



Original Article

## Effects of energy consumption on CO<sub>2</sub> emissions in Vietnam, Thailand and Malaysia

Hoang Ha Anh\*, Le Nguyen Thuy Tien

*Nong Lam University – Ho Chi Minh City*

*KP22, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Hanoi, Vietnam*

Received: September 5, 2024

Revised: June 6, 2025; Accepted: June 25, 2025

**Abstract:** This study analyzes the impact of energy consumption and economic development on CO<sub>2</sub> emissions in Vietnam, Thailand, and Malaysia during the period 1990-2020. The results show that energy consumption in the industrial and transportation sectors is the primary contributor to increased CO<sub>2</sub> emissions. In contrast, the commercial and residential sectors tend to reduce emissions. Vietnam is most affected by transportation, Thailand by population growth and industrial production, while Malaysia is influenced mainly by energy use in agriculture and commerce. Based on these findings, the study proposes several policy implications, including: prioritizing energy reform in high-emission sectors such as industry and transport; promoting energy efficiency in commerce and households; enhancing regional cooperation on energy transition; and designing country-specific strategies based on national socio-economic contexts.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emission, economic growth, energy consumption, Vietnam, Thailand, Malaysia.

\* Corresponding author

E-mail address: [hoanghaanh@hcmuaf.edu.vn](mailto:hoanghaanh@hcmuaf.edu.vn)

<https://doi.org/10.57110/vnu-jeb.v5i3.438>

Copyright © 2025 The author(s)

Licensing: This article is published under a CC BY-NC 4.0 license.

# Ảnh hưởng của tiêu thụ năng lượng tới phát thải khí CO<sub>2</sub> tại Việt Nam, Thái Lan và Malaysia

Hoàng Hà Anh\*, Lê Nguyễn Thủy Tiên

*Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh  
KP22, Phường Linh Trung, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Nhận ngày 5 tháng 9 năm 2024

Chỉnh sửa ngày 6 tháng 6 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 6 năm 2025

**Tóm tắt:** Nghiên cứu phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng và phát triển kinh tế đến phát thải CO<sub>2</sub> tại Việt Nam, Thái Lan và Malaysia trong giai đoạn 1990-2020. Kết quả cho thấy tiêu thụ năng lượng trong ngành sản xuất và giao thông vận tải là hai yếu tố chính làm gia tăng phát thải CO<sub>2</sub> tại cả ba quốc gia. Ngược lại, các hoạt động trong lĩnh vực thương mại và dân dụng có xu hướng góp phần làm giảm phát thải. Xét riêng từng quốc gia, Việt Nam chịu ảnh hưởng lớn từ tiêu thụ năng lượng trong giao thông, Thái Lan bị tác động bởi tăng trưởng dân số và hoạt động sản xuất, Malaysia bị chi phối bởi tiêu thụ năng lượng trong nông nghiệp và thương mại. Dựa trên các kết quả này, nghiên cứu đề xuất một số hàm ý chính sách bao gồm: ưu tiên cải cách năng lượng trong các ngành phát thải cao như sản xuất và giao thông; thúc đẩy sử dụng năng lượng hiệu quả trong thương mại và dân dụng; tăng cường hợp tác khu vực về chuyển đổi năng lượng; và xây dựng các giải pháp phù hợp với đặc điểm kinh tế – xã hội đặc thù của từng quốc gia.

**Từ khóa:** Phát thải khí CO<sub>2</sub>, tăng trưởng kinh tế, tiêu thụ năng lượng, Việt Nam, Thái Lan, Malaysia.

## 1. Giới thiệu

Phát triển kinh tế là mục tiêu hàng đầu của nhiều quốc gia, đặc biệt tại các nước đang phát triển, nơi tiêu thụ năng lượng đóng vai trò thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Tuy nhiên, việc phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch cũng dẫn đến gia tăng phát thải khí nhà kính, trong đó CO<sub>2</sub> là thành phần chủ yếu. Năm 2020, phát thải CO<sub>2</sub> toàn cầu đạt hơn 46.000 triệu tấn (Mt CO<sub>2</sub>e) (World Bank, 2024).

Nhiều nghiên cứu đã xác nhận mối liên hệ giữa tiêu thụ năng lượng, tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub> (Albra và cộng sự, 2019; Begum và cộng sự, 2015; Lin & Xu, 2020). Một số nghiên cứu chuyên sâu hơn đã phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng theo từng nguồn năng lượng và giai đoạn, đồng thời xem xét mối quan hệ với FDI, dân số và GDP (Hoang & Da, 2024; Nguyen, 2012; Le, 2022; Oryani và cộng sự, 2021), góp phần củng cố bằng chứng thực nghiệm về vai trò của tiêu thụ năng lượng trong phát sinh CO<sub>2</sub>.

