

Working Paper 2023.1.2.7

- Vol 1, No 2

TÁC ĐỘNG CỦA ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ TỚI LƯỢNG PHÁT THẢI KHÍ CO₂ TẠI CÁC NƯỚC CHÂU Á

Hoàng Thị Trà My¹, Đoàn Kim Anh, Trần Kiều Mai Anh, Trần Thị Hoài, Trần Thị Huế, Phạm Ngọc Hà Trang

Sinh viên K59 Kinh tế Quốc tế - Khoa Kinh tế Quốc tế

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Lê Huyền Trang

Giảng viên Khoa Kinh tế Quốc tế

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt

Bài nghiên cứu khám phá tác động của đổi mới công nghệ đến việc phát thải khí CO₂ sử dụng số liệu của 32 quốc gia ở châu Á (chủ yếu là các nước có thu nhập trung bình thấp) trong giai đoạn 1996 – 2014 với phương pháp hồi quy GMM dựa trên dữ liệu được lấy từ báo cáo Các chỉ số phát triển thế giới (World Development Indicators - WDI) của Ngân hàng Thế giới (WB). Kết quả từ nghiên cứu cho thấy đổi mới công nghệ thông qua mức chi tiêu cho nghiên cứu và phát triển (R&D) làm gia tăng mức phát thải khí CO₂. Bên cạnh đó, các yếu tố như phát triển công nghiệp hay mức sử dụng năng lượng cũng tiếp tục làm tăng lượng phát thải khí CO₂. Tuy nhiên, sự gia tăng diện tích rừng và quá trình đô thị hóa góp phần làm giảm việc phát thải ở các quốc gia Châu Á trong giai đoạn nghiên cứu.

Từ khóa: Khí thải CO₂, đổi mới công nghệ, hồi quy GMM, châu Á

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATION ON CARBON EMISSIONS IN ASIAN

Abstract

This paper explores the impact of technological innovation on CO₂ emissions in a panel of 32 countries in Asia (mainly low-middle income countries) over the period 1996- 2014 with the GMM regression model based on data taken from the World Development Indicators (WDI) report of the World Bank (WB). The results from the research show that technological innovation such as Research and development expenditure (%GDP) increases CO₂ emissions.

¹ Tác giả liên hệ, Email: k59.2014410100@ftu.edu.vn

In addition, factors such as Industry (including construction) or Energy use increase CO₂ emissions. However, the rise in increasing Forest area and Population density contributed to the reduction in emissions in the Asian countries during the research period.

Keywords: CO₂ emissions, Technology innovation, GMM, Asian

1. Giới thiệu

Tăng trưởng kinh tế toàn cầu và hạnh phúc của con người trong vài thập kỷ gần đây phải trả giá bằng việc tiêu thụ nhanh các nguồn tái tạo tự nhiên và lượng khí thải CO₂ lớn hơn, dẫn đến các vấn đề môi trường ngày càng được chú ý. Sự đánh đổi giữa tăng trưởng sinh thái và môi trường được minh họa bằng giả thuyết Đường cong Kuznets về môi trường (EKC), định nghĩa rằng các điều kiện môi trường xấu đi và sau đó được cải thiện khi mức độ tăng trưởng kinh tế tăng lên (Grossman và Krueger, 1995; Lee et al., 2010). Theo lý thuyết tăng trưởng kinh tế nội sinh, việc gia tăng chi phí nghiên cứu và phát triển (R&D) có thể cải thiện hiệu quả sản xuất kinh tế và hiệu quả sử dụng tài nguyên, nhưng sự đóng góp của đổi mới công nghệ đối với chất lượng môi trường, đặc biệt là phát thải CO₂, là không chắc chắn.

Hầu hết các học giả tin rằng đổi mới công nghệ có lợi cho việc giảm lượng khí thải CO₂ và cải thiện chất lượng môi trường (Gerlagh, 2007; Ang, 2009; Yang và Li, 2017). Đối với nghiên cứu về dữ liệu đa quốc gia trong những năm gần đây, Fei et al. (2014) sử dụng mô hình độ trễ phân tán lũy tiến tự động để khám phá mối quan hệ giữa tiến bộ công nghệ và lượng khí thải CO₂ ở Na Uy và New Zealand trong giai đoạn 1971-2010, phát hiện ra rằng đầu tư R&D có thể thúc đẩy việc sử dụng năng lượng sạch. Ahmed và cộng sự (2016) nhận thấy rằng đổi mới công nghệ góp phần rất lớn vào việc giảm lượng khí thải CO₂ dựa trên nghiên cứu của họ về 24 quốc gia châu Âu từ năm 1980 đến 2010 với mô hình độ trễ phân phối tự hồi quy của bảng điều khiển.

Một số nghiên cứu đưa ra lời giải thích về hiệu quả giảm phát thải CO₂ của đổi mới công nghệ rằng việc tăng cường các quy định về môi trường đã góp phần làm tăng liên tục các đổi mới trực tiếp về môi trường để giảm lượng khí thải CO₂ (Kverndokk và cộng sự, 2004; Suzuki, 2015; Costantini và cộng sự, 2017). Những đổi mới này giới thiệu sự tiến bộ của các ứng dụng công nghệ mới, do đó trực tiếp tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm mức tiêu thụ năng lượng. Ngoài ra, đổi mới công nghệ góp phần không nhỏ vào quá trình tái cấu trúc và tối ưu hóa nền kinh tế. Thay đổi cách phát triển kinh tế truyền thống phụ thuộc vào các yếu tố sản xuất sang phương thức định hướng đổi mới giúp giảm lượng khí thải CO₂ do công nghiệp hóa gây ra (Sagar và Holdren, 2002; Sohag và cộng sự, 2015).

Các nghiên cứu khác tin rằng đổi mới công nghệ có thể ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng môi trường (Newell, 2009; Kiviyiro và Arminen, 2014; Cheng và cộng sự, 2019), đưa ra một số giải thích khả thi như sau. Các công nghệ mới có thể cải thiện hiệu quả sử dụng tài nguyên, nhưng vai trò biên của chúng đang giảm dần và quy mô kinh tế tăng nhanh vẫn có thể đòi hỏi đầu tư nhiều hơn vào tài nguyên thiên nhiên (Newell, 2009). Sự đóng góp của R&D nhiều hơn trong việc giảm thiểu phát thải CO₂ đến từ sự phối hợp giữa đầu tư R&D và các năng lực công nghệ hiện có hơn là do chính R&D (Yongping, 2011; Gu và Wang, 2018). Đối với bằng chứng xuyên quốc gia, Cheng et al. (2019) kiểm tra mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và phát thải CO₂ ở các quốc gia OECD thông qua mô hình hồi quy lượng tử băng, nhận thấy rằng các giá

trị hệ số không có ý nghĩa và thậm chí là dương đối với các quốc gia có lượng phát thải CO₂ xung quanh mức trung bình.

Tóm lại, tác động của đổi mới công nghệ đối với phát thải CO₂ còn gây tranh cãi, cho thấy rằng nó đáng được khám phá thêm, và sự tồn tại của tính không đồng nhất cũng cho thấy rằng nó có thể được nghiên cứu ở quy mô rộng hơn. Chính vì những lý do trên nhóm tác giả lựa chọn đề tài: “Tác động của đổi mới công nghệ tới lượng phát thải khí CO₂ tại các nước châu Á” để phân tích và đánh giá sâu hơn.

Mục tiêu của bài nghiên cứu chính là xem xét mức độ ảnh hưởng của đổi mới công nghệ tới lượng phát thải khí CO₂ tại các quốc gia ở châu Á. Đồng thời, đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố như quy mô dân số, thu nhập bình quân đầu người, phát triển công nghiệp, diện tích rừng, vấn đề đô thị và mức sử dụng năng lượng tới lượng khí thải CO₂. Nhóm nghiên cứu đặt ra hai câu hỏi để giải quyết cho mục tiêu nghiên cứu. Thứ nhất, đổi mới công nghệ có làm tác động như thế nào tới lượng phát thải khí CO₂ tại các nước Châu Á? Thứ hai, ngoài đổi mới công nghệ thì những yếu tố khác có tác động như thế nào tới lượng phát thải khí CO₂?

