

## CHUYỂN ĐỔI TĂNG TRƯỞNG XANH VÀ MỐI LIÊN HỆ VỚI TRUNG HÒA CARBON: NGHIÊN CỨU TẠI VIỆT NAM

Ngô Thái Hưng<sup>1</sup>, Trần Xuân Nhi<sup>2</sup>, Mai Ngọc Bảo Châu<sup>3</sup>,  
Phạm Tiên Phúc<sup>4</sup>, Đặng Nguyễn Nhật My<sup>5</sup>, Bùi Thị Thanh Nhi<sup>6</sup>

### Tóm tắt

Nghiên cứu sử dụng mô hình hồi quy phân vị wavelet (WQR) để phân rã dữ liệu theo thời gian (ngắn, trung và dài hạn) từ đó ước lượng mức độ tác động của các biến vĩ mô tại từng phân vị thời gian trong quá trình trung hòa carbon. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2023, hiệu quả sinh thái nông nghiệp (AEE) và tổng sản phẩm quốc dân (GDP) đóng vai trò chủ đạo trong việc giảm phát thải đặc biệt nằm ở các phân vị cao. Đổi mới công nghệ xanh (GI) và tăng trưởng xanh (GG) góp phần thúc đẩy chuyển đổi xanh trong ngắn hạn và trung hạn nhưng thiếu tính bền vững về lâu dài. Trong khi đó, TRA tác động không đồng nhất, vừa mang tính tiềm năng hỗ trợ chuyển giao công nghệ xanh nhưng lại tiềm ẩn về việc gia tăng lượng phát thải. Nhìn chung, mối quan hệ giữa các biến có sự thay đổi đáng kể theo từng phân vị và chu kỳ kinh tế, phản ánh tính phức tạp của tiến trình trung hòa carbon tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Tăng trưởng xanh, trung hòa carbon, công nghệ xanh, hiệu quả sinh thái nông nghiệp, hồi quy phân vị wavelet, Việt Nam.

## GREEN GROWTH TRANSITION AND ITS LINKAGE TO CARBON NEUTRALITY: A STUDY IN VIETNAM

### Abstract

This study employs the Wavelet Quantile Regression (WQR) model to decompose the data into different time scales (short-, medium-, and long-term), thereby estimating the impact of macroeconomic variables at different quantiles during the carbon neutrality process. The empirical results for the period from 2000 to 2023 indicate that Agricultural Eco-Efficiency (AEE) and Gross Domestic Product (GDP) play a dominant role in reducing emissions, particularly at higher quantiles. Green Technological Innovation (GI) and Green Growth (GG) contribute to promoting green transition in the short and medium term; however, their effects lack long-term sustainability. Trade Openness (TRA) exhibits heterogeneous impacts, showing potential in facilitating green technology transfer while also posing the risk of increasing emissions. Overall, the relationships among the variables vary considerably across quantiles and economic cycles, reflecting the complexity of the carbon neutrality process in Vietnam.

**Keywords:** Carbon neutrality; green growth; green innovation; agricultural ecological efficiency; green transition; wavelet quantile regression; Vietnam.

JEL classification: Q56, Q54, Q58, O44, O53.

DOI: 10.63767/TCKT.38.2026.169.181

### 1. Giới thiệu

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng nghiêm trọng, giảm phát thải carbon và chuyển đổi sang mô hình tăng trưởng xanh đã trở thành mục tiêu trọng tâm của nhiều quốc gia trên thế giới. Việt Nam cũng không nằm ngoài xu hướng này khi đã cam kết đạt mức phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050 tại Hội nghị COP26. Tuy nhiên, quá trình thực hiện mục tiêu này đặt ra nhiều thách thức khi nền kinh tế Việt Nam vẫn phụ thuộc đáng kể vào tăng trưởng kinh tế, thương mại quốc tế và tiêu thụ năng lượng.

Việt Nam đã và đang phải đối mặt với nhiều vấn đề về môi trường và khí hậu khi trong 20 năm trở lại đây, mức phát thải carbon tăng đột biến từ 19,330 tấn đến 336,490 tấn (Phan Thế Công và cộng sự, 2023). Trước thực trạng này, trung hòa carbon, tức trạng thái phát thải ròng bằng không thông qua giảm phát thải và tăng cường hấp thụ carbon, đã trở thành mục tiêu trọng tâm trong chiến lược phát triển của nhiều quốc gia.

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tăng trưởng xanh có thể góp phần làm chậm lại xu hướng gia tăng phát thải GHGs, qua đó hỗ trợ tiến trình hướng tới trung hòa carbon trong dài hạn (Dogan & Seker, 2016). Tương tự Shahbaz & Sinha (2018) cũng chỉ ra đổi mới xanh góp phần làm suy giảm phát thải carbon hỗ trợ tiến trình hướng tới trung hòa carbon. Theo như các nghiên cứu của

Muhammad Shahbaz và cộng sự (2011), Daniel Balsobre-Lorente và cộng sự (2018), Brindha (2017) cho thấy đổi mới công nghệ xanh có tác động làm giảm đáng kể lượng phát thải carbon trong dài hạn. Những bằng chứng này củng cố luận điểm rằng tăng trưởng xanh có thể hỗ trợ tiến trình hướng tới trung hòa carbon.

Đổi mới công nghệ xanh (GI) được xem là cơ chế then chốt giúp giảm phát thải khí nhà kính ngay từ khâu sản xuất và tiêu dùng. Thông qua việc phát triển công nghệ sạch, tiết kiệm năng lượng và quy trình sản xuất ít carbon góp phần làm giảm phát thải mà không làm suy giảm năng lực cạnh tranh của nền kinh tế (Porter & van der Linde, 1995). Nhiều nghiên cứu như của Juan Gan (2025) hay Samuel Owusu-Agyei và cộng sự (2020) cho thấy GI có tác động tích cực đến việc kiểm soát phát thải khí nhà kính và thúc đẩy mục tiêu trung hòa carbon, đặc biệt tại các nền kinh tế đang phát triển (IREA, 2023).

Trong khi việc nâng cao hiệu quả sinh thái nông nghiệp sẽ giúp giảm phát thải từ hoạt động sản xuất nông nghiệp, sử dụng hiệu quả đầu vào và tăng khả năng hấp thụ carbon của hệ sinh thái nông nghiệp (FAO, 2019). Do đó, AEE được xem là yếu tố quan trọng nhưng thường bị bỏ qua trong các nghiên cứu về trung hòa carbon, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển có tỷ trọng nông nghiệp lớn.

GDP và TRA có mối liên hệ chặt chẽ với phát thải khí nhà kính. Tăng trưởng kinh tế theo mô hình truyền thống thường đi kèm với gia tăng tiêu thụ năng lượng và phát thải khí nhà kính, gây áp lực lên mục tiêu trung hòa carbon (Grossman và Krueger, 1995). Tuy nhiên, thông qua quá trình chuyển đổi xanh như tái cơ cấu ngành, phát triển năng lượng tái tạo và cải thiện hiệu quả sinh thái, các tác động tiêu cực môi trường có thể được giảm thiểu (David Stern, 2004; Bekun và cộng sự, 2019). Vì vậy, TRA được xem là yếu tố điều chỉnh quan trọng trong mối quan hệ giữa GDP và trung hòa carbon.

Đối với Việt Nam, quá trình công nghiệp hóa nhanh và nhu cầu năng lượng ngày càng gia tăng đã khiến khí CO<sub>2</sub> tăng đáng kể trong hơn hai thập kỷ qua. Mặc dù Việt Nam đã cam kết đạt mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050 tại hội nghị COP26, song các bằng chứng thực nghiệm về các tác động của yếu tố vĩ mô lên tiến trình trung hòa carbon vẫn còn hạn chế, đặc biệt trong bối cảnh dài hạn.

Xuất phát từ các hạn chế, bài nghiên cứu nhằm phân tích mối quan hệ giữa CN và GG, GI, AEE, GDP, TRA tại Việt Nam trong giai đoạn 2000–2023. Nghiên cứu sử dụng các phương pháp hồi quy phân vị wavelet (WQR) nhằm làm rõ sự khác biệt trong tác động của các yếu tố này tại các mức phân vị khác nhau, từ đó cung cấp bằng chứng thực nghiệm phục vụ hoạch định chính sách hướng tới trung hòa carbon.

## 2. Tổng quan nghiên cứu

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã xem xét mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế, thương mại, đổi mới sáng tạo xanh và phát thải carbon. Một số nghiên cứu cho rằng tăng trưởng kinh tế có thể làm gia tăng phát thải carbon trong giai đoạn đầu của quá trình phát triển do mở rộng sản xuất và tiêu thụ năng lượng. Ngược lại, các nghiên cứu khác nhấn mạnh vai trò của đổi mới sáng tạo xanh và hiệu quả năng lượng trong việc giảm phát thải và thúc đẩy tăng trưởng bền vững. Ngoài ra, thương mại quốc tế cũng được xem là yếu tố có tác động hai chiều đến môi trường: vừa có thể làm gia tăng phát thải thông qua mở rộng sản xuất, vừa có thể thúc đẩy chuyển giao công nghệ sạch và cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng.

Bằng chứng số liệu từ Ngân hàng Thế giới năm 2024, Việt Nam hiện đứng thứ 21 trên thế giới về lượng khí thải carbon, chiếm khoảng 0,8% tổng lượng khí thải toàn cầu (Nguyễn Cảnh Nam, 2024). Nhưng Việt Nam vẫn có những nỗ lực đóng góp về ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Tham dự Hội nghị quốc tế về Biến đổi khí hậu lần thứ 26 (COP26) năm 2021, Thủ tướng Phạm Minh Chính đã cam kết: “...thực hiện các cơ chế theo Thỏa thuận Paris, để đạt mức phát thải ròng bằng ‘0’ vào năm 2050” (Thanh Huyền, 2021).

Trong bối cảnh này, chuyển đổi tăng trưởng xanh được xem là một trong những nền móng thúc đẩy tiến trình trung hòa carbon. Cụ thể trong nghiên cứu của Guanling Chang và cộng sự (2024) đã chỉ ra rằng GG và GI được xem là hai động lực cốt lõi giúp giảm cường độ phát thải carbon thông qua việc nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và thúc đẩy áp dụng các công nghệ sạch.

Trong khi AEE đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng giữa tăng trưởng sản lượng nông nghiệp và giảm phát thải, đặc biệt tại các nền kinh tế đang phát triển có tỷ trọng nông nghiệp lớn (Changming Cheng và cộng sự, 2022). GDP và TRA vừa có thể tạo điều kiện cho đầu tư và lan tỏa công nghệ xanh, vừa tiềm ẩn nguy cơ gia tăng phát thải nếu thiếu các cơ chế điều tiết phù hợp (Gene M. Grossman và Alan B. Krueger, 1995).

