

# Kiểm định đường cong Kuznets môi trường bằng mô hình 2SLS: so sánh năm 2018 và năm 2022

Nguyễn Thị Yên Nhi<sup>1,\*</sup>, Trương Đình Giang<sup>1</sup>, Lưu Thị Thúy Nga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Kinh tế, Luật và Quản lý Nhà nước, Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh

\*nhinguyen.525102060971@st.ueh.edu.vn

## Tóm tắt

Nghiên cứu phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub> thông qua kiểm định giả thuyết đường cong Kuznets môi trường với dữ liệu từ các nước trên thế giới trong hai năm 2018 và 2022. Sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất hai giai đoạn để xử lý vấn đề nội sinh, kết quả xác nhận sự tồn tại của mối quan hệ hình chữ U ngược giữa GDP bình quân đầu người và phát thải CO<sub>2</sub>. Điểm ngưỡng GDP bình quân đầu người để bắt đầu giảm phát thải đã tăng từ 5.800 USD (2018) lên 8.580 USD (2022), cho thấy thách thức ngày càng lớn trong việc đạt được phát triển bền vững. Nghiên cứu cũng tìm thấy mối quan hệ cùng chiều của các yếu tố vĩ mô tiêu thụ năng lượng, tăng trưởng dân số và độ mở thương mại với phát thải CO<sub>2</sub>. Kết quả nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm quan trọng cho việc hoạch định chính sách cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường.

Nhận 09/10/2025  
Được duyệt 22/01/2026  
Công bố 28/02/2026

## Từ khóa

Đường cong Kuznets môi trường, phát thải CO<sub>2</sub>, tăng trưởng kinh tế, 2SLS.

© 2026 Journal of Science and Technology - NTTU

## 1 Giới thiệu

Đến năm 2025, trái đất đã nóng lên khoảng 1,55 °C so với thời kỳ tiền công nghiệp, vượt ngưỡng 1,5 °C mục tiêu của Thỏa thuận Paris [1]. Nguyên nhân chủ yếu do phát thải khí nhà kính từ việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch, trong đó CO<sub>2</sub> từ ngành năng lượng đóng vai trò then chốt và đã đạt mức cao kỷ lục trong những năm gần đây.

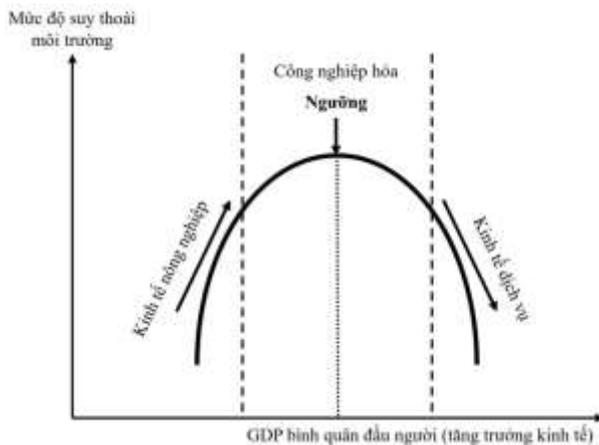
Nhiều lý thuyết giải thích mối quan hệ giữa phát triển kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub>. Phương trình Kaya Identity chỉ ra bốn yếu tố ảnh hưởng gồm dân số, GDP bình quân đầu người, cường độ năng lượng và cường độ carbon [2]. Giả thuyết đường cong Kuznets Môi trường (EKC) cho rằng phát thải giảm khi thu nhập vượt

ngưỡng nhất định nhờ công nghệ xanh và ý thức môi trường [3].

Với cam kết Net Zero 2050, Việt Nam đối mặt thách thức cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế và giảm phát thải. Nghiên cứu này kiểm định sự tồn tại của giả thuyết EKC đối với phát thải CO<sub>2</sub> từ dữ liệu cập nhật của nhiều quốc gia, xác định ngưỡng thu nhập, đồng thời phân tích sự thay đổi trong mối quan hệ kinh tế - môi trường trước và sau đại dịch COVID-19 và vai trò của các yếu tố vĩ mô như tiêu thụ năng lượng, tăng trưởng dân số và độ mở thương mại nhằm hỗ trợ hoạch định chính sách phát triển bền vững.

