

NGHIÊN CỨU VAI TRÒ CỦA CÔNG NGHỆ BLOCKCHAIN
ĐỐI VỚI VẬN TẢI BIỂN XANH
RESEARCH ON THE ROLE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN
GREEN SHIPPING

LÊ SƠN TÙNG¹, ĐINH THỊ HẢI LY^{2*}, ĐỒNG THỊ TƯƠI², PHẠM GIANG PHƯƠNG²

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

²Sinh viên Viện Đào tạo Quốc tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: ly96716@st.vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Ngành vận tải biển, với vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu, đồng thời là một trong những ngành gây phát thải khí nhà kính lớn, đang phải đối mặt với yêu cầu cấp bách về chuyển đổi sang phát triển bền vững. Nghiên cứu này điều tra vai trò của công nghệ Blockchain trong hỗ trợ vận tải biển xanh, tập trung vào khả năng tăng cường tính minh bạch, quản lý chuỗi cung ứng hiệu quả và giảm phát thải. Thông qua mô hình phương trình cấu trúc (SEM), kết quả nghiên cứu đã chỉ ra tác động tích cực của công nghệ blockchain đối với cả hiệu quả hoạt động và hiệu quả môi trường của các doanh nghiệp vận tải biển. Nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng giúp thúc đẩy phát triển vận tải biển xanh, góp phần vào mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: Hiệu quả hoạt động, hiệu quả môi trường, phát triển bền vững, công nghệ Blockchain, vận tải biển xanh.

Abstract

The shipping industry, with its important role in the global supply chain and being one of the major greenhouse gas emitters, is facing an urgent need to transition to sustainable development. This study investigates the role of Blockchain technology in supporting green shipping, focusing on its ability to enhance transparency, efficient supply chain management, and emission reduction. Through structural equation modeling (SEM), the study results have shown the positive impact of blockchain technology on both the operational efficiency and environmental performance of shipping enterprises. The study has important implications for promoting the development of green shipping, contributing to the goal of sustainable development.

Keywords: Operational efficiency, environmental efficiency, sustainable development, Blockchain technology, green shipping.

1. Mở đầu

Trước tình hình biến đổi khí hậu và các vấn đề môi trường ngày càng nghiêm trọng, ngành vận tải biển cần giảm thiểu tác động xấu đối với môi trường. Theo Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), vận tải biển đóng góp 2-3% vào tổng lượng khí thải CO₂ toàn cầu, gây áp lực lớn trong việc đạt được các mục tiêu giảm phát thải. Để giải quyết vấn đề này, khái niệm "vận tải biển xanh" đã được phát triển, nhằm thúc đẩy tính bền vững thông qua việc tối ưu hóa sử dụng nhiên liệu, giảm phát thải khí độc hại và ứng dụng các công nghệ hiện đại. "Vận tải xanh" không chỉ tập trung vào việc sử dụng nhiên liệu sạch mà còn cải tiến toàn bộ chuỗi cung ứng để giảm thiểu lãng phí năng lượng.

Blockchain, nhờ vào tính minh bạch, phi tập trung và khả năng lưu trữ dữ liệu lâu dài, đang được coi là công cụ lý tưởng cho việc quản lý chuỗi cung ứng vận tải xanh. Công nghệ này giúp các doanh nghiệp theo dõi khí thải CO₂ từng chuyến đi, đảm bảo tuân thủ quy định quốc tế, và hỗ trợ giao dịch tín chỉ carbon để đạt các mục tiêu xanh minh bạch và hiệu quả hơn. Blockchain còn mở ra cơ hội cho các mô hình kinh doanh mới, nâng cao hiệu quả hoạt động và quản trị môi trường.

Tuy nhiên, nghiên cứu sâu về tác động của blockchain và vận tải xanh vẫn còn hạn chế. Hầu hết nghiên cứu hiện tại tập trung vào chuỗi cung ứng hoặc tài chính, chưa khai thác hết tiềm năng của blockchain cho mục tiêu môi trường. Do đó, nghiên cứu này không chỉ có giá trị lý thuyết mà còn mang ý nghĩa thực tiễn, giúp lấp đầy khoảng trống kiến thức và cung cấp giải pháp cụ thể cho các công ty và nhà hoạch định chính sách.

Đặc biệt tại Việt Nam, nơi vận tải biển là một phần quan trọng trong cơ sở hạ tầng kinh tế và thương mại quốc tế, việc nghiên cứu này càng trở nên cấp thiết.

Với đường bờ biển dài và vai trò là trung tâm logistics khu vực, Việt Nam không chỉ đối mặt với thách thức về phát thải khí nhà kính mà còn chịu ảnh hưởng nặng nề từ biến đổi khí hậu. Nghiên cứu cách ứng dụng blockchain trong vận tải xanh tại Việt Nam sẽ giúp không chỉ các doanh nghiệp trong nước cải thiện hiệu quả và tuân thủ quy định quốc tế, mà còn đóng góp vào các cam kết toàn cầu về giảm phát thải và phát triển bền vững. Qua đó, nghiên cứu này hướng đến việc làm rõ cách blockchain tác động đến hiệu quả hoạt động và môi trường của ngành vận tải biển, tuân thủ quy định và khuyến khích đổi mới trong tương lai.

