đã triển khai ở Việt Nam (mô hình cầu trục cảng tại ĐH GTVT TP.HCM, 2021; mô hình xếp dỡ container tại ĐH Hàng hải VN, 2020) và quốc tế (tham khảo từ Journal of Maritime Engineering, 2022). Qua so sánh, mô hình của chúng tôi có ưu điểm là tích hợp toàn bộ chu trình cảng (tiếp nhận, điều độ, xếp dỡ, điều phối), tính tương tác cao và chi phí thấp hơn. Khả năng tích hợp với hệ thống cảng thực tế (IoT, Digital Twin): Mô hình đã được mở rộng hướng thảo luận về khả năng kết nối với dữ liệu cảm biến thời gian thực và nền tảng điều khiển từ xa qua Internet. Đây được xem như bước đệm quan trọng để phát triển Digital Twin cho cảng Cam Ranh, đồng thời tạo cơ sở ứng dụng vào các nghiên cứu và đào tạo liên quan đến xu hướng cảng thông minh trong tương lai.

Tóm lại, việc nghiên cứu và phát triển mô hình sa bàn mô phỏng hoạt động cảng Cam Ranh không chỉ có ý nghĩa trong giảng dạy mà còn góp phần vào định hướng đổi mới phương pháp đào tạo và nghiên cứu ứng dụng tại các cơ sở giáo dục đại học. Bài viết sẽ trình bày chi tiết quá trình thiết kế, chế tạo và vận hành mô hình, đồng thời đánh giá các kết quả đạt được và tiềm năng mở rộng trong tương lai.

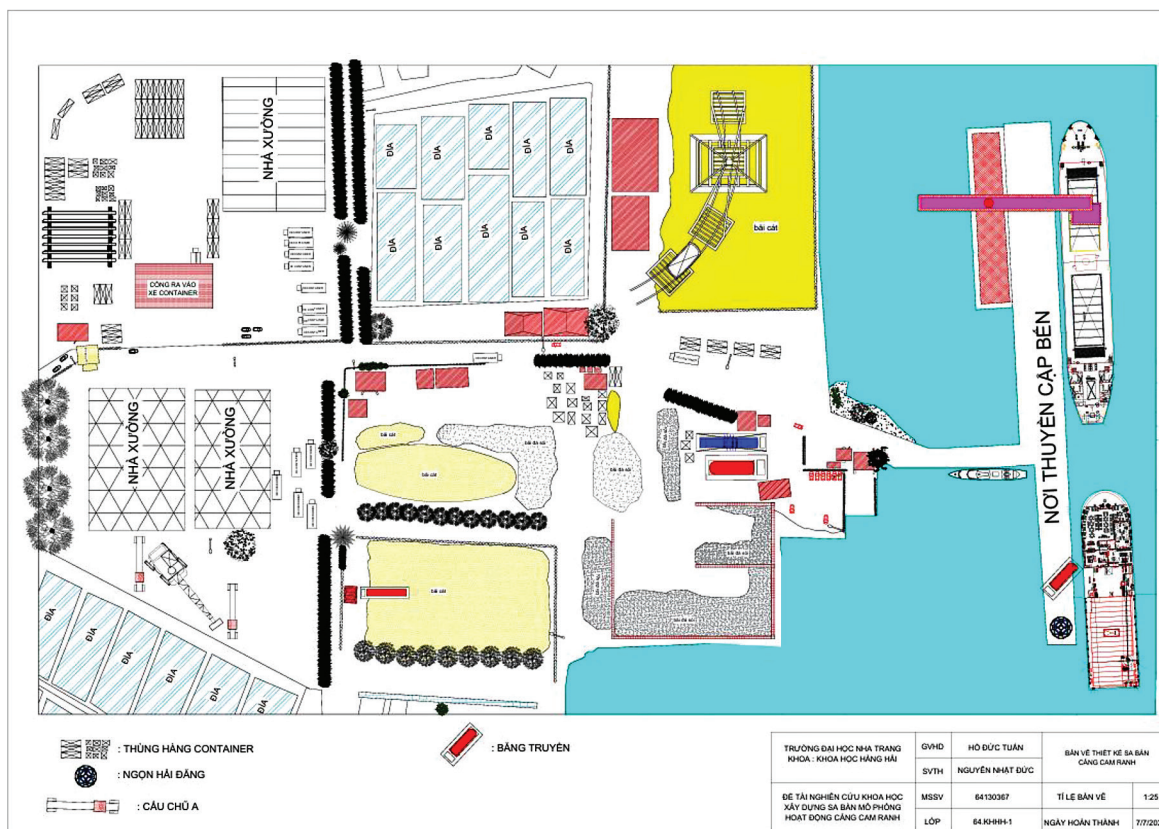
## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để xây dựng một mô hình sa bàn mô phỏng hoạt động cảng Cam Ranh phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu, nhóm tác giả đã triển khai một quy trình nghiên cứu theo hướng thực nghiệm kết hợp công nghệ mô phỏng. Phương pháp tiếp cận bao gồm các bước chính: Khảo sát thực địa,