Trong khu vực Đông Nam Á, Việt Nam, Thái Lan và Malaysia là ba quốc gia có sự tương đồng trong tăng trưởng kinh tế và mức phát thải CO<sub>2</sub>. Mức độ phát thải CO<sub>2</sub> của ba quốc gia này chiếm 48,17% trong toàn khu vực. Tốc độ tăng trưởng GDP giai đoạn 1990-2020 lần lượt tại Việt Nam, Thái Lan và Malaysia là 12,8%, 5,17% và 4,78% (World Bank, 2024). Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng và phát thải CO<sub>2</sub>, nhưng phần lớn các nghiên cứu này tập trung vào các quốc gia riêng lẻ hoặc khu vực cụ thể và thiếu sự so sánh toàn diện giữa các quốc gia có đặc điểm kinh tế tương đồng. Hơn nữa, trong bối cảnh toàn cầu hướng tới tăng trưởng xanh, việc hiểu rõ các yếu tố tác động đến phát thải CO<sub>2</sub> là điều cần thiết để đưa ra các giải pháp chính sách hiệu quả. Do đó, nghiên cứu này lấp đầy khoảng trống bằng cách so sánh và phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng đến phát thải CO<sub>2</sub> tại Việt Nam, Thái Lan, và Malaysia, từ đó cung cấp những hàm ý chính sách cụ thể cho từng quốc gia trong việc giảm thiểu phát thải CO<sub>2</sub> và sử dụng năng lượng.

\* Tác giả liên hệ

Địa chỉ email: hoanghaanh@hcmuaf.edu.vn

<https://doi.org/10.57110/vnu-jeb.v5i3.438>

Bản quyền © 2025 (Các) tác giả

Bài báo này được xuất bản theo CC BY-NC 4.0 license.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập trong giai đoạn 1990-2020. Dữ liệu về dân số, thu nhập bình quân đầu người được thu thập từ cơ sở dữ liệu của Ngân hàng Thế giới (World Bank, 2024). Dữ liệu về tổng cung năng lượng và tổng tiêu thụ năng lượng thu thập từ Bộ phận Thống kê Liên Hợp Quốc (United Nations, 2024). Dữ liệu về phát thải CO<sub>2</sub> được thu thập từ Climate Watch (2024).

### 2.2. Mô hình hồi quy dữ liệu bảng

Để đánh giá tác động tổng thể của tiêu thụ năng lượng đến phát thải CO<sub>2</sub> tại ba quốc gia Việt Nam, Thái Lan và Malaysia, nghiên cứu sử dụng dữ liệu bảng, kết hợp giữa chiều không gian (quốc gia) và chiều thời gian (năm). Việc sử dụng dữ liệu bảng giúp tăng kích thước mẫu ( $N = 90$ ), kiểm soát tốt hơn các đặc điểm dị biệt giữa các quốc gia và cải thiện độ tin cậy của ước lượng.

Mô hình hồi quy có dạng:

$$LnEC_{it} = \beta_0 + \beta_1 LnGDP_{it} + \beta_2 LnTES_{it} + \beta_3 LnP_{it} + \beta_4 LnFEC_{mi,it} + \beta_5 LnFEC_{ti,it} + \beta_6 LnFEC_{ai,it} + \beta_7 LnFEC_{ci,it} + \beta_8 LnFEC_{hi,it} + \beta_9 LnFEC_{ni,it} + \beta_{10} LnFEC_{oi,it} + u_{it} \quad (1)$$

Trong đó:  $i$  là chỉ số quốc gia;  $t$  là chỉ số thời gian;  $EC$  là lượng phát thải CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>e);  $GDP_i$  là thu nhập bình quân đầu người (tỷ USD);  $TES_i$  là tổng cung năng lượng (Terajoules);  $P_i$  là dân số (triệu người);  $FEC_{mi}$  là tiêu thụ năng lượng trong ngành sản xuất (Terajoules);  $FEC_{ti}$  là tiêu thụ năng lượng trong ngành giao thông vận tải (Terajoules);  $FEC_{ai}$  là tiêu thụ năng lượng trong nông nghiệp (Terajoules);  $FEC_{ci}$  là tiêu thụ năng lượng trong thương mại (Terajoules);  $FEC_{hi}$  là tiêu thụ năng lượng trong dân dụng (Terajoules);  $FEC_{ni}$  là tiêu thụ năng lượng trong ngành phi năng lượng (Terajoules), như dịch vụ tài chính, giáo dục và y tế;  $FEC_{oi}$  là tiêu thụ năng lượng trong ngành khác (Terajoules).

Dữ liệu được xử lý và phân tích bằng phần mềm R với gói PLM. Các mô hình ước lượng bao gồm: Mô hình OLS (Pooled OLS), mô hình hiệu ứng cố định (FEM), mô hình hiệu ứng ngẫu nhiên (REM) và mô hình GLS (hiệu ứng ngẫu nhiên hai chiều).

