

ƯỚC LƯỢNG TIẾN BỘ CÔNG NGHỆ VÀ HIỆU QUẢ KỸ THUẬT BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH BIÊN NGẪU NHIÊN: TRƯỜNG HỢP CÁC DOANH NGHIỆP SẢN XUẤT THIẾT BỊ ĐIỆN VIỆT NAM

Đỗ Thị Hạnh¹, Nguyễn Văn^{1*}

TÓM TẮT

Bài báo này phân tích tiến bộ công nghệ (TC) và hiệu quả kỹ thuật tổng thể (OTE) của các doanh nghiệp sản xuất thiết bị điện Việt Nam giai đoạn 2019-2024 bằng phương pháp phân tích biên ngẫu nhiên (SFA). Trên cơ sở dữ liệu điều tra doanh nghiệp từ Tổng cục Thống kê, mô hình SFA với hàm sản xuất biên dạng Translog được ước lượng nhằm tách biệt tác động của vốn, lao động và yếu tố thời gian. Kết quả cho thấy vốn và lao động đều có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến giá trị gia tăng, đồng thời tiến bộ công nghệ có sự cải thiện rõ rệt sau giai đoạn suy giảm do COVID-19, đóng góp trung bình khoảng 5%/năm từ 2022. Trong khi đó, OTE duy trì quanh mức 0,846-0,849, phản ánh khoảng cách 15% so với biên sản xuất tối ưu. Phân tích theo quy mô và sở hữu cho thấy doanh nghiệp FDI và doanh nghiệp lớn có mức TC cao hơn, trong khi sự khác biệt về OTE không đáng kể. Các kết quả này cung cấp bằng chứng thực nghiệm quan trọng cho hoạch định chính sách và quản trị doanh nghiệp, hướng tới nâng cao năng suất và năng lực cạnh tranh của ngành thiết bị điện.

Từ khóa: Tiến bộ công nghệ, hiệu quả kỹ thuật, SFA, doanh nghiệp sản xuất thiết bị điện, Việt Nam.

Ngày nhận bài: 05/01/2026; **Ngày phản biện:** 20/01/2026; **Ngày duyệt đăng:** 20/03/2026

ABSTRACT

This paper investigates technological progress (TC) and overall technical efficiency (OTE) of Vietnam's electrical equipment manufacturing firms during 2019-2024 using the stochastic frontier analysis (SFA). Based on firm-level survey data from the General Statistics Office, the SFA model with a Translog production frontier is estimated to disentangle the effects of capital, labor, and time. The results reveal that both capital and labor significantly enhance value added, while technological progress improved substantially after the COVID-19 downturn, contributing about 5% annually from 2022 onward. In contrast, OTE remained stable at around 0.846-0.849, indicating a 15% gap from the production frontier. Further analysis shows that foreign-invested and large firms achieved higher TC, whereas OTE differences across ownership types and firm sizes were negligible. These findings provide important empirical evidence for policymaking and managerial practices, aiming to strengthen productivity and competitiveness in Vietnam's electrical equipment manufacturing sector.

Keywords: Technological progress, technical efficiency, SFA, electrical equipment firms, Vietnam.

*Email: Vanxpo@vamaru.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và cạnh tranh gay gắt trên thị trường quốc tế, các ngành công nghiệp chế tạo của Việt Nam đang đối diện với áp lực lớn phải liên tục cải thiện năng suất và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực. Ngành sản xuất thiết bị điện, với hàm lượng kỹ thuật cao, giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong chuỗi cung ứng công nghiệp, không chỉ phục vụ nhu cầu trong nước mà còn tham gia ngày càng sâu vào mạng lưới sản xuất toàn cầu. Sự phát triển bền vững của ngành phụ thuộc đáng kể vào khả năng đổi mới công nghệ

và nâng cao hiệu quả kỹ thuật, nhất là trong bối cảnh cách mạng công nghiệp lần thứ tư thúc đẩy quá trình số hóa và tự động hóa (Kumbhakar và cộng sự, 2015). Tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật được xem là hai cấu phần then chốt quyết định năng suất và khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp. Tiến bộ công nghệ phản ánh sự dịch chuyển của biên sản xuất nhờ áp dụng kỹ thuật mới hoặc cải tiến quy trình, trong khi hiệu quả kỹ thuật đo lường khả năng khai thác tối ưu các nguồn lực đầu vào để đạt sản lượng tiềm năng tối đa (Battese và Coelli, 1995; Farrell, 1957). Sự kết hợp

¹Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

đồng thời của hai yếu tố này không chỉ tạo ra gia tăng sản lượng mà còn giúp tối ưu hóa chi phí, cải thiện lợi nhuận và nâng cao vị thế cạnh tranh trên thị trường.

Trong các phương pháp đo lường hiệu quả, phân tích biên ngẫu nhiên (SFA) được coi là công cụ ưu việt, bởi nó cho phép đồng thời ước lượng hàm sản xuất và tách biệt thành phần nhiễu ngẫu nhiên khỏi phi hiệu quả kỹ thuật. Ưu điểm này giúp SFA phản ánh sát thực tiễn hơn so với các phương pháp phi tham số như phân tích bao dữ liệu (DEA), vốn được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu tại Việt Nam (Kumbhakar và Lovell, 2000; Greene, 2005a; Le và cộng sự, 2018; Huỳnh, 2019). Đặc biệt, với dữ liệu bảng, SFA có khả năng ước lượng sự thay đổi của tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật theo thời gian, đồng thời cho phép phân rã hiệu quả kỹ thuật thành hiệu quả bền vững dài hạn và hiệu quả biến động ngắn hạn, theo cách tiếp cận hiện đại của Kumbhakar và cộng sự (2014).

Tuy nhiên, trong bối cảnh nghiên cứu ở Việt Nam, các nghiên cứu về ngành sản xuất thiết bị điện mới dừng lại ở mô tả thống kê hoặc phân tích năng suất truyền thống, chưa có nghiên cứu nào ứng dụng khung phân tích SFA để ước lượng tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật. Việc thiếu vắng bằng chứng thực nghiệm này tạo nên khoảng trống nghiên cứu cả về lý thuyết lẫn thực tiễn, nhất là khi ngành thiết bị điện đang đóng vai trò hạ tầng công nghiệp cho quá trình hiện đại hóa và chuyển đổi số quốc gia.

