

# PHÂN TÍCH TRẮC LƯỢNG THƯ MỤC CÁC XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU TRONG LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU VỀ TRUNG HÒA CÁC-BON

Nguyễn Thùy Linh  
Trường Đại học Kinh tế Quốc dân  
Email: thuylinh@neu.edu.vn

Mã bài: JED-1905  
Ngày nhận: 31/07/2024  
Ngày nhận bản sửa: 04/08/2024  
Ngày duyệt đăng: 20/08/2024  
DOI: 10.33301/JED.VI.1905

## Tóm tắt:

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nóng lên toàn cầu, trung hòa các-bon đã trở thành mục tiêu quan trọng của cộng đồng quốc tế. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích trắc lượng thư mục để đánh giá sự phát triển và xu hướng nghiên cứu về trung hòa các-bon từ năm 2000 đến nay. Bằng cách phân tích 2827 ấn phẩm liên quan từ cơ sở dữ liệu Scopus qua công cụ Biblioshiny trên Rstudio, nghiên cứu này cung cấp bức tranh toàn cảnh về các xu hướng nghiên cứu trong lĩnh vực trung hòa các-bon. Kết quả cho thấy sự gia tăng đáng kể về số lượng ấn phẩm trong những năm gần đây, các nghiên cứu trong lĩnh vực này chủ yếu tập trung vào các khía cạnh ứng dụng thực tiễn, kỹ thuật, chính sách, và kinh tế của trung hòa các-bon. Năng lượng tái tạo, công nghệ chuyển đổi các-bon, và công nghệ thu giữ và lưu trữ các-bon đang là những điểm nóng nghiên cứu trên thế giới. Nghiên cứu này phân tích toàn diện về các xu hướng nghiên cứu hiện tại và đề xuất các định hướng cho các nghiên cứu trong tương lai.

**Từ khóa:** Trung hòa các-bon, biến đổi khí hậu, phân tích trắc lượng thư mục.

**Mã JEL:** Q54, Q56

## A bibliometric analysis of different research trends for undertaking carbon-neutral research

**Abstract:**  
In the context of climate change and global warming, carbon neutrality has emerged as a crucial goal for the international community. This study employs bibliometric analysis to evaluate the development and research trends in carbon neutrality from 2000 to the present. By analyzing 2827 related publications from the Scopus database using the Biblioshiny tool in Rstudio, this study provides a comprehensive overview of research trends in the field of carbon neutrality. The findings reveal a significant increase in the number of publications in recent years, with research primarily focusing on practical applications, technical aspects, policy frameworks, and economic considerations of carbon neutrality. Renewable energy, carbon conversion technologies, and carbon capture and storage technologies have become prominent research hotspots worldwide. This study offers a comprehensive analysis of current research trends and suggests directions for future research.

**Keywords:** Carbon neutral, climate change, bibliometric analysis

**JEL Codes:** Q54, Q56

---

## 1. Giới thiệu

Các hoạt động của con người gần đây đã gây ra những thay đổi đáng kể trong khí quyển, đất đai, đại dương và sinh quyển, với tốc độ ấm lên toàn cầu tăng ở mức chưa từng thấy trước đây (Zhang & cộng sự, 2023). Hiệu ứng nhà kính, sự axit hóa các nguồn nước, và sự tan chảy của sông băng chỉ là một số vấn đề môi trường do lượng khí CO<sub>2</sub> thải ra quá mức gây ra (Shubbar & cộng sự, 2021). Những vấn đề này đã có tác động lớn đến đời sống xã hội và kinh tế của con người do tần suất và cường độ của thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng. Vì vậy, một mối quan tâm phổ biến hiện nay là làm thế nào để đạt được lượng phát thải các-bon tối thiểu trong công nghiệp, cuộc sống và phát triển kinh tế xã hội. Tại Hội nghị Biến đổi Khí hậu Paris (PCCC) ngày 12 tháng 12 năm 2015, 197 thành viên của UNFCCC đã đồng ý thông qua Hiệp định Paris (Falkner, 2016), đề ra một chiến lược hành động toàn cầu để chống biến đổi khí hậu sau năm 2020. Hiệp định này đặt ra mục tiêu duy trì sự tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu so với mức trước công nghiệp dưới 2°C vào cuối thế kỷ này và giảm sự gia tăng xuống dưới 1.5°C (Rogelj & cộng sự, 2016). Một hệ thống quản lý khí hậu mới được thiết lập thông qua phương pháp đóng góp do quốc gia tự quyết định, và các quốc gia đang dần thực hiện các mục tiêu “đạt đỉnh các-bon” và “trung hòa các-bon” của riêng mình. Đạt đỉnh các-bon là thời điểm khi lượng khí thải CO<sub>2</sub> ngừng tăng, đạt đỉnh và sau đó bắt đầu giảm. Trung hòa các-bon là khả năng đạt được bù đắp tích cực hoặc tiêu cực thông qua việc trồng cây, tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải để đạt được “phát thải bằng không” tương đối cho tổng lượng khí CO<sub>2</sub> hoặc khí nhà kính phát thải trực tiếp hoặc gián tiếp bởi một quốc gia, doanh nghiệp, sản phẩm, hoạt động, hoặc cá nhân trong một khoảng thời gian cụ thể (Lin & cộng sự, 2023). Trong bối cảnh này, nhu cầu cấp thiết về bảo vệ môi trường đã dẫn đến sự quan tâm rộng rãi và phát triển nhanh chóng của chủ đề trung hòa các-bon, với sự bùng nổ tương ứng trong khối lượng tài liệu. Các học giả hàng đầu từ các lĩnh vực khác nhau ngày càng khám phá và nghiên cứu lĩnh vực đa ngành này, bao gồm kiến thức từ nhiều ngành khác nhau và các vấn đề phức tạp. Việc phân tích và xem xét có hệ thống các phát hiện đã đạt được trong lĩnh vực này là rất quan trọng và mang lại nhiều lợi ích (Zhang & cộng sự, 2023).

Một số tổng quan về trung hòa các-bon từ các góc độ chuyên môn đã được trình bày bởi các nhà nghiên cứu từ các lĩnh vực liên quan, bao gồm các nghiên cứu về vật liệu thân thiện với môi trường (Zhang & cộng sự, 2022), khó khăn trong các ngành công nghiệp phát thải cao (Sahrin & cộng sự, 2022), công nghệ trung hòa các-bon (Wang & cộng sự, 2021; Yang & cộng sự, 2021), và lộ trình chuyển đổi năng lượng (Rabbi & cộng sự, 2022). Các ấn phẩm này thúc đẩy lĩnh vực trung hòa các-bon, cung cấp một tổng quan toàn diện về kiến thức chuyên môn trong lĩnh vực này. Mục đích của bài viết này là xem xét tài liệu về trung hòa các-bon đã được xuất bản đến nay, tiến hành phân tích thư mục và nội dung sử dụng các công cụ trực quan, và trả lời ba câu hỏi nghiên cứu sau: (1) Đặc điểm của xu hướng xuất bản về trung hòa các-bon là gì? (2) Những điểm nóng chính trong lĩnh vực nghiên cứu trung hòa các-bon là gì? (3) Những hướng nghiên cứu có tiềm năng trong tương lai?

