
MỐI LIÊN HỆ GIỮA NGÀNH DỊCH VỤ VÀ PHÁT THẢI KHÍ CO₂: BẰNG CHỨNG THỰC NGHIỆM VỀ ĐƯỜNG CONG MÔI TRƯỜNG KUZNETS Ở CÁC QUỐC GIA ĐANG PHÁT TRIỂN CHÂU Á

Đỗ Thị Hoa Liên

Trường Đại học Lao động - Xã hội (Cơ sở Thành phố Hồ Chí Minh)

Email: liendth@ldxh.edu.vn

Mã bài: JED-2699

Ngày nhận: 14/10/2025

Ngày nhận bản sửa: 26/12/2025

Ngày duyệt đăng: 29/12/2025

DOI: 10.33301/JED.VI.2699

Tóm tắt

Dựa trên khuôn khổ đường cong Kuznets môi trường (EKC), bài viết xem xét liệu quá trình chuyển dịch sang nền kinh tế dịch vụ có góp phần làm giảm lượng khí thải CO₂ khi đạt đến một ngưỡng nhất định hay không. Dữ liệu bảng của 17 quốc gia đang phát triển Châu Á từ năm 1994 đến năm 2023 được sử dụng. Các kiểm định về tính không đồng nhất, sự phụ thuộc chéo, nghiệm đơn vị thể hệ thứ hai và phương pháp đồng liên kết Westerlund đều được thực hiện. Để xác thực các phát hiện, mô hình CCEMG (Common Correlated Effects Mean Group) và CS-ARDL (Cross-sectionally Autoregressive Distributed Lag) đã được sử dụng. Kết quả nghiên cứu cung cấp bằng chứng về mối liên hệ hình chữ U ngược giữa mở rộng ngành dịch vụ và phát thải CO₂. Dựa trên những khám phá này, tác giả bài viết đã đưa ra những hàm ý liên quan để đạt được một môi trường bền vững ở các quốc gia đang phát triển của châu Á.

Từ khóa: EKC, ngành dịch vụ, phát thải CO₂.

Mã JEL: C33, O14, O44, Q51.

The relationship between the service sector and greenhouse gas emissions: Empirical evidence on the environmental Kuznets curve in developing Asian countries

Abstract

Basing on the Environmental Kuznets Curve (EKC) framework, this study investigates whether the transition toward a service-based economy contributes to reducing CO₂ emissions after a certain income threshold is reached. This research employs panel data covering 17 developing Asian countries over the period 1994–2023. Heterogeneity tests, cross-sectional dependence, second-generation unit roots, and Westerlund cointegration methods are performed. To validate the findings, CCEMG (Common Correlated Effects Mean Group) and CS-ARDL (Cross-sectionally Autoregressive Distributed Lag) models are used. The results provide evidence of an inverted U-shaped relationship between the service sector and CO₂ emissions. Based on the findings, relevant policy implications are proposed to promote environmental sustainability in developing Asian countries.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, service sector, CO₂ emissions.

JEL Codes: C33, O14, O44, Q51.

1. Giới thiệu

Ở Châu Á, ngành dịch vụ hiện chiếm phần lớn GDP. Nhiều quốc gia ở châu lục này (như Trung Quốc, Thái Lan, Indonesia, Việt Nam), tốc độ tăng trưởng ngành dịch vụ đã vượt ngành công nghiệp. Ngành dịch vụ có tiềm năng trở thành động lực cho tăng trưởng kinh tế ở các nền kinh tế đang phát triển ở Châu Á, vốn từ lâu đã dựa vào sản xuất hướng đến xuất khẩu để thúc đẩy tăng trưởng (Kim & Wood, 2020). Các nền kinh tế châu Á có xu hướng ngày càng tham gia nhiều hơn vào chuỗi giá trị toàn cầu thông qua ngành dịch vụ (cung cấp dịch vụ cho sản xuất, logistics, tài chính...) (Taguchi & Lar, 2024). Tuy nhiên, các nước đang phát triển ở châu Á hiện chiếm khoảng một nửa lượng phát thải CO₂ toàn cầu. Trung Quốc là nước đóng góp lớn nhất, chiếm 35% phát thải toàn cầu và vượt các nền kinh tế tiên tiến về tổng phát thải từ năm 2020, còn Ấn Độ trở thành nguồn phát thải lớn thứ ba thế giới vào năm 2023, vượt Liên minh Châu Âu (IEA, 2024).

Một số nghiên cứu thực nghiệm gần đây đã cung cấp bằng chứng về tác động của việc mở rộng ngành dịch vụ đến chất lượng môi trường. Quá trình chuyển dịch cơ cấu kinh tế sang khu vực dịch vụ tại Pakistan cho thấy mối quan hệ hình chữ U ngược giữa tăng trưởng kinh tế và ô nhiễm môi trường (Hashmi & cộng sự, 2020). Mở rộng ngành dịch vụ có xu hướng giảm CO₂ (quan sát theo hàm bậc hai). Tuy nhiên, theo hàm bậc ba, không chắc chắn rằng phát thải sẽ tiếp tục giảm trong dài hạn khi nền kinh tế chuyển dịch sang phát triển ngành dịch vụ (Yassin & Aralas, 2019). Các ngành dịch vụ của Thái Lan, Philippines và Singapore làm tăng CO₂, tuy nhiên, các ngành dịch vụ của Malaysia và Indonesia có thể giảm CO₂ (Ahmad & cộng sự, 2021).