Các mô hình được so sánh thông qua kiểm định Hausman nhằm lựa chọn mô hình phù hợp. Ngoài ra, nghiên cứu cũng tiến hành các kiểm định: phương sai sai số thay đổi bằng kiểm định Breusch-Pagan và tự tương quan bằng kiểm định Breusch-Godfrey.

### 2.3. Mô hình hồi quy dạng Cobb-Douglas

Nghiên cứu này sử dụng mô hình hồi quy dưới dạng hàm Cobb-Douglas để phân tích tác động riêng cho từng quốc gia. Hàm Cobb-Douglas cũng đã được các nghiên cứu trước áp dụng trước đó như Albra và cộng sự (2019), Oryani và cộng sự (2021), Sukono và cộng sự (2019).

Nhóm tác giả áp dụng hàm sản xuất Cobb-Douglas trong nghiên cứu như sau:

$$EC_i = AGDP_i^{a1} TES_i^{a2} P_i^{a3} FEC_{mi}^{a4} FEC_{ti}^{a5} FEC_{ai}^{a6} FEC_{ci}^{a7} FEC_{hi}^{a8} FEC_{ni}^{a9} FEC_{oi}^{a10} e^u \quad (2)$$

Sau khi lấy logarit từ phương trình (2), ta được phương trình (3):

$$LnEC_i = \beta_0 + \beta_1 LnGDP_i + \beta_2 LnTES_i + \beta_3 LnP_i + \beta_4 LnFEC_{mi} + \beta_5 LnFEC_{ti} + \beta_6 LnFEC_{ai} + \beta_7 LnFEC_{ci} + \beta_8 LnFEC_{hi} + \beta_9 LnFEC_{ni} + \beta_{10} LnFEC_{oi} + U_i \quad (3)$$

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Xu hướng về năng lượng và phát thải CO<sub>2</sub> giai đoạn 1990-2020

Tình hình tiêu thụ năng lượng tại Việt Nam, Thái Lan và Malaysia từ năm 1990 đến năm 2020 phản ánh những thách thức trong chuyển đổi sang hệ thống năng lượng carbon thấp. Trong ba quốc gia, Thái Lan có tổng cung và tổng tiêu thụ năng lượng vượt trội. Việt Nam và Malaysia có mức tiêu thụ năng lượng tương đương nhưng ghi nhận sự chênh lệch lớn về phát thải CO<sub>2</sub>, phản ánh sự khác biệt về cơ cấu nguồn năng lượng cũng như chính sách. Sự phát triển kinh tế kéo theo nhu cầu năng lượng tăng, đặc biệt ở các ngành sản xuất và giao thông vận tải. Tại khu vực Đông Nam Á, nhiệt điện chiếm 21,67%, giao thông 12,5% và sản xuất – xây dựng 11,67% tổng phát thải CO<sub>2</sub>.

Thái Lan dẫn đầu về cung năng lượng (gấp 2 lần Việt Nam và 1,5 lần Malaysia), chủ yếu từ khí tự nhiên, nhiệt điện và than. Malaysia sử dụng chủ yếu khí tự nhiên và dầu; thị trường khí đốt phát triển mạnh từ năm 1981. Việt Nam tiêu thụ chủ yếu than, nhiên liệu sinh học và chất thải. Việc xây dựng các nhà máy nhiệt điện khiến Việt Nam chuyển từ nước xuất khẩu sang nhập khẩu than từ năm 2015, với tốc độ tăng cung năng lượng đạt 4,47% – cao nhất trong ba quốc gia.

### 3.2. Tác động của tiêu thụ năng lượng đến phát thải CO<sub>2</sub>

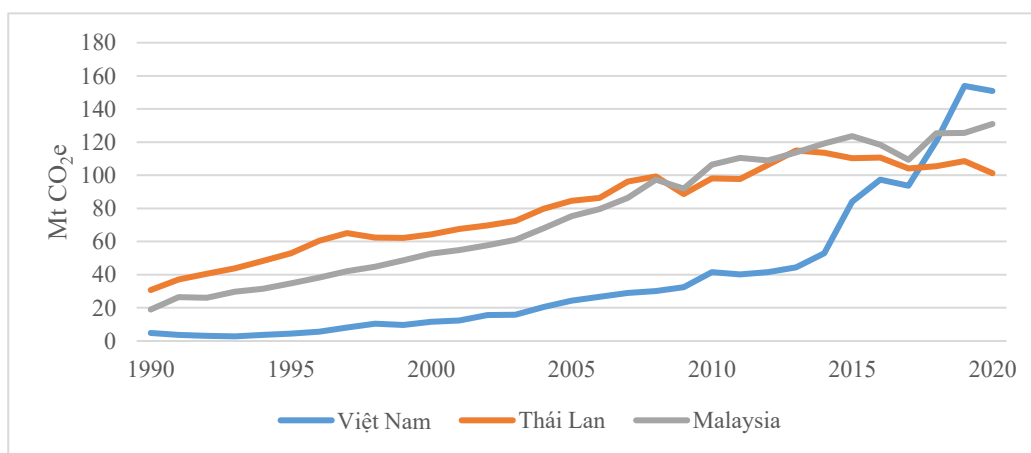
### 3.2.1. Tác động chung của ba quốc gia

