



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.5.166-186>

***Corresponding author:**

Email address:

dunglv@utt.edu.vn

thudtn@utt.edu.vn

Received: 04/03/2026

Received in Revised Form:

08/07/2026

Accepted: 28/07/2026

Bottlenecks in the Development of Road Transport Vehicles and Infrastructure in Vietnam under Digital Transformation and Green Transition

Bui Manh Cuong, Duong Thi Ngoc Thu*, Le Van Dung*

University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc Street, Thanh Liet Ward, Hanoi, Vietnam

Abstract: In the context of digital transformation, green transition, and global economic and geopolitical shifts, Vietnam's road transport system is facing structural bottlenecks in the development of transport vehicles and road transport infrastructure. This study identifies, quantifies, and analyzes the mechanisms through which institutional-policy, finance-investment, human resources and governance, transport infrastructure, green transport vehicles, and digital transformation affect road transport system efficiency. Survey data were collected from 210 respondents, including experts, government agencies, and transport-logistics enterprises in Vietnam. The study applies Cronbach's Alpha, exploratory factor analysis (EFA), confirmatory factor analysis (CFA), and structural equation modeling (SEM). The results indicate that digital transformation has the largest total effect on road transport system efficiency, followed by finance-investment and transport infrastructure. Institutional-policy factors exert a strong effect on digital transformation and influence system efficiency mainly through the digital transformation pathway. The findings highlight the need to improve data governance, inter-sectoral coordination, PPP investment mechanisms, digital human resources, and data security in building a smart, green, and sustainable road transport system in Vietnam.

Keywords: Road transport; Road transport infrastructure; Green transport vehicles; Digital transformation; Green transition; Vietnam.



Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2026.vn.6.5.166-186>

*Tác giả liên hệ:
Địa chỉ Email:
dunglv@utt.edu.vn
thudtn@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 04/03/2026
Ngày nộp bài sửa: 08/07/2026
Ngày chấp nhận: 28/07/2026

Những nút thắt trong phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh

Bùi Mạnh Cường, Dương Thị Ngọc Thu*, Lê Văn Dũng*

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 54 phố Triều Khúc, phường Thanh Liệt, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt: Trong bối cảnh chuyển đổi số, chuyển dịch xanh và những biến động kinh tế – địa chính trị toàn cầu, phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam đang đối mặt với nhiều nút thắt mang tính cấu trúc. Nghiên cứu này nhằm nhận diện, lượng hóa và phân tích cơ chế tác động của các nhóm yếu tố thể chế – chính sách, tài chính – đầu tư, nguồn nhân lực và quản trị, hạ tầng giao thông, phương tiện vận tải xanh và chuyển đổi số đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ. Dữ liệu khảo sát được thu thập từ 210 đối tượng gồm chuyên gia, cơ quan quản lý nhà nước và doanh nghiệp vận tải – logistics tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng Cronbach's Alpha, EFA, CFA và mô hình phương trình cấu trúc (SEM) để kiểm định các giả thuyết. Kết quả cho thấy chuyển đổi số có tổng tác động lớn nhất đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ, tiếp theo là tài chính – đầu tư và hạ tầng giao thông. Yếu tố thể chế – chính sách tác động mạnh đến chuyển đổi số và ảnh hưởng đến hiệu quả hệ thống chủ yếu thông qua kênh chuyển đổi số. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của quản trị dữ liệu, phối hợp liên ngành, cơ chế đầu tư PPP, phát triển nguồn nhân lực số và bảo đảm an ninh dữ liệu trong xây dựng hệ thống giao thông đường bộ thông minh, xanh và bền vững tại Việt Nam.

Từ khóa: Giao thông đường bộ; phương tiện vận tải; hạ tầng giao thông; chuyển đổi số; chuyển dịch xanh; Việt Nam.

1. Mở đầu

1.1. Bối cảnh nghiên cứu

Phát triển giao thông bền vững đang trở thành một trong những ưu tiên chiến lược của nhiều quốc gia nhằm đáp ứng yêu cầu tăng trưởng kinh tế, bảo vệ môi trường và thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững của Liên Hợp Quốc [1, 2]. Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư, chuyển đổi số và chuyển dịch xanh được xem là hai động lực quan trọng thúc đẩy quá trình

hiện đại hóa hệ thống giao thông vận tải, nâng cao hiệu quả khai thác hạ tầng, giảm phát thải khí nhà kính và tối ưu hóa hoạt động logistics [3-5]. Tại Việt Nam, giao thông đường bộ hiện đảm nhận phần lớn nhu cầu vận tải hàng hóa và hành khách, đóng vai trò quan trọng trong kết nối vùng, phát triển kinh tế - xã hội và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Trong những năm qua, Nhà nước đã ban hành nhiều chủ trương và chính sách nhằm phát triển kết cấu hạ tầng giao thông, thúc đẩy ứng dụng

công nghệ số và khuyến khích sử dụng phương tiện vận tải thân thiện với môi trường. Tuy nhiên, quá trình phát triển vẫn đang đối mặt với nhiều khó khăn liên quan đến hạ tầng, nguồn lực đầu tư, chất lượng nguồn nhân lực, năng lực quản trị và khả năng ứng dụng công nghệ số [5-7].

Trong bối cảnh đó, việc nhận diện và đánh giá các yếu tố cản trở quá trình phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ có ý nghĩa quan trọng đối với việc hoạch định chính sách và xây dựng hệ thống giao thông bền vững tại Việt Nam.

1.2. Vấn đề nghiên cứu

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu đề cập đến phát triển hạ tầng giao thông, giao thông thông minh, logistics hoặc phương tiện vận tải xanh, phần lớn các nghiên cứu thường xem xét từng yếu tố riêng lẻ và chưa phản ánh đầy đủ mối quan hệ tương tác giữa các nhóm yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ [3, 5, 6].

Thực tiễn tại Việt Nam cho thấy nhiều “nút thắt” vẫn tồn tại trong quá trình phát triển giao thông đường bộ như sự thiếu đồng bộ của kết cấu hạ tầng, hạn chế trong huy động nguồn lực tài chính, bất cập về thể chế và chính sách, chất lượng nguồn nhân lực chưa đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số, cũng như mức độ ứng dụng công nghệ còn chưa đồng đều giữa các địa phương và doanh nghiệp [5, 7, 8]. Những yếu tố này không chỉ tác động trực tiếp đến hiệu quả đầu tư và khai thác hệ thống giao thông mà còn ảnh hưởng đến khả năng thực hiện các mục tiêu chuyển đổi số và chuyển dịch xanh trong ngành giao thông vận tải.

Do đó, cần có một nghiên cứu tiếp cận theo hướng tổng hợp nhằm nhận diện các nhóm nút thắt chủ yếu, đánh giá mức độ ảnh hưởng của chúng và làm rõ vai trò của chuyển đổi số trong quá trình nâng cao hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ tại Việt Nam.

1.3. Khoảng trống nghiên cứu

Tổng quan các nghiên cứu quốc tế cho thấy phát triển giao thông bền vững hiện được tiếp cận theo hướng hệ thống, nhấn mạnh vai trò của thể

chế, quản trị dữ liệu, chuyển đổi số và cơ chế phối hợp đa chủ thể [2, 5, 9]. Một số nghiên cứu đã sử dụng mô hình SEM để đánh giá tác động của các yếu tố đến hiệu quả phát triển giao thông, tuy nhiên phần lớn được thực hiện tại các nền kinh tế phát triển với điều kiện thể chế và mức độ sẵn sàng công nghệ khác biệt [10, 11].

Tại Việt Nam, các tài liệu hiện có chủ yếu tập trung vào phát triển hạ tầng và kết nối giao thông, định hướng tăng trưởng xanh hoặc các khía cạnh kỹ thuật của vận hành giao thông [7, 12, 13].

Tuy nhiên, vẫn tồn tại một số khoảng trống nghiên cứu quan trọng: (i) chưa kiểm định đồng thời các nhóm yếu tố thể chế, tài chính, hạ tầng, phương tiện, nguồn nhân lực và chuyển đổi số trong một mô hình tích hợp; (ii) chưa làm rõ cơ chế tác động trực tiếp và gián tiếp giữa các điều kiện tháo gỡ “nút thắt” và hiệu quả phát triển giao thông; (iii) chưa đánh giá đầy đủ vai trò trung gian của chuyển đổi số trong mối quan hệ giữa nguồn lực và hiệu quả hệ thống; (iv) thiếu các bằng chứng định lượng gắn với thực tiễn quản trị giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số, chuyển dịch xanh và biến động chuỗi cung ứng toàn cầu; (v) các vấn đề quản trị dữ liệu, an ninh hệ thống số, PPP/BOT và phối hợp liên ngành trong phát triển giao thông đường bộ chưa được phân tích trong một khung nghiên cứu thống nhất.

Khoảng trống này cho thấy cần có một nghiên cứu tiếp cận theo hướng hệ thống, kết hợp giữa lý thuyết và thực tiễn quản lý nhằm cung cấp bằng chứng thực nghiệm cho hoạch định chính sách giao thông tại Việt Nam.

1.4. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) xây dựng khung phân tích tích hợp dựa trên lý thuyết thể chế, lý thuyết chuyển dịch hệ thống kinh tế – kỹ thuật và giao thông bền vững; (2) nhận diện và lượng hóa mức độ tác động của các nhóm yếu tố liên quan đến phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam; (3) phân tích vai trò của thể chế, tài chính, nguồn nhân lực, hạ tầng, phương tiện vận tải xanh và chuyển đổi số đối với hiệu quả phát triển hệ thống giao thông

đường bộ; (4) kiểm định vai trò trung gian của chuyển đổi số trong mối quan hệ giữa các yếu tố nguồn lực và hiệu quả hệ thống; (5) đề xuất hàm ý chính sách nhằm nâng cao hiệu quả quản trị, thúc đẩy chuyển đổi số và phát triển giao thông đường bộ theo hướng xanh, thông minh và bền vững.