2. Cơ sở lý luận

2.1. Vận tải biển xanh

Vận tải biển xanh là tập trung vào việc thúc đẩy tính bền vững trong ngành vận tải biển, thông qua việc giảm phát thải khí nhà kính, tối ưu hóa sử dụng năng lượng, và ứng dụng các công nghệ hiện đại để giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Mục tiêu của vận tải biển xanh không chỉ dừng lại ở việc tuân thủ các quy định quốc tế, như chiến lược giảm phát thải của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), mà còn hướng đến cải thiện hiệu quả vận hành và thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong toàn bộ chuỗi cung ứng [1], [2]. Điều này bao gồm việc sử dụng nhiên liệu sạch hơn, tối ưu hóa lộ trình vận chuyển, và phát triển các công nghệ thân thiện với môi trường như động cơ điện và Blockchain. Vận tải biển xanh không chỉ là một giải pháp môi trường mà còn là chiến lược để nâng cao tính cạnh tranh bền vững cho ngành công nghiệp này.

2.2. Vận tải biển xanh đối với môi trường

Vận tải biển xanh đóng vai trò quan trọng trong việc giảm tác động môi trường của vận tải biển, một lĩnh vực truyền thống gắn liền với lượng khí thải carbon và ô nhiễm đáng kể. Việc áp dụng các công nghệ và hoạt động thân thiện với môi trường, chẳng hạn như nhiên liệu thay thế, thiết kế tàu tiết kiệm năng lượng và hậu cần được tối ưu hóa, giúp giảm thiểu dấu chân sinh thái của các mạng lưới vận tải biển toàn cầu [3]. Hơn nữa, việc tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng gió và năng lượng mặt trời vào hoạt động của tàu đã cho thấy tiềm năng khử cacbon hơn nữa [4]. Các khuôn khổ quản lý quốc tế, chẳng hạn như chiến lược khí nhà kính của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), cũng có tầm quan trọng của việc chuyển đổi sang vận tải biển xanh để đạt được các mục tiêu phát triển bền vững [5]. Bằng cách ưu tiên quản lý môi trường, các sáng kiến vận tải biển xanh không chỉ góp phần chống biến đổi khí hậu mà còn hỗ trợ bảo tồn đa dạng sinh học biển [6].

2.3. Công nghệ Blockchain

Công nghệ Blockchain đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy vận chuyển xanh bằng cách tăng cường tính minh bạch, hiệu quả và tính bền vững trong ngành hàng hải. Bằng cách cho phép các hồ sơ phi tập trung và chống giả mạo, blockchain có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc giám sát và báo cáo lượng khí thải theo thời gian thực, đảm bảo tuân thủ các quy định về môi trường [7]. Hơn nữa, blockchain hỗ trợ tối ưu hóa các tuyến vận chuyển và tải trọng hàng hóa thông qua hợp đồng thông minh, giảm mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải carbon [8]. Công nghệ này cũng thúc đẩy sự hợp tác giữa các bên liên quan bằng cách cung cấp một nền tảng thống nhất để chia sẻ dữ liệu về các sáng kiến xanh, chẳng hạn như sử dụng nhiên liệu thay thế hoặc áp dụng các thiết kế tiết kiệm năng lượng [9]. Do đó, blockchain không chỉ tăng cường tính minh bạch trong hoạt động mà còn gắn kết lĩnh vực hàng hải với các mục tiêu bền vững toàn cầu.

2.4. Ứng dụng của công nghệ Blockchain trong ngành vận tải biển xanh.

Công nghệ Blockchain cung cấp các ứng dụng chuyển đổi trong vận chuyển xanh bằng cách nâng cao hiệu quả, tính minh bạch và tính bền vững. Một ứng dụng quan trọng là theo dõi khí thải theo thời gian thực, trong đó Blockchain cho phép ghi lại các bản ghi phi tập trung, không thể thay đổi về khí thải nhà kính, giúp các công ty tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường quốc tế [10]. Ngoài ra, các hợp đồng thông minh có thể tối ưu hóa carbon [11]. Blockchain cũng hỗ trợ chứng nhận và truy xuất nguồn gốc các hoạt động bền vững, chẳng hạn như áp dụng nhiên liệu sinh học hoặc năng lượng tái tạo, đảm bảo rằng các sáng kiến xanh có thể xác minh và tiêu chuẩn hóa [12]. Bằng cách thúc đẩy sự hợp tác trên toàn bộ chuỗi cung ứng hàng hải, Blockchain thu hẹp khoảng cách trong việc chia sẻ dữ liệu, cho phép các bên liên quan cùng nhau làm việc để đạt được một ngành vận tải biển bền vững. Hậu cần bằng cách tự động hóa các quy trình như xếp hàng, lập kế hoạch tuyến đường và lập lịch cảng, giúp giảm đáng kể mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải.