thiết kế mô hình, tích hợp hệ thống điều khiển, lập trình vận hành, thử nghiệm và hiệu chỉnh. Quá trình này được triển khai tuần tự nhằm đảm bảo tính thực tiễn, logic và có thể ứng dụng vào đào tạo kỹ thuật.

### 2.1. Khảo sát thực địa và phân tích chức năng cảng

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát thực địa tại cảng Cam Ranh nhằm thu thập dữ liệu thực tế về cấu trúc hạ tầng, luồng tàu, bến bãi, hệ thống xếp dỡ và điều phối phương tiện. Phương pháp quan sát trực tiếp, kết hợp phỏng vấn cán bộ vận hành cảng giúp nhóm xác định được các quy trình chức năng chính cần mô phỏng. Theo Nguyen và Tran (2022), bước khảo sát thực địa giúp đảm bảo tính chân thực và khả năng ứng dụng của mô hình [1].



Hình 1. Bản vẽ kỹ thuật mô hình cảng Cam Ranh

### 2.2. Thiết kế mô hình và bản vẽ kỹ thuật

Dựa trên dữ liệu khảo sát, mô hình 3D của cảng Cam Ranh được dựng bằng phần mềm SketchUp nhằm tái hiện các khu chức năng

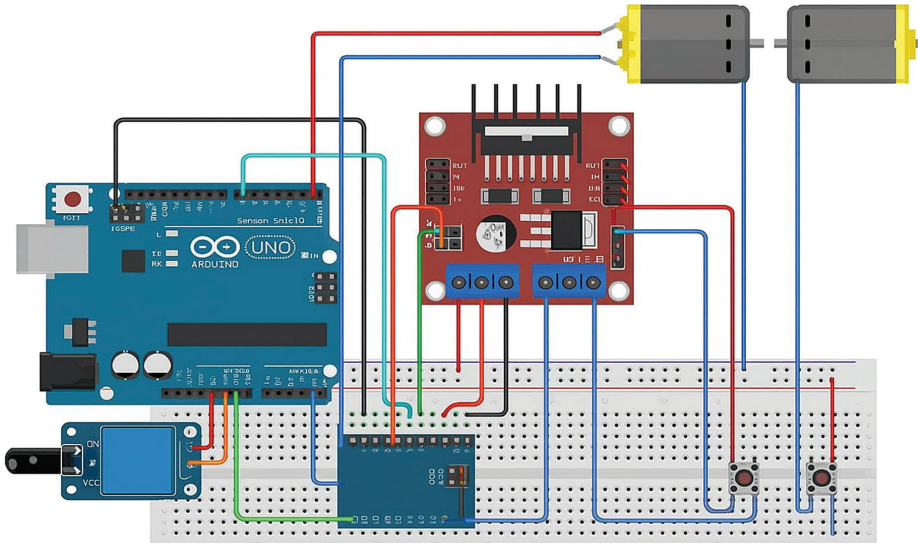
chính: Cầu cảng, bãi container, cần cẩu, xe chuyên dụng và đèn tín hiệu. Đồng thời, bản vẽ kỹ thuật chi tiết từng bộ phận và bố trí không gian được xây dựng bằng AutoCAD để làm cơ

