



ISSN: 2615-9597
Kỳ III - 2025

TẠP CHÍ Môi trường

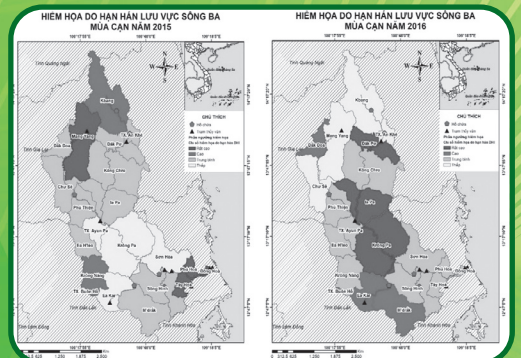
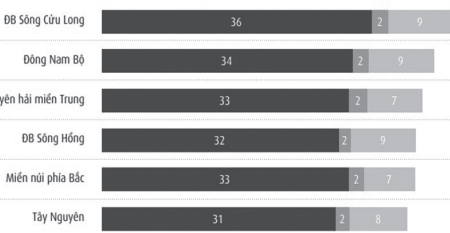
VIỆN CHIẾN LƯỢC, CHÍNH SÁCH NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG - BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
INSTITUTE OF STRATEGY AND POLICY ON AGRICULTURE AND ENVIRONMENT - MAE

CHUYÊN ĐỀ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ



ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI NGUỒN LỢI HẢI SẢN - DOANH NGHIỆP VÀ CỘNG ĐỒNG

Đơn vị: Tỷ lệ doanh nghiệp (%)



Website: www.tapchimoitruong.vn

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP/EDITORIAL COUNCIL

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN ĐÌNH THỌ -

Chủ tịch/Chairman

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VIỆT ANH

GS.TS/Prof. Dr. ĐẶNG KIM CHI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN THẾ CHINH

TS/Dr. MAI THANH DUNG

GS.TSKH/Prof. Dr. ĐẶNG HUY HUỖNH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN CHU HỒI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr PHẠM VĂN LỢI

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VĂN PHƯỚC

TS/Dr. NGUYỄN ANH PHONG

TS/Dr. HOÀNG VŨ QUANG

TS/Dr. NGUYỄN NGỌC SINH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN DANH SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr LÊ KẾ SƠN

TS/Dr. NGUYỄN VĂN TÀI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr LÊ ANH TUẤN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr TRƯƠNG MẠNH TIẾN

GS.TS/Prof. Dr. TRỊNH VĂN TUYẾN

TS/Dr. TRẦN CÔNG THẮNG

TS/Dr. NGUYỄN TRUNG THẮNG

TS/Dr. TRƯƠNG THỊ THU TRANG

TS/Dr. NGUYỄN MINH TRUNG

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr DƯƠNG HỒNG SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr TRẦN TÂN VĂN

GS.TS.NGND/Prof. Dr. TRẦN ĐỨC VIÊN

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP PHỤ TRÁCH

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

ThS/Mr. PHẠM ĐÌNH TUYẾN

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

DEPUTY EDITOR

TS/Dr. NGUYỄN GIA THỌ

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN/PUBLICATION PERMIT

Số 192/GP-BTTTT cấp ngày 31/05/2023

Nº 192/GP-BTTTT- Date: 31/05/2023

Thiết kế mỹ thuật/Design: AN BÌNH

Chế bản & in/ Processed & printed by:

Công ty TNHH MTV in Quân đội I, Hà Nội



Bìa/Cover: *Điện gió Bạc Liêu*

Ảnh/Photo by: VEM

TRỤ SỞ TẠI HÀ NỘI

Tầng 1, Nhà B6, Số 2 Phố Ngọc Hà,

Phường Ba Đình, TP. Hà Nội

1st Floor, Building B6, No. 2 Ngoc Ha Street,
Ba Dinh Ward, Hanoi

Trị sự/Managing: 033 362 6556

Biên tập/Editorial: 033 932 6556

Quảng cáo/Advertising: 024 66569135

Fax: 024 39412053

Email: tapchimoitruong@mae.gov.vn

THƯỜNG TRÚ TẠI TP. HỒ CHÍ MINH

Phòng A 209, Tầng 2 - Khu liên cơ quan

Bộ NN&MT, số 200 Lý Chính Thắng,

Phường Nhiêu Lộc, TP. HCM

A 209, 2th floor - MAE's office complex,

No. 200 - Ly Chinh Thang Street,

Nhiu Loc Ward, Ho Chi Minh city

Tel: (028) 66814471 - Fax: (028) 62676875

Email: tcmtphianam@vea.gov.vn

Chuyên đề kỳ III - 2025

Thematic Vol.Nº3, 2025

Giá/Price: 45.000đ

MỤC LỤC

CONTENTS

NGHIÊN CỨU

- [5] **NGUYỄN HOÀNG MINH, PHẠM QUỐC HUY**
Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới nhóm giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu
Assessing the impact of climate change on crustocacs in the coastal area of Bac Lieu
- [13] **HUỲNH ANH HOÀNG, VĂN TUẤN VŨ**
Ứng dụng GIS và thuật toán tối ưu trong xây dựng mạng lưới quan trắc không khí tỉnh Cà Mau
Application of GIS and optimization algorithms to design the air quality monitoring network in Ca Mau province
- [20] **ĐỖ THỊ NGỌC BÍCH, NGUYỄN TÚ ANH, LÊ VĂN LINH, HOÀNG THỊ THẢO, HOÀNG BÍCH NGỌC, NGUYỄN HOÀNG BÁCH, NGUYỄN THÀNH LONG, LÊ THU HÀ**
Đánh giá rủi ro hạn hán tổng hợp cho lưu vực sông Ba, Việt Nam
Integrated drought risk assessment for the Ba river basin, Vietnam
- [29] **NGUYỄN HỮU LINH, HÀ QUANG ANH, NGUYỄN THỊ HOÀNG ANH, NGUYỄN THỊ THU HÀ**
Mô hình ứng phó với biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng tại khu vực Tây Bắc bộ:
Thực tiễn và giải pháp nhân rộng
Community-based responses to climate change in the Northwest Region of Vietnam:
Practices and scaling-up solutions
- [38] **TRẦN MẠNH CƯỜNG, TRẦN ANH PHƯƠNG, NGUYỄN ANH ĐỨC, TRẦN VĂN TÚ, TRẦN BẢO CHUNG**
Xây dựng bản đồ cảnh báo sạt lở đất theo thời gian thực cho tỉnh Lào Cai sử dụng các nguồn dữ liệu mở và công nghệ học máy
Application of the random forest machine learning model in developing landslide susceptibility maps in Lao Cai province
- [48] **TRẦN ĐĂNG HÙNG, NGUYỄN THANH BẰNG, ĐỖ VĂN BÌNH, PHẠM HỒNG TÍNH, LÊ PHƯƠNG HÀ, NGUYỄN THỊ HUYỀN TRANG, PHẠM QUANG HIỆP, NGUYỄN NGỌC KIM PHƯỢNG**
Tiếp cận tính GDP xanh loại 2 cho Việt Nam dựa trên hệ thống hạch toán hệ sinh thái (SEEA EA) thông qua tích hợp viễn thám và hệ thống thông tin địa lý GIS
Approach to calculating green GDP type 2 for vietnam based on the system of environmental-economic accounting – ecosystem accounting (SEEA EA) through integration of remote sensing and geographic information system (GIS)
- [57] **NGUYỄN VĂN BÁCH, LÊ XUÂN SINH, BÙI THỊ MINH HIỀN, HOÀNG HỮU LỢI, NGUYỄN TUỆ TÂM, ĐINH VĂN HUY, LÊ HẢI ANH, ĐÀO THỊ ÁNH TUYẾT**
Đánh giá hiệu quả xử lý nước hồ Tiên Nga (thành phố Hải Phòng) bằng cây bách thủy tiên (Echinodorus cordifolius L.)
Evaluating the effectiveness of Echinodorus cordifolius L. for water treatment in Tien Nga lake, Hai Phong city
- [64] **ĐÀO VĂN THÔNG, ĐẶNG THỊ PHƯƠNG LAN, CÙ THANH PHÚC, ĐINH XUÂN TÙNG, BÙI THỊ LAN HƯƠNG, ĐẶNG ANH MINH, ĐỖ THỊ HỒNG DUNG, NGUYỄN ĐỨC HIẾU, MAI VĂN TRỊNH**
Hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt quy mô cụm dân cư đáp ứng các tiêu chí bảo vệ môi trường nông thôn mới tại xã Mai Châu, Phú Thọ
A decentralized domestic wastewater treatment system to meet environmental criteria of the new rural commune program in Mai Chau, Phu Tho
- [71] **LÊ VĂN NAM, CAO THỊ THU TRANG, NGUYỄN THỊ MAI LỰU, NGUYỄN THỊ THU HÀ, NGUYỄN THỊ KIM ANH, TRẦN ANH TÚ, BÙI THỊ MAI HUYỀN, NGUYỄN HỒNG NGỌC**
Đề xuất nghiên cứu sử dụng vỏ hàu trong xử lý nước thải chế biến thủy sản
Research proposal on the use of oyster shells in wastewater treatment from seafood processing

