

PHÁT TRIỂN NỀN KINH TẾ XANH THÚC ĐẨY TĂNG TRƯỞNG BỀN VỮNG TRONG BỐI CẢNH CUỘC CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP LẦN THỨ TƯ

TS. Nguyễn Thu Thủy*

Bài viết sử dụng kỹ thuật phân tích Wavelet Coherence cung cấp một số thông tin về mối quan hệ giữa phát triển công nghệ thông tin, tiêu dùng năng lượng xanh, đầu tư trực tiếp nước ngoài và hội nhập kinh tế quốc tế với tăng trưởng kinh tế. Các kết quả thực nghiệm cho thấy đầu tư trực tiếp nước ngoài, hội nhập kinh tế và thành tựu của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 đang thúc đẩy tăng trưởng kinh tế Việt Nam, tuy nhiên tăng trưởng kinh tế hiện tại chưa thực sự dựa vào nền tảng xanh. Đây là cơ sở để tác giả đề xuất một số hàm ý chính sách trong việc phát triển nền kinh tế xanh thúc đẩy tăng trưởng bền vững trong bối cảnh tận dụng những thành tựu của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư.

• Từ khóa: kinh tế xanh, tăng trưởng bền vững, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4.

The article uses Wavelet Coherence analysis techniques to provide some information on the relationship between information technology development, green energy consumption, foreign direct investment and international economic integration with economic growth. The empirical results show that foreign direct investment, economic integration and achievements of the fourth industrial revolution are promoting Vietnam's economic growth, however, current economic growth is not really based on a green foundation. This is the basis for the author to propose some policy implications in developing a green economy to promote sustainable growth in the context of taking advantage of the achievements of the fourth industrial revolution.

• Key words: green economy, sustainable growth, the fourth industrial revolution.

Ngày nhận bài: 19/5/2025

Ngày gửi phản biện: 12/6/2025

Ngày chấp nhận đăng: 30/9/2025

DOI: <https://doi.org/10.71374/jfar.v25.i298.01>

1. Giới thiệu

Kinh tế xanh được hiểu là mô hình phát triển kinh tế hướng tới việc sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên, giảm thiểu phát thải khí nhà kính và ô nhiễm, đồng thời duy trì và cải thiện chất lượng môi trường sống. Khác với cách tiếp cận tăng trưởng truyền thống dựa vào khai thác tối đa nguồn lực tự nhiên, kinh tế xanh đặt trọng tâm vào việc cân bằng giữa lợi ích kinh tế, bảo vệ môi trường và phúc lợi xã hội. Trong bối cảnh toàn cầu đang đối mặt với biến đổi khí hậu, khan

hiếm tài nguyên và áp lực dân số gia tăng, việc phát triển kinh tế xanh trở thành yếu tố then chốt để đạt được tăng trưởng bền vững. Đặc biệt, trong thời đại của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0), các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (Big Data) và tự động hóa không chỉ nâng cao năng suất và hiệu quả kinh tế, mà còn mở ra các giải pháp sáng tạo nhằm giảm phát thải, tối ưu hóa sử dụng năng lượng và quản lý tài nguyên một cách thông minh. Sự kết hợp giữa định hướng phát triển xanh và năng lực công nghệ mới mang lại cơ hội thúc đẩy tăng trưởng kinh tế vừa nhanh, vừa bền vững, đồng thời nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia trong nền kinh tế toàn cầu.

Về khái niệm phát triển bền vững, đó là việc khai thác năng lượng vật chất và con người, hỗ trợ và sử dụng lao động một cách tối ưu, và nỗ lực phát triển chúng và tăng hiệu quả của chúng theo cách đảm bảo quyền của mọi người trong hiện tại và tương lai, bao gồm cả con người và tài nguyên thiên nhiên, và khẳng định rằng con người đã đầu tư tài nguyên thiên nhiên một cách hoàn hảo mà không làm cạn kiệt và để lại quyền cho các thế hệ tương lai và đảm bảo phân phối công bằng cho của cải. Nghiên cứu về kinh tế xanh và phát triển bền vững là một trong những nghiên cứu quan trọng đã nhận được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu và nhà khoa học vì tầm quan trọng của nó đối với sự phát triển và tăng trưởng của xã hội trên mọi phương diện, vì nó là hạt nhân của phát triển bền vững và là trụ cột chính cho tăng trưởng, phát triển và thịnh vượng. Kinh tế xanh được coi là một mô hình sống động và lý tưởng về phát triển bền vững, đặc biệt là phát triển kinh tế, ảnh hưởng đến mọi mặt của cuộc

