

NEU
HUMG

HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
Quản lý, khai thác và sử dụng hiệu quả bền vững tài nguyên trong nền kinh tế hội nhập

2025



TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

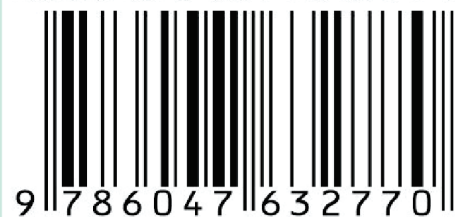


ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

Quản lý, khai thác và sử dụng hiệu quả bền vững
Tài nguyên trong nền kinh tế hội nhập

ISBN: 978-604-76-3277-0



SÁCH KHÔNG BÁN

LẦN THỨ 2

2025



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 8 Tầng Bạt Hồ, phường Cửa Nam, TP. Hà Nội

ĐT: 024.39424620 - 39423346 * Fax: 024.38224784

Website: www.nxbgtvt.vn * Email: nxbgtvt@fpt.vn

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN, NỘI DUNG:

Giám đốc - Tổng Biên tập: Nguyễn Minh Nhật

BIÊN TẬP: **Dương Hồng Hạnh**

THIẾT KẾ: **Phương Linh**

Đối tác liên kết: Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Địa chỉ: Số 18 phố Viên, phường Đông Ngạc, TP. Hà Nội

In 500 cuốn khổ 20 x 29cm, tại Công ty cổ phần in và thương mại Ngọc Hưng

Địa chỉ: 296 đường Phúc Diễn, TDP số 1, phường Xuân Phương, TP. Hà Nội.

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 5367-2025/CXBIPH/2-112/GTVT.

Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-76-3277-0.

Quyết định xuất bản số: 119 LK/QĐ-XBGT ngày 24/12/2025.

In xong và nộp lưu chiểu quý 1 năm 2026.



HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ BỀN VỮNG

TÀI NGUYÊN TRONG NỀN KINH TẾ HỘI NHẬP

LẦN THỨ 2

Hà Nội, 12/2025

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ BỀN VỮNG TÀI NGUYÊN
TRONG NỀN KINH TẾ HỘI NHẬP – LẦN THỨ 2



BAN KHOA HỌC

1. GS.TS Trần Thanh Hải, HUMG
2. PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, HUMG
3. PGS.TS Lê Quang Duyên, HUMG
4. PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, HUMG
5. PGS.TS Ngô Thị Phương Thảo, NEU
6. TS. Nguyễn Thị Lan Anh, NEU
7. PGS.TS Lê Minh Thống, HUMG
8. PGS.TS Đỗ Văn Bình, HUMG
9. PGS.TS Lê Đức Tình, HUMG
10. PGS.TS Lê Ngọc Ánh, HUMG
11. TS. Tô Xuân Bản, HUMG

BAN BIÊN TẬP

1. PGS.TS Tống Thị Thanh Hương, HUMG
2. TS Nguyễn Khắc Long, HUMG
3. TS Nguyễn Tiến Hưng, HUMG
4. PGS.TS Nguyễn Anh Tuấn, HUMG
5. PGS.TS Nguyễn Văn Thịnh, HUMG
6. PGS.TS Lê Ngọc Ánh, HUMG
7. TS. Công Ngọc Thắng, HUMG
8. TS. Trần Danh Hùng, HUMG
9. TS. Nguyễn Tiến Hùng, HUMG
10. TS. Nguyễn Thanh Lâm, NEU
11. TS. Nguyễn Trần Tuấn, NEU
12. TS. Nguyễn Thị Lan Anh, NEU
13. TS. Phan Thị Hồng, HUMG
14. TS. Phạm Trung Kiên, HUMG
15. ThS. Nguyễn Văn Thành, HUMG
16. ThS. Trương Văn Từ, HUMG
17. ThS. Nguyễn Duy Mười, HUMG
18. ThS. Bùi Thị Ngân, HUMG
19. ThS. Nguyễn Thanh Tuấn, HUMG