Kết quả từ mô hình Pooled OLS (Bảng 1) cho thấy GDP,  $FEC_m$ ,  $FEC_t$ ,  $FEC_a$  và  $FEC_c$  đều có ý nghĩa thống kê, trong đó GDP có tác động dương rõ rệt đến phát thải  $CO_2$ . Đáng chú ý,  $FEC_m$  và  $FEC_t$  là hai yếu tố góp phần lớn nhất vào phát thải, trong đó  $FEC_c$  tiếp tục cho thấy tác động âm nhẹ. Tuy nhiên, do không kiểm soát được dị biệt quốc gia, mô hình này chỉ mang tính tham khảo ban đầu.

Mô hình FEM, với khả năng kiểm soát hiệu ứng cố định, tiếp tục khẳng định ảnh hưởng của

GDP, TES,  $FEC_m$ ,  $FEC_t$ ,  $FEC_a$  và  $FEC_c$  đến phát thải. Biến P có tác động âm đáng kể, cho thấy trong một số trường hợp, tăng dân số có thể không làm gia tăng phát thải, có thể do hiệu suất năng lượng cải thiện.

Mô hình REM đưa ra kết quả tương tự mô hình FEM, với GDP và  $FEC_m$  tiếp tục là các yếu tố ảnh hưởng chính. Biến P vẫn có tác động âm và có ý nghĩa thống kê.  $FEC_c$  giữ vai trò làm giảm phát thải, phản ánh xu hướng cải thiện hiệu quả năng lượng trong khu vực thương mại.



Hình 1: Xu hướng phát thải  $CO_2$  tại Việt Nam, Thái Lan và Malaysia giai đoạn 1990-2020

Nguồn: Kết quả tổng hợp từ WordBank, 2024.

Bảng 1: Kết quả ước lượng mô hình hồi quy dữ liệu bảng

|             | OLS                  | FEM                  | REM                   | GLS                  |
|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| LnGDP       | 0,183***<br>(0,052)  | 0,113***<br>(0,038)  | 0,123***<br>(0,038)   | 0,243***<br>(0,056)  |
| LnTES       | -0,145<br>(0,178)    | 0,504***<br>(0,153)  | 0,433***<br>(0,148)   | -0,014<br>(0,174)    |
| LnP         | -0,109<br>(0,127)    | -0,814***<br>(0,270) | -0,579***<br>(0,221)  | -0,014<br>(0,119)    |
| LnFECm      | 0,663***<br>(0,111)  | 0,291***<br>(0,089)  | 0,314***<br>(0,088)   | 0,614***<br>(0,101)  |
| LnFECt      | 0,488***<br>(0,071)  | 0,485***<br>(0,054)  | 0,467***<br>(0,053)   | 0,413***<br>(0,073)  |
| LnFECa      | 0,041**<br>(0,018)   | 0,077***<br>(0,014)  | 0,071***<br>(0,014)   | 0,032*<br>(0,017)    |
| LnFECc      | -0,033***<br>(0,011) | -0,060***<br>(0,008) | -0,060***<br>(0,008)  | -0,051***<br>(0,010) |
| LnFECh      | -0,112<br>(0,073)    | -0,007<br>(0,053)    | -0,008<br>(0,053)     | -0,188***<br>(0,071) |
| LnFECn      | -0,039<br>(0,027)    | -0,007<br>(0,019)    | -0,007<br>(0,019)     | -0,059**<br>(0,026)  |
| LnFECco     | -0,018**<br>(0,009)  | -0,004<br>(0,007)    | -0,001<br>(0,007)     | -0,023***<br>(0,008) |
| Hằng số     | -6,733***<br>(1,716) |                      | -10,051***<br>(1,282) | -6,173***<br>(1,692) |
| Số quan sát | 90                   | 90                   | 90                    | 90                   |

|                           | OLS   | FEM   | REM   | GLS   |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| R <sup>2</sup>            | 0,986 | 0,990 | 0,990 | 0,983 |
| R <sup>2</sup> hiệu chỉnh | 0,984 | 0,989 | 0,988 | 0,981 |

Ghi chú: \* p < 0,1; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01.

Nguồn: Kết xuất R, 2025.