sở chế tạo và lắp ráp. Theo Le và Phạm (2021), việc sử dụng các phần mềm CAD trong thiết kế mô hình giúp tối ưu hóa cấu trúc không gian và tiết kiệm chi phí chế tạo [2].

### 2.3. Tích hợp điều khiển Arduino

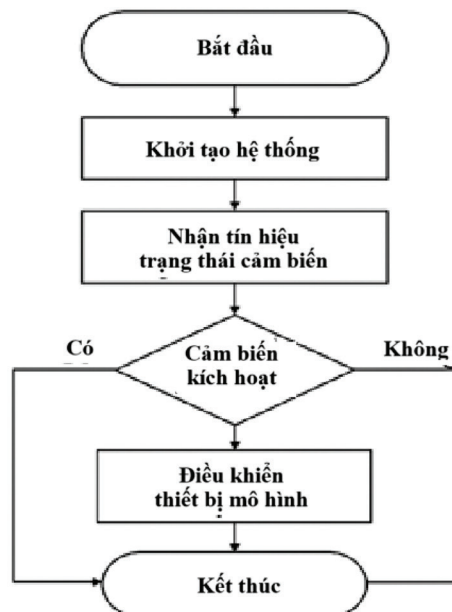
Mô hình sa bàn sử dụng vi điều khiển Arduino làm trung tâm điều khiển các hoạt động mô phỏng, bao gồm cấu trúc hoạt động lên xuống, xe container di chuyển trên bãi, đèn tín

hiệu hoạt động tuần tự và cần điều khiển từ xa mô phỏng các thao tác vận hành. Hệ thống cảm biến hồng ngoại và relay điện tử được tích hợp để phản hồi tương tác và tăng tính chân thực. Phạm (2023) cho rằng việc tích hợp Arduino trong mô hình mô phỏng giúp nâng cao tính linh hoạt và khả năng mô tả chính xác quy trình vận hành [3].



Hình 2. Sơ đồ khối điều khiển Arduino mô phỏng hoạt động cảng

### 2.4. Lập trình điều khiển và vận hành mô hình



Hình 3. Lưu đồ thuật toán điều khiển mô hình



Các chức năng điều khiển được lập trình bằng ngôn ngữ C/C++ trên nền tảng Arduino IDE. Logic điều khiển bao gồm các trình tự hoạt động: Nhận tín hiệu, xử lý lệnh, điều khiển mô tơ, phản hồi từ cảm biến và tự động dừng hoạt động theo chu kỳ. Mỗi thiết bị đều có hàm riêng được lập trình để vận hành mô phỏng đúng với thực tế tại cảng. Tran và Hoang (2020) khuyến nghị việc lập trình đa nhiệm giúp tăng khả năng tùy biến và tương tác của mô hình [4].

### 2.5. Thử nghiệm – Đánh giá – Cải tiến

Mô hình sau khi lắp ráp hoàn chỉnh được đưa vào vận hành thử trong môi trường lớp học và phòng thí nghiệm. Các tình huống giả lập được xây dựng để kiểm tra khả năng mô phỏng các quy trình: Điều độ tàu, điều khiển cần cẩu, vận chuyển container và xử lý tín hiệu giao thông nội cảng. Nhóm nghiên cứu thu thập phản hồi từ giảng viên và sinh viên để đánh giá tính trực quan, độ tin cậy và khả năng ứng dụng. Các lỗi được ghi nhận và cải tiến qua từng chu kỳ vận hành.