Nghiên cứu này được thực hiện cho các quốc gia ở Châu Á trong giai đoạn 1996 – 2014 với nguồn số liệu được thu thập từ World Development Indicators. Dựa trên cơ sở dữ liệu đã thu thập được, nhóm tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu định lượng nhằm làm rõ tác động của đổi mới công nghệ đến lượng khí thải CO₂ của các quốc gia. Trong đó, các phương pháp định lượng có thể sử dụng bao gồm phương pháp hồi quy POLS, phương pháp hồi quy tác động cố định FEM, phương pháp hồi quy tác động ngẫu nhiên FEM và phương pháp hồi quy GMM.

Kết quả của bài nghiên cứu có thể là bằng chứng để các quốc gia trong khu vực châu Á xem xét lại tác động của đổi mới công nghệ trong việc giảm thải lượng khí cacbonic. Từ đó, đề ra những chính sách phù hợp để việc đổi mới công nghệ là có ích và mang lại giá trị bảo vệ môi trường và phát triển nền kinh tế bền vững.

2. Tổng quan các nghiên cứu thực nghiệm trước đây

Ô nhiễm môi trường là một vấn đề thách thức đang diễn ra toàn cầu và các quốc gia cần nỗ lực phối hợp để giảm thiểu mối đe dọa phát thải CO₂ đang ngày càng gia tăng. Để có cái nhìn đúng đắn về đề tài, nhóm tác giả đã tổng hợp một số nghiên cứu thực nghiệm nước ngoài đi trước đã đưa ra kết luận về mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO₂:

Từ nghiên cứu thực nghiệm, Predrag Petrović and Mikhail M. Lobanov (2019) đã phân tích sự ảnh hưởng của đầu tư R&D lên phát thải CO₂ ở 16 nước OECD trong giai đoạn 1981 đến 2014 bằng việc sử dụng phương pháp CCEGM (common correlated effects mean groups). Kết quả cho thấy tác động dài hạn có ảnh hưởng tích cực đến hầu hết các trường hợp, mặc dù tác động trung bình kỳ vọng là tích cực. Nói cách khác, chi phí cho R&D càng tăng lên sẽ làm giảm lượng thải khí CO₂ ra môi trường nhưng điều này sẽ không áp dụng cho khoảng 40% các nước trong khi phân tích ngắn hạn chứng minh điều ngược lại. Nghiên cứu chỉ ra ảnh hưởng của R&D đến lượng khí thải CO₂ còn phụ thuộc vào việc các chính sách môi trường, các chương trình, chiến lược tài trợ cho hoạt động nghiên cứu và phát triển. Tuy nhiên, bài nghiên cứu chưa xét đến yếu tố tự nhiên như: tỷ lệ diện tích rừng, mức độ tiêu thụ năng lượng ở các nước hay yếu tố về con người như: mật độ dân số, quy mô hộ gia đình... và yếu tố về thể chế

kinh tế tác động như thế nào đến lượng phát thải CO₂. Ngoài ra có sự phân tích đầy đủ trong dài hạn và ngắn hạn nhưng kết quả không cố định tùy trường hợp nên kết luận vẫn phụ thuộc vào các nghiên cứu trước.

Dierk Herzer (2022) mở rộng nghiên cứu mối quan hệ giữa tác động lên lượng phát thải khí CO₂ nội địa của đầu tư chính phủ cho R&D trong nước và của đầu tư từ nước ngoài. Kết quả cho thấy sự đầu tư này tác động lên cả 2 khu vực. Một thực tế là nguy cơ nóng lên toàn cầu chỉ có thể tránh được nếu lượng khí thải CO₂ toàn cầu giảm mạnh. Trong phạm vi mà hoạt động nghiên cứu và phát triển năng lượng sạch do chính phủ tài trợ không chỉ dẫn đến giảm phát thải CO₂ trong nước mà còn giảm phát thải CO₂ nước ngoài thông qua hiệu ứng lan tỏa quốc tế, thì hoạt động NC&PT có thể đóng vai trò là giải pháp quan trọng trong việc giảm thiểu rủi ro này. Hạn chế của bài viết là sự lan tỏa đầu tư R&D quốc tế là một lĩnh vực ít được nghiên cứu và cũng chưa có công trình nào xem xét vai trò của nhập khẩu hàng hóa môi trường như một kênh đầu tư R&D đối với phát thải CO₂ trong nước, vậy nên rất khó để đánh giá khách quan kết quả nghiên cứu của tác giả.

Ganda F. (2019) cũng nghiên cứu về các nước OECD bằng việc sử dụng phương pháp khoảnh khắc tổng quát GMM (generated moments method). Tác giả chỉ ra R&D có một mối quan hệ tiêu cực có ý nghĩa thống kê với lượng khí thải CO₂. Kết luận cũng đưa ra rằng các tác động có thể khác nhau vì một số tác động hiệu quả hơn (tiêu dùng xanh và chi tiêu R&D) so với những tác động khác (các nghiên cứu khác). Song hạn chế của bài viết là số liệu khá ít, chưa được cập nhật đồng thời cũng chưa nghiên cứu tác động trong ngắn hạn. Đối tượng nghiên cứu có đề cập bao gồm cả các nước có thuộc tính văn hóa xã hội, hệ thống chính trị khác nhau nhưng chưa lượng hóa được các yếu tố trên và xem xét tác động của chúng lên lượng phát thải CO₂. Mặt khác, tác giả đưa ra khuyến nghị việc đầu tư nhằm mục đích giảm lượng carbon xuống bằng 0, tuy hiện nay nhiều nước đã cam kết thực hiện nhưng phải mất nhiều thời gian để hoàn thành, đồng thời mục tiêu này chưa thể áp dụng đối với tất cả các quốc gia.

Bên cạnh những nghiên cứu cho rằng việc tăng cường các quy định về môi trường đã góp phần làm tăng liên tục các đổi mới trực tiếp về môi trường để giảm lượng khí thải CO₂ và sự tiến bộ hiệu quả của các ứng dụng công nghệ mới trực tiếp tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm lượng phát thải khí CO₂ thì có một số nghiên cứu thực nghiệm khác cho rằng đổi mới công nghệ có thể ảnh hưởng tiêu cực tới chất lượng môi trường hay cụ thể là lượng khí thải CO₂ trong phạm vi một nước hoặc một khu vực.

Kwang-Jing Yii và Caroline Geetha (2016) sử dụng dữ liệu trong giai đoạn 1971 - 2013 để kiểm tra mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO₂ tại Malaysia bằng phương pháp kiểm định nhân quả granger của mô hình VECM và TYDL. Kết quả thu được trong ngắn hạn là có tồn tại mối quan hệ âm giữa đổi mới công nghệ và việc phát thải khí CO₂, có nghĩa rằng khi đổi mới công nghệ tăng 1% sẽ làm giảm phát thải khí carbon 0.061%. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa chỉ ra được mối quan hệ giữa hai biến này trong dài hạn. Điều này ngụ ý rằng đổi mới công nghệ là cần thiết khi nền kinh tế Malaysia tập trung vào các lĩnh vực sản xuất chuyên sâu. Việc sử dụng công nghệ để giảm lượng phát thải CO₂ sẽ giảm hiệu quả khi nền kinh tế chuyển dịch sang lĩnh vực dịch vụ cần ít năng lượng hơn với chiến lược tốt hơn để bảo vệ môi trường.

Lamini Dauda và cộng sự (2019) nghiên cứu các nước phát triển và đang phát triển bao gồm: G6 (Canada, Pháp, Đức, Ý, Nhật, Vương quốc Anh), MENA (Bahrain, Ai Cập, Maroc, Tunisia, Algeria, Israel, Ả Rập Xê Út) và BRICS (Brazil, Nga, Ấn Độ, Trung Quốc, Nam Phi) trong giai đoạn 1990 - 2016. Nhóm tác giả kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu bảng (panel unit root) và cho ra kết quả bác bỏ giả thuyết H0, có nghĩa rằng mẫu dữ liệu có phụ thuộc chéo, tuy nhiên khi tiến hành kiểm định tính dừng theo kiểm định của Dickey - Fuller (CADF panel unit root), giả thuyết H0 được chấp nhận. Như vậy, nhóm tác giả kết luận rằng mẫu dữ liệu có tính dừng ở vi phân bậc 1. Cùng với đó, nghiên cứu sử dụng ước lượng hồi quy OLS (FMOLS, DOLS) và đều ra kết quả giống nhau về mối quan hệ giữa đổi mới và phát thải khí CO₂: đổi mới công nghệ làm tăng lượng phát thải CO₂ ở các nước MENA và BRICS; trong khi đó làm cải thiện chất lượng môi trường của các nước G6.