Nghiên cứu đánh giá “mối liên hệ giữa ngành dịch vụ và phát thải khí CO₂: bằng chứng thực nghiệm về đường cong môi trường Kuznets ở các quốc gia đang phát triển Châu Á” đáng được thực hiện vì những lý do: (1) Các nước đang phát triển Châu Á có lượng phát thải CO₂ lớn; (2) Sự mở rộng của khu vực dịch vụ tại các quốc gia đang phát triển châu Á cho thấy khu vực này ngày càng thể hiện tiềm năng lớn và vai trò quan trọng trong tăng trưởng GDP, đồng thời có những tác động đáng kể đến chất lượng môi trường; (3) Theo hiểu biết của tác giả, hiện vẫn còn thiếu các nghiên cứu thực nghiệm kiểm định giả thuyết Đường cong Kuznets Môi trường (EKC) hình chữ U ngược tại các nền kinh tế đang phát triển ở châu Á, đặc biệt thông qua tác động của sự mở rộng khu vực dịch vụ đối với phát thải CO₂. Trong khi đó, một số nghiên cứu khác đã kiểm tra đường cong chữ N cho các quốc gia châu Á, cũng với sự tập trung vào ngành dịch vụ; (4) Thêm vào đó, để cung cấp ước lượng tin cậy và giải quyết các vấn đề kinh tế lượng như sự phụ thuộc chéo, không đồng nhất cấu trúc giữa các quốc gia, nghiên cứu áp dụng các ước lượng CCEMG và CS-ARDL cho 17 quốc gia đang phát triển Châu Á giai đoạn 1994–2023.

2. Tổng quan nghiên cứu

Các nghiên cứu về giả thuyết EKC

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã được tiến hành, đặc biệt kể từ nghiên cứu của Grossman & Krueger (1991) sử dụng mô hình bậc hai để làm rõ mối quan hệ giữa phát triển kinh tế và ô nhiễm môi trường theo giả thuyết EKC, với ô nhiễm tăng ở giai đoạn đầu và giảm sau khi đạt ngưỡng thu nhập nhất định. Các nghiên cứu ban đầu tập trung vào tác động của thu nhập đến phát thải, sau đó mô hình EKC được mở rộng bằng cách đưa thêm nhiều biến phụ thuộc và độc lập khác.

Trong những năm gần đây, một số nghiên cứu đã đánh giá đường cong EKC khi áp dụng cho nhóm các quốc gia (Saqib & cộng sự, 2023; Liu & cộng sự, 2022). Kết quả của nhiều nghiên cứu cho thấy mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và ô nhiễm môi trường tuân theo EKC (như Jiang & cộng sự, 2022; Ahmad & cộng sự, 2023). Bên cạnh đó, EKC không được xác nhận trong dữ liệu của một số nghiên cứu (như Ng & cộng sự, 2020; Hakkak & cộng sự, 2023). Sự khác nhau giữa các nghiên cứu có thể được lý giải bởi sự khác biệt trong mô hình phân tích, thời kỳ dữ liệu, tập hợp biến giải thích, cũng như cấu trúc và dạng thức của EKC được áp dụng.

Các nghiên cứu về ngành dịch vụ và CO₂

Giả thuyết chuyển dịch cơ cấu kinh tế cho rằng các ngành công nghiệp ô nhiễm cao sẽ dần được thay thế bởi ngành dịch vụ ít ô nhiễm. Thực tế, trong quá trình mở rộng khu vực dịch vụ, cơ cấu kinh tế chuyển dịch giảm tỷ trọng công nghiệp nặng gây ô nhiễm (Kaldor, 1961). Một số nghiên cứu đã làm rõ vai trò của khu vực dịch vụ trong tác động đến môi trường ở cấp quốc gia. Tuy nhiên, các phát hiện vẫn chưa đạt được sự thống nhất, do ảnh hưởng của các yếu tố như lựa chọn mẫu là các quốc gia khác nhau, phương pháp kinh tế lượng và mức độ phát triển của từng nền kinh tế.

Một số nghiên cứu gần đây cho thấy việc gia tăng tỷ trọng dịch vụ trong cơ cấu kinh tế có tác động tích

cực đến chất lượng môi trường, do ngành dịch vụ có thể thúc đẩy chuyển đổi xanh thông qua ứng dụng công nghệ, quy trình xanh và hỗ trợ kiểm soát ô nhiễm. Nghiên cứu tại Nhật Bản giai đoạn 1995–2005, sử dụng phương pháp phân tích phân rã, cho thấy chuyển dịch cơ cấu kinh tế sang khu vực dịch vụ góp phần làm giảm phát thải CO₂ (Okamoto, 2013). Phân tích dựa trên dữ liệu bảng của 147 quốc gia đang phát triển trong giai đoạn 1960 – 2020, với mô hình hiệu ứng cố định, nghiên cứu gợi ý rằng mở rộng thương mại dịch vụ, đặc biệt là các dịch vụ có giá trị gia tăng cao, có thể hỗ trợ mục tiêu giảm phát thải (Saeed & Ghimire, 2022). Sử dụng dữ liệu giai đoạn 1990–2018 tại ASEAN-5, kết quả mô hình DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares) và FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) cho thấy sự phát triển ngành dịch vụ tại Thái Lan, Philippines và Singapore làm gia tăng phát thải CO₂ (Ahmad & cộng sự, 2021). Tuy nhiên, các ngành dịch vụ của Malaysia và Indonesia làm giảm CO₂.