#### a. Kiểm định Hausman

Kết quả kiểm định Hausman giữa mô hình FEM và mô hình REM cho thấy giá trị thống kê Chi-squared = 1,2337 với bậc tự do = 10 và p-value = 0,9996. Do p-value lớn hơn 0,05 nên không bác bỏ giả thuyết H<sub>0</sub>. Điều này cho thấy mô hình hiệu ứng ngẫu nhiên là phù hợp hơn.

#### b. Kiểm định phương sai sai số thay đổi và tự tương quan

Kết quả kiểm định phương sai sai số thay đổi bằng Breusch-Pagan cho thấy giá trị thống kê BP = 42,272 với bậc tự do = 10 và p-value = 6,708×10<sup>-6</sup>. Với mức ý nghĩa 5%, kết quả này chỉ ra rằng mô hình tồn tại hiện tượng phương sai sai số thay đổi. Đồng thời, kiểm định tự tương quan bằng phương pháp Breusch-Godfrey (Wooldridge test) cho kết quả Chi-squared = 44,245 với p-value = 0,02627, cho thấy có hiện tượng tự tương quan trong phần dư theo chiều thời gian trong mô hình REM.

Do tồn tại đồng thời cả hai hiện tượng – phương sai thay đổi và tự tương quan – cần sử dụng các phương pháp ước lượng hồi quy mạnh hơn, như mô hình GLS, nhằm đảm bảo tính nhất quán và hiệu quả của các ước lượng.

#### c. Kết quả mô hình GLS

Mô hình GLS được sử dụng nhằm khắc phục các khuyết tật của mô hình REM, bao gồm

phương sai sai số thay đổi và tự tương quan. Kết quả cho thấy: GDP ( $\beta = 0,243$ ) có tác động dương và có ý nghĩa cao, khẳng định mối liên hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO<sub>2</sub> trong bối cảnh công nghiệp hóa. Hai biến FEC<sub>m</sub> ( $\beta = 0,614$ ) và FEC<sub>t</sub> ( $\beta = 0,413$ ) tiếp tục là nguồn phát thải chính do cường độ tiêu thụ năng lượng lớn. FEC<sub>a</sub> ( $\beta = 0,032$ ) cũng góp phần làm tăng phát thải, mặc dù ở mức độ thấp hơn.

Ngược lại, FEC<sub>c</sub> ( $\beta = -0,051$ ) và FEC<sub>h</sub> ( $\beta = -0,188$ ) có tác động âm và có ý nghĩa thống kê, cho thấy tiềm năng tiết kiệm năng lượng trong các khu vực này. Ngoài ra, FEC<sub>n</sub> và FEC<sub>o</sub> cũng góp phần nhỏ vào việc giảm phát thải, thể hiện vai trò hỗ trợ của các ngành ít phát thải trong toàn hệ thống.

#### 3.3.2. Tác động riêng của từng quốc gia

Kết quả mô hình hồi quy cho cả ba quốc gia – Việt Nam, Malaysia và Thái Lan – đều cho thấy mức độ phù hợp rất cao, với giá trị Sig trong kiểm định F đều bằng 0,000 (< 0,05), khẳng định mô hình có ý nghĩa thống kê mạnh mẽ và mối quan hệ giữa các biến là đáng tin cậy. Ngoài ra, kiểm định Durbin-Watson ở cả ba nước đều nằm trong khoảng an toàn (Việt Nam: 2,186; Malaysia và Thái Lan: 1,933), cho thấy không có hiện tượng tự tương quan, đảm bảo độ tin cậy và hiệu quả của các mô hình hồi quy riêng lẻ.

Bảng 2: Kết quả mô hình hồi quy cho từng quốc gia

| Biến                      | Hệ số ước lượng |           |          |
|---------------------------|-----------------|-----------|----------|
|                           | Việt Nam        | Thái Lan  | Malaysia |
| LnGDP                     | 0,133           | -0,027    | 0,211    |
| LnTES                     | 0,250           | 0,192     | 0,170    |
| LnP                       | -0,002          | 0,760***  | 0,100    |
| LnFEC <sub>m</sub>        | 0,194*          | 0,698***  | 0,070    |
| LnFEC <sub>t</sub>        | 0,218***        | 0,135     | 0,148    |
| LnFEC <sub>a</sub>        | 0,080**         | -0,161**  | 0,062*   |
| LnFEC <sub>c</sub>        | 0,023           | -0,724*** | 0,190**  |
| LnFEC <sub>h</sub>        | -0,010          | 0,114***  | 0,070    |
| LnFEC <sub>n</sub>        | 0,006           | -0,145    | -0,027   |
| LnFEC <sub>o</sub>        | 0,131***        | -0,287*** | 0,004    |
| Sig                       | 0,000           | 0,000     | 0,000    |
| R <sup>2</sup>            | 0,996           | 0,996     | 0,996    |
| R <sup>2</sup> hiệu chỉnh | 0,998           | 0,994     | 0,994    |

Ghi chú: \*\*\*, \*\*, \* tương ứng có ý nghĩa thống kê ở mức 1%, 5% và 10%.