* Trường Đại học Thương mại; email: nguyenthuthuy@tmu.edu.vn

sống. Khái niệm này xuất hiện trong những năm gần đây do tầm quan trọng của nó trong việc giảm thiểu các biểu hiện của nghèo đói và sự cùng cực, nâng cao mức sống của người dân và đảm bảo phúc lợi của họ.

Để phân tích sâu mối quan hệ giữa phát triển kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững trong kỷ nguyên CMCN 4.0, nghiên cứu này lựa chọn phương pháp tiếp cận dựa trên việc đánh giá tác động của bốn nhân tố then chốt: (i) Trình độ phát triển công nghệ thông tin (ICT), đóng vai trò là nền tảng hạ tầng số, giúp tối ưu hóa quản lý sản xuất, phân phối và sử dụng năng lượng; (ii) Tiêu dùng năng lượng tái tạo, phản ánh mức độ chuyển dịch sang các nguồn năng lượng sạch, góp phần giảm phát thải và cải thiện hiệu quả môi trường; (iii) Đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI), mang lại nguồn vốn, công nghệ và kinh nghiệm quản lý tiên tiến, thúc đẩy đổi mới xanh; và (iv) Hội nhập kinh tế quốc tế, tạo điều kiện tiếp cận thị trường, công nghệ và tiêu chuẩn môi trường toàn cầu. Phân tích mối quan hệ giữa từng nhân tố và tăng trưởng kinh tế không chỉ giúp xác định mức độ và hướng tác động của từng yếu tố, mà còn làm rõ sự tương tác giữa chúng trong việc định hình mô hình phát triển kinh tế xanh. Cách tiếp cận này cho phép xây dựng bằng chứng thực nghiệm và khuyến nghị chính sách cụ thể, nhằm khai thác tối đa lợi ích từ các nhân tố thúc đẩy, giảm thiểu rủi ro, và định hướng chiến lược phát triển phù hợp với mục tiêu tăng trưởng bền vững trong kỷ nguyên số.

2. Tổng quan nghiên cứu

Trong nước có một số nghiên cứu về phát triển bền vững ở các ngành; tiêu biểu là công nghiệp tái chế trong nghiên cứu của Nguyễn Thị Huyền và cộng sự (2024). Nghiên cứu hệ thống hóa khái niệm, làm rõ vai trò ngành trong chuỗi giá trị, mô tả thực trạng và đánh giá tác động của môi trường, công nghệ và chính sách tới triển vọng bền vững. Trên cơ sở phân tích và tổng hợp, các khuyến nghị nhằm tăng năng lực thích ứng của ngành trước biến đổi khí hậu đã được đề xuất.

Trong cùng giai đoạn, công trình của Nguyễn Thành Phương và cộng sự (2024) tổng hợp kinh nghiệm phát triển nông nghiệp bền vững trong bối cảnh công nghiệp 4.0. Tác giả so sánh mô hình công nghệ, cơ chế và thực hành canh tác ở Ấn Độ, Trung Quốc, Thái Lan và Israel để làm rõ giải pháp nâng cao năng suất bền vững và thích ứng với khí hậu. Từ so sánh, những bài học kinh nghiệm đã được đề xuất làm nền tảng tham khảo cho chính sách phù hợp Việt Nam.

Ngành du lịch cũng được quan tâm trong nghiên cứu của Lê Minh Nguyễn và Trần Thành Nam (2024). Nghiên cứu chỉ ra rằng du lịch là một trong những lĩnh vực tiên phong trong việc số hóa quy trình kinh doanh trên phạm vi toàn cầu; các hoạt động như đặt

vé máy bay, đặt tour, đặt phòng, thanh toán và làm thủ tục trực tuyến đã được triển khai rộng rãi. Bài viết sử dụng phương pháp định tính để tổng hợp, phân tích và đánh giá các quan điểm về vai trò của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đối với phát triển du lịch bền vững, đồng thời đề xuất các hướng can thiệp nhằm bảo tồn môi trường và nâng cao quản trị điểm đến. Đồng thời nghiên cứu đề xuất khuyến nghị nhằm hỗ trợ quản trị điểm đến hiệu quả.