Tác động của khu vực dịch vụ đến môi trường có sự khác biệt giữa các nhóm thu nhập cũng như giữa các tác động trực tiếp và gián tiếp. Sử dụng ước lượng CCEMG (Common Correlated Effects Pooled Mean Group) và AMG (Augmented Mean Group), nghiên cứu cho thấy tại các nước thu nhập trung bình cao, tỷ trọng dịch vụ gia tăng làm tăng CO₂, trong khi ở nhóm thu nhập trung bình thấp, mở rộng khu vực dịch vụ có xu hướng làm giảm phát thải (Sohag & cộng sự, 2017). Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc thúc đẩy các ngành dịch vụ xanh và dựa trên công nghệ để hướng tới tăng trưởng bền vững. Kết quả thực nghiệm cho thấy giá trị gia tăng của khu vực dịch vụ làm gia tăng phát thải carbon và dấu chân sinh thái; tuy nhiên, chi tiêu của chính phủ và nguồn thu thuế có vai trò điều tiết, giúp giảm nhẹ các tác động tiêu cực của khu vực dịch vụ đối với môi trường (Ehigiamusoe & cộng sự, 2025).

Một số nghiên cứu khác lại cho thấy những tác động tiêu cực của sự mở rộng ngành dịch vụ đối với chất lượng môi trường. Alam (2015), sử dụng hồi quy OLS (Ordinary Least Squares) cho Bangladesh, Ấn Độ, Nepal và Sri Lanka, cho thấy chuyển dịch sang ngành dịch vụ không làm giảm mà còn làm gia tăng phát thải CO₂ theo thu nhập. Phân tích giai đoạn 1995–2021 cho thấy phát thải theo tiêu dùng trong khu vực dịch vụ tăng 63%, chủ yếu do mở rộng các dịch vụ công, y tế và tài chính; đồng thời nhấn mạnh vai trò của hiệu quả hoạt động và đầu tư công nghệ xanh trong việc giảm phát thải mà vẫn duy trì tăng trưởng bền vững (Liang & cộng sự, 2025).

Ngoài ra, một số nghiên cứu đánh giá mối liên hệ phi tuyến giữa thành phần ngành và CO₂, tuy nhiên số nghiên cứu này còn rất ít. Trong một nghiên cứu gần đây, Hashmi & cộng sự (2020) cũng đã xem xét vai trò của ngành dịch vụ đến môi trường trong khuôn khổ phi tuyến. Sử dụng mô hình ARDL, nghiên cứu đã chỉ ra mối liên hệ hình chữ U ngược giữa ngành dịch vụ và CO₂ tồn tại ở Pakistan. Ước lượng DCCE (Dynamic Common Correlated Effects) cho thấy mở rộng ngành dịch vụ giúp giảm CO₂ ở châu Á, song mối quan hệ chữ N hàm ý phát thải dài hạn không nhất thiết tiếp tục giảm khi chuyển sang kinh tế dịch vụ (Yassin & Aralas, 2019). Một nghiên cứu sử dụng dữ liệu của 34 quốc gia châu Á giai đoạn 1990–2016, áp dụng mô hình phi tuyến và ước lượng GMM (Generalized Method of Moments), cho thấy mối quan hệ hình chữ N giữa ngành dịch vụ và CO₂, hàm ý tăng trưởng dịch vụ không làm giảm phát thải một cách liên tục (Yassin & Aralas, 2020). Sử dụng hồi quy tuyến tính Bayes với dữ liệu các nền kinh tế phát triển và đang phát triển giai đoạn 2001–2023, nghiên cứu cho thấy tồn tại mối quan hệ hình chữ U giữa tăng trưởng các khu vực kinh tế (công nghiệp, nông nghiệp, dịch vụ) và suy thoái môi trường, hàm ý rằng giả thuyết EKC truyền thống không được xác nhận trong trường hợp này (Fatima & cộng sự, 2025).

Như đã thấy trong tổng quan tài liệu, theo hiểu biết của tác giả bài viết, còn có ít các nghiên cứu cung cấp bằng chứng về tính phi tuyến giữa ngành dịch vụ và CO₂, trong khi có xem xét tính không đồng nhất và sự phụ thuộc chéo trong dữ liệu bảng trong khuôn khổ các quốc gia đang phát triển ở Châu Á, do đó theo nghĩa này, nghiên cứu này nhằm mục đích mở rộng đóng góp.

3. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình

Bài viết sử dụng mô hình STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến CO₂. Mô hình STIRPAT do Dietz & Rosa (1997) đề xuất có dạng cơ bản như sau:

$$I_{it} = aP_{it}^b A_{it}^c T_{it}^d e_{it}$$

Trong đó, I là yếu tố thể hiện sự ô nhiễm môi trường; P là quy mô dân số; A đại diện sự phát triển; T đại diện trình độ công nghệ; e_{it} là yếu tố ngẫu nhiên; a là hằng số; b , c , d lần lượt là tham số của P , A và T ; i , t

đại diện cho các quốc gia và năm tương ứng. Phương trình trên có thể được viết dưới dạng logarit như sau:

$$\ln I_{it} = a + b \ln P_{it} + c \ln A_{it} + d \ln T_{it} + e_{it}$$

Dựa trên mô hình STIRPAT, tác giả bài viết xây dựng mô hình nghiên cứu như sau:

$$\ln CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RE_{it} + \beta_2 \ln SER_{it} + \beta_3 (\ln SER)_{it}^2 + \beta_4 \ln L_{it} + \beta_5 \ln FE_{it} + e_{it}$$