Năm 1955, Simon Kuznets đề xuất mối quan hệ hình chữ U ngược giữa tăng trưởng kinh tế và bất bình đẳng thu nhập [4] và được Grossman và Krueger [3] mở rộng

giả thuyết này thành EKC – một mô hình mô tả khi thu nhập tăng, ô nhiễm cũng tăng ở giai đoạn đầu nhưng sẽ giảm sau khi thu nhập vượt ngưỡng nhất định. Mối quan hệ này được minh họa trong Hình 1. EKC chia quá trình phát triển thành ba giai đoạn: kinh tế nông nghiệp với ô nhiễm thấp, công nghiệp hóa làm ô nhiễm tăng, và giai đoạn dịch vụ với ô nhiễm giảm do công nghệ sạch và quản lý môi trường. Một số nghiên cứu phát hiện mối quan hệ hình chữ N, tức ô nhiễm tăng trở lại tại các quốc gia có thu nhập cao, nhưng EKC vẫn là mô hình được chấp nhận rộng rãi nhất với nhiều bằng chứng thực nghiệm.



**Hình 1** Đường cong Kuznets môi trường (EKC)

Bên cạnh GDP, các yếu tố kinh tế – xã hội như tiêu thụ năng lượng, dân số và độ mở thương mại cũng ảnh hưởng đáng kể đến phát thải CO<sub>2</sub>. Nhiều nghiên cứu quốc tế dựa trên giả thuyết EKC cho thấy GDP tác động mạnh mẽ đến phát thải CO<sub>2</sub> trong giai đoạn đầu, nhưng giảm sau khi đạt ngưỡng thu nhập nhất định do ứng dụng công nghệ sạch và chính sách môi trường. Tiêu thụ năng lượng, đặc biệt là nhiên liệu hóa thạch, được chứng minh có ảnh hưởng tiêu cực lớn đến môi trường, làm gia tăng phát thải CO<sub>2</sub> trong cả ngắn hạn và dài

$$\ln CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP + \beta_2 (\ln GDP)^2 + \beta_3 \ln Energy + \beta_4 PopulationGrowth + \beta_5 TradeOpenness + u \quad (1)$$

Trong đó: CO<sub>2</sub> là lượng phát thải CO<sub>2</sub> bình quân đầu người; GDP là GDP bình quân đầu người (hệ số  $\beta_1$  được kỳ vọng là dương và  $\beta_2$  được kỳ vọng là âm, phù hợp EKC dạng U ngược). Biến Energy là lượng tiêu thụ dầu thô bình quân đầu người; PopulationGrowth là tăng trưởng dân số của mỗi quốc gia và TradeOpenness đại diện cho độ mở thương mại.

hạn. Gia tăng dân số thường gây áp lực lên môi trường, Gia tăng dân số tạo áp lực lên môi trường, song theo Lý thuyết Hiện đại hóa Sinh thái, mật độ dân số cao có thể thúc đẩy sử dụng hiệu quả tài nguyên thông qua công nghệ và quy hoạch thông minh [5]. Tác động của độ mở thương mại lại mang tính hai chiều: trong ngắn hạn, có thể giúp giảm ô nhiễm nhờ việc tiếp cận công nghệ xanh, sạch, nhưng về dài hạn có thể làm gia tăng phát thải sản xuất và tiêu thụ mở rộng [6, 7].

Các nghiên cứu về mối quan hệ EKC tại Việt Nam và một số quốc gia đang phát triển cho kết quả chưa đồng nhất. Một nghiên cứu sử dụng dữ liệu giai đoạn 1980-2010 không tìm thấy bằng chứng ủng hộ giả thuyết EKC tại Việt Nam, mặc dù phát hiện mối quan hệ nhân quả hai chiều giữa phát thải CO<sub>2</sub> và thu nhập [8]. Trong khi đó, phân tích tại 7 quốc gia Đông Nam Á (1995-2014) cho thấy bằng chứng mạnh về hiệu ứng chữ U ngược với điểm uốn 46.000 USD, đồng thời xác nhận FDI làm tăng phát thải CO<sub>2</sub> [9]. Tổng hợp 21 nghiên cứu gần đây cũng cho thấy chỉ 8/21 xác nhận EKC, với ngưỡng biến thiên lớn từ 542 USD đến 46.000 USD, phản ánh sự nhạy cảm cao của kết quả phụ thuộc vào dữ liệu và phương pháp [10].