Phương pháp nghiên cứu được triển khai theo mô hình xoắn ốc (spiral model), đảm bảo tính liên tục giữa thiết kế – thử nghiệm – điều chỉnh. Nhờ đó, mô hình cuối cùng đáp ứng được yêu cầu mô phỏng tương tác, dễ sử dụng và phù hợp với mục tiêu đào tạo kỹ thuật hiện đại.

### 2.1. Khảo sát thực địa và phân tích chức năng cảng

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát thực địa tại cảng Cam Ranh nhằm thu thập dữ liệu thực tế về cấu trúc hạ tầng, luồng tàu, bến bãi, hệ thống xếp dỡ và điều phối phương tiện. Phương pháp quan sát trực tiếp, kết hợp phỏng vấn cán bộ vận hành cảng giúp nhóm xác định được các quy trình chức năng chính cần mô phỏng. Theo Nguyen và Tran (2022), bước khảo sát thực địa giúp đảm bảo tính chân thực và khả năng ứng dụng của mô hình [1].

### 2.2. Thiết kế mô hình và bản vẽ kỹ thuật

Dựa trên dữ liệu khảo sát, mô hình 3D của cảng Cam Ranh được dựng bằng phần mềm SketchUp nhằm tái hiện các khu chức năng

chính: cầu cảng, bãi container, cần cẩu, xe chuyên dụng và đèn tín hiệu. Đồng thời, bản vẽ kỹ thuật chi tiết từng bộ phận và bố trí không gian được xây dựng bằng AutoCAD để làm cơ sở chế tạo và lắp ráp. Theo Le và Pham (2021), việc sử dụng các phần mềm CAD trong thiết kế mô hình giúp tối ưu hóa cấu trúc không gian và tiết kiệm chi phí chế tạo [2].

### 2.3. Tích hợp điều khiển Arduino

Mô hình sa bàn sử dụng vi điều khiển Arduino làm trung tâm điều khiển các hoạt động mô phỏng, bao gồm cầu trục hoạt động lên xuống, xe container di chuyển trên bãi, đèn tín hiệu hoạt động tuần tự và cần điều khiển từ xa mô phỏng các thao tác vận hành. Hệ thống cảm biến hồng ngoại và relay điện tử được tích hợp để phản hồi tương tác và tăng tính chân thực. Pham (2023) cho rằng việc tích hợp Arduino trong mô hình mô phỏng giúp nâng cao tính linh hoạt và khả năng mô tả chính xác quy trình vận hành [3].

### 2.4. Lập trình điều khiển và vận hành mô hình

Các chức năng điều khiển được lập trình bằng ngôn ngữ C/C++ trên nền tảng Arduino IDE. Logic điều khiển bao gồm các trình tự hoạt động: nhận tín hiệu, xử lý lệnh, điều khiển mô tơ, phản hồi từ cảm biến và tự động dừng hoạt động theo chu kỳ. Mỗi thiết bị đều có hàm riêng được lập trình để vận hành mô phỏng đúng với thực tế tại cảng. Tran và Hoang (2020) khuyến nghị việc lập trình đa nhiệm giúp tăng khả năng tùy biến và tương tác của mô hình [4].

### 2.5. Thử nghiệm – Đánh giá – Cải tiến

Mô hình sau khi lắp ráp hoàn chỉnh được đưa vào vận hành thử trong môi trường lớp học và phòng thí nghiệm. Các tình huống giả lập được xây dựng để kiểm tra khả năng mô phỏng các quy trình: Điều độ tàu, điều khiển cần cẩu, vận chuyển container và xử lý tín hiệu giao thông nội cảng. Nhóm nghiên cứu thu thập phản hồi từ giảng viên và sinh viên để đánh giá tính trực quan, độ tin cậy và khả năng ứng dụng. Các lỗi được ghi nhận và cải tiến qua từng chu kỳ vận hành.