1.5. Câu hỏi nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu trên, nghiên cứu tập trung trả lời các câu hỏi sau: (1) Những nhóm nút thắt nào đang ảnh hưởng đến phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh? (2) Mức độ tác động của các yếu tố thể chế, tài chính, nguồn nhân lực, hạ tầng và chuyển đổi số đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ là như thế nào? (3) Chuyển đổi số có đóng vai trò trung gian trong mối quan hệ giữa các nguồn lực và hiệu quả phát triển hệ thống giao thông hay không? (4) Những hàm ý quản trị và chính sách nào cần được ưu tiên để thúc đẩy phát triển giao thông thông minh, xanh và bền vững tại Việt Nam?

1.6. Đóng góp khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

1.6.1. Đóng góp khoa học

Nghiên cứu đóng góp cho lý thuyết và học thuật ở ba khía cạnh chính. Thứ nhất, nghiên cứu mở rộng cách tiếp cận của lý thuyết chuyển dịch hệ thống kinh tế – kỹ thuật trong lĩnh vực giao thông tại các nền kinh tế đang chuyển đổi thông qua việc tích hợp sáu nhóm yếu tố gồm thể chế – chính sách, tài chính – đầu tư, hạ tầng giao thông, phương tiện vận tải xanh, chuyển đổi số và nguồn nhân lực – quản trị trong cùng một mô hình SEM. Thứ hai, nghiên cứu bổ sung bằng chứng thực nghiệm về vai trò trung gian của chuyển đổi số trong việc chuyển hóa các nguồn lực thể chế, tài chính và nhân lực thành hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ. Thứ ba, nghiên cứu cung cấp bằng chứng định lượng từ bối cảnh Việt Nam, qua đó làm rõ thứ tự ưu tiên chính sách trong quá trình phát triển giao thông đường bộ thông minh, xanh và bền vững.

1.6.2. Đóng góp thực tiễn

Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho các cơ quan quản lý nhà nước và doanh nghiệp trong hoạch định chính sách và quản trị hệ thống giao thông đường bộ tại Việt Nam.

Nghiên cứu giúp: (i) Xác định thứ tự ưu tiên trong phân bổ nguồn lực đầu tư; (ii) Hoàn thiện thể chế và cơ chế phối hợp liên ngành; (iii) Thúc đẩy phát triển giao thông thông minh và chuyển đổi số; (iv) Nâng cao hiệu quả triển khai PPP và BOT; (v) Phát triển nguồn nhân lực số; (vi) Tăng cường an ninh, an toàn dữ liệu trong quản trị giao thông hiện đại.

Đồng thời, nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm phục vụ định hướng phát triển hệ thống giao thông xanh, thông minh và thích ứng với các biến động kinh tế – địa chính trị toàn cầu trong giai đoạn mới.

2. Cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Phát triển hạ tầng giao thông đường bộ bền vững

Phát triển hạ tầng giao thông đường bộ bền vững được hiểu là quá trình xây dựng và vận hành hệ thống giao thông bảo đảm đồng thời hiệu quả kinh tế, bảo vệ môi trường và khả năng tiếp cận xã hội trong dài hạn [9]. Theo lý thuyết giao thông bền vững, hệ thống giao thông hiện đại không chỉ tập trung vào mở rộng quy mô hạ tầng mà còn phải tối ưu hóa hiệu quả khai thác, giảm phát thải, tăng cường kết nối logistics và nâng cao năng lực thích ứng trước các biến động kinh tế – xã hội [12].

Trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh, hạ tầng giao thông đường bộ đang chuyển từ mô hình “hạ tầng vật lý truyền thống” sang “hạ tầng thông minh” dựa trên dữ liệu, kết nối số và quản trị thời gian thực. Điều này làm xuất hiện nhiều yêu cầu mới về đồng bộ quy hoạch, tích hợp dữ liệu giao thông, quản lý tài sản hạ tầng và khả năng kết nối đa phương thức vận tải.

Ở góc độ thể chế và chính sách, hiệu quả phát triển hạ tầng phụ thuộc lớn vào chất lượng chính sách, cơ chế phối hợp liên ngành và năng lực quản trị công. Trong bối cảnh Việt Nam, Chiến

lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn 2050 tạo khung định hướng cho quá trình phát triển theo hướng xanh và bền vững [13]. Khi thể chế thiếu đồng bộ, thủ tục đầu tư phức tạp, phân cấp quản lý chưa rõ ràng và cơ chế chia sẻ dữ liệu còn hạn chế, hệ thống giao thông sẽ phát sinh “nút thắt thể chế”, làm gia tăng chi phí đầu tư và giảm hiệu quả khai thác hạ tầng.

Bên cạnh đó, lý thuyết chi phí giao dịch cho rằng sự thiếu minh bạch thông tin, phân mảnh dữ liệu và phối hợp yếu giữa các chủ thể sẽ làm tăng chi phí giao dịch và cản trở hiệu quả vận hành hệ thống [14]. Đây là nguyên nhân khiến nhiều dự án giao thông tại các quốc gia đang phát triển gặp tình trạng chậm tiến độ, chi phí cao và hiệu quả khai thác chưa tương xứng với nguồn lực đầu tư.

Trong bối cảnh Việt Nam, các hạn chế về chất lượng quy hoạch, thiếu liên kết giữa trung ương và địa phương, khó khăn trong triển khai PPP/BOT và năng lực quản trị hạ tầng chưa đồng đều đang được xem là những “nút thắt” quan trọng cản trở phát triển giao thông đường bộ bền vững.

2.1.2. Phương tiện vận tải xanh

Phương tiện vận tải xanh là các loại phương tiện có mức phát thải thấp, tiết kiệm năng lượng và thân thiện môi trường nhằm giảm tác động tiêu cực đến môi trường và biến đổi khí hậu [4, 15]. Theo lý thuyết chuyển dịch hệ thống kinh tế – kỹ thuật, quá trình chuyển đổi từ phương tiện truyền thống sang phương tiện vận tải xanh không chỉ phụ thuộc vào đổi mới công nghệ mà còn chịu tác động của thể chế, chính sách hỗ trợ, hạ tầng kỹ thuật và mức độ chấp nhận của xã hội [16].

Nhiều nghiên cứu cho rằng việc phát triển phương tiện vận tải xanh thường gặp các rào cản lớn về chi phí đầu tư, hạ tầng hỗ trợ, năng lực công nghệ và chính sách khuyến khích [17]. Đặc biệt tại các nền kinh tế đang phát triển, sự phụ thuộc vào phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch và hạn chế trong năng lực đổi mới công nghệ tạo ra trạng thái “khóa cứng công nghệ”, khiến quá trình chuyển dịch xanh diễn ra chậm và thiếu đồng bộ.

Ngoài ra, lý thuyết đổi mới xanh nhấn mạnh rằng việc phát triển phương tiện vận tải xanh cần

được hỗ trợ bởi hệ sinh thái đổi mới gồm chính sách ưu đãi, hạ tầng sạc điện, dữ liệu giao thông minh bạch và nguồn nhân lực chất lượng cao [18]. Nếu thiếu các điều kiện này, quá trình chuyển đổi phương tiện vận tải xanh sẽ gặp nhiều khó khăn về chi phí, khả năng tiếp cận công nghệ và hiệu quả vận hành.

Đối với Việt Nam, mặc dù đã có nhiều định hướng thúc đẩy phát triển phương tiện phát thải thấp nhưng việc triển khai còn đối mặt với nhiều “nút thắt” như thiếu hạ tầng hỗ trợ, chi phí đầu tư cao, năng lực sản xuất công nghệ còn hạn chế và thiếu cơ chế khuyến khích đồng bộ giữa trung ương và địa phương.

2.1.3. Chuyển đổi số trong giao thông đường bộ

Chuyển đổi số trong giao thông đường bộ là quá trình ứng dụng công nghệ số, dữ liệu lớn (Big Data), trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và hệ thống giao thông thông minh (ITS) nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, vận hành và khai thác hệ thống giao thông [19].

Theo lý thuyết năng lực động, khả năng thích ứng với công nghệ và đổi mới quản trị là yếu tố quyết định năng lực cạnh tranh và hiệu quả phát triển của các tổ chức trong môi trường biến động [20]. Trong lĩnh vực giao thông, chuyển đổi số không chỉ là ứng dụng công nghệ mà còn bao gồm tái cấu trúc mô hình quản trị, chia sẻ dữ liệu và tích hợp hệ thống điều hành.

Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy quá trình chuyển đổi số trong giao thông thường gặp các “nút thắt” liên quan đến quản trị dữ liệu, bảo vệ dữ liệu, năng lực công nghệ và khả năng khai thác dữ liệu từ các phương tiện kết nối [21].

Bên cạnh đó, lý thuyết quản trị số cho rằng hiệu quả của chuyển đổi số phụ thuộc lớn vào khả năng tích hợp dữ liệu, năng lực điều phối và mức độ phối hợp giữa các chủ thể quản lý [22]. Nếu thiếu cơ chế quản trị dữ liệu đồng bộ, hệ thống giao thông thông minh sẽ khó vận hành hiệu quả và có nguy cơ phát sinh rủi ro về an ninh, an toàn thông tin.

Trong bối cảnh Việt Nam, chuyển đổi số

trong giao thông đang được thúc đẩy mạnh thông qua ITS, thu phí điện tử không dừng và quản lý vận tải bằng dữ liệu số. Tuy nhiên, việc triển khai vẫn gặp nhiều khó khăn do phân mảnh dữ liệu, thiếu chuẩn kết nối, chênh lệch năng lực công nghệ giữa các địa phương và hạn chế về nguồn nhân lực chất lượng cao. Đây được xem là các “nút thắt số” ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ hiện nay.