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ BỀN VỮNG TÀI NGUYÊN
TRONG NỀN KINH TẾ HỘI NHẬP – LẦN THỨ 2



Mục lục

The erosion and accretion at Day River mouth, Vietnam. <i>Ban Xuan To¹</i>	1
Mô hình hệ sinh thái số hóa toàn diện cho ngành than Việt Nam – Từ sản xuất đến tiêu thụ, <i>Nguyen Duc Thang^{1,*}, Nguyen Thi Huong¹</i>	15
Tối ưu hóa nứt vỉa thủy lực cho giếng khí-condensate trong điều kiện áp suất cao nhiệt độ cao (HPHT), <i>Trương Văn Từ^{1,*}, Nguyễn Khắc Long¹</i>	23
Ứng dụng công nghệ số vào việc nghiên cứu và sản xuất năng lượng xanh và năng lượng tái tạo, <i>Nguyễn Thị Hải Yến¹</i>	31
Tác động của năng lượng xanh và chuyển đổi số đến năng lực cạnh tranh quốc gia: Phân tích dữ liệu bảng giai đoạn 2010 – 2024, <i>Nghiêm Xuân Khoát¹, Dang Thị Minh Hien²</i>	37
Phát triển du lịch địa chất tại các công viên địa chất toàn cầu ở Việt Nam: Thực trạng và giải pháp, <i>Lê Minh Thống^{1,*}</i>	46
Chuyển đổi số trong quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản bằng công nghệ WebGis, áp dụng cho tỉnh Lai Châu, <i>Trương Xuân Bình^{1,*}, Phạm An Cường¹, Nguyễn Thị Hải Yến¹, Phạm Văn Đồng¹</i>	52
Phân vùng triển vọng dầu khí theo phương pháp gradient chuẩn hóa toàn phần tài liệu trọng lực khu vực biển Đông Nam Việt Nam, <i>Trần Tuấn Dương^{1,2,*}, Nguyễn Phương Nam¹</i>	60
Hiệu quả của phương pháp địa vật lý lỗ khoan trong đánh giá, thăm dò quặng urani vùng trũng Nông Sơn, phục vụ phát triển điện hạt nhân ở Việt Nam, <i>Nguyễn Văn Tuyên^{1,*}, Lê Khánh Phôn², Trần Danh Hùng³</i>	72
Công nghệ BESS trong hệ thống năng lượng tái tạo: đánh giá tổng quan về kinh tế, kỹ thuật và một số bài học kinh nghiệm từ thế giới, <i>Lê Xuân Thành^{1,*}</i>	82
Quản lý nguồn tài nguyên đất xây dựng và nước dưới đất phục vụ phát triển công trình ngầm đô thị Hà Nội, <i>Nguyễn Thị Nụ^{1,*}, Bùi Trường Sơn¹</i>	91
Tài nguyên và phát triển bền vững: Vai trò của chính sách công trong nền kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa, <i>Võ Thị Hồng Hạnh^{1,*}</i>	99
Tổng quan về sự tham gia của cộng đồng trong thực hiện Hiệp định đối tác tự nguyện Việt Nam – Liên minh Châu Âu về thực thi Luật lâm nghiệp, quản trị rừng và thương mại lâm sản, <i>Nguyễn Thị Thu Giang¹, Ngô Thị Phương Thảo², Nguyễn Hữu Dũng²</i>	105
Giải pháp kiểm soát bụi trong khai thác khoáng sản tại Việt Nam – Hiện trạng, thách thức và hướng phát triển bền vững, <i>Nguyễn Văn Thành^{1,*}, Nguyễn Trần Tuấn¹, Doãn Thị Trâm¹, Tô Hữu Toàn¹, Lê Văn Nam¹</i>	114
Công nghệ đốt rác phát điện (WTE) ở Việt Nam : Thực trạng, thách thức và bài học kinh nghiệm từ khu vực và thế giới, <i>Lê Xuân Thành¹</i>	120
Nội hàm và cấu trúc của tài nguyên dữ liệu tài nguyên: Nền tảng cho chuyển dịch tư duy trong khai thác và quản lý tài nguyên, <i>Nguyễn Văn Hải^{1,*}</i>	131
Năng lượng tái tạo cho phát triển kinh tế và xu hướng chuyển dịch năng lượng ở Việt Nam, <i>Nguyễn Văn Thịnh^{1,*}, Lê Đức Vinh¹</i>	140
Năng lượng xanh trong chiến lược phát triển bền vững: Từ xu thế quốc tế đến thực tiễn Việt Nam, <i>Trình Quốc Hưng^{1,*}</i>	149
Nghiên cứu nâng cao độ tin cậy của thiết bị hoàn thiện giếng khí tại mỏ Thiên Ưng thông qua thiết kế ống khai thác và lựa chọn vật liệu tích hợp, <i>Lê Đức Vinh¹, Trương Văn Từ^{1,*}, Nguyễn Khắc Long¹</i>	153
Nghiên cứu giải pháp tháo nước, tháo khí Mêtan trong các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh nhằm đảm bảo an toàn lao động và môi trường sinh thái, <i>Nguyễn Trần Tuấn^{1,*}</i>	160
Chuyển đổi số trong quản lý tài nguyên tại Việt Nam, <i>Trần Đăng Khoa^{1,*}</i>	167
Kinh tế số và chuyển đổi số trong quản trị tài nguyên: Mô hình tác động đến hiệu quả sử dụng tài nguyên công, <i>Nghiêm Xuân Khoát[*]</i>	175