Xuất phát từ thực tiễn đó, bài viết này tập trung vào việc ước lượng đóng góp của tiến bộ công nghệ vào tăng trưởng sản lượng của các doanh nghiệp sản xuất thiết bị điện tại Việt Nam trong giai đoạn 2019-2024, đồng thời đo lường hiệu quả kỹ thuật tổng thể và phân rã thành hiệu quả dài hạn và ngắn hạn. Trên cơ sở đó, nghiên cứu cũng xem xét sự khác biệt về tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật giữa các nhóm doanh nghiệp theo quy mô và loại hình sở hữu. Cách tiếp cận này không chỉ mở rộng phạm vi ứng dụng phương pháp SFA đối với một ngành công nghiệp trọng điểm, mà còn cung cấp cơ sở tham chiếu hữu ích cho hoạch định chính sách và quản trị doanh nghiệp, góp phần nâng cao năng suất và năng lực cạnh tranh của ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam trong bối cảnh hội nhập quốc tế.

2. Tổng quan nghiên cứu

SFA được coi là một trong những công cụ kinh tế lượng quan trọng để đo lường hiệu quả kỹ thuật và tiến bộ công nghệ (TC) trong doanh nghiệp sản xuất. Kể từ công trình kinh điển của Aigner và cộng sự (1977), phương pháp này đã được mở rộng và ứng dụng rộng rãi nhằm phản ánh chính xác hơn hiệu quả sản xuất trong

bối cảnh các doanh nghiệp phải đối mặt với nhiều yếu tố bất định. Điểm mạnh của SFA so với các phương pháp phi tham số như DEA là khả năng tách biệt sai số ngẫu nhiên khỏi thành phần phi hiệu quả, đồng thời cho phép phân tích động học của tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật trong chuỗi thời gian (Kumbhakar và Lovell, 2000). Các công trình của Battese và Coelli (1992, 1995) đã mở ra hướng tiếp cận gắn yếu tố thời gian vào mô hình biên ngẫu nhiên để ước lượng biến đổi công nghệ, trong khi Greene (2005a, 2005b) phát triển mô hình “true fixed-effects” và “true random-effects” nhằm khắc phục hạn chế trong việc tách biệt hiệu ứng cố hữu của doanh nghiệp và thành phần phi hiệu quả. Những nghiên cứu tiếp nối như của Kumbhakar và Heshmati (1995) hay Kumbhakar và cộng sự (2014) đã đề xuất phân rã hiệu quả kỹ thuật tổng thể (OTE) thành hiệu quả bền vững dài hạn (PTE) và hiệu quả biến đổi ngắn hạn (RTE), qua đó cho phép nhận diện sâu hơn nguyên nhân gốc rễ của tình trạng kém hiệu quả.

Trong các nền kinh tế đang phát triển, nhiều nghiên cứu ứng dụng SFA đã nhấn mạnh vai trò của tiến bộ công nghệ như một động lực then chốt cho tăng trưởng ngành chế tạo, song đồng thời cũng chỉ ra sự khác biệt lớn về hiệu quả kỹ thuật giữa các nhóm doanh nghiệp. Các bằng chứng từ Hàn Quốc, Ấn Độ, Trung Quốc hay Pakistan cho thấy tiến bộ công nghệ thường gắn liền với khu vực doanh nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài (FDI) và các doanh nghiệp quy mô lớn, trong khi khu vực doanh nghiệp nội địa và vừa và nhỏ thường gặp nhiều hạn chế về khả năng hấp thụ công nghệ và năng lực quản trị (Tybout, 2000; Syverson, 2011; Kalirajan và Shand, 1999; Kim và Han, 2001; Fu và Gong, 2011; Alam, 2013). Ở chiều ngược lại, hiệu quả kỹ thuật chịu tác động mạnh từ chất lượng quản trị, kỹ năng lao động và môi trường thể chế. Một số nghiên cứu còn chỉ ra rằng hiệu quả kỹ thuật trung bình ở nhiều ngành chế tạo tại các nền kinh tế mới nổi vẫn còn thấp, khiến thành quả từ tiến bộ công nghệ chưa được chuyển hóa đầy đủ thành tăng trưởng năng suất (Bigsten và Soderbom, 2006; Lin và Du, 2015). Bên cạnh đó, những ứng dụng gần đây của khung phân tích phân rã hiệu quả kỹ thuật cho thấy sự tồn tại song song của hạn chế mang tính cơ cấu dài hạn và biến động ngắn hạn trong quản trị, qua đó gợi mở các định hướng chính sách phù hợp hơn cho việc nâng cao hiệu quả sản xuất (Colombi và cộng sự, 2014).

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật bắt đầu được quan tâm nhiều hơn trong hai thập kỷ qua, đặc biệt sau khi nền kinh tế đầy

manh hội nhập quốc tế. Tuy nhiên, số lượng công trình ứng dụng phương pháp SFA vẫn còn hạn chế, trong khi phương pháp DEA lại được sử dụng phổ biến hơn nhờ ưu điểm đơn giản về giả định mô hình (Le và cộng sự, 2018; Huỳnh, 2019). Một số nghiên cứu sử dụng khung SFA trong lĩnh vực ngân hàng (Nguyễn và Nguyễn, 2020; Vu và Turnell, 2010) hoặc doanh nghiệp FDI trong công nghiệp chế tạo (Vu, 2016) đã cho thấy hiệu quả kỹ thuật trung bình còn thấp và có sự khác biệt đáng kể giữa các nhóm doanh nghiệp. Một số nghiên cứu khác tập trung ở cấp độ vĩ mô cũng khẳng định vai trò của tiến bộ công nghệ và hiệu quả sử dụng nguồn lực trong duy trì tăng trưởng bền vững (Nguyễn, 2021; Bùi Vĩnh Thanh, 2022). Tuy vậy, phần lớn các công trình này chỉ dừng lại ở đo lường hiệu quả kỹ thuật tổng thể, chưa khai thác chiều sâu của phân rã OTE thành PTE và RTE, cũng như chưa chú trọng nhiều đến các ngành công nghiệp nền tảng như sản xuất thiết bị điện.

