

Các rào cản đối với chuyển đổi số tại cảng biển Hải Phòng: Phân tích dựa trên khung PESTLE

Barriers to digital transformation at Hai Phong seaport: A PESTLE-based analysis

> TS NGUYỄN PHONG NHÃ¹, TS PHẠM THỊ YẾN^{2*}

¹Bộ môn Quản trị Kinh doanh, Trường Đại học FPT

²Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: phamyen@vamaru.edu.vn

TÓM TẮT

Chuyển đổi số mang lại cơ hội nâng cao hiệu quả và năng lực cạnh tranh cho các cảng biển, nhưng quá trình triển khai tại cảng Hải Phòng vẫn gặp nhiều rào cản. Nghiên cứu sử dụng phương pháp định tính, kết hợp phân tích tài liệu thứ cấp và ý kiến chuyên gia theo khung PESTLE để xác định các thách thức như tâm lý e ngại thay đổi, thiếu kỹ năng số, hạ tầng công nghệ hạn chế, chi phí đầu tư cao và khung pháp lý chưa đồng bộ. Từ đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp về đào tạo nhân lực, đầu tư hạ tầng, hoàn thiện chính sách và tăng cường hợp tác công - tư nhằm thúc đẩy quá trình số hóa tại cảng.

Từ khóa: Chuyển đổi số; cảng thông minh; Hải Phòng; rào cản; phân tích PESTLE.

ABSTRACT

Digital transformation presents opportunities to improve efficiency and competitiveness in seaports, yet its implementation at Hai Phong Port faces several challenges. This study adopts a qualitative approach, combining secondary data analysis and expert insights within the PESTLE framework to identify key barriers, including resistance to change, digital skill shortages, outdated infrastructure, high investment costs, and an inconsistent legal environment. Based on these findings, the study proposes targeted solutions such as workforce training, infrastructure investment, policy reform and enhanced public-private collaboration to support the port's digital transition.

Keywords: Digital transformation; smart port; Hai Phong; barriers; PESTLE analysis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh nền kinh tế toàn cầu hóa, chuyển đổi số đang trở thành động lực then chốt thúc đẩy hiệu quả hoạt động và nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành Hàng hải. Nhiều cảng biển tiên tiến như Rotterdam, Singapore hay Hamburg đã ứng dụng các công nghệ hiện đại như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), Blockchain và tự động hóa nhằm tối ưu hóa quy trình vận hành, giảm thiểu chi phí và tăng cường khả năng phục hồi chuỗi cung ứng. Theo Lu và Xu (2024), các giải pháp kỹ thuật số giúp giảm thời gian xử lý hàng hóa trung bình tới 25%, đồng thời cải thiện đáng kể hiệu suất vận hành.

Tuy nhiên, tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, việc triển khai chuyển đổi số trong lĩnh vực cảng biển còn gặp nhiều khó khăn do hạn chế về cơ sở hạ tầng, thiếu nguồn lực tài chính, chính sách chưa đồng bộ và rào cản văn hóa tổ chức. Là trung tâm hàng hải quan trọng ở miền Bắc, cảng Hải Phòng đóng vai trò kết nối chiến lược trong chuỗi cung ứng quốc gia và quốc tế. Dù đã có một số bước tiến nhất định trong ứng dụng công nghệ, quá trình số hóa tại cảng vẫn đối mặt với nhiều trở ngại lớn.

Nhằm nhận diện một cách hệ thống các rào cản chính trong quá trình chuyển đổi số tại cảng biển Hải Phòng, bài báo này sử dụng cách tiếp cận phân tích định tính kết hợp khung phân tích PESTLE (chính trị, kinh tế, xã hội, công nghệ, pháp lý, môi trường).

