

**NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG
TÁI TẠO VÀ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TẠI VIỆT NAM**
INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY
CONSUMPTION AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN VIETNAM

Ngày nhận bài: 18/7/2023

Ngày chấp nhận đăng: 13/12/2023

Nguyễn Mạnh Hiếu ✉, Trần Thị Hoàng Yến

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là khám phá mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) và phát thải khí nhà kính (GHG) tại Việt Nam, trong sự liên hệ với hai biến số kinh tế xã hội là dân số (POP) và vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI). Nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận phân tích chuỗi thời gian, với nguồn số liệu được thu thập và xử lý từ tổ chức Ngân hàng thế giới (WB) trong giai đoạn 1990 – 2021. Mô hình phân tích định lượng phù hợp được lựa chọn là mô hình tự hồi quy phân phối trễ (ARDL). Kết quả kiểm định đường bao (Bounds test) cho thấy tính đồng liên kết xuất hiện trong cả hai mô hình ARDL hồi quy đối với biến lô-ga-rít cơ số e tiêu thụ năng lượng tái tạo và lô-ga-rít cơ số e phát thải khí nhà kính (LnREC và LnGHG), tức là tồn tại mối liên hệ (cân bằng) dài hạn giữa REC và GHG, cũng như giữa chúng với các biến giải thích POP và FDI. Về mối quan hệ nhân quả, bằng việc sử dụng các Kiểm định t và Kiểm định F (kiểm định Wald) đối với các tham số được lượng trong các phương trình tổng quát và phương trình sửa lỗi. Kết quả cho thấy mối quan hệ nhân quả giữa REC và GHG tồn tại hai chiều trong ngắn hạn, nhưng không tồn tại trong dài hạn với bất kỳ hình thức nào.

Từ khóa: Tiêu thụ năng lượng tái tạo; phát thải khí nhà kính; mô hình ARDL; Việt Nam.

ABSTRACT

The paper aims to investigate the relationship between renewable energy consumption (REC) and greenhouse gas (GHG) emissions in Vietnam, in relation to two socio-economic variables namely population (POP) and foreign direct investment (FDI). The study applies a time series analysis approach, exploiting data sources collected and processed from the World Bank (WB) in the period 1990 - 2021. The autoregressive distributed lag (ARDL) model is properly chosen to quantitatively analyse in this study. The results of the Bounds test show that cointegration exists in both ARDL models regressing the natural logarithm of renewable energy consumption (LnREC) and the natural logarithm of greenhouse gas emissions (LnGHG). Hence, there exists a long-term correlation between REC and GHG, as well as between them and the explanatory variables of POP and FDI. In terms of causal effects, by using t-Tests and F-Tests (Wald's test) for the parameters estimated in the general equations and error correction equations. The results show that the causal relationship between REC and GHG exists bidirectionally in the short term, but there is not any long-run causal relationship between them.

Keywords: Renewable energy consumption; greenhouse gas emissions; ARDL model; Vietnam.

1. Giới thiệu

Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia yếu thế và chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi vấn đề biến đổi khí hậu đang diễn ra ngày càng nghiêm trọng (Vo & Tran, 2022). Trước vấn đề mang tính toàn cầu này, Việt Nam là một trong những thành

viên có nhiều nỗ lực đáng kể trên thế giới trong việc tham gia vào các giải pháp chung, bằng những cam kết mạnh mẽ và cụ thể. Tại

Nguyễn Mạnh Hiếu, Trần Thị Hoàng Yến,
Trường Đại học Kinh tế - Đại học Đà Nẵng
✉ Email: hieunm@due.edu.vn

hội nghị COP26, Thủ tướng chính phủ Việt Nam đã tuyên bố Việt Nam cam kết đạt mức thải ròng bằng không vào năm 2050. Sau đó, vào ngày 7 tháng 6 năm 2022, Thủ tướng đã ban hành quyết định 687/QĐ-TTg phê duyệt Đề án phát triển kinh tế tuần hoàn Việt Nam, với mục tiêu giảm ít nhất 15% lượng khí thải so với năm 2014, và đưa mức thải ròng về không như đã tuyên bố (TTCP, 2022). Để hiện thực hóa những mục tiêu này, Việt Nam sẽ phải xây dựng và thực thi quyết liệt hơn nữa các chính sách bảo vệ và cải thiện môi trường trong thời gian tới (Tien & cộng sự, 2019). Điều này thật sự không đơn giản đối với một quốc gia đang phát triển, có thu nhập ở mức thu nhập trung bình thấp, và vẫn còn thiếu hụt nguồn lực cho sự phát triển. Để đảm bảo việc sử dụng các nguồn lực một cách tiết kiệm và hiệu quả cho cả mục tiêu về kinh tế xã hội và về môi trường, các chính sách cải thiện chất lượng môi trường, giảm thiểu tác động từ biến đổi khí hậu cần được xây dựng và thực thi trên cơ sở phân tích chính xác về các khía cạnh môi trường. Từ nhu cầu thực tiễn, chủ đề “Nghiên cứu mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính tại Việt Nam” được chọn ở nghiên cứu này. Ngoài ra, kết quả của nghiên cứu này được kỳ vọng sẽ đóng góp thêm vào tổng quan nghiên cứu về tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính.

Nghiên cứu này được tiến hành dựa trên cách tiếp cận phân tích chuỗi thời gian. Cụ thể, các chuỗi thời gian về tiêu thụ năng lượng tái tạo, phát thải khí nhà kính, và các biến số kinh tế xã hội khác được xem xét, phân tích, trước khi lựa chọn một mô hình phân tích định lượng phù hợp. Sau đó, tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính được phân tích trong mối liên hệ với các đối tượng kinh tế xã hội được lựa chọn.

2. Cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu

2.1. Hiệu ứng nhà kính, biến đổi khí hậu, phát thải khí nhà kính và tiêu thụ năng lượng tái tạo

Jain (1993); Mitchell (1989); Taylor (1991) đã chỉ rõ rằng hiệu ứng nhà kính là nguyên nhân trực tiếp và chính yếu của biến đổi khí hậu. Hiệu ứng nhà kính được hiểu là quá trình mà nhiệt giữ lại gần bề mặt trái đất bởi một lớp khí gồm nhiều loại khí như cacbon-đíc (CO_2), mê-tan (CH_4), ni-tơ-ô-xít (N_2O), các khí CFC, và các khí khác (Berger & Tricot, 1992). Tập hợp những khí này trong bầu khí quyển được xem như một tấm kính bao quanh trái đất, cho phép trái đất hấp thụ bức xạ nhiệt từ mặt trời nhưng ngăn cản bức xạ nhiệt của trái đất ra ngoài. Vì thế, những loại khí này được gọi là khí nhà kính. Khí nhà kính xảy ra tự nhiên và là một phần cấu tạo nên bầu khí quyển của chúng ta (Kweku & cộng sự, 2018). Điều này giúp cho Trái đất không quá nóng và không quá lạnh, tạo điều kiện thuận lợi cho sự sống phát triển. Tuy nhiên, trong những thập kỷ gần đây lượng khí nhà kính tăng nhanh đã khiến cho nhiệt độ của trái đất tăng lên đáng kể. Và điều này dẫn đến sự biến đổi khí hậu trên toàn cầu.

Biến đổi khí hậu gây ra ảnh hưởng ngày càng nghiêm trọng trên diện rộng. Các loại thiên tai như bão, hạn hán, lũ lụt diễn ra với tần suất ngày càng dày đặc hơn, và mức độ ngày càng nghiêm trọng hơn (Anand & Seetharam, 2010; Smith & cộng sự, 2001). Ngoài ra, nhiệt độ trái đất tăng lên gây ra hiện tượng băng tan, dẫn đến mực nước biển dâng lên, làm nhiều diện tích đất liền dần bị nhấn chìm. Có thể thấy biến đổi khí hậu gây ra những tác động tiêu cực đến đời sống kinh tế xã hội của con người. Không những thế, nó còn ảnh hưởng tiêu cực đến sự cân bằng của hệ sinh thái và sự đa dạng sinh học (Sarkar, 2018).