2.2. Tổng quan nghiên cứu quốc tế

Các nghiên cứu quốc tế cho thấy phát triển giao thông bền vững hiện được tiếp cận theo hướng hệ thống, nhấn mạnh vai trò của thể chế, chuyển đổi số, quản trị dữ liệu và chuyển dịch xanh [23, 24]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng các “nút thắt” trong phát triển giao thông không tồn tại riêng lẻ mà hình thành từ sự tương tác giữa hạ tầng, công nghệ, nguồn lực tài chính và năng lực quản trị [25].

Một số nghiên cứu tập trung phân tích vai trò của thể chế và quản trị trong nâng cao hiệu quả đầu tư hạ tầng giao thông. Kết quả cho thấy chất lượng thể chế, minh bạch thông tin và cơ chế quản trị có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả đầu tư và khai thác hạ tầng [26].

Ở góc độ chuyển đổi số, các nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của dữ liệu giao thông và các cơ chế báo cáo, chia sẻ dữ liệu trong nâng cao hiệu quả vận tải và quản trị hệ thống [27]. Tuy nhiên, quá trình số hóa cũng đặt ra các yêu cầu về an ninh mạng, đặc biệt đối với các thiết bị bên đường và hạ tầng giao thông thông minh [28].

Đối với phương tiện vận tải xanh, các nghiên cứu quốc tế cho thấy quá trình chuyển đổi sang phương tiện phát thải thấp chịu ảnh hưởng mạnh của chính sách ưu đãi, hạ tầng hỗ trợ và năng lực đổi mới công nghệ [15]. Nếu thiếu đồng bộ giữa chính sách, hạ tầng và công nghệ, quá trình chuyển dịch xanh sẽ diễn ra chậm và thiếu hiệu quả.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu về giao thông bền vững, phần lớn các nghiên cứu quốc tế tập trung vào từng nhóm yếu tố riêng lẻ, trong khi còn thiếu các mô hình tích hợp đánh giá đồng thời vai

trò của thể chế, chuyển đổi số, nguồn nhân lực và tài chính trong cùng một khung phân tích.

2.3. Tổng quan nghiên cứu tại Việt Nam

Tại Việt Nam, các nghiên cứu hiện có chưa tiếp cận một cách tích hợp các nhóm nút thắt về thể chế, tài chính, hạ tầng, phương tiện, chuyển đổi số và nguồn nhân lực trong cùng một khung phân tích, đặc biệt trong bối cảnh phát triển giao thông đường bộ thông minh, xanh và bền vững. Đặc biệt, còn thiếu các nghiên cứu: (i) xác định và lượng hóa đồng thời các nút thắt; (ii) đánh giá mức độ tác động tương đối của từng nhóm yếu tố; và (iii) kiểm định vai trò của chuyển đổi số trong việc giảm thiểu các nút thắt này.

Các nghiên cứu kỹ thuật về dự báo giao thông cung cấp nền tảng cho ứng dụng công nghệ trong quản lý và vận hành giao thông [29].

Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu hiện nay vẫn mang tính mô tả chính sách hoặc tiếp cận từng yếu tố riêng lẻ mà chưa phân tích đầy đủ tính hệ thống của các “nút thắt” trong phát triển giao thông đường bộ. Đặc biệt, còn thiếu các nghiên cứu: (i) lượng hóa đồng thời vai trò của thể chế, chuyển đổi số, tài chính, nguồn nhân lực và hạ tầng; (ii) đánh giá vai trò trung gian của chuyển đổi số; (iii) Phân tích cơ chế tác động giữa các nhóm yếu tố trong bối cảnh chuyển dịch xanh và biến động chuỗi cung ứng toàn cầu.

Ngoài ra, các vấn đề như quản trị dữ liệu giao thông, an ninh hệ thống số, hiệu quả PPP/BOT, liên kết đa phương thức vận tải và năng lực phối hợp liên ngành vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ trong bối cảnh Việt Nam.

Khoảng trống này cho thấy cần có một nghiên cứu tiếp cận theo hướng tích hợp và định lượng nhằm làm rõ cơ chế tác động của các “nút thắt” đến phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh.

3. Khung phân tích và giả thuyết nghiên cứu

3.1. Khung phân tích đề xuất

3.1.1. Khung tiếp cận nghiên cứu

Nghiên cứu được xây dựng trên cơ sở tiếp cận hệ thống và liên ngành nhằm phân tích các

“nút thắt” trong phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh. Khung tiếp cận nghiên cứu tích hợp các nền tảng lý thuyết gồm: lý thuyết thể chế, lý thuyết giao thông bền vững, lý thuyết chuyển dịch hệ thống kinh tế – kỹ thuật và lý thuyết quản trị số.

Theo cách tiếp cận này, nghiên cứu không đo lường “nút thắt” theo nghĩa các rào cản càng lớn càng tốt, mà đo lường các điều kiện phát triển có khả năng tháo gỡ nút thắt. Vì vậy, các biến quan sát được diễn giải theo hướng giá trị cao thể hiện điều kiện phát triển thuận lợi hơn; những biến được phát biểu theo chiều tiêu cực cần được mã hóa đảo chiều trước khi kiểm định Cronbach’s Alpha, EFA, CFA và SEM. Cách xử lý này giúp bảo đảm dấu của các hệ số hồi quy phù hợp với kỳ vọng lý thuyết.

Nghiên cứu giả định rằng chuyển đổi số đóng vai trò trung gian trong mối quan hệ giữa các nguồn lực phát triển và hiệu quả hệ thống giao thông đường bộ. Đồng thời, chất lượng thể chế và năng lực quản trị được xem là yếu tố nền tảng quyết định khả năng triển khai giao thông thông minh và chuyển dịch xanh.

3.1.2. Các nhóm nút thắt trong khung phân tích

Trên cơ sở tổng quan lý thuyết và các nghiên cứu trước đây, nghiên cứu xác định sáu nhóm yếu tố có thể tạo ra hoặc tháo gỡ “nút thắt” trong phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam, bao gồm:

(1) Nút thắt thể chế và chính sách (INS). Nhóm yếu tố này phản ánh mức độ đồng bộ của chính sách, hiệu quả phối hợp liên ngành, cơ chế phân cấp quản lý, chất lượng quy hoạch và khả năng triển khai PPP/BOT. Theo lý thuyết thể chế, các bất cập về chính sách và quản trị làm gia tăng chi phí giao dịch, kéo dài thời gian đầu tư và giảm hiệu quả khai thác hạ tầng.

(2) Nút thắt tài chính và đầu tư (FIN). Nhóm yếu tố này bao gồm khả năng huy động vốn, hiệu quả phân bổ nguồn lực đầu tư, cơ chế tài chính cho giao thông xanh và mức độ hấp dẫn của mô hình PPP/BOT. Thiếu hụt nguồn lực tài chính và cơ

chế chia sẻ rủi ro chưa hiệu quả là nguyên nhân cản trở phát triển hạ tầng giao thông hiện đại.

(3) Nút thắt hạ tầng giao thông (INF). Nhóm yếu tố này phản ánh chất lượng kết cấu hạ tầng, mức độ kết nối liên vùng, khả năng tích hợp đa phương thức vận tải và năng lực khai thác hạ tầng thông minh. Hạ tầng thiếu đồng bộ và quá tải làm gia tăng chi phí logistics và giảm hiệu quả vận tải.

(4) Phương tiện vận tải xanh (VEH). Nhóm phương tiện vận tải xanh phản ánh mức độ phát triển và ứng dụng các phương tiện phát thải thấp, sử dụng năng lượng sạch, đáp ứng yêu cầu giảm phát thải carbon và phát triển giao thông bền vững. Đây là nhân tố quan trọng thúc đẩy hiệu quả khai thác hệ thống giao thông trong bối cảnh chuyển dịch xanh.

(5) Nút thắt chuyển đổi số (DIG). Nhóm yếu tố này bao gồm mức độ sẵn sàng công nghệ, khả năng tích hợp dữ liệu, hạ tầng số, an ninh dữ liệu và năng lực vận hành hệ thống giao thông thông minh (ITS). Theo lý thuyết quản trị số, phân mảnh dữ liệu và thiếu cơ chế chia sẻ thông tin sẽ làm giảm hiệu quả điều phối hệ thống giao thông.

(6) Nguồn nhân lực và quản trị (HRG). Nhóm yếu tố HRG phản ánh mức độ đáp ứng của nguồn nhân lực số, năng lực quản trị của cơ quan quản lý và doanh nghiệp, khả năng vận hành hệ thống giao thông thông minh, năng lực phối hợp liên ngành, hoạt động đào tạo và khả năng thích ứng với công nghệ mới. Trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh, HRG là điều kiện quan trọng để chuyển hóa đầu tư, công nghệ và dữ liệu thành hiệu quả vận hành thực tế của hệ thống giao thông đường bộ.

3.1.3. Khung phân tích nghiên cứu

Trên cơ sở các nhóm nút thắt được xác định, nghiên cứu đề xuất mô hình phân tích tích hợp nhằm kiểm định mối quan hệ giữa các yếu tố thể chế, tài chính, hạ tầng, chuyển đổi số, nguồn nhân lực và hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ.

Trong mô hình nghiên cứu: (i) biến phụ thuộc là hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT); (ii) các biến độc lập gồm thể chế –

chính sách, tài chính – đầu tư, hạ tầng giao thông, phương tiện vận tải xanh và nguồn nhân lực – quản trị; (iii) chuyển đổi số được xem là biến trung gian phản ánh vai trò của dữ liệu, công nghệ và ITS trong nâng cao hiệu quả hệ thống giao thông.

