

HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG VÀ CÁC NHÂN TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG CỦA CÁC QUỐC GIA CPTPP: HƯỚNG TIẾP CẬN TỪ MÔ HÌNH SFA

Vũ Hiên Lan

Học viện Ngân hàng, Hà Nội, Việt Nam

Phùng Thị Duệ Nhi

Học viện Ngân hàng, Hà Nội, Việt Nam

Tạ Thị Thanh Xuân

Học viện Ngân hàng, Hà Nội, Việt Nam

Trần Ngọc Mai¹

Học viện Ngân hàng, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận: 06/03/2023; **Ngày hoàn thành biên tập:** 06/06/2023; **Ngày duyệt đăng:** 06/07/2023

DOI: <https://doi.org/10.38203/jiem.vi.022023.1052>

Tóm tắt: Bài viết tập trung nghiên cứu hiệu quả sử dụng năng lượng và tác động của các yếu tố từ môi trường bên ngoài đến hiệu quả sử dụng năng lượng ở 10 quốc gia thành viên của Hiệp định Đối tác Toàn diện và Tiến bộ xuyên Thái Bình Dương trong khoảng thời gian 16 năm (2000-2015), sử dụng phân tích biên ngẫu nhiên và hồi quy bình phương nhỏ nhất. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiện nay hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng của các quốc gia này vẫn còn ở mức chưa tối ưu. Bên cạnh đó, các yếu tố môi trường được chỉ ra là có tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng của các quốc gia này bao gồm cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa và thương mại hàng hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, tỷ lệ GDP đầu người và số lượng khách du lịch. Kết quả nghiên cứu sẽ hữu ích đối với các chính phủ trong việc đánh giá tác động của việc sử dụng năng lượng đối với các quốc gia này, qua đó hỗ trợ xây dựng các chiến lược và quy định phù hợp nhằm cải thiện vấn đề sử dụng năng lượng.

Từ khóa: CPTPP, SFA, Năng lượng, Hiệu quả, Việt Nam

ENERGY EFFICIENCY AND AFFECTING FACTORS IN CPTPP COUNTRIES: AN SFA MODEL APPROACH

Abstract: This study focuses on analysis of energy efficiency and the impact of external environmental factors on energy efficiency in ten members of the

¹ Tác giả liên hệ, Email: maitn@hvn.edu.vn

Comprehensive and Progressive Agreement for Trans-Pacific Partnership over 16 years (2000–2015) using stochastic frontier analysis (SFA) and ordinary least squares (OLS). The research results show that the technical energy efficiency of the countries has not reached the optimal value. Besides, external environmental factors including industrial structure, urbanization level, energy consumption structure, merchandise trade, GDP per capita, and tourism visit count have significant impacts on energy efficiency. These findings will be useful to governments in assessing impact of energy use in the aforementioned countries, thereby supporting the development of appropriate strategies and regulations for improving energy use.

Keywords: CPTPP, SFA, Energy, Efficiency, Vietnam

1. Giới thiệu

Hiệp định Đối tác Toàn diện và Tiến bộ xuyên Thái Bình Dương (CPTPP) bao gồm 11 quốc gia: Úc, Brunei, Canada, Chile, Nhật Bản, Malaysia, Mexico, New Zealand, Peru, Singapore và Việt Nam. Thỏa thuận tạo ra một hệ thống kinh tế mở, cung cấp khả năng tiếp cận hàng hóa và dịch vụ nâng cao từ tất cả các bên ký kết, đồng thời thúc đẩy tính bền vững về môi trường giữa các quốc gia thành viên. Bên cạnh các thỏa thuận về cắt giảm hàng rào thuế quan, hài hòa các quy định liên quan đến chất lượng và an toàn sản phẩm và thiết lập các tiêu chuẩn lao động, CPTPP còn đặt mục tiêu giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường do sản xuất và tiêu thụ xuyên biên giới bằng cách yêu cầu tuân thủ các tiêu chuẩn bảo vệ môi trường từ các bên ký kết. Việc đưa các điều khoản về năng lượng vào CPTPP nhấn mạnh tầm quan trọng của đổi mới công nghệ xanh trong việc thúc đẩy một nền kinh tế toàn cầu bền vững hơn. Đặc biệt, việc Việt Nam tham gia vào hiệp định này thể hiện cam kết của Việt Nam đối với việc tăng khả năng tiếp cận các nguồn năng lượng sạch và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng có thể có ý nghĩa sâu rộng đối với hợp tác quốc tế về hành động khí hậu.

Hiệu quả năng lượng là một chủ đề đang ngày càng nhận được nhiều sự quan tâm, đặc biệt trong bối cảnh dân số và các ngành công nghiệp tăng nhanh, đòi hỏi nhu cầu về năng lượng nhiều hơn, cùng với đó, các tác động của việc tiêu thụ năng lượng đến biến đổi khí hậu toàn cầu ngày càng trở nên rõ rệt. Tổng quan tình hình nghiên cứu liên quan đến hiệu quả sử dụng năng lượng và các nhân tố tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng vẫn còn ở mức khá khiêm tốn (Dunlop, 2019). Các nghiên cứu này chủ yếu được thực hiện cho trường hợp một quốc gia hoặc một nhóm quốc gia cụ thể mà thiếu nhóm quốc gia cùng tham gia vào một cam kết trên quy mô khu vực và quốc tế. Các nhân tố tác động đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng còn rời rạc, đơn lẻ, chưa có sự thống nhất giữa các bài nghiên cứu. Đặc biệt, các nghiên cứu ở trong nước về chủ đề này còn rất hạn chế, chưa được triển khai một cách đầy đủ, chủ yếu dừng lại ở góc độ chủ trương, định hướng, lý thuyết hay mang tính chuyên môn kỹ thuật cao.