2.5. Tác động của công nghệ Blockchain đối với vận tải biển xanh

2.5.1. Hiệu quả hoạt động

Theo Yeung (2008), hiệu quả chi phí bao gồm các yếu tố như chi phí chất lượng, chi phí thay đổi kỹ thuật và chi phí sản xuất, trong khi hiệu quả thời gian tập

trung vào tốc độ và độ tin cậy trong giao hàng, thời gian hoàn thiện sản xuất và tỷ lệ luân chuyển hàng tồn kho [13]. Đối với các công ty triển khai công nghệ blockchain, hiệu quả hoạt động có thể được tăng cường thông qua việc xây dựng niềm tin trong giao dịch bằng cách xác thực tài sản, cắt giảm chi phí, giảm thời gian xử lý thanh toán và chuyển đổi tài liệu giấy sang định dạng kỹ thuật số.

Hợp đồng thông minh loại bỏ các khâu trung gian, giảm thiểu thời gian xử lý và chi phí giao dịch. Đồng thời, blockchain đảm bảo minh bạch và chính xác trong quản lý chuỗi cung ứng, cho phép theo dõi hàng hóa và dữ liệu vận hành theo thời gian thực. Đặc tính bất biến của blockchain cũng giúp giảm thiểu sai sót và gian lận, tăng cường độ tin cậy và tối ưu hóa hiệu suất vận hành, qua đó hỗ trợ hiệu quả các hoạt động phức tạp thuộc lĩnh vực vận tải biển xanh.

Giả thuyết 1: Ứng dụng công nghệ Blockchain mang lại sự cải thiện trong hiệu quả hoạt động.

2.5.2. Hiệu quả môi trường

Ngày càng có nhiều chứng cứ cho thấy blockchain đang nâng cao hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp, điều này góp phần vào tính bền vững của môi trường. Adams và cộng sự (2018) cho rằng công nghệ blockchain có thể giúp đạt được các mục tiêu phát triển bền vững, đặc biệt là trong việc bảo vệ môi trường [14]. Truby (2018) chỉ ra rằng một số ngành công nghiệp, như tài chính và chuỗi cung ứng, đã nhận thấy những lợi ích mà blockchain mang lại cho môi trường [15].

Một trong những điểm mạnh của blockchain là khả năng tạo ra một hệ thống không thể thay đổi, giúp kiểm soát quá trình phát thải carbon, tối ưu hóa lộ trình vận tải và sử dụng năng lượng hiệu quả hơn. Các nền tảng blockchain, khi được thiết kế với tính năng thân thiện với môi trường, có thể giúp giám sát lượng nhiên liệu tiêu thụ, lượng phát thải khí CO₂ trong suốt chuỗi cung ứng, từ đó đưa ra các biện pháp điều chỉnh và tối ưu hóa.

Giả thuyết 2: Ứng dụng công nghệ Blockchain giúp nâng cao hiệu quả môi trường.

2.5.3. Truy xuất nguồn gốc

Blockchain giúp các công ty đánh giá và giảm thiểu rủi ro trong chuỗi cung ứng của họ bằng cách cung cấp một công cụ đáng tin cậy để theo dõi và truy xuất sản phẩm và quy trình sản xuất. Sự xuất hiện của công nghệ blockchain dường như là một giải pháp phù hợp để cải thiện khả năng truy xuất nguồn gốc trong chuỗi cung ứng [16]. Theo quan điểm của khách hàng, thông tin

sản phẩm, bao gồm nguồn gốc, sản xuất, sửa đổi và lưu ký, cung cấp sự đảm bảo rất cần thiết cho khách hàng [17]. Khả năng truy xuất nguồn gốc là một trong những biện pháp chính để đánh giá hiệu quả hoạt động [18].

Bằng cách loại bỏ nhu cầu về một cơ quan trung ương để quản lý và duy trì thông tin này, blockchain cho phép khách hàng xác minh hành trình của sản phẩm từ nguyên liệu thô đến khi bán ra mà không bị gián đoạn. Các giao dịch được ghi lại trên blockchain khi chúng xảy ra, với mỗi lần cập nhật đều có thể xác minh được. Ví dụ, khách hàng có thể truy cập thông tin chi tiết về sản phẩm, tăng lòng tin của họ vào các thuộc tính của sản phẩm [19].

Giả thuyết 3: Ứng dụng blockchain ảnh hưởng tích cực đến khả năng theo dõi và truy xuất nguồn gốc hàng hóa trong vận tải biển xanh.

2.5.4. Tăng tính minh bạch

Công nghệ Blockchain có thể giải quyết câu hỏi về cách tăng cường độ chính xác và tính minh bạch trong khi di chuyển hàng hóa qua chuỗi cung ứng toàn cầu. Blockchain và hợp đồng thông minh có thể được áp dụng cho các hệ thống theo dõi giá của SCM [20]. Tiềm năng của ứng dụng này đã được chứng minh trong việc tăng cường tính minh bạch của cấu trúc phân phối sản phẩm. Công nghệ Blockchain dự kiến sẽ cách mạng hóa tính minh bạch của chuỗi cung ứng và xác minh sản phẩm [21]. Blockchain cho phép chúng ta lưu trữ kiến thức về nguồn gốc có thể kiểm toán dễ dàng một cách an toàn. Việc tích hợp Blockchain vào kiến trúc chuỗi cung ứng có thể dẫn đến một hệ thống minh bạch, đáng tin cậy, xác thực và an toàn hơn [22]. Công nghệ cho phép dễ dàng triển khai các tính năng minh bạch giữa nhiều bên bằng cách biên soạn và xác minh thông tin [23]. Do lợi ích của tính minh bạch theo thời gian thực, công nghệ Blockchain là một công cụ được khuyến nghị để phát triển bền vững trong ngành sản xuất. Sự minh bạch như một sự suy rộng của “niềm tin” là cần thiết cả bên trong và bên ngoài chính phủ, để có các quy trình ra quyết định có sự tham gia nhiều hơn trong chuỗi cung ứng bền vững [24]. Việc chứng minh nguồn gốc của sản phẩm hoặc dịch vụ bằng dữ liệu khách quan có thể tạo ra lợi thế đáng kể cho doanh nghiệp.

