

# ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ ĐẾN CƯỜNG ĐỘ NĂNG LƯỢNG: TRƯỜNG HỢP DOANH NGHIỆP NGÀNH CHẾ BIẾN, CHẾ TẠO TẠI VIỆT NAM\*

**Impact of technological innovation on energy intensity: evidence from  
manufacturing enterprises in Vietnam**

CHU THỊ MAI PHƯƠNG  
TỪ THÚY ANH  
LƯU THỊ THÙY DUNG

*N*ghiên cứu này nhằm xác định tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng của các doanh nghiệp chế biến, chế tạo tại Việt Nam, đặc biệt phân biệt giữa hai loại đổi mới: đổi mới máy móc thiết bị và đổi mới thiết bị truyền thông. Từ dữ liệu gần 30.000 quan sát của các doanh nghiệp chế biến, chế tạo giai đoạn 2012 - 2018 của Tổng cục Thống kê, nghiên cứu áp dụng mô hình hồi quy dữ liệu bảng với phương pháp ước lượng FGLS. Kết quả nghiên cứu chỉ ra đổi mới thiết bị truyền thông có tác động âm mạnh mẽ đến cường độ năng lượng. Ngược lại, đổi mới máy móc thiết bị có tác động dương nhẹ. Nghiên cứu góp phần cung cấp bằng chứng thực nghiệm về tác động khác biệt của các loại đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng tại một quốc gia đang phát triển có cường độ năng lượng cao. Nghiên cứu này góp phần làm phong phú lý thuyết về hiệu ứng phản hồi và cơ chế hiệu quả kỹ thuật, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho chính sách khuyến khích chuyển đổi số và tiết kiệm năng lượng.

**Từ khóa:** đổi mới công nghệ; cường độ năng lượng; ngành chế biến, chế tạo.

*This study aims to identify the impact of technological innovation on the energy intensity of manufacturing enterprises in Vietnam, particularly distinguishing between two types of innovation: machinery and equipment innovation and communication equipment innovation, using data from nearly 30,000 observations of manufacturing enterprises during 2012-2018 from the Vietnam General Statistics Office. The study applies panel data regression models with the FGLS estimation method. The research results indicate that innovation in communication equipment has a strong negative impact on energy intensity. Conversely, machinery and equipment innovation has a slight positive impact. The study provides empirical evidence on the differential impacts of different types of technological innovation on energy intensity in a developing country with high energy intensity. This research also contributes to enriching the theory of rebound effects and technical efficiency mechanisms, while providing a scientific basis for policies promoting digital transformation and energy conservation.*

**Keywords:** technological innovation, energy intensity, manufacturing sector.

Chu Thị Mai Phương, TS.; Từ Thúy Anh, PGS.TS.; Lưu Thị Thùy Dung, Trường đại học Ngoại thương.

\* Bài báo là sản phẩm của đề tài cấp bộ “Tác động của chuyển đổi số đến sử dụng năng lượng trong các doanh nghiệp ngành sản xuất ở Việt Nam”, mã số B2025-NTH-04.

## 1. Giới thiệu

Việt Nam hiện đang trong giai đoạn chuyển đổi kinh tế mạnh mẽ với tốc độ tăng trưởng GDP bình quân hàng năm cao (EREA và DEA, 2024). Tuy nhiên, tăng trưởng kinh tế nhanh đi kèm với mức tiêu thụ năng lượng cao và cường độ năng lượng vẫn ở mức đáng lo ngại. Theo các số liệu gần đây nhất, cường độ năng lượng sơ cấp của Việt Nam trong giai đoạn 2019 - 2021 đạt 376 kg TOE/1.000 USD GDP, cao gấp hơn hai lần so với mức trung bình thế giới (172 kg TOE/1.000 USD), gấp 3,6 lần so với các nước OECD (104 kg TOE/1.000 USD), gấp 4,2 lần so với Nhật Bản (90 kg TOE/1.000 USD) và gấp 3,8 lần so với Singapore (99 kg TOE/1.000 USD) (Tập đoàn Điện lực Việt Nam, 2024). Điều này cho thấy để sản xuất ra cùng một đơn vị giá trị kinh tế, Việt Nam đang sử dụng một lượng năng lượng đáng kể cao hơn so với các nước phát triển và trung bình thế giới.

Khu vực doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp sản xuất chế biến, chế tạo đóng vai trò then chốt trong việc tiêu thụ năng lượng quốc gia. Khu vực công nghiệp và xây dựng chiếm hơn 54% tổng tiêu thụ điện quốc gia với tốc độ tăng trưởng bình quân 11% mỗi năm trong giai đoạn 2010 - 2019 (Nguyen và cộng sự, 2023). Cụ thể, EVN đã xác định 3.068 cơ sở sử dụng năng lượng trọng điểm với mức tiêu thụ điện bình quân 80 tỷ kWh mỗi năm (Tập đoàn Điện lực Việt Nam, 2024). Nếu các doanh nghiệp này thực hiện mục tiêu tiết kiệm tối thiểu 2% điện năng tiêu thụ theo Chỉ thị số 20/CT-TTg ngày 8-6-2023, cả nước có thể tiết kiệm khoảng 1,6 tỷ kWh năng lượng điện, tương đương 3.200 tỷ đồng (Thủ tướng Chính phủ, 2023).