Trong đó, biến phụ thuộc $\ln CO_2$ là logarit CO_2 bình quân đầu người. Các biến giải thích, bao gồm: $\ln RE$, $\ln SER$, $(\ln SER)^2$, $\ln L$, $\ln FE$. Biến $\ln SER$ là logarit tỷ trọng ngành dịch vụ trong GDP, thể hiện sự phát triển ngành dịch vụ của một quốc gia (%), biến $(\ln SER)^2$ được đưa vào mô hình nhằm xem xét mối quan hệ phi tuyến tính giữa tăng trưởng ngành dịch vụ và lượng phát thải theo EKC (như Hashmi & cộng sự, 2020; Yassin & Aralas, 2020). Hai biến SER và SER^2 có thể có tương quan rất cao với nhau, do đó chuẩn hóa cả hai sẽ giảm mức độ đa cộng tuyến và ổn định ước lượng hồi quy. Biến $\ln L$ là logarit lực lượng lao động của một quốc gia (người) (như Wang & cộng sự, 2024), Trong các mô hình STIRPAT mở rộng, biến “P” không nhất thiết là tổng dân số, mà là yếu tố nhân khẩu học phản ánh hoạt động của con người, do đó ở nghiên cứu này, bối cảnh là các nước đang phát triển, biến L được sử dụng nhằm phản ánh chính xác hơn mức độ hoạt động kinh tế - nguồn gốc chính tạo ra áp lực môi trường. Đổi mới về năng lượng và công nghệ môi trường được gọi là đổi mới công nghệ xanh là chìa khóa giải quyết vấn đề về biến đổi khí hậu và thúc đẩy phát triển kinh tế (Du & Li, 2019). Một số nghiên cứu cũng sử dụng dữ liệu về năng lượng tái tạo làm biến đại diện cho đổi mới công nghệ xanh và tìm thấy vai trò quan trọng để đạt được các mục tiêu phát triển bền vững (Nosheen & cộng sự, 2021). Do đó, biến $\ln RE$ thể hiện sự đổi mới công nghệ xanh, được đo lường bằng lượng tiêu thụ năng lượng tái tạo bình quân (kWh). Tiêu thụ năng lượng tái tạo góp phần cải thiện chất lượng môi trường, trong khi việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch làm suy giảm chất lượng môi trường (Bekun & cộng sự, 2019), do đó FE cũng được đưa vào mô hình, như một đại diện cho công nghệ chưa thân thiện môi trường.

Nguồn dữ liệu

Nghiên cứu đã chọn 17 quốc gia đang phát triển ở Châu Á (Việt Nam, Trung Quốc, Ấn Độ, Thái Lan, Philippines, Malaysia, Thổ Nhĩ Kỳ, Pakistan, Kazakhstan, Indonesia, Iran, Bangladesh, Nga, Iraq, Sri Lanka, Uzbekistan và Turkmenistan) và thu thập dữ liệu từ năm 1994 đến năm 2023 cho các biến. Dữ liệu biến CO_2 , RE , FE được thu thập từ nguồn OWD (Our World in Data), truy cập tại <https://ourworldindata.org>, ngày 20/9/2025; SER , L được thu thập từ WDI (World Development Indicators), truy cập tại: World Bank Open Data | Data, ngày 20/9/2025.

Phương pháp ước lượng

Để xác định mối quan hệ giữa các biến, nghiên cứu thực nghiệm gồm 4 bước. Các kiểm định phụ thuộc chéo (Cross Sectional Dependence - CSD) được thực hiện là Breusch-Pagan LM (Breusch & Pagan, 1980); Pesaran scaled LM; Bias-corrected scaled LM (Pesaran & cộng sự, 2008); Pesaran CD (Pesaran, 2015). Kiểm tra tính không đồng nhất (Slope heterogeneity - SH) bằng việc sử dụng kiểm định được phát triển bởi Blomquist & Westerlund (2013). Cần kiểm tra phụ thuộc chéo do các quốc gia chịu các cú sốc kinh tế – môi trường chung, đồng thời kiểm tra tính không đồng nhất vì tác động đến CO_2 khác nhau giữa các quốc gia, việc giả định hệ số đồng nhất có thể gây sai lệch kết quả. Dữ liệu bảng có sự phụ thuộc chéo nên kiểm định nghiệm đơn vị CADF (Covariate-Augmented Dickey-Fuller) do Pesaran (2007) và Karavias & Tzavalis do Karavias & Tzavalis (2014) đề xuất được thực hiện. Trong bước thứ ba, ngoài kiểm định đồng tích hợp Westerlund (2007) do hiện diện của sự phụ thuộc chéo, kỹ thuật đồng tích hợp thông dụng khác là Pedroni (2004) cũng được thực hiện. Ở bước cuối cùng, ước lượng các hệ số dài hạn. Ước lượng CCEMG, do Pesaran (2006) đề xuất, được sử dụng trong nghiên cứu này vì có khả năng xử lý hiệu quả hiện tượng phụ thuộc chéo và cho phép các hệ số độ dốc không đồng nhất giữa các quốc gia. Ước lượng CS-ARDL của Chudik & cộng sự (2016) được sử dụng để kiểm tra độ vững chắc và xác nhận tính nhất quán của các kết quả chính trong bối cảnh dữ liệu bảng động có phụ thuộc chéo.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Thống kê mô tả

Thông tin tóm tắt về thống kê mô tả các biến được thể hiện trong Bảng 1. Biến $\ln CO_2$ có mức trung bình xấp xỉ 1,0 với độ biến động khá lớn, cho thấy CO_2 khác biệt đáng kể giữa các quốc gia trong mẫu nghiên cứu. Độ lệch chuẩn của các biến còn lại dao động từ 1,080 đến 3,350, cho thấy mức độ phân tán khác nhau giữa các biến. Trong số các biến, biến có độ lệch chuẩn cao nhất (3,350) là biến $\ln SER^2$ được logarit hóa, chuẩn hóa và sau đó bình phương. Việc bình phương biến chuẩn hóa dẫn đến gia tăng độ phân tán, kết quả

này là hợp lý và phản ánh đặc điểm phi tuyến của biến trong mô hình. Biến $\ln SER$ đã được logarit và chuẩn hóa, với giá trị trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1, phản ánh quy trình chuẩn hóa đạt yêu cầu.