Theo Karl và Trenberth (2003), khí nhà kính được phát thải chủ yếu từ quá trình tiêu thụ năng lượng không tái tạo (năng lượng hóa thạch) trong đời sống sản xuất và tiêu dùng. Nhiên liệu hóa thạch - than đá, dầu mỏ và khí đốt - cho đến nay là nguyên nhân lớn nhất gây ra biến đổi khí hậu toàn cầu, với việc tạo ra hơn 75% lượng khí thải nhà kính toàn cầu và gần 90% tổng lượng khí thải CO₂ (Judkins & cộng sự, 1993; Yoro & Daramola, 2020).

Theo Twidell (2021), năng lượng tái tạo là năng lượng có nguồn gốc từ các nguồn tự nhiên được bổ sung với tốc độ cao hơn mức tiêu thụ. Ví dụ, ánh sáng mặt trời và gió liên tục được bổ sung nguồn. Các nguồn năng lượng tái tạo rất đa dạng và phong phú xung quanh chúng ta. Việc sản xuất và tiêu thụ năng lượng tái tạo khiến lượng phát thải khí nhà kính thấp hơn nhiều so với đốt nhiên liệu hóa thạch. Các nguồn năng lượng tái tạo chủ yếu bao gồm: năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng địa nhiệt, năng lượng nước (thủy điện), năng lượng đại dương (năng lượng sóng biển và thủy triều), và năng lượng sinh học.

Chien & cộng sự (2022) đã chỉ ra được sự thay đổi về lượng tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính trong mối liên hệ với các đối tượng kinh tế xã hội diễn ra rất khác nhau ở các quốc gia khác nhau và trong các giai đoạn thời gian khác nhau. Vì thế, để nghiên cứu về tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính ở các quốc gia, vùng lãnh thổ khác nhau, có nhiều cách tiếp cận, phương pháp nghiên cứu khác nhau đã được tiến hành (Nawaz & cộng sự, 2021).

2.2. Tổng quan nghiên cứu

2.2.1. Trong nước

Cho đến nay, còn ít nghiên cứu tập trung vào mối tương quan giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) và phát thải khí nhà kính

(GHG) tại Việt Nam. Thay vào đó, hầu hết các nghiên cứu tại Việt Nam chỉ đề cập đến mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng (cả tái tạo và không tái tạo) và tăng trưởng kinh tế (Clotey & cộng sự, 2018; Luu & Nguyen, 2009; Moslehpour & cộng sự, 2022; Nguyen, 2007; Tang & cộng sự, 2016); hoặc giữa phát thải khí CO₂ và tăng trưởng kinh tế (Choi & cộng sự, 2010; Dang & Akkemik, 2022; Tang & Mizunoya, 2021; Yamamoto & cộng sự, 2022). Chỉ có một số ít các công trình nghiên cứu xem xét đồng thời hai biến số kể trên (REC và GHG).

Ho (2018) sử dụng hai mô hình dự báo Grey, bao gồm GM (1,1) và DGM (1,1) để dự báo về tiêu thụ năng lượng tái tạo, khí thải CO₂, và tăng trưởng GDP tại Việt Nam. Theo kết quả nghiên cứu, trong khi tiêu thụ năng lượng tái tạo tăng không đáng kể, khí thải CO₂ và GDP tăng lần lượt là 3% và 5% vào năm 2019 so với năm 2010. Trong khi đó, Nguyen và Le (2022) áp dụng mô hình tự hồi quy phân phối trễ (ARDL) đồng liên kết để phân tích sự tác động của việc tiêu thụ năng lượng (cả tái tạo và không tái tạo), và khí thải CO₂ lên tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam. Họ chỉ ra rằng, trong ngắn hạn tiêu thụ năng lượng (cả tái tạo và không tái tạo) có tác động dương đối với GDP bình quân đầu người tại Việt Nam. Tuy nhiên, tiêu thụ năng lượng không tái tạo trong quá khứ có tác động âm đối GDP bình quân đầu người hiện tại. Trong dài hạn, tiêu thụ năng lượng không tái tạo làm tăng thu nhập bình quân đầu người, trong khi đó khí thải CO₂ làm giảm thu nhập bình quân đầu người.

Bằng việc sử dụng công cụ phân tích đa biến Wavelet, Le (2022) đã nghiên cứu các mối liên hệ giữa tiêu thụ năng lượng (cả tái tạo và không tái tạo), tăng trưởng kinh tế (GDP), và khí thải CO₂ tại Việt Nam trong giai đoạn 1985 - 2015. Kết quả nghiên cứu chỉ ra một số điểm đáng chú ý: (1) tiêu thụ năng lượng không tái tạo tác động âm lên

GDP trong giai đoạn 1985 - 2000, và tác động dương trong giai đoạn 2001 - 2015; (2) có mối quan hệ nghịch chiều giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và tăng trưởng kinh tế từ 2001 - 2003; (3) có mối quan hệ nghịch chiều giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và khí thải CO₂ trong một số giai đoạn 3-4 năm.

Gần đây nhất, Minh & cộng sự (2023) đã sử dụng kỹ thuật kiểm định đường bao tự hồi quy phân phối trễ (ARDL Bound Testing) để khẳng định sự phù hợp của lý thuyết đường cong về môi trường Kuznet tại Việt Nam. Nghiên cứu cũng chỉ ra mối quan hệ nhân quả giữa các biến số về khí thải CO₂, tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng tái tạo, đầu tư trực tiếp nước ngoài, và dân số thành thị. Đáng chú ý, kết quả nghiên cứu chỉ ra tiêu thụ năng lượng tái tạo có tác động nghịch chiều đối với khí thải CO₂ cả trong ngắn hạn và dài hạn.

Mặc dù có nhiều cách tiếp cận khác nhau, cũng như áp dụng các mô hình và công cụ nghiên cứu khác nhau, các nghiên cứu hầu như chỉ chú trọng đến tiêu thụ năng lượng, và phát thải khí CO₂ trong mối liên hệ với tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam. Trong khi đó, mối tương quan giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát khí nhà kính chưa được chú trọng xem xét. Thêm nữa, khí nhà kính không chỉ có CO₂, mà còn có các thành phần khí đáng kể khác như N₂O, CH₄, F-Gas. Như vậy, đây chính là khoảng trống để nghiên cứu tập trung giải quyết, làm rõ, và lấp đầy.

2.2.2. Ngoài nước

Trên thế giới, các nhà nghiên cứu cũng ưu tiên xem xét mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng và tăng trưởng kinh tế hơn. Theo Omri (2014), các nghiên cứu tập trung theo đuổi 4 giả thiết chính như sau: (1) giả thiết tăng trưởng, phản ánh mối quan hệ một chiều từ tiêu thụ năng lượng đến tăng trưởng kinh tế, chiếm 29% tất cả các nghiên cứu thực nghiệm; (2) giả thiết bảo toàn, nói về mối

quan hệ một chiều từ tăng trưởng kinh tế đến tiêu thụ năng lượng, chiếm 23%; (3) giả thiết tương hỗ, chỉ về mối quan hệ hai chiều giữa tăng trưởng kinh tế và tiêu thụ năng lượng, chiếm 27%; (4) giả thiết trung tính, giải thích cho sự không tồn tại mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng và tăng trưởng, chiếm 21%.

Bên cạnh đó, có những công trình nghiên cứu tập trung vào mối tương quan giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và khí thải. Đáng chú ý, Menyah và Wolde-Rufael (2010) đã sử dụng mô hình tự hồi quy vector (VAR), chỉ ra được rằng có sự tác động của sự phát thải khí CO₂ lên việc tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) tại Mỹ trong giai đoạn 1960 - 2007; Lin và Moubarak (2014) ứng dụng mô hình ARDL và phân tích nhân quả Granger, chứng minh được không tồn tại mối tương quan giữa REC và CO₂ tại Trung Quốc từ 1977 - 2011; Jaforullah và King (2015) áp dụng mô hình VECM và phân tích nhân quả, chỉ ra được tồn tại sự tác động của REC lên CO₂ tại Mỹ từ 1965 đến 2012.