Trong bối cảnh này, đổi mới công nghệ được xem là một trong những giải pháp quan trọng để giảm cường độ năng lượng

của doanh nghiệp. Các nghiên cứu quốc tế gần đây cho thấy, đổi mới công nghệ có thể tác động tích cực đến hiệu quả năng lượng thông qua việc ứng dụng các thiết bị và quy trình sản xuất tiên tiến (Alofaysan và cộng sự, 2024; Sun và cộng sự, 2024). Tuy nhiên, mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và cường độ năng lượng vẫn còn tranh cãi trong cộng đồng nghiên cứu quốc tế với hai quan điểm trái ngược.

Quan điểm thứ nhất cho rằng, đổi mới công nghệ có tác động ngược chiều với cường độ năng lượng, tức là đổi mới công nghệ giúp giảm cường độ năng lượng thông qua việc cải thiện hiệu suất sử dụng năng lượng của các thiết bị và quy trình sản xuất (Nguyen L.T. và cộng sự, 2024; Hoang và cộng sự, 2024). Nghiên cứu của Alofaysan và cộng sự (2024) trên các nước Liên minh Châu Âu cho thấy, đổi mới công nghệ xanh có tác động tích cực đáng kể đến hiệu quả năng lượng. Tương tự, Sun và cộng sự (2024) khẳng định vai trò quan trọng của đổi mới công nghệ trong việc cải thiện hiệu quả năng lượng tại Mỹ.

Ngược lại, quan điểm thứ hai lập luận rằng, đổi mới công nghệ có thể tạo ra hiệu ứng phản hồi, làm giảm mức độ tiết kiệm năng lượng dự kiến ban đầu (Herring và Roy, 2007; Wei và cộng sự, 2019). Herring và Roy (2007) trong nghiên cứu tiên phong về hiệu ứng phản hồi chỉ ra rằng, các cải tiến công nghệ nhằm nâng cao hiệu quả năng lượng có thể dẫn đến gia tăng tiêu thụ năng lượng tuyệt đối do chi phí sử dụng năng lượng giảm. Nghiên cứu của Li và cộng sự (2019) tại khu vực Bắc Kinh - Thiên Tân - Hà Bắc cũng xác nhận sự tồn tại của hiệu ứng phản hồi trong các doanh nghiệp công nghiệp.

Đặc biệt đối với Việt Nam, nghiên cứu của Le (2019) sử dụng dữ liệu khảo sát doanh nghiệp cho thấy, cường độ năng

lượng điện cao bất thường của nước ta, nhấn mạnh tầm quan trọng của việc nghiên cứu các yếu tố tác động đến hiệu quả sử dụng năng lượng. Nghiên cứu của Nguyen L.T. và cộng sự (2024) về hiệu quả năng lượng công nghiệp tại Việt Nam sử dụng phương pháp phân tích biên ngẫu nhiên cũng khẳng định vai trò quan trọng của yếu tố công nghệ trong việc cải thiện hiệu quả năng lượng.

Để làm rõ mối quan hệ phức tạp giữa đổi mới công nghệ và cường độ năng lượng trong bối cảnh cụ thể của Việt Nam, nghiên cứu này sử dụng phương pháp định lượng để đo lường tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng của các doanh nghiệp trong ngành công nghiệp chế biến, chế tạo tại Việt Nam giai đoạn 2012 - 2018. Nghiên cứu có đóng góp về cả lý thuyết và thực tiễn, cụ thể:

Về mặt lý thuyết, nghiên cứu này đóng góp vào việc làm phong phú hơn cơ sở lý thuyết về mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và hiệu quả năng lượng trong bối cảnh các nước đang phát triển có cường độ năng lượng cao. Bằng việc kiểm định thực nghiệm tại Việt Nam - một nước có đặc điểm cường độ năng lượng cao gấp nhiều lần trung bình thế giới, nghiên cứu cung cấp bằng chứng mới cho cuộc tranh luận về tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng. Đồng thời, nghiên cứu góp phần làm rõ hơn cơ chế tác động của đổi mới công nghệ trong các nền kinh tế chuyển đổi đang trải qua quá trình công nghiệp hóa nhanh chóng, từ đó bổ sung vào kho tàng lý thuyết về kinh tế năng lượng và đổi mới trong các thị trường mới nổi. Về mặt thực nghiệm, nghiên cứu cung cấp bằng chứng định lượng về tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng doanh nghiệp tại Việt Nam sử dụng dữ liệu vi mô cấp doanh nghiệp. Điều này đặc biệt

có ý nghĩa trong bối cảnh hầu hết các nghiên cứu trước đây về năng lượng tại Việt Nam chủ yếu tập trung ở cấp độ vĩ mô hoặc phân tích định tính. Kết quả nghiên cứu này là bằng chứng thực nghiệm quan trọng giúp đề xuất chính sách khuyến khích đổi mới công nghệ và nâng cao hiệu quả năng lượng tại Việt Nam. Trong bối cảnh Chính phủ Việt Nam đang triển khai mạnh mẽ các chính sách về chuyển đổi số, đổi mới sáng tạo và phát triển bền vững, các phát hiện từ nghiên cứu này có thể hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách trong việc thiết kế các công cụ chính sách hiệu quả để thúc đẩy đầu tư vào đổi mới công nghệ nhằm cải thiện hiệu quả năng lượng.

Ngoài ra, nghiên cứu này còn có ý nghĩa tham khảo cho các quốc gia đang phát triển khác có đặc điểm tương tự như Việt Nam, đặc biệt là các nước trong khu vực Đông Nam Á đang trải qua quá trình công nghiệp hóa và có cường độ năng lượng cao. Các phương pháp nghiên cứu và phát hiện từ nghiên cứu này có thể được điều chỉnh và ứng dụng cho các nghiên cứu tương tự tại các quốc gia này, từ đó góp phần vào nỗ lực chung của khu vực trong việc nâng cao hiệu quả năng lượng và phát triển bền vững.

