



Working Paper 2024.2.1.12
- Vol 2, No 1

TÁC ĐỘNG CỦA CÔNG NGHỆ ĐẾN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ BẰNG CHỨNG THỰC NGHIỆM Ở CÁC NƯỚC CHÂU Á

Bùi Thị Tuyết¹, Nguyễn Thị Hồng Đào, Nguyễn Thanh Xuân, Nguyễn Trần Ánh Sa,
Phạm Cẩm Huyền

Sinh viên K60CLC5 - K60 - Logistics và quản lý chuỗi cung ứng

Trường Đại học Ngoại Thương Cơ sở II tại TP. Hồ Chí Minh

Nguyễn Thị Mai, Huỳnh Hiền Hải

Giảng viên cơ sở II

Trường Đại học Ngoại Thương Cơ sở II tại TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Nghiên cứu này phân tích dữ liệu của Ngân hàng Thế giới giai đoạn 2000-2020 để làm rõ vai trò trung gian của công nghệ đến biến đổi khí hậu tại 48 nền kinh tế đang phát triển của Châu Á. Kết quả cho thấy công nghệ tương quan thuận đến lượng phát thải CO₂, làm tăng biến đổi khí hậu. Ngoài ra, nghiên cứu còn nhận thấy việc đầu tư vào R&D cho công nghệ, cũng như việc áp dụng công nghệ sử dụng năng lượng tái tạo có xu hướng làm giảm biến đổi khí hậu. Từ đó, nghiên cứu đưa ra một số khuyến nghị nhằm hạn chế mức độ tác động tiêu cực của công nghệ đến môi trường.

Từ khóa: Châu Á, biến đổi khí hậu, công nghệ, CO₂, mô hình GLS

IMPACT OF TECHNOLOGY ON CLIMATE CHANGE AND EMPIRICAL EVIDENCE IN ASIAN COUNTRIES

Abstract

This study focuses on analyzing data from the World Bank for the period 2000-2020 to clarify the intermediary role of technology on climate change in 48 developing economies in Asia. The regression model indicates that the technology variable has a positive correlation with CO₂ emissions, increasing climate change. In addition, the study also realizes that the spending of R&D on technology, as well as

¹ Tác giả liên hệ; Email: k60.2114533020@ftu.edu.vn

the application of renewable energy technology, have the tendency to reduce climate change. Based on that, the study makes some recommendations to limit the negative impacts of technology on the environment.

Keyword: Asia, climate change, technology, CO2, GLS model

1. Giới thiệu

Trong thời đại công nghệ toàn cầu hóa thế giới, biến đổi khí hậu là một trong những thách thức lớn nhất mà nhân loại phải đối mặt. Quá trình biến đổi khí hậu ngày càng chuyển biến khó lường và gây ra hậu quả tồi tệ không chỉ đối với con người mà còn là toàn bộ các loài sinh vật sống trên Trái Đất (Goklany, 2012). Theo báo cáo từ ADB (2012), Châu Á chiếm tới 35% tỷ lệ phần trăm lượng khí thải CO₂ so với 17% vào năm 1990. Thêm vào đó, trong bài báo của Mekong Asean (2020), GS.TS Trần Hồng Thái cũng nhấn mạnh nhiệt độ khu vực Châu Á vào năm 2021 cao hơn 0,86°C so với mức trung bình trong giai đoạn 1981-2010, nguồn nước cung cấp cho sinh hoạt và sản xuất do việc giảm lượng mưa và việc băng tuyết thu hẹp mà đã bị giảm đáng kể. Đáng chú ý, các hiện tượng thời tiết cực đoan cũng đã gây thiệt hại về người và của. Cụ thể, có hơn 48 triệu người bị ảnh hưởng trực tiếp từ bão, lũ, dẫn đến khoảng 4 nghìn người thiệt mạng. Kinh tế bị thiệt hại đến 35 tỷ USD, cao hơn mức trung bình trong 2 thập kỷ qua, nguyên nhân chính là do thiệt hại từ hạn hán, lũ lụt và sạt lở (Thảo, 2022).

Công nghệ là một yếu tố quan trọng để giúp các nước châu Á giảm thiểu tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu (VTV, 2022), cũng như tận dụng các cơ hội mới mà biến đổi khí hậu mang lại. Với thực trạng biến đổi khí hậu hiện tại, công nghệ đóng vai trò trung gian vừa ảnh hưởng tích cực và tiêu cực đến biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế. Theo đó, từ sau các cuộc cách mạng công nghiệp tổng lượng khí thải đã tăng lên đáng kể (Venditti, 2022), thế nhưng cũng không thể phủ nhận rằng sự tiến bộ của công nghệ cũng đã làm khí thải hàng năm giảm xuống (Fisher, 2023). “Tiến bộ to lớn về công nghệ trong xã hội ngày nay không chỉ mang lại những cải thiện hiệu quả trong sử dụng năng lượng còn kích thích mạnh mẽ đến mức tiêu thụ năng lượng và sự phát triển nền kinh tế với một lượng tương đương, hiệu ứng này được gọi là “hiệu ứng phục hồi -rebound effect” (Wei, 2017). Không chỉ ở các quốc gia, mà các tổ chức quốc tế như Liên Hợp Quốc (UN) cũng kêu gọi các quốc gia phát triển chung tay giúp đỡ, chuyển giao các công nghệ tiên tiến đến các quốc gia đang phát triển để phần nào có thể giảm thiểu mức độ tác động đến sự thay đổi khí hậu (Vishwanathan, 2022) và hợp tác quốc tế về phát triển công nghệ để cùng nhau chung tay kiểm soát biến đổi khí hậu (Soni, 2011). Cải tiến trong công nghệ có thể thúc đẩy cải thiện mô hình phát triển kinh tế, điều chỉnh lại cơ cấu về năng lượng và nâng cấp cơ cấu công nghiệp, từ đó giảm thiểu lượng khí thải CO₂ trên một đơn vị tổng sản phẩm quốc nội (GDP) (Li, 2017; Saia, 2023).

