
TÁC ĐỘNG KHÔNG ĐỒNG NHẤT CỦA TÀI CHÍNH TOÀN DIỆN VÀ ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ ĐẾN DẤU CHÂN SINH THÁI TẠI CÁC NỀN KINH TẾ EAGLES: CÁCH TIẾP CẬN PSQR

Nguyễn Xuân Bảo Châu
Trường Đại học Tài chính – Marketing
Email: nguyensexuanbaochau@gmail.com

Mã bài báo: JED-2742
Ngày nhận: 26/11/2025
Ngày nhận bản sửa: 27/01/2026
Ngày duyệt đăng: 10/02/2026
Mã DOI: 10.33301/JED.VI.2742

Tóm tắt:

Nghiên cứu phân tích tác động không đồng nhất của tài chính toàn diện và đổi mới công nghệ đến dấu chân sinh thái tại 12 quốc gia EAGLES trong giai đoạn 2008-2023 bằng phương pháp Hồi quy Phân vị đồng thời (PSQR). Kết quả thực nghiệm cho thấy tài chính toàn diện có tác động tiêu cực đến dấu chân sinh thái trên tất cả các phân vị. Đồng thời, phát hiện tác động phi tuyến của đổi mới công nghệ, làm gia tăng dấu chân sinh thái ở các phân vị thấp và trung bình nhưng lại giúp cải thiện chất lượng môi trường ở phân vị cao. Nghiên cứu cũng khẳng định vai trò điều tiết quan trọng của đổi mới công nghệ khi tích hợp với tài chính toàn diện, giúp giảm áp lực sinh thái ở các quốc gia ít ô nhiễm nhưng lại làm trầm trọng thêm tình trạng này ở các quốc gia ô nhiễm cao. Từ đó, nghiên cứu đề xuất các chính sách dựa theo bối cảnh phân vị thay vì áp dụng một khuôn mẫu chung cho tất cả.

Keyword: Dấu chân sinh thái, tài chính toàn diện, đổi mới công nghệ, PSQR.

Mã JEL: C31, O16, O44, Q55, Q56.

The heterogeneous impact of financial inclusion and technological innovation on ecological footprint in EAGLES economies: A PSQR approach

Abstract:

This research examines the heterogeneous impact of financial inclusion and technological innovation on the ecological footprint in 12 EAGLES economies from 2008 to 2023, utilizing the Panel Simultaneous Quantile Regression (PSQR) method. The results show that financial inclusion exerts a negative impact on the ecological footprint across all quantiles. Furthermore, the study reveals a non-linear impact of technological innovation, which increases the ecological footprint at low and middle quantiles but improves environmental quality at high quantiles. The findings also confirm the crucial moderating role of technological innovation when integrated with financial inclusion; specifically, it helps reduce ecological pressure in lower-polluted nations while exacerbating the situation in highly polluted ones. Consequently, the research recommends quantile-specific policies rather than a “one-size-fits-all” approach.

Keywords: Ecological footprint, financial inclusion, technological innovation, PSQR.

JEL Codes: C31, O16, O44, Q55, Q56.

1. Giới thiệu

Tăng trưởng bền vững đòi hỏi sự cân bằng tinh tế giữa lợi ích kinh tế và bảo tồn sinh thái. Tuy nhiên, quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa nóng tại các nước đang phát triển đã đẩy suy thoái môi trường lên mức báo động. Thực tế đã cho thấy đa số các quốc gia trên thế giới đang phải đối mặt với thâm hụt sinh thái do tốc độ tiêu thụ tài nguyên vượt quá khả năng tái tạo (Siriwat & Tiedt, 2019). Sự khai thác thiếu trách nhiệm đối với tài nguyên không tái tạo, đặc biệt tại các khu vực đang phát triển nóng, khiến nguồn tài nguyên thiên nhiên này đang dần trở nên cạn kiệt và khan hiếm, gây ra tình trạng suy thoái môi trường toàn cầu gia tăng đáng báo động (Nketiah & cộng sự, 2022; Caglar & cộng sự, 2022). Thách thức này hiện hữu gay gắt nhất tại các nền kinh tế mới nổi và dẫn dắt tăng trưởng - EAGLEs, vốn đang đóng góp khoảng 50% vào động lực tăng trưởng toàn cầu (Tập đoàn Tài chính Đa quốc gia Tây Ban Nha – BBVA Research, 2016). Khác với các nền kinh tế phát triển, các quốc gia EAGLEs đang trong giai đoạn bùng nổ dân số cùng quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa tạo ra sức ép chưa từng có lên nguồn vốn tự nhiên (Khan & cộng sự, 2022). Do đó, việc sử dụng chỉ tiêu dấu chân sinh thái trở nên ưu việt hơn so với chỉ tiêu phát thải CO₂ truyền thống trong việc đánh giá tính bền vững toàn diện tại khu vực này (Toumi, 2025).

Trong bối cảnh đó, tài chính toàn diện (Financial inclusion - FI) và đổi mới công nghệ nổi lên như hai đòn bẩy chính sách quan trọng. Tuy nhiên, cơ chế tác động của chúng vẫn là chủ đề tranh luận chưa có hồi kết. Một luồng quan điểm cho rằng FI giúp giảm thiểu suy thoái môi trường thông qua hiệu ứng kỹ thuật bằng cách dẫn vốn vào công nghệ xanh (Ullah & cộng sự, 2022; Usman & cộng sự, 2021). Ngược lại, một luồng quan điểm khác cảnh báo về hiệu ứng quy mô, nơi việc nói lỏng tín dụng lại kích thích tiêu dùng và sản xuất thiếu bền vững, làm trầm trọng thêm dấu chân sinh thái (Saqib & cộng sự, 2023; Ahmed & cộng sự, 2020). Tương tự, vai trò của công nghệ cũng chứa đựng mâu thuẫn giữa kỳ vọng “xanh hóa” quy trình sản xuất (Shehzadi & cộng sự, 2025; Kihombo & cộng sự, 2021) và rủi ro từ hiệu ứng bật trở, khi hiệu suất tăng lên lại kích cầu tiêu thụ tài nguyên nhiều hơn. Ngoài ra, công nghệ còn được kỳ vọng là nhân tố điều tiết mối quan hệ giữa tài chính và môi trường, giảm thiểu các tác động tiêu cực của quá trình mở rộng tài chính (Fareed & cộng sự, 2022; Saqib & cộng sự, 2023).