## **2. Tổng quan tình hình nghiên cứu**

Cường độ lao động, được đo bằng tỷ lệ giữa số lao động và sản lượng hoặc vốn, có mối quan hệ phức tạp với cường độ năng lượng. Nguyen H.L. và cộng sự (2024) sử dụng phương pháp phân tích biên ngẫu nhiên với dữ liệu cấp doanh nghiệp tại Việt Nam cho thấy, các doanh nghiệp có cường độ lao động cao thường có xu hướng sử dụng nhiều năng lượng hơn do phụ thuộc vào các quy trình sản xuất thâm dụng lao động và năng lượng. Tuy nhiên, mối quan hệ này có thể thay đổi tùy thuộc vào loại hình lao động. Lao động có kỹ năng cao có thể góp phần vào việc sử dụng năng lượng

hiệu quả hơn thông qua khả năng vận hành và bảo dưỡng thiết bị tốt hơn (Sahu và cộng sự, 2022). Ngược lại, các doanh nghiệp phụ thuộc nhiều vào lao động giản đơn thường có cường độ năng lượng cao do sử dụng công nghệ lạc hậu và quy trình sản xuất kém hiệu quả.

Cường độ vốn, thường được đo bằng tỷ số giữa tài sản cố định và số lao động hoặc sản lượng, là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ năng lượng. Nguyen H.L. và cộng sự (2024) trong nghiên cứu về các yếu tố quyết định cường độ năng lượng ở cấp tỉnh tại Việt Nam chỉ ra, các doanh nghiệp có cường độ vốn cao thường đầu tư vào thiết bị và công nghệ hiện đại hơn, từ đó có khả năng sử dụng năng lượng hiệu quả hơn. Tuy nhiên, mối quan hệ giữa cường độ vốn và cường độ năng lượng không phải lúc nào cũng tuyến tính. Trong giai đoạn đầu của việc gia tăng đầu tư vốn, doanh nghiệp có thể trải qua giai đoạn cường độ năng lượng tăng cao do việc lắp đặt và vận hành các thiết bị mới. Chỉ khi các thiết bị này được tối ưu hóa và nhân viên được đào tạo thành thạo, hiệu quả năng lượng mới được cải thiện đáng kể (Nguyen và cộng sự, 2023).

Lợi nhuận của doanh nghiệp trong các kỳ trước có tác động quan trọng đến khả năng đầu tư vào công nghệ tiết kiệm năng lượng trong kỳ hiện tại. Các doanh nghiệp có lợi nhuận cao trong quá khứ thường có nguồn lực tài chính để đầu tư vào các công nghệ mới và hệ thống quản lý năng lượng hiệu quả (Nguyen và cộng sự, 2025).

Nghiên cứu của Nguyen và cộng sự (2025) về ràng buộc năng lượng và tham gia chuỗi giá trị toàn cầu cho thấy, các doanh nghiệp có khả năng tài chính tốt hơn thường đầu tư nhiều hơn vào hiệu quả năng lượng và đổi mới công nghệ. Điều này tạo ra một vòng tròn tích cực, trong đó lợi

nhuận cao dẫn đến đầu tư công nghệ nhiều hơn, từ đó cải thiện hiệu quả năng lượng và tạo ra lợi nhuận cao hơn trong tương lai. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng mối quan hệ này có thể bị ảnh hưởng bởi các ràng buộc tín dụng và khả năng tiếp cận vốn của doanh nghiệp. Các doanh nghiệp nhỏ và vừa thường gặp khó khăn trong việc huy động vốn để đầu tư vào công nghệ tiết kiệm năng lượng, ngay cả khi họ có lợi nhuận tương đối tốt (Le, 2019).

Tuổi của doanh nghiệp có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ năng lượng thông qua nhiều kênh khác nhau. Các doanh nghiệp trẻ thường có xu hướng áp dụng công nghệ mới và hiện đại hơn, từ đó có thể đạt được hiệu quả năng lượng tốt hơn (Hoang và cộng sự, 2024). Ngược lại, các doanh nghiệp lâu đời có thể bị khóa vào các công nghệ cũ và có chi phí chuyển đổi cao khi muốn cập nhật hệ thống. Tuy nhiên, tuổi doanh nghiệp cũng có thể mang lại lợi thế thông qua kinh nghiệm tích lũy. Các doanh nghiệp có tuổi đời cao thường có hiểu biết sâu sắc hơn về quy trình sản xuất và có thể tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng thông qua kinh nghiệm vận hành (Nguyen H.L. và cộng sự, 2024). Cirera và cộng sự (2021) chỉ ra rằng, mối quan hệ giữa tuổi doanh nghiệp và áp dụng công nghệ tại Việt Nam có dạng phi tuyến, với các doanh nghiệp trung niên (10 - 20 năm tuổi) thường có mức độ áp dụng công nghệ tối ưu nhất.

Loại hình sở hữu của doanh nghiệp ảnh hưởng đến cường độ năng lượng thông qua các cơ chế khác nhau về khả năng tiếp cận công nghệ, nguồn vốn và động cơ đầu tư. Nghiên cứu của Le (2019) phân tích dữ liệu từ các cuộc khảo sát doanh nghiệp tại Việt Nam cho thấy, các doanh nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài (FDI) thường có cường độ năng lượng thấp hơn so với các doanh

ngành trong nước do tiếp cận được công nghệ tiên tiến và có áp lực tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường quốc tế.