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải carbon, phần lớn các nghiên cứu trước đây chủ yếu sử dụng các phương pháp kinh tế lượng truyền thống như hồi quy tuyến tính, mô hình VAR, ARDL hoặc hồi quy phân vị. Các phương pháp này thường giả định mối quan hệ ổn định theo thời gian và khó phản ánh đầy đủ sự thay đổi của mối quan hệ giữa các biến trong các chu kỳ kinh tế khác nhau. Trong khi đó, các cú sốc kinh tế, biến động thương mại và thay đổi chính sách môi trường có thể làm cho mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế, đổi mới sáng tạo xanh và phát thải carbon biến động theo các khoảng thời gian khác nhau.

Để khắc phục hạn chế này, một số nghiên cứu gần đây đã bắt đầu kết hợp phân tích wavelet với các phương pháp kinh tế lượng nhằm xem xét mối quan hệ giữa các biến theo nhiều thang thời gian khác nhau. Tuy nhiên, việc ứng dụng phương pháp WQR trong nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế, đổi mới sáng tạo xanh, hiệu quả năng lượng và phát thải carbon vẫn còn khá hạn chế, đặc biệt trong bối cảnh các nền kinh tế đang phát triển.

Đối với Việt Nam, mặc dù đã có một số nghiên cứu về tăng trưởng kinh tế và phát thải carbon, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào phân tích ở mức độ tổng thể và chưa xem xét đầy đủ vai trò của đổi mới sáng tạo xanh, hiệu quả năng lượng và thương mại trong mối quan hệ này theo các thang thời gian khác nhau. Đồng thời, việc áp dụng phương pháp WQR để phân tích sự khác biệt của tác động giữa các phân vị phát thải carbon và các chu kỳ ngắn hạn, trung hạn và dài hạn vẫn còn rất ít được thực hiện.

Xuất phát từ những khoảng trống trên, nghiên cứu này nhằm phân tích tác động của tăng trưởng kinh tế, đổi mới sáng tạo xanh, hiệu quả năng lượng và thương mại đến phát thải carbon tại Việt Nam trong giai đoạn nghiên cứu, đồng thời xem xét sự thay đổi của các mối quan hệ này theo các thang thời gian khác nhau thông qua phương pháp WQR. Bằng cách kết hợp phân tích wavelet với hồi quy phân vị, nghiên cứu không chỉ cho phép đánh giá sự khác biệt của tác động giữa các mức phân vị phát thải carbon mà còn làm rõ sự biến động của các mối quan hệ theo các chu kỳ ngắn hạn, trung hạn và dài hạn. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ cung cấp bằng chứng thực nghiệm quan trọng nhằm hỗ trợ xây dựng các chính sách phát triển kinh tế xanh và giảm phát thải carbon tại Việt Nam.

### 2.1. Mối quan hệ giữa Trung hòa carbon và Hiệu quả sinh thái nông nghiệp

Theo Luo Muchen và cộng sự (2022), AEE được hiểu là thang đo hiệu quả sản xuất nông nghiệp trong điều kiện hạn chế phát thải carbon, trong đó lượng carbon thải

ra là sản phẩm không mong muốn được đưa vào hệ thống chỉ số để đánh giá hiệu quả sinh thái một cách tổng thể.

Cả hai đều hướng tới mục tiêu tối ưu hóa hiệu quả kinh tế trong sản xuất nông nghiệp đồng thời giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường, đặc biệt là phát thải khí nhà kính (Sneha S. R và cộng sự, 2024).

Mối quan hệ của AEE và CN thể hiện ở việc AEE góp phần trực tiếp vào giảm phát thải khí nhà kính trong nông nghiệp. Khi AEE gia tăng, hệ thống sản xuất sử dụng tài nguyên hiệu quả hơn, đồng thời lượng phát thải và chất thải giảm xuống, qua đó làm giảm phát thải ròng. Vì vậy AEE đóng vai trò như một công cụ quan trọng hỗ trợ đạt mục tiêu trung hòa carbon trong nông nghiệp (Hurowitz và cộng sự, 2025).

Nghiên cứu thực nghiệm trên dữ liệu cấp tỉnh ở Trung Quốc cho thấy mối quan hệ rõ rệt giữa AEE và phát thải carbon, điều này phản ánh cơ chế tác động giữa AEE và khả năng tiến tới CN trong sản xuất nông nghiệp. Cụ thể, khảo sát bằng mô hình DEA-Malmquist-Luenberger chỉ ra rằng phát thải carbon nông nghiệp tăng trung bình 2,76% mỗi năm từ 2001 đến 2015, đạt cực đại khoảng 91,41 triệu tấn nhưng sau đó giảm trung bình 2,42% mỗi năm sau 2015 khi các yếu tố kỹ thuật và sản xuất được cải thiện. Điều này hàm ý rằng trong giai đoạn AEE thấp thì phát thải có xu hướng tăng cùng với mở rộng sản xuất. Tuy nhiên, hiệu quả hệ sinh thái được nâng cao (tức AEE tăng), phát thải carbon bắt đầu giảm trong dài hạn (Huan Yang và cộng sự, 2022). Do đó, có thể tích cực hiệu theo hướng AEE tăng thì giảm phát thải, hỗ trợ mục tiêu trung hòa carbon trong nông nghiệp. Theo nghiên cứu của Changming Cheng, gia tăng AEE giúp giảm phát thải đồng thời tăng hấp thụ carbon, qua đó giảm phát thải ròng – yếu tố cốt lõi của trung hòa carbon. Tương tự, Yunfei Feng và cộng sự (2022), dùng mô hình dynamic SBM-DEA tại 31 tỉnh Trung Quốc, AEE tăng từ khoảng 0,64 lên 0,70 trong giai đoạn 2007–2018, chủ yếu từ cải thiện hiệu quả quản lý phát thải carbon. Điều này chứng minh rằng sự gia tăng AEE gắn liền với việc giảm phát thải khí nhà kính, chứ không chỉ đơn thuần là tăng năng suất kinh tế.

Như vậy, AEE và phát thải carbon có mối quan hệ ngược chiều trong dài hạn. Khi AEE được cải thiện qua thời gian, điều này làm giảm phát thải nhà kính tính trên cùng đơn vị sản xuất, tức là góp phần tiến đến gần mục tiêu CN trong nông nghiệp (Huan Yang, 2022).

## **2.2. Mối quan hệ giữa Trung hòa carbon và Tổng sản phẩm quốc nội**

Nghiên cứu trong khuôn khổ giả thuyết Kuznets môi trường (EKC) giai đoạn 1960-2019, Trần Hữu Tuyền và Phạm Đức Anh (2025) cho thấy khi GDP bình quân đầu người vượt mức 542 USD hoặc tăng trưởng kinh tế đạt tối thiểu 3,8% thì tác động của chúng đối với phát thải CO<sub>2</sub> sẽ chuyển hướng tiêu cực. Tương tự, Ngô Thị Xuân và Ngô Thái Hưng (2023) ghi nhận mối quan hệ đồng biến giữa GDP và lượng khí thải carbon. Tuy nhiên, Trần Văn Hưng (2024) khi nghiên cứu các chỉ số GDP, FDI, GLO và GG có thể ảnh hưởng đến chất lượng môi trường

ở giai đoạn 1998-2022, chỉ ra rằng trong ngắn hạn và trung hạn, GDP ảnh hưởng tích cực đến lượng khí thải carbon, trong khi đó chúng lại ảnh hưởng tiêu cực đến lượng khí thải carbon trong dài hạn.

Tổng hợp từ các nghiên cứu Ngô Thị Xuân và Ngô Thái Hưng (2023), Trần Hữu Tuyền và Phạm Đức Anh (2021), Trần Văn Hưng (2024) cho thấy mối quan hệ giữa mang tính phi tuyến tính. Ở giai đoạn đầu phát triển, tăng trưởng GDP vẫn làm gia tăng lượng phát thải carbon do hiệu ứng quy mô sản xuất và tiêu dùng. Nhưng nhiều bằng chứng thực nghiệm trên mức gia tăng phát thải thường thấp hơn tốc độ tăng trưởng kinh tế, phản ánh sự cải thiện về hiệu quả sử dụng năng lượng và suy giảm cường độ phát thải carbon. Điều này hàm ý rằng tăng trưởng kinh tế có thể dẫn đến tách rời tương đối. Về dài hạn, khi nền kinh tế đạt đến trình độ phát triển cao hơn, mối quan hệ giữa GDP và phát thải carbon có xu hướng chuyển sang chiều tiêu cực, hàm ý sự lấn át của hiệu ứng kỹ thuật và hiệu ứng cơ cấu so với hiệu ứng quy mô. Khi tiến bộ công nghệ, năng lượng và chính sách môi trường ngày càng phát huy, đặt ra thách thức đối với nền kinh tế lẫn chất lượng môi trường tại Việt Nam, tăng trưởng kinh tế không phụ thuộc vào mở rộng sản xuất theo chiều rộng, mà gắn với nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, đổi mới công nghệ xanh và dịch chuyển sang các ngành có cường độ phát thải thấp. Như vậy làm cho GDP trong dài hạn có thể góp phần làm giảm phát thải carbon một cách tuyệt đối, tạo điều kiện thuận lợi cho tiến trình trung hòa carbon, đặc biệt khi được hỗ trợ bởi khung chính sách tăng trưởng xanh và thể chế môi trường hiệu quả.

## **2.3. Mối quan hệ giữa Trung hòa carbon và Tăng trưởng xanh**

GG và CN là hai yếu tố có mối quan hệ nghịch biến. Tăng trưởng xanh là tăng trưởng kinh tế đi kèm với bảo vệ tài nguyên thiên nhiên và giảm thiểu mức độ suy thoái của môi trường (OECD, 2025). Trong khi CN nhấn mạnh đến việc đạt trạng thái phát thải ròng bằng không thông qua cắt giảm, hấp thụ và bù đắp phát thải (OECD, 2011 và UNEP, 2014). Mặc dù tiếp cận từ các góc độ khác nhau, song về bản chất, GG và CN mang tính bổ trợ lẫn nhau cả về mặt lý thuyết lẫn thực tiễn.