Nhiều phương pháp khác nhau đã được áp dụng để xác định hiệu quả năng lượng, trong đó có 2 phương pháp phổ biến nhất bao gồm phương pháp bao dữ liệu (Data Envelopment Analysis - DEA) và phương pháp giới hạn sản xuất ngẫu nhiên (Stochastic Frontier Analysis – SFA). Trong đó, DEA là phương pháp phi tham số, có cách tiếp cận linh hoạt nên được sử dụng rộng rãi để xây dựng các chỉ số hiệu quả trong các lĩnh vực năng lượng và môi trường khác nhau để xác định ranh giới sản xuất và đánh giá hiệu quả môi trường và năng lượng ở cấp độ ngành hoặc nền kinh tế (Chen & Jia, 2017; Honma & Hu, 2009; Jebali & cộng sự, 2017). Mặt khác, SFA là cách tiếp cận tham số tập trung vào mô tả các nguồn nhiễu thống kê phát sinh từ lỗi đo lường và các yếu tố ngẫu nhiên khác cũng ở cấp độ ngành (Boyd, 2008) và cấp độ nền kinh tế (Zhou & cộng sự, 2012) và được đánh giá là vượt trội và chính xác hơn DEA, đặc biệt trong trường hợp có sai số đo lường tương đối cao (Oh & Shin, 2015).

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp SFA để tính toán hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng sau đó phương pháp hồi quy bình phương nhỏ nhất (OLS) để đánh giá mức độ tác động của các yếu tố từ môi trường bên ngoài bao gồm cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, thương mại hàng hóa, tỷ lệ GDP đầu người, số lượng khách du lịch đến hiệu quả sử dụng năng lượng. Dữ liệu của 10 quốc gia thành viên tham gia CPTPP (đã loại bỏ Brunei do khoảng cách dữ liệu lớn) trong giai đoạn 16 năm từ năm 2000 đến năm 2015 đã được thu thập để phân tích thông qua việc sử dụng phần mềm Stata 16. Kết quả nghiên cứu sẽ hữu ích với Chính phủ Việt Nam và chính phủ của các quốc gia CPTPP trong việc xây dựng các chính sách hiệu quả nhằm hướng tới tăng trưởng kinh tế bền vững thông qua tăng cường hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

Bài viết có cấu trúc 5 phần, sau phần giới thiệu là cơ sở lý thuyết và các giả thuyết nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu, kết quả và thảo luận, kết luận, kiến nghị chính sách và giải pháp.

2. Cơ sở lý thuyết và các giả thuyết nghiên cứu

2.1 Hiệu quả sử dụng năng lượng

Khái niệm về hiệu quả sử dụng năng lượng được phát triển từ lý thuyết tiết kiệm năng lượng. Theo Hội đồng Năng lượng Thế giới, tiết kiệm năng lượng được định nghĩa là việc thực hiện các biện pháp cắt giảm, tiết kiệm năng lượng hợp lý về mặt kỹ thuật, phù hợp về mặt kinh tế, môi trường và xã hội để cải thiện việc sử dụng năng lượng (Bosseboeuf & cộng sự, 1997; Caillé & cộng sự, 2008). Khái niệm hiệu quả sử dụng năng lượng đã có sự dịch chuyển rõ ràng từ tiết kiệm năng lượng, nâng cao trình độ công nghệ và điều chỉnh cơ cấu năng lượng đến các khía cạnh khác nhau, chẳng hạn như quản lý năng lượng. Cụ thể, Patterson (1996) định nghĩa khái niệm hiệu quả năng lượng là việc sử dụng ít năng lượng hơn để đạt được cùng một lượng đầu ra hay Bosseboeuf & cộng sự (1997) chia hiệu quả năng lượng thành hai khía cạnh: (i) hiệu quả kinh tế, đề cập đến nhiều sản lượng hơn đối với cùng một

lượng năng lượng; (ii) hiệu quả kinh tế kỹ thuật là sự giảm năng lượng do cải tiến kỹ thuật, thay đổi hành vi, mô hình quản lý. Tóm lại, hiệu quả năng lượng được đo lường dựa trên tỷ lệ giữa đầu ra và đầu vào của nền kinh tế. Khi lựa chọn các yếu tố đầu vào và đầu ra để đo lường hiệu quả năng lượng, nhiều nghiên cứu đã lựa chọn năng lượng, lao động và vốn là yếu tố đầu vào; còn GDP và CO₂ là yếu tố đầu ra, trong đó GDP là yếu tố đầu ra tích cực và CO₂ là yếu tố đầu ra tiêu cực (Apergis & cộng sự, 2015; Lin & Du, 2015; Liu & cộng sự, 2020; Wang & cộng sự, 2016; Wang & cộng sự, 2017).

2.2 Các nhân tố tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng

Tổng quan tình hình nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả năng lượng đã chỉ ra rằng có nhiều yếu tố như tiến bộ kỹ thuật (Li & Lin, 2018; Wang & Wang, 2020; Zhu & cộng sự, 2019), cơ cấu ngành (Xiong & cộng sự, 2019; Zhu & cộng sự, 2019), giá năng lượng (Antonietti & Fontini, 2019; Barkhordar & cộng sự, 2018), mức độ kinh tế (Sener & Karakas, 2019), mức độ mở cửa thị trường (Imbruno & Ketterer, 2018; Montalbano & Nenci, 2019; Pan & cộng sự, 2020), mức độ đô thị hóa (Li & cộng sự, 2018; Wang & cộng sự, 2019), nguồn nhân lực (Borozan, 2018), cơ chế chính sách (Du & cộng sự, 2018). Mặc dù vậy, kết quả tác động của các nhân tố đến hiệu quả sử dụng năng lượng ở các quốc gia và nhóm quốc gia khác nhau là khác nhau. Đồng thời chủ đề nghiên cứu vẫn đang trong giai đoạn khám phá các yếu tố tác động, do đó các nghiên cứu kế tiếp luôn cần phải bổ sung các yếu tố mới để có thể khám phá ra các tác động mới có ý nghĩa tổng hợp. Trong phạm vi bài nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn nghiên cứu tác động của các nhân tố thuộc môi trường kinh doanh bên ngoài bao gồm cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, thương mại hàng hóa, tỷ lệ GDP đầu người, số lượng khách du lịch.

