



Original Article

The Effects of ICT, GDP, and Renewable Energy on CO₂ Emissions in Vietnam

Hoang Thi Xuan, Ngo Thai Hung*

*University of Finance – Marketing, No. 778 Nguyen Kiem, Ward 4,
Phu Nhuan District, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Received: March 22, 2023

Revised: April 29, 2023; Accepted: June 25, 2023

Abstract: This study aims to explore the effects of information and communication technology (ICT), economic growth (GDP), and renewable energy (REN) on CO₂ emissions in Vietnam using quarterly data for the period 2000-2020. Based on the quantile-on-quantile regression (QQR) proposed by Sim and Zhou (2015), the authors evaluate the level of intercorrelation between the examined variables in different quantiles. The empirical results suggest that GDP has a positive influence on CO₂, while there is a negative relationship between REN and CO₂ emissions for most quantiles of carbon emissions. More importantly, ICT has both positive and negative impacts on CO₂ across different quantiles of ICT. Our findings on economic and environmental performance pave the way for deep analysis to enhance environmental quality. Furthermore, in order to achieve green growth and sustainable development, the government of Vietnam should prioritize economic development alongside environmental protection.

Keywords: GDP, ICT, renewable energy, quantile regression, Vietnam.

* Corresponding author

E-mail address: hung.nt@ufm.edu.vn
<https://doi.org/10.57110/jebvn.v3i1.186>

Copyright © 2023 The author(s)

Licensing: This article is published under a CC BY-NC 4.0 license.

Phân tích tác động của ICT, GDP và REN đến khí thải CO₂ tại Việt Nam

Hoàng Thị Xuân, Ngô Thái Hưng*

*Trường Đại học Tài chính - Marketing, 778 Nguyễn Kiệm, Phường 4,
Quận Phú Nhuận, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Nhận ngày 22 tháng 3 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 29 tháng 4 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 6 năm 2023

Tóm tắt: Nghiên cứu này khám phá tác động của công nghệ thông tin - truyền thông (ICT), tăng trưởng kinh tế (thể hiện ở chỉ số GDP) và năng lượng tái tạo (REN) đến khí thải CO₂ tại Việt Nam, sử dụng dữ liệu quý giai đoạn 2000-2020. Bằng cách áp dụng phương pháp Quantile-on-Quantile (QQ) được phát triển bởi Sim và Zhou (2015), nhóm tác giả đánh giá mức độ tương quan ở các nhóm phân vị khác nhau trên phân phối của các biến nghiên cứu. Kết quả thực nghiệm cho thấy GDP tác động đồng biến, trong khi đó REN tác động nghịch biến đến khí thải CO₂ trên hầu hết các phân vị khác của phân bố khí thải CO₂. Đặc biệt, ICT tác động vừa đồng biến vừa nghịch biến đến CO₂ trên toàn phân vị của ICT. Kết quả có ý nghĩa thiết thực về hoạt động kinh tế và môi trường, mở đường cho phân tích chuyên sâu nhằm duy trì chất lượng môi trường tốt hơn. Hơn nữa, Chính phủ cần phải ưu tiên phát triển kinh tế đi đôi với bảo vệ môi trường nhằm hướng đến tăng trưởng xanh và phát triển bền vững.

Từ khóa: GDP, ICT, REN, CO₂, hồi quy phân vị, Việt Nam.

1. Giới thiệu

Tăng trưởng kinh tế hiện vẫn là mục tiêu hàng đầu của hầu hết các quốc gia trên thế giới, bởi đó là điều kiện cần để hướng tới một cuộc sống tiện ích, tốt đẹp hơn. Trong nhiều thập kỷ qua, các nền kinh tế thường chú trọng đến việc làm thế nào đạt được tốc độ tăng trưởng nhanh và cao hơn là giải quyết các vấn đề về xã hội và môi trường. Điều này dẫn đến sự gia tăng nồng độ carbon dioxide (CO₂), loại khí chiếm 58,8% lượng khí nhà kính gây nên hiện tượng nóng lên toàn cầu và biến đổi khí hậu, gây ra mối đe dọa đối với sự phát triển bền vững (Shayanmehr và cộng sự, 2020).

Thêm vào đó, sự phụ thuộc chủ yếu vào các nguồn nhiên liệu hóa thạch phục vụ cho quá trình tăng trưởng được cho là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường ở nhiều quốc gia vì quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch thải rất nhiều khí

nhà kính vào khí quyển. Đồng thời, nhiều tài liệu cũng nhấn mạnh rằng việc thay thế các nguồn năng lượng không tái tạo sang REN góp phần vào tăng trưởng kinh tế cao hơn và giảm ô nhiễm môi trường (Nathaniel và Iheonu, 2019; Nathaniel và cộng sự, 2020). Do đó, các chính sách đa dạng hóa nhiên liệu để thay thế dần nhiên liệu hóa thạch bằng REN đã trở thành chương trình nghị sự về chính sách năng lượng toàn cầu quan trọng của thế kỷ XXI và thu hút sự quan tâm của nhiều quốc gia (Murshed, 2021).