Các doanh nghiệp nhà nước thường có cường độ năng lượng cao do thiếu động lực cạnh tranh và ít áp lực về hiệu quả chi phí (Nguyen H.L. và cộng sự, 2024). Trong khi đó, các doanh nghiệp tư nhân có xu hướng chú trọng hơn đến việc giảm chi phí năng lượng để tối đa hóa lợi nhuận, dẫn đến đầu tư nhiều hơn vào các giải pháp tiết kiệm năng lượng.

Quy mô doanh nghiệp, thường được đo bằng số lao động, doanh thu hoặc tổng tài sản, có mối quan hệ phức tạp với cường độ năng lượng. Các doanh nghiệp lớn thường hưởng lợi từ hiệu ứng quy mô trong việc sử dụng năng lượng và có khả năng đầu tư vào các công nghệ tiên tiến hơn (Sahu và cộng sự, 2022).

Nguyen và cộng sự (2023) chỉ ra, các doanh nghiệp sử dụng năng lượng lớn (trên 1.000 TOE) tại Việt Nam buộc phải thực hiện các biện pháp quản lý năng lượng theo quy định pháp luật, điều này thúc đẩy họ đầu tư vào các hệ thống giám sát và quản lý năng lượng hiệu quả. Nghiên cứu của các tác giả này cho thấy việc áp dụng hệ thống giám sát năng lượng thời gian thực tại một doanh nghiệp lớn đã mang lại kết quả tích cực với thời gian hoàn vốn chỉ khoảng 14 tháng.

Tuy nhiên, mối quan hệ này không phải lúc nào cũng tuyến tính. Các doanh nghiệp quá lớn có thể gặp khó khăn trong việc quản lý và kiểm soát hiệu quả việc sử dụng năng lượng do sự phức tạp trong cơ cấu tổ chức (Nguyen H.L. và cộng sự, 2024). Ngược lại, các doanh nghiệp nhỏ và vừa có thể đạt được hiệu quả năng lượng cao thông qua sự linh hoạt và khả năng thích ứng nhanh với công nghệ mới.

Như vậy, mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về mối quan hệ giữa đổi mới công nghệ và

cường độ năng lượng, vẫn còn những khoảng trống quan trọng cần được lấp đầy. Thứ nhất, hầu hết các nghiên cứu tập trung vào các nước phát triển, trong khi bằng chứng từ các nước đang phát triển có cường độ năng lượng cao như Việt Nam vẫn còn hạn chế. Thứ hai, tác động của các loại đổi mới công nghệ khác nhau (đổi mới máy móc thiết bị, đổi mới thiết bị truyền thông) đến cường độ năng lượng vẫn chưa được phân tích một cách chi tiết và có hệ thống. Nghiên cứu này sẽ tập trung lấp đầy hai khoảng trống trên.

### **3. Phương pháp nghiên cứu**

#### **3.1. Cơ sở lý thuyết**

Các nghiên cứu lý thuyết, cùng bằng chứng thực nghiệm đều chỉ ra ba kênh chính mà đổi mới công nghệ tác động đến cường độ năng lượng của doanh nghiệp, cụ thể:

##### **(i) Cơ chế hiệu quả kỹ thuật**

Cơ chế này cho rằng, đổi mới công nghệ giúp cải thiện hiệu quả kỹ thuật trong sản xuất, từ đó giảm lượng năng lượng cần thiết cho mỗi đơn vị sản lượng (Alofaysan và cộng sự, 2024). Nguyen và cộng sự (2023) trong nghiên cứu tại một doanh nghiệp tiêu thụ năng lượng lớn ở Việt Nam cho thấy, việc lắp đặt hệ thống giám sát năng lượng thời gian thực đã giúp tiết kiệm 191.923 kWh điện trong sáu tháng, tương đương giảm 9,62% chi phí năng lượng hàng năm. Nghiên cứu này chứng minh rằng, đổi mới công nghệ trong quản lý năng lượng có thể loại bỏ các tình trạng lãng phí như thiết bị chạy không tải và các sự cố trong quá trình sản xuất.

##### **(ii) Cơ chế thay thế yếu tố sản xuất**

Theo Le (2019), đổi mới công nghệ có thể dẫn đến việc thay thế giữa các yếu tố đầu vào như năng lượng, lao động và vốn. Khi công nghệ mới cho phép sử dụng hiệu quả hơn các yếu tố khác (như lao động có kỹ năng cao hoặc thiết bị tự động), doanh

ngành có thể giảm mức độ phụ thuộc vào năng lượng. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu từ hai cuộc khảo sát doanh nghiệp gần đây tại Việt Nam cho thấy, tỷ lệ tăng trưởng tiêu thụ điện so với tăng trưởng GDP là một chỉ báo rõ ràng về cường độ năng lượng cao ở Việt Nam.

(iii) Cơ chế hiệu ứng tái cân bằng

Đây là cơ chế phức tạp và gây tranh cãi nhất. Herring và Roy (2007) đã đưa ra khái niệm hiệu ứng phản hồi (rebound effect), trong đó các cải tiến về hiệu quả năng lượng thông qua đổi mới công nghệ có thể dẫn đến gia tăng tiêu thụ năng lượng tổng thể do chi phí năng lượng đơn vị giảm. Wei và cộng sự (2019) phân tích hiệu ứng phản hồi của việc giảm cường độ năng lượng đối với tiêu thụ năng lượng, chỉ ra rằng khi hiệu quả năng lượng được cải thiện, doanh nghiệp có xu hướng tăng sản lượng hoặc mở rộng hoạt động, dẫn đến tiêu thụ năng lượng tuyệt đối cao hơn.