2.2.1 Cấu trúc công nghiệp

Theo Atikian (2013), cơ cấu kinh tế được phân chia thành ba lĩnh vực chính bao gồm: nông nghiệp, công nghiệp và dịch vụ. Chuyển dịch cơ cấu công nghiệp sẽ ảnh hưởng đến tỷ trọng của ba ngành công nghiệp lớn, có ảnh hưởng lớn hơn đến tiêu thụ năng lượng (Zhang & Chen, 2022). Đặc biệt, ngành công nghiệp chiếm tỷ trọng lớn trong ba ngành, tái cấu trúc công nghiệp có thể thúc đẩy tăng trưởng sản xuất nhưng đồng thời nó có thể gây áp lực lên các nguồn tài nguyên hiện có bằng cách phá vỡ các mô hình sản xuất đã được thiết lập, làm tăng nguồn lực đầu vào như vốn, lao động và tăng tiêu thụ năng lượng. Theo kết quả phân tích của Yu (2020), việc thúc đẩy tái cấu trúc công nghiệp và đổi mới công nghệ là cách hữu hiệu nhất để cải thiện hiệu quả năng lượng tổng thể. Do vậy, giả thuyết được đề xuất như sau:

H1: Cấu trúc công nghiệp tác động ngược chiều đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

2.2.2 Mức độ đô thị hóa

Đô thị hóa là quá trình di cư từ nông thôn ra thành thị, dẫn đến mật độ dân số cao hơn và cơ sở hạ tầng phức tạp hơn. Điều này dẫn đến sự gia tăng mức tiêu thụ năng lượng vì ngày càng có nhiều người cần sử dụng điện và các dạng năng lượng khác. Sheng & cộng sự (2017) chỉ ra rằng quá trình đô thị hóa làm tăng đáng kể mức tiêu thụ năng lượng thực tế nhưng lại làm giảm hiệu quả sử dụng năng lượng. Ngoài ra, mối liên hệ giữa việc sử dụng năng lượng kém hiệu quả và quá trình đô thị hóa gia tăng khi tổng sản phẩm quốc nội bình quân đầu người của một quốc gia tăng lên (Li & cộng sự, 2018). Điều này ngụ ý rằng tốc độ đô thị hóa nhanh chóng có sự đánh đổi của nó, với mức tiêu thụ năng lượng tăng đi kèm với hiệu quả giảm. Do đó, giả thuyết được đề xuất như sau:

H2: Mức độ đô thị hóa tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

2.2.3 Cấu trúc tiêu thụ năng lượng

Cấu trúc tiêu thụ năng lượng đề cập đến tỷ lệ phần trăm năng lượng hóa thạch được sử dụng trong một hệ thống hoặc quy trình năng lượng. Nói chung, tỷ lệ tiêu thụ năng lượng hóa thạch cao hơn sẽ dẫn đến mức độ hiệu quả năng lượng thấp hơn và tác động môi trường gia tăng như khí thải carbon dioxide. Do đó, giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch thông qua việc triển khai các nguồn năng lượng tái tạo hoặc công nghệ hiệu quả có thể giúp tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm tác động đến môi trường. Wang & cộng sự (2019), Yu & cộng sự (2019), Zhao & cộng sự (2019) đã chỉ ra tác động tiêu cực của cấu trúc tiêu thụ năng lượng đến hiệu quả năng lượng. Do vậy, giả thuyết được xây dựng như sau:

H3: Cấu trúc tiêu thụ năng lượng tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

2.2.4 Thương mại hàng hóa

Thương mại hàng hóa là việc trao đổi hàng hóa và sản phẩm giữa các quốc gia và là một phần quan trọng của hoạt động kinh tế toàn cầu. Thương mại hàng hóa có tác động đáng kể đến hiệu quả năng lượng, vì nó quyết định lượng năng lượng được sử dụng trong sản xuất, vận chuyển và trao đổi hàng hóa. Với xu hướng tự do thương mại quốc tế như hiện nay, tự do thương mại hàng hóa bùng nổ nhằm đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng trên phạm vi toàn cầu. Nhu cầu hàng hóa càng tăng cao, đặc biệt hàng hóa càng di chuyển đến các khu vực địa lý xa nơi sản xuất sẽ khiến cho việc sản xuất và phân phối sản phẩm tiêu tốn nhiều năng lượng hơn. Do vậy, giả thuyết được đề xuất như sau:

H4: Thương mại hàng hóa tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

2.2.5 Tỷ lệ GDP đầu người

Tỷ lệ GDP bình quân đầu người và hiệu quả sử dụng năng lượng có mối quan hệ tỷ lệ thuận với nhau. Khi GDP bình quân đầu người tăng đồng nghĩa với sự phát

triển của đất nước và mức sống của người dân được nâng cao. Từ đó, dẫn đến tỷ lệ tiết kiệm (đầu tư) cao hơn so với tốc độ tăng tiêu dùng, tạo ra sự tích lũy các quỹ thặng dư trong các nền kinh tế có thể được đầu tư vào các dự án tiết kiệm năng lượng. Bên cạnh đó, các nước phát triển với giá trị GDP cao có đầy đủ khả năng và nguồn lực để phát triển các ngành công nghệ cao, tiết kiệm năng lượng hơn. Nghiên cứu của Sineviciene & cộng sự (2017) cho rằng GDP bình quân đầu người là một trong những yếu tố quan trọng nhất của việc tăng hiệu quả sử dụng năng lượng đối với các quốc gia hậu công sản. GDP bình quân đầu người tăng 1% sẽ làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng lên 0,53%; điều đó có nghĩa là xã hội càng giàu có thì mức độ hiệu quả có thể đạt được càng cao. Nghiên cứu của (Zhang & Chen, 2022) chỉ ra GDP bình quân đầu người và hiệu quả sử dụng năng lượng có mối tương quan thuận. Do vậy, giả thuyết được xây dựng như sau:

H5: Tỷ lệ GDP đầu người tác động tích cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