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ BỀN VỮNG TÀI NGUYÊN
TRONG NỀN KINH TẾ HỘI NHẬP – LẦN THỨ 2



Quản lý và sử dụng hợp lý Puzolan Đắc Nông phục vụ xây dựng công trình, <i>Bùi Trường Sơn^{1,*}, Vũ Bá Thao²</i>	186
Tích hợp các yếu tố môi trường, xã hội và quản trị - ESG trong quản lý toà nhà trên thế giới và bài học cho Việt Nam, <i>Nguyễn Thị Tùng Phương^{1,*}, Mai Công Quyền²</i>	191
Kinh nghiệm phát triển thị trường bất động sản gắn với thúc đẩy phát triển kinh tế bền vững: trường hợp Úc và Hàn Quốc, <i>Nguyễn Thị Lan Anh^{1,*}, Dương Văn Bầy¹, Nguyễn Thị Hồng Vân¹</i>	200
Thích ứng với Thẻ Vàng IUU của Liên minh châu Âu: Sinh kế hộ gia đình thủy sản và chiến lược ứng phó của Hàn Quốc và Philippines, <i>Nguyễn Thị Lan Anh^{1,*}, Mai Công Quyền²</i>	205
Tổng quan về chính sách liên quan đến tích tụ, tập trung đất nông nghiệp tại Việt Nam, <i>Trần Mai Hương^{1,*}, Nguyễn Thắng Trung¹</i>	209
Hợp tác năng lượng Việt nam – Nga: động thái biến đổi và lựa chọn chiến lược, <i>Ngô Thị Phương Thảo^{1,*}</i>	219
Tích tụ và tập trung đất cho sản xuất nông nghiệp bền vững ở vùng Đồng bằng sông Hồng, <i>Trần Mai Hương^{1,*}</i>	227
Ảnh hưởng của diễn biến giá dầu thô quốc tế và các yếu tố nội sinh của thị trường dầu thô Việt Nam, <i>Nguyễn Duy Khánh^{1,*}, Lê Thị Lan Anh¹, Đỗ Đức Anh¹, Phan Thị Quỳnh Anh¹, Nguyễn Ngọc Linh¹</i>	237
Các yếu tố tác động đến ý định mua nông sản của người tiêu dùng thông qua livestream tại Việt Nam, <i>Đỗ Thanh An¹, Nghiêm Bá Khánh Linh¹, Nguyễn Thị Minh Ngọc¹, Phạm Mai Hương^{1,*}</i>	245
Chính sách giá điện năng lượng tái tạo: bối cảnh hiện tại và đề xuất cho Việt Nam, <i>Nguyễn Như Trang^{1,*}, Đặng Phi Trường², Hoàng Mạnh Hùng³</i>	255
Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi tham gia bảo vệ rừng của cộng đồng dân cư tại phường Tô Hiệu, tỉnh Sơn La, <i>Phương Lê Ngọc Linh^{1,*}</i>	262
Tâm lý trong hoạt động đầu tư bất động sản của nhà đầu tư cá nhân tại Việt Nam, <i>Hoàng Thị Thúy Quỳnh^{1,*}, Bùi Phương Linh¹, Trịnh Phương Uyên¹, Triệu Thu Trang¹, Phạm Nguyễn Mai Anh¹</i>	268
Chuyển dịch cơ cấu kinh tế tỉnh Bình Dương theo hướng tăng trưởng xanh – thực trạng và giải pháp, <i>Võ Thị Hòa Loan^{1,*}</i>	275
Công nghệ đốt kèm amoniac trong các nhà máy điện than: Hiện trạng, thách thức và triển vọng giảm phát thải CO ₂ , <i>Lê Quang Duyên^{1,*}, Nguyễn Văn Thành¹, Nguyễn Quốc Nam²</i>	281
Wood - Based Phase Change Materials: A Sustainable Solution for Energy Efficiency and Resource Management, <i>Le Duc Tho¹, Nguyen Thi Thanh Bao², Tran Ngoc Tuan¹, Nguyen Khac Long¹, Nguyen Van Thanh¹, Truong Van Tu¹, Le Quang Duyen¹, Tong Thi Thanh Huong^{1,*}</i>	294

Ứng dụng công nghệ số vào việc nghiên cứu và sản xuất năng lượng xanh và năng lượng tái tạo

Nguyễn Thị Hải Yến¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo trình bày tổng quan về các ứng dụng của công nghệ số trong lĩnh vực năng lượng tái tạo, tập trung vào các nguồn năng lượng như mặt trời, gió, thủy triều, sóng, địa nhiệt và thủy năng. Các nguồn năng lượng này được khai thác và chuyển đổi thông qua các quy trình kỹ thuật hiện đại nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng bền vững. Qua phương pháp tổng quan tài liệu, phân tích và hệ thống hóa các công trình nghiên cứu đã công bố trên các cơ sở dữ liệu khoa học uy tín, người viết nhấn mạnh vai trò ngày càng quan trọng của công nghệ số trong việc tối ưu hóa hệ thống năng lượng tái tạo, hỗ trợ mô hình hóa, giám sát và điều khiển quá trình chuyển đổi năng lượng. Kết quả nghiên cứu cung cấp cái nhìn toàn diện về xu hướng tích hợp công nghệ số vào lĩnh vực năng lượng tái tạo, đồng thời gợi mở các hướng nghiên cứu và ứng dụng trong tương lai.

Từ khóa: “Năng lượng tái tạo”, “AI”, “PHM”, “turbine gió”

1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu là một trong những thử thách môi trường lớn nhất trong thế kỷ 21. Nhiều năm qua, vấn đề này luôn là chủ đề nóng và được chú ý toàn cầu. Biến đổi khí hậu có thể do nguyên nhân tự nhiên hoặc do con người gây ra. Nguyên nhân chính của biến đổi khí hậu là do sự gia tăng nồng độ khí nhà kính trong bầu khí quyển. Các hoạt động của con người như đốt cháy nhiên liệu hóa thạch, nông nghiệp và phá rừng,... dẫn đến việc phát thải khí nhà kính (CO₂, metan, và các khí khác) vào bầu khí quyển ngày càng tăng. Sự tích tụ ngày càng lớn của khí này trên Trái Đất dẫn đến việc tăng nhiệt độ toàn cầu..

Công nghệ số được ghi nhận góp một phần không nhỏ trong việc khai thác và sử dụng hiệu quả hơn các nguồn năng lượng hiện hành, từ đó giúp tiết kiệm đáng kể năng lượng và giảm lượng phát thải khí nhà kính. Khoa học kỹ thuật cùng các công nghệ mô phỏng, mô hình hóa, phân tích thống kê, công cụ trực quan hóa dưới sự trợ giúp của công nghệ số ngày càng hiện đại cho phép tối ưu hóa việc sử dụng các nguồn tài nguyên dữ liệu sẵn có trong việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu sử dụng năng lượng. Công nghệ số hiện đại có nhiều ứng dụng tiềm năng trong nhiều lĩnh vực, có thể kể đến như: (i) Dân dụng: công nghệ số tham gia vào các phân tích, điều khiển việc sử dụng hiệu quả hệ thống làm ấm, thông gió và điều hòa không khí giúp nâng cao đáng kể hiệu suất sử dụng của hệ thống này trong thực tế; (ii) Hệ thống chiếu sáng: Hiệu quả sử dụng hệ thống chiếu sáng cũng được ghi nhận tăng lên rõ rệt nhờ vào việc sử dụng các hệ thống phân tích và điều khiển hiện đại có tích hợp công nghệ số (hệ thống đèn LED, hệ thống cảm biến ánh sáng ban ngày tự động điều chỉnh độ sáng của từng đèn phù hợp với môi trường bên ngoài, giúp lượng ánh sáng trong phòng luôn đạt sự hiệu quả nhất theo ý đồ của chủ nhà hay hệ thống cảm ứng hiện diện cho phép phát hiện sự hiện diện của người hoặc vật trong khu vực được giám sát...); (iii) Thiết bị công nghiệp và tự động hóa: Các công nghệ sử dụng năng lượng hiệu quả dựa trên kỹ thuật số hiện đại được ứng dụng trong các cơ cấu điện động như động cơ, bơm, quạt...; (iv) Lưới điện: Hệ thống lưới và đo lường thông minh không chỉ là công cụ quan trọng giúp tối đa hóa việc tiết kiệm năng lượng trong các khu trung cư, siêu thị, trung tâm thương mại...mà còn thúc đẩy việc sử dụng rộng rãi các phương tiện giao thông chạy bằng điện. Ngoài ra, chúng còn góp phần không nhỏ trong việc tích hợp (hòa tải), truyền tải và phân phối một cách hiệu quả các nguồn năng lượng tái tạo vào thực tiễn; (v) Các nguồn năng lượng tái tạo: công nghệ số được ghi nhận là công cụ chủ chốt giúp chuyển đổi và sử dụng hiệu quả các nguồn năng lượng tái tạo phổ biến hiện nay.