## 2 Phương pháp nghiên cứu

Kế thừa các nghiên cứu trước đây, nhóm nghiên cứu vận dụng lý thuyết EKC vào mô hình nghiên cứu để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub> đối với dữ liệu các quốc gia trên thế giới vào năm 2018 và năm 2022. Bên cạnh đó, mô hình cũng xem xét tác động của các yếu tố tiêu thụ năng lượng, tăng trưởng dân số, và độ mở nền kinh tế đối với phát thải CO<sub>2</sub>, làm suy thoái môi trường.

Mô hình nghiên cứu như sau:

Trong mô hình với  $\ln CO_2$  là biến phụ thuộc,  $\ln GDP$  được coi là có khả năng nội sinh do quan hệ hai chiều giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải. Theo lý thuyết EKC, tăng trưởng kinh tế thúc đẩy sản xuất, tiêu dùng năng lượng hóa thạch và các hoạt động công nghiệp, dẫn đến gia tăng phát thải CO<sub>2</sub>. Ngược lại, ô nhiễm môi trường và tác động của biến đổi khí hậu có thể kìm hãm

tăng trưởng thông qua chi phí y tế gia tăng và suy giảm năng suất lao động [11]. Do đó, nếu không xử lý nội sinh của lnGDP, ước lượng sẽ bị thiên lệch.

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp biến công cụ (Instrumental Variables- IV) với ước lượng bình phương nhỏ nhất hai giai đoạn (Two-Stage Least Squares- 2SLS) làm phương pháp chính, đồng thời so sánh kết quả với ước lượng bình phương nhỏ nhất thông thường (Ordinary Least Square- OLS). Ba biến công cụ được lựa chọn cho lnGDP, gồm: (i) tỷ lệ lao động là nữ, phản ánh tác động đến thu nhập hộ gia đình và quy mô lực lượng lao động, qua đó tác động đến GDP [12]; (ii) biến giả không giáp biển, phản ánh bất lợi trong thương mại quốc tế, hạn chế tăng trưởng kinh tế đối với các nước không giáp biển trong hoạt động xuất nhập khẩu [13]; và (iii) số ca sinh trên mỗi phụ nữ, ảnh hưởng đến tăng trưởng thông qua quy mô dân số, lực lượng lao động và tiết kiệm, có thể coi là ngoại sinh đối với phát thải khi đã kiểm soát thêm dân số tổng [14].

Nhìn chung, chưa có nhiều bằng chứng thực nghiệm cho thấy ba biến công cụ trên có tác động trực tiếp đến phát thải CO<sub>2</sub>, do đó, ba biến này thỏa điều kiện cơ bản của một biến công cụ: có tương quan với

lnGDP nhưng không ảnh hưởng trực tiếp đến lnCO<sub>2</sub>. Tính hợp lệ của ba biến công cụ được kiểm định thông qua first-stage F-statistics và Sargan/Basmann test, để củng cố sự phù hợp của mô hình khi ước lượng bằng 2SLS.

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu các quốc gia và vùng lãnh thổ tại hai thời điểm năm 2018 và 2022 nhằm phân tích sự thay đổi trong mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và môi trường trước và sau đại dịch COVID-19. Khác với các nghiên cứu trước chủ yếu giới hạn trong phạm vi quốc gia hoặc khu vực, nghiên cứu này khai thác dữ liệu ở quy mô toàn cầu với mẫu gồm 120 quốc gia và vùng lãnh thổ có đầy đủ dữ liệu tại cả hai thời điểm, qua đó cho phép đánh giá mối quan hệ kinh tế - môi trường một cách toàn diện hơn và nâng cao tính khái quát của kết quả nghiên cứu. Dữ liệu được thu thập từ các nguồn có độ tin cậy cao, bao gồm Ngân hàng Thế giới (World Bank), Our World in Data và Trung tâm Nghiên cứu Triển vọng và Thông tin Quốc tế (CEPII). Theo phân loại thu nhập của Ngân hàng Thế giới, mẫu nghiên cứu bao phủ đầy đủ bốn nhóm thu nhập từ thấp đến cao và phân bố trên hầu hết các khu vực trên thế giới, qua đó đảm bảo tính đại diện của mẫu trong việc kiểm định giả thuyết EKC.