Về lý thuyết khi mức độ tăng trưởng xanh gia tăng, nền kinh tế chuyển dịch từ mô hình tăng trưởng dựa trên khai thác tài nguyên và năng lượng hóa thạch sang mô hình dựa trên công nghệ sạch, năng lượng tái tạo và đổi mới sáng tạo (OECD, 2017). Quá trình này giúp giảm cường độ năng lượng và cường độ khí carbon trên một đơn vị GDP, từ đó làm giảm tổng lượng phát thải khí nhà kính. Vì vậy, GG có tác động âm (–) đến mức phát thải carbon, đồng thời tác động dương (+) đến khả năng đạt trung hòa carbon.

Các nghiên cứu quốc tế gần đây thống nhất rằng GG đóng vai trò tích cực trong tiến trình đạt trung hòa carbon. Nhiều bằng chứng chỉ ra các quốc gia có mức độ GG cao thường đạt mức giảm phát thải carbon nhanh hơn, phản ánh hiệu quả của việc kết hợp giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường (OECD, 2017). Tuy nhiên, khi mô

hình tăng trưởng chuyển sang hướng xanh hơn, tức là khi GG được cải thiện, phát thải carbon bắt đầu giảm trong dài hạn. Kết quả này phù hợp với lập luận của đường cong Kuznets môi trường, theo đó tăng trưởng xanh giúp tách rời tăng trưởng kinh tế khỏi gia tăng phát thải carbon (OECD, 2017).

Ngược lại việc theo đuổi CN tạo ra các ràng buộc buộc các quốc gia phải điều chỉnh chiến lược phát triển theo hướng ưu tiên đầu tư vào công nghệ xanh, năng lượng tái tạo và các ngành kinh tế carbon thấp. Điều này không chỉ giúp giảm phát thải mà còn nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và chất lượng tăng trưởng, qua đó CN có tác động dương (+) đến GG trong dài hạn (OECD, 2017 và IPCC, 2022).

Như vậy, về mặt lý thuyết và thực nghiệm, GG và CN có mối quan hệ tương hỗ và thuận chiều trong dài hạn. Khi GG được cải thiện, phát thải carbon giảm xuống, giúp nền kinh tế tiến gần hơn tới CN. Đồng thời, việc theo đuổi mục tiêu CN cũng thúc đẩy đổi mới công nghệ và tái cấu trúc mô hình tăng trưởng, qua đó củng cố và nâng cao mức độ GG.

#### **2.4. Mối quan hệ giữa Trung hòa carbon và Công nghệ xanh**

Trung hòa carbon và đổi mới công nghệ xanh có mối liên hệ âm (-), mang tính nhân quả và kế thừa theo thời gian phát triển. Trong giai đoạn đầu thông qua việc đổi mới các công nghệ tiên tiến, tối ưu hoá việc sử dụng năng lượng đồng nghĩa với việc giảm lượng khí carbon ra môi trường sản xuất: khi phát thải giảm về mức tối thiểu khả thi thì tiến trình trung hòa carbon được thực hiện bằng cách bù đắp những phần còn thiếu qua các giải pháp như phủ xanh rừng, phục hồi hệ sinh thái hoặc sử dụng công nghệ thu hồi và lưu trữ carbon (IPCC, 2023).

Ứng dụng các công nghệ xanh cho phép doanh nghiệp và quốc gia nâng cao hiệu quả năng lượng, giảm cường độ phát thải và tối ưu hóa quy trình sản xuất, từ đó hỗ trợ mục tiêu CN (Acemoglu Daron và cộng sự, 2012). Nghiên cứu thực nghiệm tại Trung Quốc và các quốc gia khác chỉ ra rằng GI có tác động tích cực đến việc giảm phát thải carbon, mặc dù trong ngắn hạn hiệu quả còn hạn chế do chi phí đầu tư và thời gian triển khai công nghệ, nhưng trong trung và dài hạn, tác động trở nên rõ rệt nhờ lan tỏa công nghệ và cải thiện cơ cấu ngành (Yue Dou và cộng sự, 2021).

Nhìn chung, GI không chỉ giúp giảm phát thải trực tiếp mà còn thúc đẩy đổi mới liên tục, nâng cao năng lực cạnh tranh và tạo điều kiện cho quá trình đạt được trung hòa carbon bền vững, đặc biệt khi kết hợp với chính sách hỗ trợ, tài chính xanh và hợp tác quốc tế. GI và CN có mối quan hệ tương trợ lẫn nhau: GI cung cấp thiết bị công nghệ tiên bộ giúp làm giảm lượng phát thải thì CN định hướng chiến lược, khuyến khích các doanh nghiệp trong và ngoài nước đi theo hướng xây dựng nền kinh tế xanh, tăng khả năng thích ứng dài hạn với những biến đổi từ khí hậu (IEA, 2024).

#### **2.5. Mối quan hệ giữa Trung hòa carbon và Độ mở thương mại**

Theo Sachs và Warner (1995), độ mở thương mại được hiểu là mức độ hội nhập của một quốc gia vào nền kinh tế toàn cầu, thường đo bằng tỷ lệ tổng kim ngạch xuất khẩu và nhập khẩu trên GDP. TRA có tác động đa chiều đến với tiến trình trung hòa carbon, phụ thuộc vào các tác động của chính sách với điều kiện kinh tế, lý giải dựa trên ba nền tảng lý thuyết kinh tế môi trường chủ đạo. Theo lý thuyết Environmental Kuznets Curve (EKC) Grossman và Krueger (1995), tăng trưởng kinh tế ban đầu sẽ kéo theo hàng loạt ảnh hưởng tiêu cực do lượng phát thải tăng dần về sau, nhưng nhờ vào chuyển giao công nghệ sẽ làm giảm cường độ phát thải carbon. Porter và van der Linde (1995) cho rằng thị trường cạnh tranh và khan hiếm đến từ tài nguyên thiên nhiên sẽ thúc đẩy chuyển đổi xanh diễn ra nhanh chóng, từ đó việc mở cửa hội nhập quốc tế nhận được sự đầu tư của nước ngoài, đòi hỏi tiêu chuẩn môi trường khắt khe từ các bên đối tác sẽ làm cho TRA góp phần đẩy nhanh tiến trình giảm phát thải và trung hòa carbon. Ngược lại Copeland và Taylor (2004) đã chỉ ra TRA có khả năng trì hoãn hoặc làm chậm biến các quốc gia thành “thiên đường ô nhiễm” nếu thể chế môi trường yếu. Nghiên cứu này có phần đồng nhất với nghiên cứu TRA tăng các quốc gia có thể nhập khẩu công nghệ sạch hơn nâng cao hiệu quả năng lượng – nhưng vẫn tiềm ẩn nhiều nguy cơ gia tăng sản lượng công nghiệp, tiêu thụ năng lượng, tăng phát thải (Yue Dou và cộng sự, 2021). Mối quan hệ giữa TRA và CN theo ba khung lý thuyết chính: [i] Hiệu ứng mở rộng: làm lượng phát thải tăng (Karedla Yaswanth và cộng sự, 2021), [ii] Hiệu ứng cơ cấu: các ngành công nghiệp nặng chuyển dần sang ngành dịch vụ và sản xuất ít phát thải hơn, có khả năng giúp việc trung hòa Carbon diễn ra nhanh hơn (H.Sun và cộng sự, 2019), [iii] Hiệu ứng công nghệ/ lan tỏa: thương mại mở ra mang lại cơ hội phát triển có khả năng tiếp cận với nhiều công nghệ sạch nâng cao hiệu quả giúp giảm phát thải khí nhà kính hỗ trợ mục tiêu trung hòa carbon (Rui Jiang và Bangcheng Liu, 2023).

Qua lược khảo các nghiên cứu trước đó nhóm tác giả có thể thấy rằng, mối quan hệ tác động giữa TRA và CN có nhiều ưu điểm và khuyết điểm trong từng giai đoạn ngắn, trung và dài hạn. Từ đó góp phần cân nhắc các quyết định liên quan đến việc hội nhập quốc tế góp phần bảo vệ môi trường nhằm đến mục tiêu chung phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 tại Việt Nam

#### **3. Phương pháp nghiên cứu**

Phương pháp hồi quy phân vị wavelet - Wavelet Quantile Regression

Tiến hành nghiên cứu sự biến động bất đối xứng, không dừng (non-stationary) hay bất đối xứng từ các chỉ số của lượng trung hòa Carbon đối với mức chỉ số đến từ những sự chuyển đổi xanh ở Việt Nam. Wavelet Quantile Regression được đưa vào sử dụng để khắc phục những điểm yếu vì nó không bị ảnh hưởng do tập trung vào các phân vị thời gian ngắn, trung và dài hạn từ kết quả kiểm định rút ra được mức độ hiệu quả của từng biến trong

từng giai đoạn cụ thể hơn là từng mốc phân vị từ (0.05 – 0.95) góp phần đóng góp việc tối ưu hóa hoạch định chính sách cho vận dụng và đầu tư trong tương lai  
Mô hình hồi quy phân vị được mô tả như sau:

$$Q_{d_j}(Y) \left( \tau | d_j(X) \right) = \beta_0(\tau) + \beta_1^{(\tau)} d_j(X) + e_\tau$$

Trong đó:  $d_j(Y)$ : hệ số chi tiết của biến phụ thuộc (Trung hoà Carbon – CN) tại cấp độ J

$d_j(X)$ : hệ số chi tiết của biến độc lập (TRA, AEE, GDP, GG, GI)

J: Phân vị (0.1,...,0.95)

$\beta_1^{(\tau)}$  hệ số phản ánh tác động tại phân vị

Phương pháp WQR đã khắc phục những hạn chế của hồi quy truyền thống OLS vì theo OLS mô hình chỉ giả định mối quan hệ tuyến tính tập trung vào trung bình trong khi thực tế các tác động có thể theo nhiều trường hợp khác nhau như mối quan hệ động hay phi tuyến tính (Nurcan Kilinc-Ata và cộng sự, 2025). Ngoài ra, phương pháp còn nắm bắt sự khác biệt theo cả thời gian và phân vị trong mối quan hệ của các biến phát triển bền vững (Hasan và cộng sự, 2025).

Quy trình nghiên cứu được thực hiện qua các bước sau:

Bước 1: Kiểm tra thống kê mô tả và tương quan

Bước 2: Phân rã wavelet

Các chuỗi dữ liệu được phân rã bằng phương pháp wavelet decomposition nhằm tách các chuỗi thành các thành phần phản ánh các chu kỳ khác nhau, bao gồm ngắn hạn, trung hạn và dài hạn. Phân rã wavelet giúp làm rõ cách mà các biến kinh tế tác động đến phát thải carbon trong các khoảng thời gian khác nhau.