Giá trị CO_2 bình quân nhỏ nhất (0,146 t CO_2) thuộc Bangladesh (năm 1994), giá trị cao nhất (16,225 t CO_2) thuộc Kazakhstan (năm 2019). Giá trị SER cao nhất là 62,4% thuộc Philippines (năm 2023), nhỏ nhất là 10,9% thuộc Iraq (năm 2000). Giá trị trung bình của SER là 47,3%, cho thấy các quốc gia đang ở giai đoạn chuyển dịch cơ cấu từ công nghiệp, nông nghiệp sang dịch vụ, nhưng chưa đạt đến mức của các nền kinh tế phát triển, nơi khu vực dịch vụ thường đóng góp trên 60–70% GDP. Mức 47% phản ánh ngành dịch vụ đã trở thành động lực tăng trưởng quan trọng, song ở các nền kinh tế đang phát triển châu Á, công nghiệp vẫn là trụ cột của sản xuất và xuất khẩu.

Bảng 1. Thống kê mô tả

	$\ln CO_2$	$\ln SER^2$	$\ln SER$	$\ln L$	$\ln RE$	$\ln FE$	CO_2	SER
Trung bình	1,001	0,998	0,000	17,294	6,019	9,254	4,394	0,473
Trung vị	1,250	0,337	0,316	17,350	6,328	9,460	3,490	0,497
Lớn nhất	2,787	41,283	1,323	20,476	8,533	11,086	16,225	0,624
Nhỏ nhất	-1,925	0,000	-6,425	14,088	0,418	6,597	0,146	0,109
Độ lệch chuẩn	1,091	3,350	1,000	1,469	1,746	1,080	3,801	0,085
N	510	510	510	510	510	510	510	510

Chú thích: Tất cả các giá trị được làm tròn đến ba chữ số sau dấu phẩy. Biến $\ln SER$ và $\ln SER^2$ có giá trị trung bình thực và giá trị nhỏ nhất thực rất nhỏ (khoảng $1,94E-16$ và $1,30E-07$), do đó sau khi làm tròn, các số liệu hiển thị trong bảng đều bằng 0,000.

Nguồn: Tính toán từ tác giả

Bảng 2. Kiểm định phụ thuộc chéo và tính không đồng nhất

Kiểm định phụ thuộc chéo								
Biến	Breusch-Pagan LM		Pesaran scaled LM		Bias-corrected scaled LM		Pesaran CD	
	Thống kê	<i>p</i> -value	Thống kê	<i>p</i> -value	Thống kê	<i>p</i> -value	Thống kê	<i>p</i> -value
$\ln CO_2$	2460,399	0,000	140,937	0,000	140,644	0,000	35,739	0,000
$\ln SER$	918,330	0,000	47,435	0,000	47,142	0,000	21,390	0,000
$\ln SER^2$	731,479	0,000	36,106	0,000	35,813	0,000	-1,851	0,064
$\ln RE$	1304,760	0,000	70,866	0,000	70,573	0,000	16,178	0,000
$\ln L$	3379,519	0,000	196,667	0,000	196,374	0,000	57,616	0,000
$\ln FE$	2529,934	0,000	145,153	0,000	144,860	0,000	34,734	0,000
Mô hình							-1,363	1,827
Kiểm định tính không đồng nhất								
	Thống kê		<i>p</i> -value					
$\tilde{\Delta}$ (Delta tilde)	12,640		0,000					
$\tilde{\Delta}_{adj}$ (Delta tilde adjusted)	14,436		0,000					

Chú thích: Tất cả các giá trị được làm tròn đến ba chữ số sau dấu phẩy. Biến $\ln SER$ và $\ln SER^2$ có giá trị trung bình thực và giá trị nhỏ nhất thực rất nhỏ (khoảng $1,94E-16$ và $1,30E-07$), do đó sau khi làm tròn, các số liệu hiển thị trong bảng đều bằng 0,000.

Nguồn: Tính toán từ tác giả.

Kết quả kiểm định CSD (Bảng 2) ở cả ba kiểm định LM đều cho thấy có bằng chứng phụ thuộc chéo ($p=0,000$), phản ánh thực tế rằng các biến nghiên cứu trong các nền kinh tế đang phát triển ở châu Á có mức độ tương quan cao giữa các quốc gia. Mở rộng ngành dịch vụ và tiêu thụ năng lượng hóa thạch giữa các quốc gia đang phát triển châu Á đều có sự phụ thuộc chéo đáng kể. Điều này phản ánh mối liên kết về tăng trưởng dịch vụ, thị trường năng lượng, chính sách và cơ cấu công nghiệp, cho thấy tác động của các biến này lên phát thải khí CO_2 không hoàn toàn độc lập. Hay lực lượng lao động cũng thể hiện phụ thuộc chéo đáng kể, do di cư khu vực và các cú sốc kinh tế chung.