### 3 Kết quả

#### 3.1 Thống kê mô tả

**Bảng 1** Thống kê mô tả dữ liệu năm 2018

Biến	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
CO <sub>2</sub>	120	5,299	5,861	0,081	34,576
GDP	120	18462,120	22988,690	500,457	116926,800
Energy	120	2,416	2,778	0,146	17,347
PopulationGrowth	120	1,159	1,291	-2,899	3,981
TradeOpenness	120	86,458	52,031	21,868	361,865

**Bảng 2** Thống kê mô tả dữ liệu năm 2022

Biến	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
CO <sub>2</sub>	120	4,935	5,643	0,107	36,700
GDP	120	20813,180	26510,670	503,515	123719,700
Energy	120	2,344	2,708	0,162	16,684
PopulationGrowth	120	1,186	1,613	-7,619	5,907
TradeOpenness	120	96,918	59,296	2,699	412,177

Kết quả thống kê mô tả ở Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy, với dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ nhiều quốc gia và vùng lãnh thổ có sự thay đổi rõ rệt giữa hai năm 2018 và 2022. Lượng phát thải CO<sub>2</sub> đầu người trung bình

giảm 6,9 %, từ 5,299 tấn xuống 4,935 tấn, gợi ý xu hướng kiểm soát khí thải tích cực hơn, dù mức độ dao động giữa các quốc gia vẫn lớn. GDP bình quân đầu người trung bình tăng 12,7 %, từ 18.462 USD lên

20.813 USD, đồng thời giá trị cực đại cũng tăng mạnh, phản ánh sự mở rộng kinh tế toàn cầu. Tiêu thụ năng lượng bình quân đầu người giảm khoảng 3,0 %, từ 2,416 tấn và xuống còn 2,344 tấn, cho thấy nhu cầu sử dụng năng lượng không tăng đều mà có xu hướng chững lại ở một số quốc gia. Do đó, các biến CO<sub>2</sub>, GDP và Energy được logarit hóa nhằm giảm thiểu hiện tượng phân phối lệch, thuận tiện cho việc diễn giải theo tỷ lệ phần trăm và phù hợp với quan hệ phi tuyến giữa phát thải và tăng trưởng.

Tốc độ tăng trưởng dân số trung bình hầu như ổn định quanh mức từ 1,1 % đến 1,2 %, nhưng biến động lớn hơn trong năm 2022, phản ánh những tác động không đồng đều của đại dịch COVID-19 như tỷ lệ tử vong tăng, gián đoạn di cư quốc tế và khác biệt trong chính

sách giữa các quốc gia. Độ mở thương mại tăng từ mức trung bình 86,5 % lên 96,9 %, với phạm vi dao động rộng hơn, phản ánh xu hướng hội nhập quốc tế mạnh mẽ nhưng không đồng đều.

Nhìn chung, so với năm 2018, đến năm 2022 kinh tế và thương mại đều mở rộng, nhu cầu năng lượng có dấu hiệu ổn định, trong khi phát thải CO<sub>2</sub> giảm nhẹ, hàm ý sự kết hợp giữa tăng trưởng và nỗ lực kiểm soát môi trường.

### 3.2 Hệ số tương quan và hiện tượng đa cộng tuyến

#### 3.2.1 Hệ số tương quan

Hệ số tương quan phản ánh mức độ và chiều hướng của mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến, qua đó hỗ trợ đánh giá mức độ liên hệ giữa các biến độc lập với biến phụ thuộc cũng như phát hiện khả năng đa cộng tuyến giữa các biến độc lập.

**Bảng 3** Ma trận hệ số tương quan giữa các biến năm 2018

Biến	lnCO <sub>2</sub>	lnGDP	(lnGDP) <sup>2</sup>	lnEnergy	PopulationGrowth	TradeOpenness
lnCO <sub>2</sub>	1,000					
lnGDP	0,858***	1,000				
(lnGDP) <sup>2</sup>	0,835***	0,997***	1,000			
lnEnergy	0,925***	0,890***	0,885***	1,000		
PopulationGrowth	-0,448***	-0,405***	-0,375***	-0,398***	1,000	
TradeOpenness	0,405***	0,450***	0,450***	0,416***	-0,173*	1,000

Ghi chú: \*, \*\*, \*\*\* ứng với mức ý nghĩa 10 %, 5 %, 1 %.

**Bảng 4** Ma trận hệ số tương quan giữa các biến năm 2022

Biến	lnCO <sub>2</sub>	lnGDP	(lnGDP) <sup>2</sup>	lnEnergy	PopulationGrowth	TradeOpenness
lnCO <sub>2</sub>	1,000					
lnGDP	0,853***	1,000				
(lnGDP) <sup>2</sup>	0,829***	0,997***	1,000			
lnEnergy	0,919***	0,887***	0,880***	1,000		
PopulationGrowth	-0,139	-0,111	-0,076	-0,040	1,000	
TradeOpenness	0,409***	0,469***	0,476***	0,403***	-0,028	1,000

Ghi chú: \*, \*\*, \*\*\* ứng với mức ý nghĩa 10 %, 5 %, 1 %.