Dữ liệu được thu thập từ các nguồn tài liệu thứ cấp đáng tin cậy như báo cáo ngành, chiến lược phát triển logistics quốc gia và các công trình học thuật liên quan. Đồng thời, nhóm tác giả cũng tham khảo ý kiến chuyên gia trong lĩnh vực cảng biển, logistics và công nghệ thông tin thông qua các trao đổi chuyên sâu bán cấu trúc nhằm tăng tính thực tiễn cho phân tích. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các định hướng chiến lược nhằm khắc phục những rào cản hiện tại, góp phần thúc đẩy quá trình số hóa và nâng cao năng lực cạnh tranh của cảng Hải Phòng trong ngành Hàng hải toàn cầu.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Chuyển đổi số trong lĩnh vực hàng hải và hoạt động cảng

Ngành Hàng hải - một trụ cột quan trọng của thương mại toàn cầu đang được cách mạng hóa bởi chuyển đổi số nhằm nâng cao hiệu quả, tính minh bạch và bền vững. Với hơn 80% thương mại toàn cầu được vận chuyển bằng đường biển (UNCTAD, 2021), các cảng biển đóng vai trò thiết yếu. Truyền thống dựa vào lao động thủ công không còn phù hợp với nhu cầu ngày càng phức tạp của chuỗi cung ứng và thương mại quốc tế. Chuyển đổi số giúp các cảng áp dụng các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), chuỗi khối (Blockchain), phân tích dữ liệu lớn và tự động hóa. Những công nghệ này cải thiện hiệu suất, kết nối chuỗi cung ứng và giảm chi phí cũng như sự chậm trễ. Heilig và cộng sự (2017)

nhấn mạnh rằng chuyển đổi số không chỉ đơn thuần là áp dụng công nghệ mà còn đòi hỏi thay đổi tổ chức, điều chỉnh mô hình kinh doanh và nâng cao kỹ năng lao động.

IoT là một trong những tiến bộ công nghệ nổi bật, cho phép theo dõi hàng hóa và thiết bị trong thời gian thực. Các cảm biến IoT như thẻ RFID cải thiện khả năng hiển thị chuỗi cung ứng, giảm nguy cơ chậm trễ và thất lạc. Alzate và cộng sự (2024) chứng minh rằng dữ liệu thời gian thực từ IoT hỗ trợ bảo trì dự đoán và tối ưu hóa nguồn lực. Cảng Rotterdam triển khai IoT để giám sát cần cẩu và container, giảm thời gian chết, tăng thông lượng và nâng cao tính an toàn (Lu và Xu, 2024). Dữ liệu từ IoT còn giúp tối ưu hóa hoạt động, giảm tiêu thụ năng lượng và nâng cao hiệu quả.

2.2. Trí tuệ nhân tạo (AI) và tự động hóa

AI đã cách mạng hóa hoạt động cảng, đặc biệt trong tự động hóa và phân tích dự đoán. Hệ thống AI điều khiển cần cẩu và xe tự hành đã tự động hóa xử lý hàng hóa, giảm lao động thủ công, đồng thời tăng độ chính xác và tốc độ (Heilig và cộng sự, 2017). AI còn hỗ trợ phân tích dự đoán, giúp các cảng dự báo nhu cầu, tối ưu hóa lịch trình tàu và giảm tắc nghẽn. Almeida (2023) cho biết tự động hóa nhà ga container giảm chi phí và tăng cường an toàn. Ví dụ, nhà ga tự động tại cảng Long Beach sử dụng cần cẩu AI, nâng cao hiệu quả xử lý container và giảm thời gian quay vòng tàu.

2.3. Blockchain và trao đổi dữ liệu an toàn

Blockchain cung cấp giải pháp khắc phục sự phân mảnh và kém hiệu quả trong chia sẻ dữ liệu cảng. Ngành Hàng hải gồm mạng lưới các bên liên quan, từ hãng tàu, hải quan đến nhà giao nhận, cần chia sẻ thông tin an toàn. Blockchain tạo ra sổ cái phi tập trung và chống giả mạo để ghi lại giao dịch, hợp đồng và tài liệu, nâng cao tính minh bạch và giảm rủi ro gian lận (Almeida, 2023). Tại Cảng Antwerp, Blockchain giúp thông quan nhanh hơn và giảm giấy tờ, đồng thời hỗ trợ hợp đồng thông minh tự động kích hoạt thanh toán khi điều kiện xác định được đáp ứng (Liu và cộng sự, 2024). Những ứng dụng này tăng cường lòng tin giữa các bên liên quan và tối ưu hóa quy trình thương mại.