Đề tài này nhằm phân tích tác động của công nghệ lên quá trình biến đổi khí hậu của các nước châu Á từ năm 2000 đến năm 2020. Dựa trên tình hình phát triển từng nước mà đề tài đánh giá trên nhiều khía cạnh khác nhau. Bên cạnh đó, các đề tài nghiên cứu về tác động của công nghệ với vai trò trung gian lên biến đổi khí hậu gần đây còn chưa rõ ràng trong kinh tế và môi trường cũng như là công nghệ. Nhận thức được điều này, nhóm tác giả đã lựa chọn đề tài: “Tác động của công nghệ đến biến đổi khí hậu và bằng chứng thực nghiệm ở các nước Châu Á”. Đề tài này có ý nghĩa quan trọng về mặt thực tiễn và trong quá trình nghiên cứu mối liên hệ giữa công nghệ và biến đổi khí hậu trong thời kỳ suy thoái kinh tế toàn cầu

hiện tại, từ đó đưa ra cái nhìn cụ thể ở các nước châu Á, cũng như gợi ý các giải pháp và chính sách phù hợp để ứng phó với biến đổi khí hậu một cách hiệu quả và bền vững.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu và giả thuyết

Với sự phát triển vượt bậc của công nghệ trong những năm gần đây, nền kinh tế thế giới có chiều hướng đi lên đáng kể. Tuy nhiên, đi kèm với xu hướng đó, biến đổi khí hậu lại ngày một trở nên trầm trọng hơn do lượng khí thải tăng đột biến, trong đó khí CO₂ chiếm tỉ trọng lớn. Theo báo cáo của IEA (2021), lượng khí CO₂ thải ra trên toàn cầu ước tính đạt 2 tỷ tấn - cao nhất trong lịch sử IEA từng ghi nhận, sự phục hồi của nhu cầu năng lượng trong năm 2021 được dự đoán là do các hiện tượng thời tiết bất thường và do sự biến động giá gas tự nhiên - dẫn tới việc người ta ưu tiên sản xuất năng lượng được tạo ra nhờ than đốt cháy.

Gần đây, đã có nhiều nhà nghiên cứu thảo luận về ảnh hưởng của công nghệ lên mật độ carbon hoặc các lượng khí phát thải ra ngoài môi trường. Hầu hết trong các nghiên cứu về nguyên nhân gây biến đổi khí hậu, các nhà nghiên cứu đều chỉ ra rằng các nhân tố kinh tế góp phần không nhỏ trong việc phát thải các loại khí độc gây ô nhiễm qua từng giai đoạn (Chen, 2016). Trong đó, vai trò quan trọng của công nghệ cũng được đề cập tới như một nhân tố tác động. Tuy nhiên, số lượng các nghiên cứu tách rời các khía cạnh trong biến công nghệ để phân tích mức độ ảnh hưởng của chúng tới việc biến đổi khí hậu vẫn còn hạn chế cả về lý thuyết nền tảng lẫn phương pháp tiếp cận. Khi phân tích những tác nhân ảnh hưởng tới môi trường trong bối cảnh kinh tế năng lượng, có ba nhóm xu hướng chính.

Thứ nhất, các học giả tập trung vào kiểm định tính khả thi của Đường cong môi trường Kuznets (EKC). Trên thực tế, trong phần lớn nghiên cứu sử dụng khung EKC, các nhà nghiên cứu nhận thấy điểm yếu lớn nhất trong mô hình này là nó chỉ xem xét sự liên hệ của môi trường và FDI của quốc gia trong điều kiện bỏ qua các yếu tố khác. Vì vậy, để mở rộng hơn hướng nghiên cứu của mình, các nhà nghiên cứu thường chèn thêm biến tiêu thụ năng lượng vào sự liên kết giữa lượng khí CO₂ và tăng trưởng kinh tế. Tuy nhiên, kết quả của những đề tài theo hướng phát triển mới này vẫn là đề tài gây ra nhiều tranh cãi. Kasman (2015) cho rằng tổng lượng tiêu thụ năng lượng có ảnh hưởng tích cực đến phát thải khí CO₂, lượng sử dụng càng nhiều thì lượng khí phát ra càng lớn. Mặt khác, theo Du (2012) kết luận, mối quan hệ giữa hai đại lượng này không trực tiếp gắn chặt với nhau, hơn nữa lại có xu hướng đối nghịch, khi phân tích phải đi kèm với các đại lượng khác thì kiểm định mới có kết quả.

Thứ hai, mối quan hệ giữa môi trường, công nghệ và tăng trưởng kinh tế được xem xét dựa vào năng lượng tiêu thụ tổng hợp (năng lượng tái tạo, năng lượng không thể tái tạo) và năng lượng tiêu thụ từ nhiên liệu hóa thạch. Tuy nhiên, chỉ có một số ít nghiên cứu bao gồm thêm năng lượng tái tạo vào mô hình của mình (Chen, 2018). Tugcu (2016) và Danish (2020) đều cho rằng việc sử dụng năng lượng tái tạo giúp làm giảm khí CO₂ và GHG ra môi trường tự nhiên, đồng thời thúc đẩy sự thúc đẩy phát triển các công nghệ liên quan tới môi trường và nâng cao hiệu quả trong các hoạt động kinh tế. Trong khi đó, Apergis (2010) ủng hộ giả thuyết rằng năng lượng tái tạo và GDP là hai đại lượng tác nhân cơ bản gây ra những ảnh hưởng tiêu cực hơn đối với môi trường. Qua đó, nhận thấy rằng các nghiên cứu trước đây đã báo cáo những phát hiện thực nghiệm, song lại không nhất quán với nhau nên mối quan hệ giữa các đại lượng vẫn là vấn đề cần đi tìm câu trả lời.

Các nghiên cứu ở xu hướng thứ ba thường nhấn mạnh tầm quan trọng của việc nâng cấp công nghệ và chi tiêu cho nghiên cứu phát triển của chính phủ (Irandoost, 2016). Kerui Dua (2019) nhận định lợi ích tiềm năng nhất của cải tiến công nghệ là nó có thể làm giảm một cách đáng kể chi phí xử lý khí thải nhờ sự hiện đại và tiện lợi trong ứng dụng mà công nghệ mới mang lại. Bên cạnh đó, tác giả C.F Tang (2013) cũng phát hiện rằng cải tiến trong công nghệ cũng làm hạn chế lượng nhiên liệu hóa thạch sử dụng một cách đáng kể thông qua tiếp cận ARDL. Một số học giả khác như Fang (2011) và Lara Reis (2023) cũng phát hiện rằng chi phí để nghiên cứu và phát triển cũng có những ảnh hưởng tích cực đến sự phát triển kinh tế. Đầu tư trong chi phí R&D và thay đổi trong công nghệ có thể làm giảm lượng khí CO₂. Vì vậy, cải tiến trong công nghệ và R&D đóng vai trò quan trọng trong việc làm giảm năng lượng tiêu thụ và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.