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy, các biến lnGDP, lnEnergy và TradeOpenness đều có mối quan hệ tuyến tính đáng kể với lnCO<sub>2</sub>, trong đó lnGDP và lnEnergy tương quan dương rất mạnh (0,858 và 0,925), còn TradeOpenness có tương quan vừa phải (0,405). Ngược lại, PopulationGrowth có tương quan âm (-0,448), phản ánh mối quan hệ tuyến tính ngược chiều với phát thải CO<sub>2</sub>.

Bảng 4 cho thấy, các biến lnGDP, lnEnergy và TradeOpenness duy trì mức tương quan ổn định với lnCO<sub>2</sub>, trong khi đó PopulationGrowth không còn ý nghĩa thống kê trong năm 2022, có thể do tác động của

đại dịch COVID- 19 làm thay đổi xu hướng tăng dân số toàn cầu.

Xét mối quan hệ giữa các biến độc lập, lnGDP và lnEnergy có tương quan rất mạnh (khoảng 0,890 ở cả hai năm), gợi ý nguy cơ đa cộng tuyến trong mô hình hồi quy. Biến TradeOpenness có tương quan trung bình với hai biến này, trong khi đó PopulationGrowth có tương quan âm nhẹ vào năm 2018 và không còn ý nghĩa thống kê vào năm 2022, phù hợp với xu hướng quan sát được của biến phụ thuộc.

### 3.3 Kết quả hồi quy

Các kiểm định cho thấy ba biến công cụ sử dụng cho lnGDP và (lnGDP)<sup>2</sup> trong cả hai năm 2018 và 2022 đều có tương quan đáng kể với biến nội sinh. Hệ số R<sup>2</sup> của các hồi quy đều lớn hơn 0,7 và giá trị F vượt ngưỡng 10, cho thấy các biến công cụ đủ mạnh để xử lý vấn đề nội sinh trong mô hình.

Kết quả hồi quy trong Bảng 5 cho thấy, các hệ số hồi quy từ 2SLS đều cao hơn rõ rệt so với OLS. Dễ thấy, khi tồn tại nội sinh, ước lượng OLS thường bị sai lệch, làm cho hệ số hồi quy có thể bị đánh giá thấp. Đáng chú

ý, 2SLS giúp hai biến PopulationGrowth và TradeOpenness đạt ý nghĩa thống kê ở mức 10 %, trong khi dưới OLS các biến này hầu như không có ý nghĩa. Trong khi đó, R<sup>2</sup> giảm đáng kể, vì 2SLS đã làm cho phần biến thiên của biến phụ thuộc được giải thích bởi biến công cụ ở bước 1, không hoàn toàn trùng với phần được giải thích bởi biến nội sinh đã được xử lý ở bước 2. Tuy nhiên, mức độ giải thích của mô hình vẫn tương đối cao và có ý nghĩa thống kê, khẳng định tính phù hợp của 2SLS trong bối cảnh nghiên cứu.

**Bảng 5** Kết quả hồi quy 2SLS và OLS (năm 2018 và năm 2022)

Biến	Năm 2018		Năm 2022	
	2SLS	OLS	2SLS	OLS
lnGDP	7,370***	3,067***	6,805***	3,061***
(lnGDP) <sup>2</sup>	-0,425***	-0,162***	-0,376***	-0,158***
lnEnergy	1,492***	0,996***	1,106***	0,921***
PopulationGrowth	0,167*	0,019	0,162*	0,018
TradeOpenness	0,044**	0,012	0,003*	0,011
Constant	-41,507***	-20,570***	-32,507***	-20,347***
R <sup>2</sup>	0,745	0,915	0,799	0,906
Wald chi2 / F- statistic	418	245	530	219
Prob > F	0,000	0,000	0,000	0,000
N	120	120	120	120

Ghi chú: \*, \*\*, \*\*\* ứng với mức ý nghĩa 10 %, 5 %, 1 %.