2.4. Tác động của chuyển đổi số đến hiệu quả cảng

Chuyển đổi số mang lại hiệu quả đáng kể, cải thiện tốc độ xử lý hàng hóa, giảm chi phí và tăng độ tin cậy chuỗi cung ứng. Dữ liệu thời gian thực từ IoT và phân tích dữ liệu giúp cảng đưa ra quyết định tốt hơn về lịch trình tàu, phân bổ biển và bảo trì thiết bị. Almeida (2023) chỉ ra rằng điều này giúp giảm tắc nghẽn và tối ưu hóa tài nguyên. Cảng Hamburg, với giải pháp kỹ thuật số, dự đoán tốt thời gian tàu đến và tối ưu hóa hoạt động, giúp giảm thời gian quay vòng tàu và nâng cao thông lượng (Heilig và cộng sự, 2017).

Công nghệ kỹ thuật số còn cải thiện khả năng hiển thị chuỗi cung ứng. Thiết bị IoT, GPS và phân tích dữ liệu hỗ trợ theo dõi hàng hóa trong suốt hành trình, giúp các cảng phối hợp tốt hơn với hãng tàu, nhà vận chuyển và kho bãi (Nguyen và cộng sự, 2023). Tự động hóa giúp tiết kiệm chi phí, giảm phụ thuộc vào lao động thủ công và tăng năng suất. Phân tích dự đoán nhờ AI giảm chi phí bảo trì thông qua nhận diện sớm lỗi thiết bị, giảm thiểu thời gian chết và chi phí sửa chữa (Heilig và cộng sự, 2017). Nhìn chung, chuyển đổi số không chỉ nâng cao hiệu quả hoạt động mà còn tăng khả năng cạnh tranh toàn cầu của các cảng.

3. RÀO CẢN KHI THỰC HIỆN CHUYỂN ĐỔI SỐ TẠI CẢNG BIỂN HẢI PHÒNG

3.1. Rào cản chính trị

Môi trường chính trị đóng vai trò cốt lõi trong định hình quá trình chuyển đổi số tại các cảng biển Hải Phòng. Các chính sách của Chính phủ Việt Nam như Chiến lược logistics quốc gia (2021 - 2030) và Chiến lược quốc gia về công nghiệp 4.0 đã thể hiện cam kết đối với hiện đại hóa ngành hậu cần. Tuy nhiên, trọng tâm ưu tiên trong

triển khai vẫn chủ yếu tập trung vào các khu vực phía Nam, đặc biệt là TP.HCM, dẫn đến sự phân bố nguồn lực không đồng đều giữa các khu vực. Điều này khiến Hải Phòng gặp nhiều khó khăn trong việc tiếp cận các nguồn lực tài chính và hỗ trợ cần thiết để thúc đẩy các sáng kiến chuyển đổi số.

Mặc dù đối mặt với nhiều thách thức, Hải Phòng đã bắt đầu có những bước tiến nhất định trong việc thử nghiệm và áp dụng các công nghệ hiện đại trong hoạt động cảng. Một số sáng kiến trong xử lý hàng hóa tự động và ứng dụng công nghệ số đang được nghiên cứu và triển khai nhằm nâng cao hiệu quả vận hành, tuy nhiên quy mô và tốc độ triển khai vẫn còn hạn chế.

Ngoài ra, khuôn khổ pháp lý tại Việt Nam vẫn còn tồn tại nhiều bất cập, gây cản trở đáng kể cho các nỗ lực chuyển đổi số. Việc thiếu các quy định rõ ràng và đồng bộ về chia sẻ dữ liệu, quyền truy cập thông tin và an ninh mạng tạo ra sự không chắc chắn cho doanh nghiệp và nhà đầu tư, làm chậm quá trình áp dụng các công nghệ tiên tiến như Blockchain và các nền tảng dữ liệu số. Để giải quyết vấn đề này, cần có các điều chỉnh chính sách hướng đến việc xây dựng một hành lang pháp lý minh bạch, nhất quán và phù hợp với định hướng phát triển cảng thông minh.

3.2. Rào cản kinh tế

Khả năng chuyển đổi số tại cảng Hải Phòng chịu tác động mạnh mẽ từ nguồn lực tài chính. Sự hạn chế về ngân sách đầu tư làm giảm khả năng triển khai các công nghệ tiên tiến, dẫn đến khoảng cách đáng kể về năng lực tự động hóa so với các cảng lớn trong khu vực.