Tổng hợp các bằng chứng trên cho thấy khoảng trống nghiên cứu hiện nay tập trung ở ba khía cạnh. Thứ nhất, ngành sản xuất thiết bị điện của Việt Nam - một lĩnh vực có vai trò then chốt trong chiến lược công nghiệp hóa và chuyển đổi số - vẫn chưa có nhiều nghiên cứu ứng dụng SFA để đánh giá tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật. Thứ hai, hầu như chưa có công trình nào tiến hành phân rã hiệu quả kỹ thuật tổng thể thành hiệu quả dài hạn và ngắn hạn để làm rõ nguyên nhân gốc rễ của kém hiệu quả trong ngành này (Kumbhakar và cộng sự, 2014). Thứ ba, các bằng chứng thực nghiệm hiện có chưa phân tích sâu sự khác biệt về tiến bộ công nghệ và hiệu quả kỹ thuật theo quy mô và loại hình sở hữu doanh nghiệp, mặc dù sự phân hóa này đã được nhiều nghiên cứu quốc tế và trong nước ghi nhận (Tybout, 2000; Vu, 2016; Le và cộng sự, 2018). Chính những khoảng trống này tạo động lực để bài báo hiện tại được thực hiện, vừa nhằm bổ sung bằng chứng thực nghiệm cho lĩnh vực nghiên cứu còn ít được khai thác, vừa góp phần cung cấp cơ sở tham chiếu hữu ích cho hoạch định chính sách phát triển ngành sản xuất thiết bị điện tại Việt Nam.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Mô hình phân tích biên ngẫu nhiên

Trong phân tích năng suất, TC và OTE được coi là hai cấu phần quan trọng quyết định năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Tiến bộ công nghệ phản ánh sự dịch chuyển ra ngoài của biên sản xuất theo thời gian do đổi mới kỹ thuật, cải tiến quy trình hoặc ứng dụng công nghệ mới, trong khi OTE đo lường khả năng của doanh nghiệp trong việc khai thác tối ưu các nguồn lực để đạt

sản lượng tiềm năng tối đa (Farrell, 1957; Battese và Coelli, 1995). Năng suất của doanh nghiệp có thể được nâng cao nhờ vào tác động của TC (vốn mở rộng giới hạn công nghệ) hoặc thông qua cải thiện OTE, phản ánh khả năng tiến gần hơn đến biên sản xuất. Việc tách biệt hai yếu tố này có ý nghĩa quan trọng trong việc nhận diện động lực thực sự của tăng trưởng và đưa ra các gợi ý chính sách phù hợp.

Phương pháp SFA, khởi nguồn từ Aigner và cộng sự (1977) và Meeusen và van den Broeck (1977), là một công cụ mạnh mẽ để phân tích đồng thời TC và OTE. Điểm khác biệt cốt lõi của SFA so với các phương pháp phi tham số như phân tích bao dữ liệu (DEA) nằm ở khả năng tách biệt thành phần nhiễu ngẫu nhiên - phản ánh các yếu tố bất định ngoài kiểm soát - khỏi thành phần phi hiệu quả kỹ thuật. Điều này giúp kết quả ước lượng sát thực hơn, đặc biệt trong bối cảnh doanh nghiệp sản xuất thường xuyên đối mặt với biến động thị trường và môi trường hoạt động (Kumbhakar và Lovell, 2000; Greene, 2005a; Coelli và cộng sự, 2005).

Mô hình SFA tổng quát được viết dưới dạng:

$$y_{it} = f(x_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}), \quad (1)$$

trong đó, y_{it} là đầu ra của doanh nghiệp i tại thời điểm t , x_{it} là các yếu tố đầu vào, β là véc tơ tham số, v_{it} là nhiễu ngẫu nhiên với phân phối chuẩn $N(0, \sigma_v^2)$, và u_{it} là thành phần phi hiệu quả kỹ thuật với phân phối nửa chuẩn hoặc Gamma (Aigner và cộng sự, 1977; Battese và Coelli, 1995).

Hai dạng hàm sản xuất phổ biến nhất được sử dụng là Cobb-Douglas và Translog. Dạng Cobb-Douglas có ưu điểm đơn giản, được biểu diễn như sau:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_t t + v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

trong đó β_K và β_L lần lượt phản ánh hệ số co giãn của vốn và lao động, còn β_t đại diện cho tiến bộ công nghệ theo thời gian. Trong khi đó, dạng Translog có tính linh hoạt cao hơn, cho phép mô hình hóa các hiệu ứng phi tuyến và mối quan hệ thay thế giữa các yếu tố đầu vào, được viết như sau:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_t t \\ & + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \\ & + \beta_{KL} (\ln K_{it}) (\ln L_{it}) + \beta_{Kt} (\ln K_{it}) t + \beta_{Lt} (\ln L_{it}) t \\ & + v_{it} - u_{it}. \end{aligned} \quad (3)$$

Tiến bộ công nghệ được đo lường thông qua đạo hàm riêng của hàm sản xuất theo biến thời gian:

$$TC_{it} = \frac{\partial \ln f(x_{it}; \beta)}{\partial t} \quad (4)$$

Với Cobb-Douglas, TC chính là hệ số β_t . Trong khi đó, với Translog, TC được tính bằng:

$$TC_{it} = \beta_t + \beta_{it} t + \beta_{Kt} \ln K_{it} + \beta_{Lt} \ln L_{it} \quad (5)$$

Hiệu quả kỹ thuật tổng thể của doanh nghiệp được tính trực tiếp từ thành phần phi hiệu quả:

$$OTE_{it} = \exp(-u_{it}), 0 < OTE_{it} \leq 1, \quad (6)$$

trong đó giá trị càng tiến gần đến 1 thể hiện doanh nghiệp càng hoạt động hiệu quả.

Để hiểu rõ hơn bản chất của hiệu quả kỹ thuật, Kumbhakar và cộng sự (2014) đề xuất phân rã OTE thành PTE và RTE. Cách tiếp cận này cho phép phân biệt đâu là hạn chế mang tính cấu trúc ổn định, và đâu là biến động tạm thời có thể điều chỉnh được trong ngắn hạn. Quan hệ phân rã này được biểu diễn như sau:

$$OTE_{it} = PTE_{it} \times RTE_{it} \quad (7)$$

Các tham số trong mô hình được ước lượng bằng phương pháp hợp lý cực đại (MLE). Sau khi ước lượng, tiến hành các kiểm định thống kê nhằm đảm bảo tính tin cậy của mô hình, bao gồm kiểm định tỷ số hợp lý (LR) để xác định sự tồn tại của phi hiệu quả kỹ thuật, kiểm định lựa chọn dạng hàm sản xuất giữa Cobb-Douglas và Translog, cũng như kiểm định sự hiện diện của tiến bộ công nghệ thông qua ý nghĩa thống kê của các hệ số liên quan đến biến thời gian (Kumbhakar và Lovell, 2000; Coelli và cộng sự, 2005). Những bước này đảm bảo kết quả nghiên cứu có cơ sở vững chắc, phục vụ cho việc phân tích động lực tăng trưởng năng suất của doanh nghiệp.