Tóm lại, vẫn chưa có sự đồng thuận trong các nghiên cứu liên quan giữa môi trường và công nghệ, phần lớn vẫn có thêm sự xem xét tới tăng trưởng kinh tế. Lý do cho sự khác biệt này có thể đến từ các mẫu lựa chọn nghiên cứu khác nhau, mô hình và phương pháp tiếp cận có sự thay đổi và các biến kiểm soát được sử dụng trong các mô hình đa dạng. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm kết hợp các biến tổng hợp từ nhiều nghiên cứu khác nhau để có cái nhìn đa dạng hơn và cung cấp sự cập nhật chi tiết hơn về mối liên kết giữa phát thải các khí gây ô nhiễm môi trường và các nhân tố công nghệ.

3. Phương pháp nghiên cứu

Theo Zulfikar (2018), mô hình hồi quy bảng dữ liệu là sự kết hợp giữa dữ liệu không gian kí hiệu i và chuỗi thời gian được kí hiệu là t , có dạng sau:

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \beta_{3it} X_{3it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (3.1)$$

Trong chuỗi thời gian, một hoặc nhiều biến sẽ được quan sát trên một đơn vị quan sát trong một khung thời gian nhất định. Việc ước lượng mô hình hồi quy dữ liệu bảng có thể thực hiện thông qua ba mô hình phổ biến: mô hình hồi quy bình phương nhỏ nhất thông thường (OLS), mô hình hiệu ứng cố định (FEM) và mô hình hiệu ứng ngẫu nhiên (REM).

Để lựa chọn mô hình phù hợp với dữ liệu bảng, Gujarati (2004) khuyến nghị nên bắt đầu với ba mô hình: mô hình hồi quy gộp cho hệ số không thay đổi (Pooled OLS), mô hình các ảnh hưởng cố định (FEM) và mô hình ảnh hưởng ngẫu nhiên (REM) và thực hiện kiểm tra giả thuyết để tìm ra giả thuyết phù hợp nhất. Ngoài ra, vẫn tồn tại các mô hình đáng xem xét như mô hình Ước lượng Aitken Generalized Least Squares (GLS). Trong nghiên cứu này, các tác giả sẽ thực hiện hồi quy trên tất cả các mô hình và chọn mô hình phù hợp nhất với nghiên cứu của mình. Nhóm đã sử dụng mô hình hồi quy ở dạng sau nhằm nghiên cứu tương quan giữa công nghệ và 4 biến phụ thuộc biến đổi khí hậu (NO₂, CO₂, CH₄, GHG) trong giai đoạn 2000-2020:

$$X_{it} = \beta_{1it} + \beta_{2it} * env_{2it} + \beta_{3it} * lninno_{3it} + \beta_{4it} * indus_{4it} + \beta_{5it} * rene_{5it} + \beta_{6it} * lnmanu_{6it} + \beta_{7it} * rnd_{7it} + \beta_{8it} * lnfdi_{8it} + \beta_{9it} * exp_{9it} + \beta_{10it} * lnimp_{10it} + \beta_{11it} * lngdp_{11it} + \beta_{12it} * int_{12it} + u_{it} + \varepsilon_{it};$$

Trong đó, X_{it} là dữ liệu log của 4 biến phụ thuộc biến đổi khí hậu (lnco₂; lnch₄; lnghg; lnn₂o) của quốc gia thứ i vào năm t . Các biến độc lập công nghệ; các biến kiểm soát về kinh tế thương mại; hệ số hồi quy

được ước lượng β_{it} thể hiện hiệu ứng cố định theo từng quốc gia. u_{it} và ε_{it} đại diện cho sai số ngẫu nhiên và phần dư của mô hình.

Các biến đưa vào mô hình được liệt kê trong bảng 3.1.

Bảng 3.1. Khai báo các biến trong mô hình

Kí hiệu	Biến	Đơn vị	Dấu kì vọng	Kế thừa nghiên cứu	Data source
Biến phụ thuộc					
lnno2	Lượng khí thải NO2	Tương đương tấn CO2		Onwachukwu etal. (2021)	
lnch4	Lượng khí thải CH4	Tương đương nghìn tấn CO2		Ali et al. (2020)	
lnco2	Lượng khí thải CO2	Tấn bình quân đầu người		Wenhui Chen, Yalin Lei (2018); Anser và cộng sự (2021)	WB
lnghg	Lượng phát thải khí nhà kính	Tương đương nghìn tấn CO2		Gulzara Tariq và cộng sự (2022)	
Biến độc lập					
envitech	Công nghệ liên quan tới môi trường	% tất cả công nghệ	-	Gulzara Tariq và cộng sự (2022)	OCE D
Intechinno	Sự đổi mới, phát triển về công nghệ	Tổng số đơn xin cấp bằng sáng chế (người)	+	Kerui Dua, Jianglong Li (2019)	WB
industry	Tỷ lệ gia tăng của ngành công nghệ trung bình và cao trong tổng giá trị gia tăng	%	+	Anser và cộng sự (2021)	ADB

Kí hiệu	Biến	Đơn vị	Dấu kì vọng	Kế thừa nghiên cứu	Data source
renewener	Tỷ lệ năng lượng tái tạo trong tổng mức tiêu thụ năng lượng cuối cùng	% tổng năng lượng tiêu thụ cuối cùng	-	Danish, Recep Ulucak (2020)	WB
lnmanufac	Cường độ công nghệ trong sản xuất theo bình quân đầu người	theo giá cố định 2015 \$	+	Geoffrey R Mitchella (2017)	ADB
rnd	Tỷ lệ chi tiêu cho nghiên cứu và phát triển của chính phủ	% GDP	-	Lara Aleluia Reis và cộng sự (2023)	ADB
Biến kiểm soát					
lnfdi	Vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài	Đơn vị tiền tệ USD	+	Yu Hao và cộng sự (2020)	WB
lnexport	Tỷ lệ xuất khẩu hàng hóa và dịch vụ	% GDP	+	Gulzara Tariq và cộng sự (2022)	WB
lnimport	Tỷ lệ nhập khẩu hàng hóa và dịch vụ	% GDP	+	Gulzara Tariq và cộng sự (2022)	WB
lngdp	Tổng sản phẩm trong nước (GDP)	Bình quân đầu người	+	Anser và cộng sự (2021)	WB