Kết quả kiểm định SH (Bảng 2) ($p = 0,000$) cho thấy các hệ số hồi quy khác nhau giữa các quốc gia. Nói cách khác, mối quan hệ giữa các biến trong mô hình không đồng nhất trong toàn bộ mẫu nghiên cứu.

Kiểm định nghiệm đơn vị

Kết quả kiểm định nghiệm đơn vị (Bảng 3) cho thấy hầu hết các biến không dừng ở mức ban đầu, ngoại trừ biến $\ln SER2$, nhưng biến này trở nên dừng ở bậc $I(1)$. Như vậy, tất cả các biến có thể sử dụng để ước lượng các tham số dài hạn.

Bảng 3. Kiểm định nghiệm đơn vị

Variables	CADF		Karavias & Tzavalis (2014)	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
$\ln CO_2$	-1,993 (0,151)	-4,045 (0,000)	-0,026 (0,200)	-0,666 (0,020)
$\ln SER$	-2,422 (0,309)	-3,078 (0,000)	-1,229 (0,220)	-10,895 (0,070)
$\ln SER^2$	-2,616 (0,087)	-3,665 (0,000)	-10,612 (0,000)	-25,069 (0,000)
$\ln RE$	-1,977 (0,168)	-4,245 (0,000)	-0,209 (0,210)	-8,898 (0,000)
$\ln L$	-1,849 (0,336)	-2,803 (0,000)	0,001 (1,000)	-0,023 (0,010)
$\ln FE$	-2,283 (0,548)	-3,475 (0,000)	-0,052 (0,190)	-1,061 (0,060)

Chú thích: Giá trị trong ngoặc đơn là p -value

Nguồn: Tính toán từ tác giả

Kiểm định đồng liên kết

Kết quả kiểm định đồng liên kết (Bảng 4) cho thấy p -value của thống kê Gt trong kiểm định Westerlund (2007) và các thống kê trong kiểm định Pedroni (2004) đều nhỏ hơn 0,05, qua đó xác nhận sự tồn tại của mối quan hệ cân bằng dài hạn giữa CO_2 và các biến giải thích. Trên cơ sở đó, các hệ số dài hạn được ước lượng bằng CCEMG và CS-ARDL nhằm phân tích tác động.

Bảng 4. Kiểm định đồng liên kết

Kết quả kiểm định đồng liên kết		
Thống kê	Giá trị	p -value
<i>Westerlund (2007)</i>		
Gt	-3,029	0,049
<i>Pedroni (2004)</i>		
Modified Phillips–Perron t	1,842	0,033
Phillips–Perron t	-5,224	0,000
Augmented Dickey–Fuller t	-4,790	0,000

Nguồn: Tính toán từ tác giả

Bảng 5. Kết quả ước lượng dài hạn

Biến	CCEMG		CS-ARDL	
	Hệ số	p -value	Hệ số	p -value
$\ln SER$	0,054	0,058	0,046	0,488
$\ln SER^2$	-0,063	0,016	-0,056	0,215
$\ln RE$	-0,041	0,047	-0,046	0,090
$\ln L$	0,098	0,657	0,140	0,529
$\ln FE$	0,724	0,000	0,889	0,000
ECM			-0,802	0,000
N=510; Wald $\chi^2(5) = 85,35$;		R-squared (MG) = 0,98; Root MSE = 0,04		
Prob > $\chi^2 = 0,000$; RMSE = 0,030		CD Statistic = -1,68; p -value = 0,092		

Nguồn: Tính toán từ tác giả

Kết quả ước lượng từ mô hình CCEMG (Bảng 5) cho thấy mở rộng khu vực dịch vụ có tác động dương đến CO_2 , với mức ý nghĩa xấp xỉ 10% ($p = 0,058$). Điều này hàm ý rằng, mặc dù tác động chưa thực sự mạnh ở mức ý nghĩa 5%, quá trình mở rộng ngành dịch vụ ở các nước đang phát triển châu Á vẫn có xu hướng làm tăng CO_2 trong giai đoạn đầu. Kết quả này phản ánh đặc điểm của khu vực, nơi các hoạt động dịch vụ vẫn phụ thuộc nhiều vào công nghiệp, giao thông và năng lượng hóa thạch, trong khi các mô hình dịch vụ dựa trên tri thức và công nghệ xanh chưa phát triển. Tuy nhiên, SER^2 có hệ số âm ở mức ý nghĩa 5%, cho thấy khi sự phát triển ngành dịch vụ ở đây đạt đến một ngưỡng nhất định, tác động đến chất lượng môi trường sẽ chuyển từ tiêu cực sang tích cực, hàm ý rằng quá trình mở rộng ngành dịch vụ nếu đi kèm đổi mới công nghệ

và cải thiện hiệu quả năng lượng có thể giúp giảm CO₂ lâu dài. Kết quả cũng cho thấy tồn tại mối quan hệ phi tuyến hình chữ U ngược giữa mở rộng ngành dịch vụ và ô nhiễm môi trường. Kết quả này có sự tương đồng với Hashmi & cộng sự (2020), Yassin & Aralas (2020).

Bên cạnh đó, RE có tác động âm ở mức ý nghĩa 5%, chứng tỏ việc tăng RE góp phần giảm CO₂, trong khi FE có tác động dương, khẳng định FE vẫn là nguồn chính gây ô nhiễm môi trường. Như vậy, tác động âm và có ý nghĩa của RE khẳng định vai trò then chốt của việc thúc đẩy đầu tư vào năng lượng xanh, đặc biệt trong bối cảnh nhiều quốc gia châu Á vẫn phụ thuộc nhiều vào FE. Do đó, để đạt được mục tiêu bền vững, các quốc gia này cần chuyển đổi cơ cấu dịch vụ theo hướng giá trị gia tăng cao, ít carbon, đồng thời đẩy mạnh chuyển dịch năng lượng từ hóa thạch sang tái tạo.