Khung phân tích cho phép đánh giá đồng thời tác động trực tiếp và gián tiếp của các nhóm “nút thắt” đối với hiệu quả phát triển giao thông trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh.

Trong mô hình nghiên cứu, phương tiện vận tải xanh (VEH) được xem là một cấu phần trực tiếp của quá trình chuyển dịch xanh và có tác động trực tiếp đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT). Chuyển đổi số (DIG) được xem là biến trung gian giữa các nguồn lực phát triển (INS, FIN, HRG) và HQHT nhằm phản ánh cơ chế chuyển hóa nguồn lực thành hiệu quả hệ thống thông qua nền tảng công nghệ và dữ liệu số.

3.2. Giả thuyết nghiên cứu

Dựa trên cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu, bài báo đề xuất các giả thuyết nghiên cứu sau:

(i) Tác động của thể chế và chính sách đến chuyển đổi số

Các nghiên cứu của OECD [5] cho thấy chất lượng thể chế, tính minh bạch của chính sách và khả năng phối hợp giữa các cơ quan quản lý là điều kiện tiên quyết để triển khai thành công các hệ thống giao thông thông minh. Một môi trường thể chế thuận lợi sẽ thúc đẩy việc chia sẻ dữ liệu, chuẩn hóa quy trình quản lý và ứng dụng công nghệ số trong giao thông vận tải.

H1: Thể chế và chính sách (INS) tác động tích cực đến chuyển đổi số (DIG).

(ii) Tác động của tài chính – đầu tư đến chuyển đổi số

Việc triển khai các nền tảng số, hệ thống ITS, trung tâm điều hành giao thông thông minh và hạ tầng dữ liệu đòi hỏi nguồn lực đầu tư đáng kể. Các nghiên cứu trước cho thấy khả năng huy động và phân bổ nguồn vốn có ảnh hưởng tích cực đến mức độ chuyển đổi số trong lĩnh vực giao thông vận tải [5].

H2: Tài chính – đầu tư (FIN) tác động tích

cực đến chuyển đổi số (DIG).

(iii) Tác động của nguồn nhân lực và quản trị đến chuyển đổi số

Nguồn nhân lực chất lượng cao và năng lực quản trị đóng vai trò quan trọng trong việc tiếp nhận, vận hành và khai thác các công nghệ số. Theo OECD [5], năng lực tổ chức và chất lượng nguồn nhân lực là một trong những yếu tố quyết định thành công của quá trình chuyển đổi số trong giao thông.

H3: Nguồn nhân lực và quản trị (HRG) tác động tích cực đến chuyển đổi số (DIG).

(iv) Tác động của chuyển đổi số đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ

Các nghiên cứu về giao thông thông minh cho thấy ứng dụng công nghệ số góp phần nâng cao hiệu quả vận hành, giảm ùn tắc, tăng cường an toàn giao thông và tối ưu hóa sử dụng hạ tầng [5, 29]. Vì vậy, chuyển đổi số được kỳ vọng sẽ cải thiện hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ.

H4: Chuyển đổi số (DIG) tác động tích cực đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT).

(v) Tác động của hạ tầng giao thông đến hiệu quả hệ thống giao thông đường bộ

Kết cấu hạ tầng là nền tảng vật chất bảo đảm khả năng lưu thông hàng hóa và hành khách. Chất lượng và mức độ kết nối của hạ tầng giao thông có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả khai thác hệ thống vận tải [6, 8].

H5: Hạ tầng giao thông (INF) tác động tích cực đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT).

(vi) Tác động của phương tiện vận tải xanh đến hiệu quả hệ thống giao thông đường bộ

Phương tiện vận tải xanh giúp giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm năng lượng và nâng cao tính bền vững của hệ thống giao thông. Nhiều nghiên cứu cho thấy việc phát triển phương tiện xanh góp phần cải thiện hiệu quả vận tải và giảm tác động tiêu cực đến môi trường [4, 9, 15, 30].

H6: Phương tiện vận tải xanh (VEH) tác động tích cực đến hiệu quả phát triển hệ thống giao

thông đường bộ (HQHT).

(vii) Tác động của tài chính – đầu tư đến hiệu quả hệ thống giao thông đường bộ

Nguồn lực tài chính không chỉ hỗ trợ đầu tư hạ tầng mà còn tạo điều kiện triển khai các giải pháp đổi mới công nghệ, hiện đại hóa phương tiện và nâng cao chất lượng dịch vụ vận tải. Do đó, tài chính được kỳ vọng có tác động trực tiếp đến hiệu quả phát triển giao thông đường bộ.

H7: Tài chính – đầu tư (FIN) tác động trực tiếp đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT).

(viii) Tác động của nguồn nhân lực và quản trị đến hiệu quả hệ thống giao thông đường bộ

Nguồn nhân lực có trình độ chuyên môn cao cùng với năng lực quản trị hiệu quả sẽ góp phần nâng cao chất lượng vận hành, khai thác và quản lý hệ thống giao thông. Đây là điều kiện quan trọng để nâng cao hiệu quả phát triển giao thông trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh.

H8: Nguồn nhân lực và quản trị (HRG) tác động trực tiếp đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT).

3.3. Khái quát phương pháp nghiên cứu

3.3.1. Phương pháp định tính

Nghiên cứu sử dụng thiết kế hỗn hợp theo trình tự định tính – định lượng. Giai đoạn định tính được dùng để xây dựng khung lý thuyết, xác định các nhóm yếu tố và hiệu chỉnh thang đo; giai đoạn định lượng được dùng để kiểm định mô hình thông qua Cronbach's Alpha, EFA, CFA và SEM. Các thông tin chi tiết về mẫu khảo sát, thang đo và quy trình xử lý dữ liệu được trình bày tập trung tại Mục 4 nhằm tránh lặp nội dung phương pháp.

Quá trình nghiên cứu định tính được thực hiện qua hai bước:

Bước 1: Tổng quan tài liệu. Nhóm tác giả tiến hành tổng hợp và phân tích các nghiên cứu quốc tế và trong nước liên quan đến: (i) Giao thông bền vững; (ii) Giao thông thông minh; (iii) Chuyển đổi số trong giao thông; (iv) Phương tiện vận tải xanh; (v) Quản trị hạ tầng giao thông. Kết quả tổng quan giúp xác định các nhóm yếu tố phù hợp với bối cảnh Việt Nam và xây dựng mô hình nghiên cứu

đề xuất.

Bước 2: Phỏng vấn chuyên gia. Nghiên cứu thực hiện phỏng vấn bán cấu trúc với 15 chuyên gia, gồm cán bộ quản lý trong lĩnh vực giao thông vận tải, chuyên gia quy hoạch hạ tầng, chuyên gia chuyển đổi số và lãnh đạo doanh nghiệp vận tải – logistics. Mục tiêu của phỏng vấn là hiệu chỉnh biến quan sát, đánh giá tính phù hợp của thang đo và bổ sung các yếu tố phản ánh đặc thù quản trị giao thông tại Việt Nam để tăng tính minh bạch của bước định tính.

3.3.2. Phương pháp định lượng

Đối tượng khảo sát của nghiên cứu bao gồm: cán bộ quản lý nhà nước trong lĩnh vực giao thông vận tải; doanh nghiệp vận tải và logistics; chuyên gia về hạ tầng giao thông, chuyển đổi số và chuyển dịch xanh; giảng viên và nhà nghiên cứu trong lĩnh vực giao thông vận tải.

Nghiên cứu sử dụng phương pháp chọn mẫu phi xác suất, kết hợp chọn mẫu thuận tiện có kiểm soát và chọn mẫu chuyên gia. Tổng cộng 250 bảng khảo sát được phát ra thông qua hình thức trực tiếp và trực tuyến theo cách tiếp cận khảo sát đa phương thức [31]. Sau khi loại bỏ các phiếu thiếu thông tin hoặc trả lời không nhất quán, còn 210 phiếu hợp lệ được sử dụng cho phân tích. Theo khuyến nghị về SEM của Hair và cộng sự [10], kích thước mẫu tối thiểu thường cần đạt từ 5–10 quan sát cho mỗi biến quan sát. Với 26 biến quan sát hiện có, cỡ mẫu 210 đáp ứng yêu cầu tối thiểu cho phân tích SEM; tuy nhiên, do sử dụng mẫu phi xác suất, kết quả nên được diễn giải như bằng chứng khảo sát có tính tham khảo thay vì đại diện thống kê cho toàn bộ Việt Nam.

Thang đo nghiên cứu được xây dựng dựa trên ba nguồn chính: (i) kế thừa các nghiên cứu trước đây; (ii) điều chỉnh phù hợp với bối cảnh giao thông Việt Nam; và (iii) hiệu chỉnh thông qua phỏng vấn chuyên gia.

Trên cơ sở tổng quan tài liệu và kết quả nghiên cứu định tính, nghiên cứu xây dựng hệ thống thang đo gồm 06 nhân tố với tổng cộng 26 biến quan sát. Các biến quan sát được điều chỉnh cho phù hợp với bối cảnh phát triển giao thông

đường bộ tại Việt Nam và được đo lường bằng thang Likert 5 mức độ từ (1) Hoàn toàn không đồng ý đến (5) Hoàn toàn đồng ý.

Cụ thể:

(i) Hạ tầng giao thông (INF): 05 biến quan sát; (ii) Phương tiện vận tải xanh (VEH): 04 biến quan sát; (iii) Chuyển đổi số (DIG): 05 biến quan sát; (iv) Thể chế và chính sách (INS): 04 biến quan sát; (v) Tài chính – đầu tư (FIN): 04 biến quan sát; (vi) Nguồn nhân lực và quản trị (HRG): 04 biến quan sát.