Bước 3: Hồi quy phân vị wavelet (WQR)

Sau khi phân rã wavelet, hồi quy phân vị được áp dụng cho các thành phần wavelet tương ứng. Mô hình hồi quy được biểu diễn như sau:

$$CN_t = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GI_t + \beta_3 AEE_t + \beta_4 TRA_t + \varepsilon_t$$

Bước 4: Diễn giải kết quả

Các hệ số ước lượng được phân tích theo hai khía cạnh:

(i) sự khác biệt giữa các phân vị của phát thải carbon, và

(ii) sự khác biệt giữa các thang thời gian ngắn hạn, trung hạn và dài hạn.

Trong các nghiên cứu trước đây, mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải carbon thường được phân tích bằng các phương pháp kinh tế lượng truyền thống như OLS, VAR, ARDL hoặc hồi quy phân vị. Tuy nhiên, các phương pháp này thường giả định mối quan hệ ổn định theo thời gian và khó phản ánh sự thay đổi của mối quan hệ giữa các biến trong các chu kỳ kinh tế khác nhau.

Trong thực tế, tác động của tăng trưởng kinh tế, thương mại và đổi mới sáng tạo xanh đến phát thải carbon có thể thay đổi theo các giai đoạn ngắn hạn, trung hạn và dài hạn. Do đó, việc sử dụng các phương pháp truyền thống có thể bỏ qua những biến động quan trọng của mối quan hệ giữa các biến theo thời gian.

Để khắc phục hạn chế này, nghiên cứu sử dụng phương pháp WQR. Phương pháp này kết hợp phân tích wavelet và hồi quy phân vị nhằm xem xét mối quan hệ giữa các biến theo các thang thời gian khác nhau và tại các mức phân vị khác nhau của biến phụ thuộc. Nhờ đó, WQR cho phép đánh giá sự khác biệt của tác động của các biến giải thích khi mức phát thải carbon thấp, trung bình hoặc cao, đồng thời phản ánh sự biến động của các mối quan hệ theo các chu kỳ kinh tế.

**Bảng 1: Mô tả dữ liệu và nguồn**

| Ký hiệu | Biến số                        | Đơn vị đo lường                                                                       | Nguồn dữ liệu |
|---------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| CN      | Trung hòa Carbon               | CO <sub>2</sub> bình quân đầu người (tấn/người)                                       | WDI           |
| GG      | Tăng trưởng xanh               | Chỉ số (Index)                                                                        | GGGI          |
| GI      | Đổi mới công nghệ xanh         | Số lượng bằng sáng chế về công nghệ xanh                                              | OECD          |
| AEE     | Hiệu quả sinh thái nông nghiệp | Tỷ lệ tổng sản lượng nông nghiệp so với tổng lượng phát thải Carbon trong nông nghiệp | WDI           |
| TRA     | Độ mở thương mại               | Chỉ số (Index)                                                                        | GGGI          |
| GDP     | Tổng sản phẩm quốc nội         | Giá cố định năm 2015 (constant 2015 US\$)                                             | WDI           |

*Nguồn: Tổng hợp từ nhóm tác giả, 2025*

### Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian của Việt Nam trong giai đoạn nghiên cứu nhằm phân tích tác động của tăng trưởng kinh tế, đổi mới sáng tạo xanh, hiệu quả năng lượng và thương mại đến phát thải carbon. Các biến được lựa chọn dựa trên cơ sở lý thuyết và các nghiên cứu thực nghiệm trước đây liên quan đến mối quan hệ giữa phát triển kinh tế và môi trường.

Biến phụ thuộc của nghiên cứu là CN, được đo lường bằng lượng phát thải CO<sub>2</sub> bình quân đầu người (tấn/người). Trong bối cảnh nghiên cứu thực nghiệm, trạng thái trung hoà carbon (net-zero emissions) rất khó đo lường trực tiếp do hạn chế về dữ liệu. Vì vậy, nhiều

nghiên cứu trước đây thường sử dụng lượng phát thải CO<sub>2</sub> như một chỉ báo đại diện (proxy) phản ánh mức độ áp lực phát thải carbon của nền kinh tế.

Dữ liệu nghiên cứu được nhóm tác giả thu thập từ nhiều nguồn chính thống khác nhau trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2023: Green Growth (GG) và Trade Openness (TRA) thu thập Global Green Growth Institute (GGGI), Green Technological (GI) từ nguồn Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Agricultural Eco-efficiency (AEE), Carbon Neutrality (CN) và Gross Domestic Product (GDP) đều được thu thập ở World bank (WDI).

Đặc biệt CN không được hiểu theo nghĩa trạng thái phát thải ròng bằng 0 tuyệt đối, mà được đo lường bằng lượng phát thải CO<sub>2</sub> bình quân đầu người (tấn/ người)

Mặc dù cỡ mẫu gồm 24 quan sát tương đối nhỏ, các nghiên cứu trước đây cho thấy hồi quy phân vị không yêu cầu giả định phân phối chuẩn và có thể áp dụng trong mẫu nhỏ (Koenker, 2005). Đồng thời, phân rã wavelet

giúp xử lý tính không dừng và giảm nhiễu chuỗi (Luís Aguiar-Conraria và Maria Joana Soares, 2011). Để tăng độ tin cậy, nghiên cứu bổ sung kiểm định Jarque Bera xác định dữ liệu có phân phối chuẩn, dựa trên độ lệch (skewness) và độ nhọn (kurtosis) (Thorsten Thadewald và Herbert Buning, 2007).

**Bảng 2:** Thống kê mô tả

|                    | AEE      | CN       | GDP       | GG       | GI       | TRA       |
|--------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Giá trị trung bình | 4.204792 | 3.665739 | 3.302500  | 2.953437 | 2.056979 | 1.273437  |
| Trung vị           | 4.005977 | 3.661980 | 2.895898  | 2.769297 | 1.839844 | 1.335703  |
| Giá trị lớn nhất   | 6.312500 | 3.878997 | 4.8650000 | 6.350156 | 5.871406 | 2.048203  |
| Độ lệch chuẩn      | 1.024349 | 0.119847 | 0.918567  | 1.527638 | 1.651225 | 0.363328  |
| Hệ số nghiêng      | 0.400916 | 0.108170 | 0.293489  | 0.114238 | 0.569202 | -0.994771 |
| Hệ số nhọn         | 1.826344 | 1.807507 | 2.117646  | 2.463283 | 2.200121 | 4.430336  |
| Jarque-bera        | 8.081605 | 8.081605 | 5.875373  | 4.492368 | 1.361065 | 7.743077  |
| Xác suất           | 0.017583 | 0.052988 | 0.105802  | 0.506347 | 0.020826 | 0.000006  |

Nguồn: Tổng hợp từ nhóm tác giả, 2025

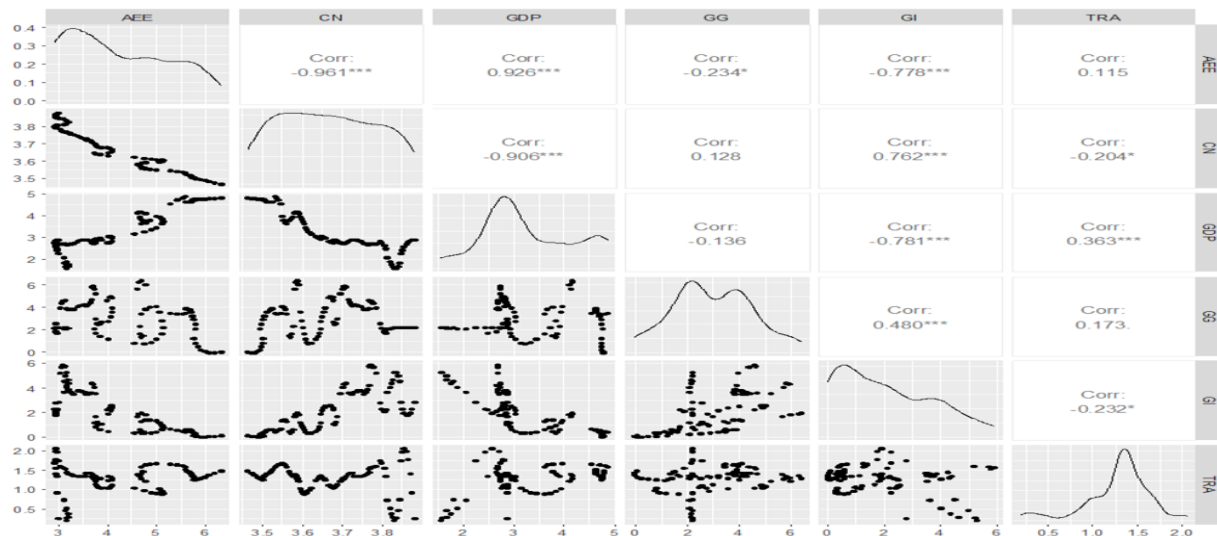
#### 4. Kết quả nghiên cứu

Kết quả từ Bảng 2 cho thấy các biến nghiên cứu có sự khác biệt rõ rệt về giá trị, mức độ biến động và đặc điểm phân phối. CN là biến ổn định nhất với độ lệch chuẩn tương đối thấp (0.12) và mức phân phối gần chuẩn (0.053) nhưng lại tiềm ẩn sai lệch nhưng vẫn cho thấy được chính sách trung hòa Carbon được duy trì khá vững chắc. Ngược lại AEE có giá trị trung bình cao nhất (4.20), phản ánh đóng góp tích cực cho nền sinh thái nhờ hiệu quả cao, tuy nhiên có độ biến động không đồng đều giữa các khu vực. GDP và GG có phân phối chuẩn, dễ thấy cho việc duy trì ổn định, ít biến động tạo điều kiện thuận lợi cho chuyển đổi xanh trong lâu dài. GG lại có mức độ dao động lớn (6.35), thậm chí có lúc giá trị âm (-0.04), cho thấy dễ bị

ảnh hưởng bởi biến động chính sách hoặc cú sốc kinh tế. GI biến động mạnh do phân phối không chuẩn (0.020) phản ánh tình trạng việc đầu tư vào các phát triển xanh chưa ổn định thường tập trung vào một số giai đoạn hoặc dự án riêng lẻ. TRA có mức giá trị trung bình thấp nhất (1.27) và phân phối không chuẩn hướng đến việc TRA diễn biến phức tạp, nhiều bất thường dễ bị áp lực chi phí giá cả hay biến đổi thường xuyên của khí hậu.