Mặc dù các hệ số SER và SER² trong kiểm tra tính chắc chắn (CS-ARDL) không có ý nghĩa thống kê, nhưng dấu của chúng tương đồng với mô hình chính (CCEMG). Sự nhất quán này hỗ trợ phân diễn giải định hướng tác động giữa các biến, trong khi bài viết vẫn dựa chủ yếu vào CCEMG để rút ra kết luận thống kê nhờ tính có ý nghĩa và độ tin cậy. Các biến RE và FE tiếp tục thể hiện tác động có ý nghĩa, với dấu phù hợp với kỳ vọng lý thuyết và kết quả mô hình chính.

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm về tác động của việc mở rộng ngành dịch vụ lên phát thải khí CO₂ đối với 17 quốc gia đang phát triển ở châu Á từ năm 1994 đến năm 2023. Nghiên cứu sử dụng khuôn khổ STRIPAT trong phân tích phi tuyến và ước lượng bằng phương pháp CCEMG, có tính đến tính không đồng nhất và hiện tượng phụ thuộc chéo. Ngoài ra, mô hình chính còn được kiểm tra độ vững chắc bằng phương pháp CS-ARDL. Dựa trên kết quả ước tính, ở giai đoạn đầu, mở rộng ngành dịch vụ có ảnh hưởng tích cực đến CO₂, nhưng tác động giảm khi tỷ trọng dịch vụ tăng lên, như được thể hiện qua ước lượng khi đưa biến bình phương của ngành dịch vụ vào mô hình. Kết quả của nghiên cứu khẳng định sự tồn tại của hình chữ U ngược giữa mở rộng ngành dịch vụ và phát thải CO₂. Tiêu thụ năng lượng tái tạo tác động âm, ngược lại tiêu dùng năng lượng hóa thạch tác động dương đến CO₂. Những phát hiện này đáng chú ý đối với các nhà hoạch định chính sách, nhà nghiên cứu và chính phủ các nước đang phát triển ở Châu Á.

Trước hết, các quốc gia đang phát triển ở Châu Á cần xây dựng và triển khai một kế hoạch chiến lược toàn diện nhằm quản lý các tác động dài hạn của sự mở rộng ngành dịch vụ, gắn với mục tiêu phát triển bền vững. Trong đó, bao gồm: (i) Thúc đẩy quản lý năng lượng và môi trường trong ngành dịch vụ thông qua việc áp dụng các tiêu chuẩn tiết kiệm và hiệu quả năng lượng, chứng nhận dịch vụ xanh, tăng cường quản lý, tái chế chất thải, đồng thời ứng dụng các hệ thống giám sát và quản lý năng lượng thông minh dựa trên công nghệ số; (ii) Kết hợp hài hòa giữa các quy định môi trường linh hoạt (như thuế carbon, tiêu chuẩn và nhãn xanh) với các chính sách hỗ trợ về tài chính và kỹ thuật (ưu đãi đầu tư, hỗ trợ chuyển giao công nghệ, nâng cao năng lực cho doanh nghiệp dịch vụ...).

Thứ hai, trong bối cảnh chuyển đổi xanh và số hóa, các quốc gia đang phát triển ở châu Á nên có chính sách nhằm thúc đẩy phát triển ngành dịch vụ theo hướng xanh, thông minh và bền vững. Cụ thể: (i) Đẩy nhanh phát triển ngành dịch vụ kỹ thuật số (tài chính số, thương mại điện tử, y tế, giáo dục trực tuyến...); (ii) Phát triển các ngành dịch vụ xanh (logistics xanh, du lịch bền vững, y tế xanh...); (iii) Thúc đẩy đổi mới sáng tạo và ứng dụng các công nghệ xanh, công nghệ số (như IoT, AI, Big Data...) trong các ngành dịch vụ, nhằm nâng cao chất lượng và hiệu quả cung ứng dịch vụ, giảm tiêu hao năng lượng, hạn chế phát thải; (iv) Đẩy mạnh hợp tác quốc tế thông qua chia sẻ kinh nghiệm, chuyển giao công nghệ, thu hút đầu tư và tham gia các sáng kiến, mạng lưới dịch vụ bền vững toàn cầu.