### 3.2. Mô hình nghiên cứu

Dựa trên tổng quan lý thuyết và các bằng chứng thực nghiệm, nghiên cứu này xây dựng mô hình hồi quy đa biến để xác định tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng doanh nghiệp với việc phân biệt hai loại đổi mới: đổi mới máy móc thiết bị và đổi mới thiết bị truyền thông, phù hợp với khung phân loại của Cirera và cộng sự (2021) và Sun và cộng sự (2024). Mô hình nghiên cứu có dạng như sau:

$$E_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 K_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 TI\_MMTB_{it} + \beta_4 TI\_MMTT_{it} + \beta_5 size_{it} + \beta_6 age_{it} + \beta_7 Profitability_{it-1} + \beta_8 lhdn_{it} + \mu_{it}$$

Trong đó,  $E_{it}$  là cường độ năng lượng của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , được đo bằng tỷ lệ giữa năng lượng tiêu thụ trên doanh thu (Le, 2019);  $K_{it}$  là cường độ vốn của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , được đo bằng tỷ lệ giữa tổng tài sản cố định trên doanh thu (Nguyễn

Thanh Lan và Vũ Thị Thúy Vân, 2012);  $L_{it}$  là cường độ lao động của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , được đo bằng tỷ lệ giữa số lao động trên doanh thu (Nguyễn H.L. và cộng sự 2024);  $TI\_MMTB_{it}$  là đổi mới máy móc

thiết bị của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , được đo bằng tỷ lệ giữa tổng chi cho việc mua sắm máy móc thiết bị mới của doanh nghiệp trên doanh thu;  $TI\_MMTT_{it}$  là đổi

mới thiết bị truyền thông của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , được đo bằng tỷ lệ giữa tổng chi cho việc mua sắm thiết bị truyền thông mới của doanh nghiệp trên doanh thu (Hoang và cộng sự, 2024);  $size_{it}$  là quy mô doanh

ngành của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , nghiên cứu này sử dụng ba quy mô của doanh nghiệp gồm doanh nghiệp lớn, doanh nghiệp vừa, doanh nghiệp nhỏ;  $age_{it}$  là tuổi doanh nghiệp của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ ;  $Profitability_{it-1}$  là cường độ lợi nhuận

của doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t-1$  được đo bằng tỷ lệ giữa lợi nhuận sau thuế của doanh nghiệp trên doanh thu (Jain và Kaur, 2022);  $lhdn_{it}$  là loại hình doanh nghiệp của

doanh nghiệp  $i$  tại năm  $t$ , gồm có hai loại hình doanh nghiệp là doanh nghiệp nội địa và doanh nghiệp FDI.

### 3.3. Dữ liệu

Bài viết này sử dụng dữ liệu thứ cấp, được khai thác từ cuộc điều tra doanh nghiệp do Tổng cục Thống kê thực hiện từ năm 2012 - 2018. Trong đó, tập trung vào ba phiếu chính là phiếu số 1/DN-TB và phiếu số 1.11/DN-NL và phiếu 1Am. Phiếu số 1/DN-TB cung cấp các thông tin chung về doanh nghiệp như thông tin định danh (mã số thuế, ngành kinh doanh, loại hình, địa bàn hoạt động...), thông tin về lao động, thông tin về tài sản, thông tin về hoạt động sản xuất kinh doanh, thông tin về đổi mới

công nghệ của doanh nghiệp ngành sản xuất được triết xuất từ câu 1.6 Mục A của phiếu 1AM. Phiếu số 1.11/DN-NL cung cấp thông tin về sử dụng năng lượng của doanh nghiệp. Thông tin ở ba phiếu này sẽ được ghép nối lại với nhau, tổng số quan sát khi ghép nối hai phiếu là khoảng hơn 30.000 quan sát. Số quan sát này là đủ lớn, đảm bảo cho các suy diễn thống kê.

**3.4. Phương pháp phân tích**

Để đo lường ước lượng mô hình nghiên cứu về tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng, nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích dữ liệu bảng tĩnh và thực hiện các kiểm định tương ứng nhằm chọn ra mô hình hợp nhất trong ba mô hình của dữ liệu bảng gồm: mô hình tác động ngẫu nhiên (RE), mô hình tác động cố định (FE) và mô hình hồi quy gộp (Pooled OLS). Các kiểm định lựa chọn mô hình sẽ được thực hiện, với mô hình được lựa chọn các kiểm định chuẩn đoán sẽ tiếp tục được

thực hiện. Cuối cùng, nghiên cứu sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu tổng quát (FGLS) để kiểm soát hiện tượng tự tương quan và phương sai sai số thay đổi của mô hình.

**4. Kết quả và thảo luận**

Kết quả ước lượng và kiểm định được thể hiện trong bảng 1. Theo đó, mô hình được lựa chọn là mô hình FE, mô hình này vi phạm giả thiết về phương sai thay đổi và tự tương quan, nên mô hình FGLS được sử dụng để kiểm soát, các phân tích tiếp theo được thực hiện cho mô hình FGLS. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đổi mới công nghệ có tác động đến cường độ năng lượng của doanh nghiệp ngành sản xuất tại Việt Nam. Tuy nhiên, chiều tác động của đổi mới máy móc thiết bị và đổi mới thiết bị truyền thông lại khác nhau. Bên cạnh đó, nhóm biến kiểm soát cũng có tác động đến cường độ năng lượng của doanh nghiệp.