Nhìn chung, kết quả thống kê mô tả đã cho thấy sự ổn định tương đối của CN, GDP và GG trong khi đó AEE, GI và đặc biệt là TRA thể hiện mức biến động cao tiềm ẩn nhiều rủi ro.

Ma trận tương quan



Hình 1. Ma trận tương quan

Hình 1 thể hiện mối tương quan tuyến tính giữa các biến số. Kết quả cho thấy mối tương quan rất mạnh giữa GDP và AEE (0.926) tuy nhiên có thể hàm ý nguy cơ đa cộng tuyến dẫn đến sai số chuẩn lớn và làm giảm ý nghĩa

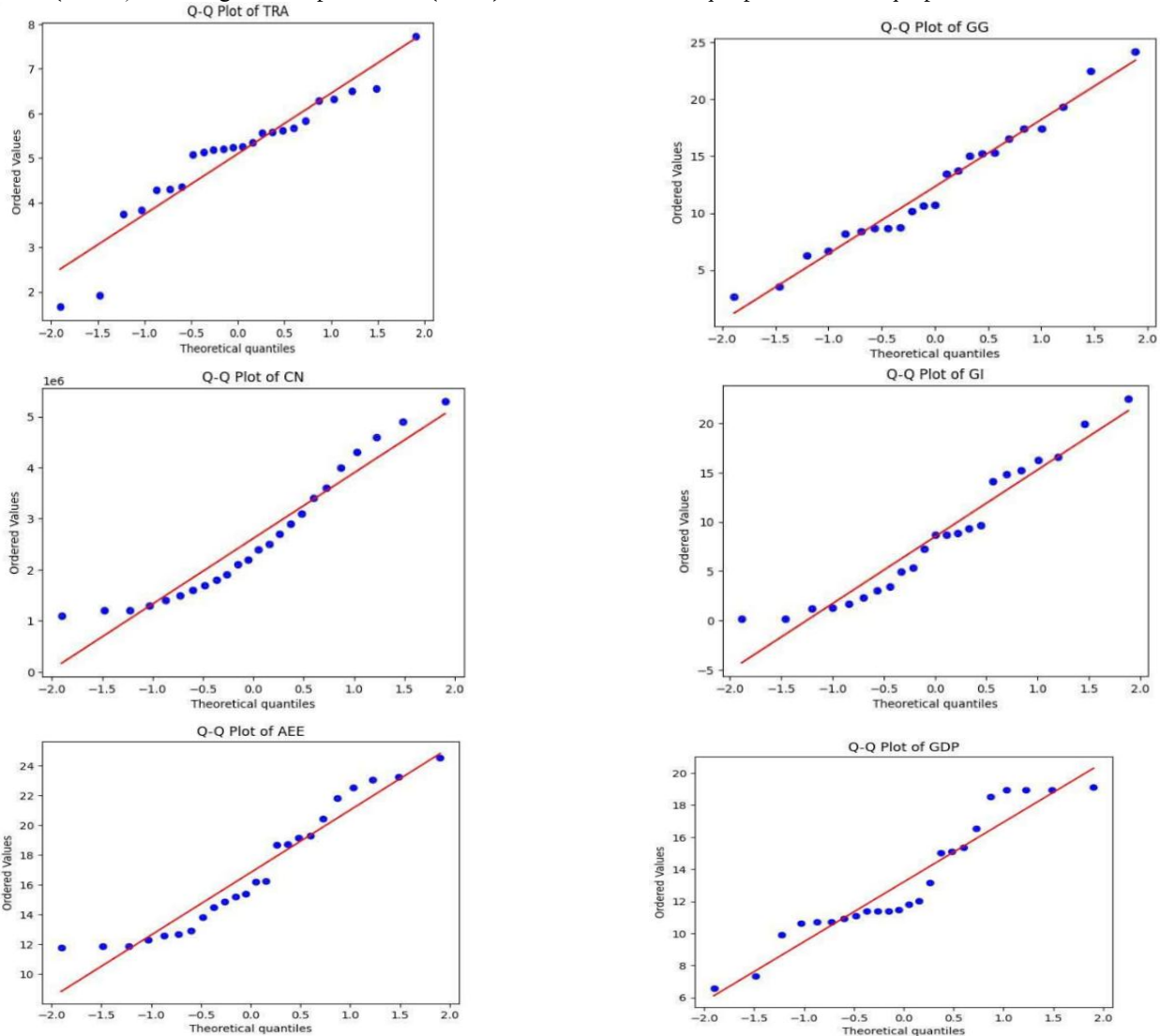
thống kê của các biến. Đồng thời GDP (-0.961) và AEE (-0.906) cũng có mối tương quan âm rất mạnh và chặt chẽ với CN đồng nghĩa với việc tăng trưởng sản lượng kinh tế và áp dụng vào hiệu quả hệ sinh thái trong nông nghiệp

không đồng nghĩa tăng lượng phát thải ra môi trường mà có xu hướng giảm. Đáng chú ý GI có mối tương quan dương với GG (0.48) và CN (0.762), phản ánh vai trò hai mặt của phát chế xanh, một mặt GI thúc đẩy tăng trưởng xanh bằng những phát kiến mang tính thực tế, trái lại GI có thể làm cho phát thải tăng tạm thời do chi phí hạn chế như quy mô triển khai. TRA thể hiện mối tương quan yếu với CN (-0.204) và dương mức thấp với GDP (0.363) cho

thấy việc mở rộng thương mại gắn với chuyển đổi xanh còn hạn chế và chưa được sự ổn định.

Kết quả phân tích tương quan phản ánh đặc trưng tiến trình tăng trưởng xanh tại Việt Nam song vẫn còn nhiều thách thức đáng kể trong việc định hướng đầu tư đổi mới công nghệ và mở rộng cánh cửa thương mại nhằm đạt được mục tiêu trung hòa carbon trong dài hạn.

Kết quả phân tích Hồi qui phân vị



Hình 2. Biểu đồ Q-Q plot kiểm định phân phối chuẩn của các biến

Dựa trên Hình 2, khi quan sát biểu đồ phân vị của TRA, các điểm dữ liệu lệch đáng kể khỏi đường chéo chuẩn ở hai đuôi phân phối, hàm ý TRA không tuân theo phân phối chuẩn. Đối với GDP, các quan sát sai lệch rõ rệt so với đường tham chiếu, đặc biệt tại đuôi dưới và khu vực trung tâm, phản ánh đặc điểm phân phối không chuẩn của biến này. Biến AEE cũng xuất hiện sự sai lệch đáng kể tại các vùng biên của phân phối, cho thấy dữ liệu không đáp ứng giả định phân phối chuẩn. Tương tự, các biến GI và

Nguồn: Tổng hợp từ nhóm tác giả, 2025  
CN đều có các điểm phân vị phân bố xa đường chuẩn, khẳng định tính không chuẩn trong phân phối của hai biến này. Ngược lại, GG có các điểm quan sát chủ yếu bám sát đường tham chiếu chuẩn, chỉ xuất hiện một số lệch nhẹ, cho thấy GG là biến duy nhất có phân phối xấp xỉ chuẩn, trong khi các biến còn lại (TRA, GDP, AEE, GI và CN) đều thể hiện phân phối không chuẩn với mức độ sai lệch khác nhau tại trung tâm và hai đuôi phân phối.

**Bảng 3:** Hồi quy phân vị

| Quantile | CN - TRA   | CN - AEE   | CN - GDP  | CN - GG     | CN - GI     |
|----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| 0.05     | -0.0573*** | -0.0788*** | 0.0141*** | -0.00687*** | 0.0224***   |
| 0.1      | -0.0602*** | -0.0753*** | 0.00877** | -0.00594*** | 0.0217***   |
| 0.15     | -0.0570*** | -0.0701*** | 0.00319   | -0.00472**  | 0.0212***   |
| 0.2      | -0.0611*** | -0.0738*** | 0.00428   | -0.00505**  | 0.0206***   |
| 0.25     | -0.0589*** | -0.0942*** | 0.0120    | -0.00632*** | 0.0150***   |
| 0.3      | -0.0556*** | -0.0987*** | 0.0169    | -0.00768*** | 0.0164***   |
| 0.35     | -0.0530*** | -0.105***  | 0.0212    | -0.00857*** | 0.0161***   |
| 0.4      | -0.0516*** | -0.105***  | 0.0191    | -0.00853*** | 0.0150***   |
| 0.45     | -0.0537*** | -0.112***  | 0.0169    | -0.00712**  | 0.00801*    |
| 0.5      | -0.0531*** | -0.113***  | 0.0163    | -0.00716*** | 0.00670*    |
| 0.55     | -0.0471**  | -0.118***  | 0.0162    | -0.00808*   | 0.00411     |
| 0.6      | -0.0440**  | -0.115***  | 0.0132    | -0.00860**  | 0.00364     |
| 0.65     | -0.0484**  | -0.118***  | 0.0179    | -0.00863**  | 0.00429     |
| 0.7      | -0.0582*** | -0.124***  | 0.0302    | -0.00817**  | 0.00468     |
| 0.75     | -0.0199    | -0.137***  | 0.0120    | -0.0124***  | -0.00578    |
| 0.8      | -0.0176    | -0.134***  | 0.0139    | -0.0146***  | -0.00342    |
| 0.85     | -0.0174*** | -0.132***  | 0.0120*   | -0.0149***  | -0.00309    |
| 0.9      | -0.0172*** | -0.130***  | 0.0121*** | -0.0154***  | -0.00287*** |
| 0.95     | -0.0156*** | -0.129***  | 0.0152*** | -0.0170***  | -0.000591   |

Chủ thích: \*, \*\*, \*\*\* tương ứng mức ý nghĩa 10%, 5% và 1%

Trong phân vị thấp, AEE và TRA mang hệ số âm và có mức ý nghĩa thống kê cao, hàm ý tiến trình trung hòa carbon chịu nhiều tác động tiêu cực do áp lực chi phí đầu tư ban đầu còn lớn và phát thải nông nghiệp cao, cùng với đó GG cũng mang hệ số âm nói lên sự tăng trưởng chưa đủ mạnh. Tuy nhiên ở GDP và đặc biệt là GI mang hệ số dương dù nhỏ nhưng nói lên được tác động tích cực đến nền kinh tế tiềm tàng rủi ro nhất định.

