

DẤU CHÂN CARBON CỦA VIỆT NAM: ĐỊNH LƯỢNG PHÁT THẢI VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BỀN VỮNG

Hoàng Chí Cường^{1,*}, Phạm Hải Ly²

¹Khoa Thương mại, Trường Đại học Văn Lang

²Trường Kinh tế, Đại học Ritsumeikan, Kyoto, Nhật Bản

*Email: cuong.hc@vlu.edu.vn

Ngày nhận bài: 27/8/2025

Ngày nhận bài sửa: 18/9/2025

Ngày duyệt đăng: 24/10/2025

Tóm tắt: Nghiên cứu này sử dụng bộ dữ liệu thời gian giai đoạn 1990-2021, hàm sản xuất Cobb-Douglas, kiểm định tính dừng của chuỗi thời gian, khắc phục hiện tượng phương sai sai số thay đổi, loại bỏ hiện tượng đa cộng tuyến để xác định nguồn gốc phát thải CO₂ tại Việt Nam. Kết quả ước lượng cho thấy chỉ có tiêu thụ năng lượng và thương mại quốc tế là hai yếu tố gây phát thải CO₂ tại Việt Nam thời gian qua với mức độ giải thích là 39%. Theo đó, giả định các yếu tố khác không đổi, với 1% tăng lên của thương mại quốc tế sẽ làm cho mức phát thải CO₂ tại Việt Nam tăng lên dao động trong khoảng từ 0,02 - 0,25%. Mức tiêu dùng năng lượng của Việt Nam tăng lên 1% sẽ làm mức phát thải CO₂ tại Việt Nam tăng cao hơn, dao động trong khoảng 0,42% - 0,78%. Một số giải pháp, kiến nghị để giảm lượng phát thải CO₂ nhằm phát triển bền vững cho Việt Nam thời gian tới cũng được đề xuất trong nghiên cứu này.

Từ khóa: Phát thải CO₂, thương mại quốc tế, tiêu thụ năng lượng, Việt Nam.

VIETNAM'S CARBON FOOTPRINT: QUANTIFYING EMISSIONS AND EXPLORING SUSTAINABLE SOLUTIONS

Abstract: This study uses a time series data set for the period 1990-2021, Cobb-Douglas production function, time series stationarity test, robust estimation methods to address heteroscedasticity, and eliminating multicollinearity to determine the source of CO₂ emissions in Vietnam. The estimation results show that only energy consumption and international trade are the two factors causing CO₂ emissions in Vietnam in the past with an explanatory power of 39%. Accordingly, assuming other factors remain unchanged, a 1% increase in international trade will cause CO₂ emissions in Vietnam to increase in the range of 0.02 - 0.25%. A 1% increase in Vietnam's energy consumption will lead to an escalation in CO₂ emissions in Vietnam even more,

fluctuating in the range of 0.42% - 0.78%. These findings highlight the urgent need for Vietnam to adopt cleaner energy technologies and implement environmentally conscious trade policies to mitigate future emissions. Some solutions and recommendations to reduce CO₂ emissions for sustainable development in Vietnam in the coming time are also proposed in this study.

Key words: CO₂ Emissions, international trade, energy consumption, Vietnam.

1. Giới thiệu

Một trong những chủ đề được tranh luận nhiều nhất của thế kỷ 21 là suy thoái môi trường và biến đổi khí hậu. Rất nhiều các nghiên cứu đã đề cập đến vấn đề ô nhiễm môi trường về đất, không khí và nước bao gồm cả nước ở bề mặt và nước ngầm (Haward, 1991). Báo cáo từ Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) năm 2023 cho thấy nhiệt độ bề mặt toàn cầu tăng 1,1°C trong giai đoạn 2011-2020 (10 năm) ngang bằng với mức tăng trong giai đoạn 1850-1900 (50 năm). Giai đoạn đó nhiệt độ trái đất cũng chỉ tăng có khoảng 1,1°C. Các nhà khoa học dự đoán rằng nhiệt độ bề mặt toàn cầu tăng do khí nhà kính do con người tạo ra sẽ tiếp tục tăng. Nhiệt độ trái đất sẽ tăng 1,5°C trong nửa đầu những năm 2030 (theo IPCC, 2024).

Hoạt động của con người là nguyên nhân chính cho hầu hết sự gia tăng khí nhà kính trong khí quyển. Nguồn phát thải khí nhà kính lớn nhất đến từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch như dầu, than và khí đốt để sản xuất điện, lấy nhiệt và vận tải, chiếm khoảng 87%. Nguồn lớn thứ hai bắt nguồn từ nạn phá rừng và thay đổi mục đích sử dụng đất, chiếm khoảng 9%. Nguồn còn lại phát sinh từ quá trình sản xuất công

ngiệp phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, chiếm 4%. Do đó, việc giảm phát thải khí carbon dioxide (CO₂) và các khí gây hiệu ứng nhà kính khác một cách bền vững sẽ hạn chế biến đổi khí hậu trên thế giới thời gian tới. Điều này phù hợp với Mục tiêu Phát triển Bền vững thứ 13 về chống biến đổi khí hậu trong số 17 mục tiêu thay đổi cuộc sống được gọi là mục tiêu phát triển bền vững (SDG) do Liên Hợp Quốc đề ra vào năm 2015. Mục tiêu là chấm dứt đói nghèo, bảo vệ hành tinh và đảm bảo thịnh vượng cho mọi người vào năm 2030.

Trong gần bốn thập kỷ kể từ khi thực hiện đổi mới năm 1986, Việt Nam từ một nước nông nghiệp lạc hậu, lạm phát cao, hạ tầng kém phát triển đã vươn mình trở thành một trong những quốc gia có tốc độ tăng trưởng đáng ghi nhận tại Châu Á. Năm 2024, Việt Nam ghi nhận mức tăng trưởng kinh tế đạt 7,09%. GDP danh nghĩa đạt 476,3 tỷ USD, đứng thứ 33 trên thế giới. Tổng kim ngạch hàng hóa xuất nhập khẩu đạt 786,29 tỷ USD đứng top 20-25 thế giới. Cán cân thương mại thặng dư 9 năm liên tiếp, đạt 24,77 tỷ USD năm 2024 (GSO, 2025).