Trên cơ sở tổng quan nghiên cứu, có một số câu hỏi nghiên cứu được đặt ra ở đây, bao gồm: (1) Có tồn tại mối quan hệ nhân quả giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính tại Việt Nam hay không? (2) Mối liên hệ (cân bằng) giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính tại Việt Nam như thế nào?

3. Phương pháp nghiên cứu và số liệu

Cách tiếp cận phân tích chuỗi thời gian được áp dụng trong nghiên cứu. Trên cơ sở các lý thuyết và nghiên cứu trước, mô hình nghiên cứu phù hợp được lựa chọn và phát triển, trước khi tiến hành phân tích thực nghiệm.

3.1. Mô hình nghiên cứu

Khí nhà kính được phát thải chủ yếu từ quá trình tiêu thụ năng lượng có nguồn gốc không tái tạo trong đời sống sản xuất và tiêu

dùng của con người. Quay ngược trở lại, khi nhà kính tác động tiêu cực đến đời sống sản xuất và tiêu dùng của con người, bởi vì nó là nguyên nhân chính gây ra ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu (Harris & Roach, 2013). Tiêu thụ năng lượng tái tạo vừa đảm bảo hoạt động sản xuất và tiêu dùng tiếp tục phát triển để đáp ứng nhu cầu về hàng hóa dịch vụ của con người, vừa góp phần cải thiện chất lượng môi trường hiện nay. Do đó, tiêu thụ năng lượng tái tạo được xem là giải pháp chính để đảm bảo cải thiện cả quy mô và chất lượng của đời sống sản xuất và tiêu dùng. Qua đó, ta thấy được mối liên hệ giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính.

Ngoài việc tiêu thụ năng lượng, trong quá trình sản xuất và tiêu dùng, hai yếu tố quan trọng khác luôn được xem xét, đó là con người và máy móc thiết bị. Ở khía cạnh sản xuất, đó chính là nguồn lực lao động và vốn. Còn ở khía cạnh tiêu dùng, đó chính là lực lượng tiêu thụ và phương tiện tiêu thụ.

Trên cơ sở này, đề tài tiếp cận và khai thác kết hợp hai mô hình: (1) tác động môi trường IPAT của Ehrlich và Holdren (1971) và (2) mô hình tăng trưởng kinh tế tân cổ điển của Solow (1956).

Mô hình IPAT được trình bày dưới dạng công thức toán như sau:

$$I = P \times A \times T$$

Trong đó, I là ô nhiễm hay tác động môi trường, P là dân số, A phản ánh mức độ sản xuất và tiêu dùng, và T là trình độ khoa học công nghệ trong sản xuất và tiêu dùng. Mô hình IPAT được Paramati & cộng sự (2017); Raskin (1995); York & cộng sự (2003) áp dụng để xác định các nhân tố ảnh hưởng đến lượng khí thải CO₂. Mô hình căn bản này được Dietz và Rosa (1994, 1997) phát triển thành phiên bản ngẫu nhiên, và được biết đến rộng rãi là mô hình STIRPAT (Mô hình tác

động ngẫu nhiên dựa trên hồi quy dân số, sự sung túc, và công nghệ).

Mô hình tăng trưởng kinh tế tân cổ điển được xây dựng để giải thích cho sự tăng trưởng kinh tế thông qua việc xem xét sự tích lũy vốn, tăng trưởng lao động (hoặc dân số), và tiến bộ khoa học – kỹ thuật (cải thiện năng suất sản xuất). Cốt lõi của mô hình chính là hàm sản xuất tân cổ điển, thường được trình bày dưới dạng hàm Cobb-Douglas:

$$Y = A \times K^\alpha \times L^\beta$$

Trong đó, Y là sản lượng sản xuất; K là quy mô vốn; L là quy mô lao động (dân số); và A là yếu tố tổng hợp, phản ánh sự đóng góp của các nhân tố khác, cũng như sự kết hợp giữa các nhân tố (bao gồm cả vốn và lao động) trong quá trình sản xuất gắn với trình độ khoa học, công nghệ, kỹ thuật, và quản lý.

Từ cách tiếp cận trên, nghiên cứu này lựa chọn các biến sau đưa vào mô hình nghiên cứu:

Phát thải khí thải nhà kính (ký hiệu: GHG; đơn vị tính: Nghìn tấn CO₂ quy đổi). Khí thải nhà kính gồm có các khí CO₂, CH₄, N₂O, CFC_s, và các loại khí khác. Nó là biến số phù hợp để phản ánh cho sự ô nhiễm/tác động môi trường gây ra bởi hoạt động sản xuất và tiêu dùng của con người.

Tiêu thụ năng lượng tái tạo (Ký hiệu: REC; đơn vị tính: TJ – tê-ra-jun). Việc tiêu thụ năng lượng tái tạo vừa đáp ứng cho hoạt động sản xuất và tiêu dùng, vừa góp phần giảm thải khí nhà kính.

Dân số (Ký hiệu: POP; đơn vị tính: người). Dân số vừa là nguồn nhân lực của quá trình sản xuất, vừa là nguồn tiêu thụ hàng hóa dịch vụ của nền kinh tế.

Vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (Ký hiệu: FDI; đơn vị tính: USD giá so sánh 2015). FDI là một trong những nguồn lực về vốn có vai trò quan trọng đối với quá trình tăng trưởng

kinh tế, nhất là đối với các quốc gia đang phát triển (De Gregorio, 2005). FDI gắn liền với các dự án đầu tư sản xuất mang tính chất chuyển giao trình độ khoa học, công nghệ, kỹ thuật, và quản lý từ các nền kinh tế phát triển sang các nền kinh tế đang phát triển (Glass & cộng sự, 2008; Kowalewski & Weresa, 2008; Osano & Koine, 2016; Salim & cộng sự, 2017). Ngoài những mặt tích cực, các dự án FDI cũng gây ra những ảnh hưởng tiêu cực đối với môi trường khi sử dụng các công nghệ - kỹ thuật lạc hậu (Mabey & McNally, 1999; Wartini, 2015; Zheng, 2019).

Tiếp đến, tùy vào kết quả kiểm tra các đặc trưng của các chuỗi số liệu thời gian, mô hình phân tích định lượng được lựa chọn hợp lý.

3.2. Số liệu

Số liệu được thu thập từ tổ chức Ngân hàng thế giới. Đối với các biến số về vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI), và dân số, số liệu được thu thập trong giai đoạn 1990 - 2021 (32 quan sát). Trong khi đó, các biến số về Tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) và Phát thải khí nhà kính (GHG), số liệu chỉ sẵn có lần lượt cho đến năm 2015 (26 quan sát, trong giai đoạn 1990 - 2015) và 2019 (30 quan sát, trong giai đoạn 1990 - 2019). Để đồng bộ số liệu về mặt thời gian, cũng như để tăng số quan sát cho mẫu nghiên cứu, tác giả áp dụng phương pháp ngoại suy xu thế đối với hai biến số REC và GHG đến năm 2021.

Theo quan điểm Lewis (1982), độ chính xác của việc ngoại suy xu thế và bổ sung mức thiếu đối với hai chuỗi thời gian REC và GHG là rất cao vì cả hai hệ số SMAPE và MAPE đều nhỏ hơn nhiều so với mức 10%. Do đó, kết quả của việc bổ sung mức thiếu vào hai chuỗi này là rất đáng tin cậy.