Bên cạnh đó, lĩnh vực cơ sở hạ tầng ICT ngày càng đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển kinh tế, xã hội trên phạm vi toàn cầu. Về tác động của ICT đối với môi trường, một mặt, nhiều nghiên cứu chỉ ra ICT có thể giúp giảm lượng khí thải CO₂ thông qua cải tiến công nghệ, tối ưu hóa quy trình sản xuất và quá trình phi vật chất hóa, tức là thay thế nhiều hàng hóa và dịch vụ truyền thống bằng hàng hóa và dịch vụ điện tử,

* Tác giả liên hệ

Địa chỉ email: hung.nt@ufm.edu.vn

<https://doi.org/10.57110/jebvn.v3i1.186>

Bản quyền © 2023 (Các) tác giả

Bài báo này được xuất bản theo CC BY-NC 4.0 license.

nhờ đó giúp giảm ô nhiễm môi trường (Atsu và cộng sự, 2021; Danish, 2019; Kouton, 2019; Ahmed và Le, 2020). Mặt khác, nhiều quan điểm cho rằng những lợi thế phát sinh từ việc ứng dụng ICT sẽ làm giảm giá sản phẩm và dịch vụ, từ đó kích thích tiêu dùng, thúc đẩy các hoạt động kinh tế và công nghiệp hóa, làm tăng mức tiêu thụ năng lượng và khí thải (Aldakhil và cộng sự, 2019; Haftu, 2019; Raheem và cộng sự, 2020). Ngoài ra, trong quá trình sản xuất và vận hành, các thiết bị công nghệ đòi hỏi mức tiêu thụ năng lượng rất lớn và thải ra nhiều chất độc làm nguy hại đến môi trường (Ulucak và cộng sự, 2020). Các phát hiện không nhất quán chỉ ra sự thiếu đồng thuận trong tài liệu về ảnh hưởng của ICT đến chất lượng môi trường. Do vậy, cần có những nghiên cứu bổ sung thêm cho vấn đề này.

Việt Nam là quốc gia đang phát triển với tốc độ tăng trưởng kinh tế cao trong nhiều thập niên qua, cùng với đó là sự gia tăng sử dụng năng lượng, đặc biệt là năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch để kích thích tăng trưởng kinh tế, dẫn đến sự gia tăng đáng kể lượng khí thải CO₂ và làm suy thoái môi trường ở đất nước này (Ali và cộng sự, 2021). Kết quả là, Việt Nam đang phải gánh chịu hậu quả nặng nề của biến đổi khí hậu. Trước thực trạng này, Việt Nam đang tích cực chủ động triển khai nhiều hoạt động ứng phó với biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, để đạt được điều này là thách thức rất lớn đối với Việt Nam vì chỉ một phần nhỏ năng lượng được sử dụng cho quá trình phát triển kinh tế đến từ các nguồn tái tạo (Nguyen và cộng sự, 2021). Bên cạnh đó, Việt Nam đã có những bước tiến đáng kể trong việc áp dụng ICT, bao gồm cả việc sử dụng điện thoại di động và internet. Mặc dù vậy, đóng góp của ICT vào tăng trưởng kinh tế cũng như giải quyết các vấn đề về môi trường vẫn chưa rõ ràng (Hung, 2023). Do vậy, cần có nhiều nghiên cứu hơn về những vấn đề này tại Việt Nam.

Nghiên cứu này nhấn mạnh tác động của ICT, GDP và REN đến lượng khí thải CO₂ trong bối cảnh Việt Nam đang trong quá trình chuyển đổi số và tích cực điều chỉnh cơ cấu năng lượng để đạt được các cam kết quốc tế về môi trường, hướng đến tăng trưởng xanh và phát triển bền vững. Nghiên cứu dự kiến đóng góp cho các tài liệu hiện có theo nhiều cách. Đầu tiên, theo hiểu biết tốt nhất của nhóm tác giả, nghiên cứu về mối quan hệ giữa các biến số này còn hạn chế, nhất là ở Việt Nam. Thứ hai, nghiên cứu áp dụng phương pháp kinh tế lượng mới QQR để khám

phá mối liên hệ giữa CO₂ và các yếu tố tác động đến nó trong trường hợp Việt Nam, những yếu tố này được kỳ vọng sẽ góp phần giảm thiểu các vấn đề về suy thoái môi trường nghiêm trọng. Cuối cùng, kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cho các nhà hoạch định chính sách những thông tin hữu ích để xây dựng chính sách trong các lĩnh vực kinh tế carbon thấp, thúc đẩy đổi mới công nghệ và REN, hướng đến tăng trưởng xanh và phát triển bền vững.

2. Tổng quan lý thuyết

Tác động của ICT, GDP và REN đến lượng khí thải CO₂ đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu trong thời gian gần đây. Các nghiên cứu này được chia thành 3 nhóm như sau:

Nhóm thứ nhất xem xét tác động của tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng và lượng khí thải CO₂. Bekun và cộng sự (2019) tiến hành nghiên cứu tại các quốc gia EU-16 giai đoạn 1996-2014, chỉ ra tăng trưởng kinh tế và sử dụng năng lượng không tái tạo làm tăng lượng khí thải CO₂ ở các nước này. Halkos và Gkampoura (2021) khám phá mối liên hệ giữa tiêu thụ năng lượng, lượng khí thải CO₂ và tăng trưởng kinh tế ở 119 quốc gia với các mức thu nhập khác nhau. Họ chỉ ra rằng lý thuyết đường cong Kuznets về môi trường (EKC) là đúng đối với các quốc gia có thu nhập cao và thu nhập trung bình cao, nhưng không đúng đối với các quốc gia có thu nhập trung bình thấp và thu nhập thấp. Raihan và Tuspekova (2022a) báo cáo tác động đồng biến của tăng trưởng kinh tế và sử dụng năng lượng nhiên liệu hóa thạch đối với lượng khí thải CO₂ ở Kazakhstan giai đoạn 1996-2018. Trong khi đó, với trường hợp Singapore, Raihan và Tuspekova (2022b) chỉ ra tăng trưởng kinh tế tăng 1% sẽ dẫn đến giảm 0,99% lượng khí thải CO₂ trong giai đoạn 1990-2019. Phân tích bộ dữ liệu từ năm 1990-2016 ở Ấn Độ, Bekun (2022) chỉ ra tác động đồng biến của việc sử dụng năng lượng nhưng tác động nghịch biến của tăng trưởng kinh tế đối với lượng khí thải CO₂.