Nguồn: Kết quả xử lý dữ liệu của nhóm tác giả (2024)

Để có thể đánh giá về vai trò của công nghệ trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mức độ ảnh hưởng của công nghệ trong quá trình thích ứng với biến đổi khí hậu ở các nước Châu Á, nghiên cứu này sử dụng dữ liệu bảng của 48 quốc gia ở Châu Á, bao gồm: Afghanistan, Armenia, Azerbaijan, Bahrain, Bangladesh, Bhutan, Brunei, Campuchia, Trung Quốc, Síp, Gruzia, Hồng Kông, Ấn Độ, Indonesia, Iran, Iraq, Israel, Nhật Bản, Jordan, Kazakhstan, Cô-oét, Cộng hòa Kyrgyz, Lào, Liban, Malaysia, Maldives, Mông Cổ, Myanmar, Nepal, Ô-man, Pakistan, Philippines, Qatar, Nga, Ả Rập Saudi, Singapore, Hàn Quốc, Sri Lanka,

Cộng Hòa Arab Syrian, Tajikistan, Thái Lan, Timor-Leste, Thổ Nhĩ Kỳ, Turkmenistan, các Tiểu Vương Quốc Ả Rập Thống Nhất, Uzbekistan, Việt Nam, và Yemen. Thời gian của dữ liệu là từ năm 2000 đến năm 2020. Dữ liệu được tổng hợp từ các nguồn quốc tế đáng tin cậy, chẳng hạn như Ngân hàng Thế giới, Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế, và Ngân hàng phát triển Châu Á và được xử lý để đảm bảo tính nhất quán và chính xác. Nhằm đảm bảo tính nhất quán và độ tin cậy khi thực hiện kiểm định, nhóm tác giả đã xử lý và chuẩn hóa dữ liệu để phù hợp với tính chất của các biến trong mô hình định lượng. Trong quá trình này, một số dữ liệu từ một vài quốc gia trong vài năm không đủ tin cậy hoặc không đáp ứng được các tiêu chí ước lượng đã được loại bỏ khỏi mô hình. Điều này nhằm đảm bảo rằng dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là đáng tin cậy và phản ánh đúng tình trạng thực tế của các quốc gia trong khu vực Châu Á.

4. Kết quả mô hình đo lường

a. Thống kê mô tả

Để đảm bảo sự nhất quán giữa các biến và nâng cao độ tin cậy của mô hình, dự án đã thực hiện việc chuyển đổi dữ liệu sang dạng hàm và đơn vị phù hợp với từng đặc điểm của các biến được sử dụng trong các mô hình nghiên cứu. Bảng 4.1 dưới đây cung cấp thông tin chi tiết về các biến được đề xuất để tích hợp vào mô hình:

Bảng 4.1. Thống kê các biến được sử dụng trong mô hình định lượng

Variable	Số quan sát	Giá trị trung bình	Sai chuẩn	Trị tối thiểu	Trị cực đại
lnno2	987	8.268276	2.09775	1.62853	13.22073
lnch4	987	9.893592	1.849931	4.083505	13.98634
lnco2	1006	1.106323	1.708991	-2.902843	20.64664
lnghg	1008	12.0473	3.042386	6.31572	23.01041
envitech	1008	17.83273	11.97988	0	80
Intechinno	952	4.849677	3.154756	0	14.14756
industry	1008	22.9891	17.80771	0.26	83.73
renewener	1008	19.64808	25.62922	0	93.46
lnmanufac	1008	6.706132	1.818836	2.179287	11.08013

rnd	1008	0.5629872	0.9111811	0	5.43562
lnfdi	951	21.10302	2.320184	12.04355	26.39634
lnimport	1003	3.687733	0.6065189	0.8878912	5.398208
lnexport	999	3.548991	0.8105835	-0.2484614	5.433695
lngdp	1008	8.314275	1.515448	4.828314	11.49314

Bảng thống kê mô tả gồm 15 biến, trong đó các biến Lượng khí thải NO₂; Lượng khí thải CH₄; Lượng khí thải CO₂; Lượng phát thải khí nhà kính; Sự đổi mới, phát triển về công nghệ; Cường độ công nghệ trong sản xuất theo bình quân đầu người; Vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài; Tổng sản phẩm trong nước (GDP); Tỷ lệ xuất khẩu hàng hóa và dịch vụ (export); Tỷ lệ xuất khẩu hàng hóa và dịch vụ (import) có độ lệch chuẩn tương đối lớn. Sự chênh lệch này là do có sự khác nhau trong thang đo giữa các biến. Điều này có thể làm dấu kỳ vọng thay đổi, cũng như làm một số biến trở nên không có ý nghĩa thống kê. Vì vậy, nhóm tác giả đã lấy giá trị logarit của các biến đó để phân phối chuẩn và ước lượng không lệch.

Để kiểm tra mức độ tương quan giữa biến phụ thuộc và các biến độc lập trong mô hình, kì chúng tôi đã thực hiện phân tích ma trận hệ số tương quan nhằm đánh giá mối quan hệ và mức độ tương tác giữa các biến độc lập, cũng như biến kiểm soát. Kết quả của phân tích này được trình bày trong Bảng 4.2 sau đây, hiển thị ma trận hệ số tương quan giữa các biến ảnh hưởng đến khí hậu của các quốc gia châu Á.