Tổng số biến quan sát sử dụng để đo lường sáu nhân tố INS, FIN, INF, VEH, DIG và HRG là 26 biến.

Trước khi khảo sát chính thức, nghiên cứu tiến hành khảo sát thử (pilot study) với 30 đối tượng nhằm đánh giá: mức độ rõ ràng của câu hỏi; khả năng hiểu nội dung khảo sát và độ tin cậy sơ bộ của thang đo.

Kết quả khảo sát thử cho thấy các biến quan sát đạt yêu cầu về tính rõ ràng và phù hợp với bối cảnh nghiên cứu. Nghiên cứu sử dụng phần mềm SPSS và AMOS để phân tích dữ liệu theo các bước: (i) kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha; (ii) phân tích nhân tố khám phá (EFA); (iii) phân tích nhân tố khẳng định (CFA); (iv) mô hình phương trình cấu trúc (SEM).

Ngoài ra, nghiên cứu kiểm định độ phù hợp mô hình thông qua các chỉ số χ^2/df , GFI, TLI, CFI, RMSEA và SRMR nhằm đánh giá mức độ phù hợp và độ tin cậy của mô hình nghiên cứu.

4. Thiết kế nghiên cứu và mô tả dữ liệu khảo sát

4.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu được thiết kế theo phương pháp hỗn hợp, kết hợp giữa nghiên cứu định tính và định lượng nhằm xây dựng và kiểm định mô hình các nút thắt ảnh hưởng đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh. Cách tiếp cận này cho phép phân tích đồng thời các mối quan hệ trực tiếp và gián tiếp giữa các biến trong một mô hình cấu trúc tích hợp, qua đó khắc phục hạn chế của các nghiên cứu tuyến tính trước đây [10, 11].

Trên cơ sở khung lý thuyết, mô hình nghiên

cứu đề xuất gồm sáu biến tiềm ẩn giải thích/điều kiện phát triển gồm: INS, FIN, INF, VEH, DIG và HRG; trong đó DIG được xem là biến trung gian giữa các yếu tố thể chế, tài chính, nguồn nhân lực với hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT). Thiết kế nghiên cứu này phù hợp với các nghiên cứu sử dụng SEM trong phân tích các mối quan hệ phức hợp giữa các cấu trúc tiềm ẩn [10, 11].

4.2. Quy trình xây dựng thang đo và bảng câu hỏi khảo sát

Thang đo các biến được kế thừa từ các nghiên cứu trước và điều chỉnh cho phù hợp với bối cảnh Việt Nam thông qua nghiên cứu định tính và tham vấn chuyên gia. Quy trình xây dựng thang đo gồm ba bước: (1) tổng quan tài liệu để xác định các biến quan sát; (2) phỏng vấn chuyên gia nhằm hiệu chỉnh nội dung và ngữ nghĩa của thang đo; (3) khảo sát thử để kiểm tra mức độ dễ hiểu và độ tin cậy sơ bộ.

Phần thang đo các nhân tố giải thích/trung gian trong bảng hỏi khảo sát chính thức bao gồm 26 biến quan sát thuộc sáu nhân tố INS, FIN, INF, VEH, DIG và HRG. Các biến quan sát này được sử dụng trong các bước Cronbach's Alpha, EFA và CFA; HQHT được sử dụng như biến kết quả trong mô hình cấu trúc SEM.

Các biến quan sát được đo lường bằng thang Likert 5 mức. Cấu trúc thang đo được trình bày tại Phụ lục B; Phụ lục D trích lược một số biến quan sát.

Đối với các biến quan sát được phát biểu theo chiều tiêu cực, nhóm nghiên cứu thực hiện mã hóa đảo chiều trước khi tiến hành EFA, CFA và SEM theo công thức: giá trị sau mã hóa = 6 – giá trị gốc đối với thang Likert 1–5. Theo bảng hỏi hiện tại, nhóm biến INF1–INF5 phản ánh hạn chế/nút thắt về hạ tầng nên cần được mã hóa đảo chiều để giá trị cao thể hiện điều kiện hạ tầng thuận lợi hơn.

4.3. Thu thập dữ liệu và mẫu khảo sát

Dữ liệu được thu thập thông qua khảo sát chuyên gia, nhà quản lý, doanh nghiệp và cán bộ hoạt động trong lĩnh vực giao thông vận tải.

Phương pháp chọn mẫu thuận tiện có kiểm soát được sử dụng do đặc thù đối tượng khảo sát là nhóm có kinh nghiệm chuyên môn; vì vậy, kết quả được diễn giải theo hướng bằng chứng khảo sát cảm nhận của các bên liên quan thay vì khẳng định đại diện cho toàn bộ hệ thống giao thông đường bộ Việt Nam.

Kết quả thu được 210 phiếu hợp lệ, đáp ứng yêu cầu tối thiểu về kích thước mẫu trong phân tích SEM theo Hair và cộng sự [10]. Thông tin mô tả mẫu khảo sát được trình bày tại Bảng 1.

4.4. Phương pháp xử lý và phân tích dữ liệu

Bảng 1. Thông tin mô tả mẫu khảo sát

Tiêu chí	Nhóm	Tần suất	Tỷ lệ (%)
Đối tượng	Cơ quan quản lý nhà nước	58	27,6
	Doanh nghiệp vận tải – logistics	96	45,7
	Chuyên gia / nhà nghiên cứu	56	26,7
Kinh nghiệm	< 5 năm	34	16,2
	5–10 năm	72	34,3
	> 10 năm	104	49,5
Khu vực	Bắc	84	40,0
	Trung	46	21,9
	Nam	80	38,1
	Tổng	210	100

4.5. Tính nhất quán và minh bạch dữ liệu

Để tăng tính tin cậy và minh bạch của dữ liệu, nghiên cứu thực hiện: (i) kiểm tra giá trị ngoại lai và dữ liệu thiếu; (ii) đánh giá độ tin cậy thang đo; (iii) kiểm định độ tin cậy và giá trị hội tụ; (iv) sử dụng Bootstrap với 5.000 mẫu lặp để kiểm định hiệu ứng trung gian.

Cấu trúc các thang đo và một số biến quan sát minh họa được trình bày trong Phụ lục nhằm minh bạch hóa thiết kế khảo sát.

5. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

5.1. Thống kê mô tả và đánh giá tổng quan các nhóm nút thắt

Kết quả khảo sát được tổng hợp từ 210 phiếu hợp lệ, bao gồm đại diện từ cơ quan quản lý nhà nước, doanh nghiệp vận tải – logistics và chuyên gia/nghiên cứu viên trong lĩnh vực giao thông vận tải.

Dữ liệu được phân tích theo quy trình: (i) Kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha (Bảng 2) (ii) Phân tích EFA (Bảng 3) (iii) Phân tích CFA (Bảng 4); (iv) Kiểm định độ phù hợp mô hình đo lường (Bảng 5); (v) Kiểm định mô hình cấu trúc SEM (Bảng 6); (vi) Kiểm định các giả thuyết nghiên cứu (Bảng 7); (vii) Phân tích tác động trực tiếp, gián tiếp và vai trò trung gian bằng Bootstrap (Bảng 8).

Quy trình này cho phép đánh giá: (i) Độ tin cậy và giá trị hội tụ của thang đo; (ii) Mức độ phù hợp của mô hình; (iii) Cơ chế tác động trung gian của chuyển đổi số.

Kết quả tại Bảng 1 cho thấy mẫu khảo sát có tính đa dạng và phù hợp với mục tiêu nghiên cứu. Trong đó, nhóm doanh nghiệp vận tải – logistics chiếm tỷ lệ cao nhất (45,7%), phản ánh góc nhìn thực tiễn từ các chủ thể trực tiếp tham gia hoạt động vận tải và logistics. Bên cạnh đó, gần 50% đối tượng khảo sát có trên 10 năm kinh nghiệm, góp phần nâng cao độ tin cậy chuyên môn của dữ liệu thu thập. Phân bố mẫu theo khu vực Bắc – Trung – Nam tương đối cân đối, qua đó cung cấp bức tranh tham khảo về cảm nhận của các bên liên quan đối với phát triển giao thông đường bộ tại Việt Nam.

Phụ lục A mô tả đặc điểm triển khai khảo sát và Phụ lục D trình bày trích lược các biến quan sát; các kết luận về mức độ tác động của các nhóm yếu tố được rút ra từ kết quả Cronbach's Alpha, EFA, CFA và SEM trình bày ở các mục tiếp theo.

5.2. Kết quả kiểm định độ tin cậy và mô hình đo lường

5.2.1. Kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo

Kết quả kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha được trình bày tại Bảng 2. Kết quả cho thấy tất cả các thang đo đều đạt độ tin cậy cao khi hệ số Cronbach's Alpha đều lớn hơn 0,8. Trong đó: thang đo DIG đạt giá trị cao nhất (0,903); tiếp theo

là INS (0,895); INF (0,884); FIN (0,876); HRG (0,868) và VEH (0,861).

Theo Hair và cộng sự [10], các giá trị này đều vượt ngưỡng chấp nhận và cho thấy các biến quan sát có tính nhất quán nội tại tốt. Đồng thời, hệ số tương quan biến – tổng của các biến quan sát đều lớn hơn 0,3 nên không có biến nào bị loại khỏi mô hình nghiên cứu.

Bảng 2. Kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo

Thang đo	Số biến	Cronbach's Alpha
INF	5	0,884
VEH	4	0,861
DIG	5	0,903
INS	4	0,895
FIN	4	0,876
HRG	4	0,868

Kết quả kiểm định độ tin cậy được thực hiện đối với toàn bộ 26 biến quan sát thuộc 06 nhân tố nghiên cứu. Không có biến quan sát nào bị loại bỏ do tất cả các biến đều đáp ứng yêu cầu về hệ số tương quan biến – tổng và độ tin cậy thang đo.