Với một số nghiên cứu quốc tế, Bina (2013) xem xét mối quan hệ và ảnh hưởng giữa cuộc khủng hoảng kép và sự trỗi dậy của “xanh hóa” như một phần của giải pháp.

Cùng chủ đề, Al-Taai (2021) chỉ ra rằng vai trò của phát triển bền vững chỉ có thể được kích hoạt bằng cách thực hiện chương trình kinh tế xanh và cung cấp một môi trường lành mạnh. Điều này chỉ có thể được thực hiện bằng cách thay thế các phương tiện kinh tế gây hại cho cuộc sống của cá nhân bằng các phương tiện lành mạnh khác, chẳng hạn như tạo ra năng lượng nhiệt từ các nguồn lành mạnh thay vì từ các nguồn nhiên liệu vì các nguồn nhiên liệu này dẫn đến ô nhiễm môi trường do đó gây hại cho mọi hình thức sống.

Một nghiên cứu khác, Zhironkin & Cehlár (2022) bàn về triển vọng tương lai nhằm giảm thiểu tác động của con người lên môi trường, đồng thời duy trì xu hướng cải thiện phúc lợi của nhân loại. Trong tương lai gần, nền kinh tế của các quốc gia - những nhà sản xuất nguyên liệu thô và năng lượng chính - cần có những bước tiến vượt bậc, cụ thể là giảm phát thải khí nhà kính (xuống mức 0 trong tương lai), mở rộng tái chế vật liệu và quản lý chất thải có trách nhiệm.

Có thể thấy, những nghiên cứu trong nước cung cấp bằng chứng thực nghiệm về phát triển nền kinh tế xanh thúc đẩy tăng trưởng bền vững trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư ở cấp độ quốc gia còn hạn chế. Do vậy, nghiên cứu này với mong muốn cung cấp một góc nhìn rõ nét về khoảng trống, đánh giá thực trạng phát triển nền kinh tế xanh thúc đẩy tăng trưởng bền vững trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư tại Việt Nam từ đó đề xuất những giải pháp phù hợp.

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Dữ liệu nghiên cứu

Bảng 1. Mô tả các biến nghiên cứu

Ký hiệu biến	Ý nghĩa
GDP	Tốc độ tăng trưởng hàng năm (%), đại diện cho tăng trưởng kinh tế
ICT	Tỷ lệ nhập khẩu hàng hóa số trong tổng hàng hóa nhập khẩu (%) đại diện cho tác động của cuộc CMCN 4.0
REN	Mức độ tiêu dùng năng lượng tái tạo trong tổng tiêu dùng năng lượng cuối cùng (%), đại diện cho nguồn gốc của tăng trưởng xanh
FDI	Dòng vốn ròng đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) trong tổng GDP (tính bằng %)
TRADE	Tỷ trọng thương mại trong tổng GDP (%), đại diện cho sự hội nhập kinh tế

Nguồn: Tác giả

Để phục vụ phân tích thực nghiệm, tác giả thu thập dữ liệu về Việt Nam từ WDI của World Bank trong giai đoạn từ 2000 đến 2021, bao gồm các biến được mô tả như trong Bảng 1.

Nghiên cứu còn hạn chế về tính cập nhật của số liệu do yếu tố khách quan: Từ nguồn WDI của World Bank, dữ liệu của Việt Nam về GDP và FDI cập nhật đến năm 2024, dữ liệu về TRADE cập nhật đến năm 2023, tuy nhiên dữ liệu về ICT và REN mới cập nhật đến năm 2021. Do đó, để nghiên cứu được tác động của 4 biến ICT, REN, FDI và TRADE đến tăng trưởng GDP, nghiên cứu này sử dụng bộ dữ liệu từ 2000-2021. Trong các nghiên cứu tiếp theo, dữ liệu sẽ được cập nhật để so sánh kết quả