Bảng 4.2. Ma trận hệ số tương quan giữa các biến tác động đến khí hậu của các quốc gia châu Á

	envitec h	techinno	industry	renewer	lnmanuc	rnd	lnfdi	lnimport t	lnexport t	lngdp
envitech	1									
techinno	0.0358	1								
industry	0.3738	0.2616	1							
renewener	-0.3354	-0.0797	-0.3504	1						
lnmanufac	0.3484	0.2139	0.5471	-0.5447	1					
rnd	0.1913	0.3913	0.6591	-0.256	0.5239	1				
lnfdi	0.3317	0.2963	0.6262	-0.4136	0.4908	0.4626	1			
lnimport	0.0106	-0.2254	-0.0138	-0.1671	0.0022	-0.0715	-0.0198	1		

lnexport	0.2459	-0.1172	0.2736	-0.3919	0.4184	0.0713	0.3186	0.6046	1	
lngdp	0.3185	0.1513	0.502	-0.6386	0.7227	0.4668	0.5222	0.1612	0.5143	1

Bảng 4.2 thể hiện các giá trị của ma trận hệ số tương quan giúp phân tích, đánh giá mức độ tương tác và mối quan hệ giữa biến phụ thuộc cũng như các biến kiểm soát trong mô hình. Với mức ý nghĩa 5%, công nghệ liên quan đến môi trường, đổi mới công nghệ, tỷ lệ giá trị gia tăng của ngành công nghiệp Trung và Cao cấp trong tổng giá trị gia tăng, công nghệ sản xuất, chi phí Nghiên cứu và Phát triển cho Đổi mới và Công nghệ, đầu tư nước ngoài, nhập khẩu, xuất khẩu, GDP bình quân đầu người tỉ lệ thuận với mức độ tăng trưởng xanh của các nước châu Á. Trong khi đó, tăng trưởng GDP lại mang tác động tiêu cực.

b. Kiểm định mô hình

Kiểm định VIF biến độc lập và kiểm soát

Để kiểm tra hiện tượng đa cộng tuyến trong mô hình hồi quy, đề tài đã thực hiện kiểm định thừa số phóng đại VIF (Variance Inflation Factor) đối với các biến độc lập và các biến kiểm soát. Hiện tượng đa cộng tuyến xảy ra khi hai hay nhiều biến giải thích trong mô hình hồi quy có mối tương quan mạnh với nhau, tức là có thể dự đoán được giá trị của một biến độc lập thông qua giá trị của một biến độc lập khác. Nếu thừa số phóng đại VIF bình quân lớn hơn 10, điều này chỉ ra sự tồn tại của hiện tượng đa cộng tuyến trong mô hình (Dong, 2012). Kết quả của kiểm định thừa số phóng đại VIF được thể hiện thông qua Bảng 4.3.

Bảng 4.3. Thừa số phóng đại VIF

Variable	VIF	1/VIF
lngdp	2.99	0.334412
lnmanufac	2.93	0.341788
industry	2.51	0.3977
lnexport	2.42	0.413201
rnd	2.31	0.432578
lnfdi	1.98	0.506291
renewener	1.83	0.547185
lnimport	1.77	0.564465
techinno	1.29	0.776542
envitech	1.28	0.782434
Mean VIF	2.13	

Dựa vào bảng 4.3, kết quả kiểm định thừa số phóng đại VIF đều nhận giá trị nhỏ hơn 10 và nằm trong phạm vi cho phép, vì vậy mô hình không xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến.

c. Kết quả hồi quy công nghệ tác động đến biến đổi khí hậu bằng 3 phương pháp Pooled OLS, FEM và REM

Đề tài thực hiện lần lượt mô hình hồi quy gộp Pooled OLS, mô hình tác động ngẫu nhiên REM, mô hình tác động cố định FEM và FGLS (Hiệu chỉnh mô hình GLS) để phân tích dữ liệu bảng, sau đó tiến hành các kiểm định nhằm lựa chọn mô hình thích hợp đối với đề tài. Đồng thời, nhóm tác giả đã tiến hành kiểm định F và kiểm định Hausman để lựa chọn mô hình phù hợp nhất trong số Pooled OLS, FEM và REM. Tuy nhiên, do sự hiện diện của tính không đồng nhất và tự tương quan, GLS được sử dụng để thảo luận kết quả trong nghiên cứu này.

Bảng 4.4. Kết quả mô hình hồi quy ảnh hưởng của công nghệ lên khí hậu của các quốc gia châu Á

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnno2	lnco2	lnghg	lnch4
envitech	0.277*	0.0752*	0.0931	0.246**
	(2.54)	(1.99)	(1.39)	(3.02)
Intechinno	0.209***	-0.0106*	0.0915***	0.111***
	(18.19)	(-2.09)	(8.56)	(11.57)
industry	0.0275***	-0.00385***	0.0104***	0.0156***
	(14.14)	(-4.94)	(6.48)	(11.06)
reneener	0.00199	-0.0248***	-0.00715***	-0.00975***
	(1.44)	(-25.32)	(-5.33)	(-7.20)
lnmanufac	0.0610**	0.226***	0.0933**	-0.0466*
	(3.03)	(13.91)	(3.12)	(-1.97)
rnd	-0.373***	-0.0962***	0.0598	-0.479***
	(-12.14)	(-4.92)	(1.43)	(-17.21)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnno2	lnco2	lnghg	lnch4
lnfdi	0.184*** (14.38)	0.000568 (0.13)	0.0565*** (6.67)	0.0613*** (6.53)
lnimp	-0.994*** (-17.13)	-0.176*** (-6.81)	-0.403*** (-7.73)	-0.642*** (-11.54)
lnexport	0.307*** (7.01)	0.257*** (11.28)	0.112** (2.63)	0.00140 (0.03)
lngdp	-0.482*** (-15.34)	0.368*** (23.78)	-0.0515 (-1.86)	-0.118*** (-4.05)
int21	-0.0127* (-2.02)	0.00497* (2.44)	-0.000840 (-0.25)	-0.00573 (-1.33)
int22	-0.00532 (-0.86)	0.00501* (2.48)	0.000330 (0.10)	-0.000759 (-0.18)
int28	0.00327 (0.63)	-0.00385* (-2.34)	0.00353 (1.29)	0.00462 (1.35)
int210	-0.00633 (-1.08)	-0.00586** (-2.95)	-0.0000227 (-0.01)	0.000139 (0.03)
int211	0.00979 (1.41)	-0.00966*** (-3.75)	0.0105* (2.33)	0.00923 (1.75)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnno2	lnco2	lnghg	lnch4
int311	0.0340*** (3.59)	-0.00683* (-2.06)	0.0148* (2.48)	0.0157* (2.33)
int112	-0.785* (-2.55)	0.0193 (0.22)	-0.237 (-1.26)	-0.364 (-1.94)
int213	0.0117 (1.71)	-0.00772** (-2.95)	0.00643 (1.39)	0.00839 (1.55)
int214	0.0160* (2.43)	-0.00626** (-2.58)	0.00556 (1.30)	0.00992* (1.97)
int215	0.0123* (2.15)	-0.00249 (-1.31)	0.00436 (1.32)	0.00483 (1.22)
int218	0.0112* (2.24)	-0.00269 (-1.80)	0.00127 (0.50)	0.00493 (1.58)
N	869	888	890	869