Tuy nhiên, Hải Phòng vẫn ghi nhận một số kết quả tích cực nhờ các sáng kiến chuyển đổi số. Việc triển khai hệ thống xử lý container tự động đã góp phần cải thiện thời gian quay vòng tàu và nâng cao hiệu quả xử lý hàng hóa, đồng thời giảm chi phí vận hành. Các hệ thống theo dõi tiên tiến cũng giúp hạn chế sự cố thất lạc hàng hóa, từ đó cải thiện đáng kể chất lượng dịch vụ.

Dù vậy, chi phí ban đầu cho việc áp dụng công nghệ mới vẫn là một trở ngại lớn, đặc biệt đối với các nhà khai thác có biên lợi nhuận hạn chế. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết về các chính sách hỗ trợ tài chính và đầu tư chiến lược từ cả khu vực công và tư nhằm đảm bảo tiến trình số hóa được triển khai hiệu quả và bền vững, góp phần duy trì năng lực cạnh tranh của cảng Hải Phòng trong ngành Hàng hải toàn cầu.

3.3. Rào cản xã hội

Yếu tố xã hội giữ vai trò quan trọng trong tiến trình chuyển đổi số tại cảng biển Hải Phòng, đặc biệt là mức độ sẵn sàng của lực lượng lao động và thái độ của tổ chức đối với đổi mới công nghệ. Một trong những rào cản chủ yếu là sự thiếu hụt kỹ năng số, thể hiện qua năng lực hạn chế của nhân sự trong việc tiếp cận và vận hành các hệ thống công nghệ hiện đại. Bên cạnh đó, tâm lý e ngại thay đổi và sự hoài nghi đối với công nghệ vẫn tồn tại trong một bộ phận lao động, thường xuất phát từ lo lắng về an toàn nghề nghiệp và chưa nhận thức đầy đủ về những lợi ích lâu dài của số hóa. Để vượt qua các rào cản này, cần thiết lập các chương trình đào tạo và nâng cao kỹ năng phù hợp, đồng thời phát triển một môi trường làm việc khuyến khích đổi mới và chấp nhận thay đổi. Việc chuyển đổi nhận thức một cách có hệ thống, kết hợp với minh chứng thực tế từ quá trình ứng dụng công nghệ sẽ góp phần tạo nền tảng xã hội thuận lợi cho quá trình chuyển đổi số tại cảng Hải Phòng.

3.4. Rào cản công nghệ

Hạ tầng công nghệ lạc hậu là một trong những rào cản đáng kể đối với tiến trình chuyển đổi số tại cảng biển Hải Phòng. Việc phụ thuộc vào hệ thống cơ sở hạ tầng truyền thống làm hạn chế khả năng xử lý hàng hóa một cách hiệu quả, đồng thời cản trở việc triển khai các giải pháp công nghệ tiên tiến như giám sát thời gian thực, tối ưu hóa tài nguyên và bảo trì dự đoán. So với các cảng hàng đầu đã tích hợp thành công trí tuệ nhân tạo và hệ thống tự động hóa

trong vận hành, cảng Hải Phòng vẫn chưa có chiến lược tổng thể rõ ràng cho việc hiện đại hóa hạ tầng công nghệ. Thiếu vắng định hướng chiến lược không chỉ làm chậm quá trình số hóa mà còn ảnh hưởng đến khả năng đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế về hiệu quả và năng lực cạnh tranh. Do đó, việc xây dựng một lộ trình công nghệ rõ ràng, kết hợp giữa đầu tư hạ tầng, lựa chọn giải pháp phù hợp và phát triển năng lực triển khai là điều thiết yếu nhằm nâng cao hiệu suất hoạt động và vị thế của cảng trong bối cảnh ngành Hàng hải toàn cầu đang chuyển dịch mạnh mẽ theo hướng số hóa.