Tài liệu tham khảo

- Ahmad, F., Draz, M. U., Chandio, A. A., Abbas, Q., & Rauf, A. (2021). Investigating the myth of smokeless industry: Environmental sustainability in the ASEAN countries and the role of service sector and renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 55344–55361. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14641-8>
- Ahmad, M., Ahmed, Z., Khan, S. A., & Alvarado, R. (2023). Towards environmental sustainability in E-7 countries: Assessing the roles of natural resources, economic growth, country risk, and energy transition. *Resources Policy*, 82, 103486. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103486>
- Alam, J. (2015). Impact of agriculture, industry and service sector's value added in the GDP on CO₂ emissions of selected South Asian countries. *World Review of Business Research*, 5(2), 39–59.
- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (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>
- Blomquist, J., & Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 121(3), 374–378. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.09.003>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47 (1), 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Chudik, A., Mohaddes, K., Pesaran, M. H., & Raissi, M. (2016). Long-run effects in large heterogeneous panel data models with cross sectionally correlated errors. In A. Ullah, D. E. A. Giles, & R. C. Sickles (Eds.), *Essays in honor of Aman Ullah* (36, 85–135). Emerald Group Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S0731-905320160000036003>
- 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.1.175>
- Du, K., & Li, J. (2019). Towards a green world: How do green technology innovations affect total-factor carbon productivity. *Energy Policy*, 131, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.033>
- Ehigiamusoe, K. U., Lee, C. C., & Lean, H. H. (2025). Analysis of the economic and environmental imperatives of the service sector: The role of government in promoting sustainable development. *Journal of Environmental Management*, 376, 124470. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124470>
- Fatima, Q., Batool, S. A., & Anjum, S. (2025). Disaggregated Analysis of Economic Growth and Environmental Degradation. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, 3(1), 2575–2588. <https://doi.org/10.59075/sw0vrp81>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement* (NBER Working Paper No. 3914). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Hakkak, M., Altintas, N., & Hakkak, S. (2023). Exploring the relationship between nuclear and renewable energy usage, ecological footprint, and load capacity factor: A study of The Russian Federation testing the EKC and LCC hypothesis. *Renewable Energy Focus*, 46, 356–366. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.07.005>
- Hashmi, S. H., Hongzhong, F., Fareed, Z., & Bannya, R. (2020). Testing non-linear nexus between service sector and CO₂ emissions in Pakistan. *Energies*, 13(3), 526. <https://doi.org/10.3390/en13030526>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *CO₂ emissions in 2023 – Analysis*. IEA. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- Jiang, S., Chishti, M. Z., Rjoub, H., & Rahim, S. (2022). Environmental R&D and trade-adjusted carbon emissions: Evaluating the role of international trade. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(42), 63155–63170. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20003-9>
- Kaldor, N. (1961). Capital accumulation and economic growth. In F. A. Lutz & D. C. Hague (Eds.), *The theory of capital* (177–222). Springer.
- Karavias, Y., & Tzavalis, E. (2014). Testing for unit roots in short panels allowing for a structural break. *Computational Statistics and Data Analysis*, 76, 391–407. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2012.10.014>

-
- Kim, J., & Wood, J. (2020). Service Sector Development in Asia: An Important Instrument of Growth. *Asian-Pacific Economic Literature*, 34(1), 12-25. <https://doi.org/10.1111/apel.12282>
- Liang, J., Wang, S., Zhao, Y., Fang, C., Feng, K., & Hubacek, K. (2025). Cross-border emissions in the service sector: A global analysis of environmental and economic linkages. *The Innovation Geoscience*, 3(2), 100133. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2025.100133>
- Liu, P.-Z., Narayan, S., Ren, Y.-S., Jiang, Y., Baltas, K., Sharp, B. (2022). Re-Examining the Income–CO2 Emissions Nexus Using the New Kink Regression Model: Does the Kuznets Curve Exist in G7 Countries?. *Sustainability*, 14, 3955. <https://doi.org/10.3390/su14073955>
- Nosheen, M., Iqbal, J., & Abbasi, M. A. (2021). Do technological innovations promote green growth in the European Union?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21717-21729. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11926-2>
- Ng, C. F., Choong, C. K., & Lau, L. S. (2020). Environmental Kuznets curve hypothesis: Asymmetry analysis and robust estimation under cross-section dependence. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18685–18698. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08351-w>
- Okamoto, S. (2013). Impacts of growth of a service economy on CO2 emissions: Japan's case. *Journal of Economic Structures*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.1186/2193-2409-2-8>
- Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: Asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econometric Theory*, 20(03), 597–625. <https://doi.org/10.1017/S0266466604203073>
- Pesaran, M. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967–1012. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2006.00692.x>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22 (2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pesaran, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric Reviews*, 34 (6-10), 1089–1117. <https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623>
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11 (1), 105–127. <https://doi.org/10.1111/j.1368-423x.2007.00227.x>
- Saeed, M. Z., & Ghimire, S. (2022). Environmental Effects of Commodity Trade vs. Service Trade in Developing Countries. *Commodities*, 1(2), 115–126. <https://doi.org/10.3390/commodities1020008>
- Saqib, N., Sharif, A., Razzaq, A., Zhang, B., & Ren, S. (2023). Integration of renewable energy and technological innovation in realizing environmental sustainability: The role of human capital in EKC framework. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 16372–16385. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23345-6>
- Sohag, K., Al Mamun, M., Uddin, G. S., & Ahmed, A. M. (2017). Sectoral output, energy use, and CO2 emission in middle-income countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(10), 9754-9764. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8599-z>
- Taguchi, H., & Lar, N. (2024). Servicification in Global Value Chains in Emerging and Developing Asian Economies. *Economies*, 12(6), 125. <https://doi.org/10.3390/economies12060125>
- Wang, W., Hu, F., Li, M., Shi, X., & Liu, X. (2024). Influencing factors and predictions of carbon emissions for the chemical industry in China. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1442106. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1442106>
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>
- Yassin, J., & Aralas, S. (2020). The Service Sector and Carbon Emission Nexus: Revisiting Environmental Kuznets Curve. *Jurnal Ekonomi Malaysia*, 54(2), 113–124. <https://doi.org/10.17576/JEM-2020-5402-10>
- Yassin, J., & Aralas, S. B. (2019). Does the De-Industrialization and Tertiarization Process De-Carbonize Emissions in Asian Countries?. *International Journal of Accounting, Finance and Business*, 4(17), 76-85. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3398334>
-