2.2.6 Số lượng khách du lịch

Những nghiên cứu gần đây đã chỉ ra mối tương quan ngược chiều giữa số lượng khách du lịch với hiệu quả tiêu thụ năng lượng do ngành du lịch phụ thuộc rất lớn vào giao thông vận tải - nguyên nhân gây ra sự tiêu thụ năng lượng vô cùng lớn. Thiệt hại về môi trường do sự gia tăng du lịch cũng đã được báo cáo trong các nghiên cứu của Nepal & cộng sự (2019), Scott & cộng sự (2010), Tovar & Lockwood (2008) bởi vì du lịch gắn liền với việc đi lại và sử dụng nhiên liệu hóa thạch trong các phương tiện cơ giới, do đó, làm tăng lượng phát thải khí nhà kính và giảm hiệu quả của việc tiêu thụ năng lượng. Trong nghiên cứu của Khan & cộng sự (2019), mức tăng 1% trong ngành du lịch sẽ dẫn đến mức tăng khí nhà kính là 0,055% ở Châu Á nhưng khiến khí nhà kính giảm 0,084% ở Châu Âu do áp dụng các chính sách kinh tế carbon thấp và chính sách du lịch thân thiện với môi trường như sử dụng phương tiện di chuyển là xe đạp thay vì các phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch như ô tô, xe máy. Gössling & Peeters (2007) lập luận rằng du lịch làm tăng ô nhiễm không khí từ các phương tiện vận chuyển xuyên lục địa và hàng không. Do vậy, giả thuyết được đề xuất như sau:

H6: Số lượng khách du lịch tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

3. Phương pháp nghiên cứu

Phân tích biên ngẫu nhiên (Stochastic Frontier Analysis - SFA) là một phương pháp dựa trên cách tiếp cận tham số và sử dụng mô hình kinh tế lượng để ước tính hiệu quả kỹ thuật, tiến bộ công nghệ - kỹ thuật, hiệu quả môi trường. SFA giả định có mối quan hệ chức năng giữa đầu ra, đầu vào và sử dụng các kỹ thuật thống kê để ước lượng các tham số cho hàm sản xuất (Battese & Coelli, 1995). Hàm giới hạn sản xuất ngẫu nhiên thể hiện mối tương quan giữa đầu vào và đầu ra có phương trình tổng quát như sau:

$$Y_{it} = f(X_{it}, Z_{it}, \beta, \alpha, \delta) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

trong đó, β , α , δ là những tham số cần ước lượng của mô hình; v là sai số ngẫu nhiên độc lập; u là hiệu quả phi kỹ thuật; Y là đầu ra; X là các yếu tố đầu vào thông thường như lao động, vốn...; Z là các yếu tố từ môi trường bên ngoài có tác động đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng.

Theo Farrell (1957), hiệu quả kỹ thuật là việc tối thiểu hóa các yếu tố đầu vào cùng với lượng đầu ra cho trước hoặc tối đa hóa đầu ra cùng với lượng yếu tố đầu vào cho trước. Có hai hàm để ước lượng hiệu quả kỹ thuật là hàm Cobb-Douglas hay Translog (Kumbhakar & Lovell, 2003). Tuy nhiên, để đo lường được tác động của các biến đầu vào đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng, hàm Cobb-Douglas sẽ được sử dụng (Reinhard & cộng sự, 2000) và có dạng như sau:

$$LnCO2_{it} = (LnLabor_{it} + LnCapital_{it} + LnEnergy_{it}) + (LnIndustrial_{it} + LnUrbanization_{it} + LnEStructure_{it} + LnMerchandise_{it} + LnGDP_{it} + LnTourism_{it}) \quad (2)$$

trong đó, $LnCO2$ là logarit tự nhiên của đầu ra là lượng khí thải CO_2 thải ra ngoài môi trường qua quá trình tiêu thụ năng lượng; $LnLabor$, $LnCapital$, $LnEnergy$ lần lượt là logarit tự nhiên của các yếu tố đầu vào thông thường của quá trình sản xuất bao gồm lao động, vốn và năng lượng; $LnIndustrial$, $LnUrbanization$, $LnEStructure$, $LnMerchandise$, $LnGDP$, $LnTourism$ lần lượt là logarit tự nhiên các yếu tố môi trường bên ngoài bao gồm cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, thương mại hàng hóa, tỷ lệ GDP đầu người, số lượng khách du lịch.

Hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng của mỗi quốc gia được xác định như sau:

$$TE_i = \exp(-u_i) = \exp(X_i\beta + v_i - u_i) / \exp(X_i\beta + v_i) = Y/Y^* \quad (3)$$

trong đó, TE là hiệu quả kỹ thuật có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 1.

Để kiểm định các nhân tố tác động đến hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng, mô hình sử dụng có dạng như sau:

$$LnTe = \beta_0 + \beta_1 LnIndustrial + \beta_2 LnUrbanization + \beta_3 LnEStructure + \beta_4 LnMerchandise + \beta_5 LnGDP + \beta_6 LnTourism. \quad (4)$$

Trong nghiên cứu này, phương pháp SFA và phương pháp phân tích hồi quy (OLS) được sử dụng nhằm đánh giá mức độ tác động và ảnh hưởng của các yếu tố từ môi trường bên ngoài, bao gồm cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, thương mại hàng hóa, tỷ lệ GDP đầu người và số lượng khách du lịch đến hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng đối với 10 quốc gia thành viên thuộc Hiệp định CPTPP (đã loại bỏ Brunei do hạn chế về dữ kiện) trong giai đoạn 16 năm (2000-2015).