Nghiên cứu của Yang-Chen và Chien-Chiang Lee (2020) giải đáp những câu hỏi được đặt ra, đó là mối quan hệ của đổi mới công nghệ và lượng phát thải CO₂ ở phạm vi rộng hơn; tác động trong nước và sự lan tỏa quốc tế của việc đầu tư đổi mới công nghệ. Bằng việc sử dụng mô hình kinh tế lượng không gian với biến phụ thuộc là biến lnCO₂ cùng các biến độc lập khác trong đó có biến về đổi mới công nghệ lnRD, nghiên cứu 96 nước được chia thành 3 nhóm dựa trên xếp loại của WDI: nước thu nhập cao (45 nước), nước thu nhập trung bình (31 nước), nước thu nhập thấp (20 nước), nhóm tác giả đưa ra kết luận: ở các nước thu nhập cao, đổi mới làm giảm lượng CO₂ trong nước và các nước lân cận; trong khi đó ở các nước thu nhập trung bình và thấp thì ngược lại. Từ kết quả thực nghiệm có thể thấy lượng khí thải CO₂ và mức độ R&D có mối quan hệ tương quan về mặt không gian giữa các quốc gia thông qua các mô hình kinh tế lượng không gian. Mô hình được đưa ra như sau:

$$\begin{aligned} \ln CO_{2it} = & \alpha_0 + \beta \ln pop_{it} + \gamma_1 \ln pgdp_{it} + \gamma_2 \ln pgdp_{it}^2 + \lambda \ln rd_{it} \\ & + \phi \ln indus_{it} + \phi \ln forest_{it} + \eta \ln urban_{it} + \nu \ln enuse_{it} \\ & + \chi \ln gi_{it} + \kappa \ln rd_{it} * \ln gi_{it} + \ln \epsilon_{it} \end{aligned}$$

Trong đó, CO_{2it}, pop_{it}, pgdp_{it}, rd_{it}, indus_{it}, forest_{it}, urban_{it}, enuse_{it}, và gi_{it} lần lượt là mức phát thải CO₂, quy mô dân số, GDP bình quân đầu người, cường độ nghiên cứu và phát triển, phát triển công nghiệp, diện tích rừng, mật độ dân cư, mức sử dụng năng lượng và mức độ mở cửa của quốc gia i tại thời điểm t. Hệ số k trong mô hình là trọng tâm để xác định mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO₂ khi xét yếu tố không gian, với công thức $\frac{\Delta \ln CO_{2it}}{\Delta \ln rd_{it}} = \lambda + k \cdot \ln gi_{it}$. Nếu k lớn hơn 0, thì tác động của đổi mới công nghệ đối với phát thải CO₂ sẽ tăng lên cùng với việc cải thiện độ mở. Khi k nhỏ hơn 0, tác động cận biên của đổi mới công nghệ đối với phát thải CO₂ giảm đi cùng với sự gia tăng của toàn cầu hóa. Hạn chế của nghiên cứu là chưa đánh giá được sự tác động của phát triển công nghiệp và đô thị hóa tới lượng phát thải khí CO₂. Đồng thời, biến độc lập quan trọng nhất là đổi mới công nghệ cũng không ghi nhận sự ảnh hưởng tới biến phụ thuộc khi xét trên phương diện tổng thể 96 quốc gia.

Dựa trên các nghiên cứu đi trước, nhóm tác giả quyết định sử dụng mô hình của Yang-Chen và Chien-Chiang Lee (2020) để xây dựng mô hình nghiên cứu. Tuy nhiên, mô hình sẽ bỏ qua yếu tố không gian trong mô hình của Yang-Chen và Chien-Chiang Lee, mà chỉ xét mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO₂ trong mô hình kinh tế lượng phi

không gian. Do đó các phương pháp ước lượng POLS, FEM, REM hay GMM là phù hợp với mô hình kinh tế lượng này và bộ số liệu bảng mà nhóm thu thập.

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Dữ liệu

Dữ liệu nghiên cứu của đề tài “Tác động của đổi mới công nghệ tới lượng phát thải khí CO₂ của các nước châu Á”, được thu thập trong khoảng thời gian từ 1996-2014. Sau khi loại trừ các quốc gia không có dữ liệu ở một số biến, 32 quốc gia được lựa chọn để nghiên cứu, tương ứng với 608 quan sát. Dữ liệu được sử dụng cho phân tích mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO₂ được lấy từ báo cáo Các chỉ số phát triển thế giới (World Development Indicators - WDI) của Ngân hàng Thế giới (WB). Dữ liệu được thu thập là dữ liệu bảng (panel data).

3.2. Mô hình nghiên cứu

Trong mô hình nghiên cứu, nhóm tác giả hướng đến sử dụng dạng logarit tự nhiên đối với biến phụ thuộc và các biến độc lập, dạng logarit tự nhiên bình phương đối với một số biến độc lập. Điều này cho phép phân phối của các biến tiến gần về phân phối chuẩn hơn, đồng thời giảm hiện tượng phương sai thay đổi. Với định hướng như trên, nhóm tác giả lựa chọn dựa trên mô hình nghiên cứu của Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020) để xây dựng mô hình nghiên cứu tác động của đổi mới công nghệ tới lượng phát thải khí CO₂ tại các nước châu Á với bộ dữ liệu bảng. Cụ thể mô hình nghiên cứu như sau:

$$\ln\text{CO2}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln\text{POP}_{it} + \beta_2 \ln\text{GDP}_{it} + \beta_3 \ln\text{GDP2}_{it} + \beta_4 \ln\text{RD}_{it} + \beta_5 \ln\text{INDUS}_{it} + \beta_6 \ln\text{FOREST}_{it} + \beta_7 \ln\text{POP DENSE}_{it} + \beta_8 \ln\text{ENUSE}_{it} + \text{Ine}_{it}$$

Trong đó:

β_0 là hệ số tự do, β_n là hệ số hồi quy ($n=1,8$), i đại diện cho các đơn vị mặt cắt ngang (quốc gia), và t là thời gian ($t=1,19$).

Biến phụ thuộc $\ln\text{CO}_2$ là logarit của lượng khí thải CO₂ hằng năm ở mỗi quốc gia, đơn vị tính là kt/ năm. Theo World Development Indicators, khí thải carbon dioxide (CO₂), phần lớn là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất và sử dụng năng lượng, chiếm tỷ trọng lớn nhất trong các loại khí nhà kính, có liên quan đến sự nóng lên toàn cầu. Phát thải CO₂ do con người gây ra chủ yếu từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch và sản xuất xi măng.

Biến độc lập $\ln\text{POP}$ là logarit của tổng dân số của quốc gia i tại thời điểm t . Chỉ số này đại diện cho quy mô dân số ở mỗi quốc gia. Kết quả nghiên cứu của Dietz và Rosa (1997) chỉ ra rằng tác động của dân số tỷ lệ thuận với lượng phát thải khí CO₂ trong phạm vi quy mô của quốc gia đó. Kết quả này cũng tương đồng với bài nghiên cứu của Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020), cho rằng quy mô dân số tác động trực tiếp và thuận chiều tới lượng phát thải khí CO₂.

Giả thuyết H₁: Quy mô dân số có ảnh hưởng tích cực tới lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập $\ln\text{GDP}$ là logarit của thu nhập bình quân đầu người. Đây là chỉ số phản ánh tốc độ tăng trưởng kinh tế của quốc gia, đơn vị tính là USD/ người. Theo lý thuyết đường cong Kuznets, sự chuyển đổi chất lượng môi trường được thể hiện bằng mô hình chữ U ngược đi

kèm với sự gia tăng phát triển kinh tế. Kết quả các nghiên cứu của Dietz và Rosa (1997), Shafik và Bandyopadhyay (1992), Holtz-Eakin và Selden (1995), Roberts và Grimes (1997), Galeotti và Lanza (1999), Pao và Tsai (2010) cũng cho thấy mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và chất lượng môi trường là phù hợp với lý thuyết đường cong Kuznets. Biến độc lập $\ln\text{GDP}^2$ là bình phương logarit của thu nhập bình quân đầu người. Mục tiêu của biến này trong mô hình nghiên cứu là để kiểm tra mối quan hệ phi tuyến tính của tăng trưởng kinh tế và chất lượng môi trường có phù hợp với lý thuyết đường cong Kuznets hay không.