Bằng công cụ Biblioshiny trong Rstudio, dữ liệu tài liệu thu thập được với tiêu đề trung hòa các-bon được trực quan hóa và phân tích để đưa ra bức tranh toàn cảnh về sự phát triển và xu hướng động của lĩnh vực này về phân tích thống kê mô tả (tác giả có đóng góp cao, tạp chí, tổ chức và quốc gia), phân tích mạng lưới hợp tác, và phân tích cụm từ khóa. Sau đó, thảo luận về các hướng nghiên cứu tiềm năng trong tương lai và cuối cùng tổng kết công việc đã hoàn thành trong bài viết này và dự đoán sự phát triển trong tương lai của nghiên cứu trung hòa các-bon. Các phần còn lại của bài viết được cấu trúc như sau: Phần 2 mô tả chuẩn bị phân tích trực quan thư mục về thu thập dữ liệu và lựa chọn công cụ. Phần 3 trình bày kết quả phân tích thư mục bao gồm xu hướng xuất bản và các phân tích về tác giả, quốc gia/khu vực, tổ chức, danh mục và từ khóa. Phần 4 cung cấp các thảo luận chi tiết về các chủ đề chính đạt được từ phân tích thư mục của tài liệu và đề xuất các hướng nghiên cứu thêm trong tương lai. Phần 5 tóm tắt toàn bộ các ý chính được phân tích và thảo luận trong nghiên cứu.

## 2. Tổng quan nghiên cứu

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gây nên những tác động tiêu cực lên đời sống con người, đe dọa các mục tiêu phát triển kinh tế và xã hội, các nghiên cứu về trung hòa các-bon đã thu hút sự quan tâm ngày càng tăng từ các học giả và chuyên gia trên toàn thế giới. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để phân tích các khía cạnh khác nhau của trung hòa các-bon, bao gồm việc sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường, các công nghệ hỗ trợ giảm phát thải cho các ngành công nghiệp phát thải cao, ứng dụng các công

---

nghe trung hòa các-bon, và các lộ trình chuyển đổi năng lượng. Trong năm 2022, nhiều nghiên cứu về việc sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường để giảm phát thải các-bon trong các ngành công nghiệp xây dựng và sản xuất đã được thực hiện (Zhang & cộng sự, 2022). Cũng trong năm 2022, nhiều ấn phẩm đã trình bày các phân tích về những thách thức mà các ngành công nghiệp phát thải cao phải đối mặt trong việc đạt được mục tiêu trung hòa các-bon và kết luận rằng các ngành này cần áp dụng các công nghệ và quy trình sản xuất mới để giảm thiểu phát thải (Sahrin & cộng sự, 2022). Năm 2011, nhiều nghiên cứu về các công nghệ tiên tiến như công nghệ thu giữ và lưu trữ các-bon (CCS) và công nghệ chuyển đổi các-bon, được xem là các giải pháp tiềm năng để đạt được trung hòa các-bon được thực hiện và đạt nhiều thành tựu (Yang & cộng sự, 2021). Rabbi & cộng sự (2022) đã phân tích các lộ trình chuyển đổi năng lượng từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch sang các nguồn năng lượng tái tạo, nghiên cứu này đã chỉ ra rằng việc chuyển đổi năng lượng là một yếu tố quan trọng để đạt được mục tiêu trung hòa các-bon. Năm 2016, nghiên cứu của Rogelj & cộng sự (2016) đã phân tích các kịch bản để đạt được mục tiêu hạn chế sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu dưới 1.5°C, nghiên cứu này nhấn mạnh việc triển khai công nghệ giảm phát thải và tăng cường các biện pháp hấp thụ các-bon là vô cùng cần thiết. Năm 2018, một nghiên cứu quan trọng đã phân tích các chính sách và chiến lược quốc gia nhằm đạt được trung hòa các-bon, nghiên cứu này đã chỉ ra sự cần thiết của hợp tác toàn cầu và các chính sách linh hoạt liên ngành trong lộ trình đạt được trung hòa các-bon toàn cầu (Pielke & cộng sự, 2018). Tại Việt Nam, nghiên cứu về trung hòa các-bon đã được chú trọng trong những năm gần đây, đặc biệt trong bối cảnh quốc gia đã cam kết thực hiện các mục tiêu giảm phát thải theo các công ước quốc tế. Một số nghiên cứu đã phân tích các chính sách và chiến lược quốc gia về giảm phát thải các-bon, đặc biệt là trong ngành công nghiệp và nông nghiệp, đồng thời đưa ra các khuyến nghị để cải thiện hiệu quả của các chính sách hiện hành. Bên cạnh đó, Chính phủ và các doanh nghiệp ở Việt Nam ngày càng tập trung vào phát triển bền vững như một phần của chiến lược kinh tế. Một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự chuyển đổi này là Cơ chế Điều chỉnh Biên giới Các-bon (CBAM) của Liên minh châu Âu, đã và đang có ảnh hưởng đến các doanh nghiệp xuất khẩu của Việt Nam sang châu Âu. Nhiều nghiên cứu đã được tiến hành nhằm hiểu rõ hơn về tác động của CBAM đối với các ngành công nghiệp chủ chốt như sắt thép, xi măng, và phân bón, đồng thời xác định các giải pháp để giảm thiểu lượng phát thải các-bon và tăng cường cạnh tranh.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về các khía cạnh khác nhau trong lĩnh vực trung hòa các-bon, vẫn còn một khoảng trống nghiên cứu quan trọng trong việc tổng hợp và phân tích toàn diện các xu hướng trong lĩnh vực này. Trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp phân tích trắc lượng thư mục, bao gồm phân tích thống kê mô tả, phân tích cụm từ khóa và phân tích nội dung để đánh giá số lượng và xu hướng xuất bản các công trình nghiên cứu về trung hòa các-bon, xác định các điểm nóng nghiên cứu. Bài báo cũng đưa ra các thảo luận về các xu hướng nghiên cứu chính đồng thời đề xuất hướng nghiên cứu thêm trong tương lai. Nghiên cứu này không chỉ cung cấp cái nhìn tổng quan về tình hình hiện tại của nghiên cứu trung hòa các-bon mà còn đề xuất hướng nghiên cứu tiềm năng, góp phần vào sự phát triển bền vững và hiệu quả của lĩnh vực này trong tương lai.