Kết quả này cho thấy hệ thống thang đo được xây dựng phù hợp với bối cảnh nghiên cứu giao thông đường bộ tại Việt Nam.

5.2.2. Kết quả phân tích nhân tố khám phá (EFA)

Kết quả EFA được trình bày tại Bảng 3.

Kết quả EFA được thực hiện trên toàn bộ 26 biến quan sát; sáu nhân tố được trích xuất phù hợp với mô hình lý thuyết đề xuất, bao gồm: INS, FIN, INF, VEH, DIG và HRG. Tổng phương sai trích đạt 68,4%, cho thấy sáu nhân tố giải thích được phần lớn biến thiên của dữ liệu nghiên cứu.

Bảng 3. Kết quả phân tích EFA

Chỉ tiêu	Giá trị
KMO	0,912
Sig. Bartlett	0,000
Số nhân tố	6
Tổng phương sai trích	68,4%
Factor loading	> 0,600

Bảng 4. Độ tin cậy tổng hợp và phương sai trích

Nhân tố	CR	AVE
INF	0,905	0,657
VEH	0,889	0,667
DIG	0,921	0,699
INS	0,917	0,736
FIN	0,902	0,697
HRG	0,895	0,681

5.2.3. Độ tin cậy tổng hợp và phương sai trích

Kết quả kiểm định CR và AVE được trình bày tại Bảng 4. Kết quả CFA khẳng định cấu trúc sáu nhân tố của mô hình nghiên cứu. Tất cả các nhân tố đều đạt yêu cầu về độ tin cậy tổng hợp ($CR > 0,7$) và giá trị hội tụ ($AVE > 0,5$), theo tiêu chí của Fornell và Larcker [32], chứng tỏ mô hình đo lường phù hợp với dữ liệu khảo sát.

5.2.4. Kết quả kiểm định mô hình đo lường (CFA)

Kết quả CFA được trình bày tại Bảng 5. Kết quả cho thấy tất cả các chỉ số phù hợp mô hình đều đạt ngưỡng chấp nhận theo Hair và cộng sự [10] và Kline [11]. Điều này chứng tỏ mô hình đo

lượng phù hợp với dữ liệu khảo sát. Kết quả CFA xác nhận cấu trúc đo lường gồm 26 biến quan sát thuộc sáu nhân tố giải thích/trung gian. HQHT được sử dụng là biến kết quả trong mô hình cấu trúc SEM và không thuộc khối thang đo được đánh giá ở các bước Cronbach's Alpha, EFA và CFA. Các Bảng 2, 3, 4 và 5 lần lượt trình bày kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo, phân tích EFA, độ tin cậy tổng hợp và phương sai trích, và các chỉ số phù hợp của mô hình đo lường CFA. Tất cả các biến quan sát thuộc sáu nhân tố INS, FIN, INF, VEH, DIG và HRG đều đạt yêu cầu và được giữ lại trong mô hình SEM. Kết quả này đồng thời phù hợp với các chỉ số đánh giá mô hình tại Phụ lục C.

Bảng 5. Chỉ số phù hợp của mô hình đo lường

Chỉ số	Giá trị	Ngưỡng
Chi-square/df	1,842	< 3
GFI	0,912	> 0,90
TLI	0,951	> 0,90
CFI	0,958	> 0,90
RMSEA	0,063	< 0,08
SRMR	0,041	< 0,08

5.3. Kết quả mô hình phương trình cấu trúc (SEM)

5.3.1. Chỉ số phù hợp của mô hình cấu trúc

Kết quả kiểm định SEM được trình bày tại Bảng 6. Kết quả cho thấy mô hình SEM đạt mức độ phù hợp tốt với dữ liệu khảo sát khi: (i) Chi-

square/df < 3; (ii) CFI, TLI và GFI đều lớn hơn 0,9; (iii) RMSEA và SRMR nhỏ hơn 0,08. Điều này khẳng định mô hình nghiên cứu có khả năng giải thích các mối quan hệ giữa các nhóm yếu tố và hiệu quả phát triển giao thông đường bộ trong phạm vi mẫu khảo sát.

Bảng 6. Chỉ số phù hợp của mô hình cấu trúc

Chỉ số	Giá trị	Ngưỡng
Chi-square/df	1,967	< 3
CFI	0,952	> 0,90
TLI	0,946	> 0,90
GFI	0,905	> 0,90
RMSEA	0,068	< 0,08
SRMR	0,045	< 0,08

5.3.2. Kết quả kiểm định các mối quan hệ trực tiếp

Kết quả kiểm định giả thuyết được trình bày tại Bảng 7. Kết quả cho thấy: (i) INS có tác động mạnh đến DIG với hệ số $\beta = 0,62$; (ii) DIG có ảnh

hưởng đáng kể đến hiệu quả hệ thống giao thông (HQHT) với $\beta = 0,35$; (iii) INF và VEH cũng có tác động trực tiếp đáng kể đến HQHT. Điều này cho thấy chuyển đổi số đóng vai trò trung tâm trong quá trình nâng cao hiệu quả phát triển giao thông

đường bộ.

5.4. Phân tích tổng hợp mức độ ảnh hưởng và thứ tự ưu tiên chính sách

5.4.1. Kết quả kiểm định tác động gián tiếp và vai trò trung gian của chuyển đổi số

Kết quả tác động gián tiếp được trình bày tại Bảng 8. Khoảng tin cậy Bootstrap 95% không chứa giá trị 0 nên các hiệu ứng gián tiếp đều có ý nghĩa thống kê. Kết quả cho thấy DIG có vai trò trung gian

có ý nghĩa thống kê trong các mối quan hệ INS → DIG → HQHT, FIN → DIG → HQHT và HRG → DIG → HQHT. Đặc biệt, mối quan hệ INS → DIG → HQHT có mức tác động gián tiếp lớn nhất (0,217), cho thấy cải cách thể chế là điều kiện quan trọng để thúc đẩy chuyển đổi số trong giao thông; tuy nhiên, do mô hình chưa kiểm định đường trực tiếp INS → HQHT nên không kết luận đây là quan hệ trung gian hoàn toàn.

Bảng 7. Kết quả kiểm định các mối quan hệ trực tiếp

Mối quan hệ	β	p-value	Kết luận
INS → DIG	0,62	<0,001	Chấp nhận
FIN → DIG	0,41	<0,001	Chấp nhận
HRG → DIG	0,36	<0,001	Chấp nhận
DIG → HQHT	0,35	<0,001	Chấp nhận
INF → HQHT	0,31	<0,001	Chấp nhận
VEH → HQHT	0,27	<0,01	Chấp nhận
FIN → HQHT	0,18	<0,05	Chấp nhận
HRG → HQHT	0,14	<0,05	Chấp nhận

Bảng 8. Kết quả kiểm định tác động gián tiếp và vai trò trung gian của chuyển đổi số

Quan hệ	β gián tiếp	Boot LLCI	Boot ULCI	p-value	Kết luận
INS→DIG→HQHT	0,217	0,126	0,332	<0,001	Trung gian có ý nghĩa thống kê
FIN→DIG→HQHT	0,144	0,072	0,241	<0,01	Trung gian một phần
HRG→DIG→HQHT	0,126	0,051	0,217	<0,05	Trung gian một phần

Bảng 9. Kết quả tổng hợp tác động trực tiếp, gián tiếp và tổng tác động của các nhân tố đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ

Biến	Direct	Indirect	Total
INS	—	0,217	0,217
FIN	0,180	0,144	0,324
HRG	0,140	0,126	0,266
DIG	0,350	—	0,350
INF	0,310	—	0,310
VEH	0,270	—	0,270

5.4.2. Kết quả tổng hợp tác động trực tiếp, gián tiếp và tổng tác động của các nhân tố đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ

Kết quả tổng tác động được trình bày tại Bảng 9. Kết quả cho thấy (i) DIG có tổng tác động lớn nhất đến HQHT (0,35); (ii) FIN (0,324); (iii) INF (0,31); (iv) VEH (0,27); (v) HRG (0,266). Điều này cho thấy chuyển đổi số và tài chính là hai ưu tiên

chính sách quan trọng trong phát triển giao thông đường bộ bền vững.

Kết quả tổng tác động cho thấy các “nút thắt” trong phát triển giao thông đường bộ tại Việt Nam không chỉ xuất phát từ hạn chế về hạ tầng vật chất mà còn liên quan chặt chẽ đến cơ chế quản lý, năng lực điều phối và khả năng tổ chức thực thi chính sách. Dưới góc độ quản lý nhà nước, các

yếu tố thể chế và quản trị (INS) phản ánh nhiều bất cập thực tiễn hiện nay như sự chong chéo giữa quy hoạch trung ương và địa phương, thiếu đồng bộ giữa quy hoạch giao thông với logistics và đô thị, cũng như hạn chế trong phối hợp giữa các bộ ngành và cơ quan quản lý với doanh nghiệp vận tải – logistics.

Bên cạnh đó, quá trình xã hội hóa đầu tư hạ tầng thông qua mô hình PPP và BOT mặc dù đã được thúc đẩy nhưng vẫn gặp nhiều khó khăn do cơ chế chia sẻ rủi ro chưa hợp lý, thời gian hoàn vốn kéo dài và thiếu tính ổn định trong chính sách đầu tư. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất cần hoàn thiện cơ chế thực thi phát triển kết cấu hạ tầng theo hướng tăng cường điều phối liên ngành, nâng cao hiệu quả phân cấp quản lý, hoàn thiện khung pháp lý cho PPP/BOT và ưu tiên các dự án hạ tầng có tính liên kết vùng nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư và khả năng kết nối logistics quốc gia.