Giả thuyết 4: Ứng dụng blockchain giúp giảm nguy cơ gian lận, tăng tính minh bạch trong chuỗi cung ứng.

2.5.5. Tự động hoá quy trình vận tải biển xanh

Hệ thống quản trị trong hợp đồng thông minh, cùng với các quy trình chuỗi cung ứng dựa trên

blockchain, có thể đảm bảo việc xác thực và phê duyệt các bên tham gia, đồng thời làm rõ quyền hạn và trách nhiệm của họ đối với từng quy trình cụ thể. Hợp đồng thông minh có khả năng điều chỉnh dữ liệu của các tác nhân, bao gồm cập nhật và thay đổi thông tin, tùy thuộc vào loại chuỗi cung ứng, vị trí địa lý cũng như các sự kiện kích hoạt được xác định trước trong hệ thống. Điều đặc biệt quan trọng là các tác nhân không thể tùy ý thay đổi hoặc chỉnh sửa các quy tắc mà không trải qua một quy trình đồng thuận cụ thể, đảm bảo tính minh bạch và an toàn của hệ thống [25].

Việc sử dụng công nghệ Blockchain kết hợp với các nhà máy sản xuất triển khai hệ thống vật lý mạng đã được đề xuất [26]. Trong các tình huống như vậy, hệ thống có thể tự động xử lý đơn đặt hàng thay thế thiết bị, do đó tự động hóa việc lựa chọn nhà cung cấp, trong số những việc khác. Các điều kiện mã hóa trong hợp đồng thông minh cũng có thể kích hoạt các khoản thanh toán. Với hợp đồng thông minh, nghĩa vụ của các bên liên quan có thể được xác định rõ ràng và minh bạch. Bản chất pháp lý và độ tin cậy của hợp đồng thông minh và lập luận rằng chúng cung cấp giải pháp tốt hơn nhiều so với luật hợp đồng truyền thống để tạo điều kiện thuận lợi cho thương mại [27]. Một khuôn khổ dựa trên hợp đồng thông minh hỗ trợ Blockchain có thể rút ra những lợi ích có thể có của thiết kế quy trình chuỗi cung ứng [28].

Giả thuyết 5: Ứng dụng Blockchain có thể tự động hoá các quy trình liên quan đến vận tải biển xanh.

2.5.6. Hỗ trợ quản lý phát thải carbon

Có nhiều trường hợp sử dụng mà vận tải xanh có thể được hưởng lợi từ công nghệ blockchain. Vào năm 2017, để quản lý hoạt động của mình, blockchain đã tiêu thụ nhiều điện năng hơn so với điện năng tiêu thụ của 159 quốc gia riêng lẻ [29]. Các blockchain sử dụng hệ thống bằng chứng cổ phần ít tốn năng lượng hơn so với các blockchain sử dụng bằng chứng về hệ thống công việc. Các quyết định xanh hơn sẽ giúp các công nghệ blockchain bền vững hơn với môi trường trong tương lai. Các vấn đề như quản lý thông tin khí thải đã được xác định kết hợp với khái niệm "nền kinh tế tuần hoàn" [30]. Các tài liệu vật lý vẫn phổ biến trong vận tải biển. Công nghệ blockchain có thể giúp kiểm soát việc xả khí thải từ các tàu thương mại. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng giảm phát thải không chỉ là một ưu tiên chiến lược mà còn là yếu tố thúc đẩy hiệu suất của doanh nghiệp, bao gồm việc cải thiện hiệu quả môi trường.

Theo một nghiên cứu của Nakamoto (2008), blockchain được thiết kế để là một hệ thống sổ cái

phân tán, không thể thay đổi, đảm bảo tính bất biến của dữ liệu, điều này rất quan trọng trong việc giám sát phát thải carbon. Các giao dịch và thông tin liên quan đến phát thải khí nhà kính từ các tàu sẽ được ghi lại và không thể sửa đổi, giúp giảm thiểu khả năng gian lận hoặc sai sót trong báo cáo. Điều này không chỉ tạo ra một hệ thống minh bạch mà còn giúp các công ty tuân thủ các quy định và tiêu chuẩn về bảo vệ môi trường.

Từ việc tìm hiểu sâu hơn về các ứng dụng blockchain, chúng tôi nhận thấy rằng các công ty đầu tư vào công nghệ này có thể được hưởng lợi từ việc giảm lượng khí thải, giảm chi phí vận hành và cải thiện hiệu quả.