Mặc dù đã có những nghiên cứu về chủ đề này, nhưng vẫn tồn tại hai khoảng trống lớn mà nghiên cứu hướng tới giải quyết: Thứ nhất là khoảng trống về phương pháp, khi đa số các nghiên cứu trước đây sử dụng các ước lượng dựa trên giá trị trung bình (như OLS, FEM...), bỏ qua sự không đồng nhất. Trong khi thực tế, tác động của tài chính có thể rất khác biệt giữa các quốc gia đang ở mức thâm hụt sinh thái thấp so với các quốc gia đang khủng hoảng sinh thái. Nghiên cứu này áp dụng phương pháp hồi quy phân vị đồng thời (PSQR), không chỉ kiểm soát mạnh mẽ vấn đề nội sinh mà còn cung cấp bức tranh toàn cảnh về sự biến thiên của tác động chính sách trên toàn bộ phân phối của dấu chân sinh thái. Thứ hai, cơ chế tương tác giữa tài chính toàn diện và công nghệ trong việc định hình dấu chân sinh thái tại các nền kinh tế chuyển đổi như nhóm EAGLEs vẫn chưa được làm sáng tỏ. Liệu công nghệ đóng vai trò điều tiết, hướng dòng vốn tài chính vào các mục tiêu xanh, hay cộng hưởng để thúc đẩy khai thác tài nguyên nhanh hơn? Kết quả nghiên cứu kỳ vọng cung cấp cơ sở quan trọng cho các nhà hoạch định chính sách trong việc thiết kế chiến lược tài chính xanh thích ứng với từng bối cảnh cụ thể của các nền kinh tế EAGLEs.

2. Cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Hiệu ứng quy mô

Dựa trên khung lý thuyết nền tảng của Grossman & Krueger (1995), hiệu ứng quy mô phản ánh tác động của FI thông qua việc kích thích tổng cầu và mở rộng quy mô nền kinh tế. Bằng cách nói lỏng các ràng buộc tài chính, FI thúc đẩy gia tăng hoạt động sản xuất và tiêu dùng của các chủ thể kinh tế, mở rộng quy mô công nghiệp (Sadorsky, 2010). Trong điều kiện công nghệ không đổi, sự gia tăng quy mô này tất yếu dẫn đến việc thâm dụng năng lượng và tài nguyên thiên nhiên lớn hơn. Do đó, dưới góc độ hiệu ứng quy mô, tài chính toàn diện có tác động cùng chiều, làm gia tăng dấu chân sinh thái.

2.1.2. Hiệu ứng kỹ thuật

Trái ngược với hiệu ứng quy mô, hiệu ứng kỹ thuật nhấn mạnh vai trò của tài chính toàn diện trong việc thúc đẩy chuyển đổi xanh và nâng cao hiệu quả sinh thái (Grossman & Krueger, 1995). Đóng vai trò là kênh dẫn vốn, FI cho phép các doanh nghiệp tiếp cận nguồn vốn với chi phí thấp hơn để đầu tư vào các công nghệ tiên tiến, năng lượng tái tạo và quy trình sản xuất sạch (Tamazian & cộng sự, 2009; Jalil & Feridun, 2011). Quá trình “xanh hóa” này giúp giảm mức phát thải và tiêu hao tài nguyên trên mỗi đơn vị sản lượng thực tế, tạo ra tác động ngược chiều, giúp giảm thiểu dấu chân sinh thái (Frankel & Romer, 1999).

2.2. Tổng quan nghiên cứu

Mối quan hệ giữa FI và EF là một chủ đề phức tạp, tồn tại mâu thuẫn trong nghiên cứu thực nghiệm, cho thấy tác động này phụ thuộc nhiều vào bối cảnh. Các nghiên cứu về mối quan hệ giữa FI và EF có thể được chia thành ba luồng chính: (1) FI cải thiện chất lượng môi trường, (2) FI làm trầm trọng thêm suy thoái môi trường, và (3) mối quan hệ phi tuyến.

Thứ nhất, nghiên cứu ủng hộ tác động tích cực lập luận rằng sự sẵn có của các sản phẩm và dịch vụ tài chính hợp lý có thể giúp thúc đẩy việc cải tiến công nghệ, sử dụng công nghệ sạch, năng lượng tái tạo thay cho nguyên liệu hóa thạch... giúp giảm hiệu ứng nhà kính, bảo vệ tài nguyên và góp phần thúc đẩy EF (Salehnia & cộng sự, 2020; Aziz & Naima, 2021). Nhờ việc phân bổ vốn hiệu quả, FI giúp các doanh nghiệp tiếp cận công nghệ tiết kiệm năng lượng, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải khí nhà kính (Usman & cộng sự, 2021). Bashir & cộng sự (2023) cũng đồng thuận rằng FI khuyến khích đổi mới sáng tạo, nâng cao hiệu suất năng lượng và cải thiện phúc lợi môi trường.