Giá trị trong ngoặc đơn là sai số chuẩn

(***) mức ý nghĩa 1%, (**) mức ý nghĩa 5%, (*) mức ý nghĩa 10%

Nguồn: Nhóm tác giả (2024)

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của công nghệ đến biến đổi khí hậu thông qua sự tương tác giữa bốn biến phụ thuộc liên quan đến chất ô nhiễm và các biến độc lập liên quan đến công nghệ.

Dựa vào bảng 4.4, công nghệ liên quan đến môi trường (envitech) tác động dương lên khí NO₂, khí CO₂, CH₄ với mức ý nghĩa lần lượt là 10%, 10% và 5%. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Petra A. Nylund và cộng sự (2021); Danish, Recep Ulucak (2020) và Gulzara Tariq và cộng sự (2022). Điều này cho thấy tỷ lệ công nghệ liên quan tới môi trường tăng lên sẽ làm tăng mức độ biến đổi khí

hậu. Nhìn chung mức độ cải tiến về mặt công nghệ môi trường ở Châu Á còn chưa rõ rệt và nên được quan tâm nhiều hơn để mang lại kết quả tích cực đối với khí hậu. Kết quả mô hình cũng thể hiện biến Cường độ công nghệ trong sản xuất (Inmanufac) tác động dương lên NO₂, CO₂, khí nhà kính với mức ý nghĩa 1% và tác động ngược tới khí thải CH₄ ở mức ý nghĩa 10%. Điều này tương đồng với nghiên cứu của Geoffrey R Mitchella (2017) rằng công nghệ sản xuất vẫn còn ở giai đoạn sơ khai và còn nhiều việc phải làm để tối ưu hóa, giảm thiểu lượng khí thải. Tuy nhiên, Geoffrey cho rằng việc phát triển cơ sở hạ tầng công nghiệp thông minh để chia sẻ và khai thác các vấn đề chung có thể giúp ích rất nhiều trong việc giảm lượng khí thải từ công nghiệp và giao thông vận tải.

Tiếp theo đó, hệ số hồi quy của đổi mới công nghệ (Intechinno) mang tác động dương lên CH₄, NO₂, khí nhà kính và đều mang ý nghĩa ở mức 1% và có tác động âm lên khí thải CO₂ ở hệ số 10%. Kết quả tương đồng với nghiên cứu của Wenhui Chen, Yalin Lei (2018); Popp (2012). Cụ thể, để giảm thiểu biến đổi khí hậu đòi hỏi phải phát triển và áp dụng các đổi mới công nghệ xanh. Những lợi ích tiềm tàng chính của đổi mới công nghệ với giả cả phải chăng, hiệu suất tốt hơn là chúng làm giảm chi phí, giảm thiểu đáng kể khí phát thải CO₂. Tuy nhiên, việc đầu tư công nghệ mới đòi hỏi nguồn lực lớn, thường tồn tại rào cản trong việc áp dụng đổi mới công nghệ ở các nền kinh tế kém phát triển, vì vậy vẫn còn ghi nhận mối tương quan cao trong việc làm tăng các khí ô nhiễm khí hậu khác. Kết quả tương tự được ghi nhận với Tỷ lệ gia tăng của ngành công nghệ trung bình và cao trong tổng giá trị gia tăng (industry), tương đồng với bài nghiên cứu của Anser và cộng sự (2021) cho rằng mặc dù lĩnh vực này đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế, nó mang lại tác động tiêu cực đến khí hậu môi trường với khối lượng lớn khí thải ô nhiễm cùng với sự xuất hiện của quy mô lớn sản xuất và tiêu dùng không bền vững.

Bên cạnh đó, mức tiêu thụ năng lượng tái tạo (renewener) tác động âm lên các khí gây ô nhiễm môi trường CO₂, khí thải nhà kính, khí CH₄ ở mức ý nghĩa 1%. Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Danish, Recep Ulucak (2020); nghiên cứu của Gulzara Tariq và các cộng sự (2022), cụ thể sử dụng năng lượng tái tạo làm giảm các khí thải gây hiệu ứng nhà kính và gây ô nhiễm môi trường. Việc áp dụng công nghệ sử dụng năng lượng tái tạo có vai trò to lớn góp phần thúc đẩy tăng trưởng xanh. Kết quả xác nhận rằng năng lượng tái tạo thúc đẩy tăng trưởng xanh và khuyến khích sự đổi mới trong lĩnh vực năng lượng để đạt được các mục tiêu tăng trưởng xanh và bền vững. Ngoài ra, việc đầu tư Nghiên cứu và Phát triển cho Đổi mới và Công nghệ (rnd) thể hiện giá trị tương quan ngược với khí phát thải NO₂, CO₂ và CH₄ ở mức ý nghĩa 1%. Nghiên cứu của Lara Aleluia Reis và cộng sự (2023) cũng nhận thấy rằng việc đầu tư kịp thời vào R&D cho đổi mới và công nghệ đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy tiến bộ công nghệ trong tất cả các lĩnh vực, bao gồm cả năng lượng. Đặc biệt là công nghệ carbon thấp và các biện pháp tiết kiệm năng lượng, sẽ mang lại hiệu quả tích cực và làm giảm chi phí môi trường.