Nhóm thứ hai phân tích mối liên hệ giữa REN và lượng khí thải CO₂. Saidia và Omrib (2020) đã chứng minh tính hiệu quả của REN trong việc thúc đẩy tăng trưởng kinh tế và giảm thiểu lượng khí thải CO₂ trong trường hợp 15 quốc gia tiêu thụ REN lớn. Adebayo và cộng sự (2023) chỉ ra rằng đổi mới công nghệ, tiêu thụ REN và tài nguyên thiên nhiên làm tăng tính bền

vững của môi trường bằng cách hạn chế lượng khí thải CO₂ ở các quốc gia BRICS từ năm 1990-2019. Kiểm tra tác động của nền dân chủ và REN đối với lượng khí thải CO₂ đối với 46 quốc gia châu Phi cận Sahara giai đoạn 1980-2015, Adams và Acheampong (2019) báo cáo rằng nền dân chủ và REN làm giảm lượng khí thải CO₂. Yuping và cộng sự (2021) chỉ ra bằng chứng về việc tiêu thụ REN và toàn cầu hóa làm giảm lượng khí thải, trong khi tiêu thụ năng lượng không tái tạo làm tăng lượng khí thải ở Argentina giai đoạn 1970-2018. Tuy nhiên, Nathaniel và cộng sự (2021) xem xét dữ liệu chuỗi thời gian kéo dài từ năm 1990-2017 để khám phá tác động của việc sử dụng năng lượng hạt nhân và REN đối với giảm thiểu phát thải CO₂ ở 6 trong số 7 quốc gia G7. Nghiên cứu khẳng định vai trò giảm thiểu năng lượng hạt nhân đối với lượng khí thải CO₂. Tuy nhiên, mức tiêu thụ REN được cho là không có ý nghĩa thống kê trong việc giải thích sự thay đổi về mức độ phát thải CO₂.

Nhóm thứ ba xem xét tác động của ICT đối với môi trường đã đưa ra các kết quả trái chiều. Một số nghiên cứu cho thấy ICT giúp cải thiện chất lượng môi trường, điển hình như: Danish (2019) tiến hành nghiên cứu ở 59 quốc gia dọc theo “Vành đai và Con đường” từ năm 1990-2016, đi đến kết luận ICT giảm thiểu mức phát thải CO₂ ở các quốc gia này. Haini (2021) cho thấy ICT làm giảm lượng khí thải CO₂ ở các nền kinh tế ASEAN từ năm 1996-2019. Cũng nghiên cứu bối cảnh ASEAN, Ahmed và Le (2020) nhận thấy cả ICT và toàn cầu hóa thương mại đều giảm lượng khí thải CO₂. Ngược lại, một số nghiên cứu chỉ ra ICT làm tăng lượng phát thải CO₂ gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường. Atsu, Adams và Adjei (2021) cho thấy tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch và ICT góp phần tạo ra lượng khí thải CO₂ ở Nam Phi giai đoạn 1970-2019. Kouton (2019) tiến hành nghiên cứu ở 28 quốc gia châu Phi giai đoạn 2000-2014 chỉ ra sự phát triển ICT có tác động làm tăng nhu cầu năng lượng, hàm ý rằng các quốc gia châu Phi được nghiên cứu vẫn chưa đạt hiệu quả năng lượng thông qua phát triển ICT. Ngoài ra, Sun và cộng sự (2023) tiến hành nghiên cứu trên 63 quốc gia giai đoạn 1995-2017 và chỉ ra rằng ICT làm tăng lượng khí thải CO₂ cho đến năm 2004, nhưng giảm sau năm 2008, bất kể mức thu nhập quốc gia. Nghiên cứu 4 quốc gia châu Phi cận Sahara và 3 quốc gia Đông Á và Thái Bình Dương, Kunkel

và Matthes (2020) kết luận tác động của ICT đến môi trường dường như là đặc trưng cho từng quốc gia trong số các quốc gia được nghiên cứu.

Tại Việt Nam, mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng và lượng khí thải CO₂ cũng đã được tiến hành, mặc dù còn hạn chế. Ali và cộng sự (2021) đánh giá mối liên hệ giữa tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch, phát triển tài chính, phát triển công nghiệp và phát thải CO₂ giai đoạn 1970-2019, từ đó khẳng định mối quan hệ dài hạn cũng như giả thuyết EKC giữa tăng trưởng công nghiệp và phát thải CO₂. Trong khi đó, theo Shahbaz và cộng sự (2019), mô hình chữ N mô tả tốt hơn mối quan hệ dài hạn giữa thu nhập và ô nhiễm, tức là Việt Nam có thể kỳ vọng giảm phát thải CO₂ tạm thời ở một giai đoạn tăng trưởng kinh tế nhất định. Tuy nhiên, điều này sẽ kéo theo sự gia tăng hơn nữa lượng khí thải CO₂ sau khi đạt đến một bước ngoặt thu nhập khác. Hung và cộng sự (2022) nghiên cứu mối quan hệ giữa phát triển tài chính, tăng trưởng kinh tế và toàn cầu hóa đối với lượng khí thải CO₂ ở Việt Nam giai đoạn 1990-2020, chỉ ra lượng khí thải CO₂ và tăng trưởng kinh tế có mối liên hệ tỷ lệ thuận ở tất cả các nhóm phân vị, tức tăng trưởng kinh tế làm tăng lượng khí thải CO₂ tại Việt Nam. Về tác động của ITC và REN đối với môi trường, hiện vẫn chưa có nghiên cứu cụ thể. Nghiên cứu gần nhất là của Hung (2023) phân tích đầu tư xanh, phát triển tài chính, số hóa và phát triển bền vững tại Việt Nam. Các phát hiện chỉ ra tác động tích cực mạnh mẽ của số hóa, đầu tư xanh và phát triển tài chính đối với tính bền vững kinh tế ở Việt Nam trên hầu hết các nhóm phân vị, từ đó cho thấy đầu tư vào tài nguyên xanh, đổi mới công nghệ và phát triển tài chính hỗ trợ quá trình chuyển đổi sang phát triển bền vững của đất nước.