Thứ hai, luồng quan điểm đối lập cho rằng FI làm trầm trọng thêm suy thoái môi trường thông qua việc kích thích quy mô sản xuất và tiêu dùng thiếu kiểm soát. Việc nới lỏng hạn chế tài chính dẫn đến gia tăng nhu cầu năng lượng hóa thạch và khai thác tài nguyên quá mức, từ đó làm tăng phát thải nhà kính và trầm trọng thêm tình trạng thâm hụt sinh thái (Sadorsky, 2010; Frankel & Romer, 1999). Các bằng chứng thực nghiệm từ Ấn Độ (Boutabba, 2014) và nhiều quốc gia khác xác nhận rằng sự phát triển và mở rộng tài chính mặc dù góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế nhưng lại làm gia tăng phát thải CO₂ và áp lực lên hệ sinh thái trong dài hạn (Baloch & cộng sự, 2019; Charfeddine & Kahia, 2019).

Thứ ba, một số ít nghiên cứu tìm thấy tác động phi tuyến giữa FI và suy thoái môi trường. Renzhi & Baek (2020), Chaudhry & cộng sự (2022) đã tìm thấy bằng chứng về đường cong Kuznets hình chữ U ngược, trong đó FI ban đầu làm tăng EF nhưng sẽ giúp giảm suy thoái môi trường khi nền kinh tế đạt đến trình độ phát triển nhất định, đặc biệt tại các quốc gia thu nhập cao.

Để giải thích cho sự mâu thuẫn này, gần đây nhiều nghiên cứu nhấn mạnh vai trò điều tiết của đổi mới công nghệ. Trong khi FI có xu hướng làm tăng EF tại các nền kinh tế mới nổi và đang phát triển (Ahmad & cộng sự, 2022; Saqib & cộng sự, 2023), thì đổi mới công nghệ luôn nhất quán trong việc giảm thiểu EF (Kihombo & cộng sự, 2021; Shehzadi & cộng sự, 2025). Quan trọng hơn, sự tương tác giữa công nghệ và năng lượng tái tạo với FI được chứng minh là có khả năng đảo chiều tác động tiêu cực, thúc đẩy tính bền vững môi trường (Shehzadi & cộng sự, 2025).

Tóm lại, mặc dù các tài liệu hiện có đã cung cấp nền tảng lý luận quan trọng, nhưng bức tranh về tác động của tài chính toàn diện đối với môi trường sinh thái tại các nền kinh tế tăng trưởng nóng vẫn còn nhiều mảnh ghép chưa hoàn chỉnh. Sự thiếu nhất quán trong các kết luận thực nghiệm trước đây gợi ý rằng mối quan hệ này không đơn thuần là tuyến tính mà có sự phân hóa mạnh mẽ tùy thuộc vào bối cảnh và trình độ công nghệ. Đây chính là khoảng trống lý luận mà nghiên cứu này hướng tới giải quyết, thông qua việc tập trung chuyên sâu vào nhóm quốc gia EAGLEs và áp dụng cách tiếp cận PSQR để bóc tách các tác động phức tạp ở từng phân vị của sự suy thoái môi trường.

3. Mô hình và phương pháp nghiên cứu

3.1. Mô hình và dữ liệu

Nghiên cứu tập trung phân tích tác động của FI đến EF tại các quốc gia EAGLEs, chiếm gần 50% GDP toàn cầu (World Bank, 2024). Dựa vào nghiên cứu của Mazhar & cộng sự (2022), tác giả đã lựa chọn sử

dụng phương pháp hồi quy phân vị đồng thời_PSOR với mô hình tiêu chuẩn được ước tính như sau:

$$EF_{it} = \varphi + \alpha FI_{it} + \beta TI_{it} + \delta(FI_{it} \times TI_{it}) + \gamma X_{it} + (\mu_i + \varepsilon_{it})$$

Trong đó: α , β , δ và γ đại diện cho hệ số tương quan, với i và t đại diện lần lượt cho quốc gia và thời gian tương ứng. $FI_{it} \times TI_{it}$ là biến tương tác giữa tài chính toàn diện và đổi mới công nghệ của quốc gia i tại thời điểm t . Tập hợp X các biến kiểm soát gồm tăng trưởng kinh tế_GDP, năng lượng tái tạo_RE. Cuối cùng, φ là hằng số, biểu thị hiệu ứng cố định của mô hình và ε là sai số ước lượng, được giả định là phân phối độc lập và đồng nhất với giá trị trung bình bằng 0 và phương sai không đổi ($\varepsilon_{it} \sim i.i.d(0, \sigma_\varepsilon)$).

Biến phụ thuộc:

- Dấu chân sinh thái (EF): được đo lường bởi *gha* trên đầu người, và thu thập từ cơ sở dữ liệu của GFN (Global Footprint Network).

Biến độc lập:

- Tài chính toàn diện (FI): đo lường mức độ tiếp cận và sử dụng của các trung gian tài chính, được tổng hợp từ cơ sở dữ liệu FAS của IMF. Tác động của FI đến EF là đa chiều; tuy nhiên, tại các quốc gia EAGLEs, nhờ vào hiệu ứng kỹ thuật, FI có thể giảm EF thông qua việc thúc đẩy vốn cho công nghệ xanh (Renzhi & Baek, 2020; Chaudhry & cộng sự, 2022). Vì vậy, nghiên cứu đưa ra giả thuyết:

H_1 : FI tác động tiêu cực (-), làm giảm EF tại các quốc gia EAGLEs.

- Đổi mới công nghệ (TI): được đo lường bằng số lượng bằng sáng chế của người cư trú và không cư trú tại một quốc gia, thu thập từ nguồn WDI. TI được kỳ vọng cải thiện hiệu quả sử dụng tài nguyên và năng lượng, từ đó làm giảm EF (Usman & cộng sự, 2023). Tuy nhiên, một số nghiên cứu khác lại cho thấy tác động dương đến EF ở các giai đoạn đầu phát triển, khi đổi mới công nghệ thúc đẩy tăng trưởng kinh tế và tiêu dùng quá mạnh mẽ mà không có các chính sách xanh đi kèm, dẫn đến hiệu ứng bật trở (Mazhar & cộng sự, 2022). Vì vậy, giả thuyết nghiên cứu đưa ra là:

H_2 : TI có tác động không đồng nhất đến EF; làm tăng EF ở phân vị thấp nhưng giảm EF ở phân vị cao.