Để kiểm tra sự tồn tại của nội sinh, nghiên cứu sử dụng kiểm định Hausman sau khi thực hiện hồi quy 2SLS. Kết quả cho thấy, ở cả hai năm 2018 và 2022, các biến lnGDP và (lnGDP)<sup>2</sup> đều có bằng chứng nội sinh với mức ý nghĩa 5 %. Cụ thể, kiểm định Durbin (score)  $\chi^2$  (2) đạt 13,081 trong năm 2018 và 16,280 trong năm 2022, trong khi kiểm định Wu - Hausman F(2,112) lần lượt đạt 6,851 và 8,790. Điều này hàm ý rằng ước lượng OLS là không nhất quán, và việc áp dụng 2SLS là cần thiết để khắc phục sai lệch do nội sinh, đảm bảo tính tin cậy cho các kết quả phân tích.

Kết quả hồi quy trong Bảng 5, biến lnGDP mang hệ số dương và có ý nghĩa thống kê ở mức 1 % trong cả hai năm, trong khi biến (lnGDP)<sup>2</sup> mang hệ số âm và có ý nghĩa thống kê cùng mức, điều này khẳng định sự tồn tại của mối quan hệ phi tuyến dạng chữ U ngược giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub> (mô hình EKC). Cụ thể,

năm 2018 hệ số lnGDP đạt 7,370 và (lnGDP)<sup>2</sup> là -0,425; sang năm 2022, hệ số lnGDP là 6,805 và (lnGDP)<sup>2</sup> là -0,376. Từ đó có thể xác định được giá trị ngưỡng thu nhập bình quân đầu người năm 2018 là xấp xỉ 5.800 USD/người và năm 2022 là xấp xỉ 8.580 USD/người. Điều này có nghĩa, vào năm 2018, phát thải CO<sub>2</sub> đang tăng cho đến khi GDP bình quân đầu người đạt ngưỡng 5.800 USD thì phát thải CO<sub>2</sub> bắt đầu giảm; tương tự vào năm 2022, phát thải CO<sub>2</sub> đang tăng cho đến khi GDP bình quân đầu người đạt ngưỡng 8.580 USD thì phát thải CO<sub>2</sub> bắt đầu giảm phản ánh sự cải thiện về chất lượng tăng trưởng gắn với phát triển bền vững.

Tiêu thụ năng lượng có tác động dương, có ý nghĩa thống kê ở mức 1 % và ổn định đến lượng phát thải trong cả hai giai đoạn nghiên cứu. Cụ thể, hệ số của biến lnEnergy giảm từ 1,5 vào năm 2018 xuống còn 1,1 vào năm 2022 trong điều kiện các yếu tố khác không

đổi. Điều này cho thấy khi mức tiêu thụ năng lượng tăng 1 %, phát thải tăng khoảng 1,5 % vào năm 2018 và 1,1 % vào năm 2022. Sự suy giảm hệ số phản ánh xu hướng cải thiện hiệu quả năng lượng và sự tham gia ngày càng rõ nét của các giải pháp công nghệ và chính sách nhằm giảm phát thải.

PopulationGrowth thể hiện tác động dương và có ý nghĩa thống kê 10 % trong mô hình 2SLS, tức gây áp lực đáng kể lên môi trường. Kết quả cho thấy, khi tốc độ tăng dân số tăng lên 1 đơn vị phần trăm thì lượng phát thải CO<sub>2</sub> sẽ tăng lên khoảng 16,7 % vào năm 2018 và 12,6 % vào năm 2022 trong điều kiện các yếu tố khác không đổi. Mặc dù mức độ tác động có xu hướng giảm dần theo thời gian, song sự tác động này vẫn rất lớn, cho thấy rằng sự tăng dân số vẫn là một trong những yếu tố quan trọng thúc đẩy gia tăng phát thải. TradeOpenness cũng có tác động dương và có ý nghĩa thống kê (5-10) % trong mô hình 2SLS, cho thấy thương mại quốc tế tiếp tục gắn liền với sự gia tăng phát thải CO<sub>2</sub>. Cụ thể, khi độ mở thương mại tăng thêm 1 %, lượng phát thải tăng khoảng 4,4 %

vào năm 2018 và 0,3 % vào năm 2022 trong điều kiện các yếu tố khác không đổi. Kết quả này phản ánh rằng quá trình mở rộng thương mại, dù thúc đẩy tăng trưởng, vẫn tạo áp lực lên môi trường thông qua gia tăng sản xuất, vận tải và tiêu thụ năng lượng.