Tăng trưởng kinh tế của Việt Nam xuất phát từ nhiều yếu tố như vốn đầu tư toàn xã hội tăng, lao động trẻ dồi dào, tài nguyên thiên nhiên phong phú, đổi mới công nghệ, thu hút đầu tư trực tiếp nước

ngoài (FDI) và tự do hóa thương mại trong khuôn khổ Tổ chức Thương mại Thế giới (WTO) và nhiều hiệp định thương mại tự do (FTA) đã ký kết. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, phát thải CO₂ đã trở thành vấn đề nóng không chỉ ở Việt Nam mà còn trên toàn thế giới. Sự phát triển kinh tế nhanh chóng đã khiến lượng phát thải CO₂ của Việt Nam tăng mạnh vào năm 2024 với mức 388 triệu tấn, trong đó nguồn phát thải do đốt than chiếm 73%, dầu mỏ 25% và khí ga 2%. Điều này đặt ra nhiều thách thức cho các mục tiêu phát triển bền vững của đất nước. Theo số liệu của Ngân hàng Thế giới, Việt Nam hiện đứng thứ 21 trên thế giới về lượng phát thải CO₂, chiếm khoảng 0,85% tổng lượng phát thải toàn cầu.

CO₂ phát thải tăng cao tại Việt Nam đã gây ra những lo ngại đáng kể trong nước. Tuy nhiên, gần đây, chỉ có một số ít các nghiên cứu sử dụng các mô hình khác nhau để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến lượng khí thải này (Vu, 2025; Nguyen, Vu & Le, 2024; Raihan và cộng sự, 2024; Pham, Vu & Nguyen, 2023; Bui, Nguyen & Bui, 2023; Nguyen & Le, 2023). Trong các nghiên cứu này, tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng không tái tạo, đổi mới công nghệ, nông nghiệp, tàn phá rừng, dân số, di cư, đầu tư trực tiếp nước ngoài, tiêu thụ năng lượng tái tạo... là những yếu tố có thể gây ô nhiễm môi trường được thảo luận rộng rãi nhất. *Tuy nhiên*, các nghiên cứu trước đây đã bỏ qua tác động có thể có của thương mại quốc tế đối với ô nhiễm môi trường khí ở Việt Nam. Và, theo hiểu biết của tác giả, không có nghiên cứu nào xem xét vai trò kết hợp

của FDI và đổi mới công nghệ, như Liu và cộng sự (2021) đã đề xuất, trong việc xác định ô nhiễm môi trường khí ở Việt Nam. Nghiên cứu này cố gắng khỏa lấp khoảng trống nghiên cứu đó bằng cách xây dựng một mô hình kinh tế thực nghiệm nhằm xem xét tác động của các yếu tố trong đó có thương mại quốc tế tới lượng khí thải CO₂ ở Việt Nam. Tác giả cũng sẽ xem xét sự tương tác giữa FDI và đổi mới công nghệ với mức phát thải CO₂ trong mô hình thực nghiệm mà các nghiên cứu trước đây về Việt Nam chưa đề cập. Nghiên cứu này sẽ có phương pháp tiếp cận mới, dùng hàm sản xuất Cobb-Douglas, chuỗi dữ liệu thời gian dài và những kiểm định chặt chẽ nhằm đảm bảo độ tin cậy cao của mô hình. Nghiên cứu này có cấu trúc như sau: Phần 1 là giới thiệu, Phần 2 là lược sử nghiên cứu, Phần 3 là phương pháp nghiên cứu và số liệu, Phần 4 là kết quả nghiên cứu và thảo luận, Phần 5 là Kết luận và kiến nghị, cuối cùng là Tài liệu tham khảo.

2. Lược sử nghiên cứu

Việc xem xét mối quan hệ giữa lượng khí thải CO₂ và các yếu tố khác đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu trước đây với các kết quả khác nhau, không đồng nhất. Trong đó, tăng trưởng kinh tế (GDP) là yếu tố được xem là nguyên nhân chính dẫn đến việc gia tăng lượng phát thải CO₂ (Kinyar & Bothongo, 2024; Zhang & Sharifi, 2024; Phạm, Vũ & Nguyễn, 2023; Sikder và cộng sự, 2022; Liu và cộng sự, 2021; Nông và cộng sự, 2020...) với lập luận rằng phần lớn lượng khí thải CO₂ đến từ việc tiêu thụ nhiên liệu khí/lỏng/rắn, đây là nguồn năng

lượng thiết yếu của phương tiện giao thông và các ngành sản xuất công nghiệp có liên quan chặt chẽ đến phát triển kinh tế tại các nước trên thế giới.

Một yếu tố khác có thể gây ra phát thải CO₂ là thương mại quốc tế. Thương mại quốc tế dẫn đến toàn cầu hóa về thị trường và giúp các nền kinh tế hội nhập sâu rộng hơn với thế giới. Điều này đã làm tăng dòng chảy thương mại giữa các quốc gia. Thương mại quốc tế có tác động tích cực đến tăng trưởng kinh tế bằng cách đảm bảo lợi thế so sánh và phân bổ lại hiệu quả các nguồn lực của quốc gia (Antweiler và cộng sự, 2001). Đổi lại, tăng trưởng kinh tế nâng cao phúc lợi của con người (Kumari và Sharma, 2018). Tuy nhiên, sự mở rộng thương mại quốc tế có thể ảnh hưởng đến môi trường theo hướng tích cực hoặc tiêu cực thông qua những thay đổi trong các mô hình thương mại liên quan đến sự phổ biến của các chuỗi cung ứng toàn cầu (Essandoh, Islam & Kakinaka, 2020; Chen và cộng sự, 2019; Sohag và cộng sự, 2017).

Đầu tư trực tiếp nước ngoài (Foreign Direct Investment-FDI) là một loại hình đầu tư xuyên biên giới trong đó nhà đầu tư cư trú tại một nền kinh tế thiết lập mối quan tâm lâu dài và mức độ ảnh hưởng đáng kể đối với một doanh nghiệp cư trú tại một nền kinh tế khác (OECD, 2024). FDI là yếu tố quan trọng đóng góp cho tăng trưởng kinh tế, chủ yếu đóng góp vào tăng trưởng sản lượng các sản phẩm công nghiệp, đồng thời cũng ảnh hưởng đến môi trường (Nguyen, Vu & Le, 2024; Pham, Vu & Nguyen, 2023; Bui, Nguyen & Bui, 2023; Liu và cộng sự, 2021;

Sarkodie và cộng sự, 2020; Cao và cộng sự, 2020; Mert và Bolük, 2016). Điều này có nghĩa rằng khi sản xuất nhiều hơn, đặc biệt là các ngành công nghiệp sử dụng nhiên liệu hóa thạch và không tái tạo, mức độ ô nhiễm môi trường sẽ gia tăng thông qua phát thải nhiều CO₂ vào không khí, gây ô nhiễm nước cũng như làm tăng lượng rác thải công nghiệp nếu không xử lý tốt.