Giả thuyết H₂: Thu nhập bình quân đầu người có mối quan hệ phi tuyến tính với lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập quan trọng $\ln\text{RD}$ là logarit tổng chi tiêu trong nước cho nghiên cứu và phát triển (R&D), tính theo phần trăm GDP. Ahmed và cộng sự (2016) nhận thấy rằng đổi mới công nghệ góp phần rất lớn vào việc giảm lượng khí thải CO₂ dựa trên nghiên cứu của họ về 24 quốc gia châu Âu từ năm 1980 đến 2010. Các học giả khác cũng tin rằng đổi mới công nghệ có lợi cho việc giảm lượng khí thải CO₂ và cải thiện chất lượng môi trường (Gerlagh, 2007; Ang, 2009; Yang và Li, 2017). Tuy nhiên, trong nghiên cứu của Newell (2009), Kiviyiro và Arminen (2014), Cheng và cộng sự (2019) nhận thấy rằng đổi mới công nghệ có thể ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng môi trường.

Giả thuyết H₃: Đổi mới công nghệ có ảnh hưởng tích cực hoặc tiêu cực tới lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập $\ln\text{INDUS}$ là logarit của giá trị gia tăng ngành công nghiệp tính theo phần trăm GDP. Chỉ số này đại diện cho phát triển công nghiệp ở mỗi quốc gia tại thời điểm t. Nghiên cứu mối quan hệ giữa giá trị gia tăng công nghiệp và lượng khí thải CO₂ ở một số nhóm phát triển và đang phát triển, Celik và Deniz (2009) chỉ ra có mối quan hệ tích cực giữa hai yếu tố này. Cả nhóm quốc gia phát triển và đang phát triển có mức phát thải cao hơn khi giá trị gia tăng công nghiệp tăng lên.

Giả thuyết H₄: Phát triển công nghiệp có ảnh hưởng tích cực tới lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập $\ln\text{FOREST}$ là logarit của diện tích rừng. Nghiên cứu của Epule và cộng sự (2012) cho kết quả diện tích rừng ảnh hưởng tiêu cực tới lượng phát thải CO₂. Diện tích rừng giảm thì lượng CO₂ trong khí quyển tăng và ngược lại. Kết quả này cũng tương đồng với các nghiên cứu của Aber (2001), Zhang và Justice (2001), Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020).

Giả thuyết H₅: Diện tích rừng có ảnh hưởng tiêu cực tới lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập $\ln\text{POP}\text{DENSE}$ là logarit của đô thị hóa. Chỉ số thể hiện cho sự đô thị hóa mà nhóm tác giả thu thập là mật độ dân cư, đơn vị người/ km². Kết quả nghiên cứu thực nghiệm của N.T.T. Hiền và cộng sự (2017), Bing và cộng sự (2011), Qiang Wang và Lejia Li (2021) đều cho thấy đô thị hóa gây ra những tổn thương cho môi trường sinh thái.

Giả thuyết H₆: Đô thị hóa có ảnh hưởng tích cực tới lượng phát thải khí CO₂

Biến độc lập $\ln\text{ENUSE}$ là logarit của mức sử dụng năng lượng tính theo kg/ người ở mỗi quốc gia. Năng lượng tiêu thụ là một trong những nguyên nhân làm tăng lượng phát thải khí CO₂ (Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020), Chakravarty và Tavoni (2013)).

Giả thuyết H7: Lượng năng lượng tiêu thụ bình quân đầu người có ảnh hưởng tích cực tới lượng phát thải khí CO₂

Kết quả mô tả biến được thể hiện ở Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Mô tả biến

Tên biến	Nội dung biến	Đơn vị	Kỳ vọng dấu	Nguồn tham khảo
Biến phụ thuộc				
lnCO2	Logarit của lượng khí thải Co2	Kiloton		WDI
Biến độc lập				
lnPOP	Logarit của quy mô dân số	Người	+	WDI
lnGDP	Logarit của thu nhập bình quân đầu người	USD	+	WDI
lnGDP2	Bình phương logarit của thu nhập bình quân đầu người	USD	-	WDI
lnRD	Logarit của tổng chi tiêu trong nước cho nghiên cứu và phát triển (R&D)	% GDP	+/-	WDI
lnINDUS	Logarit của giá trị gia tăng ngành công nghiệp	% GDP	+	WDI
lnFOREST	Logarit của diện tích rừng	Km ²	-	WDI
lnPOPDENSE	Logarit của mật độ dân cư	Người/km ²	+	WDI
lnENUSE	Logarit của mức sử dụng năng lượng của quốc gia	Kilogram	+	WDI

Nguồn: Tổng hợp từ các nghiên cứu trước đó (2022)

3.3. Phương pháp ước lượng

Nghiên cứu sử dụng các kỹ thuật ước lượng như sau: Trước tiên, nghiên cứu dựa trên mô hình hồi quy Pool OLS. Thứ hai, nghiên cứu sử dụng mô hình tác động cố định (FEM) và tác động ngẫu nhiên (REM) đối với dữ liệu bảng. Tại đây, kiểm định F-test được sử dụng để lựa chọn sự phù hợp giữa mô hình thô và mô hình tác động cố định. Kiểm định Hausman được sử dụng để đánh giá sự phù hợp giữa hai mô hình FEM và REM. Cuối cùng, phương pháp hồi quy tổng khoảng khắc GMM được sử dụng để khắc phục hiện tượng biến nội sinh trong mô hình. Đồng thời, phương pháp này cũng khắc phục được các hiện tượng tự tương quan hay phương sai sai số thay đổi trong các mô hình hồi quy thông thường.

4. Kết quả thực nghiệm

4.1. Mô tả thống kê biến

Mô tả thống kê các biến được thể hiện trong Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. Mô tả thống kê biến

Biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
CO2	608	355381.100	1153982	190	1.00E+07
POP	608	1.16E+08	2.92E+08	259178	1.37E+09
GDP	608	7122.966	11276.960	138.429	57562.530
RD	608	0.929	1.074	0.032	4.820
INDUS	608	5.298	9.183	-38.885	111.379
FOREST	608	163892.700	373319.800	8.200	2083575
POP DENSE	608	384.173	1139.662	1.497	7714.702
ENUSE	608	1743.958	1798.203	135.948	9837.472

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả (2022)

Từ kết quả bảng thống kê mô tả có thể rút ra một số nhận xét như sau:

Giá trị lượng phát thải khí CO₂ trung bình ở các nước Châu Á từ năm 1996-2014 là 355381.1kt đã cho thấy mức độ nghiêm trọng của lượng phát thải khí Co₂ ở giai đoạn này. Đáng kể nhất là Trung Quốc và Ấn Độ, đây là hai quốc gia có lượng phát thải khí cao nhất Châu Á và lượng phát thải khí luôn tăng từ năm 1992 và đạt giá trị lớn nhất vào năm 2014, cụ thể: Trung Quốc với lượng phát thải khí Co₂ là 10,540,000kt – cao gấp gần 5 lần so với Ấn Độ (2,341,000kt)

Biến độc lập POP – Quy mô dân số có giá trị trung bình là 116.000.000 người, cho thấy đây là khu vực tập trung đông dân cư. Kết hợp với đó là thu nhập bình quân đầu người – GDP có giá trị trung bình là 7122.966\$/ người, mức độ tập trung dân số trung bình POP DENSE gần 384 người/km² và mức sử dụng năng lượng bình quân đầu người đạt giá trị trung bình là 1743.958 kg dầu/người đã khiến cho lượng phát thải khí tăng lên nhanh chóng. Có thể thấy việc gia tăng thu thập, chủ yếu trong các ngành công nghiệp chính bao gồm khai thác và chế biến quặng, dệt may, máy móc, ô tô, thép, nhôm, than đá,... được thể hiện qua chỉ số phát triển công nghiệp INDUS với giá trị trung bình là 5.3% một trong những nguyên nhân chủ yếu góp phần làm tăng lượng thải nói chung và lượng khí thải CO₂ nói riêng ở Châu Á