- [78] **PHẠM TRUNG THẾ, HUỖNH THỊ NGỌC HÂN, VŨ NGỌC TOÁN, NGUYỄN HUỖNH MINH DUY, HỒ THỊ THANH VÂN**
Đánh giá khả năng xử lý chất kháng sinh Tetracycline trong nước bằng than hoạt tính điều chế từ bã cà phê
Evaluation of Tetracycline removal from water using activated carbon synthesized from waste coffee sludge
- [85] **NGÔ THỊ HOÀI THU, NGUYỄN THỊ MINH HẰNG, HÀ PHƯƠNG THƯ, PHAN KẾ SON, NGUYỄN VĂN TRŨ**
Nghiên cứu đặc tính và đánh giá tiềm năng bảo vệ thần kinh của Vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh (*Vigna radiata L*)
Characterization and neuroprotective potential of Vitexin isolated from mung bean coats (*Vigna radiata L.*)

TRAO ĐỔI - THẢO LUẬN

- [93] **NGUYỄN ĐÌNH THỌ**
Thị trường các-bon: Cơ hội và tiềm năng
- [100] **VŨ ANH KHUÊ**
Ứng dụng chuyển đổi số phục vụ thu giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải rắn sinh hoạt
- [104] **NGUYỄN TRUNG THẮNG, DƯƠNG THỊ PHƯƠNG ANH, NGUYỄN THỊ NGỌC ÁNH, NGUYỄN MINH KHOA**
Kinh nghiệm quốc tế về áp dụng trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) đối với phương tiện giao thông hết hạn, thải bỏ (ELVS)
- [108] **TRẦN THIỆT PHONG**
Thực trạng giao thông Thành phố Hồ Chí Minh và nhiệm vụ đặt ra để thực hiện Đề án 510 km metro - Hướng tới đô thị văn minh xanh, bền vững
- [113] **BÙI HOÀI NAM**
Kinh nghiệm quốc tế về phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất theo cấp độ rủi ro và đề xuất tài liệu hướng dẫn kỹ thuật cho Việt Nam
- [118] **CAO THỊ THANH NGA**
Vi nhựa trong không khí: Vấn đề ô nhiễm mới ở các đô thị
- [122] **TRẦN CÔNG CHÍNH, NGUYỄN THẾ THÔNG, LẠI VĂN MẠNH, TẠ ĐỨC BÌNH, NGUYỄN THU TRANG**
Vai trò của dòng vật chất trong thực hiện kinh tế tuần hoàn
- [127] **VŨ VĂN LỢI**
Tác động của biến đổi khí hậu đến doanh nghiệp và giải pháp ứng phó
- [137] **KIM THỊ THÚY NGỌC, LÊ THỊ LỆ QUYÊN, ĐẶNG THỊ PHƯƠNG HÀ, LÊ ANH VŨ**
Hiệp định bảo tồn, sử dụng bền vững đa dạng sinh học ở các vùng biển ngoài phạm vi quyền tài phán quốc gia (BBNJ): Cơ hội và thách thức cho Việt Nam
- [141] **BÙI LÊ THANH, LÊ GIA CHINH, NGUYỄN XUÂN KIÊN**
Một số ý kiến về thực trạng và căn cứ, tiêu chí xác định chỉ tiêu sử dụng đất trong quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất tại Việt Nam
- [146] **NGUYỄN THỊ LIÊN**
Vai trò của Chuyển đổi số ngân hàng trong phát triển xanh, bền vững
- [152] **NGUYỄN VĂN CƯỜNG, NGUYỄN THỊ KIM NGÂN, PHẠM ĐỨC MINH, NGUYỄN THỊ MINH TÂM**
Kinh nghiệm quốc tế trong quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng phục vụ chuyển đổi năng lượng và bài học cho Việt Nam
- [157] **LÊ MINH QUÂN**
Quản lý tổng hợp vùng bờ theo định hướng quy hoạch không gian biển quốc gia