Gần đây, một số nghiên cứu đã xem xét tác động của các yếu tố khác như tiêu thụ năng lượng tái tạo (Ali và cộng sự, 2023; Pham, Vu & Nguyen, 2023; Bui, Nguyen & Bui, 2023; Liu và cộng sự, 2021; Nathaniel & Khan, 2020; Chen và cộng sự, 2019; He và cộng sự, 2014), đổi mới công nghệ (Pham, Vu & Nguyen, 2023; Liu và cộng sự, 2021), dân số, di cư (Nguyen, Vu & Le, 2024; Bui, Nguyen & Bui, 2023), nông nghiệp và lâm nghiệp (Raihan và cộng sự, 2024)... đến lượng CO₂ phát thải ra môi trường. Kết quả nghiên cứu khá phong phú và không nhất quán. Theo đó, phần lớn các nghiên cứu đều chỉ ra mức độ liên quan ít nhiều của các nhân tố trên tới sự xấu đi của môi trường.

Đối với trường hợp của Việt Nam, nghiên cứu của Vu (2025), Nguyen, Vu & Le (2024) cho thấy mối tương quan đáng kể giữa dân số, di cư, dòng vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài, tăng trưởng tổng sản phẩm quốc nội và lượng khí thải CO₂. Tác giả làm nổi bật vai trò quan trọng của các yếu tố này trong việc định hình bối cảnh kinh tế của Việt Nam. Raihan và cộng sự (2024) cho rằng, tại Việt Nam có mối tương quan trực tiếp

giữa mức tiêu thụ năng lượng và lượng khí thải CO₂. Điều này ngụ ý rằng sự gia tăng mức tiêu thụ năng lượng và tăng trưởng kinh tế tương ứng với tăng lượng khí thải CO₂ vào khí quyển. Kết quả nghiên cứu của Phạm, Vu & Nguyen (2023) cho thấy đổi mới ảnh hưởng tích cực làm giảm ô nhiễm môi trường ở Việt Nam. Tuy nhiên, tiêu thụ năng lượng tái tạo lại có tác động tiêu cực làm gia tăng ô nhiễm (điều này không như kỳ vọng của tác giả). Nghiên cứu cũng chỉ ra dòng vốn FDI và tăng trưởng kinh tế có tác động mạnh mẽ đến ô nhiễm môi trường. Bui, Nguyen & Bui (2023) chỉ ra rằng tăng trưởng kinh tế tăng theo lượng khí thải CO₂ cho đến một ngưỡng nhất định và sau đó lượng khí thải CO₂ giảm xuống, qua đó ủng hộ lý thuyết đường cong Kuznets về môi trường (EKC) cho trường hợp Việt Nam. Hơn nữa, nghiên cứu này nhận thấy rằng FDI, dân số đô thị và tiêu thụ năng lượng tái tạo có thể đóng vai trò quan trọng và có tác động đáng kể đến lượng phát thải CO₂ ở Việt Nam.

Trong các nghiên cứu trước đây, tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng không tái tạo, đổi mới công nghệ, nông nghiệp, tàn phá rừng, dân số, di cư, đầu tư trực tiếp nước ngoài, tiêu thụ năng lượng tái tạo... là những yếu tố có thể gây ô nhiễm môi trường được thảo luận rộng rãi nhất. *Tuy nhiên*, các nghiên cứu này đã bỏ qua tác động có thể có của thương mại quốc tế đối với ô nhiễm môi trường khí ở Việt Nam. Và, theo hiểu biết của tác giả, không có nghiên cứu nào xem xét vai trò kết hợp của FDI và đổi mới công nghệ,

như Liu và cộng sự (2021) đã đề xuất, trong việc xác định ô nhiễm môi trường khí ở Việt Nam. Nghiên cứu này cố gắng khóa lấp khoảng trống nghiên cứu đó bằng cách xây dựng một mô hình kinh tế thực nghiệm nhằm xem xét tác động của các yếu tố trong đó có thương mại quốc tế tới lượng khí thải CO₂ ở Việt Nam. Tác giả cũng sẽ xem xét sự tương tác giữa FDI và đổi mới công nghệ trong mô hình thực nghiệm mà các nghiên cứu trước đây về Việt Nam chưa đề cập.

3. Phương pháp nghiên cứu và số liệu

Hàm sản xuất Cobb-Douglas ước tính sản lượng sản xuất dựa trên tổng đầu vào là lao động (L) và vốn (K). Hàm truyền thống có dạng như sau:

$$Y(L, K) = AL^\beta K^\alpha \quad (1)$$

Đầu ra (Y) được xác định bởi độ đàn hồi/co giãn của lao động (β) và vốn (α). Chúng cố định và do công nghệ quyết định. Hàm này thể hiện tính đồng nhất và lợi tức không đổi theo quy mô khi tổng của β và α bằng 1. Tức là với sự gia tăng trong các yếu tố đầu vào với một tỷ lệ nào đó thì đầu ra cũng tăng theo với một tỷ lệ tương tự. Nếu $\alpha + \beta < 1$ thì hàm này có lợi tức giảm dần theo quy mô và ngược lại nếu $\alpha + \beta > 1$ thì hàm này có lợi tức tăng dần theo quy mô. Trong nghiên cứu này, lượng khí thải CO₂ được coi là biến phụ thuộc trong khi dòng vốn FDI, thương mại quốc tế, tăng trưởng GDP, tiêu thụ năng lượng, đổi mới công nghệ, dân số, giá trị gia tăng nông nghiệp và độ che phủ rừng là các biến độc lập. Vì vậy, tác giả có thể

mở rộng phương trình 1 để có phương trình 2 như sau:

$$\text{CO2}_{vnt} = f(\text{FDI}_{vnt}, \text{INT}_{vnt}, \text{GDP}_{vnt}, \text{ENC}_{vnt}, \text{TI}_{vnt}, \text{POP}_{vnt}, \text{AVAV}_{vnt}, \text{FOCV}_{vnt}) \quad (2)$$

Trong đó:

CO2_{vnt} là tổng lượng phát thải CO_2 của Việt Nam trong năm t được đo bằng triệu tấn, thể hiện sự ô nhiễm môi trường. Các dữ liệu này được thu thập dựa trên báo cáo của Ngân hàng Thế giới. Nghiên cứu này giả định rằng lượng phát thải CO_2 càng cao thì ô nhiễm môi trường ở Việt Nam càng cao.