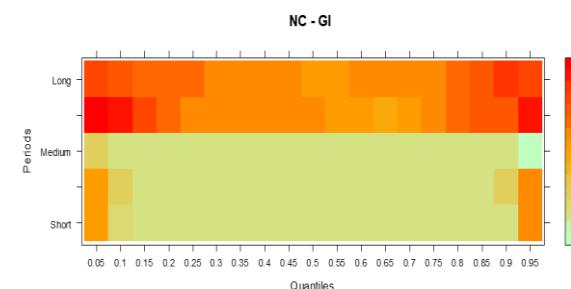
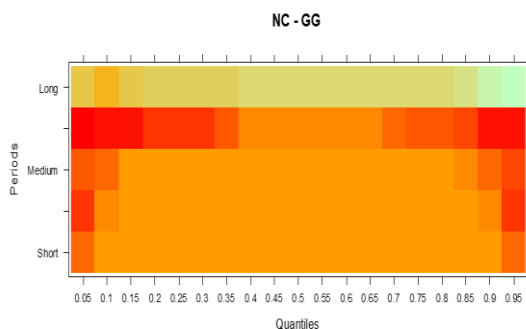
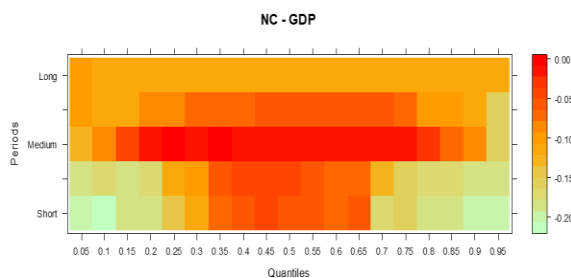
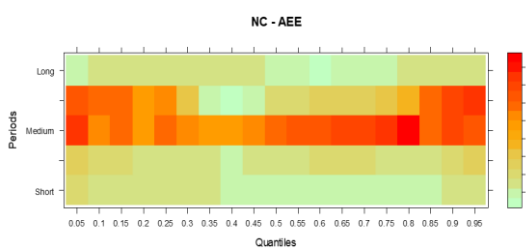
Ở mức trung vị, TRA có những bước chuyển mình tích cực khi dần tiếp nhận các khoa học công nghệ và điều chỉnh quá trình chuyển đổi một cách khả thi hơn, AEE và GG vẫn giữ mức hệ số âm ở giai đoạn này. GDP

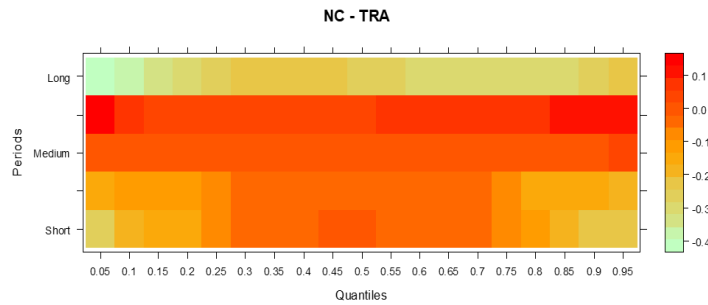
Kết quả phân tích Wavelet Quantile Regression

Nguồn: Tổng hợp từ nhóm tác giả, 2025  
tuy duy trì hệ số dương nhưng dần mất đi ý nghĩa thống kê, cho thấy việc tăng trưởng tổng sản phẩm quốc nội chưa chắc mang lại lợi ích trong mối quan hệ trung hòa carbon dù GI vẫn đang giữ vai trò tích cực.

Về phân vị dài, tác động âm đến từ TRA gần như biến mất, GDP dần trở thành yếu tố hỗ trợ trong khi AEE và GG tiếp tục tạo nên các áp lực tiềm ẩn cùng với đó GI đổi sang chiều âm phản ánh dấu hiệu bão hòa đầu tư.

Nhìn chung qua ba phân vị, tiến trình trung hòa carbon được cải thiện theo thời gian tuy vẫn còn vấp phải điểm nghẽn đòi hỏi các chính sách tập trung vào AEE, GG và tối ưu hoá GI.





Hình 3. Biểu đồ WQR giữa CN và các biến AEE, GDP, GG, GI, TRA

Kết quả trình bày tại Hình 3a cho thấy tác động của AEE lên CN có mối quan hệ nghịch biến trong cả ba giai đoạn (xấp xỉ -0.10 đến -0.12). Tác động rõ rệt hơn ở trung hạn phản ánh hiệu ứng kỹ thuật bắt đầu phát huy tác dụng, mức giá trị âm tiến dần về 0 cho thấy việc tác động giảm lượng phát thải rõ rệt tuy nhiên tiềm ẩn không ổn định nhưng trung hạn được coi là giai đoạn “tối ưu” để nhận thấy tác động tích cực khi vừa đủ thời gian kỹ thuật mới áp dụng ổn định, vừa chưa đến mức bão hòa sinh thái vì vậy nên tập trung mở rộng và chuẩn hóa các mô hình canh tác hiệu quả. Trong ngắn hạn cần nguồn lực tài chính và kỹ thuật nhằm giảm thiểu chi phí chuyển đổi. Cuối cùng ở giai đoạn dài hạn bước vai thời kỳ bão hòa cần đầu tư vào công nghệ cao và quản lý tài nguyên bền vững duy trì hiệu quả giảm phát thải.

Hình 3b phản ánh mối quan hệ nghịch biến GDP và CN trong phần lớn các phân vị. Trong ngắn hạn, ở phân vị thấp (0.05 – 0.3) khi nền kinh tế chưa ổn định, tăng trưởng có thể đi kèm cải thiện hiệu quả sản xuất và giảm cường độ phát thải. Tuy nhiên, ở phân vị cao, ảnh hưởng lại giảm rõ rệt hàm ý tăng trưởng chưa đủ mạnh để thay đổi cấu trúc trong ngắn hạn. Trung hạn mạnh mẽ ở mọi phân vị nhờ vào hiệu ứng cơ cấu và hiệu ứng kỹ thuật và có xu hướng tăng lên 0, nhờ vào chính sách phát huy vai trò, kinh tế chuyển dịch sang các ngành có cường độ phát thải thấp và tiêu tốn ít năng lượng. Tuy nhiên về dài hạn xu hướng suy yếu đặc biệt ở các phân vị trung bình, khi nền kinh tế đạt tới một ngưỡng phát triển nhất định, quá trình chuyển dịch cơ cấu, nâng cao hiệu quả sản xuất và siết chặt các tiêu chuẩn môi trường sẽ góp phần làm giảm áp lực phát thải, qua đó phù hợp với giả thuyết đường cong Kuznets môi trường (Grossman & Krueger, 1995).

Kết quả trình bày trong Hình 3c cho thấy tăng trưởng xanh (GG) có ảnh hưởng hai chiều đối với CN. Trong ngắn hạn ghi nhận tương quan dương rất nhỏ ở một số phân vị. Điều này phản ánh chi phí điều chỉnh ban đầu cần được hỗ trợ và độ trễ trong quá trình chuyển đổi cơ cấu kinh tế. Ở trung hạn mức độ tác động dương rõ ràng hơn biểu hiện của hiệu ứng quy mô, khi tăng trưởng kinh tế gia tăng trước khi hiệu quả môi trường cải thiện đáng kể. Trong dài hạn, tác động của GG trở nên hạn chế hơn (-0.04 đến -0.02) và dai dẳng

ở phần lớn phân vị cho thấy điều tiết vai trò ở tăng trưởng xanh bắt đầu phát huy. Nhìn chung các chính sách tăng trưởng cần có thời gian phát huy, cần kiểm soát quy mô ở giai đoạn trung hạn và trong dài hạn cần duy trì cải cách và đảm bảo chất lượng thực thi.

Hình 3d cho thấy GI phát huy tác động tích cực trong dài hạn, đặc biệt tại các phân vị cao, nhấn mạnh vai trò trung tâm của công nghệ xanh trong việc cắt giảm phát thải và thúc đẩy mục tiêu trung hòa carbon. Ngược lại, trong ngắn hạn, ảnh hưởng của GI nhìn chung còn khá hạn chế trên hầu hết các phân vị (0.02-0.04), cho thấy sự tồn tại của chi phí đầu tư ban đầu lớn cũng như độ trễ trong quá trình ứng dụng và lan tỏa công nghệ. Về hàm ý chính sách, trong ngắn hạn cần có những chính sách giảm rào cản đầu tư vào công nghệ xanh, dần về trung hạn cần thúc đẩy chuyển giao và ứng dụng rộng rãi công nghệ tiên bộ cuối cùng trong dài hạn cần duy trì đầu tư nhằm đảm bảo vai trò bền vững đổi mới sáng tạo trong tiến trình giảm phát thải.

Kết quả thể hiện trong Hình 3e cho thấy mối quan hệ giữa TRA và CN thiếu ổn định vừa âm (-) và dương (+). Ở giai đoạn ngắn hạn tại phân vị trung bình (0.25-0.75), TRA có xu hướng tác động tiêu cực thúc đẩy hiệu ứng quy mô khi sản xuất tiêu dùng tăng nhanh hơn cải thiện công nghệ, trong khi ở biên lại biểu hiện mức ảnh hưởng không đồng đều. Bước sang trung hạn, mối quan hệ giữa TRA và CN đồng biến mạnh với sự phân hóa rõ ràng hơn, mức độ phát thải có thể gia tăng do mở rộng sản xuất hướng xuất khẩu. Trong dài hạn, tác động TRA trở nên suy yếu có xu hướng nghịch biến nhẹ ở một số phân vị, hàm ý rằng khi nền kinh tế thích nghi tốt hơn với hội nhập quốc tế, thương mại có thể trở thành kênh tiếp nhận công nghệ sạch và tiêu chuẩn cao hơn tuy nhiên còn nhiều mặt hạn chế và cần thêm nhiều chính sách bổ sung để duy trì sự nghịch biến bền vững.

Nhìn tổng thể, các kết quả chỉ ra AEE giữ vai trò tương đối ổn định, GDP và GG phản ánh sức bật kinh tế nhưng thiếu sự ổn định mang rủi ro cao, trong khi GI và TRA tạo ra áp lực trong giai đoạn đầu nhưng dần thành một đòn bẩy cải thiện về lâu dài. Cho thấy sự phối hợp đồng bộ giữa chính sách nông nghiệp sinh thái, tăng trưởng xanh, đổi mới công nghệ và hội nhập thương mại là yếu tố then chốt giúp Việt Nam hiện thực hóa mục tiêu tăng trưởng xanh gắn với trung hòa carbon.

### Thảo luận

Từ các kết quả thực nghiệm theo phương pháp hồi quy phân vị wavelet, nhóm tác giả đi đến kết luận nghiên cứu tác động giữa trung hòa Carbon (CN) với các biến kinh tế vĩ mô có mối quan hệ không đồng nhất theo từng mốc thời gian và thang phân vị.