Biến RD có giá trị trung bình là 0.93, tức là chi tiêu cho nghiên cứu phát triển trung bình đạt 0.93 % so với GDP. Nhìn chung, hầu hết các nước ở Châu Á đều tích cực đẩy mạnh đầu tư vào nghiên cứu và phát triển (R&D) trong doanh nghiệp. Theo Sở Khoa học và Công nghệ (2014), Châu Á bỏ xa châu Âu và Mỹ về đầu tư cho R&D, chỉ cho nghiên cứu ở Mỹ và châu Âu giảm. Đây là kết quả nghiên cứu của R&D Funding Forecast thuộc Viện Battelle của Mỹ và tạp chí chuyên đề R&D Mag. Có thể nói, R&D luôn là động lực chính để đổi mới công

nghe, phát triển kinh tế, giảm phụ thuộc vào FDI và tăng ưu thế cạnh tranh... Tuy nhiên, đi kèm với đó là những ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường.

4.2. Ma trận tương quan

Để kiểm tra sự tương quan giữa biến phụ thuộc với các biến độc lập và giữa các biến độc lập với nhau, tác giả sử dụng ma trận hệ số tương quan. Kết quả ma trận hệ số tương quan được thể hiện ở Bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Ma trận hệ số tương quan

Biến	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) lnCO2	1.000								
(2) lnPOP	0.822	1.000							
(3) lnGDP	0.279	-	1.000						
		0.191							
(4) lnGDP2	0.265	-	0.996	1.000					
		0.198							
(5) lnRD	0.118	0.033	0.276	0.293	1.000				
(6) lnINDUS	-	-	-	-	-	1.000			
	0.111	0.012	0.202	0.214	0.124				
(7) lnFOREST	0.588	0.739	-	-	0.060	-	1.000		
			0.262	0.274	0.012				
(8) lnPOPDENSE	0.072	0.205	0.155	0.178	0.169	0.019	-	1.000	
							0.288		
(9) lnENUSE	0.375	-	0.810	0.808	0.125	-	-	-	1.00
		0.184				0.178	0.182	0.097	0

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả (2022)

Kết quả rút ra từ bảng ma trận hệ số tương quan như sau:

Xét về mức độ tương quan giữa biến phụ thuộc và các biến độc lập, hệ số tương quan giữa biến phụ thuộc lnCO2 và các biến độc lập (trừ biến lnPOP, lnFOREST) là ở mức độ vừa phải. Hệ số tương quan giữa biến lnCO2 và lnPOP là 0.822 thể hiện mức độ tương quan mạnh. Khi quy mô dân số tăng thì sẽ đi kèm với lượng phát thải khí CO2 tăng. Hệ số tương quan giữa biến lnCO2 và lnGDP2 thể hiện mối tương quan dương và cùng chiều. Kết quả này không phù hợp với lý thuyết của đường cong Kuznets. Giá trị tương quan của biến lnCO2 và lnRD là 0.118, thể hiện mức độ tương quan yếu và ngược chiều nhau. Hệ số tương quan giữa biến lnCO2 và biến lnINDUS là -0.111 thể hiện mức độ tương quan yếu và ngược chiều. Khi chỉ số phát triển công nghiệp tăng thì lượng phát thải khí CO2 giảm nhẹ. Biến lnCO2 và lnENUSE có mức độ tương quan trung bình và cùng chiều nhau. Các kết quả này phù hợp với dấu giả thuyết nhóm tác giả đề ra. Tuy nhiên, hệ số tương quan giữa biến lnCO2 và các biến lnFOREST

và lnPOPDENSE là mối quan hệ tương quan dương. Chiều tương quan này chưa phù hợp với giả thuyết đã nêu ra ở phần trên.

Xét về mối tương quan giữa các biến độc lập với nhau, giá trị tương quan là từ yếu đến mạnh với hệ số tương quan r dao động trong đoạn $[-0.198, 0.808]$. Giá trị tương quan giữa hai cặp biến lnENUSE và lnGDP2 là 0.808, lớn hơn 0.8 nên dự đoán có hiện tượng đa cộng tuyến xảy ra.

Kết quả hệ số phóng đại phương sai (Vif) ở Bảng 4 dưới đây cho thấy hệ số Vif trung bình là $38.020 > 5$ nên xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến cao. Nguyên nhân chính là do trong mô hình nghiên cứu, hai biến lnGDP2 và lnGDP căn bản đã có mối quan hệ tuyến tính với nhau. Tuy nhiên, sự lựa chọn đưa hai biến vào mô hình hoàn toàn phù hợp với cơ sở lý thuyết đường cong Kuznets. Mặt khác, giá trị Vif của các biến độc lập còn lại đều nhỏ hơn 5 nên sự tương quan giữa một biến độc lập nhất định với các biến độc lập khác trong mô hình không quá nghiêm trọng. Do vậy, nhóm tác giả vẫn giữ nguyên mô hình ban đầu để tiến hành các kiểm định và lựa chọn mô hình phù hợp ở phần tiếp theo của bài nghiên cứu.

Bảng 4. Hệ số phóng đại phương sai

Biến độc lập	VIF	1/VIF
lnGDP2	148.060	0.007
lnGDP	138.920	0.007
lnFOREST	4.380	0.228
lnPOP	4.190	0.239
lnENUSE	3.690	0.271
lnPOPDENSE	2.610	0.383
lnRD	1.240	0.806
lnINDUS	1.090	0.919
Giá trị trung bình VIF	38.020	

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả (2022)

4.3. Phân tích kết quả thực nghiệm

Nghiên cứu thực hiện hồi quy mô hình Pooled OLS, mô hình hiệu ứng cố định (FEM) và mô hình hiệu ứng ngẫu nhiên (REM), kết quả hồi quy ở Bảng 5 cho thấy: Ngoại trừ biến

lnINDUS không có ý nghĩa thống kê, các biến giải thích còn lại đều có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 10%. Tuy nhiên, câu hỏi đặt ra là dữ liệu bảng mô hình nào sẽ là mô hình phù hợp: POLS, FEM hay REM? Để lựa chọn mô hình phù hợp, nhóm tác giả sẽ tiến hành thực hiện các kiểm định F-test, Hausman.

Kiểm định F được sử dụng nhằm kiểm định sự phù hợp giữa ước lượng tác động cố định và ước lượng thô. Giá trị của kiểm định ở Bảng 5 với $F = 76.87$ và $p\text{-value} = 0,000$ đã chỉ ra rằng giả thuyết H_0 bị bác bỏ với mức ý nghĩa 5%. Điều này cho thấy có sự khác biệt giữa các đối tượng hoặc các thời điểm khác nhau, hay nói cách khác, ước lượng tác động cố định FEM phù hợp hơn so với mô hình Pooled OLS.

Tiếp theo Kiểm định Hausman ở Bảng 5 với $p\text{-value} = 0.0000$ đã chỉ ra rằng giả thuyết H_0 bị bác bỏ với mức ý nghĩa 5%. Như vậy, ước lượng tác động cố định là phù hợp hơn so với ước lượng tác động ngẫu nhiên.

Kiểm định phương sai sai số thay đổi (Modified Wald test), kết quả ở Bảng 5 cho thấy, giá trị $p\text{-value} = 0.002 < 5\%$, nên giả thuyết H_0 bị bác bỏ, mô hình tác động cố định mắc khuyết tật PSSS thay đổi.

Kiểm định sự tự tương quan (Wooldridge test), kết quả Bảng 5 cho thấy giá trị $p\text{-value} = 0.000 < 5\%$. Như vậy, mô hình tác động cố định mắc khuyết tật tự tương quan.