Trong bài viết này, tác giả hướng đến việc phân tích các ảnh hưởng của việc sử dụng công nghệ số vào việc đẩy mạnh khai thác và quản lý các nguồn năng lượng tái tạo.

**Tác giả liên hệ:*

Email: n_haiyen@yahoo.com

2. Các nguồn năng lượng tái tạo

Năng lượng tái tạo hay còn gọi là năng lượng tái sinh. Hiểu một cách đơn giản, năng lượng tái tạo là những nguồn năng lượng vô hạn, liên tục, có khả năng tái sinh. Năng lượng tái tạo bao gồm: năng lượng mặt trời, năng lượng địa nhiệt, năng lượng thủy triều, năng lượng nước (thủy điện), năng lượng gió, năng lượng sinh khối, nhiên liệu sinh học [1].

2.1. Năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sinh ra từ các tia bức xạ điện từ mà mặt trời chiếu xuống trái đất. Nguồn năng lượng này dự kiến sử dụng và tồn tại trong khoảng hơn 5 triệu năm nữa. Năng lượng Mặt Trời cũng được hấp thụ bởi thủy quyển và khí quyển Trái Đất. Quá trình này dẫn đến các hiện tượng khí tượng sinh ra các nguồn năng lượng có thể khai thác được.

Năng lượng mặt trời được xem là nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất trong nhóm các nguồn năng lượng tái tạo bởi ngoài năng lượng thủy triều và năng lượng địa nhiệt ra các nguồn năng lượng khác đều có cơ chế hoạt động dựa vào mặt trời. Việc khai thác năng lượng mặt trời hiện tại chủ yếu dựa trên hai hệ thống: hệ thống năng lượng hoạt động động hoặc hệ thống thụ động tùy thuộc vào phương pháp thu trữ, chuyển đổi và phân phối ánh sáng mặt trời.



Hình 2.1. Trạm pin mặt trời kết hợp bãi đỗ xe

Các hệ thống năng lượng mặt trời chủ động dựa vào các thiết bị cơ và điện để chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành năng lượng có thể sử dụng được. Năng lượng này được khai thác chủ yếu thông qua các tấm pin mặt trời, bơm và hệ thống quạt để chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành các dạng năng lượng đầu ra hữu ích. Các quá trình hoạt hóa sử dụng năng lượng mặt trời làm xúc tác phản ứng. Phản ứng hóa học dạng này có thể biến năng lượng mặt trời thành các dạng nhiên liệu có thể cất trữ và vận chuyển được.

Hầu hết các hoạt động thu trữ và vận chuyển năng lượng mặt trời đều được tiến hành nhờ vào các kỹ thuật hiện đại với sự trợ giúp đắc lực của công nghệ số.

2.2. Năng lượng gió

Năng lượng gió được hiểu là sự chuyển đổi năng lượng gió thành dạng năng lượng hữu ích. Việc tận dụng nguồn năng lượng này được biết đến từ lâu, ví dụ như tàu buồm mượn sức gió để chạy, cối xay gió dùng cho mục đích tạo năng lượng cơ học, bơm nước dùng sức gió được sử dụng để hợp hút hay xả nước... Năng lượng gió sử dụng dưới dạng điện năng được khai thác nhờ turbine gió. Một trạm điện gió thông thường chứa các hệ thống cần thiết để thu năng lượng gió, bao gồm: bộ phận điều chỉnh turbine về hướng gió, cơ cấu biến đổi cơ năng quay tròn của turbine thành điện và các hệ thống khởi động, dừng và kiểm soát turbine. Các turbine gió vận hành dựa trên định luật Betz. Định luật này cho biết hệ số công suất tối đa của một turbine gió có thể đạt được không quá 59.3% động năng của gió được biến đổi thành cơ năng làm quay rotor. Mỗi vùng khác nhau có phân bố tốc độ gió khác nhau. Chính vì vậy, việc tính toán tần suất (sự lặp lại) của gió tại một vùng nhất định là vô cùng quan trọng và thường được biểu thị bằng số lượng các trường hợp tính bằng phần trăm, và được thống kê riêng biệt cho mỗi mùa. Mô hình Weibull được xem là mô hình cho tính toán chính xác nhất phân bố thực của tốc độ gió theo giờ tại các khu vực khác nhau [2]. Tuy nhiên, các tính toán thực tế có thể chính xác hơn nữa nhờ các công nghệ số hiện đại.