Bảng 1. Biến nghiên cứu và mối quan hệ kỳ vọng

	Biến	Mô tả	Mối quan hệ dự kiến	Nghiên cứu tham khảo
Biến đầu ra (Y_{it})	LnCO2	CO2 (triệu tấn)		Zhang & Chen (2022)
Biến đầu vào (X_{it})	LnLabor	Số lượng người lao động (Người)		Zhang & Chen (2022)
	LnCapital	Dung lượng vốn - Vốn cổ phần tư nhân (Tỷ đô)		
	LnEnergy	Năng lượng tiêu thụ sơ cấp (Exajoules)		
Biến môi trường (Z_{it})	LnIndustrial	Cấu trúc công nghiệp	-	Yu (2020); Atikian (2013)
	LnUrbanization	Mức độ đô thị hóa (%)	-	Wu & lin, (2022); Sheng & cộng sự (2017)
	LnEStructure	Cấu trúc tiêu thụ năng lượng (%)	-	Zhao & Lin (2019)
	LnMerchandise	Thương mại hàng hóa -Tổng xuất nhập khẩu hàng hóa chia cho giá trị GDP (%)	-	Zhang & Chen (2022)
	LnGDP	Tỷ lệ GDP đầu người - Tổng sản phẩm quốc nội chia cho dân số giữa năm (%)	+	Zhang & Chen (2022); Sineviciene & cộng sự (2017)
	LnTourism	Số lượng du khách du lịch đến tham quan quốc gia trong một năm, được tính tại các sân bay hoặc tính thêm tại các cửa khẩu biên giới hoặc khách sạn (Triệu người)	-	Nepal & cộng sự (2019); Khan & cộng sự (2019); Scott & cộng sự (2010); Tovar & Lockwood (2008); Gössling & Peeters (2007)

Nguồn: Tổng hợp của nhóm tác giả

4. Kết quả và thảo luận

4.1 Phân tích dữ liệu

Bộ dữ liệu bao gồm 10 quốc gia thuộc Hiệp định CPTPP (đã loại bỏ Brunei do không đủ dữ liệu) trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2015, trong đó có 1.440 quan sát được lấy từ các nguồn thống kê như Ngân hàng Thế giới (World Bank), Viện nghiên cứu chính của Pháp về kinh tế quốc tế (CEPII), Công ty dầu khí Anh (BP), Tổ chức lao động quốc tế (ILOSTAT), Quỹ Tiền tệ Quốc tế (IMF) và Cơ sở dữ liệu Statista.

Bảng 3. Thống kê mô tả các biến trong mô hình

Yếu tố	Số quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
LnCO2	160	5,16	1,16	3,19	7,16
LnLabor	160	16,72	0,97	14,59	18,02
LnCapital	160	6,55	1,19	4,79	8,99
LnEnergy	160	1,15	1,11	-0,63	3,11
LnIndustrial	160	3,41	0,19	3,01	3,88
LnUrbanization	160	4,30	0,33	3,19	4,60
LnEStructure	160	4,38	0,17	3,83	4,59
LnMerchandise	160	4,16	0,74	2,84	5,84
LnGDP	160	9,47	1,25	5,97	11,13
LnTourism	160	2,19	1,29	0,05	6,80

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả

Giá trị các biến có chênh lệch nhau khá lớn, điều này chứng tỏ các yếu tố tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng phân bố không đồng đều giữa các quốc gia. Sự chênh lệch về giá trị trung bình giữa các biến phần lớn xuất phát từ sự khác nhau do yếu tố đặc trưng của mỗi quốc gia.

4.2 Phân tích hồi quy SFA

Kết quả của kiểm định Wald cho kết quả mô hình phù hợp với mức ý nghĩa 1%. Kết quả hệ số σ^2 và γ nhỏ hơn 1 chứng tỏ rằng mô hình tồn tại các yếu tố phi hiệu quả kỹ thuật (Battese & Corra, 1977), tức hiệu quả tiêu thụ năng lượng bị ảnh hưởng bởi các yếu tố về kinh tế - xã hội hay các yếu tố của môi trường bên ngoài. Do đó, tiếp theo cần thực hiện bước đo lường tác động của các yếu tố thuộc môi trường bên ngoài đến hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng.

Bảng 4. Kết quả phân tích SFA

	Hệ số ước lượng	Độ lệch chuẩn	p-value
LnLabor	0,056	0,079	0,477
LnCapital	-0,019	0,046	0,669
LnEnergy	0,874***	0,042	0,000
LnIndustrial	-0,101	0,063	0,110
LnUrbanization	-0,482***	0,151	0,001
LnEStructure	0,390***	0,101	0,000
LnMerchandise	0,092***	0,029	0,002
LnGDP	0,061***	0,022	0,007

Bảng 4. Kết quả phân tích SFA (tiếp theo)

	Hệ số ước lượng	Độ lệch chuẩn	p-value
LnTourism	0,011**	0,005	0,023
Hệ số chặn	3,456	1,485	0,020
σ^2	0,091	0,087	
γ	0,983	0,015	
Log likelihood	261,969		
AIC	-497,938	Wald chi2(9)	3800,05
BIC	-457,961	Prob>chi2	0,000

Chú thích: *, ** và *** đại diện cho mức ý nghĩa lần lượt là 10%, 5% và 1%.

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả

Bảng 5. Hiệu quả kỹ thuật đối với việc sử dụng năng lượng của các quốc gia CPTPP trong giai đoạn 2000-2015

Úc	Canada	Chile	Nhật Bản	Malaysia	Mexico	New Zealand	Peru	Singapore	Việt Nam	Mean
0,982	0,596	0,710	0,955	0,675	0,792	0,456	0,579	0,721	0,506	0,697

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả

Quốc gia có giá trị hiệu quả kỹ thuật TE lớn hơn trung bình được coi là đạt hiệu quả kỹ thuật trong việc sử dụng năng lượng so với các quốc gia trong khối CPTPP, các quốc gia có giá trị TE nhỏ hơn trung bình được coi là sử dụng năng lượng chưa hiệu quả so với các quốc gia trong khối. Dựa vào kết quả ở Bảng 5 có thể thấy các quốc gia đạt hiệu quả tiêu thụ năng lượng bao gồm Úc, Chile, Nhật Bản, Mexico và Singapore. Trong đó, Úc và Nhật Bản là hai quốc gia đạt được mức hiệu quả năng lượng cao nhất còn Peru và Việt Nam là hai nước chưa đạt hiệu quả kỹ thuật.

Kết quả hồi quy ở Bảng 6 chỉ ra cả 6 yếu tố thuộc môi trường bên ngoài có tác động đến hiệu quả kỹ thuật đối với việc sử dụng năng lượng ở nhóm các quốc gia CPTPP với mức ý nghĩa 1%. Giá trị R^2 bằng 0,729 chỉ ra rằng 6 yếu tố này giải thích được 72,9% sự biến thiên trong biến hiệu quả kỹ thuật.