Để khắc phục các khuyết tật trên của mô hình tác động cố định, mô hình hồi quy GMM được nhóm tác giả lựa chọn ước lượng. Dựa vào kết quả bảng 4 có thể thấy rằng, các kiểm định về sự phù hợp của mô hình ước lượng GMM đều chỉ ra giá trị $p\text{-value}$ có ý nghĩa cao, điều này hàm ý rằng phương pháp GMM được sử dụng là phù hợp, các ước lượng là tin cậy, không bị sai lệch. Cụ thể, kiểm định AR (2) đều có $p\text{-value} = 0.210$ lớn hơn 5%, cho nên không thể bác bỏ giả thuyết H_0 của kiểm định này, do đó cho thấy không có hiện tượng tự tương quan trong bài nghiên cứu. Đồng thời kết quả kiểm định Hansen có giá trị $p\text{-value} = 0.545$ lớn hơn 5% cho nên không thể bác bỏ giả thuyết H_0 của kiểm định, hay nói cách khác các biến công cụ được sử dụng trong phương pháp ước lượng GMM đều có giá trị (không tương quan với phần dư).

Đồng thời, có thể thấy rằng số biến công cụ được dùng trong phương pháp hồi quy GMM để ước lượng mô hình nghiên cứu ở cột (GMM) trong bảng 5 thì đều là 25, không lớn hơn số quốc gia có trong mô hình nghiên cứu này (với số quốc gia lên đến 32 quốc gia). Điều này cũng một phần nào cho thấy kết quả hồi quy có được sau khi hồi quy bởi phương pháp GMM là đáng tin cậy và có thể dùng để đưa ra các hàm ý chính sách. Kết quả hồi quy được thể hiện ở Bảng 5 dưới đây.

Bảng 5. Tổng hợp kết quả hồi quy

Biến độc lập	lnCO2 (POLS)	lnCO2 (FEM)	lnCO2 (REM)	lnCO2 (GMM)
lnPOP	1.173***	-1.695*	1.163***	0.369***
lnGDP	1.174***	0.533***	0.528***	1.296***
lnGDP2	-0.065***	-0.026***	-0.024***	-0.072***
lnRD	0.089***	0.029***	0.028**	0.063**

Biến độc lập	lnCO2 (POLS)	lnCO2 (FEM)	lnCO2 (REM)	lnCO2 (GMM)
lnINDUS	-0.004	-0.002	-0.007	0.045***
lnFOREST	-0.109***	-0.237	-0.133***	-0.098**
lnPOPDENSE	-0.197***	2.959***	-0.208***	-0.080**
lnENUSE	1.067***	0.487***	0.635***	0.185**
Hệ số chặn	-19.460***	22.120*	-13.560***	-9.145***
Số quan sát	497	497	497	155
R ²	0.977	0.747		
F-test		76.87 (0.000)		
Hausman test		146.46 (0.000)		
Modified Wald test		11.278 (0.002)		
Wooldridge test		(0.000)		
AR(2)				(0.210)
Hansen test				13.74 (0.545)

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả (2022)

Ghi chú: ***, **, * có mức ý nghĩa thống kê lần lượt là 1%, 5% và 10%, số trong dấu ngoặc đơn là sai số tiêu chuẩn

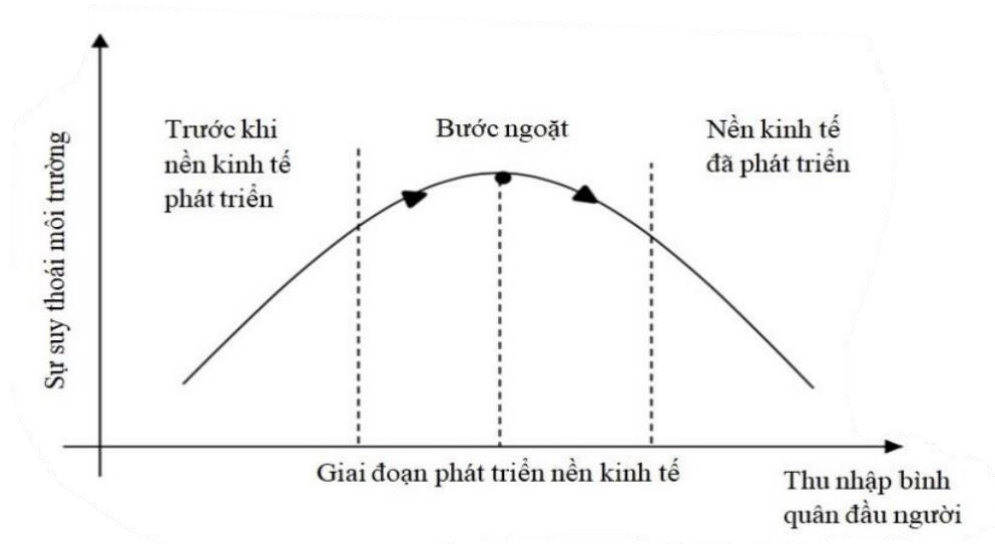
Các kết luận được rút ra từ bảng kết quả hồi quy như sau:

Một là, quy mô dân số tăng gây ra áp lực tới môi trường. Cụ thể, biến lnPOP có tác động tích cực tới biến lnCO₂, ở mức ý nghĩa 5% quy mô dân số tăng 1% thì lượng khí thải CO₂ tăng thêm 0.369%. Kết quả này phù hợp với giả thuyết H1 của nhóm tác giả. Các nghiên cứu đi trước của Dietz và Rosa (1997), Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020). Nguyên nhân là do dân số gia tăng, lượng tài nguyên sử dụng ngày càng nhiều. Nhu cầu đời sống cũng tăng thúc đẩy sản xuất hàng hóa từ đó làm gia lượng chất thải và khí thải.

Hai là, ở góc độ các nước châu Á, tăng trưởng kinh tế sẽ làm tăng lượng phát thải khí CO₂. Mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và ô nhiễm môi trường của các nước trong khu vực châu Á tuân theo đường cong môi trường Kuznets. Hệ số của lnGDP dương và hệ số của lnGDP bậc hai (lnGDP²) âm ở mức ý nghĩa 5% cho thấy đồ thị quan hệ giữa lnCO₂ và lnGDP là hình

Parabol với điểm ngoặt là $\frac{\widehat{\beta}_2}{-2\widehat{\beta}_3} = 8.975$. Tức là, điểm chuyển tiếp của EKC tại mức GDP bằng $e^{8.975}$ hay 7903 USD/ người/năm.

Hình 1. Đường cong Kuznet về môi trường



Nguồn: Uchiyama, K. (2016)

Ba là, chi tiêu cho nghiên cứu và phát triển tăng làm tăng ô nhiễm môi trường. Biến $\ln RD$ có tác động cùng chiều lên $\ln CO_2$, ở mức ý nghĩa 5%, $\ln RD$ tăng 1% làm cho lượng phát thải CO_2 tăng 0.063%. Ở các nghiên cứu đi trước của Newell (2009), Kiviyiro và Arminen (2014) cũng chỉ ra tác động ngược chiều này khi cho rằng nghiên cứu công nghệ thúc đẩy nguồn vốn đầu tư. Nhưng với quy mô nền kinh tế tăng nhanh, nguồn vốn này chảy nhiều hơn vào tài nguyên thiên nhiên, gây ra vấn đề lạm dụng và khai thác quá mức nguồn tài nguyên làm cho ô nhiễm môi trường trầm trọng hơn. Một cách lý giải khác cho kết quả này là theo nghiên cứu của Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020), khi xét đến mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và lượng phát thải khí CO_2 ở nhóm nước thu nhập trung bình thấp có tác động dương là do đổi mới công nghệ ở những nước này chủ yếu để phát triển công nghiệp và tăng trưởng sinh thái. Kết quả là, chất lượng môi trường bị đánh đổi ở một mức độ nào đó. Thực tế là trình độ đổi mới công nghệ của các nước thu nhập trung bình không thân thiện với môi trường. Cách lý giải này là phù hợp với không gian nghiên cứu của đề tài khi các nước châu Á chủ yếu là các nước có thu nhập trung bình thấp.

Bốn là, phát triển công nghiệp làm tăng lượng phát thải khí CO_2 . Biến $\ln INDUS$ và $\ln CO_2$ có tác động dương lên nhau, với mức ý nghĩa 5%, giá trị gia tăng ngành công nghiệp trong %GDP tăng 1% thì lượng phát thải khí cacbonic tăng 0.045%. Kết quả này phù hợp với giả thuyết H4 nhóm nghiên cứu đưa ra và trùng khớp với kết quả của các bài nghiên cứu của Celik và Deniz (2009), Hồ Minh Dũng và N.T Thanh Hằng (2019).