3.2. Dữ liệu và biến số

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu điều tra doanh nghiệp do Tổng cục thống kê (GSO) công bố hằng năm trong giai đoạn 2019-2024. Đây là nguồn dữ liệu chính thức, có tính đại diện cao cho toàn bộ nền kinh tế, được phân loại theo Hệ thống ngành kinh tế Việt Nam (VSIC 2018). Đối tượng nghiên cứu là các doanh nghiệp thuộc ngành sản xuất thiết bị điện (mã ngành cấp 2 là 27), bao gồm các hoạt động như sản xuất mô tơ, máy phát điện, thiết bị phân phối và điều khiển điện, pin và ắc quy, dây và thiết bị dẫn điện, thiết bị chiếu sáng, đồ điện dân dụng và các thiết bị điện khác. Ngành này được coi là lĩnh vực công nghiệp nền tảng, giữ vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng và đóng góp lớn vào xuất khẩu.

Trong mô hình SFA, biến đầu ra được xác định là giá trị gia tăng (VA) của doanh nghiệp, tính theo phương pháp thu nhập, bao gồm khấu hao tài sản cố định, thu nhập của người lao động, lợi nhuận và thuế gián thu. Chỉ tiêu này được quy đổi về giá so sánh năm 2010 để loại bỏ ảnh hưởng của lạm phát và chuyển đổi sang logarit tự nhiên nhằm phục vụ ước lượng.

Biến đầu vào gồm vốn (K) và lao động (L). K được đo lường bằng giá trị trung bình của tài sản đầu năm và

cuối năm, được tính theo giá so sánh năm 2010 và logarit hóa. Lao động được tính theo số lượng bình quân đầu và cuối năm, đồng thời cũng được chuyển sang logarit tự nhiên để đảm bảo tính đồng nhất trong phân tích.

4. Kết quả ước lượng

4.1. Thống kê mô tả mẫu nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu gồm 205 doanh nghiệp thuộc ngành sản xuất thiết bị điện trong giai đoạn 2019-2024. Đây là giai đoạn có nhiều biến động, vừa chịu tác động tiêu cực từ đại dịch COVID-19 (2020-2021), vừa chứng kiến sự phục hồi và mở rộng đầu tư mạnh mẽ trong giai đoạn 2022-2024. Các biến được sử dụng trong mô hình bao gồm lnVA làm biến đầu ra và lnK cùng lnL làm biến đầu vào. Tất cả các biến đều được quy đổi về giá so sánh năm 2010 và logarit hóa để phục vụ phân tích. Thống kê mô tả về các biến này được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Thống kê mô tả về đầu vào và đầu ra của các doanh nghiệp ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

Năm	Các biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
2019	lnVA	205	9,438	0,941	7,245	11,997
	lnK	205	8,787	1,342	6,441	11,687
	lnL	205	2,417	1,070	1,386	4,357
2020	lnVA	205	9,116	1,197	6,481	13,867
	lnK	205	8,960	1,303	6,441	11,585
	lnL	205	2,288	1,063	1,386	4,357
2021	lnVA	205	9,072	1,170	6,318	11,734
	lnK	205	9,015	1,298	6,441	11,712
	lnL	205	2,231	1,104	1,386	4,357
2022	lnVA	205	15,411	1,894	9,070	19,237
	lnK	205	22,838	1,325	18,378	25,010
	lnL	205	2,143	1,127	1,386	4,357
2023	lnVA	205	16,105	1,326	11,910	19,275
	lnK	205	22,819	1,309	18,199	25,010
	lnL	205	2,102	1,205	1,386	4,357
2024	lnVA	205	15,231	1,396	10,415	18,180
	lnK	205	22,789	1,315	18,183	25,010
	lnL	205	2,094	1,150	1,386	4,357

Nguồn: Tổng hợp của tác giả từ dữ liệu của GSO

Thống kê mô tả cho thấy giá trị gia tăng (lnVA) giảm trong giai đoạn 2020-2021 so với năm 2019 do ảnh hưởng của dịch bệnh, nhưng phục hồi mạnh từ năm 2022 và đạt mức cao nhất vào năm 2023 trước khi giảm nhẹ vào năm 2024. Biến vốn (lnK) tăng liên tục trong cả giai đoạn, phản ánh xu hướng mở rộng quy mô đầu tư và hiện đại hóa công nghệ. Ngược lại, biến lao động (lnL) có xu hướng giảm dần, cho thấy sự dịch chuyển dần từ mô hình thâm dụng lao động sang thâm dụng vốn và công nghệ. Độ phân tán cao ở VA và K phản ánh sự khác biệt rõ rệt về quy mô giữa các doanh nghiệp, trong khi L tương đối đồng đều hơn.

4.2. Kết quả ước lượng hàm sản xuất biên và đóng góp của tiến bộ công nghệ

Một bước quan trọng trong SFA là kiểm định tính phù hợp của mô hình, bao gồm sự tồn tại của thành phần phi hiệu quả kỹ thuật, dạng hàm sản xuất và vai trò của tiến bộ công nghệ. Kết quả kiểm định bằng phương pháp LR được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Các kết quả kiểm định đối với hàm sản xuất biên của ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

Giả thuyết H_0	χ^2 -Statistic	Bậc tự do	χ^2 -critical (0,01)	Quyết định
Không tồn tại phi hiệu quả u	165,968	1	5,412	Bác bỏ H_0
Hàm sản xuất biên có dạng Cobb-Douglas	41,275	3	10,501	Bác bỏ H_0
Không có tiến bộ công nghệ trong hàm sản xuất biên	15,335	1	5,412	Bác bỏ H_0

Ghi chú: $\chi_{(-Statistic)}^2$ là giá trị thống kê kiểm định LR; $\chi_{(-Critical)}^2$ giá trị tới hạn tham chiếu từ Kodde và Palm (1986).

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Kết quả cho thấy tất cả các giả thuyết H_0 đều bị bác bỏ ở mức ý nghĩa 1%. Trước hết, việc bác bỏ giả thuyết “không tồn tại phi hiệu quả” khẳng định sự hiện diện của thành phần phi hiệu quả kỹ thuật trong mô hình, đồng nghĩa với việc SFA phù hợp hơn so với hồi quy thông thường (OLS). Tiếp đó, hàm Cobb-Douglas bị bác bỏ và hàm Translog được lựa chọn, cho thấy dạng hàm linh hoạt hơn này phản ánh tốt đặc thù dữ liệu ngành sản xuất thiết bị điện, vốn có sự thay đổi về hiệu suất theo quy mô và các tương tác phi tuyến giữa các yếu tố đầu vào. Cuối cùng, giả thuyết “không có tiến bộ công nghệ” cũng bị bác bỏ, chứng tỏ sự dịch chuyển biên sản xuất theo thời gian có ý nghĩa thống kê, tức TC đã thực sự xuất hiện trong giai đoạn nghiên cứu.