Qua lược khảo tài liệu, nhóm tác giả nhận thấy mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về tác động của tăng trưởng kinh tế (GDP), sử dụng REN và ICT đối với môi trường nhưng các phát hiện không nhất quán về sự đóng góp của ICT và REN đến việc cải thiện chất lượng môi trường. Thêm vào đó, tài liệu về vấn đề này tại Việt Nam vẫn còn rất hạn chế. Trong khi đó, Chính phủ Việt Nam phê duyệt Chiến lược Quốc gia về Tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030 cho thấy việc coi trọng thúc đẩy điều chỉnh cơ cấu năng lượng, phát triển tiềm năng đổi mới sáng tạo quốc gia, do đó cần có những nghiên cứu sâu hơn

về vấn đề này để đạt được sự phát triển bền vững tại Việt Nam.

3. Phương pháp và dữ liệu nghiên cứu

3.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của ICT, GDP và REN đến khí thải CO₂ tại Việt Nam bằng mô hình QQR, được trình bày như sau:

$$Y_t = \beta^\theta(X_t) + u_t^\theta \quad (1)$$

Trong đó: Y_t là biến phụ thuộc và X_t là biến độc lập vào thời điểm t , θ là phân vị thứ θ^{th} của phân phối X_t , u_t^θ là sai số và $\beta^\theta(\cdot)$ là hệ số hồi quy.

Phương trình (1) có thể khai triển Taylor bậc một theo X_t như sau:

$$\beta^\theta(X_t) \approx \beta^\theta(X^\tau) + \beta^{\theta'}(X^\tau)(X_t - X^\tau) \quad (2)$$

Trong đó: β^θ là đạo hàm riêng của $\beta^\theta(X_t)$. Rõ ràng, θ là hàm số của $\beta^\theta(X^\tau)$ và $\beta^{\theta'}(X^\tau)$ với τ là hàm số của X_t và X^τ , do đó θ và τ là các hàm số của $\beta^{\theta'}(X^\tau)$ và $\beta^\theta(X^\tau)$.

$$\beta^\theta(X_t) \approx \beta_0(\theta, \tau) + \beta_1(\theta, \tau)(X_t - X^\tau) \quad (3)$$

Thay phương trình (3) vào phương trình (1): $Y_t = \beta_0(\theta, \tau) + \beta_1(\theta, \tau)(X_t - X^\tau) + u_t^\theta$ (4)

Trong đó: (*) là phân vị có điều kiện của θ^{th} . Các phương trình này minh họa cho mối quan hệ giữa GDP, ICT, REN và CO₂. Dùng phương trình bình phương cực tiểu (OLS), ta có:

$$\text{Min}_{b_0, b_1} \sum_{i=1}^n \rho_\theta [Y_t - b_0 - b_1(\hat{X}_t - \hat{X}^\tau)] K\left(\frac{F_n(\hat{X}_t) - \tau}{h}\right) \quad (5)$$

Trong đó: $\rho_\theta(u)$ là hàm phân vị của $\rho_\theta(u) = u(\theta - I(u < 0))$ và $K(\cdot)$ là hàm mật độ.

3.2. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu đánh giá tác động của ICT, GDP và REN đến lượng khí thải CO₂ bằng cách sử dụng tập dữ liệu hàng quý kéo dài từ năm 2000-2020 tại Việt Nam. Toàn bộ cơ sở dữ liệu của các biến nghiên cứu được thu thập từ Ngân hàng Thế giới (2023). Tất cả dữ liệu được sử dụng được chuyển thành logarit tự nhiên để đảm bảo phù hợp của phân phối chuẩn. Hình 1 mô tả xu thế biến động của các biến được lựa chọn trong nghiên cứu.