Năm là, tăng diện tích rừng làm giảm lượng phát thải khí CO_2 . Cụ thể, biến $\ln FOREST$ và $\ln CO_2$ có mối quan hệ ngược chiều, với mức ý nghĩa 5%, diện tích rừng tăng 1% thì lượng phát thải khí cacbonic giảm 0.098%. Kết quả này phù hợp với giả thuyết H5 được nêu ra ở trên. Các nghiên cứu của Aber (2001), Zhang và Justice (2001), Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020) và Epule và cộng sự (2012) cũng có kết quả tương tự.

Sáu là, đô thị hóa làm giảm lượng khí thải CO₂. Biến lnPOPDENSE có tác động ngược chiều lên biến lnCO₂, ở mức ý nghĩa 5%, lnPOPDENSE tăng 1% làm cho lượng phát thải CO₂ giảm 0.080%. Kết quả này trái với giả thuyết H6 mà nhóm tác giả đề ra. Đồng thời, cũng không trùng khớp với kết quả nghiên cứu của N.T.T. Hiền và cộng sự (2017), Bing và cộng sự (2011), Qiang Wang và Lejia Li (2021). Tuy nhiên, một số nghiên cứu khác lại đánh giá được tác động tích cực của đô thị hóa tới môi trường. Cụ thể, một số nghiên cứu về hình thái đô thị được thực hiện tại Hoa Kỳ chứng minh mức độ nén của thành phố có tác động làm giảm tiêu thụ điện cho mục đích sưởi ấm, giảm nhiên liệu cho mục đích di chuyển và giảm phát thải CO₂ do việc di chuyển (Bartholomew & Ewing, 2008; Ewing, Reid, Cervero & Robert, 2001; Stone, Mednick, Holloway, & Spak, 2007; Stone & Rodgers, 2001). Thành phố cũng là nơi tập trung nhiều ngành dịch vụ, vốn không cần tài nguyên thiên nhiên, và không gây ô nhiễm ở mức độ như các ngành sản xuất đang dần dần lùi ra xa thành phố. Thậm chí, đô thị hóa có thể làm giảm thiểu mức độ ô nhiễm khi đo bằng CO₂ (Asian Development Bank, 2012).

Bảy là, mức sử dụng năng lượng tăng gây ra ô nhiễm môi trường. Biến lnENUSE có tác động dương lên biến lnCO₂, ở mức ý nghĩa 5%, lnENUSE tăng 1% làm cho lượng phát thải CO₂ tăng 0.185%. Kết quả này phù hợp với giả thuyết H7 và các nghiên cứu đi trước của Yang Chen & Chien-Chiang Lee (2020), Chakravarty và Tavoni (2013).

5. Kết luận

Bài viết này nghiên cứu tác động của đổi mới công nghệ đến phát thải CO₂ ở các nước châu Á giai đoạn 1996 - 2014. Kết quả cho thấy biến đổi mới công nghệ có ý nghĩa thống kê và có mối tương quan cùng chiều với lượng phát thải khí CO₂. Khi chi tiêu trong nước cho nghiên cứu và phát triển (R&D) tăng 1% GDP, giá trị phát thải CO₂ trung bình tăng 0,063%. Do đó, đổi mới công nghệ làm tăng lượng khí thải carbon dioxide ở các nước châu Á. Ngoài ra, kết quả thực nghiệm về tác động của tăng trưởng kinh tế đến môi trường phù hợp với lý thuyết đường cong Kuznet.

Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng diện tích rừng tăng lên sẽ làm giảm lượng khí thải CO₂. Ngược lại, sự phát triển của công nghiệp cùng với việc sử dụng năng lượng nhiều hơn sẽ càng làm cho vấn đề ô nhiễm môi trường trở nên trầm trọng hơn. Gia tăng dân số cũng đặt ra gánh nặng đối với môi trường sinh thái. Tuy nhiên, đô thị hóa góp phần giảm lượng khí thải CO₂. Trong trường hợp này, sự phát triển đô thị hóa mang lại tác động tích cực đến môi trường. Tuy vậy, thực tế vấn đề đô thị gây ra nhiều ô nhiễm môi trường mà do kiến thức nghiên cứu còn hạn chế nên nhóm chưa đánh giá được tác động tiêu cực này.

Tài liệu tham khảo

- Aber, J. (2001), "Forest processes and global environmental change: The effects of individual and multiple stressors on forests", *Bio Science*, Vol. 51, pp.735–751, Available at [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0735:FPAGEC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0735:FPAGEC]2.0.CO;2)
- Ang, JB. (2009), "CO₂ emission, research and technology transfer in China", *Ecol.Econ*, Vol. 68, No. 10, pp. 2658-2665, Available at https://mpra.ub.uni-muenchen.de/13261/1/mpra_paper_13261.pdf

- Ahmed & cộng sự (2016), “Biomass energy, technological progress and the environmental Kuznets curve: evidence from selected European countries”, *Biomass Bioenergy*, Vol. 90, pp. 202-208, Available at <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.04.004>
- Bartholomew, K., Ewing, Reid (2008), “Land Use–Transportation Scenarios and Future Vehicle Travel and Land Consumption: A Meta-Analysis”, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 75, pp. 13–27, Available at <https://doi.org/10.1080/01944360802508726>
- Bing, X., Chunrong, L., Zhu, L., Yong, G., Fengming, X. (2011), “Analysis on CO2 emission and urbanization at global level during 1970-2007”, *Adv. Clim. Change Res*, Vol. 7, No. 6, pp. 423-427, Available at <https://doi.org/10.1631/jzus.B1000152>.
- Çelik và Deniz (2009), “Industrial value added and carbon dioxide emissions: a cross-country comparison”, *SSRN Electron*.
- Chakravarty, S., Tavoni, M. (2013), “Energy poverty alleviation and climate change mitigation: is there a trade off?”, *Energy Econ*, Vol. 40(S1), pp. 67-73, Available at <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.02>
- Cheng, C., Ren, X., Wang, Z. (2019), “The impact of renewable energy and innovation on carbon emissions: an empirical analysis for OECD countries”, *Energy Procedia*, Vol. 158, pp. 3506-3512, Available at <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.919>.
- Chen, Y., Lee, Chien-Chiang (2020), “Does technological innovation reduce CO2 emissions? Cross-country evidence”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 263, Available at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121550>
- Costantini, V., Crespi, F., Marin, G., Paglialunga, E. (2017), “Eco-innovation, sustainable supply chains and environmental performance in European industries”, *J. Clean. Prod*, Vol. 155 (Part 2), pp. 141-154, Available at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.038>.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, Claudia N., Salman, M. (2019), “The effects of economic growth and innovation on CO2 emissions in different regions”, *Environmental Science and Pollution Research*, Available at <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-04891-y>
- Dierk Herzer (2022), “The impact on domestic CO2 emissions of domestic government-funded clean energy R&D and of spillovers from foreign government-funded clean energy R&D”, *Energy Policy*, Vol. 168, pp. 113-126, Available at <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113126>
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997), “Effects of population and affluence on CO2 emissions”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 94 No. 1, pp. 175–179, Available at <https://doi.org/10.1073/pnas.94.1.175>
- Epule & cộng sự (2012), “The Environmental Quadrupole: Forest Area, Rainfall, CO2 Emissions and Arable Production Interactions in Cameroon”, *International Journal of Environment and Climate Change*, pp. 12-27, Available at <https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/166>