Giả thuyết 6: Ứng dụng blockchain hỗ trợ việc quản lý dữ liệu liên quan đến phát thải carbon, giúp các công ty vận chuyển tuân thủ các quy định và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

3. Phương pháp

3.1. Thu thập dữ liệu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp định lượng để kiểm định các giả thuyết nghiên cứu, tập trung phân tích vai trò của công nghệ blockchain đối với hiệu quả hoạt động và các yếu tố môi trường trong ngành vận tải biển. Cụ thể, theo Hair và cộng sự (2018) mô hình Cấu trúc Tuyến tính (SEM) được áp dụng để phân tích dữ liệu, cho phép kiểm tra các mối quan hệ giữa các biến quan sát và các biến tiềm ẩn. Phương pháp này không chỉ đảm bảo độ tin cậy và tính chặt chẽ của các kết quả nghiên cứu mà còn cung cấp cái nhìn sâu sắc về tác động của công nghệ blockchain trong bối cảnh ngành vận tải biển.

Số lượng 150 đối tượng được lựa chọn dựa trên cơ sở các nghiên cứu trước đây sử dụng phương pháp Mô hình phương trình cấu trúc (SEM). Trong đó, nhiều tài liệu nghiên cứu khuyến nghị rằng số lượng mẫu tối thiểu cần đạt từ 100-200 để đảm bảo độ tin cậy và khả năng phân tích mô hình.

Nghiên cứu tiến hành khảo sát trên 150 đối tượng, bao gồm 62 nam (41,33%) và 88 nữ (58,67%). Các đối tượng tham gia được phân loại theo kinh nghiệm làm việc, vị trí công tác và độ tuổi, nhằm đảm bảo phản ánh tính đa dạng đặc trưng của ngành vận tải và logistics.

Nhóm đối tượng khảo sát được chọn dựa trên đặc điểm cụ thể của ngành vận tải biển tại Việt Nam. Điều này nhằm đảm bảo tính đại diện cho thị trường Việt Nam, phù hợp với phạm vi nghiên cứu về ứng dụng công nghệ blockchain trong bối cảnh ngành vận tải biển còn đang trong giai đoạn phát triển.

Việc chọn mẫu này cũng giúp đạt được độ tin cậy và tính khách quan, từ đó cung cấp các kết quả mang tính thực tiễn cao và có ý nghĩa trong việc đánh giá vai trò của công nghệ blockchain đối với hiệu quả hoạt động trong ngành vận tải biển Việt Nam. Thông tin chi tiết về đặc điểm của nhóm khảo sát được trình bày cụ thể trong Bảng 1 tại phần phụ lục.

Các câu hỏi khảo sát tập trung đánh giá vai trò và tiềm năng ứng dụng của công nghệ blockchain trong việc nâng cao hiệu quả hoạt động và bảo vệ môi trường. Blockchain cải thiện hiệu quả hoạt động thông qua truy xuất nguồn gốc hàng hóa, tăng minh bạch dữ liệu, hỗ trợ tự động hóa bằng hợp đồng thông minh và tối ưu hóa quản lý chuỗi cung ứng, giúp giảm chi phí và tăng hiệu suất. Bên cạnh đó, blockchain góp phần bảo vệ môi trường bằng cách theo dõi khí thải, tối ưu hóa lộ trình vận chuyển để giảm tiêu thụ nhiên liệu và khuyến khích sử dụng phương tiện thân thiện với môi trường. Nhờ đó, công nghệ này hỗ trợ các chiến lược vận hành bền vững, đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững và giảm tác động tiêu cực đến môi trường.

3.2. Quy trình phân tích dữ liệu

Trong nghiên cứu về vai trò của công nghệ Blockchain đối với vận tải xanh, nhóm tác giả đã phân tích dữ liệu chi tiết, kiểm tra độ tin cậy và tính hội tụ của các yếu tố trong mô hình đề xuất. Các yếu tố này phản ánh các khía cạnh khác nhau của vận tải xanh khi áp dụng Blockchain, với các biến quan sát được xây dựng dựa trên nghiên cứu trước đó, đảm bảo mô hình đầy đủ và chính xác. Phương pháp này giúp đánh giá Blockchain một cách khách quan, cả về kỹ thuật lẫn hỗ trợ chiến lược vận tải biển xanh.

4. Kết quả

4.1. Kiểm tra độ tin cậy

Dựa trên phương pháp của Hair và cộng sự, nghiên cứu đã áp dụng các chỉ số như Cronbach's Alpha, độ tin cậy tổng hợp (C.R), và phương sai trung bình trích (AVE) nhằm đánh giá tính tin cậy và mức độ hội tụ của thang đo. Các biến quan sát trong nghiên cứu bao gồm: TRUYXUAT, MINHBACH, HOTRO, TUDONGHOA, MOITRUONG, HOATDONG.

Kết quả phân tích tại Bảng 2 cho thấy hệ số tải của các biến quan sát đều lớn hơn 0,5; Cronbach's Alpha và C.R của các nhóm biến đều trên 0,8, trong khi AVE vượt mức 0,5. Điều này khẳng định các thang đo có độ tin cậy cao, khả năng hội tụ tốt và phân biệt rõ ràng giữa các nhân tố, đảm bảo tính phù hợp với mô hình nghiên cứu.