Biến tương tác:

- : Đây là biến quan trọng, giúp kiểm định vai trò điều tiết của công nghệ trong mối quan hệ giữa FI và EF. Tác giả kỳ vọng biến tương tác mang dấu (-), ngụ ý rằng đổi mới công nghệ sẽ giúp giảm thiểu các tác động tiêu cực của FI lên môi trường, thúc đẩy sự bền vững môi trường, vì vậy giả thuyết nghiên cứu đưa ra là:

H_3 : Biến tương tác có tác động tiêu cực (-), làm giảm EF.

Biến kiểm soát:

- Tăng trưởng kinh tế (GDP): được đo lường bằng mức thu nhập bình quân đầu người và thu thập từ WDI. Tác động của tăng trưởng kinh tế lên EF được giả thuyết là tuân theo đường cong Kuznets môi trường (EKC). Theo giả thuyết này, các quốc gia EAGLEs đang ở giai đoạn đầu phát triển nên tăng trưởng kinh tế sẽ có tác động dương đến EF do quá trình công nghiệp hóa và tiêu dùng tăng. Vì vậy, giả thuyết nghiên cứu đưa ra là:

H_4 : GDP tác động tích cực (+), làm tăng EF.

- Năng lượng tái tạo (RE): được đo lường bởi tỷ trọng năng lượng tái tạo được sử dụng trong tổng năng lượng tiêu thụ, và thu thập từ nguồn WDI. Tăng cường sử dụng năng lượng tái tạo thay thế cho năng lượng hóa thạch được xem là giải pháp hiệu quả để giảm thâm hụt sinh thái (Usman & cộng sự, 2020; Saqib & cộng sự, 2023). Do đó, giả thuyết nghiên cứu đưa ra là:

H_5 : RE tác động tiêu cực (-), làm giảm EF.

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu bảng cân bằng cho 12 quốc gia EAGLEs gồm Bangladesh, Brazil, China, Egypt, India, Indonesia, Malaysia, Mexico, Pakistan, Philippines, Thổ Nhĩ Kỳ và Việt Nam với tần suất hàng năm từ 2008 đến 2023, nhằm đảm bảo tính đầy đủ của các chỉ số thành phần cho việc tính toán chỉ số FI tổng hợp. Đối với biến GDP và TI, để giảm thiểu tác động của các giá trị ngoại lai và hiện tượng phương sai quá lớn trong dữ liệu thô, tác giả đã thực hiện chuyển đổi sang dạng logarit tự nhiên.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Các kiểm định chẩn đoán xác nhận sự tồn tại của sự phụ thuộc chéo và tính không đồng nhất về hệ số góc giữa các quốc gia, khiến các phương pháp ước lượng trung bình truyền thống (như Pooled OLS, FEM, REM) trở nên chệch và thiếu tin cậy. Để khắc phục những hạn chế này, nghiên cứu áp dụng phương pháp hồi quy phân vị đồng thời cho dữ liệu bảng (Panel Simultaneous Quantile Regression - PSQR) được xây dựng dựa trên nền tảng phương pháp hồi quy do Koenker & Bassett (1978) đề xuất. Khác với OLS, vốn tối thiểu hóa tổng bình phương sai số, PSQR tối thiểu hóa tổng sai số tuyệt đối theo trọng số, giúp loại bỏ ảnh hưởng lệch lạc của các giá trị ngoại lai và không yêu cầu giả định về phân phối chuẩn của sai số. Ngoài ra, PSQR còn có thể kiểm soát hiệu quả hiện tượng phương sai sai số thay đổi và tính không đồng nhất bằng cách cho phép các tham số biến thiên linh hoạt dọc theo phân phối của biến phụ thuộc (Koenker & Hallock, 2001). Cuối cùng, thay vì chỉ đưa ra một hệ số ước lượng duy nhất, PSQR cung cấp một loạt các hệ số ước lượng cho các phân vị khác nhau, từ đó phản ánh cái nhìn toàn diện và đa chiều hơn về mối quan hệ phức tạp giữa FI và EF, mang lại những hàm ý chính sách cụ thể và sâu sắc hơn.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Thống kê mô tả

Bảng 1. Kết quả thống kê mô tả biến

Biến	Mean	Std. Dev.	Min	Max
EF	2,0879	1,0928	0,4970	4,5435
FI	0,5002	0,2506	0,0003	0,9608
GDP	8,3009	0,8412	6,4185	9,5317
RE	24,4031	14,4915	2,00	50,00
TI	7,4246	2,3789	3,6109	14,1708

Nguồn: Stata 15.

Bảng 1 trình bày kết quả thống kê mô tả các biến số trong mô hình. Mẫu nghiên cứu ở dạng dữ liệu bảng cân bằng được thu thập cho 12 nền kinh tế EAGLEs trong giai đoạn từ 2008-2023, với 192 quan sát. Cấu trúc dữ liệu này đảm bảo tính đại diện cao cho các thị trường mới nổi đang đóng vai trò dẫn dắt tăng trưởng toàn cầu.

Kết quả thống kê cho thấy sự phân hóa sâu sắc trong nội bộ khối EAGLEs. Dấu chân sinh thái biến thiên rộng (0,4970 – 4,5435 gha/người), phản ánh áp lực môi trường không đồng đều tương ứng với các giai đoạn công nghiệp hóa khác nhau. Tương tự, tài chính toàn diện ghi nhận mức độ phân tán cực lớn (0,0003 – 0,9608), minh chứng cho sự bất bình đẳng rõ rệt trong tiếp cận tài chính giữa các quốc gia. Đổi mới công nghệ cũng dao động mạnh từ 3,6109 đến 14,1708, cho thấy khoảng cách lớn về năng lực sáng tạo. Chính tính không đồng nhất cao và sự phân phối trải rộng của dữ liệu này là cơ sở thực tiễn vững chắc để nghiên cứu áp dụng phương pháp hồi quy phân vị PSQR, thay vì các ước lượng trung bình truyền thống.