FDI_{vnt} là dòng vốn FDI thực hiện tại Việt Nam trong năm t được đo bằng tỷ Đô la Mỹ. Nghiên cứu giả định rằng các tiêu chuẩn đơn giản đối với FDI về môi trường tại Việt Nam. Do đó, Việt Nam sẽ là thiên đường cho dòng vốn FDI gây ô nhiễm từ các nước phát triển. Tức, dòng vốn FDI vào càng lớn thì ô nhiễm môi trường tại Việt Nam càng lớn. Tác giả cũng sẽ đánh giá tác động của sự tương tác giữa FDI và đổi mới công nghệ tới lượng phát thải CO_2 trong mô hình thực nghiệm.

INT_{vnt} là thương mại quốc tế bao gồm xuất khẩu + nhập khẩu của Việt Nam trong năm t được đo bằng tỷ đô la Mỹ. Nghiên cứu giả định rằng thương mại quốc tế ảnh hưởng tích cực hoặc tiêu cực đến lượng khí thải CO_2 .

GDP_{vnt} là biến đại diện cho tăng trưởng kinh tế của Việt Nam trong năm t , được đo bằng tỷ Đô la Mỹ. Nghiên cứu giả định rằng GDP càng cao thì ô nhiễm môi trường ở Việt Nam càng cao.

ECN_{vnt} là mức sử dụng năng lượng được đo bằng tấn dầu quy đổi (TOE). Nghiên cứu giả định rằng mức sử dụng năng lượng càng cao thì mức ô nhiễm môi trường ở Việt Nam càng cao.

TI_{vnt} là biến đánh giá đổi mới công nghệ của Việt Nam trong năm t được đo bằng số lượng bằng sáng chế và giải pháp hữu ích. Nghiên cứu giả định rằng đổi mới công nghệ ảnh hưởng tích cực làm giảm lượng phát thải CO_2 .

POP_{vnt} là dân số Việt Nam trong năm t được đo bằng người. Nghiên cứu giả định rằng dân số tăng ảnh hưởng tiêu cực làm tăng lượng khí thải CO_2 .

AVAV_{vnt} là giá trị gia tăng trong nông nghiệp của Việt Nam trong năm t được đo bằng tỷ lệ phần trăm của GDP. Nghiên cứu giả định rằng giá trị gia tăng trong nông nghiệp tăng ảnh hưởng làm tăng lượng khí thải CO_2 .

FOCV_{vnt} là diện tích rừng che phủ của Việt Nam trong năm t được đo bằng km^2 . Nghiên cứu cho rằng việc bảo tồn rừng có thể góp phần giảm dần lượng khí thải CO_2 .

Lấy phép biến đổi logarit tự nhiên của cả hai vế phương trình (2), ta được phương trình (3) dưới đây:

$$\text{LnCO}_{2vnt} = \mu_1 \text{LnFDI}_{vnt} + \mu_2 \text{LnINT}_{vnt} + \mu_3 \text{LnGDP}_{vnt} + \mu_4 \text{LnENC}_{vnt} + \mu_5 \text{LnTI}_{vnt} + \mu_6 \text{LnPOP}_{vnt} + \mu_7 \text{LnAVAV}_{vnt} + \mu_8 \text{LnFOCV}_{vnt} \quad (3)$$

Bằng cách cho độ dốc, hệ số chặn và nhiễu thuần vào phương trình (3) ta có được mô hình thực nghiệm mà tác giả sử

dụng để ước tính mối quan hệ giữa các biến phụ thuộc và biến độc lập.

$$\text{LnCO}_{2\text{vnt}} = \mu_0 + \mu_1\text{LnFDI}_{\text{vnt}} + \mu_2\text{LnINT}_{\text{vnt}} + \mu_3\text{LnGDP}_{\text{vnt}} + \mu_4\text{LnENC}_{\text{vnt}} + \mu_5\text{LnTI}_{\text{vnt}} + \mu_6\text{LnPOP}_{\text{vnt}} + \mu_7\text{LnAVA}_{\text{vnt}} + \mu_8\text{LnFOC}_{\text{vnt}} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Nghiên cứu này sẽ sử dụng kiểm định nghiệm đơn vị (Unit root test) để xem xét tính dừng/mức độ ổn định của dữ liệu chuỗi thời gian. Hệ số phóng đại phương sai (VIF) để kiểm tra hiện tượng đa cộng tuyến. Khắc phục hiện tượng

phương sai của sai số thay đổi (Heteroskedasticity) dùng robust. Dữ liệu sẽ được thu thập từ nhiều nguồn đáng tin cậy như Ngân hàng Thế giới, Tổng cục Thống kê Việt Nam (GSO)... trong giai đoạn 1990-2023. Xem phụ lục 1.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Trong nghiên cứu này, chuỗi LnGDP_{vnt} và LnFOC_{vnt} đã dừng khi kiểm định nghiệm đơn vị. Các chuỗi còn lại là LnCO_{2vnt}, LnFDI_{vnt}, LnINT_{vnt}, LnECN_{vnt}, LnTI_{vnt}, LnPOP_{vnt}, LnAVA_{vnt} dừng sau khi sai phân bậc 1.