**BẢNG 1: Kết quả ước lượng ảnh hưởng của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng của doanh nghiệp**

<b>Biến số</b>	<b>POLS (1)</b>	<b>REM (2)</b>	<b>FEM (3)</b>	<b>FGLS (4)</b>
K	-1,2847e-04*** (2,89e-05)	-1,3521e-04*** (2,94e-05)	-1,8643e-04*** (3,12e-05)	-1,3184e-04*** (2,76e-05)
L	1,7523e-04*** (3,21e-05)	1,7891e-04*** (3,18e-05)	2,3156e-04*** (3,47e-05)	2,1547e-04*** (3,09e-05)
TI_MMTB	2,1874e-04*** (7,84e-05)	2,2136e-04*** (7,91e-05)	8,9572e-05 (8,41e-05)	9,7841e-05** (3,89e-05)
TI_MMTT	-0,0089*** (0,0021)	-0,0093*** (0,0022)	-0,0142*** (0,0043)	-0,0118*** (0,0019)
Profitability	-1,8765e-04*** (4,12e-05)	-1,9284e-04*** (4,17e-05)	-2,6147e-04*** (4,58e-05)	-2,0573e-04*** (3,94e-05)
Size_DN nhỏ	-0,0521** (0,0246)	-0,0437* (0,0256)	-0,0098 (0,0509)	-0,0598*** (0,0187)
Size_DN vừa	-0,0287* (0,0172)	-0,0241 (0,0179)	-0,0063 (0,0467)	-0,0334*** (0,0164)
Size_DN lớn	-0,0743*** (0,0213)	-0,0672*** (0,0221)	-0,0149 (0,0578)	-0,0821*** (0,0198)
Age	0,0461*** (0,0087)	0,0503*** (0,0089)	0,4827*** (0,0731)	0,0352*** (0,0082)

**Ảnh hưởng đổi mới công nghệ...**

Lhdn_ngoài nhà nước	0,6234*** (0,0412)	0,6298*** (0,0418)	1,9475** (0,9187)	0,6687*** (0,0394)
Hệ số chặn	0,5641*** (0,1247)	0,6784*** (0,1298)	-7,8542*** (1,4521)	0,0523*** (0,0159)
Kiểm định nhân tử Lagrange (xttest0)	chibar2(01) = 1.847,23 Prob > chi2 = 0,0000			
Kiểm định Hausman (hausman)	chi2(8) = 298,74 Prob > chi2 = 0,0000			
Kiểm định Wald hiệu chỉnh (xttest3)				chi2(18762) = 2,1e+36 Prob > chi2 = 0,0000
Kiểm định Likelihood ratio				Log likelihood = -45.823,15 Prob > chi2 = 0,0000
Kiểm định Woolridge (xi: xtserial)				F(1, 18762) = 987,45 Prob > F = 0,0000
Số quan sát	33.660	33.660	33.660	28.974
Hệ số xác định	0,1567		0,2701	

*Ghi chú:* giá trị trong ngoặc đơn là sai số tiêu chuẩn; \*, \*\*, \*\*\* tương ứng với mức ý nghĩa 10%, 5% và 1%.

*Nguồn:* Kết quả xử lý dữ liệu của nhóm tác giả.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, đổi mới máy móc thiết bị (TI\_MMTB) có tác động dương đến cường độ năng lượng. Điều này có nghĩa là khi doanh nghiệp tăng cường đầu tư vào đổi mới máy móc thiết bị, cường độ năng lượng của họ có xu hướng tăng lên, mặc dù mức độ tác động tương đối nhỏ. Kết quả này ngược với kỳ vọng từ cơ chế hiệu quả kỹ thuật được đề cập bởi Alofaysan và cộng sự (2024), theo đó đổi mới công nghệ được kỳ vọng sẽ giảm cường độ năng lượng thông qua việc cải thiện hiệu suất sử dụng năng lượng. Tuy nhiên, kết quả này lại phù hợp với lý thuyết về hiệu ứng phản hồi được Herring và Roy (2007) đề xuất.

Mặt khác, với đặc thù của ngành sản xuất tại Việt Nam trong giai đoạn 2012 - 2018, nhiều doanh nghiệp Việt Nam đang

trong quá trình chuyển đổi từ sản xuất thâm dụng lao động sang sản xuất thâm dụng vốn. Việc đầu tư vào máy móc thiết bị mới thường đi kèm với việc gia tăng tiêu thụ năng lượng do các thiết bị hiện đại thường có công suất lớn hơn và hoạt động liên tục. Điều này phù hợp với nhận định của Le (2019) về cường độ năng lượng điện cao bất thường ở Việt Nam trong giai đoạn công nghiệp hóa. Đồng thời, hiệu ứng quy mô sản xuất có thể đóng vai trò quan trọng. Khi doanh nghiệp đầu tư vào máy móc thiết bị mới, họ thường mở rộng quy mô sản xuất để tận dụng hiệu quả đầu tư. Điều này dẫn đến gia tăng tổng lượng năng lượng tiêu thụ, mặc dù hiệu quả năng lượng trên một đơn vị sản phẩm có thể được cải thiện. Đây chính là biểu hiện của hiệu ứng phản hồi

được Wei và cộng sự (2019) chỉ ra trong nghiên cứu về cường độ năng lượng. Bên cạnh đó, ở giai đoạn học tập và thích ứng với công nghệ mới có thể tạo ra sự kém hiệu quả tạm thời. Nguyen và cộng sự (2023) khi nghiên cứu tại một doanh nghiệp lớn ở Việt Nam cho thấy, việc áp dụng hệ thống giám sát năng lượng mới ban đầu không mang lại hiệu quả ngay lập tức mà cần thời gian để tối ưu hóa.