4.2. Kiểm định sự phụ thuộc chéo

Do đặc thù hội nhập kinh tế cao của nhóm EAGLEs, các cú sốc vĩ mô chung như biến động giá năng lượng hay khủng hoảng tài chính, dễ dàng tạo ra sự lan tỏa giữa các quốc gia. Do đó, tác giả sử dụng chùm

Bảng 2. Kết quả kiểm định sự phụ thuộc chéo

	EF	FI	TI	FI*TI	GDP	RE
Breusch-Pagan LM	335,76***	581,51***	433,61***	557,03***	487,68***	398,32***
Pesaran scaled LM	23,48***	44,87***	31,99***	42,74***	36,70***	28,92***
Bias-corrected scaled LM	23,08***	44,47***	31,60***	42,34***	36,30***	28,52***
Pesaran CD	4,63***	21,21***	15,45***	19,29***	17,23***	2,79***

Ghi chú: *** $p < 0,01$.

Nguồn: Eviews 11.

kiểm định gồm Breusch-Pagan LM, Pesaran scaled LM, Bias-corrected scaled LM, và Pesaran (Breusch & Pagan, 1980; Pesaran, 2021), với giả thuyết H_0 cho rằng không tồn tại sự phụ thuộc chéo giữa các đơn vị quan sát, để đánh giá hiện tượng này.

Kết quả tại Bảng 2 cho thấy giả thuyết H_0 bị bác bỏ tại mức ý nghĩa 1% đối với tất cả các biến. Điều này xác nhận sự tồn tại của mối liên kết kinh tế và lan tỏa chính sách giữa các quốc gia trong mẫu. Nói cách khác, các cú sốc hoặc thay đổi chính sách ở một quốc gia có khả năng lan tỏa và ảnh hưởng đến các quốc gia khác.

4.3. Kiểm định tính đồng nhất của hệ số góc

Bảng 3. Kết quả kiểm định SH test

	Delta		Adj.Delta	
	Stat.	p_value	Stat.	p_value
Model	3,127	0,002	4,169	0,000

Nguồn: Stata 15.

Kết quả kiểm định tại Bảng 3 xác nhận sự không đồng nhất của hệ số góc tại mức ý nghĩa 1%. Ngụ ý rằng tác động của FI, GDP, RE và TI lên EF có sự phân hóa rõ rệt giữa các quốc gia EAGLEs do sự khác biệt về cấu trúc kinh tế, trình độ phát triển và thể chế.

4.4. Kiểm định đa cộng tuyến và các khuyết tật mô hình

Kết quả tại Bảng 4 cho thấy hệ số phóng đại phương sai (VIF) có giá trị trung bình là 1,30 và không có biến nào vượt quá 2; khẳng định hiện tượng đa cộng tuyến không xảy ra.

Bảng 4. Kiểm định VIF

Variable	VIF	1/VIF
GDP	1,58	0,6314
RE	1,42	0,7018
FI	1,12	0,8968
TI	1,09	0,9203
Mean VIF	1,30	

Nguồn: Stata 15.

Kết quả tại Bảng 5 lại phát hiện sự tồn tại của cả hiện tượng tự tương quan và phương sai sai số thay đổi tại mức ý nghĩa 1%. Sự hiện diện đồng thời của hai khuyết tật này sẽ làm mất đi tính hiệu quả của các ước lượng bình phương tối thiểu (OLS), khẳng định tính ưu việt của phương pháp PSQR, vốn được thiết kế để xử lý hiệu quả các nhiễu loạn phân phối mà không cần giả định khắt khe về sai số chuẩn.

Bảng 5. Kết quả kiểm định khuyết tật mô hình

Kiểm định	Chi2 Statistics	p_values
Wooldridge	50,885	0,000
Breusch-Pagan	8,38	0,0038

Nguồn: Stata 15.

4.5. Kết quả hồi quy phân vị PSQR

Kết quả ước lượng PSQR tại Bảng 6 cho thấy bức tranh đa chiều và phi tuyến về tác động của các biến số lên EF.

Tài chính toàn diện (FI): Biến FI tác động tiêu cực đến EF với hệ số tương quan âm tại mức ý nghĩa 1% trên tất cả các phân vị, ủng hộ giả thuyết H_1 . Kết quả này ủng hộ giả thuyết về hiệu ứng kỹ thuật, ngụ ý rằng tại các quốc gia EAGLEs, hệ thống tài chính đóng vai trò hiệu quả hơn trong việc dẫn vốn vào các dự án xanh và công nghệ sạch, thay vì chỉ phục vụ mở rộng quy mô sản xuất đơn thuần. Đặc biệt, độ lớn của hệ số hồi quy tăng dần theo mức độ thâm hụt sinh thái (từ -0,6274 ở $Q_{0,25}$ lên -0,7759 ở $Q_{0,90}$), chứng tỏ tài chính

Bảng 6. Kết quả hồi quy PSQR

Biến	PSQR		
	0,25	0,50	0,90
Quantiles			
FI	-0,6274*** (0,0966)	-0,7517*** (0,1664)	-0,7759*** (0,1982)
TI	1,3954*** (0,0336)	1,2432*** (0,0326)	-0,6341*** (0,0175)
FI*TI	-1,1283** (0,0489)	-0,9315* (0,0507)	0,6447*** (0,0231)
GDP	1,0552*** (0,0513)	0,9957*** (0,0243)	0,9956*** (0,0284)
RE	-0,0039** (0,0018)	-0,0075*** (0,0022)	-0,0304*** (0,0029)
Constant	-6,6121*** (0,4300)	-5,7652*** (0,2137)	-4,5250*** (0,2521)
Observations	192	192	192

Note: giá trị độ lệch chuẩn trong ngoặc.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Nguồn: Stata 15.

toàn diện sẽ phát huy hiệu quả cao nhất trong việc giảm áp lực sinh thái tại các quốc gia có dấu chân sinh thái cao. Khả năng tiếp cận tài chính tốt giúp các doanh nghiệp tại đây chuyển đổi mô hình sản xuất, từ đó giảm thiểu thâm hụt sinh thái mạnh mẽ hơn so với các quốc gia ở mức phân vị thấp. Kết quả này nhất quán với các nghiên cứu của Jian & cộng sự (2019), Usman & cộng sự (2023), Bashir & cộng sự (2023).