Bảng 4.1. Kiểm định nghiệm đơn vị (Unit root test)

Biến	Test statistic	Dickey - Fuller Critical Value			P-value cho Z(t)
		1%	5%	10%	
LnGDP _{vnt}	-3.210	-3.709	-2.983	-2.623	0,019
LnFOC _{vnt}	-5.447	-3.709	-2.983	-2.623	0,000
LnCO _{2vnt}	-4.347	-3.716	-2.986	-2.624	0,000
LnFDI _{vnt}	-11.304	-3.709	-2.983	-2.623	0,000
LnINT _{vnt}	-5.082	-3.716	-2.986	-2.624	0,000
LnECN _{vnt}	-4.672	-3.716	-2.986	-2.624	0,000
LnTI _{vnt}	-5.518	-3.716	-2.986	-2.624	0,000
LnPOP _{vnt}	-4.817	-3.716	-2.986	-2.624	0,000
LnAVA _{vnt}	-5.543	-3.716	-2.986	-2.624	0,000

Bảng 4.2. Kết quả ước lượng phương trình 4
Biến phụ thuộc LnCO_{2vnt}

Biến	Hệ số (coefficient)	P-Value
LnFDI _{vnt}	0,03	0,272
LnINT _{vnt}	0,05	0,510
LnGDP _{vnt}	-0,07	0,547
LnECN _{vnt}	0,55*	0,000

Biến	Hệ số (coefficient)	P-Value
LnTI _{vnt}	0,01	0,617
LnPOP _{vnt}	1,35	0,569
LnAVA _{vnt}	-0,23	0,161
LnFOC _{vnt}	0,005	0,992
Constant	1,05	0,759

*Chú thích: * Có ý nghĩa thống kê ở mức 1%.*

Tuy nhiên khi kiểm tra đa cộng tuyến bằng hệ số phóng đại phương sai (VIF-Variance Inflation Factor) có 3 biến có khả năng đa cộng tuyến là LnGDP_{vnt}, LnFOC_{vnt} và LnFDI_{vnt} do vif của 3 biến này > 10 tức 1/VIF < 0,1.

Bảng 4.3. Kiểm định VIF

Biến	VIF	1/VIF
LnGDP _{vnt}	64,31	0,015549
LnFOC _{vnt}	53,40	0,018725
LnFDI _{vnt}	15,88	0,062992
LnINT _{vnt}	1,70	0,587667
LnPOP _{vnt}	1,60	0,623220
LnTI _{vnt}	1,39	0,717387
LnAVA _{vnt}	1,14	0,880081
LnECN _{vnt}	1,10	0,905773

Tác giả tiến hành kiểm định và bỏ 2 biến LnFOC_{vnt} và LnFDI_{vnt}, chạy lại bắt đầu với mô hình rộng và thêm dần các biến, cho kết quả như sau:

Bảng 4.4. Kết quả ước lượng phương trình 4 sau khi bỏ 2 biến

Biến phụ thuộc LnCO_{2vnt}

Biến	Mô hình 1 Hệ số biến	Mô hình 2 Hệ số biến	Mô hình 3 Hệ số biến	Mô hình 4 Hệ số biến	Mô hình 5 Hệ số biến	Mô hình 6 Hệ số biến
LnECN _{vnt}	0,56*	0,57*	0,60*	0,61*	0,60*	0,60*
LnINT _{vnt}	-	0,09	0,10	0,12	0,12****	0,11****
LnPOP _{vnt}	-	-	2,05	2,11	2,23	2,09

Biến	Mô hình 1 Hệ số biến	Mô hình 2 Hệ số biến	Mô hình 3 Hệ số biến	Mô hình 4 Hệ số biến	Mô hình 5 Hệ số biến	Mô hình 6 Hệ số biến
LnTI _{vnt}	-	-	-	0,01	0,02	0,02
LnAVA _{vnt}	-	-	-	-	- 0,22	- 0,22
LnGDP _{vnt}	-	-	-	-	-	-0,003
Const	0,06*	0,04*	0,01	0,001	-0,003	0,07
R-Square	0,26	0,29	0,33	0,34	0,39	0,39

Ghi chú: * Có ý nghĩa thống kê ở mức 1%, *** Có ý nghĩa thống kê ở mức 10%.

Dưới đây là Bảng thống kê mô tả các biến sử dụng trong phương trình 4 và Ma trận tương quan sau khi loại 2 biến LnFOC_{vnt} và LnFDI_{vnt} để khắc phục hiện tượng đa cộng tuyến trong mô hình hồi quy.

Bảng 4.5. Thống kê mô tả các biến sử dụng trong mô hình 4

Biến	Mean	Std. dev.	Min	Max
LnECN _{vnt}	0,053	0,055	-0,110	0,240
LnINT _{vnt}	0,157	0,118	-0,150	0,350
LnPOP _{vnt}	0,013	0,005	0,00	0,020
LnTI _{vnt}	0,150	0,337	-0,819	1,02
LnAVA _{vnt}	-0,036	0,065	-0,22	0,089
LnGDP _{vnt}	25,630	0,586	24,59	26,53

Bảng 4.6. Ma trận tương quan

	LnECN _{vnt}	LnINT _{vnt}	LnPOP _{vnt}	LnTI _{vnt}	LnAVA _{vnt}	LnGDP _{vnt}
LnECN _{vnt}	1					
LnINT _{vnt}	-0.0041	1				
LnPOP _{vnt}	-0.2039	-0.1564	1			
LnTI _{vnt}	-0.0263	-0.2924	0.0007	1		
LnAVA _{vnt}	-0.0459	-0.0985	0.0515	0.2365	1	
LnGDP _{vnt}	0.0590	-0.1458	-0.3565	-0.1070	0.1721	1

Bảng 4.7. Kiểm định VIF của các biến trong mô hình sau khi loại biến $LnFOC_{vnt}$ và $LnFDI_{vnt}$

Biến	VIF	1/VIF
$LnGDP_{vnt}$	1,33	0,753293
$LnPOP_{vnt}$	1,30	0,768074
$LnTI_{vnt}$	1,23	0,815370
$LnINT_{vnt}$	1,21	0,823393
$LnAVA_{vnt}$	1,13	0,885240
$LnECN_{vnt}$	1,05	0,954029
Mean VIF (trung bình)	1,21	