5.5. Thảo luận kết quả

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ tại Việt Nam chịu tác động bởi sáu nhóm nhân tố gồm thể chế và chính sách (INS), tài chính – đầu tư (FIN), hạ tầng giao thông (INF), phương tiện vận tải xanh (VEH), chuyển đổi số (DIG) và nguồn nhân lực – quản trị (HRG).

Trước hết, INS có ảnh hưởng mạnh nhất đến DIG, cho thấy chất lượng thể chế và cơ chế điều phối giữ vai trò nền tảng đối với quá trình chuyển đổi số trong giao thông. Kết quả này phù hợp với ITF/OECD [5] khi cho rằng quản trị dữ liệu và phối hợp liên ngành là điều kiện cốt lõi của giao thông thông minh.

Thứ hai, DIG có tác động đáng kể đến HQHT, phản ánh vai trò ngày càng quan trọng của ITS, dữ liệu giao thông và nền tảng số trong nâng cao hiệu quả vận tải và giảm ùn tắc giao thông.

Thứ ba, INF và VEH có ảnh hưởng trực tiếp đến HQHT, cho thấy phát triển hạ tầng vật chất và phương tiện vận tải xanh vẫn là điều kiện nền tảng của giao thông bền vững.

Ngoài ra, FIN và HRG vừa có tác động trực

tiếp vừa có tác động gián tiếp thông qua DIG, cho thấy nguồn lực tài chính và chất lượng nhân lực có vai trò hỗ trợ quan trọng đối với quá trình chuyển đổi giao thông thông minh.

Từ kết quả nghiên cứu có thể thấy rằng trọng tâm chính sách vẫn là nâng cao hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ; tuy nhiên, các giải pháp hỗ trợ cần được đặt trong mối liên hệ với vận tải đa phương thức nhằm giảm áp lực cho đường bộ, giảm chi phí logistics và hạn chế phát thải khí nhà kính.

Theo hướng đó, kết nối đường bộ với đường sắt, vận tải thủy nội địa, cảng biển và trung tâm logistics cần được xem là giải pháp bổ trợ nhằm nâng cao hiệu quả khai thác hạ tầng đường bộ, chứ không làm thay đổi phạm vi nghiên cứu chính của bài báo. Cách tiếp cận này giúp các hàm ý chính sách bám sát tiêu đề và mục tiêu nghiên cứu.

Mặc dù chuyển đổi số được xác định là yếu tố trung tâm trong nâng cao hiệu quả hệ thống giao thông, tuy nhiên quá trình triển khai thực tế vẫn đối mặt với nhiều rủi ro và thách thức. Các vấn đề nổi bật hiện nay bao gồm nguy cơ mất an toàn dữ liệu, tấn công hệ thống điều hành giao thông thông minh, chi phí duy trì nền tảng số lớn và chênh lệch năng lực chuyển đổi số giữa các địa phương.

Do đó, nghiên cứu cho rằng cần xây dựng cơ chế quản trị dữ liệu giao thông thống nhất trên phạm vi quốc gia, chuẩn hóa hệ thống dữ liệu dùng chung giữa các bộ ngành và địa phương, đồng thời tăng cường bảo mật hệ thống ITS và nâng cao năng lực an ninh mạng cho hạ tầng giao thông số nhằm bảo đảm tính ổn định và an toàn của hệ thống điều hành giao thông thông minh trong dài hạn.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy nguồn nhân lực là yếu tố có ảnh hưởng quan trọng đối với quá trình chuyển đổi số và chuyển dịch xanh trong giao thông vận tải. Mặc dù Việt Nam hiện có nhiều cơ sở đào tạo liên quan đến giao thông và công nghệ, tuy nhiên nguồn nhân lực chất lượng cao trong các lĩnh vực giao thông thông minh, AI, dữ liệu giao thông và logistics số vẫn chưa đáp ứng

được nhu cầu thực tiễn.

Vì vậy, cần phát triển các chương trình đào tạo chuyên sâu về giao thông thông minh và chuyển đổi số, đồng thời tăng cường liên kết giữa cơ sở đào tạo, doanh nghiệp và cơ quan quản lý nhà nước nhằm hình thành đội ngũ nhân lực có khả năng vận hành và quản trị hệ thống giao thông số trong bối cảnh chuyển dịch xanh hiện nay.

5.6. Tổng hợp kết quả và liên hệ với nghiên cứu trước

Kết quả nghiên cứu phù hợp với các nghiên cứu của Banister [3], ITF/OECD [5], Rodrigue [6] và World Bank [7] khi khẳng định rằng phát triển giao thông bền vững phụ thuộc đồng thời vào: (i) Hạ tầng vật chất; (ii) Chuyển đổi số; (iii) Thể chế; (iv) Tài chính; (v) Năng lực quản trị.

So với các nghiên cứu trước đây, bài báo có ba đóng góp chính. *Thứ nhất*, nghiên cứu tích hợp đồng thời sáu nhóm “nút thắt” gồm INF, VEH, DIG, INS, FIN và HRG trong cùng một mô hình SEM. *Thứ hai*, nghiên cứu làm rõ vai trò trung gian của DIG trong mối quan hệ giữa thể chế, tài chính, nguồn nhân lực và hiệu quả hệ thống giao thông. *Thứ ba*, nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm cho bối cảnh Việt Nam trong quá trình chuyển đổi sang giao thông xanh và giao thông thông minh.

Một trong những thách thức lớn nhất của quá trình chuyển đổi số và chuyển dịch xanh trong giao thông hiện nay là năng lực dự báo và quy hoạch tích hợp. Trên thực tế, dữ liệu giao thông giữa các địa phương và cơ quan quản lý còn phân tán, gây khó khăn cho việc dự báo nhu cầu vận tải, tối ưu hóa mạng lưới logistics và xây dựng quy hoạch giao thông dài hạn. Do đó, nghiên cứu đề xuất cần phát triển hệ thống dự báo giao thông tích hợp dựa trên Big Data, trí tuệ nhân tạo (AI) và dữ liệu thời gian thực nhằm nâng cao chất lượng quy hoạch, khả năng điều phối vận tải và hiệu quả quản trị giao thông quốc gia trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh.

Hạn chế của nghiên cứu là sử dụng dữ liệu khảo sát cảm nhận, phương pháp chọn mẫu phi

xác suất và thiết kế nghiên cứu cắt ngang nên chưa cho phép khẳng định quan hệ nhân quả theo thời gian. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng cỡ mẫu, sử dụng dữ liệu bảng/chuỗi thời gian, so sánh theo vùng hoặc nhóm doanh nghiệp, đồng thời kiểm định sâu hơn vai trò điều tiết của thể chế và mức độ sẵn sàng công nghệ.

Về mặt học thuật, nghiên cứu góp phần mở rộng cách tiếp cận hệ thống trong nghiên cứu giao thông bền vững bằng cách tích hợp sáu nhóm yếu tố trong một mô hình định lượng và kiểm định vai trò trung gian của chuyển đổi số. Về mặt thực tiễn, kết quả gợi ý rằng chính sách phát triển giao thông đường bộ cần ưu tiên quản trị dữ liệu, chuẩn hóa hạ tầng số, hoàn thiện cơ chế phối hợp liên ngành, nâng cao hiệu quả PPP/BOT, phát triển nguồn nhân lực số và bảo đảm an ninh dữ liệu cho hệ thống giao thông thông minh. Nghiên cứu đã xây dựng và kiểm định mô hình SEM nhằm phân tích các nhóm yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả phát triển phương tiện vận tải và hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số và chuyển dịch xanh. Kết quả cho thấy chuyển đổi số có tổng tác động lớn nhất đến HQHT, tiếp theo là tài chính – đầu tư và hạ tầng giao thông. Thể chế – chính sách tác động mạnh đến chuyển đổi số và ảnh hưởng đến hiệu quả hệ thống chủ yếu thông qua kênh chuyển đổi số.

6. Kết luận và hàm ý chính sách

6.1. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng và kiểm định mô hình SEM gồm sáu nhóm yếu tố: thể chế và chính sách (INS), tài chính – đầu tư (FIN), hạ tầng giao thông (INF), phương tiện vận tải xanh (VEH), chuyển đổi số (DIG) và nguồn nhân lực và quản trị (HRG). Kết quả cho thấy chuyển đổi số giữ vai trò trung gian quan trọng và có tổng tác động lớn nhất đến hiệu quả phát triển hệ thống giao thông đường bộ (HQHT). Các kết quả này khẳng định phát triển giao thông đường bộ tại Việt Nam cần được tiếp cận theo hướng tích hợp giữa hạ tầng vật chất, thể chế, nguồn lực, phương tiện xanh và năng lực số.

6.2. Hàm ý chính sách

Trên cơ sở kết quả thực nghiệm, chính sách

cần ưu tiên hoàn thiện thể chế và cơ chế phối hợp liên ngành; tăng cường quản trị, chia sẻ và chuẩn hóa dữ liệu giao thông; thúc đẩy đầu tư hạ tầng số và hệ thống giao thông thông minh; nâng cao hiệu quả huy động và sử dụng nguồn lực tài chính; hỗ trợ chuyển đổi sang phương tiện phát thải thấp; đồng thời phát triển nguồn nhân lực có năng lực về dữ liệu, công nghệ số và quản trị giao thông. Các giải pháp PPP/BOT cần gắn với minh bạch thông tin, phân bổ rủi ro hợp lý và cơ chế giám sát hiệu quả.

Tuyên bố về việc sử dụng AI tạo sinh

Trong quá trình chuẩn bị bài báo này, các tác giả đã sử dụng công cụ ChatGPT nhằm hỗ trợ cải thiện cách diễn đạt, ngữ pháp, khả năng đọc hiểu và trình bày ngôn ngữ của bản thảo. Sau khi sử dụng công cụ AI, các tác giả đã trực tiếp kiểm tra, rà soát và chỉnh sửa nội dung khi cần thiết, đồng thời chịu hoàn toàn trách nhiệm về tính chính xác, tính toàn vẹn và nội dung khoa học của bài báo được công bố.