Ngoài ra các biến số có đơn vị khác nhau ở dạng giá trị tuyệt đối. Để giản đơn về đơn vị của các biến số, số liệu được chuyển sang

dạng logarit tự nhiên (cơ số e). Với việc sử dụng số liệu ở dạng logarit tự nhiên trong mô hình, tham số được ước lượng và giải thích cho mối quan hệ giữa các biến số, mang tính chất của hệ số cơ giãn.

3.3. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Theo Chatfield (2013), phân tích chuỗi thời gian được tiến hành theo các bước sau:

Kiểm định tính dừng: Việc xác định các chuỗi thời gian dừng hay không dừng là rất quan trọng vì chuỗi dừng mới có giá trị ứng dụng thực tiễn trong dự báo, và phân tích hồi quy giữa các chuỗi không dừng có thể dẫn đến hồi quy giả mạo (hay hồi quy vô nghĩa). Ở bước này, hai phương pháp kiểm định Dickey-Fuller mở rộng (ADF) và Phillips-Perron (PP) được chọn áp để xác định tính dừng của các chuỗi thời gian.

Cả hai phương pháp ADF và PP đều cho thấy các chuỗi lô-ga-rít cơ số e của FDI, GHG, và REC đều có tính dừng khi lấy sai phân bậc 1 (tích hợp bậc 1), riêng chuỗi của POP có tính dừng ở chuỗi ban đầu (tích hợp bậc 0) (Xem Bảng 01.)

Chọn mô hình phân tích định lượng:

Vì các chuỗi không đồng thời tích hợp bậc 0 hoặc bậc 1, nên mô hình định lượng phù hợp được lựa chọn là mô hình tự hồi quy phân phối trễ (ARDL). Mặt khác, mô hình ARDL cũng được đánh giá là phù hợp với mẫu cỡ nhỏ (Wooldridge, 2015).

Vì đề tài tập trung nghiên cứu mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) và phát thải khí nhà kính (GHG), nên mô hình phân tích thực nghiệm được trình bày gồm hai phương trình tổng quát như sau:

$$\begin{aligned} \text{LnREC}_t = & \alpha_1 + \sum_{p=0}^{\text{pm}} \alpha_{2p} \text{LnGHG}_{t-p} + \\ & \sum_{q=0}^{\text{qm}} \alpha_{3q} \text{LnPOP}_{t-q} + \sum_{r=0}^{\text{rm}} \alpha_{4r} \text{LnFDI}_{t-r} + \\ & \sum_{s=1}^{\text{sm}} \alpha_{5s} \text{LnREC}_{t-s} + u_{1t} \end{aligned} \quad (\text{pt1})$$

$$\begin{aligned} \text{LnGHG}_t = & \beta_1 + \sum_{p=1}^{pm} \beta_{2p} \text{LnGHG}_{t-p} + \\ & \sum_{q=0}^{qm} \beta_{3q} \text{LnPOP}_{t-q} + \sum_{r=0}^{rm} \beta_{4r} \text{LnFDI}_{t-r} + \\ & \sum_{s=0}^{sm} \beta_{5s} \text{LnREC}_{t-s} + u_{2t} \end{aligned} \quad (\text{pt2})$$

trong đó:

α_1 , và β_1 là các hệ số chặn; α_{2p} , α_{3q} , α_{4r} , α_{5s} , β_{2p} , β_{3q} , β_{4r} , và β_{5s} (với p, q, r, và s lần lượt là các bậc trễ của LnGHG, LnPOP, LnFDI, và LnREC; pm, qm, rm, và sm lần lượt là bậc trễ tối ưu của LnGHG, LnPOP, LnFDI, và LnREC) là các tham số phản ánh mối quan hệ giữa các biến số trong mô hình; u_{it} (với $i = 1 \div 2$) là các phần dư (hay sai số ngẫu nhiên) trong mô hình.

Chọn độ trễ tối ưu: Vì để giảm sự tương quan phần dư và sự tổn kém bậc tự do không cần thiết, việc chọn độ trễ tối ưu cần được thực hiện. Độ trễ tối ưu được chọn dựa trên một trong những tiêu chí phổ biến như: AIC (tiêu chí thông tin Akaike), HQ (tiêu chí thông tin Hanah-Quinn), và SC (tiêu chí thông tin Schwarz).

Trong mô hình ARDL hồi quy biến LnREC, độ trễ tối ưu của các biến LnGHG, LnPOP, LnFDI, và LnREC lần lượt là 3, 1, 0, và 1 (xem Bảng 02.)

Với độ trễ tối ưu được xác định, phương trình hồi quy ARDL tổng quát (pt1) được viết lại chi tiết như sau:

$$\begin{aligned} \text{LnREC}_t = & \alpha_1 + \alpha_{20} \text{LnGHG}_t + \\ & \alpha_{21} \text{LnGHG}_{t-1} + \alpha_{22} \text{LnGHG}_{t-2} + \\ & \alpha_{23} \text{LnGHG}_{t-3} + \alpha_{30} \text{LnPOP}_t + \\ & \alpha_{31} \text{LnPOP}_{t-1} + \alpha_{40} \text{LnFDI}_t + \\ & \alpha_{51} \text{LnREC}_{t-1} + u_{1t} \end{aligned} \quad (\text{pt1'})$$

Trong mô hình ARDL hồi quy biến LnGHG, độ trễ tối ưu của các biến LnGHG, LnPOP, LnFDI, và LnREC lần lượt là 1, 0, 0, và 1 (giống nhau ở cả hai tiêu chí SIC và QH) (Xem Bảng 02.).

Với độ trễ tối ưu được xác định, phương trình hồi quy ARDL tổng quát (pt2) được viết lại như sau:

$$\begin{aligned} \text{LnGHG}_t = & \beta_1 + \beta_{21} \text{LnGHG}_{t-1} + \\ & \beta_{30} \text{LnPOP}_t + \beta_{40} \text{LnFDI}_t + \beta_{50} \text{LnREC}_t + \\ & \beta_{51} \text{LnREC}_{t-1} + u_{2t} \end{aligned} \quad (\text{pt2'})$$

Từ kết quả chạy mô hình (xem Bảng 03.), phương trình hồi quy đối với biến LnREC (pt1') và đối với LnGHG (pt2') lần lượt được viết lại với các tham số được ước lượng như sau:

$$\begin{aligned} \text{LnREC}_t = & 4,376269 - 0,357184 \text{LnGHG}_t + \\ & 0,214006 \text{LnGHG}_{t-1} - \\ & 0,108059 \text{LnGHG}_{t-2} + \\ & 0,531652 \text{LnGHG}_{t-3} + 8,674383 \text{LnPOP}_t - \\ & 8,267582 \text{LnPOP}_{t-1} - 0,053952 \text{LnFDI}_t - \\ & 0,044021 \text{LnREC}_{t-1} + u_{1t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LnGHG}_t = & -15,35778 + \\ & 0,806366 \text{LnGHG}_{t-1} + 0,934213 \text{LnPOP}_t + \\ & 0,012442 \text{LnFDI}_t - 0,434548 \text{LnREC}_t + \\ & 0,467893 \text{LnREC}_{t-1} + u_{2t} \end{aligned}$$

Kiểm định đồng liên kết: Nếu các chuỗi đồng thời có tính dừng khi chưa lấy sai phân (tức là chuỗi tích hợp bậc 0, I(0)), thì việc hồi quy giữa các chuỗi được tiến hành theo phương pháp bình phương bé nhất thông thường (OLS). Nhưng nếu khi các chuỗi đồng thời có tính dừng ở sai phân bậc 1 (tức chuỗi tích hợp bậc 1, I(1)), hoặc khi có cả những chuỗi tích hợp bậc 0 và những chuỗi tích hợp bậc 1, việc hồi quy giữa các chuỗi có thể xảy ra hiện tượng hồi quy giả mạo. Kiểm định đồng liên kết (đồng tích hợp) nhằm xác định có hay không hiện tượng hồi quy giả mạo giữa các chuỗi. Khi giữa các chuỗi được xác định có đồng liên kết, có nghĩa rằng giữa chúng có mối liên hệ (cân bằng) dài hạn. Ở bước này, phương pháp kiểm định đường bao (Bounds test) là lựa chọn hiệu quả cho mẫu nghiên cứu cỡ nhỏ.