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Có những phép biến đổi wavelet chéo và kết hợp wavelet để kiểm tra các mối quan hệ trong không gian tần số thời gian giữa hai chuỗi thời gian. Một trong số đó là Wavelet Coherence sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này để phân tích cấu trúc phụ thuộc giữa hai chuỗi thông tin. Theo Torrence & Compo (1999), Wavelet Coherence (sự gắn kết wavelet) của hai chuỗi thời gian là:

$$R_n^2(s) = \frac{|S(s^{-1}W_n^{XY}(s))|^2}{S(s^{-1}|W_n^X(s)|^2) \cdot S(s^{-1}|W_n^Y(s)|^2)}, \quad (1)$$

Trong đó S là toán tử làm mịn. Lưu ý rằng định nghĩa này gần giống với định nghĩa của hệ số tương quan truyền thống và sẽ rất hữu ích khi áp dụng để nghiên cứu tính liên kết của wavelet như một hệ số tương quan cục bộ trong không gian tần số thời gian. Toán tử làm mịn S là:

$$S(W) = S_{scale}(S_{time}(W_n(s))), \quad (2)$$

Trong đó S_{scale} biểu thị làm mịn dọc theo trục tỷ lệ wavelet và làm mịn S_{time} theo thời gian. Điều tự nhiên là thiết kế toán tử làm mịn để nó có dấu vết tương tự như wavelet được sử dụng.

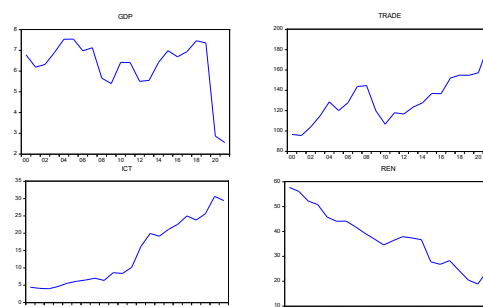
4. Kết quả thực nghiệm

Chẳng hạn, tốc độ tăng trưởng GDP hàng năm (tính bằng %) từ năm 2000 đến 2021 cho thấy một chu kỳ tăng trưởng và suy giảm phức tạp, chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố kinh tế toàn cầu và nội tại. Giai đoạn đầu từ 2000 (6,787%) đến 2005 đạt đỉnh ở mức 7,547% phản ánh một giai đoạn tăng trưởng mạnh mẽ, có thể liên quan đến các chính sách kinh tế tích cực và hội nhập quốc tế. Tuy nhiên, từ 2006, tốc độ tăng trưởng bắt đầu biến động, với sự sụt giảm rõ rệt xuống 5,662% vào năm 2008 và 5,398% vào năm 2009, phản ánh tác động của cuộc khủng hoảng tài chính toàn cầu. Quá trình phục hồi

từ 2010 (6,423%) đến 2019 (7,359%) cho thấy khả năng thích ứng, mặc dù có những đợt suy giảm cục bộ như năm 2012 (5,505%). Đặc biệt, năm 2020 và 2021 ghi nhận sự sụt giảm nghiêm trọng xuống còn 2,865% và 2,553% tương ứng, do tác động của đại dịch COVID-19, dẫn đến gián đoạn chuỗi cung ứng và giảm cầu toàn cầu.

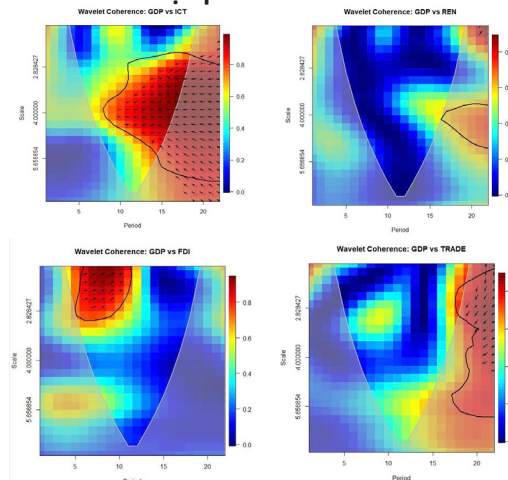
Phân tích Wavelet coherence cho từng cặp biến GDP với ICT, REN, FDI, TRADE được minh họa như trong Hình 2.