Bảng 3: Kết quả ước lượng hàm sản xuất biên của ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

$\ln VA$	Coeff.	Std.E	z	$P> z $
$\ln K$	0,454***	0,006	70,89	0,000
$\ln L$	0,553***	0,022	24,79	0,000
t	0,030***	0,009	3,36	0,000
$(\ln K)^2$	-0,006**	0,003	-2,19	0,028
$(\ln L)^2$	-0,050**	0,019	-2,62	0,009
$\ln K \ln L$	0,026***	0,007	3,82	0,000
t^2	0,000	0,042	0,01	0,994
$t \ln K$	0,003***	0,001	3,01	0,003
$t \ln L$	0,005**	0,002	2,31	0,021
_cons	12,792***	0,099	128,58	0,000
$\ln(\sigma_u^2)$	-2,325***	0,033	-70,71	0,000
$\ln(\sigma_v^2)$	0,055***	0,018	3,01	0,003
σ_u^2	0,098	0,003		
σ_v^2	1,056	0,019		
γ	0,085	0,004		

Ghi chú: *, ** và *** mức ý nghĩa thống kê 10%, 5% và 1%

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Trên cơ sở đó, hàm Translog được ước lượng bằng phương pháp MLE. Kết quả thể hiện trong Bảng 3 cho thấy vốn ($\ln K$) và lao động ($\ln L$) đều có tác động dương và có ý nghĩa cao đến giá trị gia tăng. Hệ số ước lượng của vốn là 0,454 và lao động là 0,553, phản ánh vai trò quan trọng song song của cả hai yếu tố. Các hệ số bậc hai của $\ln K$ và $\ln L$ mang dấu âm và có ý nghĩa, cho thấy sự tồn tại của hiện tượng lợi suất giảm dần theo quy mô đầu vào. Ngược lại, hệ số tương tác $\ln K \times \ln L$ có giá trị dương và ý nghĩa, khẳng định mối quan hệ hỗ trợ giữa vốn và lao động. Đặc biệt, các biến tương tác với thời gian ($t \times \ln K$, $t \times \ln L$) đều dương và có ý nghĩa, hàm ý rằng tiến bộ công nghệ đã góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng các yếu tố đầu vào.

Bảng 4: Phân phối về đóng góp của TC vào tăng trưởng sản lượng của ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

Năm	Các biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
2019	TC	205	0,008	0,008	-0,010	0,025
2020	TC	205	0,009	0,008	-0,009	0,026
2021	TC	205	0,009	0,008	-0,009	0,027
2022	TC	205	0,051	0,008	0,031	0,068
2023	TC	205	0,052	0,009	0,028	0,069
2024	TC	205	0,052	0,008	0,032	0,069

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

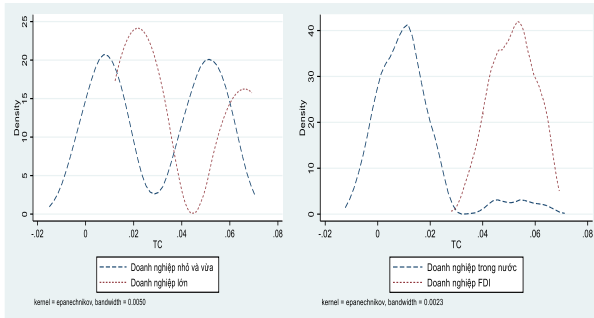
Dựa trên các hệ số ước lượng, TC được lượng hóa tại từng thời điểm theo biểu thức (5) và kết quả được trình bày trong Bảng 4. Kết quả cho thấy giai đoạn 2019-2021, TC đóng góp còn khiêm tốn, trung bình chỉ 0,8-0,9%/năm. Từ năm 2022, TC tăng mạnh lên mức khoảng 5% và duy trì ổn định đến năm 2024. Kết quả này phản ánh hai giai đoạn rõ rệt: giai đoạn đầu bị kìm hãm do đại dịch COVID-19 khiến đổi mới công nghệ đình trệ; giai đoạn sau khi nền kinh tế mở cửa, các doanh nghiệp đã đẩy mạnh đầu tư và áp dụng công nghệ mới, nhờ đó nâng cao hiệu quả sản xuất. Phân tích sâu hơn cho thấy mức TC khác biệt đáng kể giữa các nhóm doanh nghiệp. Kết quả trong Bảng 5 chỉ ra rằng doanh nghiệp quy mô lớn đạt mức TC trung bình 0,039, cao hơn so với 0,029 của doanh nghiệp nhỏ và vừa. Đặc biệt, sự phân hóa rõ rệt hơn ở yếu tố sở hữu: doanh nghiệp FDI có mức TC trung bình 0,051, trong khi doanh nghiệp trong nước chỉ đạt 0,012. Khoảng cách này phản ánh lợi thế vượt trội của khu vực FDI trong việc tiếp cận công nghệ tiên tiến, vốn và mạng lưới tri thức toàn cầu, trong khi các doanh nghiệp trong nước vẫn gặp nhiều hạn chế về nguồn lực và năng lực đổi mới.

Bảng 5: Đóng góp của TC vào tăng trưởng sản lượng của ngành sản xuất thiết bị điện theo quy mô và loại hình doanh nghiệp

Quy mô và loại hình doanh nghiệp	Các biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Doanh nghiệp nhỏ và vừa	TC	1142	0,029	0,023	-0,010	0,065
Doanh nghiệp lớn	TC	88	0,039	0,022	0,012	0,069
Doanh nghiệp trong nước	TC	662	0,012	0,014	-0,010	0,069
Doanh nghiệp FDI	TC	568	0,051	0,009	0,028	0,069

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Sự khác biệt này còn được thể hiện rõ trong Hình 1, với phân phối mật độ Kernel của TC. Doanh nghiệp lớn có phân phối dịch chuyển về phía giá trị cao hơn, trong khi doanh nghiệp nhỏ và vừa tập trung ở mức thấp hơn. Đặc biệt, khu vực FDI có mật độ TC tập trung chặt quanh khoảng 0,04-0,06, trong khi doanh nghiệp trong nước phân tán rộng và chủ yếu ở mức thấp, thậm chí có một số trường hợp âm. Kết quả này nhấn mạnh vai trò dẫn dắt của khu vực FDI trong tiến bộ công nghệ, đồng thời chỉ ra khoảng cách cần thu hẹp của doanh nghiệp trong nước.