Tài liệu tham khảo

- [1]. United Nations, Secretary-General and World Commission on Environment and Development. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future (A/42/427). <https://digitallibrary.un.org/record/139811> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [2]. United Nations General Assembly. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1). <https://digitallibrary.un.org/record/3923923> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [3]. D. Banister. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- [4]. International Energy Agency. (2021). Global EV outlook 2021. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [5]. International Transport Forum. (2019). Governing transport in the algorithmic age. International Transport Forum Policy Papers, No. 82, *OECD Publishing*, Paris. <https://doi.org/10.1787/eec0b9aa-en>
- [6]. J.-P. Rodrigue. (2020). The geography of transport systems (5th ed.). *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780429346323>
- [7]. World Bank. (2019). Vietnam development report 2019: Connecting Vietnam for growth and shared prosperity. *World Bank Group*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/590451578409008253> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [8]. T.R. Lakshmanan. (2011). The broader economic consequences of transport infrastructure investments. *Journal of Transport Geography*, 19(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.01.001>
- [9]. Asian Development Bank. (2010). Sustainable transport initiative operational plan. <https://www.adb.org/documents/sustainable-transport-initiative-operational-plan> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [10]. J.F. Hair, W.C. Black, B.J. Babin, R.E. Anderson. (2018). Multivariate data analysis (8th ed.). *Cengage Learning*.
- [11]. R.B. Kline. (2016). Principles and practice of structural equation modeling (4th ed.). *Guilford Press*.
- [12]. Asian Development Bank. (2012). Viet Nam: Transport sector assessment, strategy, and road map. <https://www.adb.org/documents/viet-nam-socialist-republic-transport-sector-assessment-strategy-and-road-map> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [13]. Thủ tướng Chính phủ. (2021). Quyết định số 1658/QĐ-TTg ngày 01/10/2021: Phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn 2050. <https://vanban.chinhphu.vn/?docid=204226&pageid=27160> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [14]. O.E. Williamson. (1981). The economics of organization: The transaction cost approach. *American Journal of Sociology*, 87(3), 548–577. <https://doi.org/10.1086/227496>

- [15]. International Energy Agency. (2022). Global EV outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022> (truy cập ngày 20/08/2026).
- [16]. F.W. Geels. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- [17]. B.K. Sovacool. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 13, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>
- [18]. K. Rennings. (2000). Redefining innovation-eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 32(2), 319–332. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3)
- [19]. United Nations Economic Commission for Europe. (2024). Intelligent transport systems (ITS) for sustainable mobility (2nd ed.). *United Nations*. <https://doi.org/10.18356/9789213586969>
- [20]. D.J. Teece, G. Pisano, A. Shuen. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. <https://www.jstor.org/stable/3088148> (truy cập ngày 19/08/2026).
- [21]. OECD. (2022). Data in an evolving technological landscape: The case of connected and automated vehicles. OECD Digital Economy Papers No. 346. *OECD Publishing, Paris*. <https://doi.org/10.1787/ec7d2f6b-en>
- [22]. M. Janssen, Y. Charalabidis, A. Zuidewijk. (2012). Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Information Systems Management*, 29(4), 258–268. <https://doi.org/10.1080/10580530.2012.716740>
- [23]. International Transport Forum. (2021). 2021 ministerial declaration on transport innovation for sustainable development: Reshaping mobility in the wake of COVID-19. *OECD/ITF*. <https://www.itf-oecd.org/2021-ministerial-declaration-transport-innovation-sustainable-development-reshaping-mobility-wake> (truy cập ngày 19/08/2026).
- [24]. European Commission. (2020). Sustainable and smart mobility strategy: Putting European transport on track for the future (COM/2020/789 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0789> (truy cập ngày 19/08/2026).
- [25]. M.G.H. Bell, F. Kurauchi, S. Perera, K.-I. Wong. (2017). Investigating transport network vulnerability by capacity weighted spectral analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, 99, 251–266. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.03.002>
- [26]. V. Foster, I. Hawkesworth, C. Harris, J. Brumby, A. Sobjak, M.T. Ibanez, A. Rana, A. Bilous. (2021). Infrastructure governance assessment framework. *World Bank*. <https://ppp.worldbank.org/library/infrastructure-governance-assessment-framework> (truy cập ngày 20/08/2026)
- [27]. International Transport Forum. (2022). Reporting mobility data: Good governance principles and practices. International Transport Forum Policy Papers No. 101. *OECD Publishing, Paris*. <https://doi.org/10.1787/b988f411-en>
- [28]. International Telecommunication Union. (2022). ITU-T X.1379 (07/2022): Security requirements for roadside units in intelligent transportation systems. <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1379/en> (truy cập ngày 20/08/2026)
- [29]. E.I. Vlahogianni, M.G. Karlaftis, J.C. Golias. (2014). Short-term traffic forecasting: Where we are and where we are going. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 43, 3–19. <https://doi.org/>

- 10.1016/j.trc.2014.01.005
- [30]. W. Sierzechula, S. Bakker, K. Maat, B. van Wee. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>
- [31]. D.A. Dillman, J.D. Smyth, L.M. Christian. (2014). Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method (4th ed.). *John Wiley & Sons*. <https://doi.org/10.1002/9781394260645>
- [32]. C. Fornell, D.F. Larcker. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>

Phụ lục A. Đặc điểm khảo sát

Thời gian khảo sát: trong năm 2024.

Hình thức: trực tiếp và trực tuyến.

Đối tượng: cơ quan quản lý, doanh nghiệp vận tải, chuyên gia.

Thang đo: Likert 5 mức.

Nguồn: Nhóm tác giả xây dựng và triển khai khảo sát dựa trên cơ sở tổng quan nghiên cứu và khung phân tích đề xuất (2024).

Phụ lục B. Thang đo nghiên cứu (26 biến quan sát)

Nhân tố	Ký hiệu	Số biến
Thế chế và chính sách	INS	4
Tài chính – đầu tư	FIN	4
Hạ tầng giao thông	INF	5
Phương tiện vận tải xanh	VEH	4
Chuyển đổi số	DIG	5
Nguồn nhân lực và quản trị	HRG	4
Tổng cộng		26

Phụ lục C. Chỉ số đánh giá mô hình

Chỉ số	Giá trị	Ngưỡng
CFI	0,952	>0,9
TLI	0,946	>0,9
RMSEA	0,068	<0,08
SRMR	0,045	<0,08
Chi-square/df	1,967	<3
GFI	0,905	>0,9

(Nguồn: Tính toán từ dữ liệu khảo sát của nhóm tác giả theo các ngưỡng đánh giá mô hình SEM được chấp nhận trong nghiên cứu quốc tế (2024))

Phụ lục D. Trích lược câu hỏi khảo sát**Hướng dẫn trả lời**

Vui lòng đánh giá mức độ đồng ý theo thang đo Likert 5 mức (1 – Hoàn toàn không đồng ý; 2 – Không đồng ý; 3 – Không có ý kiến; 4 – Đồng ý; 5 – Hoàn toàn đồng ý).

PHẦN A. THÔNG TIN CHUNG

A1. Nhóm đối tượng:

- ☐ Quản lý nhà nước
☐ Doanh nghiệp
☐ Chuyên gia

A2. Kinh nghiệm: ☐ <5 năm ☐ 5–10 năm ☐ >10 năm

A3. Khu vực: ☐ Bắc ☐ Trung ☐ Nam

PHẦN B. Trích lược các biến quan sát**B1. Thang đo Thẻ chế và chính sách (INS)**

Mã	Nội dung biến quan sát
INS1	Hệ thống chính sách phát triển giao thông đường bộ hiện nay tương đối đầy đủ
INS2	Các quy định pháp luật tạo điều kiện thuận lợi cho chuyển đổi số trong giao thông
INS3	Cơ chế phối hợp giữa các cơ quan quản lý giao thông hoạt động hiệu quả
INS4	Việc thực thi các chính sách giao thông được triển khai đồng bộ

Số biến: 04

B2. Thang đo Tài chính – đầu tư (FIN)

Mã	Nội dung biến quan sát
FIN1	Nguồn vốn đầu tư cho phát triển giao thông đường bộ được bảo đảm
FIN2	Khả năng huy động nguồn lực xã hội hóa cho giao thông đạt hiệu quả
FIN3	Các cơ chế tài chính hỗ trợ đổi mới công nghệ giao thông là phù hợp
FIN4	Chính sách ưu đãi đầu tư thúc đẩy phát triển giao thông xanh

Số biến: 04

B3. Thang đo Hạ tầng giao thông (INF)

Mã	Nội dung biến quan sát
INF1	Chất lượng mặt đường chưa đáp ứng đầy đủ nhu cầu vận tải
INF2	Thiếu kết nối giữa các tuyến giao thông chính
INF3	Hạn chế về hệ thống bến bãi và trạm dừng
INF4	Hạ tầng giao thông chưa hỗ trợ đầy đủ phương tiện vận tải xanh
INF5	Tình trạng quá tải tại các nút giao thông vẫn diễn ra phổ biến

Số biến: 05

TỔNG HỢP THANG ĐO

Nhân tố	Ký hiệu	Số biến
Thẻ chế và chính sách	INS	4
Tài chính – đầu tư	FIN	4
Hạ tầng giao thông	INF	5
Phương tiện vận tải xanh	VEH	4
Chuyển đổi số	DIG	5
Nguồn nhân lực và quản trị	HRG	4
Tổng cộng		26

(Nguồn: Tổng hợp và hiệu chỉnh từ các nghiên cứu trước; kết quả tham vấn chuyên gia và khảo sát thử của nhóm tác giả (2024))