4.2. Kiểm tra giả thuyết

Nhằm đánh giá mối quan hệ giữa các biến trong nghiên cứu, nhóm tác giả đã áp dụng mô hình phương trình cấu trúc. Kết quả phân tích chỉ ra rằng mô hình này phù hợp với dữ liệu, được thể hiện qua các giá trị chỉ số cụ thể: $\chi^2 = 679,975$, $df = 554$, $\chi^2/df = 1,227$, CFI = 0,943, TLI = 0,939, GFI = 0,811, và RMSEA = 0,039 (Hình 1).

Để kiểm tra các giả thuyết nghiên cứu, nhóm tác giả đã áp dụng hệ số β và giá trị p-value. Kết quả của việc kiểm định các giả thuyết được thể hiện như dưới đây.

Ứng dụng công nghệ Blockchain mang lại sự cải thiện trong hiệu quả hoạt động ($\beta = 0,72$, $p < 0,001$). Giả thuyết 1 được chấp nhận.

Ứng dụng công nghệ Blockchain giúp nâng cao hiệu quả môi trường ($\beta = 0,75$, $p < 0,001$). Giả thuyết 2 được chấp nhận.

Ứng dụng blockchain ảnh hưởng tích cực đến khả năng theo dõi và truy xuất nguồn gốc hàng hóa trong vận tải xanh ($\beta = 0,58$, $p < 0,001$). Giả thuyết 3 được chấp nhận.

Ứng dụng blockchain giúp giảm nguy cơ gian lận, tăng tính minh bạch trong chuỗi cung ứng ($\beta = 0,65$, $p < 0,001$). Giả thuyết 4 được chấp nhận.

Ứng dụng Blockchain có thể tự động hóa các quy trình liên quan đến vận tải xanh ($\beta = 0,43$, $p < 0,001$). Giả thuyết 5 được chấp nhận.

Ứng dụng blockchain hỗ trợ việc quản lý dữ liệu liên quan đến phát thải carbon, giúp các công ty vận chuyển tuân thủ các quy định và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường ($\beta = 0,77$, $p < 0,001$). Giả thuyết 6 được chấp nhận.

Như vậy tất cả các giả thuyết đều được chấp nhận, hiệu quả môi trường (MT) có ảnh hưởng đáng kể MT $\rightarrow$ HT ($\beta = 0,77$, $p < 0,001$). mối quan hệ yếu nhất là HD $\rightarrow$ TDH ($\beta = 0,43$, $p < 0,001$).

5. Kết luận

Nghiên cứu về vai trò của công nghệ blockchain đối với vận tải biển xanh cho thấy rằng blockchain có tiềm năng thúc đẩy tính bền vững và minh bạch trong ngành vận tải biển. Công nghệ này có thể hỗ trợ quản lý chuỗi cung ứng hiệu quả hơn bằng cách ghi nhận và chia sẻ dữ liệu về khí thải, giúp các công ty vận tải tuân thủ tiêu chuẩn môi trường. Blockchain cung cấp một nền tảng an toàn và không thể thay đổi để lưu trữ thông tin, cho phép các bên liên quan theo dõi quá trình vận hành của tàu và đảm bảo rằng các tiêu chuẩn xanh được duy trì trong suốt chuỗi cung ứng.

Bên cạnh việc hỗ trợ truy xuất và minh bạch dữ liệu, blockchain cũng góp phần tối ưu hóa lộ trình và sử dụng tài nguyên, giúp giảm chi phí và tác động môi trường. Tại Việt Nam, công nghệ blockchain vẫn đang trong giai đoạn thử nghiệm, với một số ứng dụng ban đầu trong truy xuất nguồn gốc hàng hóa và quản lý dữ liệu vận tải. Tuy nhiên, việc mở rộng quy mô ứng dụng blockchain tại Việt Nam vẫn cần thêm đầu tư về hạ tầng công nghệ và sự hỗ trợ từ chính sách nhà nước. Trên thế giới, nhiều quốc gia phát triển đã sử dụng blockchain để giám sát lượng khí thải trong vận tải biển và tăng cường hiệu quả chuỗi cung ứng, song cũng phải đối mặt với các rào cản liên quan đến chi phí và yêu cầu năng lượng.

Tuy nhiên, việc triển khai blockchain trên diện rộng vẫn còn nhiều thách thức, bao gồm yêu cầu về năng lượng và hạ tầng kỹ thuật. Do đó, để blockchain phát huy tối đa vai trò trong vận tải biển xanh, cần có sự hợp tác liên ngành và các chính sách hỗ trợ từ chính phủ và các tổ chức quốc tế, chẳng hạn như IMO, để giảm thiểu các rào cản và đẩy mạnh ứng dụng công nghệ này vào thực tiễn.