Đổi mới công nghệ (TI): Kết quả ước lượng phản ánh tác động không đồng nhất của TI lên EF, cho thấy vai trò của công nghệ thay đổi theo mức độ suy thoái môi trường của các quốc gia EAGLEs. Tại phân vị thấp và trung bình ($Q_{0,25}$ và $Q_{0,50}$), TI thể hiện tác động dương đến EF tại mức ý nghĩa 1%. Điều này được giải thích bởi “hiệu ứng bật trở”, trong đó đổi mới công nghệ chủ yếu được sử dụng để tối ưu hóa năng suất, làm giảm chi phí sản xuất và kích thích tiêu dùng tổng thể, từ đó làm giảm mức tiết kiệm năng lượng ban đầu và làm gia tăng EF (Mazhar & cộng sự, 2022). Ngược lại, tại mức phân vị cao ($Q_{0,90}$), hệ số tác động đảo chiều sang âm (-0,6341) tại mức ý nghĩa 1%. Sự đảo chiều này cho thấy tại các quốc gia đang chịu áp lực môi trường nghiêm trọng, hiệu ứng kỹ thuật đã chiếm ưu thế. Khi đối mặt với khủng hoảng sinh thái, đổi mới công nghệ buộc phải chuyển hướng sang mục tiêu “xanh hóa”, tập trung vào việc giải quyết các vấn đề môi trường, phát triển công nghệ xanh (Saqib & cộng sự, 2023). Kết quả này ủng hộ giả thuyết H_2 , phù hợp với lý thuyết về đường cong Kuznets.

*Biến tương tác FI*TI:* Tại các phân vị thấp ($Q_{0,25}$) và trung bình ($Q_{0,50}$), hệ số tương tác mang dấu âm lần lượt tại mức ý nghĩa 5% và 10% cho thấy sự cộng hưởng tích cực. Công nghệ giúp “xanh hóa” dòng vốn tài chính, định hướng đầu tư vào các quy trình sản xuất hiệu quả, giảm nhẹ tác động tiêu cực của việc mở rộng sản xuất lên môi trường và góp phần giảm áp lực sinh thái (Usman & cộng sự, 2023). Tuy nhiên, hiệu ứng lợi ích này suy giảm dần và đảo chiều sang dương tại phân vị cao ($Q_{0,90}$) với hệ số 0,6447 tại mức ý nghĩa 1%. Sự đảo chiều này phản ánh hiệu ứng bật trở: tại các quốc gia ô nhiễm nặng, sự kết hợp giữa tài chính dồi dào và công nghệ mới lại kích thích mở rộng quy mô sản xuất và tiêu dùng quá mức (Mazhar & cộng sự, 2022). Tăng trưởng nóng khiến hiệu ứng quy mô quay trở lại, làm giảm bớt lợi ích môi trường do FI và TI mang lại. Kết quả này hàm ý rằng ở quy mô lớn, chỉ dựa vào đổi mới công nghệ mà thiếu các chính sách kiểm soát môi trường chặt chẽ sẽ không mang lại hiệu quả, thậm chí gây tác dụng ngược (Fareed & cộng sự, 2022).

Tăng trưởng kinh tế (GDP): Kết quả ước lượng cho thấy GDP có tác động dương có ý nghĩa thống kê đến EF tại tất cả các phân vị xem xét, ủng hộ giả thuyết H_4 . Phát hiện này cung cấp bằng chứng mạnh mẽ cho sự chi phối của *hiệu ứng quy mô* trong mối quan hệ giữa tăng trưởng và môi trường tại các quốc gia EAGLEs. Hệ số hồi quy dương xấp xỉ 1 ở mọi phân vị cho thấy quá trình mở rộng sản xuất vẫn dựa trên sự thâm dụng

tài nguyên lớn, trong khi hiệu ứng kỹ thuật chưa đủ mạnh để bù đắp các tổn hại môi trường (Nathaniel, 2021). Phát hiện này nhất quán với nghiên cứu của Ozcan & cộng sự (2018) khi bác bỏ giả thuyết đường cong Kuznets trong giai đoạn đầu phát triển. Đáng chú ý, tác động của GDP mạnh nhất tại các phân vị thấp ($Q_{0,25}$), phản ánh đặc thù của giai đoạn khởi đầu công nghiệp hóa, nơi tốc độ mở rộng kinh tế và nhu cầu về năng lượng hóa thạch đạt đỉnh. Điều này cảnh báo rằng chiến lược “tăng trưởng trước, làm sạch sau” không còn phù hợp, đòi hỏi các chính sách tăng trưởng phải được tích hợp chặt chẽ với các tiêu chuẩn xanh ngay từ đầu để giảm thiểu áp lực sinh thái hiện hành.

Năng lượng tái tạo (RE): RE thể hiện tác động âm có ý nghĩa thống kê đến EF, ủng hộ giả thuyết H_5 , khẳng định vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu suy thoái môi trường tại các quốc gia EAGLEs. Đặc biệt, cường độ của tác động giảm thiểu này có xu hướng tăng dần từ phân vị thấp tới phân vị cao, đạt mức cao nhất tại $Q_{0,90}$ (-0,0304). Kết quả này nhất quán với các nghiên cứu của Sharif & cộng sự (2021), Kihombo & cộng sự (2021), hàm ý rằng quá trình chuyển đổi sang năng lượng sạch mang lại lợi ích môi trường lớn nhất khi áp dụng tại các nền kinh tế ô nhiễm cao.