Cấu trúc công nghiệp có hệ số tương quan âm với hiệu quả kỹ thuật. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Zhang & Chen (2022) cho rằng tỷ lệ lớn ngành công nghiệp trong cơ cấu ngành của một quốc gia có thể làm giảm hiệu quả tiêu thụ năng lượng, do các ngành này cần nhiều năng lượng, vốn và lao động. Ngoài ra, việc thiếu khả năng tiếp cận các công nghệ và thực tiễn tiên tiến trong lĩnh vực công nghiệp cũng có thể cản trở việc áp dụng các phương pháp hiệu quả hơn.

Bảng 6. Kết quả hồi quy

	Hệ số ước lượng	Độ lệch chuẩn	p-value
LnIndustrial	-0,359***	0,062	0,000
LnUrbanization	-0,475***	0,037	0,000
LnEStructure	-1,225***	0,069	0,000
LnMerchandise	-0,032***	0,010	0,003
LnGDP	-0,045***	0,012	0,000
LnTourism	-0,037***	0,006	0,000
Hệ số chặn	-0,359***	0,062	0,000
F(6,153)	68,82		
Prob > F	0,0000		
R-squared	0,729		
Adj R-squared	0,719		
Root MSE	0,088		

Chú thích: *, ** và *** tương ứng với mức ý nghĩa lần lượt là 10%, 5% và 1%.

Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả

Mức độ đô thị hóa có tác động tiêu cực đến hiệu quả năng lượng do nhu cầu về năng lượng và tài nguyên tăng theo sự gia tăng dân số. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Wu & Lin (2022) chỉ ra rằng các thành phố đông dân hơn cần nhiều năng lượng hơn, có thể gây ra ô nhiễm và giảm tài nguyên thiên nhiên. Cơ sở hạ tầng thành thị thường kém hiệu quả hơn so với nông thôn, có thể dẫn đến việc sử dụng năng lượng kém hiệu quả.

Cấu trúc tiêu thụ năng lượng có hệ số tương quan là âm cho thấy rằng việc tiêu thụ năng lượng hóa thạch có thể sẽ làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng, và các quốc gia cần đẩy nhanh quá trình chuyển đổi và tối ưu hóa cơ cấu năng lượng từ năng lượng hóa thạch sang năng lượng có thể tái tạo được (Zhao & Lin, 2019).

Thương mại hàng hóa có tương quan nghịch với biến phụ thuộc, thể hiện khi hoạt động thương mại hàng hóa diễn ra càng sôi nổi thì hiệu quả tiêu thụ năng lượng của các nước càng giảm đến từ nhu cầu vận chuyển và sản xuất hàng hóa tăng lên. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Zhang & Chen (2022) cho rằng việc vận chuyển hàng hóa trên một quãng đường dài đòi hỏi một lượng lớn nhiên liệu, dẫn đến tăng lượng khí thải và giảm hiệu quả sử dụng năng lượng.

Tỷ lệ GDP đầu người có tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Sineviciene & cộng sự (2017) chỉ ra rằng các nền kinh tế phát triển sẽ sản xuất và tiêu thụ nhiều hơn, làm tăng nhu cầu về năng lượng và gây ra tác động tiêu cực đến môi trường.

Số lượng khách du lịch có tác động tiêu cực đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng, do hoạt động du lịch yêu cầu nhiều năng lượng cho vận tải, lưu trú và dịch vụ khác.

Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Nepal & cộng sự (2019) chỉ ra rằng các nước có ngành du lịch phát triển cần xây dựng cơ sở hạ tầng và hỗ trợ nhiều hơn, có thể dẫn đến sự thừa thải về vốn, lao động và năng lượng.

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Tiêu thụ năng lượng một cách tiết kiệm và hiệu quả là vấn đề đã được đặt vào trọng tâm quyết sách của các quốc gia trên thế giới nói chung và các quốc gia là thành viên của hiệp định CPTPP nói riêng. Là một hiệp định thương mại tự do thế hệ mới, CPTPP có những cam kết bảo vệ môi trường để quá trình mở cửa, tự do hóa thương mại và thu hút đầu tư được thực hiện theo hướng thân thiện với môi trường hơn, giúp nền kinh tế phát triển một cách bền vững, cũng là mục tiêu mà các quốc gia thành viên luôn hướng tới. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm nghiên cứu hiệu quả sử dụng năng lượng và tác động của sáu nhân tố đầu vào môi trường là cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, thương mại hàng hóa, tỷ lệ GDP đầu người và số lượng khách du lịch đến hiệu quả sử dụng năng lượng của các quốc gia thành viên CPTPP, sử dụng dữ liệu được thu thập từ Ngân hàng Thế giới (World Bank), Viện nghiên cứu chính của Pháp về kinh tế quốc tế (CEPII) trong giai đoạn 2000-2015.

Từ kết quả nghiên cứu thu được, có thể thấy hiện nay hiệu quả kỹ thuật của việc sử dụng năng lượng của các quốc gia CPTPP vẫn còn ở mức chưa tối ưu, đây là cơ sở để thúc đẩy các quốc gia nỗ lực hơn nữa trong việc chuyển đổi mô hình kinh tế hướng đến phát triển bền vững. Bên cạnh đó, các yếu tố môi trường được chỉ ra là có tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng của các quốc gia CPTPP. Cụ thể, cấu trúc công nghiệp, mức độ đô thị hóa và thương mại hàng hóa, cấu trúc tiêu thụ năng lượng, tỷ lệ GDP đầu người, số lượng khách du lịch càng tăng thì hiệu quả sử dụng năng lượng ở các quốc gia càng giảm.