Khi có đồng liên kết giữa các biến, mô hình sửa lỗi (ECM) được lựa chọn để phân tích mối liên hệ ngắn hạn giữa chúng. Với độ trễ tối ưu đã được xác định, các mô hình sửa lỗi (ECM) gắn với các mô hình ARDL hồi quy LnREC và LnGHG lần lượt được biểu diễn dưới dạng phương trình như sau:

$$\begin{aligned} \Delta \text{LnREC}_t = & \lambda_{20} \Delta \text{LnGHG}_t + \\ & \lambda_{21} \Delta \text{LnGHG}_{t-1} + \lambda_{22} \Delta \text{LnGHG}_{t-2} + \\ & \lambda_{30} \Delta \text{LnPOP}_t + \varphi_1 \text{ECT}_{t-1} + e_{1t} \end{aligned}$$

(ecm1)

$$\Delta \text{LnGHG}_t = \gamma_{50} \Delta \text{LnREC}_t + \varphi_2 \text{ECT}_{t-1} + e_{2t}$$

(ecm2)

Kiểm định độ phù hợp và ổn định của mô hình: việc kiểm định này được thực hiện với các kiểm định về tương quan chuỗi, về phương sai sai số thay đổi, về bỏ sót biến, và về tổng tích lũy phần dư.

Kiểm định nhân quả: Đây một bước để xác định giữa các biến có bất kỳ mối quan hệ nhân quả nào hay không.

4. Kết quả và bàn luận

4.1. Kiểm định tính đồng liên kết

4.1.1. Kiểm định đường bao (Bounds test)

Đối với mô hình ARDL, việc kiểm định tính đồng liên kết giữa các biến số trong mô hình được tiến hành thông qua Kiểm định đường bao (Bounds test) (Pesaran & Shin, 1998; Pesaran & cộng sự, 2001).

Kết quả (xem Bảng 04.) cho thấy, đối với cả hai biến phụ thuộc LnREC và LnGHG, giá trị tuyệt đối của cả giá trị F – thống kê lớn hơn giá trị tuyệt đối của giới hạn trên trong Kiểm định đường bao (ở cả mức ý nghĩa 10%, 5%, và 1%). Điều này có nghĩa rằng trong cả hai mô hình ARDL (*pt1* và *pt2*) đều có tính đồng liên kết, tức là tồn tại mối liên hệ (cân bằng) dài hạn giữa các biến.

4.1.2. Mô hình sửa lỗi (ECM) và mối liên hệ (cân bằng) ngắn hạn

Khi kết quả kiểm định đường bao chỉ ra tính đồng liên kết giữa các biến, mô hình sửa lỗi (ECM) được xây dựng để phản ánh mối quan hệ năng động trong ngắn hạn giữa các biến, cũng như tốc độ điều chỉnh về trạng thái cân bằng (dài hạn) của biến phụ thuộc khi có bất kỳ cú sốc nào đến từ biến giải thích (Pesaran & Shin, 1998; Pesaran & cộng sự, 2001).

Khi được xét là một biến phụ thuộc (với mô hình ARDL và độ trễ tối ưu được chọn), trong ngắn hạn LnREC chỉ tồn tại mối liên hệ (cân bằng) với LnGHG và LnPOP (xem Bảng 06.). Cụ thể, lượng tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) lần lượt giảm 0,357%, 0,424%, và 0,532% khi lượng phát thải khí nhà kính (GHG) tăng 1% lần lượt ở thời điểm hiện tại, một năm trước, và hai năm trước; trong khi đó, khi dân số (POP) tăng 1% dẫn đến lượng tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) tăng 8,674%. Và với mức ý nghĩa 5%, tất cả các tham số ước lượng đều có ý nghĩa thống kê. Ngoài ra, tham số ước lượng của thuật ngữ sửa lỗi (hiệu chỉnh sai số, ECT) có giá trị âm (-1,044) là đúng kỳ vọng về dấu, cho biết tốc độ điều chỉnh về trạng thái cân bằng của LnREC ở mỗi thời kỳ rất lớn.

Trong khi đó, LnGHG có mối liên hệ ngắn hạn chỉ với LnREC (với độ trễ tối ưu đã được chọn, mô hình ECM không phản ánh mối liên hệ ngắn hạn của LnFDI và LnPOP đối với LnGHG). Khi lượng tiêu thụ năng lượng tái tạo tăng 1% thì lượng phát thải khí nhà kính giảm 0,435% (xem Bảng 6). Tham số ước lượng phản ánh mối liên hệ này có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 5%. Về tham số ước lượng của thuật ngữ sửa lỗi (ECT), cho biết sau mỗi thời kỳ biến LnGHG có sự điều chỉnh khoảng 19,36% hướng về trạng thái cân bằng dài hạn.

4.2. Kiểm định sự phù hợp và ổn định của mô hình

4.2.1. Kiểm định tương quan chuỗi của phần dư

Bằng phương pháp kiểm định Breusch-Godfrey, với cách tiếp cận nhân tử Lagrange, kết quả (xem Bảng 07.) cho thấy phần dư trong cả hai mô hình ARDL hồi quy LnREC và LnGHG đều không có sự tương quan chuỗi với mức ý nghĩa 5%.

4.2.2. Kiểm định phương sai sai số thay đổi

Bằng phương pháp kiểm định White, kết quả kiểm định hiện tượng phương sai sai số thay đổi trong mô hình chỉ ra rằng phương sai của phần dư (sai số) trong mô hình là đồng nhất (xem Bảng 07.).

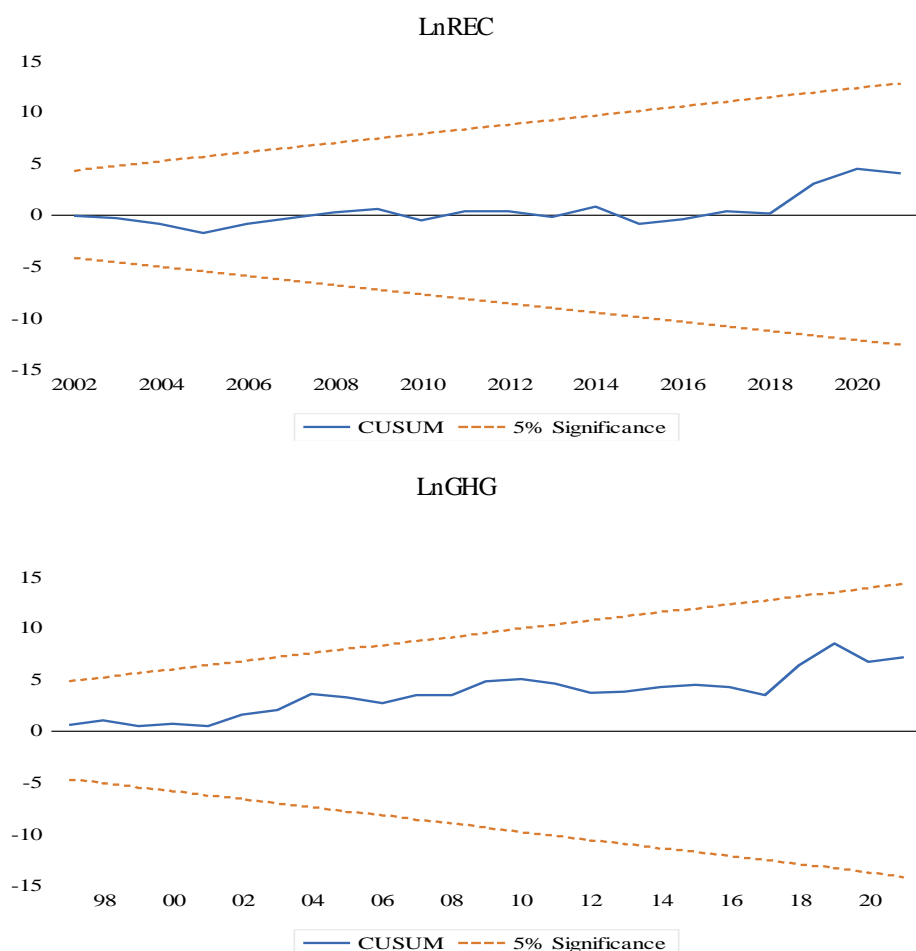
4.2.3. Kiểm định bỏ sót biến

Thông qua kiểm định RESET (Regression Equation Specification Error Test) của Ramsey (1969), kết quả cho thấy, với mức ý nghĩa 5% cả hai mô hình ARDL được xác định phù hợp (xem Bảng 07.).