Hình 1: Mật độ Kernel của TC của ngành sản xuất thiết bị điện theo quy mô và loại hình doanh nghiệp

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Tổng hợp lại, kết quả phân tích từ các kiểm định, ước lượng và phân tách theo nhóm doanh nghiệp cho thấy tiến bộ công nghệ đã trở thành động lực quan trọng của tăng trưởng trong ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam giai đoạn 2019-2024. Tuy nhiên, sự đóng góp này có tính phân hóa cao, tập trung mạnh ở các doanh nghiệp FDI và doanh nghiệp quy mô lớn, trong khi còn hạn chế ở doanh nghiệp trong nước và doanh nghiệp nhỏ và vừa.

4.3. Kết quả ước lượng về hiệu quả kỹ thuật tổng thể

OTE được ước lượng theo khung phân tích của Kumbhakar và cộng sự (2014), trong đó OTE được

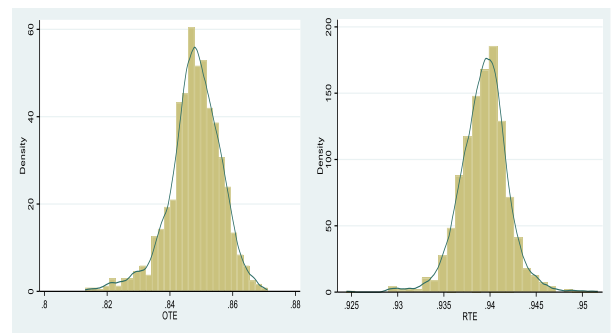
phân rã thành PTE và RTE. Cách tiếp cận này cho phép phân biệt rõ ràng giữa hiệu quả đến từ nền tảng công nghệ và cơ sở hạ tầng sản xuất (PTE) với hiệu quả mang tính biến động trong ngắn hạn do quản trị, điều hành và môi trường kinh doanh (RTE). Bảng 6 trình bày kết quả thống kê mô tả của OTE, PTE và RTE cho giai đoạn 2019-2024.

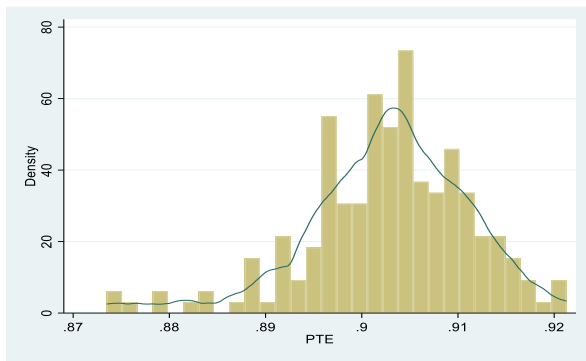
Bảng 6: Phân phối về OTE, PTE và RTE của ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

Năm	Các biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
2019	OTE	205	0,847	0,007	0,820	0,863
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,939	0,002	0,930	0,944
2020	OTE	205	0,848	0,009	0,813	0,870
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,940	0,003	0,924	0,948
2021	OTE	205	0,849	0,008	0,822	0,867
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,940	0,002	0,932	0,946
2022	OTE	205	0,848	0,009	0,814	0,871
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,940	0,004	0,929	0,952
2023	OTE	205	0,846	0,008	0,816	0,865
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,937	0,002	0,931	0,943
2024	OTE	205	0,849	0,008	0,817	0,868
	PTE	205	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	205	0,940	0,002	0,933	0,947

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Kết quả cho thấy OTE của toàn ngành duy trì ổn định trong khoảng 0,846-0,849, phản ánh rằng trung bình các doanh nghiệp chỉ tận dụng được khoảng 84-85% năng lực sản xuất tiềm năng, tức còn khoảng cách 15-16% so với biên tối ưu. PTE duy trì ở mức cao, trung bình 0,903, cho thấy nền tảng công nghệ và hạ tầng sản xuất tương đối vững chắc. Trong khi đó, RTE dao động quanh 0,937-0,940, hàm ý rằng yếu tố quản trị ngắn hạn và điều hành sản xuất vẫn còn dư địa để cải thiện.





Hình 2: Biểu đồ Histogram và mật độ Kernel về OTE, PTE và RTE của ngành sản xuất thiết bị điện giai đoạn 2019-2024

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Phân phối mật độ Kernel và biểu đồ Histogram của các chỉ số này được minh họa trong Hình 2. Đường phân phối của OTE tập trung cao quanh giá trị 0,84-0,85, phản ánh sự ổn định chung của ngành. PTE có mức phân tán rộng hơn nhưng vẫn tập trung quanh ngưỡng 0,90-0,91, thể hiện tính bền vững của nền tảng công nghệ. Ngược lại, RTE có phân phối hẹp hơn, cho thấy phần lớn doanh nghiệp có mức hiệu quả ngắn hạn tương đồng.

Bảng 7: Kết quả về OTE, PTE và RTE của ngành sản xuất thiết bị điện theo quy mô và loại hình doanh nghiệp

Quy mô và loại hình doanh nghiệp	Các biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Doanh nghiệp nhỏ và vừa	OTE	1142	0,848	0,008	0,813	0,871
	PTE	1142	0,903	0,009	0,873	0,921
	RTE	1142	0,939	0,003	0,924	0,952
Doanh nghiệp lớn	OTE	88	0,849	0,007	0,827	0,860
	PTE	88	0,904	0,007	0,880	0,917
	RTE	88	0,939	0,002	0,930	0,948
Doanh nghiệp trong nước	OTE	662	0,848	0,008	0,813	0,870
	PTE	662	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	662	0,940	0,002	0,924	0,948
Doanh nghiệp FDI	OTE	568	0,848	0,009	0,814	0,871
	PTE	568	0,903	0,008	0,873	0,921
	RTE	568	0,939	0,003	0,929	0,952

Nguồn: Tính toán của tác giả từ dữ liệu GSO

Ngoài phân tích theo thời gian, nghiên cứu còn xem xét sự khác biệt giữa các nhóm doanh nghiệp. Bảng 7 cho thấy mức OTE, PTE và RTE giữa doanh nghiệp nhỏ và vừa so với doanh nghiệp lớn, cũng như giữa doanh nghiệp FDI so với doanh nghiệp trong nước. Kết quả cho thấy sự khác biệt giữa các nhóm là rất nhỏ. OTE dao động quanh 0,848-0,849, PTE duy trì khoảng 0,903-0,904, và RTE ổn định khoảng 0,939-0,940, không có sự phân hóa rõ rệt theo quy mô hay sở hữu.

5. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu bằng mô hình SFA đã mang lại

một số phát hiện quan trọng về TC và OTE trong ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam giai đoạn 2019-2024. Việc phân tích đồng thời TC và OTE cho phép có được cái nhìn toàn diện hơn về động lực tăng trưởng, thay vì chỉ tập trung vào hiệu quả sử dụng các yếu tố đầu vào. Đây cũng là hướng tiếp cận đã được nhấn mạnh trong các công trình kinh điển về SFA (Aigner và cộng sự, 1977; Battese và Coelli, 1995; Kumbhakar và Lovell, 2000).

Trước hết, kết quả ước lượng hàm sản xuất biên cho thấy cả vốn (K) và lao động (L) đều có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến giá trị gia tăng (VA). Các hệ số ước lượng tương đối lớn, đi kèm với sự hiện diện của các thành phần bậc hai và biến tương tác có ý nghĩa, phản ánh đặc thù của ngành sản xuất thiết bị điện vốn đòi hỏi sự kết hợp đồng bộ giữa năng lực tài chính, cơ sở vật chất và nguồn nhân lực. Hàm sản xuất mang tính phi tuyến và thể hiện hiệu ứng quy mô khác biệt giữa các doanh nghiệp, điều này phù hợp với kết quả từ các nghiên cứu trước về sản xuất công nghiệp, nơi hiệu quả biên thường thay đổi khi quy mô hoặc cách kết hợp đầu vào thay đổi (Christensen và cộng sự, 1973; Coelli và cộng sự, 2005).

Tiến bộ công nghệ có sự phân hóa rõ rệt giữa hai giai đoạn. Trong giai đoạn 2019-2021, TC duy trì ở mức thấp, trung bình chỉ 0,008-0,009, phản ánh tác động tiêu cực của dịch COVID-19 đến khả năng đầu tư đổi mới. Điều này phù hợp với quan sát quốc tế rằng trong thời kỳ khủng hoảng, doanh nghiệp thường ưu tiên duy trì hoạt động hơn là đổi mới công nghệ (Bigsten và Söderbom, 2006; Tybout, 2000). Ngược lại, từ năm 2022 trở đi, TC đã cải thiện mạnh, đạt khoảng 0,051-0,052, phản ánh sự gia tăng đầu tư công nghệ trong giai đoạn phục hồi. Kết quả này cũng phù hợp với bằng chứng về vai trò của học hỏi, tích lũy tri thức và năng lực hấp thụ công nghệ trong thúc đẩy tiến bộ công nghệ (Cohen và Levinthal, 1990).

Kết quả ước lượng về OTE cho thấy các doanh nghiệp chỉ đạt mức hiệu quả kỹ thuật khoảng 0,846-0,849, tức vẫn còn khoảng cách 15% so với biên sản xuất tối ưu. Trong khi đó, PTE duy trì ở mức khoảng 0,903, phản ánh nền tảng công nghệ và cơ sở hạ tầng sản xuất khá ổn định; còn RTE dao động quanh 0,939-0,940, cho thấy hiệu quả ngắn hạn trong quản trị và điều hành khá cao. Như vậy, hạn chế chủ yếu về OTE bắt nguồn từ yếu tố dài hạn gắn với năng lực công nghệ và đổi mới, trong khi hiệu quả quản trị ngắn hạn nhìn chung đã được khai thác tốt. Nhận định này nhất quán với các nghiên cứu về phân rã hiệu quả kỹ thuật, nơi PTE thường phản

ánh khả năng đổi mới dài hạn, còn RTE gắn với quản trị và các yếu tố chu kỳ (Colombi và cộng sự, 2014; Alam, 2013).

Một điểm đáng chú ý khác là sự phân hóa mạnh mẽ về TC giữa các nhóm doanh nghiệp, trong khi OTE lại khá đồng đều. Doanh nghiệp FDI đạt mức TC trung bình 0,051, vượt xa so với mức 0,012 của doanh nghiệp trong nước. Điều này củng cố quan điểm cho rằng FDI đóng vai trò quan trọng trong lan tỏa công nghệ, đặc biệt ở các ngành công nghiệp thâm dụng vốn và công nghệ cao (Fu và Gong, 2011; Phạm và Hồ, 2021). Tương tự, doanh nghiệp quy mô lớn có TC trung bình cao hơn doanh nghiệp nhỏ và vừa (0,039 so với 0,029), phản ánh lợi thế về nguồn lực tài chính, khả năng tiếp cận công nghệ và thị trường. Đây là hiện tượng phổ biến ở các nền kinh tế đang phát triển, nơi các doanh nghiệp nhỏ và vừa gặp nhiều rào cản trong đổi mới và nâng cấp công nghệ (Le và cộng sự, 2018; Huỳnh, 2019). Ngược lại, khi xét đến OTE, PTE và RTE, sự khác biệt giữa các nhóm gần như không đáng kể, cho thấy hiệu quả ngắn hạn trong quản trị và vận hành được duy trì tương đồng giữa các loại hình doanh nghiệp. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Vu (2016), khi chỉ ra rằng FDI thường vượt trội về đổi mới công nghệ nhưng chưa chắc có hiệu quả quản trị nội tại cao hơn doanh nghiệp trong nước.

Từ góc độ tổng thể, kết quả nghiên cứu phản ánh một thực tế quan trọng: ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam đã đạt được tiến bộ công nghệ rõ rệt trong giai đoạn phục hồi hậu COVID-19, nhưng mức độ hiệu quả kỹ thuật tổng thể vẫn chưa cao. Điểm nghẽn chính nằm ở khả năng đổi mới dài hạn, bao gồm đầu tư vào nghiên cứu và phát triển (R&D), nâng cấp cơ sở hạ tầng sản xuất và phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao. Đây là thách thức chung của các nền kinh tế đang phát triển, nơi mà khoảng cách về năng suất giữa các doanh nghiệp thường gắn với khả năng sẵn sàng công nghệ và năng lực đổi mới (Syverson, 2011).

6. Kết luận và khuyến nghị

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng tiến bộ công nghệ trong ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam giai đoạn 2019-2024 có sự cải thiện rõ rệt sau đại dịch COVID-19, trở thành động lực quan trọng cho tăng trưởng. Tuy vậy, OTE vẫn còn ở mức khiêm tốn do những hạn chế về năng lực đổi mới dài hạn, trong khi hiệu quả ngắn hạn được duy trì tương đối ổn định. Sự khác biệt rõ rệt về tiến bộ công nghệ giữa các nhóm doanh nghiệp, đặc biệt giữa khu vực FDI và doanh nghiệp trong nước, phản ánh tính không đồng đều trong khả năng tiếp cận và khai thác

công nghệ, qua đó cho thấy khoảng cách còn lớn về năng suất và năng lực cạnh tranh.