Trong ngắn hạn, ưu tiên chính sách tập trung vào một số lĩnh vực nhất định để thấy được hiệu quả rõ rệt từ những bước đầu. Với AEE, đây là nhân tố có tác động tích cực nhất trong việc giảm phát thải carbon. AEE cần được củng cố thông qua tối ưu hóa sản xuất, khuyến khích nông nghiệp tuần hoàn và giảm tối đa hoạt động canh tác, phản ánh khu vực nông nghiệp đang chuyển mình trở thành một "bể hấp thụ" carbon quan trọng nhờ tối ưu hóa nguồn lực và giảm đầu ra không mong muốn. Kết quả này đồng quan điểm với nghiên cứu của Changming Cheng và cộng sự (2022) khi khẳng định gia tăng hiệu quả sinh thái nông nghiệp giúp đồng thời giảm phát thải và tăng hấp thụ carbon. Đối với đổi mới công nghệ xanh (GI) còn rời rạc chưa tạo ra giảm phát thải ngay lập tức. Điều này phù hợp với nhận định của Yue Dou và cộng sự (2021) về việc hiệu quả của công nghệ xanh thường bị hạn chế ở giai đoạn đầu do chi phí đầu tư và độ trễ trong triển khai thì chính sách nên tập trung giảm độ trễ triển khai thông qua các mục tiêu rõ ràng

Trong trung hạn, cần những biện pháp tái cấu trúc mô hình giảm độ phụ thuộc vào ngành phát thải cao, tăng tỷ trọng công nghệ sạch. Xây dựng hệ sinh thái đổi mới sáng tạo và ổn định chiến lược sẽ giúp giảm biến động và nâng cao hiệu quả thực tế của chính sách môi trường. Ngoài ra TRA nổi bật như một yếu tố đầy thách thức cùng diễn biến phức tạp có thể biến Việt Nam thành "thiên đường ô nhiễm" nếu các tiêu chuẩn môi trường không đủ khắt khe. Điều này tương đồng với cảnh báo của Copeland và Taylor (2004), vì vậy cần có chiến lược định hướng rõ ràng theo tiêu chuẩn môi trường cao hơn nhằm chuyển từ yếu tố rủi ro sang kênh tiếp nhận công nghệ sạch.

Trong dài hạn, Việt Nam cần thay đổi mô hình tăng trưởng, biến công nghệ xanh trở thành trụ cột năng lực cạnh tranh quốc gia, thể chế môi trường đủ mạnh để đảm bảo mức độ tăng trưởng của kinh tế và thương mại nhưng không làm gia tăng phát thải ròng.

Nhìn chung, các kết quả chỉ ra rằng trung hòa carbon không phải là một tiến trình tuyến tính đồng đều. Những nỗ lực có sự cải thiện rõ rệt như nông nghiệp đã tận dụng tốt lợi ích, trong khi công nghệ và thương mại vẫn gặp khó khăn trong việc tách rời tăng trưởng khỏi phát thải. Kết quả vừa củng cố giả thuyết đường cong Kuznets môi trường (EKC) về cải thiện chất lượng môi trường ở trình độ phát triển cao hơn, vừa phản ánh những rào cản đặc thù của một nền kinh tế đang chuyển đổi như Việt Nam mà các nghiên cứu trước đây còn hạn chế.

### 5. Kết luận và hàm ý

#### 5.1. Kết luận

Kết quả từ mô hình hồi quy phân vị wavelet (WQR) cho thấy mối quan hệ giữa các biến vĩ mô và trung hòa carbon tại Việt Nam mang tính phi tuyến và không đồng nhất theo phân vị và thời gian.

Kết quả cho thấy GDP có điểm giao thoa với (Soumyananda Dinda, 2004) và AEE có tác động dương mạnh mẽ đến CN (tương quan âm rất chặt chẽ với lượng phát thải), đặc biệt khu vực nông nghiệp đang chuyển dịch thành "bể hấp thụ" carbon nhờ tối ưu hóa hiệu quả sinh thái. Phát hiện về vai trò của AEE tương đồng với nghiên cứu của (Guoyong Wu và cộng sự, 2022) khi cho rằng hiệu quả hệ sinh thái được cải thiện đồng thời giúp giảm phát thải và gia tăng khả năng hấp thụ carbon. Tuy nhiên, tác động của GI còn thể hiện tính chưa ổn định phù hợp với (Yakun Ji và cộng sự, 2022) có thể làm tăng phát thải tạm thời do chi phí đầu tư và quy mô triển khai hạn chế trong ngắn hạn. Các kết quả của Brian R. Copeland và M. Scott Taylor (2004), Yue Dou và cộng sự (2021) đều trùng khớp với TRA nhấn mạnh khả năng xuất hiện hiệu ứng "pollution heaven" khi thương mại mở rộng trong điều kiện thể chế môi trường chưa đủ mạnh, và GG chịu tác động rõ rệt bởi các cú sốc chính sách và biến động kinh tế, dẫn đến hiệu quả giảm phát thải chưa thực sự ổn định và đồng nhất qua các phân vị.

Nhìn chung, quá trình trung hòa carbon tại Việt Nam mang lại kết quả khả quan tại các lĩnh vực có chiến lược khai thác nguồn lực hiệu quả như nông nghiệp, nhưng vẫn đối mặt với thách thức lớn từ sự biến động của công nghệ và áp lực thị trường quốc tế. Kết quả này nhấn mạnh vai trò quan trọng của việc duy trì chính sách xanh nhất quán và đầu tư có trọng điểm vào công nghệ sạch để hiện thực hóa cam kết phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050.

#### 5.2. Hàm ý

Từ kết quả nghiên cứu, có thể rút ra hàm ý chính sách quan trọng. Trước hết, trong ngắn hạn ưu tiên hàng đầu ổn định nền tảng và giảm biến động với mục tiêu hạn chế tác động không ổn định của GI, TRA và GG. Tăng trưởng xanh và đổi mới công nghệ xanh là các công cụ trực tiếp hỗ trợ, vì vậy cần lồng ghép chặt chẽ các mục tiêu này vào chiến lược phát triển kinh tế – xã hội, áp dụng cơ chế khuyến khích có điều kiện, định giá carbon và hệ thống MRV thống nhất. Ở trung hạn, cần tái cấu trúc hệ thống kinh tế, nâng cao hiệu quả sinh thái nông nghiệp đóng vai trò then chốt trong giảm phát thải carbon, khi các vùng có AEE cao thường sử dụng tài nguyên hiệu quả hơn và phát thải thấp hơn; do đó, cần tích hợp AEE vào các chính sách giảm phát thải thông qua hỗ trợ tài chính có điều kiện, quản lý chặt chẽ đầu vào, đầu tư công nghệ – hạ tầng xanh và tăng cường hệ thống giám sát, đo lường phát thải. Ngoài ra, TRA trong dài hạn có thể trở thành động lực thúc đẩy trung hòa carbon nếu đi kèm với đầu tư hạ

tăng năng lượng tái tạo, hỗ trợ tài chính xanh, đổi mới công nghệ và tăng cường minh bạch thông tin phát thải. Thúc đẩy tăng trưởng kinh tế theo hướng xanh và ít carbon là yêu cầu tất yếu, đòi hỏi tái cấu trúc mô hình tăng trưởng, cải thiện cường độ carbon của GDP, chuyển dịch cơ cấu ngành theo hướng phát thải thấp và đẩy mạnh đầu tư vào khoa học công nghệ cùng thể chế quản lý carbon minh bạch, hiệu quả.

Ngoài ra bài nghiên cứu còn hạn chế về các tác động riêng của các cú sốc lớn (COVID, khủng hoảng năng lượng), mức độ phát thải và năng lượng hấp thụ