Hình 1. Đồ thị các biến được nghiên cứu



Nguồn: Tác giả

Hình 2. Minh họa phân tích Wavelet coherence



Nguồn: Tác giả

Phép biến đổi Wavelet Coherence để khám phá hiện tượng đồng dao động cho hai biến số trên cùng các miền thời gian (trục hoành) và miền tần số (trục tung). Kết quả phân tích cho thấy:

- Trong giai đoạn 2009 - 2021, tăng trưởng kinh tế và tốc độ phát triển công nghệ thông tin có tương quan cao. Trong giai đoạn này, Việt Nam đã xây dựng nền tảng chính sách cho kinh tế số bằng việc ban hành Nghị quyết 52-NQ/TW năm 2019, cùng với Quyết định 749 năm 2020 về Chương trình chuyển đổi số quốc gia, và tiếp tục được thể hiện rõ trong văn kiện Đại hội XIII (2021). Kết quả dẫn đến sự bùng nổ của hạ tầng số, internet băng rộng, điện toán đám mây và dịch vụ trực tuyến đã trực tiếp nâng cao năng suất,

giảm chi phí và mở rộng thị trường, qua đó thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Đồng thời, tăng trưởng kinh tế tạo nguồn lực cho đầu tư công nghệ, hình thành vòng phản hồi tích cực khiến hai yếu tố này có tương quan cao. Trong dài hạn, tăng trưởng kinh tế sẽ làm tiền đề cho phát triển công nghệ thông tin, và trong giai đoạn nghiên cứu, cách mạng công nghiệp lần thứ 4 trong trung và ngắn hạn đang mang đến những tác động tích cực cho tăng trưởng kinh tế Việt Nam.

- Trong giai đoạn nghiên cứu, tiêu dùng năng lượng tái tạo và tăng trưởng kinh tế có tương quan yếu. Điều này cho thấy tăng trưởng kinh tế hiện tại chưa thực sự dựa vào nền tảng xanh. Nói cách khác, kinh tế vẫn chủ yếu dựa vào các nguồn năng lượng hóa thạch, nên tiến trình tăng trưởng xanh còn hạn chế và mục tiêu giảm phát thải, bền vững chưa đạt được như kỳ vọng. Đây là thực trạng cần được quan tâm thúc đẩy hướng tới tăng trưởng xanh, tăng trưởng bền vững, khi có những thành tựu của cách mạng công nghiệp lần thứ 4 làm tiền đề.

- Trong giai đoạn 2005 - 2013, đầu tư trực tiếp nước ngoài và tăng trưởng kinh tế có tương quan cao và tăng trưởng kinh tế là biến dẫn hướng, còn đầu tư trực tiếp nước ngoài là biến được dẫn hướng. Việc Việt Nam gia nhập WTO vào năm 2007 đã cải thiện môi trường đầu tư và mở rộng hội nhập quốc tế, khiến dòng vốn FDI tăng mạnh vào các ngành chế biến, chế tạo, bất động sản và dịch vụ. FDI không chỉ bổ sung nguồn vốn lớn mà còn mang theo công nghệ, kỹ năng quản lý và mở rộng thị trường xuất khẩu, qua đó đóng góp trực tiếp và đáng kể vào tăng trưởng GDP, tạo ra mối tương quan cao giữa hai yếu tố.

- Trong giai đoạn 2011 - 2021, hội nhập kinh tế và tăng trưởng kinh tế có tương quan cao và trong ngắn hạn hội nhập kinh tế đang là biến dẫn hướng còn tăng trưởng kinh tế là biến được dẫn hướng. Giai đoạn này, Việt Nam ký và thực thi nhiều FTA thế hệ mới (CPTPP, EVFTA, RCEP), mở rộng thương mại và thu hút đầu tư, đồng thời cải thiện thể chế kinh tế thị trường. Quá trình hội nhập này thúc đẩy xuất khẩu, nâng cao năng suất và thu hút nguồn lực quốc tế, qua đó đóng góp trực tiếp vào tăng trưởng GDP, tạo ra mối tương quan cao giữa hội nhập kinh tế và tăng trưởng kinh tế.

6. Kết luận

Từ kết quả phân tích Wavelet coherence nói trên, có thể thấy khoảng trống chính sách cần được Việt Nam quan tâm là các chính sách thúc đẩy tăng trưởng xanh, hướng tới tăng trưởng bền vững trong bối cảnh Việt Nam đang thừa hưởng khá hiệu quả thành tựu của cách mạng công nghiệp lần thứ 4.