### **3. Phương pháp nghiên cứu**

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích trắc lượng thư mục khoa học nhằm nhanh chóng nắm bắt xu hướng phát triển cũng như các điểm nóng nghiên cứu của các lĩnh vực học thuật thông qua đánh giá định lượng và hệ thống hóa các tài liệu đã được xuất bản. Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đã trình bày ở phần trên, nghiên cứu này tiến hành phân tích trắc lượng thư mục toàn diện các tài liệu (sử dụng ngôn ngữ tiếng Anh) đã được xuất bản trong lĩnh vực trung hòa các-bon từ năm 2000 đến tháng 7 năm 2024.

#### **3.1. Thu thập và xử lý dữ liệu**

Trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn cơ sở dữ liệu Scopus làm nguồn tài liệu nghiên cứu sau khi đánh giá uy tín, độ phong phú thông tin và khả năng tương thích với các phần mềm phân tích trắc lượng thư mục khác nhau. Các ấn phẩm nghiên cứu đã xuất bản (sử dụng ngôn ngữ tiếng Anh) có cụm từ “carbon neutrality” hoặc “carbon neutral” trong tiêu đề được chọn là các tài liệu phù hợp nhất. Thời gian xuất bản được giới hạn từ năm 2000 đến tháng 7 năm 2024. Trong đó, các ấn phẩm “bài báo khoa học”, “bài viết hội thảo”, “chương sách”, “sách” và được viết bằng ngôn ngữ “tiếng Anh” đã được chọn lọc để phân tích. Trong quá trình chọn lọc dữ liệu, các tài liệu không liên quan được đánh giá kỹ về nội dung trước khi loại bỏ. Tổng cộng 2827 ấn phẩm cuối cùng được lựa chọn để phân tích trong nghiên cứu này.

#### **3.2. Phương pháp nghiên cứu**

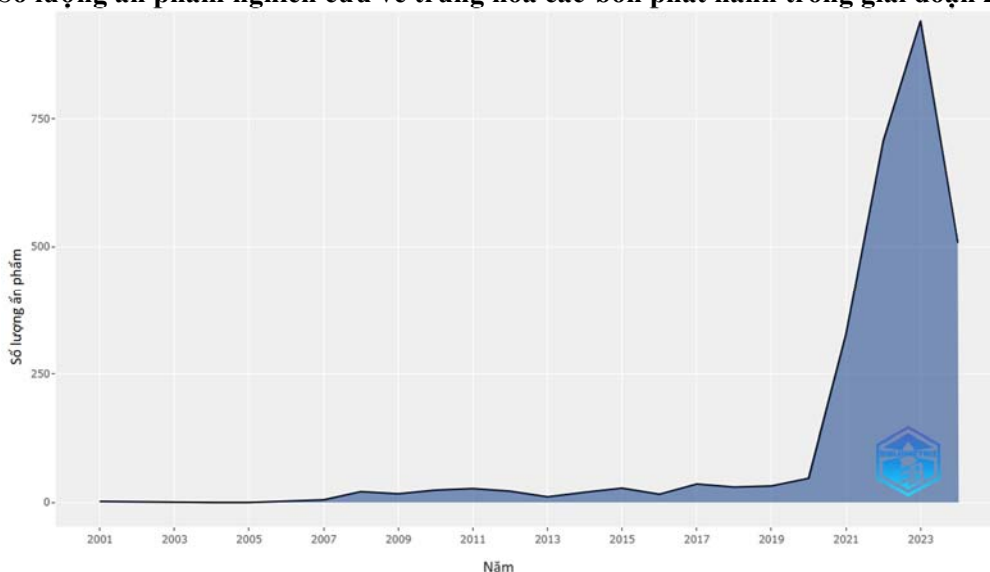
Hiện nay, các kỹ thuật phân tích trực quan của tài liệu (như Citespace, VOSviewer, HistCite, Bibliometrix, v.v.) được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu khoa học vì khả năng tổng hợp thông tin toàn diện từ nhiều tài liệu liên quan đến một lĩnh vực nghiên cứu cụ thể một cách nhanh chóng. Trong nghiên cứu này, công cụ Biblioshiny trong ứng dụng Rstudio sẽ được sử dụng để trực quan hóa các thông tin phân tích từ các ấn phẩm nghiên cứu về trung hòa các-bon. Thông qua tính năng phân tích trực quan của Biblioshiny, nghiên cứu đưa ra các đánh giá quan trọng và toàn diện về các điểm nóng và xu hướng nghiên cứu trong lĩnh vực trung hòa các-bon.

#### 4. Kết quả

##### 4.1. Số lượng ấn phẩm qua các năm và các nghiên cứu được trích dẫn nhiều nhất

Hình 1 mô tả sự phát triển về số lượng và trích dẫn của các ấn phẩm nghiên cứu về trung hòa các-bon. Tính đến năm 2020, số lượng tài liệu phát hành trong lĩnh vực trung hòa các-bon có xu hướng tăng mạnh mẽ; trong đó, số lượng ấn phẩm tăng từ 47 vào năm 2020 lên 328 vào năm 2021 và 707 vào năm 2022.

**Hình 1: Số lượng ấn phẩm nghiên cứu về trung hòa các-bon phát hành trong giai đoạn 2000-2024**



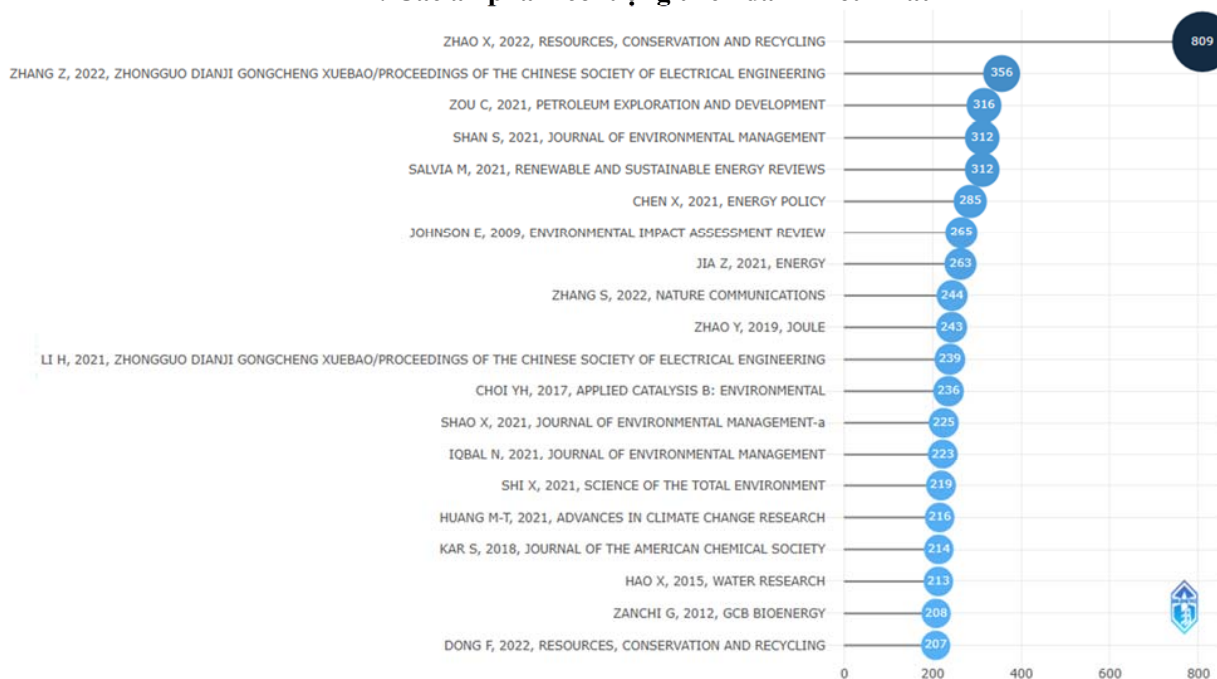
Nguồn: Kết quả tác giả thu được từ Biblioshiny