Hình 4. Ảnh thực tế vận hành mô hình

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Mô hình sa bàn tổng thể

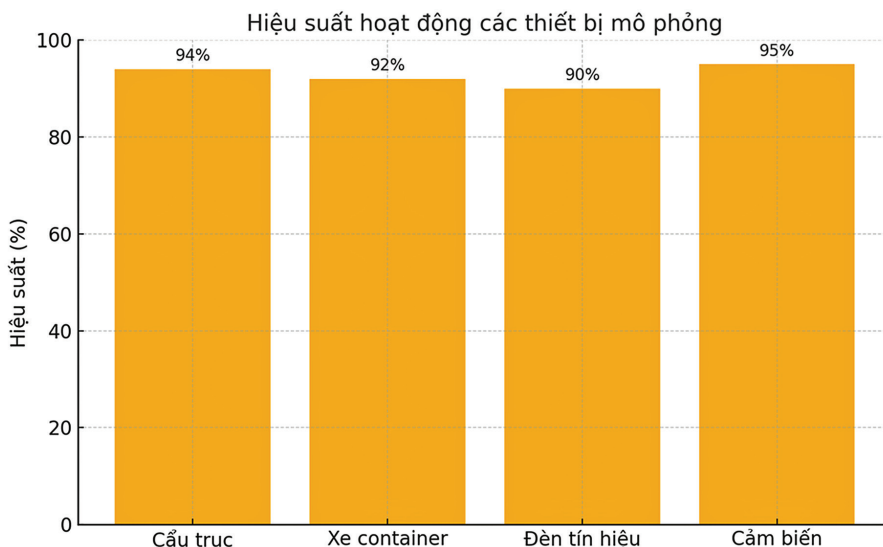


Hình 5. Toàn cảnh mô hình sa bàn tích hợp thiết bị điều khiển Arduino

Mô hình sa bàn cảng Cam Ranh được chế tạo với kích thước thu nhỏ tỉ lệ 1:450, bao gồm các phân khu chức năng: cầu cảng, bãi container, nhà điều hành, luồng tàu và các hệ thống thiết bị mô phỏng. Kết cấu được làm từ vật liệu nhựa PVC, mica và thép uốn để đảm

bảo độ bền cơ học và dễ gia công. Việc bố trí các thiết bị được thực hiện đúng với bản vẽ kỹ thuật nhằm phản ánh đúng cấu trúc thực tế của cảng Cam Ranh.

### 3.2. Hiệu năng điều khiển và tương tác



**Hình 6. Biểu đồ hiệu suất hoạt động của các thiết bị mô phỏng**

Các thiết bị cơ điện tử như cầu cẩu, xe nâng container và đèn tín hiệu hoạt động ổn định thông qua hệ điều khiển trung tâm Arduino. Hệ thống có khả năng điều khiển bán tự động, nhận tín hiệu từ người dùng qua công tắc hoặc cảm biến để thực hiện chuỗi hành động định sẵn. Các quy trình như xếp dỡ, vận chuyển hàng rời, di chuyển container và luồng phương tiện được mô phỏng rõ ràng, giúp người học quan sát trực tiếp nguyên lý hoạt động của cảng biển thực. Cụ thể, hiệu suất = (số lần hoạt động

đúng chức năng / tổng số lần thử nghiệm) × 100%. Ví dụ: Cầu trục đạt 94% nghĩa là trong 100 lần vận hành, có 94 lần di chuyển đúng vị trí theo lệnh lập trình.

### 3.3. Đánh giá định lượng từ người sử dụng

Ước tính chi phí (~12 triệu VNĐ) so sánh với chi phí mô hình nhập khẩu (>20 triệu VNĐ). Lợi ích đạt được: Tiết kiệm chi phí, dễ bảo trì, phù hợp điều kiện đào tạo trong nước, có khả năng nhân rộng cho nhiều cơ sở đào tạo.