Thứ nhất, một giải pháp về phát triển hệ sinh thái năng lượng tái tạo thông minh trong tương lai. Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư, Việt Nam có cơ hội ứng dụng các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và phân tích dữ liệu lớn để tối ưu hóa sản xuất, truyền tải và phân phối năng lượng tái tạo. Việc tích hợp điện mặt trời, điện gió và các nguồn sạch khác vào lưới điện thông minh giúp giảm phát thải khí nhà kính và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên. Đồng thời, cơ chế thị trường điện cạnh tranh và mô hình microgrid cho các khu vực nông thôn, hải đảo sẽ góp phần đảm bảo an ninh năng lượng và thúc đẩy tăng trưởng xanh.

Thứ hai, có thể kể đến việc thúc đẩy sản xuất và tiêu dùng tuần hoàn dựa trên công nghệ số. Việc ứng dụng công nghệ số, đặc biệt là blockchain, có thể nâng cao khả năng truy xuất nguồn gốc nguyên liệu, theo dõi vòng đời sản phẩm và kiểm soát hoạt động tái chế. Công nghệ in 3D, robot tự động và phân tích vòng đời sản phẩm (LCA) hỗ trợ doanh nghiệp tối ưu hóa quy trình sản xuất, giảm tiêu hao nguyên liệu và năng lượng, từ đó hạn chế chất thải và phát thải carbon. Thúc đẩy tiêu dùng tuần hoàn không chỉ bảo vệ môi trường mà còn nâng cao giá trị gia tăng, giúp doanh nghiệp Việt Nam tham gia sâu hơn vào chuỗi cung ứng toàn cầu theo tiêu chuẩn bền vững.

Thứ ba, xây dựng hạ tầng và dịch vụ đô thị xanh thông minh là một giải pháp khác. Hệ thống đô thị xanh thông minh sử dụng công nghệ AI và dữ liệu lớn để quản lý tối ưu năng lượng, nước và chất thải, đồng thời giảm thiểu tác động môi trường. Phát triển giao thông thông minh với phương tiện điện, hệ thống chia sẻ phương tiện và quản lý lưu lượng giao thông thông qua các nền tảng số sẽ góp phần giảm ùn tắc và ô nhiễm không khí. Ngoài ra, việc áp dụng các giải pháp cảm biến môi trường, chiếu sáng thông minh và quy hoạch đô thị dựa trên phân tích dữ liệu sẽ giúp cải thiện chất lượng sống của người dân, hướng tới tăng trưởng xanh và bền vững.

References:

- Al-Taai, S. H. H. (2021, June). Green economy and sustainable development. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 779, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- Bina, O. (2013). The green economy and sustainable development: an uneasy balance?. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 31(6), 1023-1047.
- Lê Minh Nguyễn & Trần Thành Nam (2024). Phát triển du lịch bền vững trong bối cảnh công nghiệp 4.0: Một nghiên cứu khám phá từ Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển, Trường Đại học Nam Cần Thơ*, số 26 (2004), tr.80-88.
- Nguyễn Thị Huyền, Huệ Thu, Nguyễn Ngân Giang, & Nguyễn Lam Hạnh (2024). Cách mạng công nghiệp 4.0-ngành công nghiệp tái chế thích ứng với biến đổi khí hậu để phát triển bền vững. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển, Trường Đại học Nam Cần Thơ*, số 26 (2004), tr.109-117.
- Nguyễn Thành Phương, Nguyễn Mộng Cẩm, & Đinh Trần Ngọc Huyền (2024). Kinh nghiệm phát triển kinh tế nông nghiệp bền vững trong bối cảnh cách mạng 4.0 thích ứng biến đổi khí hậu và bài học kinh nghiệm với Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển, Trường Đại học Nam Cần Thơ*, số 26 (2004), tr.98-108.
- Torrence, C. & Compo, G. (1998), "A practical guide to wavelet analysis", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), pp. 61-78.
- Zhironkin, S., & Cehlár, M. (2022). Green Economy and Sustainable Development: The Outlook. *Energies*, 15(3), 1167. <https://doi.org/10.3390/en15031167>.