Kiểm định Sargan/Basmann được sử dụng để đánh giá tính ngoại sinh của các biến công cụ. Kết quả ở cả hai năm 2018 Sargan (score)  $\chi^2(1) = 0,330$  ( $p = 0,5654$ ) và Basmann  $\chi^2(1) = 0,312$  ( $p = 0,5764$ ); trong năm 2022, các giá trị tương ứng lần lượt là 0,876 ( $p = 0,3493$ ) và 0,831 ( $p = 0,3620$ ). Do đó, chưa có đủ bằng chứng để bác bỏ giả thuyết rằng tất cả các biến công cụ đều ngoại sinh ở mức ý nghĩa 5 %, xác nhận rằng mô hình 2SLS với ba biến công cụ được xem là phù hợp để sử dụng. Bên cạnh đó, kết quả các kiểm định phương sai thay đổi sau 2SLS cũng cho thấy chưa có đủ bằng chứng để bác bỏ giả thuyết về phương sai đồng nhất. Điều này cho thấy mô hình 2SLS không chỉ sử dụng công cụ phù hợp mà còn đảm bảo giả định về phương sai đồng nhất, từ đó củng cố thêm độ tin cậy của kết quả ước lượng.

**Bảng 6** Kết quả kiểm định phương sai thay đổi

Kiểm định	Năm 2018		Năm 2022	
	2SLS	OLS	2SLS	OLS
Pagan - Hall general test statistic	2,313	–	5,375	–
Pagan - Hall test w/assumed normality	2,007	–	4,331	–
White/Koenker nR <sub>2</sub> test statistic	11,359	27,05	9,169	29,51
Breusch– Pagan/Godfrey/Cook– Weisberg	10,909	4,04**	9,266	5,25**

Ghi chú: \*\* biểu thị mức ý nghĩa 5 %.

Như đã đề cập ở trên, 2SLS mang lại các hệ số R<sup>2</sup> đều có ý nghĩa thống kê, cho thấy mô hình được xây dựng phù hợp cho cả năm 2018 và 2022. Cụ thể, trong năm 2018, khoảng 74,5 % sự biến thiên của biến phụ thuộc được giải thích bởi các biến độc lập trong mô hình; con số này đối với năm 2022 có sự tăng nhẹ là 79,9 %. Có thể thấy rằng, với dữ liệu năm 2022 các biến độc lập có trong mô hình giải thích biến phụ thuộc tốt hơn, có thể do sự ổn định hơn trong dữ liệu hoặc hiệu ứng chính sách.

#### 3.4 Điểm ngưỡng của đường cong EKC

Nghiên cứu sử dụng mô hình 2SLS xác nhận điểm ngưỡng trong mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub>, với GDP tác động tăng và GDP bình phương tác động giảm phát thải. Điểm ngưỡng này tăng

từ 5.800 USD năm 2018 lên 8.580 USD năm 2022, phản ánh sự chuyển đổi kinh tế từ tăng trưởng phát thải cao sang giai đoạn kiểm soát ô nhiễm nhờ công nghệ và chính sách môi trường. Sự dịch chuyển điểm ngưỡng đặt ra thách thức tăng lên, đòi hỏi các quốc gia phải liên tục cập nhật để cân bằng phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường, hướng tới phát triển bền vững.

#### 4 Kết luận

Nghiên cứu cho thấy mô hình 2SLS phù hợp hơn OLS nhờ biến công cụ đủ mạnh, giúp ước lượng ổn định và đáng tin cậy, đặc biệt với các biến PopulationGrowth và TradeOpenness. Phân tích xác nhận sự tồn tại của EKC trong cả hai năm 2018 và 2022, với GDP tác động

đương và GDP<sup>2</sup> tác động âm đến phát thải CO<sub>2</sub>. Ngưỡng thu nhập bình quân đầu người tăng lên cho thấy phát thải giảm khi vượt ngưỡng này. Tiêu thụ năng lượng vẫn là nhân tố chính thúc đẩy phát thải, trong khi tác động của dân số và thương mại có xu hướng biến đổi theo thời gian.

Nghiên cứu có các hạn chế như dữ liệu chỉ gồm hai năm 2018 và 2022, chưa phản ánh đủ xu hướng dài hạn và các biến số quan trọng như công nghệ xanh, chính sách môi trường chưa được xét đến. Nguy cơ sai lệch do các yếu tố không quan sát được vẫn tồn tại trong ước lượng 2SLS. Mẫu toàn cầu cũng hạn chế khả năng áp dụng kết quả cho từng quốc gia cụ thể, như Việt Nam.