Thêm vào đó, đầu tư nước ngoài (lnfdi) có tác động tích cực tới CH₄, NO₂, khí nhà kính tại mức ý nghĩa 1%. Kết luận này cũng được đưa ra bởi Lê Quang Đức và cộng sự (2022), Gulzara Tariq (2022), rằng FDI có tương quan thuận đến lượng phát thải CO₂, làm gia tăng biến đổi khí hậu. Việc thúc đẩy thương mại, xuất khẩu cũng có tác động dương, làm tăng các khí thải NO₂, CO₂, GHG ở mức 10%. Tuy nhiên, việc thúc đẩy nhập khẩu đều tác động tiêu cực lên các chất ô nhiễm, ở mức ý nghĩa 10%. Tốc độ tăng trưởng GDP (lngdp) tác động âm đến việc phát thải khí CH₄, NO₂, khí nhà kính; và tác động dương tới việc phát thải CO₂. Điều này cho thấy tốc độ tăng trưởng kinh tế có thể làm tăng lượng CO₂ ra môi trường, nhưng vẫn làm giảm các loại khí thải khác, làm giảm biến đổi khí hậu.

Ngoài ra, nhóm tác giả còn khám phá sự khác biệt trong tác động của các biến công nghệ đối với sự biến đổi khí hậu của các nước Châu Á theo từng năm. Trong đó, biến tương tác int đối mới công nghệ xác định bằng *Sự đổi mới, đầu tư công nghệ mới* (lnechinno) x *giá trị tính theo từng năm* (year), gồm: $int21 = lnechinno * year2$; $int22 = lnechinno * year3$; $int28 = lnechinno * year9$; $int210 = lnechinno * year11$; $int211 = lnechinno * year12$; $int311 = lnechinno * year13$; $int213 = lnechinno * year14$; $int214 = lnechinno * year15$; $int215 = lnechinno * year16$; $int218 = lnechinno * year19$; $int112 = envitech * year13$. Kết quả cho thấy sự đổi mới trong công nghệ từ năm 2003 đến năm 2005 (int21, int22) đã đánh dấu sự khởi đầu của ngành công nghệ châu Á, cho thấy mối tương quan nghịch tới sự biến đổi khí hậu. Giai đoạn này, nền kinh tế Châu Á bắt đầu có sự phục hồi từ những khủng hoảng tài chính 1997, với sự xuất hiện của internet. Sự đổi mới công nghệ trong giai đoạn này làm tăng lượng khí thải CO2 ở mức ý nghĩa 1%. Trong bối cảnh đổi mới những năm 2010 đến 2020 (int28, int210, int211, int311, int213, int214, int215, int112), sự phát triển của trí tuệ nhân tạo và công nghệ Blockchain, internet vạn vật được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, công nghệ có bước phát triển vượt bậc. Kết quả mô hình nghiên cứu đã cho thấy sự tương quan nghịch giữa sự đổi mới công nghệ tới môi trường, làm giảm lượng khí phát thải CO2. Tuy nhiên, đi kèm với đó cũng là sự tăng lên không đáng kể lượng khí thải NO2, khí CH4, khí nhà kính. Điều này hàm ý rằng, sự phát triển của công nghệ có tác động đáng kể đến biến đổi khí hậu ở các nước Châu Á. Trong khi phát triển tài chính có tác động bất lợi trực tiếp đến biến đổi khí hậu thì đổi mới công nghệ có thể làm giảm tác động này và có tác động gián tiếp tích cực đáng kể đến biến đổi khí hậu.

5. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu cho thấy rằng công nghệ đóng vai trò không nhỏ trong diễn biến của biến đổi khí hậu tại châu Á. Công nghệ trong lĩnh vực công nghiệp và công nghệ trong sản xuất là những biến số chính để đo lường chỉ số công nghệ trong nghiên cứu này. Việc tăng cường công nghệ đổi mới, công nghệ trong sản xuất, tiêu dùng làm tăng các lượng khí thải ra môi trường ở các mức độ khác nhau trong giai đoạn 2000-2022. Tuy nhiên, việc đầu tư cho R&D của công nghệ cũng như công nghệ sử dụng năng lượng tái tạo làm giảm các chất khí thải ô nhiễm ra môi trường, giảm lượng tiêu thụ năng lượng trung bình đầu người. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đề xuất một số kiến nghị như sau:

Đối với chính phủ: các nhà hoạt động chính sách cần triển khai những giải pháp phù hợp, chọn lọc những đề xuất phát triển công nghệ phù hợp với tình hình của quốc gia, loại bỏ những dự án sử dụng công nghệ lạc hậu, tiêu tốn nhiều tài nguyên và nhiên liệu. Đồng thời, các cơ quan ban ngành nên rà soát, giám sát sát sao những văn bản, quy định sử dụng máy móc, thiết bị kỹ thuật, công nghệ hiện đại trong hoạt động kinh tế về giảm phát thải, bảo vệ môi trường, chống biến đổi khí hậu. Ngoài ra, các cấp chính quyền cần tham gia tích cực hơn nữa các diễn đàn, hội thảo khu vực về kinh nghiệm, sáng kiến đối phó với các tình hình khí hậu đặc biệt, thúc đẩy các giải pháp sáng tạo vừa phát triển kinh tế vừa hướng tới mục tiêu môi trường, cải thiện bầu khí quyển và môi trường sống xung quanh.

Đối với doanh nghiệp: các doanh nghiệp nên tìm hiểu rõ, tuân thủ và áp dụng hiệu quả các chính sách đề ra của chính phủ liên quan tới bảo vệ môi trường trong mọi hoạt động sản xuất kinh doanh. Hiện nay, người tiêu dùng ngày càng quan tâm hơn tới xu hướng sử dụng sản phẩm thân thiện môi trường hơn trước, do đó, doanh nghiệp có thể lựa chọn công nghệ kỹ thuật phù hợp với năng lực sản xuất cũng như phù hợp

với quy định đề ra để đảm bảo chất lượng sản phẩm cũng như lợi thế cạnh tranh trên thị trường. Ngoài ra, trước những biến đổi phức tạp của tình hình thời tiết và khí hậu, doanh nghiệp cần trang bị cho mình những biện pháp đối phó trong tình huống nguy cấp, giảm thiểu rủi ro có thể mang lại, đảm bảo doanh nghiệp có thể phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

ADB (2012). “Climate Change in Asia and the Pacific by the Numbers”, Available at: <https://www.adb.org/news/features/climate-change-asia-and-pacific-numbers>

Aleluia Reis, L., Vrontisi, Z., Verdolini, E., Fragkiadakis, K. & Tavoni, M. (2023). “A research and development investment strategy to achieve the Paris climate agreement”, *Nature Communications*, Vol. 14 No. 1, p. 3581.