4.2.4. Kiểm định tổng tích lũy của phần dư

Kết quả kiểm định CUSUM cho biết tổng tích lũy phần dư ở cả hai mô ARDL đối với LnREC và LnGHG đều nằm trong dải tiêu chuẩn với mức ý nghĩa 5% (xem Hình 01.)

Những kết quả kiểm định chẩn đoán phần dư cho thấy cả hai mô hình ARDL có tính ổn định và phù hợp trong ước lượng và phân tích.



Hình 01. Kết quả kiểm định tổng phần dư tích lũy (CUSUM)

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

4.3. Kiểm định quan hệ nhân quả

4.3.1. Trong ngắn hạn

Từ kết quả chạy mô hình ARDL tổng quát, việc xác định mối quan hệ nhân quả ngắn hạn được thực hiện thông qua kiểm định ý nghĩa thống kê của tham số ước lượng (cả riêng biệt lẫn đồng thời), với phương pháp kiểm định Wald hoặc sử dụng giá trị t-thống kê từ kết quả chạy mô hình (xem Bảng 03.)

(1) Mô hình ARDL hồi quy LnREC (pt1)

- Biến LnFDI: với mức ý nghĩa 5%, tham số ước lượng của biến LnFDI ($\alpha_{40} = -0,053952$) có ý nghĩa thống kê. Tức là, trong ngắn hạn có mối quan hệ nhân quả một chiều từ LnFDI đến LnREC.

- Biến LnGHG: với độ trễ tối ưu là 3, mối quan hệ nhân quả ngắn hạn giữa LnGHG và LnREC được xác định dựa trên kết quả kiểm định Wald đối với các tham số ước lượng liên quan đến LnGHG (α_{20} , α_{21} , α_{22} , và α_{23}). Kết quả kiểm định Wald cho biết, giá trị F-thống kê bằng 5,114763 và giá trị p của nó bằng 0,0053. Như vậy, với mức ý nghĩa 5%, trong ngắn hạn tồn tại mối quan hệ nhân quả một chiều từ LnGHG đến LnREC.

- Biến LnPOP: với độ trễ tối ưu là 1, mối quan hệ nhân quả ngắn hạn giữa LnPOP và LnREC được xác định dựa trên kết quả kiểm định Wald đối với các tham số ước lượng liên quan đến LnPOP (α_{30} , α_{31}). Kết quả kiểm định Wald cho biết, giá trị F-thống kê bằng 2,839810 và giá trị p của nó là 0,0821. Như vậy, với mức ý nghĩa 5%, trong ngắn hạn không tồn tại mối quan hệ nhân quả giữa LnPOP và LnREC.

(2) Mô hình ARDL hồi quy LnGHG (pt2)

- Các biến LnFDI và LnPOP: với mức ý nghĩa 5%, các tham số ước lượng của LnFDI và LnPOP (lần lượt là β_{30} và β_{40}) không có

ý nghĩa thống kê. Do vậy, trong ngắn hạn không tồn tại mối quan hệ nhân quả từ LnFDI và LnPOP đến LnGHG.

- Biến LnREC: với độ trễ tối ưu là 1, mối quan hệ nhân quả trong ngắn hạn giữa LnREC và LnGHG được xác định dựa vào kết quả kiểm định Wald đối với các tham số ước lượng liên quan đến LnREC (β_{50} và β_{51}). Kết quả kiểm định Wald cho biết, giá trị F-thống kê bằng 4,082478 và giá trị p của nó là 0,0292. Như vậy, các tham số ước lượng liên quan đến LnREC trong mô hình ARDL tổng quát đồng thời có ý nghĩa thống kê. Tức là, trong ngắn hạn tồn tại mối quan hệ nhân quả một chiều từ LnREC đến LnGHG.

Tóm lại, từ kết quả của hai mô hình ARDL hồi quy LnREC và LnGHG cho thấy trong ngắn hạn giữa LnREC và LnGHG có mối quan hệ nhân quả hai chiều.

4.3.2. Trong dài hạn

Từ kết quả kiểm định đường bao (Bounds test), cả hai mô hình ARDL hồi quy LnREC và LnGHG có tính đồng liên kết (có mối liên hệ dài hạn). Trên cơ sở này, thông qua kiểm định t đối với các tham số ước lượng trong phương trình hiệu chỉnh sai số (EC) (xem Bảng 05.), các mối quan hệ nhân quả trong dài hạn đối với LnREC và LnGHG được xác định.

Đối với LnREC, ta thấy chỉ có tham số ước lượng của LnFDI có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%, và có thêm tham số gắn với LnGHG có ý nghĩa thống kê khi xét ở mức ý nghĩa 10%. Như vậy, ở mức ý nghĩa 5% chỉ tồn tại mối quan hệ nhân quả từ vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) đến tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC). Mối quan hệ nhân quả dài hạn từ phát thải khí nhà kính (GHG) đến tiêu thụ năng lượng tái tạo (REC) chỉ được ghi nhận ở mức ý nghĩa 10%.

Đối với LnGHG, chỉ có tham số ước lượng của LnPOP có ý nghĩa thống kê ở mức 5%. Điều này có nghĩa, trong dài hạn chỉ tồn tại mối quan hệ nhân quả từ dân số (POP) đến phát thải khí nhà kính (GHG).

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Ngoài hai biến tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính, nghiên cứu đã chọn đưa vào mô hình hai biến dân số và vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài. Mô hình tự hồi quy phân phối trễ (ARDL) được lựa chọn là công cụ phân tích định lượng đối với các chuỗi thời gian, nhằm khám phá mối quan hệ giữa các biến. Cụ thể, nghiên cứu xây dựng hai mô hình ARDL để hồi quy REC và GHG dưới dạng lô-ga-rit cơ số e. Cùng với đó, kiểm định đường bao được tiến hành để xác định mối liên hệ dài hạn giữa các biến. Kết quả cho thấy cả REC và GHG đều có mối liên hệ (cân bằng) dài hạn với các biến số còn lại (dân số và FDI).

Nghiên cứu cũng đã chỉ ra mối quan hệ nhân quả hai chiều trong ngắn hạn giữa REC và GHG. Rõ ràng, với chiều từ REC đến GHG, tăng tiêu thụ năng lượng tái tạo dẫn đến giảm phát thải khí nhà kính. Điều này góp phần khẳng định sự phù hợp của chính sách khuyến khích tiêu thụ năng lượng tái tạo tại Việt Nam. Do đó, Việt Nam cần tiếp tục phát huy các chính sách khuyến khích tiêu thụ năng lượng tái tạo.

Ở chiều ngược lại, lượng phát thải khí nhà kính có những tác động khác nhau đối với tiêu thụ năng lượng tái tạo ở những thời kỳ khác nhau. Đây là điểm cần được làm rõ ở các nghiên cứu trong tương lai, để làm cơ sở cho công tác hoạch định chính sách năng lượng và môi trường.