Ngược lại, đổi mới thiết bị truyền thông (TI\_MMTT) cho thấy, tác động âm mạnh mẽ đến cường độ năng lượng với hệ số âm ở mức ý nghĩa 1%. Điều này cho thấy, việc đầu tư vào công nghệ thông tin và truyền thông giúp giảm đáng kể cường độ năng lượng của doanh nghiệp. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với cơ chế hiệu quả kỹ thuật được Sun và cộng sự (2024) nhấn mạnh trong nghiên cứu của mình. Đổi mới thiết bị truyền thông cho phép doanh nghiệp tối ưu hóa quy trình sản xuất, giám sát và kiểm soát tiêu thụ năng lượng hiệu quả hơn. Điển hình như việc áp dụng các phần mềm phân tích có thể xác định các mô hình tiêu thụ năng lượng, phát hiện bất thường và đề xuất biện pháp cải thiện. Hay, hệ thống có thể dự báo nhu cầu năng lượng và hỗ trợ lập kế hoạch sản xuất tối ưu. Bên cạnh đó, việc đổi mới thiết bị truyền thông như sử dụng cảm biến thông minh có thể giúp doanh nghiệp điều chỉnh ánh sáng và nhiệt độ dựa trên lịch làm việc và điều kiện môi trường, giảm tiêu thụ năng lượng không cần thiết. Mặt khác, hệ thống điều khiển tần số biến đổi được điều khiển qua mạng truyền thông có thể điều chỉnh tốc độ máy móc phù hợp với nhu cầu sản xuất thực tế.

Đối với nhóm biến kiểm soát, cường độ vốn (K) có tác động âm và cường độ lao động (L) có tác động dương đến cường độ năng lượng. Kết quả này phù hợp với lý thuyết về cơ chế thay thế yếu tố sản xuất

được đề cập trong nghiên cứu của Le (2019). Kết quả này hàm ý các doanh nghiệp có cường độ vốn cao (đầu tư nhiều vào thiết bị hiện đại) thường sử dụng năng lượng hiệu quả hơn, trong khi các doanh nghiệp phụ thuộc nhiều vào lao động có xu hướng sử dụng công nghệ kém hiệu quả hơn về năng lượng.

Bên cạnh đó, độ trễ của cường độ lợi nhuận có tác động âm đến cường độ năng lượng. Điều này xác nhận vai trò quan trọng của nguồn lực tài chính trong việc đầu tư vào công nghệ tiết kiệm năng lượng. Kết quả này phù hợp với phát hiện của Nguyen và cộng sự (2025) về mối quan hệ giữa khả năng tài chính và đầu tư công nghệ tiết kiệm năng lượng.

Mặt khác, theo quy mô doanh nghiệp, các doanh nghiệp lớn hơn đều có cường độ năng lượng thấp hơn so với doanh nghiệp siêu nhỏ (nhóm tham chiếu). Điều này phù hợp với lý thuyết về hiệu ứng quy mô trong sử dụng năng lượng và kết quả nghiên cứu của Sahu và cộng sự (2022). Tuổi doanh nghiệp có tác động dương, điều này cho thấy các doanh nghiệp có tuổi đời cao thường có xu hướng sử dụng năng lượng kém hiệu quả hơn, có thể do từ lâu họ đã sử dụng công nghệ cũ như trong nghiên cứu của Cirera và cộng sự (2021) đã chỉ ra. Cuối cùng, doanh nghiệp ngoài nhà nước có cường độ năng lượng cao hơn đáng kể so với doanh nghiệp nhà nước, điều này có thể phản ánh sự khác biệt trong khả năng tiếp cận công nghệ và áp lực cạnh tranh giữa các loại hình doanh nghiệp.

### **5. Kết luận và hàm ý chính sách**

Nghiên cứu này đã lấp đầy hai khoảng trống quan trọng trong lĩnh vực nghiên cứu về tác động của đổi mới công nghệ đến cường độ năng lượng. Kết quả chính cho thấy, đổi mới thiết bị truyền thông có tác động âm mạnh mẽ đến cường độ năng

lượng, trong khi đổi mới máy móc thiết bị lại có tác động dương nhẹ. Điều này hàm ý rằng, các loại đổi mới công nghệ có cơ chế tác động khác nhau. Đổi mới thiết bị truyền thông phát huy cơ chế hiệu quả kỹ thuật thông qua tối ưu hóa quản lý và kiểm soát năng lượng, trong khi đổi mới máy móc thiết bị có thể tạo ra hiệu ứng phản hồi do mở rộng quy mô sản xuất. Kết quả nghiên cứu này là bằng chứng thực nghiệm vững chắc để khuyến nghị các chính sách nhằm tăng cường đổi mới công nghệ và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Các khuyến nghị chính sách được đề xuất như sau:

*Thứ nhất*, ưu tiên đầu tư vào công nghệ thông tin, Chính phủ cần tập trung hỗ trợ các doanh nghiệp đầu tư vào hệ thống quản lý năng lượng thông minh, các giải pháp IoT và công nghệ số hóa quy trình sản xuất thông qua các chương trình ưu đãi thuế, vay vốn lãi suất thấp và hỗ trợ kỹ thuật.

*Thứ hai*, chính sách phân biệt theo loại công nghệ, cần xây dựng khung chính sách khác biệt cho từng loại đổi mới công nghệ. Đối với đổi mới máy móc thiết bị, cần có các biện pháp kèm theo để tối ưu hóa hiệu quả năng lượng và tránh hiệu ứng phản hồi.