3.5. Thách thức pháp lý

Môi trường pháp lý tại Việt Nam vẫn còn nhiều bất cập, đặc biệt trong lĩnh vực bảo vệ dữ liệu và an ninh mạng - những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình chuyển đổi số trong ngành cảng biển. Việc thiếu các quy định rõ ràng và đồng bộ về chia sẻ dữ liệu, quyền truy cập thông tin và bảo mật hệ thống đã tạo ra sự không chắc chắn pháp lý, gây tâm lý e ngại cho các nhà khai thác và làm chậm quá trình triển khai các công nghệ số tiên tiến như Blockchain, IoT và hệ thống tự động hóa.

Bên cạnh đó, sự phụ thuộc ngày càng lớn vào nền tảng số cũng làm gia tăng nguy cơ tấn công mạng. Mặc dù một số giải pháp bảo mật đã được áp dụng thông qua các quan hệ đối tác công nghệ, năng lực ứng phó với các mối đe dọa an ninh mạng vẫn còn hạn chế. Điều này ảnh hưởng đến mức độ tin cậy của hệ thống thông tin và có thể gây gián đoạn chuỗi dịch vụ cảng nếu không được kiểm soát hiệu quả.

Việc thiết lập một khuôn khổ pháp lý minh bạch, nhất quán và định hướng tương lai là điều kiện tiên quyết để đảm bảo môi trường thuận lợi cho đổi mới. Một hệ thống pháp lý hiện đại sẽ không chỉ bảo vệ các tài sản kỹ thuật số và quyền lợi của các bên liên quan mà còn góp phần nâng cao niềm tin của nhà đầu tư, từ đó tăng cường năng lực cạnh tranh của cảng Hải Phòng trong bối cảnh hội nhập số và toàn cầu hóa.

3.6. Thách thức về môi trường

Chuyển đổi số đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy phát triển bền vững môi trường tại các cảng biển, trong đó cảng Hải Phòng là một trường hợp tiêu biểu. Việc tích hợp các công nghệ xanh và hệ thống tự động hóa tiết kiệm năng lượng góp phần giảm thiểu phát thải khí nhà kính và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên. Tuy nhiên, các chiến lược hiện tại tại cảng vẫn chưa thật sự ưu tiên khía cạnh môi trường trong lộ trình chuyển đổi số. Thiếu vắng các định hướng cụ thể và dài hạn đối với công nghệ thân thiện với môi trường có thể làm suy giảm năng lực cạnh tranh, đặc biệt trong bối cảnh các tiêu chuẩn môi trường ngày càng được xem là yếu tố then chốt trong hoạt động logistics toàn cầu.

Thực tiễn quốc tế cho thấy, việc ứng dụng các hệ thống giám sát môi trường và kiểm soát phát thải có thể nâng cao hiệu quả vận hành, đồng thời củng cố hình ảnh của cảng như một mắt xích bền vững trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Vì vậy, việc phát triển một chiến lược số hóa tích hợp mục tiêu bảo vệ môi trường là cần thiết để đảm bảo sự phát triển hài hòa giữa hiệu quả kinh tế và trách nhiệm xã hội - môi trường, qua đó nâng cao năng lực cạnh tranh của cảng Hải Phòng trong dài hạn.

4. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Chuyển đổi số đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả vận hành của cảng biển Hải Phòng trong bối cảnh hội nhập kinh tế toàn cầu. Tuy nhiên, để hiện thực hóa tiềm năng này, cảng cần vượt qua hàng loạt rào cản về tổ chức, kỹ thuật và thể chế. Một trong những thách thức quan trọng là tâm lý e ngại thay đổi trong nội bộ doanh nghiệp vốn bắt nguồn từ sự thiếu hiểu biết về lợi ích dài hạn của công nghệ số cũng như lo ngại về nguy cơ mất việc làm. Để khắc phục tình trạng này, cần thiết lập một môi trường làm việc cởi mở với đổi mới, trong đó truyền thông

nội bộ đóng vai trò dẫn dắt thay đổi nhận thức, kết hợp với các mô hình thử nghiệm công nghệ có quy mô nhỏ nhằm tạo dựng niềm tin trước khi triển khai trên diện rộng.