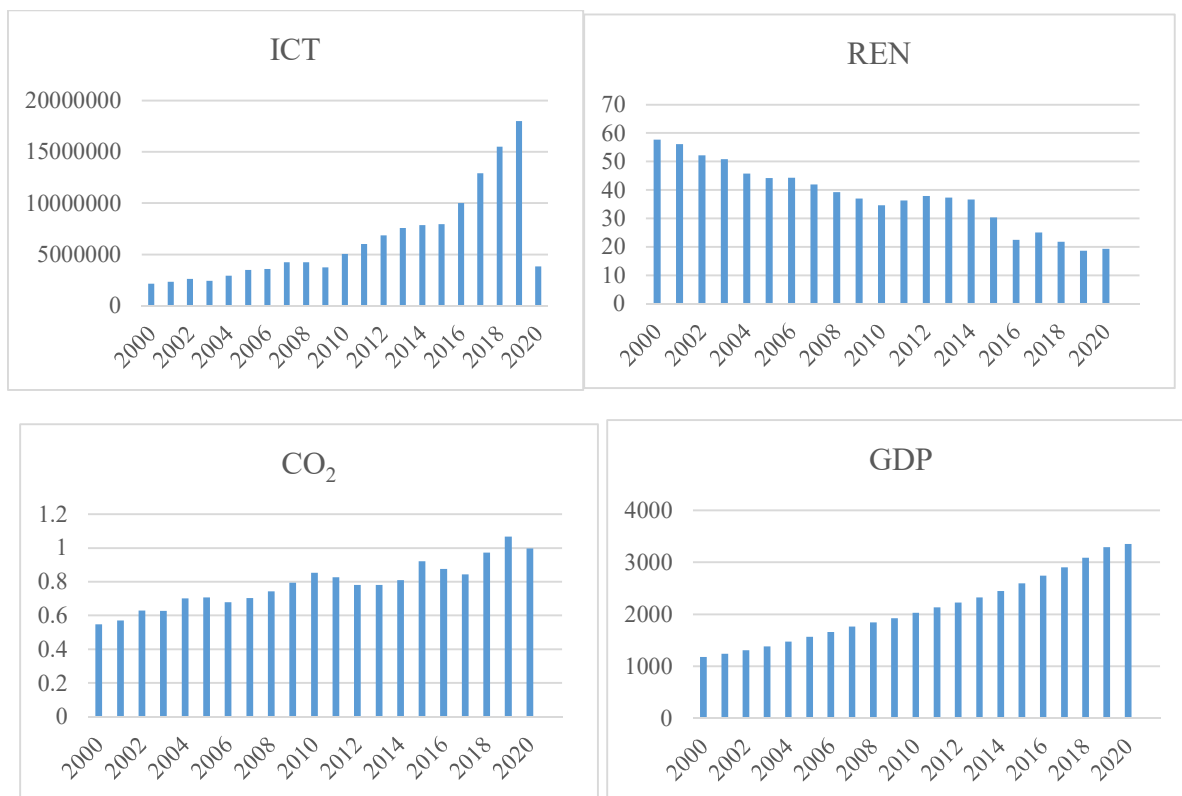
4. Kết quả và thảo luận

Bảng 1 trình bày thống kê mô tả các biến nghiên cứu bao gồm ICT, CO₂, GDP và REN. Kết quả cho thấy REN (9.400238) có giá trị trung bình cao nhất, tiếp sau đó là ICT (3,865789) và CO₂ (0,195698), GDP thấp nhất (0,195698). Tương tự, REN và ICT là hai đại lượng có mức độ biến động cao nhất được đo lường bằng độ lệch chuẩn, trong khi đó GDP và CO₂ biến động ít. Về độ lệch và độ nhọn, các chuỗi thời gian đều lệch và không tuân theo phân phối chuẩn. Kết quả kiểm định Jarque-Bera cũng khẳng định các biến không có phân phối chuẩn.

Bảng 1: Tóm tắt thống kê mô tả

Biến	CO ₂	GDP	ICT	REN
Trung bình	0,195698	1,902352	3,865789	9,400238
Trung vị	0,195665	1,903777	3,828257	9,402695
Giá trị lớn nhất	0,268765	2,029736	4,228781	14,46383
Giá trị nhỏ nhất	0,136426	1,764530	3,552327	4,576797
Độ lệch chuẩn	0,034143	0,079836	0,159965	2,861182
Độ cân bằng	0,258299	-0,036728	0,340469	-0,052082
Độ cân phẳng	2,502667	1,861379	2,214688	2,153773
Jarque-Bera	1,799745	4,556488	3,781374	2,544326

Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả, 2023.



Hình 1. Xu thế biến động của ICT, CO₂, GDP và REN giai đoạn 2000-2020.

Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả.

Bảng 2 mô tả kiểm định nghiệm đơn vị của các biến quan sát. Kết quả của hai kiểm định ADF và PP cho thấy tất cả các biến quan sát đều không dừng ở mức I(0). Tuy nhiên, 4 biến này

đều dừng ở sai phân bậc 1 với mức ý nghĩa thống kê 5%, do đó nhóm tác giả dùng sai phân bậc 1 của các biến này để phân tích hồi quy phân vị sau này.

Bảng 2: Kiểm định tính dừng

Biến	ADF	PP
	I(0)	I(0)
GDP	-1,937490	-1,398489
REN	-1,068759	-0,956843
ICT	-2,349372	-1,630530
CO ₂	-2,161063	-1,469642
	I(1)	I(1)
GDP	-9,591239***	-9,627730***
REN	-2,278366	-4,481111***
ICT	-9,607275***	-9,661815***
CO ₂	-3,449665**	-3,657790**

Chú thích: *, **, *** lần lượt đại diện cho mức ý nghĩa 10%, 5% và 1%.

Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả (2023).

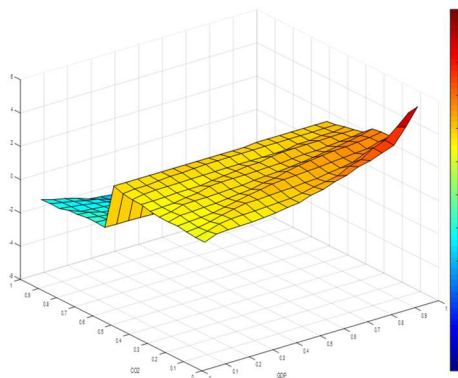
Hình 2 mô tả tương quan tuyến tính giữa các biến quan sát bao gồm CO₂, REN, ICT và GDP. Nhìn chung tồn tại mối tương quan tuyến tính rất mạnh giữa các cặp CO₂-GDP, CO₂-REN và CO₂-ICT. Cụ thể là CO₂ tương quan thuận với

GDP, tương quan nghịch với REN, vừa thuận vừa nghịch với ICT. Các kết quả sơ bộ này thích hợp để nhóm tác giả tiếp tục phân tích tác động của ICT, REN và GDP đến CO₂ trên từng phân vị khác nhau.