Do sự gia tăng trong nhận thức của cộng đồng quốc tế về tầm quan trọng và tính nghiêm trọng của việc bảo vệ môi trường trong bối cảnh biến đổi khí hậu, lĩnh vực trung hòa các-bon đã thu hút nhiều sự chú ý hơn trong những năm gần đây. Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các ấn phẩm trong lĩnh vực trung hòa các-bon tới các lĩnh vực nghiên cứu khác, tác giả đã thực hiện phân tích số lượng trích dẫn (citations) thông qua công cụ Bibliometrix trong Rstudio. Các ấn phẩm được trích dẫn nhiều nhất về các chủ đề trung hòa các-bon được liệt kê trong Hình 2. Hầu hết các ấn phẩm này thuộc các lĩnh vực khoa học môi trường, năng lượng sinh học nông nghiệp và hóa học. Các ấn phẩm xếp hạng cao nhất theo thống kê tập trung vào việc đề xuất các giải pháp sáng tạo để chuyển đổi từ việc sử dụng các nhiên liệu phát thải nhiều khí nhà kính có hại sang nhiên liệu trung hòa các-bon; xem xét các phương pháp chuyển đổi từ nền kinh tế nhiên liệu hóa thạch sang nền kinh tế hydrogen và nhấn mạnh tầm quan trọng của công nghệ và nhiên liệu trung hòa các-bon trong quá trình chuyển đổi; ngoài ra, nhóm ấn phẩm được trích dẫn cao còn tập trung vào việc nghiên cứu các vật liệu để ứng dụng trong thu giữ, lưu trữ, vận chuyển và chuyển đổi các phân tử khí CO<sub>2</sub>. Những ấn phẩm này đã có những đóng góp quan trọng cho sự phát triển của lĩnh vực trung hòa các-bon thông qua các nghiên cứu về các chủ đề như năng lượng tái tạo, nhiên liệu trung hòa các-bon, công nghệ thu giữ và lưu trữ các-bon và các công nghệ tiên tiến khác trong quá trình chuyển đổi bền vững.

##### 4.2. Các nguồn xuất bản chính

Các tạp chí hoặc các nhà xuất bản có nhiều ấn phẩm nghiên cứu nhất trong lĩnh vực trung hòa các-bon bao gồm tạp chí sản xuất sạch (Journal of clear production) với 106 ấn phẩm tính đến tháng 7 năm 2024, tạp chí phát triển bền vững (Sustainability) với 97 ấn phẩm, tạp chí nghiên cứu về khoa học môi trường và

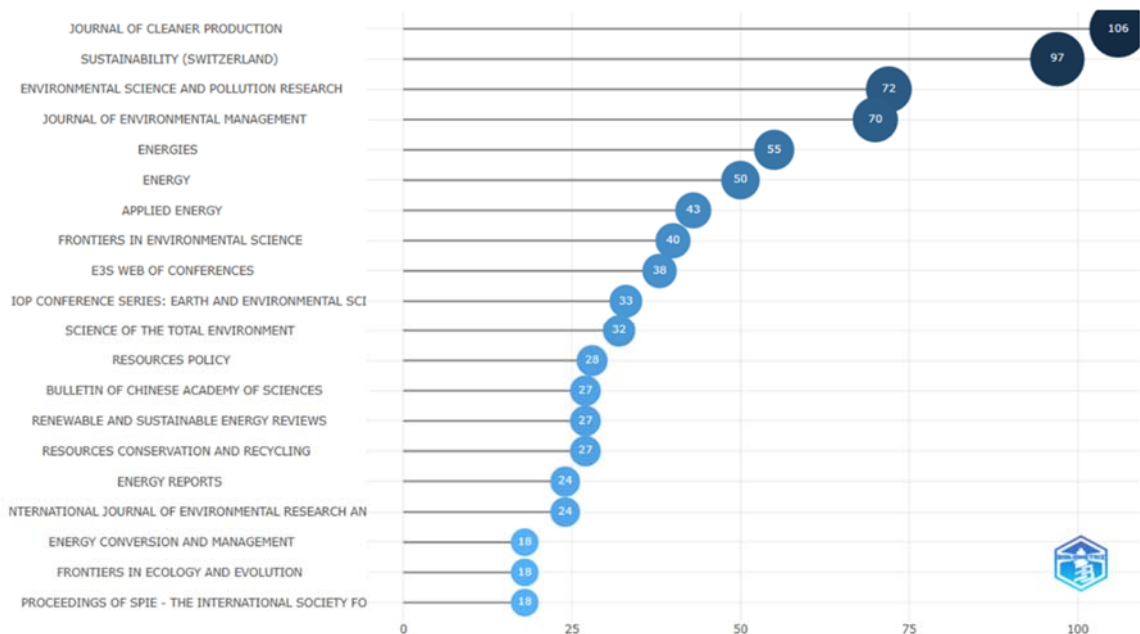
**Hình 2: Các ấn phẩm có lượng trích dẫn nhiều nhất**



Nguồn: Kết quả tác giả thu được từ Biblioshiny

ô nhiễm môi trường (Environmental Science and pollution research) với 72 ấn phẩm, tạp chí quản lý môi trường (Journal of environmental management) với 70 ấn phẩm, tạp chí năng lượng (Energies) và tạp chí năng lượng ứng dụng (Applied energy) lần lượt với 66 và 43 ấn phẩm (Hình 3).