5. Kết luận

Nghiên cứu được thực hiện nhằm phân tích tác động phức tạp của tài chính toàn diện và đổi mới công nghệ lên dấu chân sinh thái bằng phương pháp PSQR. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (1) Tài chính toàn diện và năng lượng tái tạo có tác động nhất quán, làm giảm dấu chân sinh thái, thể hiện “Hiệu ứng kỹ thuật” trong việc thúc đẩy đầu tư xanh. Đồng thời, nghiên cứu tái khẳng định vai trò của tăng trưởng kinh tế như một động lực chính làm gia tăng áp lực sinh thái, đòi hỏi sự chuyển dịch mô hình tăng trưởng; (2) Tác động của đổi mới công nghệ là không đồng nhất, mà đảo chiều theo bối cảnh. Ở giai đoạn đầu, đổi mới công nghệ có thể làm tăng dấu chân sinh thái do “hiệu ứng bật trở” tại các quốc gia có mức ô nhiễm thấp và trung bình. Tuy nhiên, khi áp lực môi trường trở nên nghiêm trọng, đổi mới công nghệ giúp cải thiện môi trường tại những quốc gia có mức độ ô nhiễm cao. Điều này phản ánh sự chuyển dịch trọng tâm từ tập trung vào năng suất sang hiệu quả sinh thái. (3) Vai trò điều tiết của đổi mới công nghệ trong mối quan hệ giữa tài chính toàn diện và dấu chân sinh thái là không đồng nhất. Tại các quốc gia ít ô nhiễm, sự kết hợp này giúp giảm thiểu áp lực môi trường. Ngược lại, tại các quốc gia ô nhiễm nghiêm trọng, tương tác này lại làm gia tăng EF. Đây là lời cảnh báo quan trọng cho thấy sự cộng hưởng giữa dòng vốn và công nghệ nếu thiếu kiểm soát sẽ kích thích tăng trưởng nóng, lấn át nỗ lực giảm thải.

Để đạt được sự phát triển bền vững, chính phủ các quốc gia EAGLEs cần thay thế cách tiếp cận “mốt chính sách cho tất cả” bằng một chiến lược điều tiết phân vị, trong đó các công cụ tài chính và công nghệ phải được kiểm soát chặt chẽ để tối ưu hóa lợi ích và tránh tạo ra vòng tuần hoàn tiêu cực đối với môi trường, cụ thể như sau:

Xây dựng chính sách tùy theo phân vị: Các quốc gia EAGLEs có EF thấp, cần tập trung vào thuế tài nguyên để ngăn chặn việc tăng năng suất dẫn đến tăng khai thác. Trong khi nhóm có EF cao cần các biện pháp can thiệp mạnh mẽ để kiểm soát quy mô tiêu dùng năng lượng từ các hoạt động được tài trợ bởi hệ thống tài chính, đảm bảo công nghệ phục vụ mục tiêu đảo ngược suy thoái môi trường.

Thúc đẩy “Tài chính xanh” có điều kiện: thông qua thiết kế cơ chế liên kết, tiếp cận tín dụng chính thức đi kèm với các điều kiện ràng buộc. Đặc biệt tại các quốc gia ô nhiễm nặng, cần chú trọng tiêu chuẩn về khí thải để ngăn chặn sự cộng hưởng tiêu cực giữa tài chính và công nghệ.

Định hướng chiến lược nghiên cứu và phát triển: Chuyển dịch chính sách tài trợ vào các công nghệ tiết kiệm tài nguyên và xử lý chất thải, đặc biệt cấp thiết tại các quốc gia đang trong giai đoạn đầu của công nghiệp hóa.

Mặc dù cung cấp bằng chứng thực nghiệm mới qua mô hình PSQR, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế khi sử dụng các chỉ số vĩ mô tổng hợp, chưa phân tách rạch ròi giữa công nghệ “xanh” và “nâu” do rào cản dữ liệu. Điều này phần nào giới hạn khả năng giải thích chi tiết nguồn gốc của “hiệu ứng bật trở” tại các quốc

gia có áp lực môi trường thấp. Mô hình hiện tại cũng chưa kiểm soát đầy đủ vai trò của chất lượng thể chế và quy định môi trường, những yếu tố then chốt quyết định hiệu quả thực thi chính sách. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo sẽ ưu tiên phân tách tác động riêng biệt của đổi mới sinh thái (Eco-innovation) và Tài chính số (Fintech) để tăng độ chính xác cho các hàm ý chính sách; đồng thời, bổ sung biến số chất lượng thể chế vào mô hình nhằm xác định các điều kiện biên giúp tài chính toàn diện thực sự xanh hóa nền kinh tế.