Nguồn: Kết xuất R, 2025.

### 3.4. Thảo luận kết quả nghiên cứu

#### 3.4.1. Kết quả chung cho ba quốc gia

Kết quả cho thấy GDP là yếu tố có tác động ổn định và đáng kể nhất đến phát thải CO<sub>2</sub>, phù hợp với lý thuyết Kuznets, theo đó phát thải tăng trong giai đoạn đầu của quá trình công nghiệp hóa. Cả ba quốc gia – Việt Nam, Malaysia và Thái Lan – đều đang trong giai đoạn phát triển nhanh, với cơ cấu kinh tế còn phụ thuộc nhiều vào các ngành tiêu thụ năng lượng hóa thạch. Ngành sản xuất (FEC<sub>m</sub>) và giao thông vận tải (FEC<sub>t</sub>) là hai nguồn phát thải chủ yếu, đặc biệt tại Việt Nam và Thái Lan – nơi quá trình công nghiệp hóa theo chiều rộng và công nghệ sản xuất lạc hậu còn phổ biến. Ngành nông nghiệp (FEC<sub>a</sub>) cũng góp phần gia tăng phát thải, mặc dù mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn, phản ánh những tác động từ cơ giới hóa và việc sử dụng đầu vào hóa học. Ngược lại, khu vực thương mại (FEC<sub>c</sub>) và dân dụng (FEC<sub>h</sub>) cho thấy tác động âm và có ý nghĩa thống kê, thể hiện tiềm năng tiết kiệm năng lượng trong các lĩnh vực này nhờ hiệu quả sử dụng điện năng và các chính sách hỗ trợ năng lượng sạch. Các biến khác như phi năng lượng (FEC<sub>n</sub>) và ngành khác (FEC<sub>o</sub>) cũng có đóng góp nhỏ trong việc giảm áp lực phát thải. Đáng chú ý, biến tổng cung năng lượng (TES) không có ý nghĩa thống kê, cho thấy chính cơ cấu sử dụng năng lượng theo ngành mới là yếu tố quyết định đến phát thải CO<sub>2</sub> chứ không phải bản thân quy mô cung năng lượng.

#### 3.4.2. Thảo luận kết quả cho từng quốc gia

##### a. Việt Nam

Tại Việt Nam, các biến giao thông vận tải (FEC<sub>t</sub>), sản xuất (FEC<sub>m</sub>), nông nghiệp (FEC<sub>a</sub>) và các ngành khác (FEC<sub>o</sub>) đều có tác động dương và có ý nghĩa thống kê đến phát thải CO<sub>2</sub>, phản ánh mô hình phát triển công nghiệp hóa nhanh, phụ thuộc nhiều vào nhiên liệu hóa thạch nhưng chưa đi kèm chuyển đổi năng lượng hiệu quả. Giao thông vận tải là nguồn phát thải lớn nhất ( $\beta = 0,218$ ), chiếm khoảng 21,1% tổng lượng khí thải, chủ yếu do sự gia tăng phương tiện cá nhân và hệ thống hạ tầng giao thông còn hạn chế. Sản xuất ( $\beta = 0,194$ ) – đặc biệt là các ngành công nghiệp nặng – tiêu thụ nhiều năng lượng, góp phần làm tăng phát thải và gây sức ép đến môi trường.

Mặc dù nông nghiệp ( $\beta = 0,080$ ) đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế, song các hoạt động như đốt rơm rạ, sử dụng phân bón hóa học và

chuyển đổi rừng sang đất canh tác đã làm gia tăng phát thải CO<sub>2</sub>, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng.

##### b. Thái Lan

Tại Thái Lan, các biến dân số (P), sản xuất (FEC<sub>m</sub>) và dân dụng (FEC<sub>h</sub>) có tác động dương, trong khi nông nghiệp (FEC<sub>a</sub>), thương mại (FEC<sub>c</sub>) và ngành khác (FEC<sub>o</sub>) có tác động âm và đều có ý nghĩa thống kê đến phát thải CO<sub>2</sub>. Dân số ( $\beta = 0,760$ ) và quá trình đô thị hóa nhanh làm gia tăng nhu cầu về nhà ở, dịch vụ và năng lượng, kéo theo phát thải CO<sub>2</sub>. Song song đó, sản xuất ( $\beta = 0,698$ ) – đặc biệt là các ngành công nghiệp nặng – tiếp tục tiêu thụ nhiều năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch, gây áp lực lớn lên môi trường. Tại Thái Lan, hơn một nửa khí thải CO<sub>2</sub> đến từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch để sử dụng trong sản xuất (Chontanawat và cộng sự, 2020) và hơn 90% nhiên liệu đầu vào đến từ dầu mỏ, than, hóa chất và kim loại thô (EIA, 2020). Tiêu thụ năng lượng trong khu vực dân dụng ( $\beta = 0,114$ ) cũng góp phần làm tăng phát thải, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu khiến nhu cầu làm mát gia tăng mạnh. Khi nhiệt độ tại Thái Lan tăng lên 1°C, nhu cầu về năng lượng và lượng khí CO<sub>2</sub> trong khí quyển có thể tăng lên 200% (Meangbua và cộng sự, 2019).