**Hình 3: Top 20 các nguồn tài liệu (tạp chí/nhà xuất bản) có nhiều ấn phẩm nghiên cứu trong lĩnh vực trung hòa các-bon**



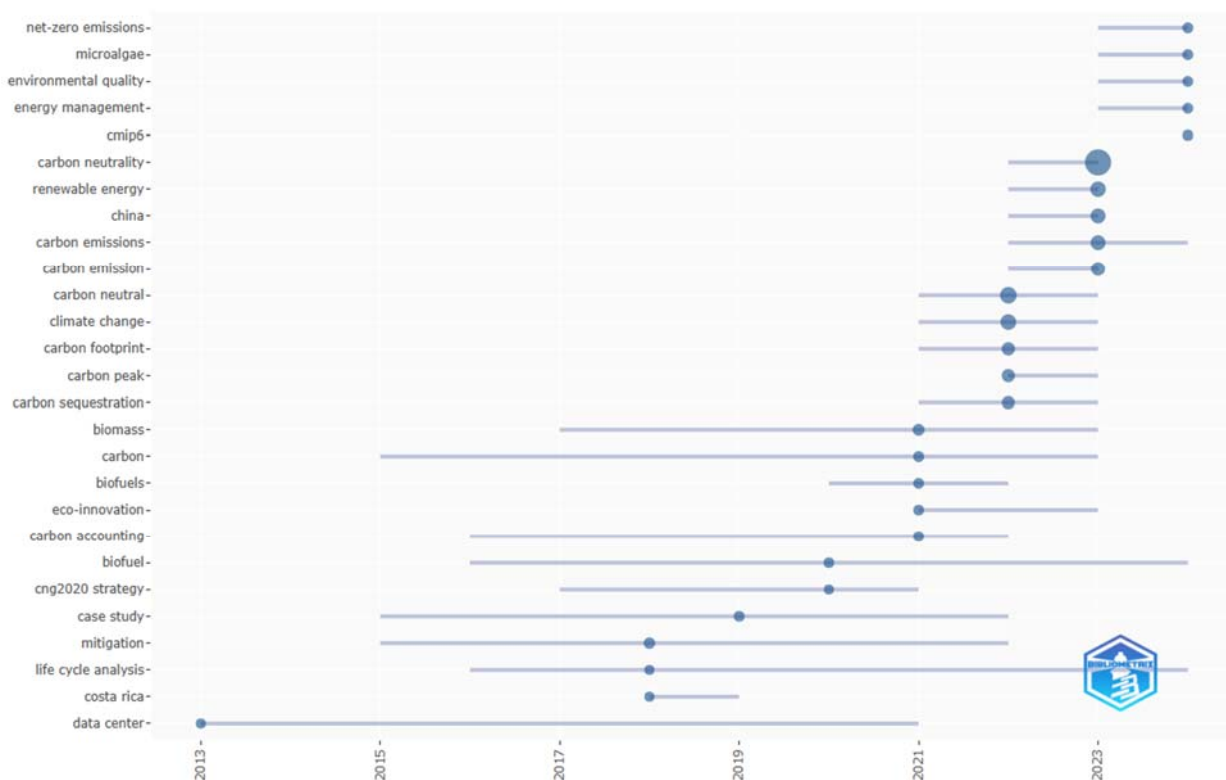
Nguồn: Kết quả tác giả thu được từ Biblioshiny.

#### 4.3. Xu hướng chủ đề nghiên cứu của các ấn phẩm trong lĩnh vực trung hòa các-bon

Theo kết quả phân tích về xu hướng chủ đề nghiên cứu từ tập dữ liệu 2827 ấn phẩm trong nguồn dữ liệu

Scopus, các ấn phẩm trong lĩnh vực trung hòa các-bon thường mang tính liên ngành, kết hợp kiến thức từ nhiều lĩnh vực như kỹ thuật môi trường, hóa học, kỹ thuật dân dụng, v.v. Các ấn phẩm trong các lĩnh vực khoa học môi trường và nhiên liệu năng lượng chiếm tỷ lệ cao nhất, tiếp theo đó là các nghiên cứu về chuyên đổi xanh và phát triển bền vững, đổi mới khoa học và công nghệ. Điều này cho thấy nghiên cứu về trung hòa các-bon liên quan chặt chẽ đến môi trường, năng lượng và công nghệ, vì vậy cách quản lý phát thải các-bon đảm bảo hiệu quả năng lượng và đạt được mục tiêu phát triển bền vững là xu hướng quan trọng cần nghiên cứu. Các phát hiện về xu hướng nghiên cứu thu được thông qua việc áp dụng phân tích TrendTopics của công cụ Bibliometrix để phân tích xu hướng phát triển của các từ khóa (Hình 4). Kích thước của các điểm màu xanh (blue bubbles) cho thấy tần suất của từ khóa liên quan, và độ dài đoạn nối đại diện cho các năm (giai đoạn của xu hướng) được bao phủ bởi tần suất cao của từ khóa. Xu hướng của các từ khóa có tần suất cao đã dần thay đổi kể từ năm 2010, các từ khóa có tần suất cao chủ yếu tập trung vào các năm 2020–2022, điều này cho thấy rằng hai năm này là giai đoạn mở rộng và sâu sắc của sự phát triển trong lĩnh vực. Các phát hiện từ phân tích trên cung cấp cái nhìn tổng quan về các lĩnh vực chính cho nghiên cứu trong tương lai trong lĩnh vực trung hòa các-bon, đồng thời cung cấp định hướng cơ bản về phạm vi các chủ đề đã được thảo luận tính đến tháng 7 năm 2024.

**Hình 4: Các chủ đề nghiên cứu chính trong lĩnh vực trung hòa các-bon phân loại theo từ khóa của tác giả “author-keyword” thông qua phân tích Trendstopic**