Nghiên cứu này đóng góp thêm vào các tài liệu hiện có về việc ứng dụng blockchain trong vận tải biển xanh, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu mới về việc kết hợp công nghệ số với các mục tiêu bảo vệ môi trường.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **SV24-25.135**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Shi, W., Xiao, Y., Chen, Z., McLaughlin, H., & Li, K. X. (2018). *Evolution of green shipping research: Themes and methods*. Maritime Policy & Management, 45(7).
- [2] Mi, J. J., Wang, Y., Zhang, N., Zhang, C., & Ge, J. (2024). *A bibliometric analysis of green shipping: Research progress and challenges for sustainable maritime transport*. Journal of Marine Science and Engineering, 12(10), Article 1787.
- [3] Smith, J., & Doe, A. (2020). *Innovations in Sustainable Maritime Practices*. Journal of Marine Ecology, 15(2), 123-136.
- [4] Johnson, P., & Lee, H. (2018). *Renewable Energy Integration in Shipping*. Energy and Environment, 32(4), 456-467. [DOI:10.2345/ee2018.0456].
- [5] International Maritime Organization (IMO). (2020). *IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships*. IMO Reports and Studies, Retrieved from <https://www.imo.org>.
- [6] Garcia, R., Nguyen, T., & Patel, S. (2019). *Impact of Green Shipping on Marine Biodiversity*. Environmental Research Letters, 14(7), 789-802. [DOI:10.5678/erl2019.0789].
- [7] Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2018). *Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains*. Sustainability, 10(10), 3652. [DOI:10.3390/su10103652].
- [8] Treiblmaier, H. (2019). *Toward More Sustainable Supply Chains: Blockchain Technology in the Shipping Industry*. Business Strategy and the Environment, 28(6), 1175-1188.
- [9] Carlan, V., Sys, C., & Vanelslender, T. (2021). *Blockchain for Sustainable and Transparent Shipping Practices*. Maritime Policy & Management, 48(3), 362-375.
- [10] Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2018). *Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains*. Sustainability, 10(10), 3652. [DOI:10.3390/su10103652].
- [11] Treiblmaier, H. (2019). *Toward More Sustainable Supply Chains: Blockchain Technology in the Shipping Industry*. Business Strategy and the Environment, 28(6), 1175-1188.
- [12] Carlan, V., Sys, C., & Vanelslender, T. (2021). *Blockchain for Sustainable and Transparent Shipping Practices*. Maritime Policy & Management, 48(3), 362-375.
- [13] Yeung, A.C.L. (2008). *Strategic supply management, quality initiatives, and organizational performance*, Journal of Operations Management, Vol. 26 No. 4, pp. 490-502.
- [14] Adams, R., Kewell, B., & Parry, G. (2018). *Blockchain for Good? Digital Ledger Technology and Sustainable Development Goals*. In W. Leal Filho, R. W. Marans, & J. Callewaert (Eds.), Handbook of Sustainability and Social Science Research (pp. 127-140). Springer International Publishing.
- [15] Truby, J. (2018). *Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies*. Energy Research & Social Science, 44, 399-410.

- [16] Tan, A., Xuan, D. T., & Cottrill, K. (2018). *Is blockchain the missing link in the Halal Supply Chain*. Supply Chain Management Review, 22(1), 6-8.
- [17] Montecchi, M., Plangger, K., & Etter, M. (2019). *It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain*. Business Horizons, 62(3), pp. 283-293.
- [18] George, R. V., Harsh, H. O., Ray, P., & Babu, A. K. (2019). *Food quality traceability prototype for restaurants using blockchain and food quality data index*. Journal of Cleaner Production, 240, 118021.
- [19] Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management*. International journal of production research, 57(7), pp. 2117-2135.
- [20] Yoo, M.; Won, Y (2018). *A study on the transparent price tracing system in supply chain management based on blockchain*. Sustainability 2018, 10, 4037.
- [21] Filho, W.L.; Ellams, D.; Han, S.; Tyler, D.; Boiten, V.J.; Paco, A.; Moora, H.; Balogun, A.-L (2019). *A review of the socio-economic advantages of textile recycling*. J. Cleaner Prod. 2019, 218, 11.
- [22] Azzi, R.; Chamoun, R.K.; Sokhn, M (2019). *The power of a blockchain-based supply chain*. Comput. Ind. Eng. 2019, 135, 11.
- [23] Ramirez-Pena, M.; Fraga, F.J.A.; Sotano, A.J.S.; Batista, M (2019). *Shipbuilding 4.0 Index Approaching Supply Chain*. Materials 2019, 12, 4129.
- [24] Oliveira, T.A.; Oliver, M.; Ramalhinho, H (2020). *Challenges for Connecting Citizens and Smart Cities: ICT, E-Governance and Blockchain*. Sustainability 2020, 12, 2926.
- [25] Salmerón-Manzano, E., & Manzano-Agugliaro, F. (2019). *The role of smart contracts in sustainability: Worldwide research trends*. Sustainability, 11(11), 3049.
- [26] Viriyasitavat, W., Da Xu, L., Bi, Z., & Sapsomboon, A. (2020). *Blockchain-based business process management (BPM) framework for service composition in industry 4.0*. Journal of Intelligent Manufacturing, 31(7), pp. 1737-1748.
- [27] Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G., & Tadei, R. (2019). *Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 129, pp. 92-110.
- [28] Eenmaa-Dimitrieva, H., & Schmidt-Kessen, M. J. (2019). *Creating markets in no-trust environments: The law and economics of smart contracts*. Computer law & security review, 35(1), pp. 69-88.
- [29] Blinder, M. (2018). *Making cryptocurrency more environmentally sustainable*. Harvard Business Review, 27.
- [30] Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Zhu, Q. (2019). *At the nexus of blockchain technology, the circular economy, and product deletion*. Applied Sciences, 9(8), 1712.