Ngược lại, nông nghiệp ( $\beta = -0,161$ ) cho thấy xu hướng làm giảm phát thải, phản ánh hiệu quả của các chính sách phát triển nông nghiệp hữu cơ và bảo vệ rừng. Khu vực thương mại ( $\beta = -0,724$ ) cũng có tác động giảm phát thải, nhờ định hướng phát triển du lịch bền vững và các nỗ lực quản lý môi trường trong lĩnh vực dịch vụ. Những chính sách này góp phần chuyển dịch tiêu dùng năng lượng theo hướng sạch và hiệu quả hơn.

##### c. Malaysia

Tại Malaysia, chỉ có hai biến có ý nghĩa thống kê là FEC<sub>a</sub> ( $\beta = 0,062$ ) và FEC<sub>c</sub> ( $\beta = 0,190$ ), đều có tác động cùng chiều với phát thải CO<sub>2</sub>. Khác với Việt Nam và Thái Lan, Malaysia có cơ cấu năng lượng thiên về khí đốt tự nhiên, giúp trung hòa phần nào lượng phát thải trong các ngành còn lại.

Ngành nông nghiệp là một trong những lĩnh vực đóng góp vào tăng trưởng kinh tế của Malaysia. Năm 2019, ngành nông nghiệp đóng góp 7,3% GDP của Malaysia, đóng góp chính đến từ dầu cọ với tỷ trọng lớn nhất vào GDP với mức 36,5% (Yusoff và cộng sự, 2019). Tuy nhiên, Malaysia đang phải đối mặt với các vấn đề môi trường nghiêm trọng như phá rừng, khai

thác đất than bùn và đốt sinh khối – những hoạt động làm gia tăng phát thải CO<sub>2</sub> vào bầu khí quyển (Uning và cộng sự, 2020). Bên cạnh các thách thức trong an ninh lương thực và chi phí đầu vào, các yếu tố trên đã khiến ngành nông nghiệp trở thành một trong những nguồn phát thải đáng kể tại Malaysia.

Khu vực thương mại tạo ra mức tiêu thụ năng lượng cao hơn so với các lĩnh vực khác ở Malaysia, điều này đến từ mục tiêu đô thị hóa từ chính phủ khi cho xây dựng các tòa nhà, cơ sở hạ tầng và tiện nghi xã hội (Yaakob và cộng sự, 2010), được xem là những nguồn tiêu thụ năng lượng lớn nhất (Aziz và cộng sự, 2021). Nhu cầu tiêu thụ lượng điện năng để vận hành các trung tâm mua sắm, khách sạn và các hoạt động logistics cũng có góp phần đáng kể vào phát thải CO<sub>2</sub>.

#### 4. Kết luận và hàm ý chính sách

Nghiên cứu này phân tích dữ liệu giai đoạn 1990-2020 tại ba quốc gia Đông Nam Á: Việt Nam, Thái Lan và Malaysia. Kết quả cho thấy tăng trưởng GDP và tiêu thụ năng lượng trong ngành sản xuất và giao thông vận tải là những yếu tố chính làm gia tăng phát thải CO<sub>2</sub>. Ngược lại, các ngành thương mại và dân dụng có xu hướng góp phần giảm phát thải, phản ánh tiềm năng chuyển đổi sang mô hình sử dụng năng lượng hiệu quả hơn. Mặc dù ngành nông nghiệp có mức phát thải thấp hơn, nhưng đang có xu hướng tăng và cần được kiểm soát trong tương lai. Phân tích riêng từng quốc gia cho thấy: tại Việt Nam, tiêu thụ năng lượng trong sản xuất, giao thông vận tải và nông nghiệp là những nguyên nhân chính làm tăng phát thải; Thái Lan chịu ảnh hưởng đáng kể từ tăng dân số và tiêu thụ năng lượng trong sản xuất và dân dụng, trong khi tiêu thụ năng lượng trong thương mại và nông nghiệp có tác động làm giảm phát thải; Malaysia chịu tác động chủ yếu từ tiêu thụ năng lượng trong nông nghiệp và thương mại.