Trong dài hạn, nghiên cứu chỉ cho thấy hai mối quan hệ nhân quả, đó là (1) tác động âm từ vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài đến tiêu thụ năng lượng tái tạo, và (2) tác động dương từ quy mô dân số đến phát thải khí nhà kính. Từ đây, hàm ý chính sách được rút ra là: - cần chú trọng hơn về việc chọn lọc, thu hút các dự án đầu tư trực tiếp nước ngoài gắn với tiêu thụ năng lượng tái tạo; - khi quy mô dân số tăng, kéo theo quy mô sản xuất và tiêu dùng của nền kinh tế tăng, do đó để kìm hãm và đổi chiều xu hướng phát thải khí nhà kính, cần xây dựng và thực thi nhiều hơn các chính sách tiêu chuẩn môi trường trong sản xuất và tiêu dùng. Ngoài ra, cũng cần có chiến lược để định hướng và thay đổi nhận thức của người dân về chất lượng hàng hóa, dịch vụ gắn với tiêu chí về lượng phát thải khí nhà kính.

Và kết quả của các kiểm định chẩn đoán phần dư cho thấy các tín hiệu tốt về độ phù hợp và ổn định của mô hình. Đây là cơ sở để sử dụng mô hình cho việc dự báo về tiêu thụ năng lượng tái tạo và phát thải khí nhà kính tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anand, P., & Seetharam, K. (2010). Climate change and living cities: Global problems with local solutions. In *Climate change and sustainable urban development in Africa and Asia* (21-35). Springer.
- Berger, A., & Tricot, C. (1992). The greenhouse effect. *Surveys in geophysics*, 13(6), 523-549.
- Chatfield, C. (2013). *The analysis of time series: theory and practice*. Springer.
- Chien, F., & cộng sự. (2022). The role of renewable energy and urbanization towards greenhouse gas emission in top Asian countries: Evidence from advance panel estimations. *Renewable energy*, 186, 207-216.

- Choi, E., & cộng sự. (2010). An empirical study of the relationships between CO2 emissions, economic growth and openness.
- Clottey, S. A., & cộng sự. (2018). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from Vietnam. *European Scientific Journal*, 14(36), 1857-1881.
- Dang, P. T., & Akkemik, K. A. (2022). GreenhOuse gas emissions in Vietnam: an analysis based on a social accounting matrix with firm heterogeneity. *International Review of Applied Economics*, 1-27.
- De Gregorio, J. (2005). *The role of foreign direct investment and natural resources in economic development*. Springer.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1994). Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology. *Human ecology review*, 1(2), 277-300.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175-179.
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of Population Growth: Complacency concerning this component of man's predicament is unjustified and counterproductive. *science*, 171(3977), 1212-1217.
- Glass, A., & cộng sự. (2008). The role of foreign direct investment in international technology transfer. *International handbook of development economics*, 2, 137-149.
- Harris, J. M., & Roach, B. (2013). *Environmental and natural resource economics: A contemporary approach*. ME Sharpe.
- Ho, H.-X. T. (2018). Forecasting of CO2 emissions, renewable energy consumption and economic growth in vietnam using grey models. 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD),
- Jaforullah, M., & King, A. (2015). Does the use of renewable energy sources mitigate CO2 emissions? A reassessment of the US evidence. *Energy economics*, 49, 711-717.
- Jain, P. (1993). Greenhouse effect and climate change: scientific basis and overview. *Renewable energy*, 3(4-5), 403-420.
- Judkins, R. R., & cộng sự. (1993). The dilemma of fossil fuel use and global climate change. *Energy & Fuels*, 7(1), 14-22.
- Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *science*, 302(5651), 1719-1723.
- Kowalewski, O., & Weresa, M. A. (2008). *The role of foreign direct investment in the economy*. Rainer Hampp Verlag München.
- Kweku, D. W., & cộng sự. (2018). Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific research and reports*, 17(6), 1-9.
- Le, T. H. (2022). Connectedness between nonrenewable and renewable energy consumption, economic growth and CO2 emission in Vietnam: New evidence from a wavelet analysis. *Renewable energy*, 195, 442-454.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Butterworth-Heinemann.

- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117.
- Luu, D. H., & Nguyen, T. H. L. (2009). Renewable energy policies for sustainable development in Vietnam. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 25(3).
- Mabey, N., & McNally, R. (1999). Foreign direct investment and the environment. *Godalming, Surrey: WWF-UK*.
- Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- Minh, T. B., & cộng sự. (2023). Relationship between carbon emissions, economic growth, renewable energy consumption, foreign direct investment, and urban population in Vietnam. *Heliyon*.
- Mitchell, J. F. (1989). The “greenhouse” effect and climate change. *Reviews of Geophysics*, 27(1), 115-139.
- Moslehpour, M., & cộng sự. (2022). Economic and tourism growth impact on the renewable energy production in Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(53), 81006-81020.
- Nawaz, M. A., & cộng sự. (2021). Trilemma association of energy consumption, carbon emission, and economic growth of BRICS and OECD regions: quantile regression estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 16014-16028.
- Nguyen, K. Q. (2007). Wind energy in Vietnam: Resource assessment, development status and future implications. *Energy Policy*, 35(2), 1405-1413.
- Nguyen, V. C. T., & Le, H. Q. (2022). Renewable energy consumption, nonrenewable energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Vietnam. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(2), 419-434.
- Olabi, A., & Abdelkareem, M. A. (2022). Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112111.
- Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959.
- Osano, H. M., & Koine, P. W. (2016). Role of foreign direct investment on technology transfer and economic growth in Kenya: a case of the energy sector. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 5, 1-25.
- Paramati, S. R., & cộng sự. (2017). The effects of tourism on economic growth and CO2 emissions: a comparison between developed and developing economies. *Journal of Travel Research*, 56(6), 712-724.
- Pesaran, H. H., & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics letters*, 58(1), 17-29.
- Pesaran, M. H., & cộng sự. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Ramsey, J. B. (1969). Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 31(2), 350-371.

- Raskin, P. D. (1995). Methods for estimating the population contribution to environmental change. *Ecological economics*, 15(3), 225-233.
- Salim, A., & cộng sự. (2017). Foreign direct investment and technology spillover in Iran: The role of technological capabilities of subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 207-214.
- Sarkar, S. K. (2018). *Marine Algal Bloom: Characteristics, Causes and Climate Change Impacts* (Vol. 4). Springer.
- Smith, J. B., & cộng sự. (2001). Vulnerability to climate change and reasons for concern: a synthesis. *Climate change*, 913-967.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.
- Tang, A. Q., & Mizunoya, T. (2021). A Study on Selecting Greenhouse Gas Reduction Options: A Simulation Analysis for Vietnam. *Sustainability*, 13(24), 13530.
- Tang, C. F., & cộng sự. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1506-1514.
- Taylor, F. (1991). The greenhouse effect and climate change. *Reports on Progress in Physics*, 54(6), 881.
- Tien, N. H., & cộng sự. (2019). Sustainable development and environmental management in Vietnam. *International Journal of Research in Finance and Management*, 3(1), 72-79.
- TTCP. (2022). *Quyết định số 687/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án Phát triển kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam*. Retrieved from <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=205921>
- Twidell, J. (2021). *Renewable energy resources*. Routledge.
- Vo, T. A. N., & Tran, T. K. (2022). Climate change and rural vulnerability in Vietnam: An analysis of livelihood vulnerability index. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 28(3-4), 326-353.
- Wartini, S. (2015). The Impacts of Foreign Direct Investment to the Environment in Developing Countries: Indonesian Perspective. *Indonesian J. Int'l L.*, 13, 296.
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage learning.
- Yamamoto, A., & cộng sự. (2022). Assessing the costs of GHG emissions of multi-product agricultural systems in Vietnam. *Scientific reports*, 12(1), 18172.
- York, R., & cộng sự. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological economics*, 46(3), 351-365.
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in carbon capture* (3-28). Elsevier.
- Zheng, Y. (2019). Foreign direct investment in China. *Handbook on the International Political Economy of China*, 61-75.