Song song với thay đổi văn hóa tổ chức, nâng cao năng lực nhân sự là yếu tố nền tảng giúp đảm bảo tính bền vững của quá trình chuyển đổi. Việc thiết kế các chương trình đào tạo chuyên sâu về kỹ năng số, bao gồm ứng dụng IoT, phân tích dữ liệu lớn, an ninh mạng và vận hành hệ thống cảng thông minh cần được phối hợp giữa doanh nghiệp, các cơ sở giáo dục và đơn vị cung cấp công nghệ. Những chương trình này không chỉ trang bị kiến thức mà còn thúc đẩy khả năng thích nghi nhanh chóng với các công cụ và quy trình làm việc hiện đại.

Bên cạnh yếu tố con người, hạ tầng công nghệ cũng là điều kiện tiên quyết. Quá trình tích hợp công nghệ mới vào hoạt động cảng đòi hỏi đầu tư chiến lược và dài hạn, với sự tham gia của cả khu vực công và tư. Việc triển khai hệ thống quản lý cảng thông minh, ứng dụng dữ liệu thời gian thực và các giải pháp bảo trì dự đoán có thể giúp nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị, tối ưu hóa luồng hàng và giảm thiểu thời gian dừng tàu. Sự đầu tư đồng bộ này không chỉ cải thiện năng suất mà còn là tiền đề để nâng cao chất lượng dịch vụ và đáp ứng yêu cầu của các chuỗi cung ứng hiện đại.

Trong khi đó, khuôn khổ pháp lý hiện hành vẫn còn nhiều khoảng trống, đặc biệt liên quan đến bảo mật thông tin, chia sẻ dữ liệu và giao dịch điện tử. Một môi trường pháp lý minh bạch, ổn định và khuyến khích đổi mới sẽ tạo ra động lực mạnh mẽ để doanh nghiệp yên tâm đầu tư vào công nghệ. Việc xây dựng các cơ chế hỗ trợ tài chính và chính sách ưu đãi cho những sáng kiến công nghệ thân thiện môi trường cũng là bước đi quan trọng để hướng tới phát triển bền vững.

Bên cạnh các hàm ý thực tiễn, nghiên cứu này cũng đóng góp về mặt học thuật khi ứng dụng khung phân tích PESTLE để hệ thống hóa một cách toàn diện các rào cản trong quá trình chuyển đổi số tại cảng biển, đặc biệt trong bối cảnh của một nền kinh tế mới nổi như Việt Nam. Cách tiếp cận này không chỉ tập trung vào khía cạnh công nghệ mà còn làm rõ vai trò của các yếu tố chính trị, xã hội, pháp lý và môi trường - những khía cạnh thường bị bỏ sót trong các nghiên cứu kỹ thuật thuần túy. Tuy nhiên, nghiên cứu chủ yếu dựa trên phương pháp định tính và phân tích tài liệu thứ cấp nên còn hạn chế về kiểm chứng thực nghiệm. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng theo hướng định lượng, so sánh liên cảng hoặc xây dựng mô hình chuyển đổi số phù hợp hơn với điều kiện thực tiễn tại các cảng Việt Nam và các quốc gia đang phát triển.

Với cách tiếp cận toàn diện từ con người, công nghệ đến thể chế và hợp tác, Hải Phòng hoàn toàn có thể khai thác hiệu quả cơ hội từ chuyển đổi số, qua đó nâng cao vị thế trong chuỗi giá trị hàng hải khu vực và toàn cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lu, B., & Xu, X. (2024), Digital transformation and port operations: Optimal investment under incomplete information, *Transport Policy*, 151, 134-146.
- [2]. Almeida, F. (2023), Challenges in the digital transformation of ports. *Businesses*, 3(4), 548-568.
- [3]. Nguyen, H.-S., Huynh, C.-D., & Bui, N.-Q. (2023), Digital transformation for shipping container terminals using automated container code recognition, *Telecommunication Computing Electronics and Control*, 21(3), 535.
- [4]. Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017), Digital transformation in maritime ports: Analysis and a game theoretic framework, *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 18(2-3), 227-254.
- [5]. Alzate, P., Martinez, R., Chen, Y., & Wong, K. (2024), Operational efficiency and sustainability in smart ports: A comprehensive review, *Marine Systems & Ocean Technology*, 19(1-2), 120-131.
- [6]. Su, Z., Liu, Y., Gao, Y., Park, K.-S., & Su, M. (2024), Critical success factors for green port transformation using digital technology, *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(12), 2128.