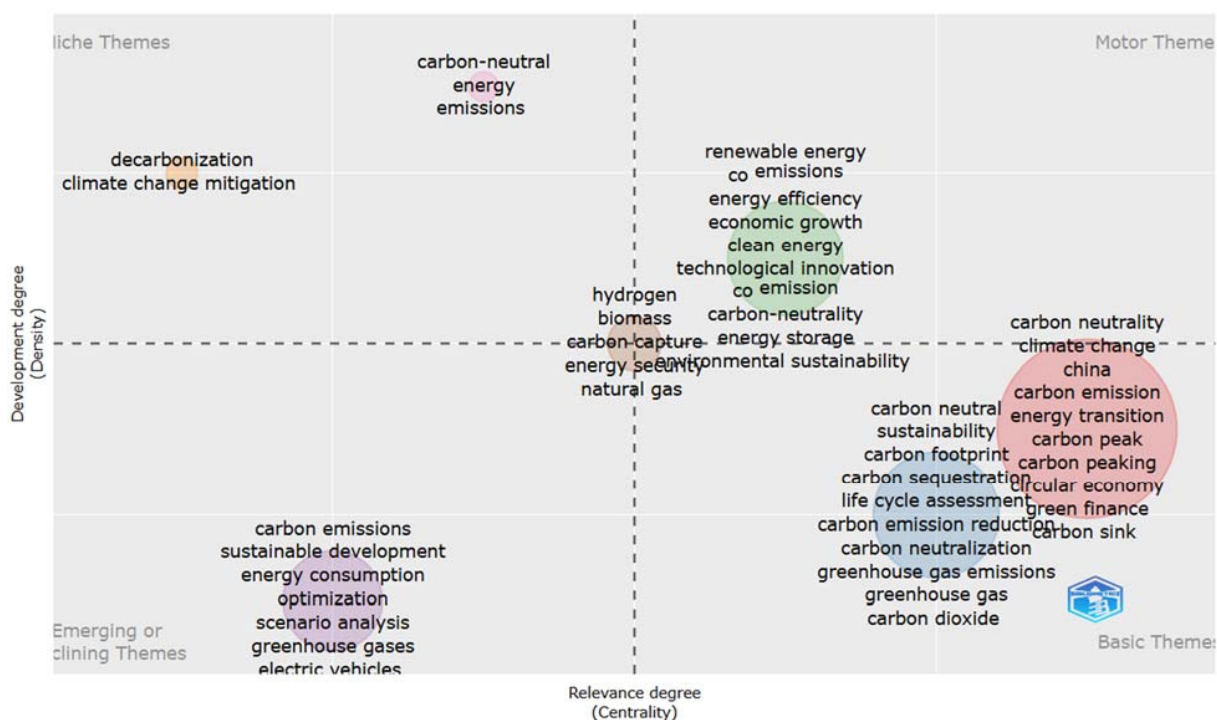


*Nguồn: Kết quả tác giả thu được từ Biblioshiny.*

Từ việc phân tích các nghiên cứu đã được thực hiện cho đến nay, việc giảm phát thải CO<sub>2</sub>, tìm kiếm các nguồn năng lượng tái tạo thay thế, và các công nghệ tối ưu hiệu suất sử dụng năng lượng đã trở thành các lĩnh vực nghiên cứu nóng. Bên cạnh phân tích Trendstopic, Hình 5 thể hiện phân bố xu hướng nghiên cứu theo phân loại từ khóa tác giả “author-keyword” sử dụng chức năng phân tích “thematic evolution” góp phần làm rõ xu hướng, với trục ngang chỉ mức độ quan trọng và trục dọc chỉ mức độ phát triển. Hình mô tả kết quả phân tích gồm bốn phần tư, với phần tư đầu tiên đại diện cho các chủ đề ngách với mức độ quan trọng thấp nhưng mức độ phát triển cao, phần tư thứ hai đại diện cho các chủ đề phổ biến với mức độ quan trọng và phát triển cao, và phần ba và bốn đại diện cho các chủ đề đang giảm chú ý và các chủ đề cơ bản.

Các chủ đề nghiên cứu quan trọng như phát thải CO<sub>2</sub>, nghiên cứu tác động của phát thải CO<sub>2</sub>, và năng lượng tái tạo vẫn đang ở giai đoạn phát triển mạnh về số lượng. Trong số đó, nghiên cứu về các chủ đề như “thu giữ CO<sub>2</sub>” và “sản xuất hydrogen”, hiện đang ở giai đoạn phát triển nâng cao. Các nghiên cứu về công nghệ liên quan đến thu giữ và lưu trữ các-bon, chuyển đổi các-bon, và sản xuất năng lượng hydrogen đã thu hút nhiều sự chú ý và đạt được thành công đáng kể trong ứng dụng thực tiễn (phần tư thứ 2 “motor theme”).

**Hình 5: Phân bố xu hướng nghiên cứu theo phân loại từ khóa tác giả “author-keyword” sử dụng chức năng phân tích “thematic evolution” trong Biblioshiny**



Nguồn: Kết quả tác giả thu được từ Biblioshiny.

#### 4.4. Tầm quan trọng của các nghiên cứu về trung hòa các-bon ở hiện tại

Phát thải các-bon quá mức là một trong những yếu tố chính góp phần vào hiện tượng nóng lên toàn cầu và gây nên những tác động tiêu cực cho môi trường sống của con người trong dài hạn. Các nghiên cứu phục vụ mục đích hướng tới trung hòa các-bon là vô cùng thiết yếu, đặc biệt là các nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải các-bon ở các khu vực khác nhau, hay những nghiên cứu về các đổi mới giúp giảm thải các-bon liên quan tới các nguồn năng lượng tái tạo thay cho nhiên liệu hóa thạch. Nhiều nghiên cứu ở quy mô quốc gia, khu vực hoặc thành phố đã thực hiện việc áp dụng nhiều chiến lược giảm phát thải trong các lĩnh vực khác nhau để đảm bảo tất cả các ngành có thể đạt được mục tiêu trung hòa các-bon theo mục tiêu của mỗi quốc gia và thế giới. Nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra ngành xây dựng là lĩnh vực tiêu thụ tài nguyên và năng lượng lớn nhất, và sự giảm phát thải của ngành này sẽ có tác động lớn đến việc chuyển đổi sang trung hòa các-bon (Tang & cộng sự, 2021). Mức độ ảnh hưởng của các quyết định giảm thải các-bon trong các giai đoạn lập kế hoạch, thực hiện, kết thúc và hoạt động của các dự án xây dựng đã được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp định tính kết hợp với đánh giá tài liệu hệ thống và các cuộc phỏng vấn bán cấu trúc sâu với các chuyên gia nhằm khuyến khích giảm phát thải các-bon trong ngành xây dựng (Yu & Tan, 2022). Từ năm 2020, các nhà nghiên cứu đặc biệt quan tâm đến ngành thép vì việc giảm phát thải trong ngành này gặp nhiều khó khăn do sự phức tạp trong các quá trình sản xuất và phân phối. Một số nghiên cứu cho rằng ngành thép cần áp dụng các công nghệ tiên tiến như thu giữ và lưu trữ các-bon và chuyển sang sản xuất thép bằng hydrogen để tăng hiệu quả giảm phát thải (Zhao & cộng sự, 2022).

Ngành năng lượng cũng đóng vai trò quan trọng trong việc đạt được các mục tiêu trung hòa các-bon, và sự tương tác và tích hợp giữa thị trường năng lượng và thị trường các-bon sẽ giúp giảm phát thải các-bon