*Thứ ba*, hỗ trợ đặc biệt cho doanh nghiệp nhỏ, tiếp tục xây dựng các chương trình hỗ trợ tài chính và kỹ thuật chuyên biệt cho các doanh nghiệp nhỏ và siêu nhỏ, giúp họ tiếp cận và áp dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng.

Bên cạnh những đóng góp, bài viết còn có một số hạn chế như chưa phân tích tác động dài hạn của đổi mới công nghệ, chưa xem xét đầy đủ các yếu tố môi trường bên ngoài như chính sách năng lượng và điều kiện thị trường. Đặc biệt, dữ liệu chỉ tập trung vào ngành chế biến, chế tạo và giai đoạn 2012 - 2018, do điều tra doanh nghiệp cho Phiếu 1Am chỉ thực hiện đến năm 2018. Tuy nhiên, do bản chất của nghiên

cứ định lượng là tìm ra quy luật khách quan, những quy luật này có tính ổn định và khả năng tổng quát hóa cao, không bị hạn chế bởi khung thời gian cụ thể. Khi có thêm dữ liệu từ các giai đoạn sau này hoặc từ các nguồn khác, các quy luật đã phát hiện có thể được kiểm nghiệm, cập nhật và hoàn thiện thêm, nhưng nền tảng lý thuyết và thực nghiệm đã được thiết lập sẽ tạo cơ sở vững chắc cho các nghiên cứu tiếp theo.

#### TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

1. Alofaysan H. *et al.* (2024), “The effect of digitalization and green technology innovation on energy efficiency in the European Union”, *Energy Exploration & Exploitation*, vol. 42, no. 5, pp. 1747-1762.
2. Cirera X. *et al.* (2021), “Firm-level technology adoption in Vietnam”, *World Bank Policy Research Working Paper*, no. 9567.
3. EREA & DEA (2024), *Vietnam Energy Outlook Report, Pathways to Net-Zero, Vietnam*, available at: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/1\\_eor-nz\\_english\\_june2024\\_0.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/1_eor-nz_english_june2024_0.pdf).
4. Herring H., Roy R. (2007), “Technological innovation, energy-efficient design and the rebound effect”, *Technovation*, vol. 27, no. 4, pp. 194-203.
5. Hoang T.H. *et al.* (2024), “The impact of innovation on exports of Vietnamese manufacturing and processing enterprises: the moderating role of environmental uncertainty”, *Cogent Business & Management*, vol. 11, no. 1, 2341637.
6. Jain M., Kaur S. (2022), “Carbon emissions, inequalities and economic freedom: an empirical investigation in selected South Asian economies”, *International Journal of Social Economics*, vol. 49, no. 6, pp. 882-913.
7. Le V.P. (2019), “Energy demand and factor substitution in Vietnam: evidence from two recent enterprise surveys”, *Journal of Economic Structures*, vol. 8, no. 1, p. 35.

8. Li G., Sun J., Wang Z. (2019), "Exploring the energy consumption rebound effect of industrial enterprises in the Beijing-Tianjin-Hebei region", *Energy Efficiency*, vol. 12, no. 4, pp. 1007-1026.
9. Nguyen H.L., Chu T.M.A., Phan H.G. (2024), "Provincial-level determinants of energy intensity: the interplay of environment governance index, firm characteristics, and technological innovation in Vietnam", *International Journal of Applied Economics*, vol. 2, no. 3, pp. 111-122.
10. Nguyen L.T., Ratnasiri S., Wagner L. (2024), "Industrial energy efficiency and determinants in Vietnam: a stochastic frontier analysis using firm-level data", *Applied Economics*, vol. 56, no. 14, pp. 1636-1651.
11. Nguyen M.D. *et al.* (2023), "Assessment of energy efficiency using an energy monitoring system: a case study of a major energy-consuming enterprise in Vietnam", *Energies*, vol. 16, no. 13, 5214.
12. Nguyễn Thanh Lan, Vũ Thị Thúy Vân (2012), "Ứng dụng mô hình chỉ số Z để đo lường nguy cơ phá sản của các doanh nghiệp ngành thủy sản niêm yết tại Việt Nam", *Kinh tế và Phát triển*, số 186, tr. 51-59.
13. Nguyen T.T.C. *et al.* (2025), "How energy constraints drive firms' participation in the global value chain? International evidence", *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 15, no. 2, p. 547.
14. Sahu S.K. *et al.* (2022), "Technology, price instruments and energy intensity: a study of firms in the manufacturing sector of the Indian economy", *Annals of Operations Research*, vol. 313, no. 2, pp. 319-339.
15. Sun X., Khan D., Zheng Y. (2024), "The role of technological innovation and policy uncertainty in energy efficiency: an empirical investigation", *Journal of the Knowledge Economy*, vol. 15, no. 3, pp. 14597-14616.
16. Tập đoàn Điện lực Việt Nam (2024), Báo cáo tọa đàm "Chia sẻ trách nhiệm cung ứng điện cao điểm mùa khô năm 2024".
17. Thủ tướng Chính phủ (2023), *Tăng cường tiết kiệm điện giai đoạn 2023-2025 và các năm tiếp theo*, Chỉ thị số 20/CT-TTg ngày 8-6-2023.
18. Wei T., Zhou J., Zhang H. (2019), "Rebound effect of energy intensity reduction on energy consumption", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 144, pp. 233-239.

---

Ngày nhận bài : 01-10-2025

Ngày nhận bản sửa : 07-10-2025

Ngày duyệt đăng : 08-10-2025