- Ewing, Reid, Cervero & Robert (2001), “Travel and the Built Environment: A Synthesis”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1780, pp. 87–114, Available at <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.02>
- Fei, Q., Rasiyah, R., Shen, L.J. (2014), “The clean energy-growth nexus with CO₂ emissions and technological innovation in Norway and New Zealand. *Energy Environ*”, Vol. 25, No. 8, pp. 1323-1344, Available at <https://doi.org/10.1260/0958-305X.25.8.1323>
- Ganda, Fortune (2019), “The impact of innovation and technology investments on carbon emissions in selected organisation for economic Co-operation and development countries”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 217, pp. 469–483, Available at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.235>
- Galeotti, M., & Lanza, A. (1999), “Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries”, *Energy Policy*, Vol. 27, No. 10, pp. 565-573.
- Gerlagh, R. (2007), “Measuring the value of induced technological change”, *Energy Pol*, Vol. 35, No. 11, pp. 5287-5297, Available at <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.034>
- Gu, G., Wang, Z. (2018), “Research on global carbon abatement driven by R&D investment in the context of INDCs”, *Energy*, Vol. 148, pp. 662-675, Available at <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.142>
- Grabow ML, Spak SN, Holloway T, Stone B Jr., Mednick AC, Patz JA (2007), “Air quality and exercise-related health benefits from reduced car travel in the midwestern United States”, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 120
- Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1995), “Economic growth and the environment”, *Q. J. Econ*, Vol. 110, No. 2, pp. 353-377, Available at <https://doi.org/10.2307/2118443>.
- Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995), “Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth”, *Journal of Public Economics*, Vol. 57, pp. 85-101.
- Kiviyiro, P., Arminen, H. (2014), “Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: causality analysis for Sub-Saharan Africa”, *Energy*, Vol. 74, pp. 595-606, Available at <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.025>
- Kuznets, S. (1955), “Economic Growth and income inequality”, *American Economic Review*, pp. 45
- Kverndokk, S., Rosendahl, K.E., Rutherford, T.F. (2004), “Climate policies and induced technological change: which to choose, the carrot or the stick?”, *Environ. Resour. Econ*, Vol. 27, No. 1, pp. 21-41, Available at <https://doi.org/10.1023/B:EARE.0000016787.53575.39>
- Kwang-Jing Jii, Caroline Geetha (2017), “The Nexus between Technology Innovation and CO₂ Emissions in Malaysia: Evidence from Granger Causality Test”, *Energy Procedia*, Vol. 105, pp. 3118–3124, Available at <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.654>
- Learning on demand., “Mô hình dữ liệu bảng: fixed effects vs random effects”, Available at <https://hd-nckh.blogspot.com/2014/03/mo-hinh-du-lieu-bang-panel-data-model.html> (Accessed: November 26, 2022)

- Lee, C.C., Chiu, Y.B., Sun, C.H. (2010), “The environmental Kuznets curve hypothesis for water pollution: do regions matter?”, *Energy Pol*, Vol. 38, No. 1, pp. 12-23. Available at <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.004>.
- Mai Đình Lan (2013), “Luận án “Tác động của phân cấp tài khóa đến tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam”, *Thư viện Quốc gia Việt Nam*, Available at <http://luanan.nlv.gov.vn/luanan?a=d&d=TTcFqWrHyYYu2013.1.1&e=-----vi-20--1--img-txIN-----> (Accessed November 26, 2022).
- Newell, R.G. (2009), “Literature review of recent trends and future prospects for innovation in climate change mitigation”, *OECD Environ. Work. Pap*, Vol. 9, Available at https://www.researchgate.net/publication/46457361_Literature_Review_of_Recent_Trends_and_Future_Prospects_for_Innovation_in_Climate_Change_Mitigation
- Nhóm MBA Bách Khoa. (2018), “Kiểm định tự tương quan, tương quan chuỗi trong Stata”, Available at <https://phantichstata.com/kiem-dinh-tu-tuong-quan-tuong-quan-chuoi-trong-stata.html> (Accessed November 26, 2022)
- Nhóm MBA Bách Khoa. (2019), “Mô hình tác động cố định Fixed effects và các kiểm định liên quan”, Available at <https://phantichstata.com/mo-hinh-tac-dong-co-dinh-fixed-effects-va-cac-kiem-dinh-lien-quan.html> (Accessed November 26, 2022)
- N.T.T. Hiền & cộng sự (2017), “Mối quan hệ giữa môi trường và tăng trưởng kinh tế tại các nước châu Á - Thái Bình Dương”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Kinh tế và Kinh doanh*, Vol. 33, No. 3, pp. 54-63.
- Predrag Petrovic và Mikhail M. Lobanov (2019), “The impact of R&D expenditures on CO2 emissions: Evidence from sixteen OECD countries”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 241, Available at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119187>
- Qiang Wang & Lejia Li (2021), “The effects of population aging, life expectancy, unemployment rate, population density, per capita GDP, urbanization on per capita carbon emissions”, Available at <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.029>
- Reyer Gerlagh (2007), “Measuring the value of induced technological change”, *Energy Policy*, Vol. 35, No. 11, pp. 5287–5297, Available at <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.034>.
- Roberts, J. T., & Grimes, P. E. (1997), “Carbon intensity and economic development 1962-1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve”, *World development*, Vol. 25, No. 2, pp. 191-198.
- Sagar, A.D., Holdren, J.P. (2002), “Assessing the global energy innovation system: some key issues”, *Energy Pol*, Vol. 30, No. 6, pp. 465-469, Available at [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00117-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00117-3).
- Shafik, N. & Bandyopadhyaya, S. (1992), “Economic Growth and Environmental Quality Time-Series and CrossCountry Evidence”, *Policy Research Working Paper*, No. 904
- Sohag & cộng sự (2015), “Dynamic impact of household consumption on its CO2 emissions in Malaysia. Environ”, *Dev. Sustain*, Vol. 17, No. 5, pp. 1031-1043. Available at <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9588-8>

- Stone, B., & Rodgers, M. O. (2001), “Urban Form and Thermal Efficiency: How the Design of Cities Influences the Urban Heat Island Effect”, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 67 No. 2, pp. 186–198, Available at: doi:10.1080/01944360108976228
- Stone, Mednick, Holloway & Spak (2007), “Is Compact Growth Good for Air Quality? Journal of the American Planning Association”, Vol. 73, No. 4, pp. 404–41, Available at doi:10.1080/01944360708978521
- Suzuki, M. (2015), “Identifying roles of international institutions in clean energy technology innovation and diffusion in the developing countries: matching barriers with roles of the institutions”, *J. Clean. Prod.*, Vol. 98, pp. 229-240, Available at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.070>.
- Tạp chí Tài chính. (2016), “Nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia, hỗ trợ doanh nghiệp phát triển”, Available at http://epaper.tapchitaichinh.vn/tctc_1_6_2016/files/assets/basic-html/page3.html (Accessed: 11/27/2022)
- Yang, Lisha; Li, Zhi (2017), “Technology advance and the carbon dioxide emission in China – Empirical research based on the rebound effect”, *Energy Policy*, Vol. 101, pp. 150–161, Available at <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.020>
- Yongping, N. (2011), “The economic thinking on low carbon economy”, *Energy Procedia*, Vol. 5, pp. 2368-2372, Available at <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.407>.
- Zhang, Q., Justice, C. (2001), “Carbon Emissions and Sequestration potential of central African Ecosystems”, *Ambio*, Vol. 30, No. 6, pp. 351-355.
- VHN Khue, HM Dung, NT Tam, NT Thanh Hang (2019), “Inventory and mapping the air emissions from transportation activities in Ho Chi Minh city”, *VNUHCM Journal of Natural Sciences*, Vol. 3, No. 2, pp. 100-114, Available at <https://doi.org/10.32508/stdjns.v3i2.687>
- Uchiyama, K. (2016), “Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Carbon Dioxide Emissions”, *Springer Japan*, pp. 11-29.

Phụ lục

Danh sách các quốc gia nghiên cứu:

STT	Tên quốc gia	STT	Tên quốc gia
1	Armenia	17	Kyrgyz Republic
2	Azerbaijan	18	Malaysia
3	Bangladesh	19	Maldives
4	Bhutan	20	Mongolia
5	Brunei Darussalam	21	Nepal
6	Cambodia	22	Pakistan
7	China	23	Philippines

STT	Tên quốc gia	STT	Tên quốc gia
8	Cyprus	24	Saudi Arabia
9	India	25	Singapore
10	Indonesia	26	South Africa
11	Iran, Islamic Rep.	27	Sri Lanka
12	Iraq	28	Tajikistan
13	Israel	29	Turkiye
14	Japan	30	Uzbekistan
15	Jordan	31	Vietnam
16	Kazakhstan	32	Yemen, Rep.