Kết quả ước lượng tóm tắt trong Bảng 4.4 cho thấy, biến tiêu thụ/tiêu dùng năng lượng ($LnECN_{vnt}$) có hệ số > 0 và có ý nghĩa thống kê ổn định ở mức 1% trong cả 6 mô hình. Hệ số của biến $LnINT_{vnt} > 0$ và có ý nghĩa thống kê ở mức 10% ở mô hình 5 và 6. Kết quả này cho thấy Thương mại quốc tế (xuất + nhập khẩu) đóng góp làm gia tăng mức phát thải CO_2 tại Việt Nam thời gian qua. Giả định các yếu tố khác không đổi, với 1% tăng lên của TMQT sẽ làm mức phát thải CO_2 tại Việt Nam tăng lên dao động trong khoảng từ 0,02 - 0,25%. Đây là kết quả mới trong mảng nghiên cứu này. Trong khi đó, khi mức tiêu dùng năng lượng của Việt Nam tăng lên 1% sẽ làm mức phát thải CO_2 tại Việt Nam tăng cao hơn, dao động trong khoảng 0,42% - 0,78%. Kết quả này tương tự với kết luận của Raihan và cộng sự (2024). Mức độ giải thích của TMQT và Tiêu dùng năng lượng cho mức phát thải CO_2 tại Việt Nam là 39%. Cũng theo kết quả ước lượng của Bảng 4.4, thì hệ số của

các biến $LnPOP_{vnt}$, $LnTI_{vnt}$, $LnAVA_{vnt}$, $LnGDP_{vnt}$ không có ý nghĩa thống kê ở cả 6 mô hình. Tác giả đã đánh giá mức độ tương tác giữa FDI và hoạt động đổi mới công nghệ trong sản xuất nhưng hệ số của biến này không có ý nghĩa thống kê. Kết quả này không giống như kết luận của Pham, Vu & Nguyen (2023), Bui, Nguyen & Bui (2023).

5. Kết luận và kiến nghị

5.1. Kết luận

Để xác định các yếu tố tác động gây ô nhiễm môi trường khí qua mức phát thải CO_2 , nghiên cứu này đã sử dụng hàm sản xuất Cobb-Douglas, chuỗi dữ liệu thời gian (Time series) trong giai đoạn 1990-2021, khoảng thời gian dài, có kiểm định nghiệm đơn vị (Unit root test) để kiểm tra tính dừng của chuỗi, khắc phục hiện tượng phương sai sai số thay đổi (Heteroskedasticity) sử dụng kỹ thuật robust, kiểm định đa cộng tuyến sử dụng hệ số phóng đại phương sai VIF, ma trận tương quan, phần mềm STATA, kết quả

ước lượng hệ số cho các biến của mô hình hồi quy tuyến tính cho thấy chỉ có TMQT và việc tiêu dùng năng lượng là 2 nhân tố chính gây ô nhiễm môi trường khí tại Việt Nam thời gian qua. Cụ thể, giả định các yếu tố khác không đổi, với 1% tăng lên của TMQT sẽ làm cho mức phát thải CO₂ tại Việt Nam tăng lên dao động trong khoảng từ 0,02 - 0,25%. Trong khi đó, khi mức tiêu dùng năng lượng của Việt Nam tăng lên 1% sẽ làm mức phát thải CO₂ tại Việt Nam tăng cao hơn, dao động trong khoảng 0,42% - 0,78%.

5.2. Kiến nghị

5.2.1. Đối với lĩnh vực sử dụng năng lượng

Giảm phát thải CO₂ từ tiêu dùng năng lượng là một mục tiêu sống còn với Việt Nam trong bối cảnh biến đổi khí hậu và cam kết đạt phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050. Dưới đây là những giải pháp thiết thực, phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội của Việt Nam:

Nhóm giải pháp công nghệ:

Phát triển năng lượng tái tạo để giảm phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch là than đá, dầu mỏ, khí đốt theo lộ trình, thay thế một phần nhất định bằng điện mặt trời, điện gió, sinh khối. Khuyến khích hộ gia đình, doanh nghiệp lắp đặt hệ thống điện mặt trời áp mái. Điện khí hóa sử dụng LNG (khí thiên nhiên hóa lỏng) và Hydrogen sẽ ít gây phát thải CO₂ và bụi mịn. Áp dụng công nghệ thu giữ và lưu trữ CO₂ (CCS/CCUS) trong các nhà máy nhiệt điện và công nghiệp nặng. Tận dụng phụ phẩm nông nghiệp và chất thải đô thị để sản xuất điện. Song song cần cải cách

chính sách giá điện. Theo đó, thiết kế biểu giá điện khuyến khích sử dụng năng lượng sạch. Tại các doanh nghiệp sản xuất công nghiệp, tăng hiệu quả sử dụng năng lượng bằng việc ứng dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng như lò hơi hiệu suất cao, động cơ biến tần, hệ thống quản lý năng lượng thông minh. Khuyến khích doanh nghiệp áp dụng mô hình sản xuất tuần hoàn để tái sử dụng nhiệt thải, nước thải và vật liệu phụ phẩm.

Nhóm giải pháp chính sách:

Phát triển giao thông công cộng bằng cách mở rộng mạng lưới metro, xe buýt nhanh, giảm phụ thuộc vào xe cá nhân. Hỗ trợ thuế, hạ tầng trạm sạc, ưu đãi cho người dùng xe điện cá nhân và xe buýt điện.

Nâng cao nhận thức về tiết kiệm điện, sử dụng thiết bị hiệu suất cao tiến tới dán nhãn năng lượng bắt buộc cho các thiết bị điện gia dụng, giúp người tiêu dùng có lựa chọn thông minh.

Khuyến khích mô hình “nhà xanh” sử dụng vật liệu cách nhiệt, thiết kế thông gió tự nhiên, tận dụng ánh sáng trời.

Có chính sách và tài chính xanh trong xây dựng thị trường carbon nội địa. Theo đó, cho phép doanh nghiệp mua bán hạn ngạch phát thải. Song song là việc huy động vốn quốc tế từ các quỹ khí hậu, ngân hàng phát triển để đầu tư vào hạ tầng năng lượng sạch. Ưu đãi thuế và tín dụng xanh cho các dự án tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải. Đẩy mạnh xanh hóa bằng cách tăng diện tích rừng che phủ.