Hình 2: Ma trận tương quan giữa REN, ICT, CO₂ và GDP
 Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả (2023).

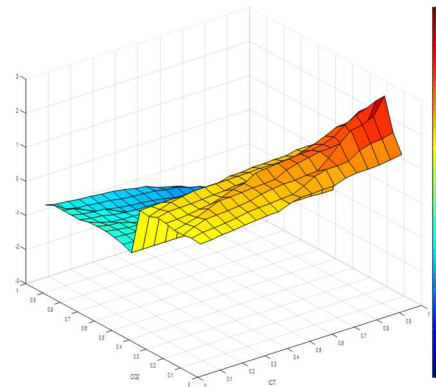
Tác động bất đối xứng của ICT, GDP và REN lên lượng khí thải CO₂ tại Việt Nam giai đoạn 2000 – 2020 đã được xác định thông qua mô hình hồi quy phân vị QQR. Tức là những tác động này đến khí thải CO₂ là phi tuyến tính. Hình 3, 4 và 5 mô tả kết quả ước lượng hồi quy phân vị theo 3 chiều. Trục Ox trình bày phân vị các biến độc lập, trục Oy thể hiện các phân vị của CO₂, trục cao Oz mô tả hệ số hồi quy của ước lượng. Ngoài ra, trục màu sắc mô tả cường độ tác động mạnh hay yếu, lần lượt từ màu xanh đậm (tác động tiêu cực) đến màu đỏ (tác động tích cực).



Hình 3: Tác động của GDP đến khí thải CO₂
 Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả (2023).

Hình 3 trình bày kết quả tác động của GDP đến CO₂ trên từng phân vị khác nhau. Quan sát cho thấy, trên phân vị thấp [0,1-0,4] và trung [0,45-0,6], GDP tác động tỷ lệ thuận với lượng khí thải CO₂. Tuy nhiên, ở phân vị cao [0,8-0,95] của CO₂, GDP cũng tác động thuận chiều nhưng rất yếu. Nhìn chung, GDP tác động cùng chiều

với CO₂ ở hầu hết các phân vị của GDP. Theo kinh nghiệm, kết quả này cho thấy càng tăng trưởng kinh tế càng làm tăng lượng khí thải CO₂ tại Việt Nam. Nó cũng phù hợp với các nghiên cứu trước của Bekun và cộng sự (2019), Raihan và Tuspekova (2022a), Raihan và Tuspekova (2022b), Bekun (2022), khi chỉ ra tác động đồng biến của tăng trưởng kinh tế đến lượng khí thải CO₂.

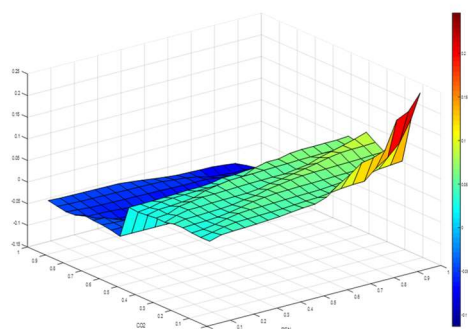


Hình 4: Tác động của ICT đến khí thải CO₂
 Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả (2023).

Tương tự, Hình 4 cho thấy hiệu ứng ảnh hưởng của ICT đến khí thải CO₂ ở Việt Nam. Mọi quan hệ đồng biến mạnh mẽ được thể hiện rõ ràng trong khu vực trung vị thấp và trung [0,1-0,7] của CO₂. Điều này hàm ý ICT tác động làm tăng CO₂ trong thời kỳ đầu tư và phát triển công nghệ thấp và bình thường. Ngược lại, trong điều kiện phát triển hạ tầng công nghệ cao, ICT tác động ngược chiều đến khí thải CO₂, cụ thể tại phân vị cao của ICT [0,8-0,95]. Nhìn chung, ICT tác động vừa tích cực vừa tiêu cực đến khí thải CO₂ tại Việt Nam trên hầu hết các phân vị của ICT. Phát hiện này phù hợp với nghiên cứu của Sun và cộng sự (2023) khi điều tra tác động môi trường rộng thay đổi theo thời gian của ICT.

Hình 5 thể hiện tác động của việc tiêu thụ REN đến lượng khí thải CO₂ tại Việt Nam. Tác động của REN đối với CO₂ chủ yếu là ngược chiều trong các phân vị trung, ngắn hạn và dài hạn [0,2-0,95]. Tuy nhiên, REN ảnh hưởng cùng chiều đến CO₂ trong ngắn hạn [0-0,1]. Do đó, nhóm tác giả kết luận rằng REN tác động nghịch biến đến CO₂, kết quả này hàm ý rằng nếu tăng nhu cầu sử dụng REN sẽ dẫn đến cải thiện môi trường tại Việt Nam. Kết quả này - trong ngắn

hạn, trung hạn và dài hạn, nhất quán với kết quả của Saidia và Omrib (2020), Adebayo và cộng sự (2023), Adams và Acheampong (2019), Yuping và cộng sự (2021) khi chỉ ra ảnh hưởng tích cực của REN đối với chất lượng môi trường.



Hình 5: Tác động của REN đến khí thải CO₂
 Nguồn: Kết quả xử lý số liệu của nhóm tác giả (2023).