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI NHÓM GIÁP XÁC Ở VÙNG BIỂN VEN BỜ BẠC LIÊU

NGUYỄN HOÀNG MINH¹, PHẠM QUỐC HUY¹

¹ Viện Nghiên cứu Hải sản

Tóm tắt

Dữ liệu tổng hợp từ nguồn vệ tinh, các trạm quan trắc và thực đo trong 10 năm (2010 - 2019) về các thông số môi trường như nhiệt độ tầng mặt nước biển (SST), độ muối tầng mặt (SSS), mực nước biển (SSH), nồng độ Chlorophyll-a (CHL), lượng mưa và các thành phần dòng chảy (uo, vo). Cùng với nguồn dữ liệu về nguồn lợi giáp xác (nhóm tôm, cua và ghẹ) từ 12 chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy cá và lưới kéo đáy tôm của Viện Nghiên cứu Hải sản. Nghiên cứu sử dụng phân tích thành phần chính (PCoA) và mô hình hồi quy tuyến tính tổng quát (GAMs) để đánh giá mối liên hệ giữa các yếu tố này. Kết quả phân tích PCoA cho thấy, cấu trúc quần xã giáp xác biến động theo các gradient môi trường. Nhóm loài ở vùng biển ven bờ gắn liền với nhiệt độ cao, lượng mưa nhiều, độ muối giảm và nồng độ Chlorophyll-a tăng, trong khi nhóm loài ngoài khơi lại đặc trưng bởi chế độ nhiệt và muối ổn định. Trong đó, SST là yếu tố chi phối chính. Các yếu tố khác như SSS, lượng mưa, CHL, dòng chảy và SSH cũng đóng vai trò quan trọng trong việc định hình cấu trúc quần xã và sự phân bố của nguồn lợi. Nghiên cứu kết luận rằng nguồn lợi giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu chịu ảnh hưởng rõ rệt của ENSO với độ trễ khoảng 6 tháng, đồng thời chịu tác động kép của cả khí hậu và hoạt động khai thác.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, nhóm giáp xác, vùng biển Bạc Liêu.

Ngày nhận bài: 26/7/2025; Ngày sửa chữa: 15/8/2025; Ngày duyệt đăng: 10/9/2025.

Assessing the impact of climate change on crustocacs in the coastal area of Bac Lieu

Abstract

From data synthesized from satellite sources, monitoring stations and measurements in 10 years (from 2010 to 2019) on environmental parameters such as sea surface temperature (SST), sea surface salinity (SSS), sea surface height (SSH), Chlorophyll-a concentration (CHL), rainfall and flow components (uo, vo). Along with data on crustacean resources (shrimp and crab group) taken from 12 surveys using fish bottom trawls and shrimp bottom trawls of the Research Institute for Marine Fisheries. The study used principal component analysis (PCoA) and generalized linear regression models (GAMs) to assess the relationship between these factors. The results of PCoA analysis showed that the crustacean community structure fluctuated along with environmental gradients. The group of species in coastal waters was associated with high temperatures, high rainfall, decreased salinity and increased Chlorophyll-a concentrations, while the group of species in the open sea was characterized by stable temperature and salt regimes. In which, SST is the main factor. Other factors such as SSS, rainfall, CHL, flow, SSH also play an important role in shaping the community structure and distribution of these resources. The study concluded that crustacean resources in the coastal waters of Bac Lieu are clearly affected by ENSO with a lag of about six months, and are also affected by both climate and fishing activities.

Keywords: Climate change, crustacean group, Bac Lieu sea waters.