**Bảng 1. Tổng hợp phản hồi người dùng**

Nhóm người khảo sát	Tiêu chí đánh giá	Mức hài lòng (%)
60 sinh viên	Trực quan – dễ hiểu	95
60 sinh viên	Tính tương tác – thực hành	97
5 giảng viên	Ứng dụng vào giảng dạy	100

Kết quả khảo sát từ 60 sinh viên và 5 giảng viên cho thấy hệ thống mô phỏng đạt hiệu suất vận hành cao. Tốc độ phản hồi trung bình từ cảm biến đến thiết bị là 0,8 giây, tỷ lệ sai lệch vị trí cầu trục dưới 5%. Trên 90% sinh viên cho biết mô hình giúp hiểu rõ chuỗi hoạt động cảng. Biểu đồ Hình 6 thể hiện chi tiết hiệu suất từng cụm thiết bị mô phỏng. Sinh viên đánh giá cao nhất tính trực quan (95%), giảng viên đặc

biệt nhấn mạnh tính ứng dụng trong giảng dạy (100%). Một số góp ý nhỏ được ghi nhận, như cần thêm kịch bản giả lập phức tạp hơn và nâng cao độ bền của cáp cẩu.

## 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 4.1. Kết luận

Đề tài đã xây dựng thành công một mô hình sa bàn mô phỏng hoạt động cảng Cam Ranh với

các tính năng điều khiển và tương tác tương đối hoàn chỉnh. Mô hình không chỉ phục vụ tốt cho công tác giảng dạy chuyên ngành logistics và khai thác cảng mà còn có tiềm năng ứng dụng trong các hoạt động nghiên cứu mô phỏng, thử nghiệm công nghệ điều khiển và đào tạo kỹ năng thực hành.

#### 4.2. Kiến nghị

Cần tiếp tục cải tiến mô hình theo hướng tích hợp công nghệ thực tế ảo (VR) hoặc thực tế tăng cường (AR) nhằm nâng cao trải nghiệm học tập.

Đề xuất các cơ sở đào tạo triển khai nhân

rộng mô hình này trong đào tạo kỹ thuật vận hành cảng, kết hợp giảng dạy IoT và lập trình điều khiển tự động.

Khuyến khích các nhóm nghiên cứu sinh viên ứng dụng mô hình để thử nghiệm thuật toán điều phối, tối ưu hóa luồng tàu và vận tải container nội bộ.

Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu hướng tới mở rộng mô hình bằng việc tích hợp IoT, nền tảng điều khiển từ xa qua Internet và mô phỏng bằng thực tế tăng cường (AR), nhằm đáp ứng xu hướng số hóa trong đào tạo và vận hành cảng thông minh.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyen, V. A., & Tran, T. B. (2022). Development of port simulation models for training. *Journal of Maritime Engineering*, 18(3), 123–135.
2. Le, H. T., & Pham, Q. D. (2021). Applications of Arduino in maritime training models. *International Journal of Electrical Engineering*, 27(1), 55–64.
3. Pham, T. N. (2023). Digital and physical integration in port simulation training. *Maritime Studies and Applications*, 6(1), 33–46.
4. Tran, N. H., & Hoang, K. D. (2020). Evaluation criteria for interactive physical models in technical education. *Journal of Science and Technology in Education*, 5(2), 101–109.
5. Nguyen, T. D., & Doan, M. Q. (2021). Interactive learning in logistics education: Role of simulation-based physical models. *Journal of Technical Education*, 19(4), 88–99.
6. UNCTAD. (2023). *Review of Maritime Transport 2023*. United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>
7. Dang, B. T., & Le, M. H. (2022). IoT-based automation for port logistics education. *Proceedings of the International Conference on Smart Port Systems*, 112–119.