---

hiệu quả hơn do sự liên quan về mặt thể chế, tương tác giá cả và hành vi giao dịch (Li & cộng sự, 2023). Bên cạnh đó, do nhu cầu phát triển, mỗi năm các quốc gia đều tiêu thụ một khối lượng năng lượng khổng lồ, điều này gây áp lực lớn lên môi trường và an ninh năng lượng quốc gia; do đó, sẽ cần có một cuộc chuyển đổi năng lượng và tìm kiếm các nguồn năng lượng mới, sạch và tái tạo để đạt được mục tiêu trung hòa các-bon trong thời gian dự định. Các nguồn năng lượng sạch như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng thủy điện, sinh khối và địa nhiệt là các loại năng lượng tái tạo đang nhận được sự quan tâm nghiên cứu lớn hiện nay. Một số nghiên cứu đã kiểm tra mối liên hệ giữa năng lượng tái tạo và trung hòa các-bon. Năng lượng tái tạo có thể giúp đạt được trung hòa các-bon bằng cách giảm phát thải CO<sub>2</sub>. Một số mô hình hồi quy đã được phát triển để phân tích việc sử dụng năng lượng tái tạo ở Ấn Độ và phát hiện rằng với mỗi 2% tăng trưởng trong việc sử dụng năng lượng tái tạo, sẽ có một sự giảm 1% trong phát thải CO<sub>2</sub> (Das & cộng sự, 2023). Cũng thông qua việc nghiên cứu và sử dụng phương pháp hồi quy, Liu & cộng sự (2021) đã đánh giá sự đóng góp của việc chuyển đổi sang tiêu thụ năng lượng tái tạo đối với mục tiêu trung hòa các-bon ở các quốc gia là rất lớn trong dài hạn. Do đó, một trong những cách quan trọng để đảm bảo các mục tiêu trung hòa các-bon được thực hiện là tăng cường chi tiêu và đầu tư vào nghiên cứu và phát triển các nguồn năng lượng tái tạo. Tuy nhiên, một số nguồn năng lượng tái tạo có tính không ổn định, dẫn đến nhu cầu sử dụng năng lượng tái tạo còn thấp và ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng hoạt động an toàn của hệ thống điện (Feng & cộng sự, 2022). Để thúc đẩy tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo, hệ thống điện của các quốc gia phải được tối ưu hóa hoàn toàn, và mỗi quốc gia nên thiết lập một hệ thống điện dựa trên năng lượng tái tạo với sự hỗ trợ đầy đủ của chính phủ cho quá trình sản xuất, tiêu thụ, phân phối và dự trữ năng lượng (Desalegn & cộng sự, 2022). Takahashi & cộng sự (2022) đã tạo ra các mô-đun điện thông minh để tăng tính ứng dụng của các nguồn năng lượng biến động như năng lượng mặt trời và gió, đáp ứng nhu cầu của ngành năng lượng tái tạo. Mặc dù các nghiên cứu phục vụ mục tiêu trung hòa các-bon đang tăng mạnh, nhu cầu về số lượng nghiên cứu vẫn ngày một tăng cao nhằm giải quyết các vấn đề cần các giải pháp khoa học, xã hội, chính trị và công nghệ để thúc đẩy cộng đồng toàn cầu tiến tới trung hòa các-bon. Việc liên tục nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải các-bon và tìm kiếm các con đường giảm phát thải trong các ngành công nghiệp phát thải các-bon cao đã trở thành một chủ đề nghiên cứu nóng, nhằm đề xuất các giải pháp hữu ích và hiệu quả để đạt được trung hòa các-bon.

### **5. Xu hướng nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong lĩnh vực trung hòa các-bon**

Trong những năm gần đây, việc sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) đang thay đổi mọi khía cạnh của nhân loại và ngày càng trở nên quan trọng trong việc thúc đẩy quá trình trung hòa các-bon. Đối mặt với sự phức tạp và không chắc chắn trong các hệ thống năng lượng hướng tới mục tiêu trung hòa các-bon, các kỹ thuật truyền thống gặp khó khăn trong việc xử lý sự mơ hồ và không chắc chắn phát sinh trong quá trình chuyển đổi. Sự phát triển của các công nghệ ứng dụng trí tuệ nhân tạo nhằm tối ưu hóa quá trình chuyển đổi hướng tới trung hòa các-bon, chẳng hạn như công nghệ sản xuất hydro (Cao & cộng sự, 2021), công nghệ dự đoán (Myeongnam & cộng sự, 2022), và công nghệ giám sát chẩn đoán (Kempitiya & cộng sự, 2020) giúp cho quá trình đạt được trung hòa các-bon trở nên thiết thực hơn. Sự không chắc chắn của các quyết định lớn trong quá trình chuyển đổi từ các hệ thống tiêu thụ năng lượng truyền thống sang hệ thống sử dụng năng lượng hướng tới trung hòa các-bon là những thách thức có thể được giải quyết bằng các thuật toán AI và mở đường cho quá trình chuyển đổi trung hòa các-bon. Ứng dụng học máy (machine learning) và trí tuệ nhân tạo đã thu hút sự quan tâm đáng kể của giới nghiên cứu cũng như các nhà đầu tư. Với sự phát triển và ứng dụng của AI, các nghiên cứu trong tương lai về lĩnh vực trung hòa các-bon nên tập trung vào việc tích hợp AI với các nghiên cứu hướng tới trung hòa các-bon, đây được dự đoán là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng và phổ biến trong tương lai.

### **6. Kết luận**

Việc nghiên cứu toàn diện các ấn phẩm trong lĩnh vực trung hòa các-bon là rất cần thiết nhằm xác định một số khía cạnh của vấn đề chưa được nghiên cứu hoặc có thể được khám phá sâu hơn. Với sự hỗ trợ của công cụ Bibliometrix trong ứng dụng Rstudio, bài báo này trình bày một phân tích toàn diện và hệ thống về tài liệu liên quan đến trung hòa các-bon. Nghiên cứu này cũng tạo nền tảng cho các nghiên cứu trong tương lai bằng cách cung cấp một cái nhìn định lượng và hình ảnh, cũng như thảo luận về các kết quả đã được công bố về trung hòa các-bon. Nghiên cứu phân tích 2827 ấn phẩm được lấy từ cơ sở dữ liệu cốt lõi của Scopus, xem xét các tác giả, ấn phẩm, quốc gia, khu vực, tạp chí, từ khóa và điểm nóng nghiên cứu. Điều đáng chú



---

ý là kể từ năm 2020, đã có sự gia tăng rõ rệt về số lượng các ấn phẩm về trung hòa các-bon. Các tác giả và tổ chức đóng góp hàng đầu trên thế giới là Trung Quốc với nhiều công bố nghiên cứu nhất, theo sau là Mỹ và các quốc gia thuộc liên minh Châu Âu, các quốc gia đang phát triển thực hiện ít nghiên cứu hơn. Các tạp chí và nhà xuất bản hàng đầu về số lượng trích dẫn thuộc lĩnh vực khoa học môi trường, bao gồm các điểm nóng nghiên cứu như nghiên cứu nhiên liệu trung hòa các-bon và phát triển công nghệ thu giữ các-bon. Các chủ đề về “phát thải các-bon,” “công nghệ năng lượng tái tạo,” “thu giữ và lưu trữ các-bon,” và “chuyển đổi các-bon” được xác định là các chủ đề nghiên cứu nóng và đang phát triển thông qua phân tích đồng xuất hiện từ khóa. Nghiên cứu đã phân tích và thảo luận về các điểm nóng nghiên cứu và đề xuất hướng nghiên cứu vận dụng trí tuệ nhân tạo trong quá trình chuyển đổi năng lượng từ truyền thống sang tái tạo phục vụ mục tiêu trung hòa các-bon. Nghiên cứu vẫn còn hạn chế do nguồn ấn phẩm chỉ giới hạn trong cơ sở dữ liệu của Scopus và chỉ bao gồm các ấn phẩm bằng tiếng Anh. Do đó, việc tìm kiếm từ khóa có thể không tìm ra tất cả các bài báo liên quan bằng các ngôn ngữ khác. Các nghiên cứu theo sau có thể tiếp tục hoàn thiện điểm yếu này để quá trình phân tích xu hướng nghiên cứu về trung hòa carbon được toàn diện hơn.