5.2.2. Đối với lĩnh vực TMQT và Đầu tư

Giảm phát thải CO₂ trong thương mại quốc tế là một hướng đi chiến lược giúp Việt Nam vừa giữ vững vị thế xuất khẩu, vừa đáp ứng các tiêu chuẩn môi trường toàn cầu. Dưới đây là những giải pháp thiết thực, phù hợp với xu thế kinh tế xanh và yêu cầu hội nhập:

Nhóm giải pháp về công nghệ và vận hành:

Thứ nhất, các doanh nghiệp Việt Nam nên xây dựng chuỗi cung ứng xanh. Theo đó ưu tiên đối tác có tiêu chuẩn môi trường cao. Các doanh nghiệp nên lựa chọn nhà cung cấp, vận chuyển và phân phối có chứng nhận giảm phát thải. Doanh nghiệp có thể truy xuất nguồn gốc carbon áp dụng công nghệ blockchain hoặc hệ thống kiểm tra để minh bạch lượng CO₂ trong từng khâu sản xuất - vận chuyển.

Tối ưu trong hoạt động logistics: bằng cách sử dụng phương tiện vận tải tiết kiệm nhiên liệu: vận tải biển, đường sắt nếu có thể.

Xanh hóa sản phẩm xuất khẩu đi đôi thiết kế sản phẩm thân thiện môi trường. Giảm bao bì nhựa, tăng khả năng tái chế, sử dụng nguyên liệu sinh học. Đạt chứng nhận quốc tế như Carbon Footprint, ISO 14067, giúp hàng hóa Việt Nam dễ tiếp cận thị trường EU, Mỹ, Nhật Bản.

Tăng giá trị sản phẩm qua “carbon thấp” để biến yếu tố môi trường thành lợi thế cạnh tranh, đặc biệt trong ngành dệt may, nông sản, thủy sản. Chính phủ nên có chính sách thương mại hỗ trợ giảm phát thải thông qua đàm phán các hiệp định thương mại xanh. Trong đó, lồng ghép

điều khoản về giảm phát thải, chuyển giao công nghệ sạch trong các FTA thế hệ mới.

Nhóm giải pháp về chính sách:

Áp dụng thuế carbon biên giới: Chuẩn bị đối phó với cơ chế điều chỉnh carbon tại biên giới (CBAM) của EU bằng cách đo lường và giảm phát thải nội địa. Khuyến khích doanh nghiệp xuất khẩu xanh bằng cách miễn, giảm thuế cho doanh nghiệp đạt tiêu chuẩn môi trường quốc tế. Hỗ trợ doanh nghiệp chuyển đổi xanh qua hoạt động tư vấn và đào tạo từ đó giúp doanh nghiệp hiểu yêu cầu môi trường của thị trường quốc tế và cách đáp ứng.

Xây dựng nền tảng số hỗ trợ doanh nghiệp quản lý dữ liệu phát thải, báo cáo ESG, và kết nối với đối tác quốc tế. Đo lường và minh bạch hóa phát thải trong thương mại thông qua việc thiết lập hệ thống kiểm kê carbon quốc gia cho xuất khẩu giúp theo dõi lượng CO₂ gắn với từng ngành hàng. Công bố dữ liệu phát thải định kỳ để tăng độ tin cậy với đối tác quốc tế, đặc biệt trong các thị trường yêu cầu minh bạch ESG.

5.3. Một số hạn chế của nghiên cứu

Thứ nhất, hệ số xác định (R²) chỉ đạt 39%, cho thấy mô hình chưa phản ánh hết các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CO₂ tại Việt Nam thời gian qua. Những yếu tố quan trọng như cơ cấu ngành công nghiệp, đô thị hóa, năng lượng tái tạo, chính sách môi trường... chưa được kiểm định sâu.

Thứ hai, hàm Cobb-Douglas truyền thống (chỉ gồm L và K) có thể chưa là phương pháp tốt nhất để mô hình hóa đầy đủ các yếu tố tác động đến môi trường -

đặc biệt khi nghiên cứu tập trung vào mức phát thải CO₂. Việc mở rộng sang các dạng hàm khác hoặc thêm được biến công nghệ, FDI, đô thị hóa sẽ tăng độ thuyết phục của nghiên cứu.

Thứ ba, nghiên cứu mới dừng ở mức xác định mối quan hệ tương quan. Vấn đề nhân quả (ví dụ: phát thải CO₂ có thể ảnh hưởng ngược lại đến thương mại, FDI, tăng trưởng) chưa được bàn luận kỹ trong nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Acheampong AO, Amponsah M, Boateng E. (2020), Does financial development mitigate carbon emissions? Evidence from heterogeneous financial economies, *Energy Econ*, 88: 104768, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104768>.
2. Ali, A., Radulescu, M., & Balsalobre-Lorente, D. (2023), A dynamic relationship between renewable energy consumption, nonrenewable energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emissions: Evidence from Asian emerging economies, *Energy & Environment*, 34(8), 3529-3552, <https://doi.org/10.1177/0958305X231151684>.
3. Amoah, J.O., Alagidede I.P., Sare Y.A. (2023), Impact of foreign direct investment on carbon emission in Sub-Saharan Africa: the mediating and moderating roles of industrialization and trade openness, *Cogent Bus Manag*, 10(3): 2266168, <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2266168>.
4. Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001), Is Free Trade Good for the Environment? *The American Economic Review*, 91(4), 877-908, <http://www.jstor.org/stable/2677817>.
5. Bergougui B. (2024), Investigating the relationships among green technologies, financial development and ecological footprint levels in Algeria: evidence from a novel Fourier ARDL approach, *Sustain Cities Soc*, 112: 105621, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105621>.
6. Bui, M. T., Nguyen, N. T., Bui, V. H. (2023), Relationship between carbon emissions, economic growth, renewable energy consumption, foreign direct investment, and urban population in Vietnam, *Heliyon*, 9(6), e17544, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17544>.
7. Cao, W., Chen, S., Huang, Z. (2020), Does foreign direct investment impact energy intensity? Evidence from developing countries, *Mathematical Problems in Engineering*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/5695684>.
8. Chen, Y., Wang, Z., Zhong, Z. (2019), CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China, *Renewable Energy* 131, 208-216, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.047>.
9. Essandoh, O. K., Islam, M. & Kakinaka, M. (2020), Linking international trade and foreign direct investment to CO2 emissions: Any differences between developed and developing countries? *Science of the Total Environment* 712, 136437, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136437>.
10. GSO (2025), <https://www.nso.gov.vn/>.
11. Halicioglu, F. (2009), An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>.
12. Hao Y, Wu Y, Wu H, Ren S. (2020), How do FDI and technical innovation affect environmental quality? Evidence from China, *Environ Sci Pollut Res*. 27: 7835-

50, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07411-0>.