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Mô hình hồi quy phân vị mô tả tác động bất đối xứng của GDP, ITC và REN đến khí thải CO₂ tại Việt Nam. Trong những năm qua, các nhà kinh tế học và các nhà nghiên cứu đã nhất trí rằng tăng trưởng kinh tế phải đi đôi với bảo vệ môi trường nhằm tiến đến phát triển bền vững của một quốc gia. Trong bối cảnh này, kết quả thực nghiệm của nhóm tác giả cho thấy GDP tác động đồng biến đến khí thải CO₂ trên hầu hết các phân vị khác của CO₂, trong khi đó REN cho kết quả ngược lại. Ngoài ra, ICT vừa tác động nghịch biến đến CO₂ tại trung vị thấp và trung, vừa tác động đồng biến đến CO₂ tại trung vị cao của CO₂. Điều này cho thấy việc tăng cường phát triển cơ sở hạ tầng ITC và REN có tác động đáng kể làm giảm ô nhiễm môi trường tại Việt Nam.

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm, nhóm chính sách sau đây được khuyến nghị cho Việt Nam nhằm hạn chế lượng khí thải CO₂ và đạt được các cam kết quốc tế về giảm lượng phát thải:

Thứ nhất, thay vì tập trung đẩy nhanh tốc độ tăng trưởng kinh tế, Việt Nam cần chú trọng nhiều hơn vào chất lượng tăng trưởng, ưu tiên ứng dụng công nghệ hiện đại và REN trong các lĩnh vực của nền kinh tế. Muốn vậy, Chính phủ cần tăng cường hỗ trợ cho các hoạt động nghiên cứu - triển khai (R&D) và giáo dục - đào tạo để đảm bảo đủ nguồn lực hấp thụ những tiến bộ

công nghệ. Chính phủ cũng cần nhanh chóng xây dựng khung pháp lý đủ mạnh liên quan đến việc giảm phát thải và chống ô nhiễm môi trường, trong đó việc tuân thủ nghiêm ngặt các quy định về môi trường là bắt buộc, đồng thời xây dựng và thực hiện một cách hiệu quả các quy định để kiểm soát các hoạt động trong lĩnh vực công nghiệp. Chính phủ cũng có thể tăng cường sử dụng truyền thông và các chương trình giáo dục phổ thông, giáo dục cộng đồng để chuyển tải nội dung liên quan đến tăng trưởng xanh và phát triển bền vững đến mọi thành phần dân cư nhằm thúc đẩy lối sống xanh và thói quen tiêu dùng carbon thấp.

Thứ hai, Việt Nam cần tiếp tục nâng cấp cơ sở hạ tầng ITC. Cụ thể, Chính phủ cần kiểm tra việc tiêu dùng, sản xuất và đổi mới công nghệ để đảm bảo rằng lợi ích từ quá trình phát triển và đổi mới công nghệ vượt xa tác động tiêu cực của nó để giảm ô nhiễm. Chính phủ cũng cần có chính sách kiểm soát chặt chẽ hơn trong việc nhập khẩu và chuyển giao công nghệ để đảm bảo các thiết bị được nhập khẩu và chuyển giao đạt được những tiêu chuẩn mới nhất về môi trường, tránh trường hợp trở thành “bãi rác công nghiệp” khi nhập khẩu các thiết bị lỗi thời làm gia tăng mức độ ô nhiễm. Tăng cường hợp tác quốc tế, thu hút đầu tư trực tiếp nước ngoài để có thể tiếp cận và nhận chuyển giao các công nghệ sản xuất mới, thân thiện với môi trường là nỗ lực mà Chính phủ cần thực hiện để củng cố cơ sở hạ tầng ITC.

Thứ ba, Việt Nam cần tăng cường đầu tư vào REN để cung cấp năng lượng sạch cho quá trình phát triển. Để khuyến khích các ngành sản xuất REN, Chính phủ cần dành ngân sách đáng kể vào các dự án R&D, giảm thuế quan cũng như có các chính sách ưu đãi trong tiếp cận nguồn vốn cho các dự án này. Trong điều kiện nguồn vốn đầu tư từ ngân sách còn hạn chế, Chính phủ cần có chính sách ưu tiên thu hút FDI để phát triển ngành REN cũng như khuyến khích khu vực tư nhân tham gia tích cực hơn vào lĩnh vực này thông qua các chương trình hợp tác công tư (PPP). Chính phủ cần hoàn thiện khung pháp lý cho chính sách năng lượng nhằm mục tiêu tăng cường sử dụng REN. Bên cạnh đó, Chính phủ cũng nên áp dụng các chính sách làm tăng chi phí sử dụng nhiên liệu hóa thạch, ví dụ như đánh thuế carbon - đây là một bước hiệu quả trong việc rút ngắn sự cách biệt về chi phí sử dụng năng lượng, kích thích sản xuất và sử dụng REN trong các hoạt động kinh tế.