2.3. Năng lượng địa nhiệt

Năng lượng địa nhiệt được định nghĩa là năng lượng được tách ra từ nhiệt trong lòng Trái Đất. Năng lượng này có nguồn gốc từ sự hình thành ban đầu của hành tinh, từ hoạt động phân hủy phóng xạ của các khoáng vật, và từ năng lượng mặt trời được hấp thụ tại bề mặt Trái Đất. Chúng ta có thể sử dụng bơm nhiệt địa nhiệt khai thác nguồn năng lượng này để sưởi ấm hoặc làm mát. Một hệ thống bơm nhiệt địa nhiệt thường gồm có bơm nhiệt, hệ thống phân phối khí, và một bộ thiết bị trao đổi nhiệt (hệ thống ống dẫn lắp đặt tại vùng đất nông quanh khu công trình dân dụng. Vào mùa đông, bơm nhiệt đẩy nhiệt ra khỏi bộ trao đổi nhiệt rồi bơm vào hệ thống phân phối khí trong nhà. Vào mùa hè, quy trình được thực hiện ngược lại, nhiệt sẽ được tách khỏi không khí bên trong và đưa đến thiết bị trao đổi nhiệt.

2.4. Năng lượng mưa

Một số nhà khoa học đã phát triển công nghệ thu năng lượng từ các hạt mưa rơi và biến đổi thành điện năng. Công nghệ này có thể được lắp đặt trong các hệ thống điều hoà không khí tại các khu công nghiệp nơi có sự tích tụ hạt nước lớn có thể rơi xuống như mưa. Hệ thống này có thể được sử dụng song hành với hệ thống điện mặt trời để tận thu năng lượng từ môi trường xung quanh. Ngoài ra, nó còn được kiến nghị sử dụng để cung cấp năng lượng cho các cảm biến không dây được lắp nhằm mục đích điều chỉnh điều kiện môi trường.

2.5. Năng lượng thủy triều

Năng lượng thủy triều là năng lượng khai thác từ công năng của dòng nước. Điện được tạo ra nhờ hệ thống đập, turbine nước và máy phát điện. Thủy triều có thể cung cấp nguồn năng lượng vô cùng dồi dào, điện năng sinh ra tạo nên nguồn cung lớn và ổn định. Tuy nhiên, việc khai thác thương mại nguồn điện này lại chưa được phát triển rộng rãi do quy trình biến đổi năng lượng thủy triều thành điện năng hữu ích không hề đơn giản. Công trình chính của một nhà máy điện thủy triều là đập thủy triều được xây dựng bất ngang cửa sông. Biến động của thủy triều đẩy nước chảy vào các khe đập. Sự lên xuống của thủy triều có thể trực tiếp làm quay các turbine hoặc được sử dụng để đẩy khí qua các đường ống dẫn đến turbine và làm quay turbine. Cửa của đập thủy triều thường có cửa kích thước lớn để tàu thuyền có thể qua lại. Công trình đập thủy triều lớn nhất thế giới (đập thủy triều duy nhất tại châu Âu) được xây dựng tại cửa sông Rance, gần địa danh St. Malo, miền Bắc nước Pháp.

2.6. Năng lượng sóng

Năng lượng sóng biển được thu thập trực tiếp từ các cơn sóng trên bề mặt hoặc từ sự dao động áp suất bên dưới mặt nước. Sóng được tạo ra bởi gió thổi qua mặt đại dương [3]. Ở nhiều khu vực trên thế giới, gió thổi với cường độ và sự ổn định đủ để tạo ra sóng liên tục. Những khu vực giàu tiềm năng năng lượng sóng bao gồm bờ tây của Scotland, miền bắc Canada, miền nam châu Phi, Úc và bờ tây bắc của Hoa Kỳ. Nhiều công nghệ khác nhau đã được đề xuất để lắp đặt nhằm thu nhận năng lượng từ sóng ở các khu vực gần bờ, ngoài khơi và xa bờ. Một số thiết kế tiềm năng đang được thử nghiệm trên diễn ở quy mô thương mại.