Brännlund, R., Ghalwash, T. & Nordström, J. (2007). “Increased energy efficiency and the rebound effect: Effects on consumption and emissions”, *Energy economics*, Vol. 29 No. 1, pp. 1-17.

Bruno Venditti (2020). “Here's how CO2 emissions have changed since 1900”, Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/visualizing-changes-carbon-dioxide-emissions-since-1900/>

Ulucak, R. (2020). “How do environmental technologies affect green growth? Evidence from BRICS economies”, *Science of the Total Environment*, Vol. 712, p. 136504.

Mohamued, E. A., Ahmed, M., Pyłacz, P., Liczmańska-Kopcewicz, K. & Khan, M. A. (2021). “Global oil price and innovation for sustainability: The impact of R&D spending, oil price and oil price volatility on GHG emissions”, *Energies*, Vol. 14 No. 6, p. 1757.

Mitchell, G. R. (2017). “Climate change and manufacturing”, *Procedia Manufacturing*, Vol. 12, pp. 298-306.

Tariq, G., Sun, H., Ali, I., Pasha, A. A., Khan, M. S., Rahman, M. M. & Shah, Q. (2022). “Influence of green technology, green energy consumption, energy efficiency, trade, economic development and FDI on climate change in South Asia”, *Scientific Reports*, Vol. 12 No. 1, p. 16376.

Goklany, I. M. (2012). “Is climate change the number one threat to humanity?”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 3 No. 6, pp. 489-508.

Jin, L., Duan, K., Shi, C., & Ju, X. (2017). “The impact of technological progress in the energy sector on carbon emissions: an empirical analysis from China”, *International journal of environmental research and public health*, Vol. 14 No. 12, p. 1505.

Jonah Fisher (2023). “Climate change: Invest in technology that removes CO2 – report”, Available at: <https://www.bbc.com/news/science-environment-64321623>

Du, K., & Li, J. (2019). “Towards a green world: How do green technology innovations affect total-factor carbon productivity”, *Energy Policy*, Vol. 131, pp. 240-250.

Li, M. & Wang, Q. (2017). “Will technology advances alleviate climate change? Dual effects of technology change on aggregate carbon dioxide emissions”, *Energy for Sustainable Development*, Vol. 41, pp. 61-68.

Najaf I., Kashif R. A., Riazullah S., Wan G., Munir A., Kai T. (2021). “Does exports diversification and environmental innovation achieve carbon neutrality target of OECD economies?”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 291, p. 112648

Prashanth Vishwanathan (2022). “Accelerating the Development and Transfer of Climate Technologies to Developing Countries”, Available at: <https://unfccc.int/news/accelerating-the-development-and-transfer-of-climate-technologies-to-developing-countries>

Preeti, S., Ambuj, S., Carlos, M. C., Martin, K., Biplove, C., K. M. Gopakumar & Martin, K. (2011). “Technological Cooperation and Climate Change ISSUES AND PERSPECTIVE”, *United Nations Development Programme-India*

Thao, P. (2022). “Châu Á đang gặp nguy hiểm vì biến đổi khí hậu, thiệt hại 35,6 tỷ USD”, *Tạp chí điện tử Mekong Asean*, Available at: <https://mekongasean.vn/chau-a-dang-gap-nguy-hiem-vi-bien-doi-khi-hau-thiet-hai-356-ty-usd-post14288.html>

Thời báo VTV (2022). “Công nghệ mới nổi giúp giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu”, Available at: <https://vtv.vn/cong-nghe/cong-nghe-moi-noi-giup-giam-thieu-tac-dong-cua-bien-doi-khi-hau-20220410185844553.htm>

Wei, G., Zhongzhu, C. & Chen, W. (2020). “How do different types of energy technological progress affect regional carbon intensity? A spatial panel approach”, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27, pp. 44494-44509

Wei T & Liu Y (2017). “Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement”, *Energy Economics*, Vol. 66, pp. 27-34

Yang L, Li Z (2017). “Technology advance and the carbon dioxide emission in China—empirical research based on the rebound effect”, *Energy Policy*, Vol. 101, pp. 150–161.

Yu, H., Ning, B., Siyu, R. & Haitao, W. (2020). “How does international technology spillover affect China's carbon emissions? A new perspective through intellectual property protection”, *Sustainable Production and Consumption* 25(2021), pp. 577-590

Nylund, P. A., Brem, A. & Agarwal, N. (2022). “Enabling technologies mitigating climate change: The role of dominant designs in environmental innovation ecosystems”, *Technovation*, Vol. 117, p. 102271.

Zulfikar, R. & STp, M. M. (2018). “Estimation model and selection method of panel data regression: An overview of common effect, fixed effect, and random effect model”, *JEMA: Jurnal Ilmiah Bidang Akuntansi*, Vol. 9 No. 2, pp. 1-10.

Chen, P. Y., Chen, S. T., Hsu, C. S. & Chen, C. C. (2016). “Modeling the global relationships among economic growth, energy consumption and CO2 emissions”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 65, pp. 420-431.

Kasman, A. & Duman, Y. S. (2015). “CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis”, *Economic modelling*, Vol. 44, pp. 97-103.

Du, L., Wei, C. & Cai, S. (2012). “Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis”, *China Economic Review*, Vol. 23 No. 2, pp. 371-384.

Chen, W. & Lei, Y. (2018). “The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression”, *Renewable energy*, Vol. 123, pp. 1-14.

Tugcu, C. T. & Tiwari, A. K. (2016). “Does renewable and/or non-renewable energy consumption matter for total factor productivity (TFP) growth? Evidence from the BRICS”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 65, pp. 610-616.

Apergis, N. & Payne, J. E. (2010). “Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries”, *Energy policy*, Vol. 38 No. 1, pp. 656-660.

Irandoost, M. (2016). “The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: Evidence from the Nordic countries”, *Ecological indicators*, Vol. 69, pp. 118-125.

Tang, C. F. & Tan, E. C. (2013). “Exploring the nexus of electricity consumption, economic growth, energy prices and technology innovation in Malaysia”, *Applied Energy*, Vol. 104, pp. 297-305.

Fang, Y. (2011). “Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience”, *Renewable and sustainable energy Reviews*, Vol. 15 No. 9, pp. 5120-5128.