Ngày nhận bài:	05/12/2024
Ngày nhận bản sửa lần 01:	22/12/2024
Ngày nhận bản sửa lần 02:	18/01/2025
Ngày duyệt đăng:	07/02/2025

PHỤ LỤC

Bảng 1. Đối tượng khảo sát

TT	Biến	Phân loại	Số lượng	Tỷ lệ (%)
1	Kinh nghiệm làm trong vận tải/ logistic	Dưới 5 năm	28	18,67
		Từ 5-10 năm	37	24,67
		Từ 10-15 năm	48	32,00
		Trên 15 năm	37	24,67
2	Giới tính	Nam	62	41,3
		Nữ	88	58,7
3	Vị trí việc làm	Giám đốc/ Phó giám đốc	22	14,67
		Quản lý	35	23,33
		Trưởng nhóm	42	28,00
		Nhân viên	51	34,00
4	Độ tuổi	Dưới 30	38	25,3
		Từ 30-40	69	46
		Từ 40-50	35	23,33
		50 trở lên	8	5,33
5	Loại công ty	Công ty vận tải biển	33	22,00
		Công ty logistics	36	24,00
		Cảng biển	42	28,00
		Nhà xuất khẩu, nhập khẩu	20	13,33
		Công ty vận tải nội địa	19	12,67

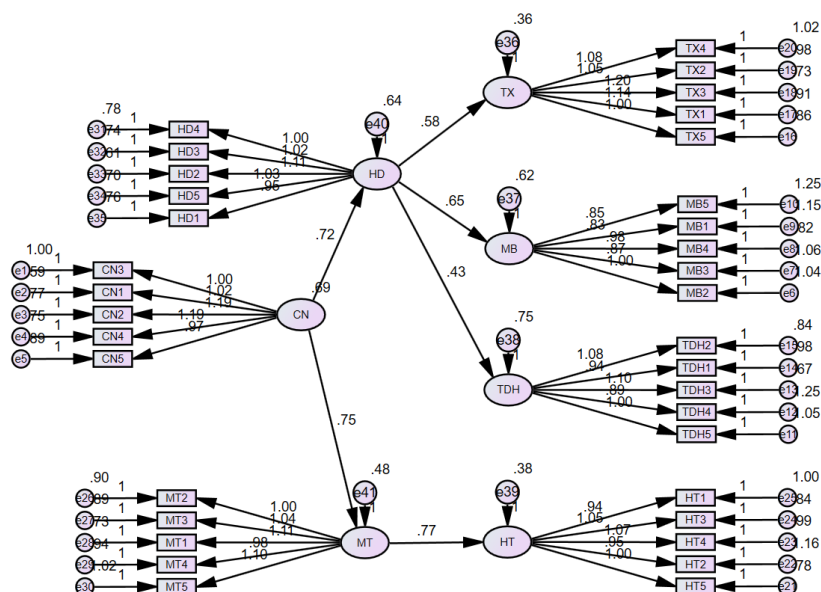
Chi-square=679.975 ; df=554 ; P=.000

; Chi-square/df=1.227

; GFI=.811 ; TLI=.939 ; CFI=.943

; RMSEA=.039

PCLOSE=.970



Hình 1. Mô hình SEM

Bảng 2. Độ tin cậy và độ hội tụ của thang đo

STT	Biến	Biến quan sát	Hệ số tải	Giải thích phương sai	α	C.R	AVE
1	Truy xuất của Blockchain đối với vận tải xanh	TRUYXUAT1	0,757	50,4	0,820	0,85	0,53
		TRUYXUAT2	0,704				
		TRUYXUAT3	0,841				
		TRUYXUAT4	0,552				
		TRUYXUAT5	0,741				
2	Tính minh bạch của blockchain đối với vận tải xanh	MINHBACH1	0,680	58,1	0,830	0,84	0,51
		MINHBACH2	0,636				
		MINHBACH3	0,741				
		MINHBACH4	0,770				
		MINHBACH5	0,752				
3	Hỗ trợ của blockchain đối với vận tải xanh	HOTRO1	0,674	55,2	0,860	0,85	0,54
		HOTRO2	0,817				
		HOTRO3	0,577				
		HOTRO4	0,756				
		HOTRO5	0,817				
4	Tự động hoá của blockchain đối với vận tải xanh	TUDONGHOA1	0,723	50,8	0,852	0,86	0,56
		TUDONGHOA2	0,819				
		TUDONGHOA3	0,818				
		TUDONGHOA4	0,584				
		TUDONGHOA5	0,765				
5	Công nghệ blockchain đối với môi trường	MOITRUONG1	0,723	56,0	0,855	0,86	0,56
		MOITRUONG2	0,819				
		MOITRUONG3	0,818				
		MOITRUONG4	0,584				
		MOITRUONG5	0,765				
6	Công nghệ blockchain đối với hoạt động	HOATDONG1	0,707	59,4	0,881	0,87	0,58
		HOATDONG2	0,787				
		HOATDONG3	0,773				
		HOATDONG4	0,832				
		HOATDONG5	0,710				