carbon giữa các vùng kinh tế trong bối cảnh chênh lệch đáng kể giữa khu vực công nghiệp, đô thị và nông thôn và chưa có sự đánh giá rủi ro chuyển dịch carbon do áp lực quốc tế (CABM). Do đó chúng tôi đề xuất ra hướng nghiên cứu tiếp theo là mở rộng phạm vi phân tích ở cấp độ các vùng nhằm đánh giá sự khác biệt từ đó xác định mục tiêu theo từng địa phương, phát triển các kịch bản dự báo dài hạn đến năm 2050 bao gồm mô phỏng tác động các định giá, thị trường nội địa và cơ chế điều chỉnh carbon xuyên biên giới (CBAM) để đánh giá tính khả thi của lộ trình Net Zero.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Acemoglu Daron, A. P. (2012). The Environment and Directed Technical Change. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.102.1.131>
- Bekun, F. V., & Firat Emir & Samuel Asumadu Sarkodie. (2019). Another look at the relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth in South Africa. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971834628X?via%3Dihub>
- Brian R. Copeland và M. Scott Taylor. (2004). *Trade, Growth, and the Environment*. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/002205104773558047>
- Brindha. (2017). *International virtual water flows from agricultural and livestock products of India*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617311678>
- Copeland & Taylor. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Econpapers*. [https://econpapers.repec.org/article/eeeecolec/v\\_3a48\\_3ay\\_3a2004\\_3ai\\_3a1\\_3ap\\_3a71-81.htm](https://econpapers.repec.org/article/eeeecolec/v_3a48_3ay_3a2004_3ai_3a1_3ap_3a71-81.htm)
- Changming Cheng, J. L. (2022). Evaluating the Spatiotemporal Characteristics of Agricultural Eco-Efficiency Alongside China's Carbon Neutrality Targets. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/23/15478>
- Daniel Balsalobre-Lorente và cộng sự. (2018). *How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO2 emissions?* <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517307255?via%3Dihub>
- David I. Stern. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X04000798?via%3Dihub>
- Dogan & Seker. (2016). The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002136?via%3Dihub>
- Dou, Y., Zhao, J., & Muhammad Nasir Malik & Kangyin Dong. (2021). Assessing the impact of trade openness on CO2 emissions: Evidence from China-Japan-ROK FTA countries. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721013037>
- FAO. (2019). Climate-smart agriculture and the Sustainable Development Goals. *FAO*. <https://openknowledge.fao.org/items/a5800631-71c7-45a0-a491-1a05ad22d636>
- FAO. (2019). *FAO*. Được truy lục từ FAO: <https://www.fao.org/climate-change/en/>
- Grossman & Krueger. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*. <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/110/2/353/1826336>
- Guanling Chang & Iftikhar Yasin & Syed Muhammad Muddassir Abbas Naqvi. (2024). Environmental Sustainability in OECD Nations: The Moderating Impact of Green Innovation on Urbanization and Green Growth. *MDPI*. [https://www.mdpi.com/2071-1050/16/16/7047?utm\\_source=chatgpt.com#B2-sustainability-16-07047](https://www.mdpi.com/2071-1050/16/16/7047?utm_source=chatgpt.com#B2-sustainability-16-07047)
- Guoyong Wu và cộng sự. (2022). *Agricultural Ecological Efficiency under the Carbon Emissions Trading System in China: A Spatial Difference-in-Difference Approach*. Được truy lục từ <https://doi.org/10.3390/su14031618>
- H.Sun, A. C. (2019). Trade Openness and Carbon Emissions: Evidence from Belt and Road Countries. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/9/2682>
- Hasan và cộng sự. (2025). *Do supply chain and digitalization Foster China's advancement in green development? An evidence from wavelet quantile regression and wavelet quantile correlation analysis*. [https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v142y2025ics0140988324008089.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v142y2025ics0140988324008089.html?utm_source=chatgpt.com)
- Huan Yang, H. Y. (2022). Agriculture carbon-emission reduction and changing factors behind agricultural eco-efficiency growth in China. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621043584?via%3Dihub>
- Hurowitz, J. A., Tice, M. M., Allwood, A. C., Cable, M. L., Hand, K. P., Murphy, A. E., . . . J., A. (2025). Redox-driven mineral and organic associations in Jezero Crater, Mars. *nature*. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-09413-0>
- IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024*. Được truy lục từ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*.  
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- IREA. (2023). *World energy transitions outlook 2023*.  
[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA\\_World\\_energy\\_transitions\\_outlook\\_summary\\_2023.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_summary_2023.pdf)
- Juan Gan. (2025). *New insights into how green innovation, renewable energy, and institutional quality shape environmental sustainability in emerging economies*.  
[https://www.researchgate.net/publication/390228799\\_New\\_insights\\_into\\_how\\_green\\_innovation\\_renewable\\_energy\\_and\\_institutional\\_quality\\_shape\\_environmental\\_sustainability\\_in\\_emerging\\_economies](https://www.researchgate.net/publication/390228799_New_insights_into_how_green_innovation_renewable_energy_and_institutional_quality_shape_environmental_sustainability_in_emerging_economies)
- Karedla, Y., Mishra, R., & Patel, N. (2021). The impact of economic growth, trade openness and manufacturing. *Econstor*. Được truy lục từ <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/253829/1/1789222672.pdf>
- Koenker, R. (2005). *Quantile Regression*.  
[https://econpapers.repec.org/bookchap/cupcbooks/9780521845731.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://econpapers.repec.org/bookchap/cupcbooks/9780521845731.htm?utm_source=chatgpt.com)
- Luís Aguiar-Conraria và Maria Joana Soares. (2011). *The Continuous Wavelet Transform: A Primer*.  
[https://econpapers.repec.org/paper/nipnipewp/16\\_2f2011.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://econpapers.repec.org/paper/nipnipewp/16_2f2011.htm?utm_source=chatgpt.com)
- Luo Muchen và cộng sự. (2022). *Data-Driven Evaluation and Optimization of Agricultural Environmental Efficiency with Carbon Emission Constraints*. [https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/11849?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/11849?utm_source=chatgpt.com)
- Muhammad Shahbaz và cộng sự. (2011). *Environmental Kuznets Curve and the role of energy consumption in Pakistan*. [https://mpira.ub.uni-muenchen.de/34929/1/MPRA\\_paper\\_34929.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://mpira.ub.uni-muenchen.de/34929/1/MPRA_paper_34929.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Nurcan Kilinc-Ata và cộng sự. (2025). *What Role Do Foreign Direct Investment and Technology Play in Shaping the Impact on Environmental Sustainability in Newly Industrialized Countries (NIC)?: New Evidence from Wavelet Quantile Regression*. [https://www.mdpi.com/2071-1050/17/11/4966?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mdpi.com/2071-1050/17/11/4966?utm_source=chatgpt.com)
- Ngô Thái Hưng và các cộng sự. (2023). Đầu tư xanh, phát triển tài chính, tăng trưởng kinh tế và khí thải CO<sub>2</sub>: Nghiên cứu thực nghiệm tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*.  
<https://js.ktpt.edu.vn/index.php/jed/article/view/1277>
- Ngô Thị Xuân & Ngô Thái Hưng. (2023). Phân tích tác động của ICT, GDP và REN đến khí thải CO<sub>2</sub> tại Việt Nam. *VNU Journal of Economic and Business*.  
[https://www.researchgate.net/publication/371900563\\_Phan\\_tich\\_tac\\_dong\\_cua\\_ICT\\_GDP\\_va\\_REN\\_den\\_khi\\_thai\\_CO2\\_tai\\_Viet\\_Nam](https://www.researchgate.net/publication/371900563_Phan_tich_tac_dong_cua_ICT_GDP_va_REN_den_khi_thai_CO2_tai_Viet_Nam)
- Nguyễn Cảnh Nam. (2024). *Năng lượng Việt Nam*. Năng lượng Việt Nam: <https://nangluongvietnam.vn/phat-thai-co2-tu-tieu-dung-nang-luong-tren-toan-cau-va-nhung-van-de-viet-nam-can-quan-tam-32229.html>
- OECD. (2011). *Towards green growth*.  
[https://www.oecd.org/en/publications/towards-green-growth\\_9789264111318-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/towards-green-growth_9789264111318-en.html)
- OECD. (2017). *Investing in Climate, Investing in Growth*.  
[https://www.oecd.org/en/publications/investing-in-climate-investing-in-growth\\_9789264273528-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/investing-in-climate-investing-in-growth_9789264273528-en.html)
- OECD. (2025). *Fast-tracking Net Zero by Building Climate and Economic Resilience*.  
[https://www.oecd.org/en/publications/fast-tracking-net-zero-by-building-climate-and-economic-resilience\\_f2c22c96-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/fast-tracking-net-zero-by-building-climate-and-economic-resilience_f2c22c96-en.html)
- Porter & van der Linde. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.9.4.97>
- Phan Thế Công và cộng sự. (2023). *Tác động của tăng trưởng kinh tế và độ mở thương mại đến lượng phát thải CO<sub>2</sub> ở Việt Nam*. <https://vioit.vn/tac-dong-cua-tang-truong-kinh-te.html>
- Rui Jiang & Bangcheng Liu. (2023). How to achieve carbon neutrality while maintaining economic vitality: An exploration from the perspective of technological innovation and trade openness. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723001055>
- Sachs và Warner. (1995). *The Brookings Papers on Economic Activity*. <https://www.jstor.org/stable/2534578>
- Samuel Owusu-Agyei và cộng sự. (2020). *Internet adoption and financial development in sub-Saharan Africa*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162520311197?via%3Dihub>
- Shahbaz & Sinha. (2018). *Renewable Energy Consumption, Income, CO<sub>2</sub> Emissions and Oil Prices in G7 Countries: The Importance of Asymmetries*. <https://ideas.repec.org/p/pra/MPRA/102895.html>
- Sneha S. R. et al. (2024). Achieving Carbon Neutrality in Agriculture: Strategies for Mitigating Climate Change and Enhancing Sustainability. *International Journal of Environment and Climate change*.  
<https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/4499>
- Soumyananda Dinda. (2004). *Soumyananda Dinda*. <https://doi.org/10.3390/su14084707>
- Sun, H., Clotey, S. A., Geng, Y., & Kai Fang & Joshua Clifford Kofi Amissah. (2019). Trade Openness and Carbon Emissions: Evidence from Belt and Road Countries. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/9/2682>
- Thanh Huyền. (2021). *Báo Tài chính đầu tư*. <https://www.tinnhanhchungkhoan.vn/viet-nam-phan-dau-dat-muc-phat-thai-rong-bang-0-vao-nam-2050-post283870.html>

- Thorsten Thadewald và Herbert Buning. (2007). *Jarque-Bera Test and its Competitors for Testing Normality - A Power Comparison*.
- Trần Hữu Tuyên & Phạm Đức Anh. (2025). Mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và chất lượng môi trường: tổng quan lý luận và bằng chứng thực nghiệm về đường cong kuznets môi trường. *Tạp chí Khoa học nông nghiệp Việt Nam*. <https://vie.vjas.vn/index.php/vjasvn/article/view/1764>
- Trần Văn Hưng. (2024). Mối quan hệ giữa FDI, toàn cầu hóa, tăng trưởng kinh tế, tăng trưởng xanh và khí thải CO2 tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*. <https://js.ktpt.edu.vn/index.php/jed/article/view/1601>
- Trần Văn Hưng. (2024). Mối quan hệ giữa FDI, toàn cầu hóa, tăng trưởng kinh tế, tăng trưởng xanh và khí thải CO2 tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế & Phát triển*. <https://js.ktpt.edu.vn/index.php/jed/issue/view/64/15>
- UNEP. (2014). *Green Growth Indicators*. <https://www.unep.org/resources/report/green-growth-indicators>
- Yakun Ji và cộng sự. (2022). *Exploring the Evolution and Determinants of Open Innovation: A Perspective from Patent Citations*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1618>
- Yan, C., & Huixuan Li & Zhigang Li. (2022). Environmental pollution and economic growth: Evidence of SO2 emissions and GDP in China. *frontiers*. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.930780/full>
- Yue Dou, J. Z. (2021). Assessing the impact of trade openness on CO2 emissions: Evidence from China-Japan-ROK FTA countries. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721013037>
- Yunfei Feng, Y. Z. (2022). Evaluation of Agricultural Eco-Efficiency and Its Spatiotemporal Differentiation in China, Considering Green Water Consumption and Carbon Emissions Based on Undesired Dynamic SBM-DEA. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/3361>

---

**Thông tin tác giả:**

**11. Ngô Thái Hưng**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing  
-Địa chỉ liên hệ: [hung.nt@ufm.edu.vn](mailto:hung.nt@ufm.edu.vn)

**2. Trần Xuân Nhi**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing

**3. Mai Ngọc Bảo Châu**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing

**4. Phạm Tiến Phúc**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing

**5. Đặng Nguyễn Nhật My**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing

**6. Bùi Thị Thanh Nhi**

-Đơn vị công tác: Trường Đại học Tài chính-Marketing

\*Tác giả liên hệ: Ngô Thái Hưng

Ngày nhận bài: 29/12/2025

Ngày nhận bản sửa: 12/03/2026

Ngày duyệt đăng: 10/08/2026