3. Ứng dụng công nghệ số trong ngành năng lượng tái tạo

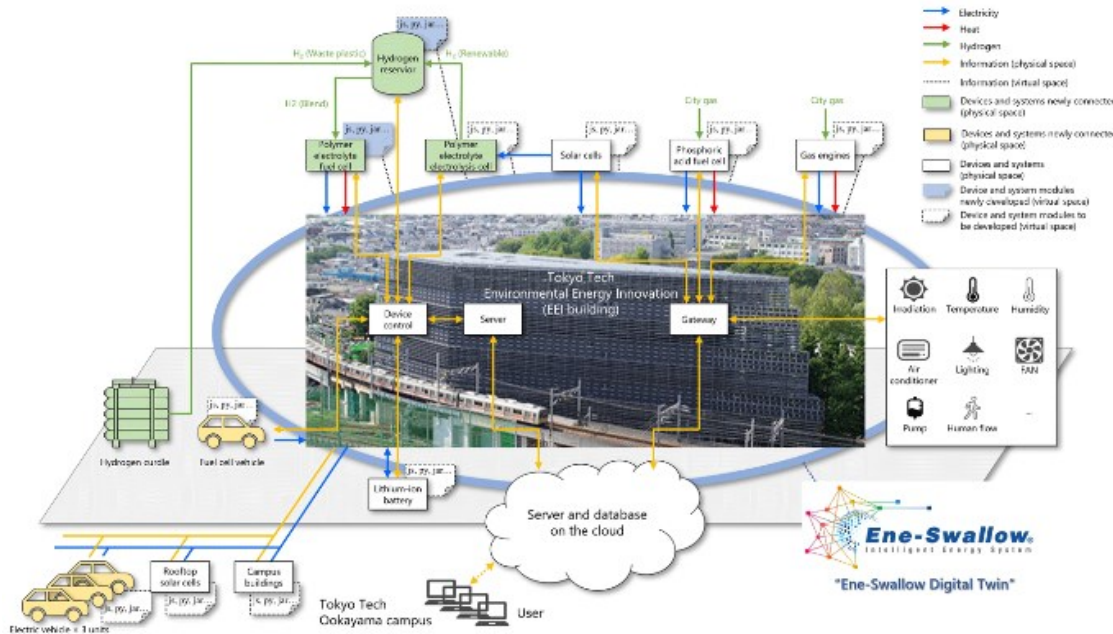
Ứng dụng công nghệ số là nhu cầu tất yếu đối với toàn bộ nền kinh tế quốc dân, trong đó không thể thiếu ngành năng lượng tái tạo, trong quá trình chuyển đổi và phát triển bền vững. Nhiều xu hướng công nghệ đã và đang phát triển nhằm thúc đẩy hơn nữa thị phần điện năng được cung cấp từ các nguồn năng lượng tái tạo. Các công nghệ này rất đa dạng, có thể kể đến như: công nghệ quang điện APV, hệ thống lưu trữ năng lượng phân tán DESS, xu hướng chuyển đổi năng lượng nhiệt đại dương OETC, các hệ thống năng lượng hỗn hợp (ví dụ hệ thống năng lượng hydro-gió hỗn hợp ngoài khơi), công nghệ chế tạo cho ra đời nhiều vật liệu và thiết bị mới phù hợp (công nghệ không cánh và vật liệu nhựa dẻo có thể tái tạo để chế tạo các cánh quạt turbine gió chất lượng cao với các kết cấu và hình dạng khác nhau để đáp ứng linh hoạt từng điều kiện môi trường, tận thu gió và tăng khả năng chống va đập, xói mòn, chống mối...).

3.1. Ứng dụng khoa học công nghệ trong sản xuất Hydro

Sản xuất hydro từ năng lượng mặt trời là việc sử dụng năng lượng nhiệt từ hệ thống điện mặt trời tập trung (CSP) để thực hiện quá trình tách nước bằng phản ứng nhiệt-hóa học [4].

Trước đây, quá trình sản xuất hydro tập trung vào việc sử dụng các thiết bị điện phân ở nhiệt độ thấp để thực hiện quá trình chuyển đổi. Tuy nhiên, quá trình này có hiệu suất tương đối thấp. Để nâng cao hiệu suất tổng thể, phương pháp biến đổi trực tiếp nhiệt năng từ mặt trời thành hydro được kiến nghị áp dụng. Một số ứng dụng khoa học công nghệ và công nghệ số hiện đại đã chứng tỏ được khả năng nâng cao hiệu suất của quá trình sản xuất hydro, cụ thể như sau: (i) Hệ thống điện phân nước sử

dùng năng lượng mặt trời (PV-AW) với công nghệ kết hợp tế bào quang điện tập trung (CPV) và điện phân nước kiềm (AW) có hiệu suất 29,1%, được xem là vượt trội so với các hệ thống truyền thống trước đó (thường có hiệu suất đạt khoảng 10-20%) [7]; (ii) Ứng dụng công nghệ Digital Twin (công nghệ cho phép tạo ra các ‘bản sao kỹ thuật số’) trong các dự án sản xuất hydro kết hợp năng lượng tái tạo giúp giảm từ 5-15% [8] chi phí sản xuất nhờ hoạt động mô phỏng và tối ưu hoá thiết kế trước khi triển khai áp dụng thực tế; (iii) Hệ thống điện phân hydro 100kW tại Viện Công nghệ Tokyo áp dụng Digital Twin để tối ưu hoá và vận hành hệ thống năng lượng hydro, kết hợp giữa hydro tái tạo và hydro từ chất thải nhựa.



Hình 3.1. Sơ đồ hệ thống điện phân hydro tại Tokyo Tech

3.2. Áp dụng công nghệ PHM (Prognostics and Health Management) vào turbine gió

Với các turbine gió ngoài khơi, việc tiếp cận để kiểm tra định kỳ gặp nhiều khó khăn và tốn kém nên quy trình này cần được tính toán hợp lý để tránh lãng phí. Khác với các phương pháp truyền thống, công nghệ chẩn đoán và quản lý tình trạng thiết bị (PHM) giúp xác minh từ đầu liên các điều kiện hỏng hóc ngay từ giai đoạn sớm nhất của thiết bị [5]. Một số nghiên cứu cho thấy việc áp dụng phương pháp PHM giúp chuyển từ bảo trì định kỳ (scheduled maintenance) sang bảo trì dự toán (predictive maintenance) có thể giảm được 20-40% chi phí bảo trì và giúp tránh được các sự cố lớn, giảm hư hỏng mang tính dây chuyền và tối giản chi phí thay thế các thiết bị đắt tiền (như hộp số). Theo thống kê, một turbine 2MW ngừng hoạt động 2 ngày do sự cố có thể gây mất doanh thu hơn 6.000 USD. Với hệ thống PHM, các lỗi được phát hiện sớm hàng tuần hoặc hàng tháng, giúp chúng ta có thể chủ động lên kế hoạch sửa chữa. Li [9] cho biết, hệ thống này giảm 9,9% chi phí O&M và giảm thời gian ngừng máy 10,7% so với cách truyền thống.