Chính phủ nên đưa ra các chính sách ưu đãi khuyến khích các hộ gia đình và doanh nghiệp chuyển sang các nguồn năng lượng hiệu quả hơn như năng lượng mặt trời hoặc năng lượng gió. Bên cạnh đó, chính phủ nói chung và các doanh nghiệp nói riêng cần đầu tư vào nghiên cứu và phát triển nhằm ứng dụng các công nghệ mới, cải thiện quy trình vận hành hướng đến hiệu quả năng lượng cao hơn. Để có thể nâng cao hiệu quả tiêu thụ năng lượng trong hoạt động du lịch, các quốc gia nên phát triển các hình thức du lịch tái tạo và bền vững cũng có thể giúp giảm lượng khí thải trong khi vẫn cho phép du khách tận hưởng các điểm tham quan một cách có trách nhiệm. Các thành phố nên tìm cách xây dựng các tòa nhà hiệu quả hơn với hệ thống chiếu sáng và cách nhiệt tốt hơn, cùng với việc đầu tư vào các phương án giao thông công cộng như xe buýt và xe lửa. Các công ty nên tìm cách giảm lượng hàng hóa mà họ vận chuyển bằng đường hàng không hoặc đường biển để giảm lượng khí thải và đầu tư vào các vật liệu đóng gói và tính toán các phương thức hoặc lộ trình vận chuyển hiệu quả hơn. Cuối cùng, nên thiết lập quan hệ đối tác công-tư để chia

sẽ kiến thức và nguồn lực giữa các ngành khác nhau, giữa các quốc gia CPTPP với nhau để cùng hướng tới cải thiện cơ cấu công nghiệp và giảm tiêu thụ năng lượng.

Bài viết tập trung nghiên cứu sáu nhân tố môi trường bên ngoài có tác động đến hiệu quả tiêu thụ năng lượng của nhóm quốc gia CPTPP sử dụng mô hình SFA và OLS. Các nghiên cứu trong tương lai có thể phát triển chủ đề nghiên cứu này theo những cách thức sau đây. Thứ nhất, bài viết này lựa chọn lượng khí thải CO₂ là đầu ra của mô hình nghiên cứu, tuy nhiên, các nghiên cứu trong tương lai có thể tính đến các biến đại diện khác như SO₂, NOX. Thứ hai, các nghiên cứu trong tương lai có thể thêm hoặc thay đổi các yếu tố tác động nhằm tăng khả năng giải thích của mô hình. Thứ ba, các nghiên cứu tương lai có thể áp dụng nhiều phương pháp mới hơn để đo lường hiệu quả năng lượng, chẳng hạn như mô hình bao dữ liệu DEA. Cuối cùng, các hiệp định tự do thương mại khác như AEC, RCEP, EVFTA cũng có thể được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu thay thế.

Tài liệu tham khảo

- Antonietti, R. & Fontini, F. (2019), “Does energy price affect energy efficiency? Cross-country panel evidence”, *Energy Policy*, Vol. 129, pp. 896-906.
- Apergis, N., Aye, G.C., Barros, C.P., Gupta, R. & Wanke, P. (2015), “Energy efficiency of selected OECD countries: a slacks-based model with undesirable outputs”, *Energy Economics*, Vol. 51, pp. 45-53.
- Atikian, J. (2013), *Industrial Shift: The Structure of the New World Economy*, Springer.
- Barkhordar, Z.A., Fakouriyani, S. & Sheykha, S. (2018), “The role of energy subsidy reform in energy efficiency enhancement: lessons learnt and future potential for Iranian industries”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 197, pp. 542-550.
- Battese, G.E. & Coelli, T.J. (1995), “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”, *Empirical Economics*, Vol. 20, pp. 325-332.
- Battese, G.E. & Corra, G.S. (1977), “Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia”, *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 21 No. 3, pp. 169-179.
- Borožan, D. (2018), “Technical and total factor energy efficiency of European regions: a two-stage approach”, *Energy*, Vol. 152, pp. 521-532.
- Bosseboeuf, D., Chateau, B. & Lapillonnerie, B. (1997), “Cross-country comparison on energy efficiency indicators: the on-going European effort towards a common methodology”, *Energy Policy*, Vol. 25 No. 7-9, pp. 673-682.
- Boyd, G.A. (2008), “Estimating plant level energy efficiency with a Stochastic Frontier”, *The Energy Journal*, Vol. 29 No. 2, pp. 23-43.
- Caillé, A., Al-Moneef, M., de Castro, F.B., Bundgaard-Jensen, A., Fall, A., de Medeiros, N.F., Jain, C.P., Kim, Y.D., Nadeau, M.J. & Testa, C. (2008), “Energy efficiency policies around the world: review and evaluation”, *World Energy Council*, Vol. 2008, pp. 9-36.
- Chen, L. & Jia, G. (2017), “Environmental efficiency analysis of China’s regional industry: a data envelopment analysis (DEA) based approach”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 142, pp. 846-853.