Từ kết quả này, ba hàm ý chính sách chung được đề xuất: (1) ưu tiên cải cách cơ cấu năng lượng trong các ngành phát thải cao; (2) hỗ trợ chuyển đổi năng lượng trong khu vực dân dụng và thương mại; và (3) tăng cường hợp tác khu vực trong việc chia sẻ công nghệ và giám sát phát thải. Bên cạnh đó, mỗi quốc gia cần có định hướng riêng phù hợp với bối cảnh phát triển: Việt Nam nên tăng đầu tư hạ tầng và hỗ trợ tài chính – công nghệ nhằm thúc đẩy sử dụng năng

lượng tái tạo. Thái Lan cần siết chặt quy định sử dụng năng lượng và khuyến khích sản xuất bền vững. Malaysia nên tập trung vào bảo vệ môi trường, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, đồng thời điều chỉnh linh hoạt mục tiêu phát thải theo từng giai đoạn phát triển.

#### Tài liệu tham khảo

- Albra, W., Zulham, T., Majid, I., Saputra, J., Subartini, B., & Thalia, F. (2019). The effect of gross domestic product and population growth on CO<sub>2</sub> emissions in Indonesia: An application of the ant colony optimisation algorithm and cobb-douglas model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 313-319. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.8011>
- Hoang, H. A., & Da, H. T. M. (2024). System dynamics analysis of Vietnam's energy-related carbon emissions: Towards a net zero future. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 42, 72-87. <https://doi.org/10.54337/ijsepm.8327>
- Nguyen, T. K. A. (2012). Structural decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emission variability in Vietnam during the 1986-2008 period. *VNU Journal of Economics and Business*, 28(2). <https://js.vnu.edu.vn/EAB/article/view/776>
- Aziz, M. S. I., Harun, H., Ramli, A. S. I. A., Azlin Mohd, Dahlan, N. Y., & Zailani, R. (2021). Energy efficiency initiatives for a hospital building in malaysia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 88(3), 145-155. <https://doi.org/10.37934/arfmts.88.3.145155>
- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.205>
- Chontanawat, J., Wiboonchutikula, P., & Buddhivanich, A. (2020). Decomposition analysis of the carbon emissions of the manufacturing and industrial sector in Thailand. *Energies*, 13(4), 798. <https://doi.org/10.3390/en13040798>
- Climate Watch. (2024). *Global Historical Emissions*. Retrieved March 25, 2025, from <https://www.climatewatchdata.org/>
- EIA. (2020). *2018 Manufacturing Energy Consumption Survey*. Retrieved 27/08/2024 from <https://www.eia.gov/consumption/manufacturing/pdf/MECS%202018%20Results%20Flipbook.pdf>
- Le, T. H. (2022). Connectedness between nonrenewable and renewable energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emission in Vietnam: New evidence from a wavelet analysis. *Renewable Energy*, 195, 442-454. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.083>
- Lin, B., & Xu, B. (2020). How does fossil energy abundance affect China's economic growth and CO<sub>2</sub> emissions? *Science of The Total Environment*, 719,

137503.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137503>
- Meangbua, O., Dhakal, S., & Kuwornu, J. K. M. (2019). Factors influencing energy requirements and CO2 emissions of households in Thailand: A panel data analysis. *Energy Policy*, 129, 521-531. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.050>
- Oryani, B., Koo, Y., Rezaia, S., & Shafiee, A. (2021). Investigating the asymmetric impact of energy consumption on reshaping future energy policy and economic growth in Iran using extended Cobb-Douglas production function. *Energy*, 216, 119187. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119187>
- Sukono, Subartini, B., Susi, Supian, S., Napitupulu, H., Budiono, R., & Juahir, H. (2019). Modeling of the impact of GDP and human population on CO2 emission by using Cobb-Douglas model and particle swarm optimization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 311(1), 012080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/311/1/012080>
- Uning, R., Latif, M. T., Othman, M., Juneng, L., Mohd Hanif, N., Nadzir, M. S. M., Abdul Maulud, K. N., Jaafar, W. S. W. M., Said, N. F. S., & Ahamad, F. (2020). A review of Southeast Asian oil palm and its CO2 fluxes. *Sustainability*, 12(12), 5077. <https://doi.org/10.3390/su12125077>
- United Nations. (2024). *Energy Balance Visualization*. Statistics Division, United Nations. <https://unstats.un.org/unsd/energystats/dataPortal/>
- World Bank. (2024). *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>
- Yaakob, U., Masron, T., & Masami, F. (2010). Ninety years of urbanization in Malaysia: A geographical investigation of its trends and characteristics. *Journal of Ritsumeikan Social Sciences and Humanities*, 4(3), 79-101. [https://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/hss/book/pdf/vol04\\_05.pdf](https://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/hss/book/pdf/vol04_05.pdf)
- Yusoff, S., Mohamed, Z., & Ahmad, A. Z. (2019). Environmental impact evaluation of rubber cultivation and industry in Malaysia. *Climate Change and Agriculture*, 20(6), 1-14. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84420>