3.3. Bản đồ hóa các nguồn năng lượng tái tạo

Tiềm năng kỹ thuật cho việc khai thác năng lượng tái tạo gấp gần 20 lần nhu cầu năng lượng toàn cầu hiện nay. Trước đây, năng lượng tái tạo chỉ chiếm khoảng 17% nhu cầu năng lượng sơ cấp toàn cầu, theo IEA, năm 2020. Báo cáo mới nhất của tổ chức nghiên cứu Ember công bố trong năm 2024, năng lượng tái tạo đóng góp tới 32% tổng sản lượng điện toàn cầu, vượt qua kỷ lục 30% của năm 2023 [6]. Việc tăng đáng kể sản lượng được ghi nhận có sự đóng góp to lớn của việc áp dụng khoa học công nghệ số hiện đại trong nghiên cứu, vận hành, khai thác...và bản đồ hoá địa lý các nguồn năng lượng.

Hiện nay, quá trình bản đồ hóa năng lượng tái tạo được hỗ trợ mạnh mẽ bởi nhiều nền tảng và công cụ số hiện đại. Trong đó, Global Solar Atlas và Global Wind Atlas, do World Bank và ESMAP phát triển, cung cấp dữ liệu toàn cầu về bức xạ mặt trời và tốc độ gió, giúp đánh giá tiềm năng phát triển năng lượng mặt trời và điện gió ở các vùng khác nhau.

Bên cạnh đó, nền tảng Global Atlas for Renewable Energy của IRENA cho phép tích hợp và chồng ghép nhiều lớp dữ liệu như địa hình, lưới điện, sử dụng đất và vùng bảo tồn để xác định các khu vực

khả thi cho phát triển năng lượng tái tạo. Theo ghi nhận, việc tối ưu hóa thiết kế dựa trên bản đồ dữ liệu giúp tăng hiệu suất hệ thống lên 10–15%, giảm tổn hao năng lượng.

Chương trình RE Resource Mapping của ESMAP cũng đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp dữ liệu khảo sát thực địa, ảnh vệ tinh và bản đồ độ phân giải cao cho từng quốc gia, trong đó có Việt Nam. Theo tổ chức này, một dự án được bản đồ hoá tốt có thể giảm tổn thất truyền tải tới 5–7%, tăng lượng điện thương phẩm bán ra.

Ngoài ra, DNV Resource Compass cung cấp các chỉ số kỹ thuật chi tiết phục vụ đánh giá đầu tư, trong khi các nền tảng mở như Open ReMap hay RenewMap (Úc – New Zealand) hỗ trợ truy cập và khai thác dữ liệu không gian liên quan đến vị trí, công suất, và hạ tầng của các nhà máy năng lượng tái tạo hiện hữu.

Những công cụ này không chỉ giúp trực quan hóa mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho việc quy hoạch, ra quyết định và tối ưu hóa đầu tư vào lĩnh vực năng lượng bền vững.

3.4. Xu hướng ứng dụng trí tuệ nhân tạo AI và Big Data

Dù là xu hướng mới nhất trong tất cả các xu hướng nhưng AI đã chứng minh được vai trò của mình trong xã hội nói chung. Trong ngành năng lượng tái tạo nói riêng, việc ứng dụng AI được kỳ vọng giúp nâng cao hiệu quả, giảm chi phí khai thác các nguồn năng lượng nhân tạo. AI có thể thúc đẩy đổi mới toàn diện các khâu liên quan trong ngành này, bao gồm: nghiên cứu mô hình lý thuyết, bảo trì dự toán, tối ưu hóa quá trình thu năng lượng và quản lý lưới điện thông minh. Hiện nay, ngoài việc là công cụ đắc lực trợ giúp cho các nghiên cứu lý thuyết mang tính học thuật hay ứng dụng, AI đang tập trung chủ yếu vào các mục đích sau:

- * Cải thiện hiệu suất năng lượng: AI có thể phân tích khối lượng dữ liệu lớn từ các hệ thống pin mặt trời, tuabin gió và thiết bị lưu trữ năng lượng. Từ đó, công cụ này sẽ đề ra các mô hình và xu hướng mà chúng ta khó hoặc không thể phát hiện ra. Điều này giúp các công ty năng lượng tái tạo tối ưu hóa hệ thống khai thác nhằm đạt hiệu suất tối đa và đảm bảo tính bền vững. Theo đó, ứng dụng AI (GA, PSO, mạng Neural...) trong việc tổng hợp các nghiên cứu thiết kế cánh quạt, bố trí trang trại, chế tạo hình dạng cánh quạt ...giúp tăng sản lượng điện gió 6- 15% so với phương pháp truyền thống [11]. Nhờ khả năng dự báo sản lượng điện mặt trời với độ chính xác lên đến 95%, AI giúp tối cải thiện đáng kể hiệu quả việc phân phối và sử dụng nguồn năng lượng này. Bên cạnh đó, quá trình tối ưu hoá số lượng và vị trí lắp đặt các tấm pin mặt trời giúp tăng hiệu suất khai thác lên đến 9%, theo thống kê năm 2022. Ngoài ra, AI cũng giúp tăng 25% hiệu suất lưu trữ điện và giảm 30% chi phí bảo trì nhờ khả năng dự đoán và phát hiện sớm các sự cố có thể xảy ra.

- * Tăng cường bảo trì dự đoán: AI có thể được sử dụng để phát triển các chiến lược bảo trì dự đoán cho cơ sở hạ tầng năng lượng tái tạo. Điều này giúp các công ty năng lượng phát hiện và xử lý các vấn đề tiềm ẩn trước khi sự cố có thể xảy ra hoặc, từ đó tiết kiệm chi phí đáng kể và nâng cao độ tin cậy của hệ thống. việc sử dụng AI trong bảo trì dự đoán giúp giảm thời gian ngừng hoạt động không dự đoán được lên đến 35% và tăng sản lượng điện lên khoảng 8,5% [10].