Từ những phát hiện này, một số khuyến nghị chính sách có thể được rút ra. Trước hết, việc nâng cao tiến bộ công nghệ đòi hỏi các doanh nghiệp trong nước phải chú trọng hơn đến đầu tư cho đổi mới và R&D, đồng thời tận dụng hiệu quả hơn dòng vốn và kinh nghiệm từ khu vực FDI thông qua cơ chế liên kết và hợp tác. Bên cạnh đó, Nhà nước cần tạo điều kiện cho các doanh nghiệp nhỏ và vừa tiếp cận công nghệ hiện đại bằng các chính sách ưu đãi tín dụng, quỹ hỗ trợ đổi mới và chương trình phát triển nhân lực chất lượng cao. Ngoài ra, tăng cường liên kết chuỗi giá trị giữa doanh nghiệp FDI và doanh nghiệp trong nước sẽ giúp thúc đẩy quá trình lan tỏa công nghệ, đồng thời củng cố năng lực đổi mới dài hạn. Cuối cùng, việc đầu tư nâng cấp cơ sở hạ tầng và đẩy mạnh chuyển đổi số toàn ngành sẽ là nền tảng quan trọng để vừa cải thiện tiến bộ công nghệ, vừa củng cố hiệu quả kỹ thuật, qua đó góp phần nâng cao sức cạnh tranh bền vững của ngành sản xuất thiết bị điện Việt Nam.

****Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT25-26.158.*

Tài liệu tham khảo

- Aigner, D., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, Vol. 6, No. 1, pp. 21-37.
- Alam, I. (2013), "Technical efficiency and productivity growth in Pakistan's textile industry: Evidence from a stochastic frontier analysis", *Lahore Journal of Economics*, Vol. 18 No. 2, pp. 73-98.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1992), "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, No. 1-2, pp. 153-169.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1995), "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*, Vol. 20, No. 2, pp. 325-332.
- Bigsten, A. and Söderbom, M. (2006), "What have we learned from a decade of manufacturing enterprise surveys in Africa?", *World Bank Research Observer*, Vol. 21, No. 2, pp. 241-265.
- Bùi, V.T. (2022), "Tác động của cấu trúc vốn đến hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp niêm yết trên thị trường chứng khoán Việt Nam", *Tạp chí Quản lý Kinh*

tế Quốc tế, Số 143, tr. 16-29.

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. and Lau, L.J. (1973), "Transcendental logarithmic production frontiers", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, No. 1, pp. 28-45.

Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J. and Battese, G.E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (2nd ed.), Springer, New York.

Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. (1990), "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp. 128-152.

Colombi, R., Kumbhakar, S.C., Martini, G. and Vittadini, G. (2014), "Closed-skew normality in stochastic frontiers with individual effects and long/short-run efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 42, No. 2, pp. 123-136.

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.

Fu, X. and Gong, Y. (2011), "Indigenous and foreign innovation efforts and drivers of technological upgrading: Evidence from China", *World Development*, Vol. 39, No. 7, pp. 1213-1225.

Greene, W. (2005a), "Fixed and random effects in stochastic frontier models", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 23, No. 1, pp. 7-32.

Greene, W. (2005b), "Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model", *Journal of Econometrics*, Vol. 126, No. 2, pp. 269-303.

Huỳnh, T.N. (2019), "Các yếu tố tác động đến hiệu quả kỹ thuật trong các doanh nghiệp nhỏ và vừa tại Việt Nam", *Tạp chí Nghiên cứu Kinh tế và Kinh doanh châu Á*, Tập 30, Số 7, tr. 43-65.

Kalirajan, K.P. and Shand, R.T. (1999), "Frontier production functions and technical efficiency measures", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 13, No. 2, pp. 149-172.

Kim, J. and Han, G. (2001), "A stochastic frontier analysis of technical progress in Korean manufacturing industries", *Applied Economics*, Vol. 33, No. 2, pp. 221-229.

Kumbhakar, S.C. and Heshmati, A. (1995), "Efficiency measurement in Swedish dairy farms: An application of rotating panel data, 1976-88", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, No. 3, pp. 660-674.

Kumbhakar, S.C. and Lovell, C.A.K. (2000), *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University

Press, Cambridge.

Kumbhakar, S.C., Lien, G. and Hardaker, J.B. (2014), "Technical efficiency in competing panel data models: A study of Norwegian grain farming", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 36, No. 3, pp. 271-284.

Kumbhakar, S.C., Wang, H. and Horncastle, A.P. (2015), *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata*, Cambridge University Press, Cambridge.

Le, V., Vu, X.B.B. and Nghiem, S. (2018), "Technical efficiency of small and medium manufacturing firms in Vietnam: A stochastic meta-frontier analysis", *Economic Analysis and Policy*, Vol. 59, pp. 84-91.

Lin, B. and Du, K. (2015), "Energy and CO₂ emissions performance in China's regional economies: A stochastic frontier analysis", *Energy*, Vol. 82, pp. 44-55.

Nguyễn, M.K. và Nguyễn, N.T.T. (2020), "Phân tích hiệu quả kỹ thuật của các ngân hàng thương mại cổ phần tại Việt Nam", *Tạp chí Khoa học Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh - Kinh tế và Quản trị Kinh doanh*, Tập 15, Số 3, tr. 22-40.

Nguyễn, T.C. (2021), "Đo lường chất lượng tăng trưởng kinh tế Việt Nam", *Tạp chí Nghiên cứu Tài chính - Marketing*, Số 61(1), tr. 1-17.

Phạm, H.C. và Hồ, Đ.B. (2021), "Những khác biệt trong tác động của đầu tư trực tiếp nước ngoài đến năng suất của các khu vực doanh nghiệp Việt Nam", *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, Số 287, tr. 2-12.

Syversen, C. (2011), "What determines productivity?", *Journal of Economic Literature*, Vol. 49, No. 2, pp. 326-365.

Tybout, J.R. (2000), "Manufacturing firms in developing countries: How well do they do, and why?", *Journal of Economic Literature*, Vol. 38, No. 1, pp. 11-44.

Vu, H.D. (2016), "Technical efficiency of FDI firms in the Vietnamese manufacturing sector", *Review of Economic Perspectives*, Vol. 16, No. 3, pp. 205-230

Vu, H.T. and Turnell, S. (2010), "Cost efficiency of the banking sector in Vietnam: A Bayesian stochastic frontier approach with regularity constraints", *Asian Economic Journal*, Vol. 24, No. 2, pp. 115-139.