Tài liệu tham khảo

- Ahmad, M., Ahmed, Z., Bai, Y., Qiao, G., Popp, J. & Oláh, J. (2022). Financial Inclusion, technological innovations, and environmental quality: Analyzing the role of green openness. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 851263.
- Ahmed, F., Kousar, S., Pervaiz, A. & Ramos-Requena, J.P. (2020). Financial development, institutional quality, and environmental degradation nexus: New evidence from asymmetric ARDL co-integration approach. *Sustainability*, 12(18), 7812.
- Aziz, A. & Naima, U. (2021). Rethinking digital financial inclusion: Evidence from Bangladesh. *Technology in Society*, 64, 101509.
- Baloch, M.A., Zhang, J., Iqbal, K. & Iqbal, Z. (2019). The effect of financial development on ecological footprints in BRI countries: Evidence from panel data estimation. *Environmental science and pollution research*, 26, 6199-6208.
- Bashir, M.F., Pan, Y., Shahbaz, M. & Ghosh, S. (2023). How energy transition and environmental innovation ensure environmental sustainability? Contextual evidence from Top-10 manufacturing countries. *Renewable Energy*, 204, 697-709.
- BBVA Research (2016). *EAGLEs: Emerging and growth leading economies economic outlook annual report 2016*. <https://www.bbvarsearch.com/en/publicaciones/eagles-economic-outlook-annual-report-2016/>
- Boutabba, M.A. (2014). The impact of financial development, income, energy and trade on carbon emissions: evidence from the Indian economy. *Economic Modelling*, 40, 33-41.
- Breusch, T.S. & Pagan, A.R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1), 239-253.
- Caglar, A.E., Yavuz, E., Mert, M. & Kilic, E. (2022). The ecological footprint facing asymmetric natural resources challenges: evidence from the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16406-9>
- Charfeddine, L. & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: a panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable energy*, 139, 198-213.
- Chaudhry, I.S., Yusop, Z. & Habibullah, M.S. (2022). Financial inclusion-environmental degradation nexus in OIC countries: new evidence from environmental Kuznets curve using DCCE approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(4), 5360-5377.
- Fareed, Z., Rehman, M.A., Adebayo, T.S., Wang, Y., Ahmad, M. & Shahzad, F. (2022). Financial inclusion and the environmental deterioration in Eurozone: the moderating role of innovation activity. *Technology in Society*, 69, 101961.
- Frankel, J.A. & Romer, D. (1999). Does trade cause growth?. *American economic review*, 89(3), 379-399.
- Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Jalil, A. & Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy economics*, 33(2), 284-291.

-
- Jian, J., Fan, X., He, P., Xiong, H. & Shen, H. (2019). The effects of energy consumption, economic growth and financial development on CO2 emissions in China: A VECM approach. *Sustainability*, 11(18), 4850.
- Khan, M.A., Khan, M.A., Ahmed, M. & Khan, K. (2022). Environmental consequences of financial development in emerging and growth-leading economies: A multidimensional assessment. *Borsa Istanbul Review*, 22(4), 668-677.
- Kihombo, S., Ahmed, Z., Chen, S., Adebayo, T.S. & Kirikkaleli, D. (2021). Linking financial development, economic growth, and ecological footprint: what is the role of technological innovation?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 1-11.
- Koenker, R. & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 46, 33-50.
- Koenker, R. & Hallock, K.F. (2001). Quantile regression. *Journal of economic perspectives*, 15(4), 143-156.
- Mazhar, M., Majeed, M.T. & Hussain, Z. (2022). Remittance inflows, technological innovations, financial development and ecological footprint: A global analysis using PSQR approach. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 16(3), 424-451.
- Nathaniel, S.P. (2021). Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia. *GeoJournal*, 86(5), 2057-2070.
- Nketiah, E., Song, H., Cai, X., Adjei, M., Obuobi, B., Adu-Gyamfi, G. & Cudjoe, D. (2022). Predicting citizens' recycling intention: Incorporating natural bonding and place identity into the extended norm activation model. *Journal of Cleaner Production*, 377, 134425.
- Ozcan, B., Apergis, N. & Shahbaz, M. (2018). A revisit of the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey: new evidence from bootstrap rolling window causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(32), 32381-32394.
- Pesaran, M.H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical economics*, 60(1), 13-50.
- Renzhi, N. & Baek, Y.J. (2020). Can financial inclusion be an effective mitigation measure? evidence from panel data analysis of the environmental Kuznets curve. *Finance Research Letters*, 37, 101725.
- Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy policy*, 38(5), 2528-2535.
- Salehnia, N., Karimi Alavijeh, N. & Salehnia, N. (2020). Testing Porter and pollution have hypothesis via economic variables and CO₂ emissions: A cross-country review with panel quantile regression method. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 31527-31542.
- Saqib, N., Ozturk, I. & Usman, M. (2023). Investigating the implications of technological innovations, financial inclusion, and renewable energy in diminishing ecological footprints levels in emerging economies. *Geoscience Frontiers*, 14(6), 101667.
- Sharif, A., Meo, M.S., Chowdhury, M.A.F. & Sohag, K. (2021). Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126028.
- Shehzadi, M., Hayat, R., Mubashar, A., Ghulam, S. & Hussain, S. (2025). Unlocking Environmental Sustainability through Financial Inclusion: Evidence from Developing Economies. *Journal of Regional Studies Review*, 4(1), 332-346.
- Siriwat, P. & Tiedt, S. (2019). *Encyclopedia of animal cognition and behavior* (pp. 1-4). World Wildlife Fund.
- Tamazian, A., Chousa, J.P. & Vadlamannati, K.C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy policy*, 37(1), 246-253.
- Toumi, S. (2025). Unveiling impact of financial development, renewable energy, and technological innovation on ecological footprint in major remittance-receiving economies—A PQARDL approach. *International Journal of Renewable Energy Development*, 14(1), 180-199.

-
- Ullah, S., Ali, K., Shah, S.A. & Ehsan, M. (2022). Environmental concerns of financial inclusion and economic policy uncertainty in the era of globalization: evidence from low & high globalized OECD economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 36773-36787.
- Usman, A., Ozturk, I., Hassan, A., Zafar, S.M. & Ullah, S. (2021). The effect of ICT on energy consumption and economic growth in South Asian economies: An empirical analysis. *Telematics and Informatics*, 58, 101537.
- Usman, M., Kousar, R., Makhdum, M.S.A., Yaseen, M.R. & Nadeem, A.M. (2023). Do financial development, economic growth, energy consumption, and trade openness contribute to increase carbon emission in Pakistan? An insight based on ARDL bound testing approach. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 444-473.
- Usman, O., Akadiri, S.S. & Adeshola, I. (2020). Role of renewable energy and globalization on ecological footprint in the USA: implications for environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 30681-30693.
- World Bank (2024). *Global Economic Prospects, January 2024*. The World Bank.