4. Ứng dụng công nghệ số trong ngành năng lượng tái tạo tại Việt Nam

Tại Việt Nam, công nghệ số đã bắt đầu được đề xuất và tích hợp vào một số hệ thống giám sát và điều khiển trang trại điện mặt trời và điện gió, giúp quản lý theo thời gian thực, tự động điều chỉnh theo điều kiện thời tiết và tải tiêu thụ.

Một số nhóm nghiên cứu trong nước, như tại Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM và Đại học Quốc gia TP.HCM, đã đề xuất các mô hình ứng dụng học máy (machine learning) kết hợp mô phỏng số (digital twin) để đánh giá tiềm năng gió, lựa chọn cấu hình tua-bín phù hợp và tối ưu hóa thiết kế trang trại điện gió. Những mô hình này cho phép xây dựng bản sao kỹ thuật số của hệ thống, mô phỏng theo thời gian thực các yếu tố vận hành, từ đó hỗ trợ dự báo sản lượng điện và đề xuất điều chỉnh thiết kế để cải thiện hiệu suất.

Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ số trong ngành năng lượng tái tạo tại Việt Nam vẫn đang ở giai đoạn đầu, chủ yếu tập trung ở một số dự án lớn hoặc thí điểm. Để mở rộng và nâng cao hiệu quả, cần có chiến lược phát triển năng lực công nghệ nội địa, đầu tư vào hạ tầng dữ liệu và đẩy mạnh hợp tác giữa các bên liên quan, bao gồm nhà nước, doanh nghiệp và viện nghiên cứu.

5. Kết luận và kiến nghị

Bài báo tổng quan một số nguồn năng lượng tái tạo phổ biến hiện nay và nhấn mạnh vai trò ngày càng quan trọng của công nghệ số trong lĩnh vực này. Công nghệ số được ứng dụng đa dạng, từ việc nghiên cứu tiềm năng khai thác, sản xuất đến tối ưu hóa quy trình vận hành các hệ thống năng lượng tái tạo. Các nền tảng công nghệ hiện đại như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (Big Data) và mô phỏng kỹ thuật số (digital twin) đã giúp tăng hiệu suất sản xuất năng lượng lên tới

15–20%, đồng thời giảm chi phí bảo trì hệ thống từ 10–30% nhờ khả năng dự đoán và phòng ngừa sự cố kịp thời. Tại Việt Nam, việc triển khai ứng dụng công nghệ số trong ngành năng lượng tái tạo vẫn còn đối mặt với các thách thức lớn về hạ tầng công nghệ, nguồn nhân lực chất lượng cao và khung pháp lý phù hợp, đòi hỏi sự đầu tư đồng bộ và chính sách hỗ trợ để thúc đẩy quá trình chuyển đổi số toàn diện và bền vững trong ngành năng lượng.

Tài liệu tham khảo

- Herzog, Antonia V., Timothy E. Lipman, and Daniel M. Kammen. "Renewable energy sources." *Encyclopedia of life support systems (EOLSS)*. Forerunner Volume-‘Perspectives and overview of life support systems and sustainable development 76 (2001).
- Wais, Piotr. "A review of Weibull functions in wind sector." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70 (2017): 1099-1107.
- Thorpe, Tom W. *A brief review of wave energy*. London, UK: Harwell Laboratory, Energy Technology Support Unit, 1999.
- Lovegrove, Keith, and John Pye. "Fundamental principles of concentrating solar power (CSP) systems." *Concentrating solar power technology*. Woodhead Publishing, 2012. 16-67.
- Do, M. Hung, and Dirk Söffker. "State-of-the-art in integrated prognostics and health management control for utility-scale wind turbines." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 145 (2021): 111102.
- Council, Climate Change Advisory, and McCumiskey House. "Annual Review 2024: Electricity." (2024).
- ZHANG, Qingran, SHAN, Yihao, PAN, Jian, et al. *A photovoltaic-electrolysis system with high solar-to-hydrogen efficiency under practical current densities*. *Science Advances*, 2025, vol. 11, no 9, p. eads0836.
- BA, Labouda, TANGOUR, Fatma, EL ABBASSI, Ikram, et al. *Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review*. *Sustainability*, 2025, vol. 17, no 8, p. 3560.
- LI, Honglin, LI, Mingxin, CARROLL, James, et al. *Techno-economic analysis incorporating intelligent operation and maintenance management: a case study of an integrated offshore wind and hydrogen energy system*. In : *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2024. p. 062016.
- ONWUSINKWUE, Shedrack, OSASONA, Femi, AHMAD, Islam Ahmad Ibrahim, et al. *Artificial intelligence (AI) in renewable energy: A review of predictive maintenance and energy optimization*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2024, vol. 21, no 1, p. 2487-2499.
- BOŠNJKOVIĆ, Mladen, MARTINOVIĆ, Marko, et ĐOKIĆ, Kristian. *Application of artificial intelligence in wind power systems*. *Applied Sciences*, 2025, vol. 15, no 5, p. 2443.

ABSTRACT

Application of Digital Technology in Research and Production of Green and Renewable Energy

Nguyen Thi Hai Yen ¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

This paper presents an overview of the applications of digital technology in the field of renewable energy, focusing on energy sources such as solar, wind, tidal, wave, geothermal, and hydropower. These energy sources are harnessed and converted through modern engineering processes to meet the demand for sustainable energy use. Through a literature review, analysis, and systematization of published research works from reputable scientific databases, the author emphasizes the increasingly important role of digital technology in optimizing renewable energy systems, supporting modeling, monitoring, and controlling energy conversion processes. The research results provide a comprehensive perspective on the trend of integrating digital technology into the renewable energy sector, while also suggesting future research and application directions

Keywords: “Renewable energy”, “AI”, “PHM”, “wind turbine”.