PHỤ LỤC BẢNG BIỂU

Bảng 01. Kết quả kiểm định tính dừng bằng hai phương pháp ADF và PP

	<i>Kiểm định ADF</i>		<i>Kiểm định PP</i>		<i>Cấp độ tích hợp</i>
	<i>Giá trị thống kê</i>	<i>Giá trị tới hạn ở mức ý nghĩa 5%</i>	<i>Giá trị thống kê</i>	<i>Giá trị tới hạn ở mức ý nghĩa 5%</i>	
LnPOP					
Chuỗi ban đầu	-3,234967*	-2,986225	-4,837496*	-2,960411	I(0)
LnFDI					
Chuỗi ban đầu	-2,227728	-2,963972	-2,543694	-2,960411	I(1)
Chuỗi sai phân bậc 1	-4,023964*	-2,963972	-3,952733*	-2,963972	
LnGHG					
Chuỗi ban đầu	-0,087334	-2,967767	0,126546	-2,960411	I(1)
Chuỗi sai phân bậc 1	-6,169695*	-2,967767	-11,43629*	-2,963972	
LnREC					
Chuỗi ban đầu	-0,464481	-2,963972	-0,363192	-2,960411	I(1)
Chuỗi sai phân bậc 1	-7,707727*		-21,55184*	-2,963972	

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị bác bỏ giả thiết H0 (H0: chuỗi có nghiệm đơn vị, tức là không dừng) với các mức ý nghĩa tương ứng

Bảng 02. Chọn độ trễ tối ưu của các biến

<i>Trong mô hình hồi quy biến LnREC (pt1)</i>				
	LnGHG	LnPOP	LnFDI	LnREC
Theo tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC)	3	1	0	1
Theo tiêu chuẩn thông tin Schwarz (SIC)	3	1	0	1
Theo tiêu chuẩn thông tin Quinn-Hanna (QH)	3	1	0	1
<i>Trong mô hình hồi quy biến LnGHG (pt2)</i>				

	LnGHG	LnPOP	LnFDI	LnREC
Theo tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC)	1	0	3	3
Theo tiêu chuẩn thông tin Schwarz (SIC)	1	0	0	1
Theo tiêu chuẩn thông tin Quinn-Hanna (QH)	1	0	0	1

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Bảng 03. Kết quả chạy hai mô hình ARDL tổng quát

Đối với biến LnREC					
Biến	Tham số	Giá trị ước lượng	Sai số chuẩn	Giá trị thống kê t	Giá trị p
	α_1	4,376269	14,46346	0,302574	0,7653
LnGHG _t	α_{20}	-0,357184	0,143874	-2,482615	0,0220*
LnGHG _{t-1}	α_{21}	0,214006	0,183935	1,163489	0,2583
LnGHG _{t-2}	α_{22}	-0,108059	0,167108	-0,646641	0,5252
LnGHG _{t-3}	α_{23}	0,531652	0,161373	3,294559	0,0036*
LnPOP _t	α_{30}	8,674383	4,189735	2,070390	0,0516
LnPOP _{t-1}	α_{31}	-8,267582	3,665417	-2,255564	0,0355*
LnFDI _t	α_{40}	-0,053952	0,017979	-3,000915	0,0071*
LnREC _{t-1}	α_{51}	-0,044021	0,177191	-0,248438	0,8063
Đối với biến LnGHG					
	β_1	-15,35778	8,905954	-1,724439	0,0970
LnGHG _{t-1}	β_{21}	0,806366	0,107453	7,504343	0,0000*
LnPOP _t	β_{30}	0,934213	0,582773	1,603049	0,1215
LnFDI _t	β_{40}	0,012442	0,018852	0,660007	0,5153
LnREC _t	β_{50}	-0,434548	0,204825	-2,121556	0,0440*
LnREC _{t-1}	β_{51}	0,467893	0,185992	2,515659	0,0187*

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị giá trị p nhỏ hơn mức ý nghĩa 5%, tức tham số ước lượng có ý nghĩa thống kê

Bảng 04. Kết quả kiểm định tính đồng liên kết trong hai mô hình hồi ARDL

Biến phụ thuộc LnREC			
Giá trị F-thống kê	Mức ý nghĩa	Giới hạn dưới, I(0)	Giới hạn trên, I(1)
8,535860*	10%	2,676	3,586
	5%	3,272	4,306
	1%	4,614	5,966
Biến phụ thuộc LnGHG			
Giá trị F-thống kê	Mức ý nghĩa	Giới hạn dưới, I(0)	Giới hạn trên, I(1)
24,20365*	10%	2,676	3,586
	5%	3,272	4,306
	1%	4,614	5,966

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị cho việc bác bỏ giả thiết H0 (H0: không có đồng liên kết)

Bảng 05. Kết quả ước lượng mối liên hệ dài hạn từ kiểm định đường bao

Trong mô hình ARDL hồi quy biến LnREC (pt1)				
Biến	Giá trị tham số ước lượng	Sai số chuẩn	Giá trị thống kê t	Giá trị p
Hệ số chặn	4,191744	13,92465	0,301030	0,7665
LnGHG	0,268591	0,150555	1,784009	0,0896
LnPOP	0,389649	0,858854	0,453685	0,6549
LnFDI	-0,051678	0,015886	-3,252985	0,0040*
Trong mô hình ARDL hồi quy biến LnGHG (pt2)				
Hệ số chặn	-79,31335	16,76409	-4,731145	0,0001*
LnREC	0,172207	1,141031	0,150922	0,8812
LnPOP	4,824631	1,753869	2,750851	0,0109*
LnFDI	0,064258	0,101512	0,633002	0,5325

Nguồn: Xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị cho trường hợp các tham số ước lượng có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 5%

Bảng 06. Kết quả chạy mô hình ECM

Đối với biến phụ thuộc LnREC					
Biến	Tham số	Giá trị ước lượng	Sai số chuẩn	Giá trị thống kê t	Giá trị p
ΔLnGHG_t	λ_{20}	-0,357184	0,102725	-3,477100	0,0024*
$\Delta \text{LnGHG}_{t-1}$	λ_{21}	-0,423593	0,125081	-3,386560	0,0029*
$\Delta \text{LnGHG}_{t-2}$	λ_{22}	-0,531652	0,127653	-4,164820	0,0005*
ΔLnPOP_t	λ_{30}	8,674384	1,265542	6,854282	0,0000*
ECT_{t-1}	φ_1	-1,044021	0,145885	-7,156477	0,0000*
Đối với biến phụ thuộc LnGHG					
ΔLnREC_t	γ_{50}	-0,434548	0,139368	-3,117991	0,0045*
ECT_{t-1}	φ_2	-0,193634	0,016343	-11,84826	0,0000*

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị cho việc bác bỏ giả thiết H_0 (H_0 : tham số ước lượng bằng không) với mức ý nghĩa 5%

Bảng 07. Kết quả kiểm định chẩn đoán phần dư của mô hình

Kiểm định tương quan chuỗi của phần dư (Giả thiết H_0 : không có tương quan chuỗi)	Giá trị F-thống kê	Xác suất
Mô hình ARDL đối với LnREC	0,845528	0,4878*
Mô hình ARDL đối với LnGHG	1,153399	0,3498*
Kiểm định phương sai sai số thay đổi (Giả thiết H_0 : phương sai sai số đồng nhất)		
Mô hình ARDL đối với LnREC	2,849452	0,0574*
Mô hình ARDL đối với LnGHG	1,493863	0,2744*
Kiểm định RESET Ramsey (Giả thiết H_0 : mô hình được xác định hợp lý)		
Mô hình ARDL đối với LnREC	2,278391	0,1476*
Mô hình ARDL đối với LnGHG	1,915808	0,1791*

Nguồn: xử lý số liệu bằng phần mềm EViews 12

Ghi chú: * biểu thị cho trường hợp không thể bác bỏ giả thiết H_0 với mức ý nghĩa 5%