### Tài liệu tham khảo

- Cao, J., Zhang, W., Li, Y., Zhao, C., Zheng, Y., & Yu, B. (2021), ‘Current status of hydrogen production in China,’ *Progress in Chemistry*, 33(12), 2215–2244, <https://doi.org/10.7536/pc201128>.
- Das, N., Murshed, M., Rej, S., Bandyopadhyay, A., Hossain, M.E., Mahmood, H., Dagar, V., & Bera, P. (2023), ‘Can clean energy adoption and international trade contribute to the achievement of India’s 2070 các-bon neutrality agenda? Evidence using quantile ARDL measures’, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 30, 262–277, <https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2139780>.
- Desalegn, B., Gebeyehu, D., & Tamirat, B. (2022), ‘Wind energy conversion technologies and engineering approaches to enhancing wind power generation: A review’, *Heliyon*, 8(11), e11263, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11263>.
- Falkner, R. (2016), ‘The Paris Agreement and the new logic of international climate politics’, *International Affairs*, 92(5), 1107–1125, <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12708>.
- Feng, Z.K., Niu, W.J., Cheng, C.T., Zhou, J.Z., & Yang, T. (2022), ‘China’s hydropower energy system toward các-bon neutrality’, *Frontiers in Engineering Management*, 9(4), 677–682, <https://doi.org/10.1007/s42524-022-0196-2>.
- Kempitaya, T., Sierla, S., De Silva, D., Yli-Ojanperae, M., Alahakoon, D., & Vyatkin, V. (2020), ‘An artificial intelligence framework for bidding optimization with uncertainty in multiple frequency reserve markets’, *Applied Energy*, 280, 115918, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115918>.
- Li, Y., Feng, T.-t., Liu, L.-l., & Zhang, M.x. (2023), ‘How do the electricity market and các-bon market interact and achieve integrated development?—A bibliometric-based review’, *Energy*, 265, 126308, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126308>.
- Lin, H., Zhou, Z., Chen, S., & Jiang, P. (2023), ‘Clustering and assessing các-bon peak statuses of typical cities in underdeveloped Western China’, *Applied Energy*, 329, 120299, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120299>.
- Liu, F., Khan, Y., & Marie, M. (2021), ‘Các-bon neutrality challenges in Belt and Road countries: What factors can contribute to CO2 emissions mitigation?’, *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 14884–14901, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22983-0>.
- Myeongnam, P., Kim, B., Hong, G.H., & Shin, D. (2022), ‘Technology trends of smart abnormal detection and diagnosis system for gas and hydrogen facilities’, *Journal of Korean Institute of Gas*, 26(4), 41–57. <https://doi.org/10.7842/kigas.2022.26.4.41>.
- Pielke, R. A., Knutson, T., & Smith, R. B. (2018), ‘The Role of Các-bon Neutrality in Climate Policy: A Comprehensive Review’, *Global Environmental Change*, 52, 235–246.
- Rabbi, M. F., Popp, J., Mate, D., & Kovacs, S. (2022), ‘Energy security and energy transition to achieve các-bon neutrality’, *Energies*, 15(21), 8126, <https://doi.org/10.3390/en15218126>.
- Rogelj, J., den Elzen, M., Hoehne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Chaeffer, R. S., Ha, F., Riahi, K., &

- 
- Meinshausen, M. (2016), 'Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 degrees C', *Nature*, 534, 631–639, <https://doi.org/10.1038/nature18307>.
- Sahin, N. T., Khoo, K. S., Lim, J. W., Shamsuddin, R., Ardo, F. M., Ravindran, H., Hassan, M., Kiatkittipong, W., Abdelfattah, E. A., Da Oh, W., & Cheng, C. K. (2022), 'Current perspectives, future challenges and key technologies of biohydrogen production for building a carbon-neutral future: a review', *Bioresource Technology*, 364, 128088, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128088>.
- Shubbar, A., Nasr, M., Falah, M., & Al-Khafaji, Z. (2021), 'Towards net zero carbon economy: improving the sustainability of existing industrial infrastructures in the UK', *Energies*, 14(18), 5896, <https://doi.org/10.3390/en14185896>.
- Takahashi, Y., Ikeda, Y., Watanabe, H., & Itoh, J. (2022), 'Universal smart power module (USPM) for carbon neutral society', In *International Power Electronics Conference (IPEC-Himeji - ECCE Asia)*, pp. 1281–1287, Himeji, Japan.
- Tang, B.-J., Guo, Y.-Y., Yu, B., & Harvey, L.D.D. (2021), 'Pathways for decarbonizing China's building sector under global warming thresholds', *Applied Energy*, 298, 117213, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117213>.
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Yuan, Z., Wang, M., Wang, F., Li, S., Yin, Z., Huang, L., Fu, Y., Li, L., Chang, S. X., Zhang, L., Rinklebe, J., Yuan, Z., Zhu, Q., Xiang, L., Tsang, D. C. W., Xu, L. (2021), 'Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality', *Innovations*, 2(4), 100180, <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100180>.
- Yang, E., Mohamed, H. O., Park, S.-G., Obaid, M., Al-Qaradawi, S. Y., Castan, P., Chon, K., & Chae, K.-J. (2021), 'A review on self-sustainable microbial electrolysis cells for electro-biohydrogen production via coupling with carbon-neutral renewable energy technologies', *Bioresource Technology*, 320, 124363, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124363>.
- Yu, X., & Tan, C. (2022), 'China's pathway to carbon neutrality for the iron and steel industry. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions', 76, 102574, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102574>.
- Zhang, X., Liu, Y., & Wang, J. (2023), 'Climate Change and the Accelerated Rate of Global Warming: An Analytical Review', *Environmental Science & Policy*, 130, 10-23.
- Zhang, Y. Y., He, M. J., Wang, L., Yan, J. H., Ma, B., Zhu, X. H., Ok, Y. S., Mechtcherine, V., & Tsang, D. C. W. (2022), 'Biochar as construction materials for achieving carbon neutrality', *Biochar*, 4, <https://doi.org/10.1007/s42773-022-00182-x>.
- Zhao, F.Q., Bai, F.L., Liu, X.L., & Liu, Z.W. (2022), 'A review on renewable energy transition under China's carbon neutrality target', *Sustainability*, 14(22), 15006, <https://doi.org/10.3390/su142215006>.