Kết quả cho thấy mối quan hệ EKC với ngưỡng phát thải ngày càng cao hơn. Các quốc gia thu nhập thấp và trung bình cần chú trọng cân bằng tăng trưởng với bảo vệ môi trường qua nâng cao hiệu quả năng lượng và quy hoạch bền vững. Các quốc gia thu nhập cao cần duy trì chính sách nghiêm ngặt về môi trường, đầu tư công nghệ sạch và tăng cường hợp tác quốc tế hỗ trợ các nước đang phát triển. Quản lý đồng bộ tiêu thụ năng lượng, tốc độ dân số và độ mở thương mại là cần thiết để hướng tới tăng trưởng xanh và giảm phát thải CO<sub>2</sub> hiệu quả.

**Lời cảm ơn:** chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### Tài liệu tham khảo

1. UNFCCC. (2015). The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>.
2. Kaya, Y., & Yokobori, K. (Eds.). (1997). Environment, energy, and economy: strategies for sustainability (Vol. 4). Tokyo, Japan: United Nations University Press.
3. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. In: *National Bureau of economic research Cambridge, Mass., USA*.
4. Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Office.
5. Muhammad, S., Long, X., Salman, M., & Dauda, L. (2020). Effect of urbanization and international trade on CO<sub>2</sub> emissions across 65 belt and road initiative countries. *Energy*, 196, 117102.
6. Ahmed, K., & Long, W. (2013). An empirical analysis of CO<sub>2</sub> emission in Pakistan using EKC hypothesis. *Journal of International Trade Law and Policy*, 12(2), 188-200.
7. Kostakis, I., Armaos, S., Abeliotis, K., & Theodoropoulou, E. (2023). The investigation of EKC within CO<sub>2</sub> emissions framework: Empirical evidence from selected cross-correlated countries. *Sustainability Analytics and Modeling*, 3, 100015.
8. Linh, D. H., & Lin, S.-M. (2014). CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and FDI in Vietnam. *Managing Global Transitions: International Research Journal*, 12(3).
9. Bùi Hoàng Ngọc (2017). Kiểm định đường cong Kuznets về tác động của đầu tư trực tiếp nước ngoài đến lượng khí thải CO<sub>2</sub> tại các nước Đông Nam Á. *Journal of Science and Technology – IUH*, 26(02).
10. Phạm Thanh Lan & Nguyễn Mạnh Hiếu (2024). Mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và chất lượng môi trường: tổng quan lý luận và bằng chứng thực nghiệm về đường cong Kuznets môi trường. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 22(9).
11. Chaabouni, S., & Saidi, K. (2017). The dynamic links between carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, health spending and GDP growth: A case study for 51 countries. *Environmental Research*, 158, 137-144.

12. Aziz, R., & Azmi, A. (2017). Factors affecting gross domestic product (GDP) growth in Malaysia. *International Journal of Real Estate Studies*, 11(4), 61-67.
13. Raballand, G. (2003). Determinants of the negative impact of being landlocked on trade: an empirical investigation through the Central Asian case. *Comparative Economic Studies*, 45(4), 520-536.
14. Sabra, M. (2022). Health expenditure, life expectancy, fertility rate, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth Do public, private and external health expenditure matter. *International Journal of Economic Sciences*, 11(2), 179-191.

### **Environmental Kuznets Curve Testing Using the 2SLS Model: A Comparison Between 2018 and 2022**

Nguyen Thi Yen Nhi<sup>1,\*</sup>, Truong Dinh Giang<sup>1</sup>, Luu Thi Thuy Nga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UEH College of Economics, Law and Government, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

<sup>2</sup>Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

\*nhinguyen.525102060971@st.ueh.edu.vn

**Abstract** This study analyzes the relationship between economic growth and CO<sub>2</sub> emissions by testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis using data from 120 countries for the years 2018 and 2022. The Two-Stage Least Squares method was employed to address potential endogeneity issues. The results confirmed the existence of an inverted U-shaped relationship between per capita GDP and CO<sub>2</sub> emissions. The turning point of per capita GDP, at which emissions began to decline, increased from 5,800 USD in 2018 to 8,580 USD in 2022, indicating growing challenges in achieving sustainable development. Furthermore, the study found a positive relationship between CO<sub>2</sub> emissions and macroeconomic factors such as energy consumption, population growth, and trade openness. These findings provided important empirical evidence to inform policy formulation aimed at balancing economic growth and environmental protection.

**Keywords** Environmental Kuznets curve, CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, 2SLS