- Du, M., Wang, B. & Zhang, N. (2018), “National research funding and energy efficiency: evidence from the National Science Foundation of China”, *Energy Policy*, Vol. 120, pp. 335-346.
- Dunlop, T. (2019), “Mind the gap: a social sciences review of energy efficiency”, *Energy Research & Social Science*, Vol. 56, 101216.
- Farrell, M.J. (1957), “The measurement of productive efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, Vol. 120 No. 3, pp. 253-281.
- Gössling, S. & Peeters, P. (2007), “‘It does not harm the environment!’ An analysis of industry discourses on tourism, air travel and the environment”, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 15 No. 4, pp. 402-417.
- Honma, S. & Hu, J.L. (2009), “Total-factor energy productivity growth of regions in Japan”, *Energy Policy*, Vol. 37 No. 10, pp. 3941-3950.
- Imbruno, M. & Ketterer, T.D. (2018), “Energy efficiency gains from importing intermediate inputs: FIRM-LEVEL evidence from Indonesia”, *Journal of Development Economics*, Vol. 135, pp. 117-141.
- Jebali, E., Essid, H. & Khraief, N. (2017), “The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: a two-stage double bootstrap DEA approach”, *Energy*, Vol. 134, pp. 991-1000.
- Khan, M.T.I., Yaseen, M.R. & Ali, Q. (2019), “Nexus between financial development, tourism, renewable energy, and greenhouse gas emission in high-income countries: a continent-wise analysis”, *Energy Economics*, Vol. 83, pp. 293-310.
- Kumbhakar, S.C. & Lovell, C.K. (2003), *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press.
- Li, K., Fang, L. & He, L. (2018), “How urbanization affects China’s energy efficiency: a spatial econometric analysis”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 200, pp. 1130-1141.
- Li, K. & Lin, B. (2018), “How to promote energy efficiency through technological progress in China?”, *Energy*, Vol. 143, pp. 812-821.
- Lin, B. & Du, K. (2015), “Energy and CO2 emissions performance in China’s regional economies: do market-oriented reforms matter?”, *Energy Policy*, Vol. 78, pp. 113-124.
- Liu, H., Zhang, Z., Zhang, T. & Wang, L. (2020), “Revisiting China’s provincial energy efficiency and its influencing factors”, *Energy*, Vol. 208, 118361.
- Montalbano, P. & Nenci, S. (2019), “Energy efficiency, productivity and exporting: firm-level evidence in Latin America”, *Energy Economics*, Vol. 79, pp. 97-110.
- Nepal, R., Al Irsyad, M.I. & Nepal, S.K. (2019), “Tourist arrivals, energy consumption and pollutant emissions in a developing economy—implications for sustainable tourism”, *Tourism Management*, Vol. 72, pp. 145-154.
- Oh, S.C. & Shin, J. (2015), “The impact of mismeasurement in performance benchmarking: a Monte Carlo comparison of SFA and DEA with different multi-period budgeting strategies”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 240 No. 2, pp. 518-527.
- Pan, X., Guo, S., Han, C., Wang, M., Song, J. & Liao, X. (2020), “Influence of FDI quality on energy efficiency in China based on seemingly unrelated regression method”, *Energy*, Vol. 192, 116463.
- Patterson, M.G. (1996), “What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues”, *Energy Policy*, Vol. 24 No. 5, pp. 377-390.
- Reinhard, S., Lovell, C.K. & Thijssen, G.J. (2000), “Environmental efficiency with multiple

- environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 121 No. 2, pp. 287-303.
- Scott, D., Peeters, P. & Gössling, S. (2010), “Can tourism deliver its “aspirational” greenhouse gas emission reduction targets?”, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 18 No. 3, pp. 393-408.
- Sener, S. & Karakas, A.T. (2019), “The effect of economic growth on energy efficiency: evidence from high, upper-middle and lower-middle income countries”, *Procedia Computer Science*, Vol. 158, pp. 523-532.
- Sheng, P., He, Y. & Guo, X. (2017), “The impact of urbanization on energy consumption and efficiency”, *Energy & Environment*, Vol. 28 No. 7, pp. 673-686.
- Sineviciene, L., Sotnyk, I. & Kubatko, O. (2017), “Determinants of energy efficiency and energy consumption of Eastern Europe post-communist economies”, *Energy & Environment*, Vol. 28 No. 8, pp. 870-884.
- Tovar, C. & Lockwood, M. (2008), “Social impacts of tourism: an Australian regional case study”, *International Journal of Tourism Research*, Vol. 10 No. 4, pp. 365-378.
- Wang, H. & Wang, M. (2020), “Effects of technological innovation on energy efficiency in China: evidence from dynamic panel of 284 cities”, *Science of the Total Environment*, Vol. 709, 136172.
- Wang, H., Zhou, P. & Wang, Q. (2016), “Constructing slacks-based composite indicator of sustainable energy development for China: a meta-frontier nonparametric approach”, *Energy*, Vol. 101, pp. 218-228.
- Wang, J., Wang, S., Li, S. & Feng, K. (2019), “Coupling analysis of urbanization and energy-environment efficiency: evidence from Guangdong province”, *Applied Energy*, Vol. 254, 113650.
- Wang, J.M., Shi, Y.F. & Zhang, J. (2017), “Energy efficiency and influencing factors analysis on Beijing industrial sectors”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 167, pp. 653-664.
- Wang, P., Zhu, B., Tao, X. & Xie, R. (2017), “Measuring regional energy efficiencies in China: a meta-frontier SBM-Undesirable approach”, *Natural Hazards*, Vol. 85, pp. 793-809.
- Wang, Z., Sun, Y., Yuan, Z. & Wang, B. (2019), “Does energy efficiency have a spatial spill-over effect in China? Evidence from provincial-level data”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 241, 118258.
- Wu, W. & Lin, Y. (2022), “The impact of rapid urbanization on residential energy consumption in China”, *PLOS ONE*, Vol. 17 No. 7, pp. e0270226.
- Xiong, S., Ma, X. & Ji, J. (2019), “The impact of industrial structure efficiency on provincial industrial energy efficiency in China”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 215, pp. 952-962.
- Yu, B. (2020), “Industrial structure, technological innovation, and total-factor energy efficiency in China”, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27 No. 8, pp. 8371-8385.
- Yu, J., Zhou, K. & Yang, S. (2019), “Regional heterogeneity of China’s energy efficiency in “new normal”: a meta-frontier Super-SBM analysis”, *Energy Policy*, Vol. 134, 110941.
- Zhang, C. & Chen, P. (2022), “Applying the three-stage SBM-DEA model to evaluate energy efficiency and impact factors in RCEP countries”, *Energy*, Vol. 241, 122917.

- Zhao, H., Guo, S. & Zhao, H. (2019), “Provincial energy efficiency of China quantified by three-stage data envelopment analysis”, *Energy*, Vol. 166, pp. 96-107.
- Zhao, H. & Lin, B. (2019), “Will agglomeration improve the energy efficiency in China’s textile industry: evidence and policy implications”, *Applied Energy*, Vol. 237, pp. 326-337.
- Zhou, P., Ang, B.W. & Zhou, D.Q. (2012), “Measuring economy-wide energy efficiency performance: a parametric frontier approach”, *Applied Energy*, Vol. 90 No. 1, pp. 196-200.
- Zhu, B., Zhang, M., Zhou, Y., Wang, P., Sheng, J., He, K., Wei, Y.M. & Xie, R. (2019), “Exploring the effect of industrial structure adjustment on interprovincial green development efficiency in China: a novel integrated approach”, *Energy Policy*, Vol. 134, 110946.
- Zhu, W., Zhang, Z., Li, X., Feng, W. & Li, J. (2019), “Assessing the effects of technological progress on energy efficiency in the construction industry: a case of China”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 238, 117908.