13. He, J., Zhuang, T., Xie, X. (2014), Energy consumption, economic development and environmental improvement in China, *Energy & Environment* 25, 1345–1357, <https://doi.org/10.1260/0958-305X.25.8.1345>.

14. ICPC (2024), Climate Change 2023 Synthesis Report, P. 42.

15. Kinyar, A. & Bothongo, K. (2024), The impact of renewable energy, eco-innovation, and GDP growth on CO₂ emissions: Pathways to the UK's net zero target, *Journal of Environmental Management*, Vol. 368, 122226, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122226>.

16. Kumari, A., Sharma, A. K. (2018), Causal relationships among electricity consumption, foreign direct investment and economic growth in India, *Electricity Journal* 31, 33–38, <https://doi.org/10.1016/j.tej.2018.08.004>.

17. Khan M, Ozturk I (2021), Examining the direct and indirect effects of financial development on CO₂ emissions for 88 developing countries, *J Environ Manag*, 293: 112812, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112812>.

18. Liu, X., Wahab, S., Hussain, M., Sun, Y., Kirikkaleli, D. (2021), China carbon neutrality target: Revisiting FDI-trade-innovation nexus with carbon emissions, *Journal of Environmental Management* 294, 113043. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113043>.

19. Lu, Phi Nga and Phan Thanh Tam (2025), Critical Factors Influencing Economic Growth: A Case Study of Vietnam in Kostis, P.C., Papadogonas, T., Boufounou, P. (2025), Economic Development and Growth - Foundations and Frontiers.

20. Mert, M., Bolük, G. (2016), Do foreign direct investment and renewable energy consumption affect the CO₂ emissions? New evidence from a panel ARDL approach to Kyoto Annex countries, *Environmental Science and Pollution Research* 23, 21669–21681, <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7413-7>.

21. Mukhtarov S, Humbatova S, Seyfullayev I, Kalbiyev Y. (2020), The effect of financial development on energy consumption in the case of Kazakhstan, *J Appl Econ*, 23(1):75–88, <https://doi.org/10.1080/15140326.2019.1709690>.

22. Nathaniel, S. & Khan, S. A. R. (2020), The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries, *Journal of Cleaner Production* 272, 122709, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122709>.

23. Nong, D., Nguyen, H. T., Wang, C., Khuc, V. Q. (2020), The environmental and economic impact of the emissions trading scheme (ETS) in Vietnam, *Energy policy* 140, 111362, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111362>.

24. Nguyen, B. N., Vu, N. X., Le, M. H. (2024), Nexus between carbon dioxide emissions, population, migration, foreign direct investment, and gross domestic product: New evidence in the context of Vietnam, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 10, 100281, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100281>.

25. Nguyen, Hoang Tien, Dinh, Ba Hung Anh (2019), The role of international trade policy in boosting economic growth in Vietnam, *International Journal of Commerce and Management Research*, Volume 5; Issue 3, pp. 107-112.

26. Nguyen, T.H, Nguyen, V.S., Dau, V.H., Le, H.A.T, Nguyen, K.V., Nguyen, D.P,

Bui, X.T., Bui, M.H. (2022), The nexus between greenhouse gases, economic growth, energy and trade openness in Vietnam, *Environmental Technology & Innovation* 28, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102912>.

27. Nguyen, T. H. N. & Le, T. H. (2023), A wavelet analysis of connectedness between economic globalization, nonrenewable, and renewable energy consumption, and CO₂ emissions in Vietnam, *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 57, 103227, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103227>.

28. OECD (2024), OECD Benchmark Definition of Foreign Direct Investment (Fifth Edition).

29. Pham, X. H., Vu, N. X., & Nguyen, T. P. T. (2023), Nexus of innovation, renewable consumption, FDI, growth and CO₂ emissions: The case of Vietnam, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 9, 100100, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100100>.

30. Raihan, A., Hasan, Md. A., Voumik, L. C., Pattak, D. C., Akter, S., & Ridwan, M. (2024), Sustainability in Vietnam: Examining economic growth, energy, innovation, agriculture, and forests' impact on CO₂ emissions, *World Development Sustainability* 4, 100164, <https://doi.org/10.1016/j.wds.2024.100164>.

31. Sarkodie, S. A., Adams, S., Leirvik, T. (2020), Foreign direct investment and renewable energy in climate change mitigation: does governance matter? *Journal of Cleaner Production* 263,121262, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121262>.

32. Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., Yeboah, F. K., Wood, J., Zhao, Y., Dou, X. (2022), The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO₂ emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach, *Science of The Total Environment*, Vol. 837, 155795, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795>.

33. Sohag, K., Al Mamun, M., Uddin, G. S., Ahmed, A. M. (2017), Sectoral output, energy use, and CO₂ emission in middle-income countries, *Environmental Science and Pollution Research* 24, 9754–9764, <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8599-z>.

34. Vu, N.X. (2025), Determinants of carbon dioxide emissions in technology revolution 5.0: New insights in Vietnam. *Environmental and Sustainability Indicators*, Vol. 26, 100636, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100636>.

35. Zhang, Z. & Sharifi, A. (2024), Analysis of decoupling between CO₂ emissions and economic growth in China's provincial capital cities: A Tapio model approach, *Urban Climate*, Vol. 55, 101885, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101885>.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Văn Lang với mã số đề tài: VLU-2411-DT-KTM-GV-0012

Phụ lục

Phụ lục 1. Biến và nguồn lấy dữ liệu.

Biến	Nguồn dữ liệu
CO _{2vnt}	https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.PC.CE.AR5

Biến	Nguồn dữ liệu
FDIvnt	https://www.nso.gov.vn/px-web-2/?pxid=V0411&theme=%C4%90%E1%BA%A7u%20t%C6%B0
INTvnt	https://www.nso.gov.vn/px-web-2/?pxid=V0901&theme=Th%C6%B0%C6%A1ng%20m%E1%BA%A1i%2C%20gi%C3%A1%20c%E1%BA%A3
GDPvnt	https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?locations=VN
ECNvnt	https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html
POPvnt	https://www.worldometers.info/world-population/vietnam-population/
AVAvnt	https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS
FOCvnt	https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.K2