Tài liệu tham khảo

- Adams, S. & Acheampong, A.O. (2019). Reducing Carbon Emissions: The Role of Renewable Energy and Democracy. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118245>.
- Adebayo, T.S. et al. (2023). Endorsing Sustainable Development in BRICS: The Role of Technological Innovation, Renewable Energy Consumption, and Natural Resources in Limiting Carbon Emission. *Science of The Total Environment*, 859 (1), 160181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160181>
- Ahmed, Z., Le, H.P. (2020). Linking Information Communication Technology, Trade Globalization Index, and CO₂ Emissions: Evidence from Advanced Panel Techniques. *Environ Sci Pollut*, 28, 8770-8781. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11205-0>
- Aldakhil, A.M. et al. (2019). Efficiently Managing Green Information and Communication Technologies, High-technology Exports, and Research and Development Expenditures: A Case Study. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118164>
- Ali, K. et al. (2021). Industrial Growth and CO₂ Emissions in Vietnam: The Key Role of Financial Development and Fossil Fuel Consumption. *Environ Sci Pollut Res* 28, 7515-7527. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10996-6>
- Atsu, F. et al. (2021). ICT, Energy Consumption, Financial Development, and Environmental Degradation in South Africa. *Heliyon*, 7 (7), e07328, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07328>.
- Bekun, F.V. et al. (2019). Toward a Sustainable Environment: Nexus between CO₂ Emissions, Resource Rent, Renewable and Nonrenewable Energy in 16-EU Countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.104>
- Danish, (2019). Effects of Information and Communication Technology and Real Income on CO₂ Emissions: The Experience of Countries along Belt and Road. *Telematics and Informatics*, 45, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.101300>
- Haftu, G.G. (2019). Information Communications Technology and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Panel Data Approach. *Telecommun Policy*, 43, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.010>
- Haini, H. (2021) Examining the Impact of ICT, Human Capital and Carbon Emissions: Evidence from the ASEAN Economies. *International Economics*, 166, 116-125, <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2021.03.003>.
- Halkos, G.E. & Gkampaouras, E.C. (2021). Examining the Linkages among Carbon Dioxide Emissions, Electricity Production and Economic Growth in Different Income Levels. *Energies*, 14 (6), 1682. <https://doi.org/10.3390/en14061682>
- Hung, N.T. (2022). Time-frequency Nexus between Globalization, Financial Development, Natural Resources and Carbon Emissions in Vietnam. *Econ Change Restruct*, 55, 2293-2315. <https://doi.org/10.1007/s10644-022-09391-7>
- Hung, N.T. (2023). Green Investment, Financial Development, Digitalization and Economic Sustainability in Vietnam: Evidence from a Quantile-on-Quantile Regression and Wavelet Coherence. *Technological Forecasting & Social Change*, 186, 122185. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122185>
- Kouton, J. (2019). Information Communication Technology Development and Energy Demand in African Countries. *Energy*, 189, 116192. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116192>
- Kunkel, S. & Matthes, M. (2020). Digital Transformation and Environmental Sustainability in Industry: Putting Expectations in Asian and African Policies into Perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 318-329, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.022>.
- Murshed, M. (2021). Can Regional Trade Integration Facilitate Renewable Energy Transition to Ensure Energy Sustainability in South Asia? *Energy Rep* 7(C), 808-821. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.038>
- Murshed, M. & Alam, M.S. (2021). An Estimation of the Macroeconomic Determinants Total, Renewable and Non-renewable Energy Demands in Bangladesh: The Role of Technological Innovations. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12516-6>
- Nathaniel, S.P. et al. (2021). The Roles of Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth in the Abatement of Carbon Dioxide Emissions in the G7 Countries. *Environ Sci Pollut Res*, 28, 47957-47972. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13728-6>
- Nathaniel, S.P. & Iheonu, C.O. (2019). Carbon Dioxide Abatement in Africa: The Role of Renewable and Non-renewable Energy Consumption. *Sci Total Environ*, 679, 337-345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.011>
- Nathaniel, S.P. et al. (2020a). Assessing the Environmental Sustainability Corridor: Linking Natural Resources, Renewable Energy, Human Capital, and Ecological Footprint in BRICS. *Resources Policy*, 70, 101924. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101924>
- Nguyen, X.P. et al. (2021). Mission, Challenges, and Prospects of Renewable Energy Development in Vietnam. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. <https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1965264>
- Raheem, I.D. et al. (2020). The Role of ICT and Financial Development in CO₂ Emissions and

- Economic Growth. *Environ Sci Pollut Res*, 27, 1912-1922. <https://doi.org/10.1007/S11356-019-06590-0>
- Raihan, A. & Tuspekova, A. (2022a). Role of Economic Growth, Renewable Energy, and Technological Innovation to Achieve Environmental Sustainability in Kazakhstan. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4 (2022), 100165. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100165>
- Raihan, A. & Tuspekova, A. (2022b). The Nexus between Economic Growth, Energy Use, Urbanization, Tourism, and Carbon Dioxide Emissions: New Insights from Singapore. *Sustainability Analytics and Modeling*. <https://doi.org/10.1016/j.samod.2022.100009>
- Shahbaz, M. et al. (2019). Economic Growth and Environmental Degradation in Vietnam: Is the Environmental Kuznets Curve a Complete Picture? *Emerging Markets Review*, 38, 197-218, <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2018.12.006>.
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). The Impact of Renewable Energy on Carbon Emissions and Economic Growth in 15 Major Renewable Energy-consuming Countries. *Environmental Research*, 186, 109567. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109567>.
- Shayanmehr, S. et al. (2020a). Climate Change and Sustainability of Crop Yield in Dry Regions Food Insecurity. *Sustainability*, 12 (23), 9890. <https://doi.org/10.3390/su12239890>
- Sun, X. et al. (2023). Time-varying Impact of Information and Communication Technology on Carbon Emissions. *Energy Economics*, 118, 106492. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106492>.
- Ulucak, R. & Danish, Khan, S.U.D. (2020). Does Information and Communication Technology Affect CO₂ Mitigation under the Pathway of Sustainable Development during the Mode of Globalization? *Sustain Dev*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1002/sd.2041>
- Yuping, L. et al. (2021). Determinants of Carbon Emissions in Argentina: The Roles of Renewable Energy Consumption and Globalization. *Energy Reports*, 7, 4747-4760, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.07.065>.