JEL Classifications: O13, Q51, Q54.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là quá trình thay đổi lâu dài trong trạng thái trung bình của khí hậu toàn cầu, thể hiện qua sự gia tăng nhiệt độ, thay đổi lượng mưa, dâng mực nước biển, axit hóa đại dương và sự xuất hiện với cường độ mạnh hơn của các hiện tượng khí hậu cực đoan như El Niño, La Niña, bão mạnh, hạn hán kéo dài... Các biến động này đang ảnh hưởng ngày càng nghiêm trọng đến hệ sinh thái biển và nguồn lợi thủy sản, làm thay đổi các yếu tố môi trường sống, gây ra sự mất cân bằng sinh lý bên trong cơ thể các sinh vật. Đối với nhóm giáp xác, chúng không thể thực hiện quá

trình lột xác một cách bình thường, dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng như chậm lớn, dễ mắc bệnh và tăng tỷ lệ tử vong, đe dọa trực tiếp đến quần thể [1].

Các nghiên cứu ở vùng biển Việt Nam, bước đầu đã xác lập mối liên hệ giữa biến động các yếu tố khí tượng - hải dương (như nhiệt độ, độ mặn, Chlorophyll-a) và sự biến động nguồn lợi hải sản. Nguyễn Viết Nghĩa (2021) phân tích chuỗi số liệu về năng suất khai thác (CPUE) của nghề lưới kéo đáy giai đoạn 2011-2020 ở vịnh Bắc bộ và chỉ ra sự suy giảm sản lượng khai thác tại nhiều vùng biển ven bờ, có liên quan đến chu kỳ ENSO [2]. Nguyễn Toàn Thắng và cộng sự (2021) cho



ràng, ảnh hưởng của BĐKH đang tác động ngày càng nghiêm trọng đến sự phát triển bền vững của các khu vực, vùng lãnh thổ của Việt Nam, từ đó đã đề xuất các nhiệm vụ trọng tâm và biện pháp giảm nhẹ, thích ứng với BĐKH có quy mô phù hợp theo đặc điểm tự nhiên của mỗi vùng, khu vực trên cả nước [3].

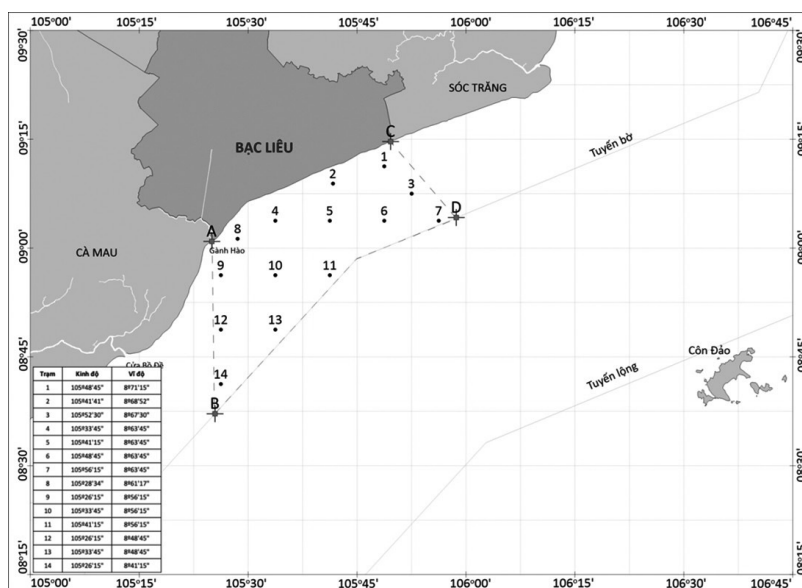
Là một trong những địa phương ven biển trọng điểm của Đồng bằng sông Cửu Long, tỉnh Bạc Liêu (cũ) nay thuộc tỉnh Cà Mau, có bờ biển dài khoảng 56 km và vùng biển quản lý rộng hơn 40.000 km². Đây là khu vực có nguồn lợi hải sản đa dạng, với khu hệ tôm, cua, ghẹ biển có giá trị kinh tế cao, điển hình như tôm tít (Stomatopoda), cua ghẹ (Decapoda) [4]. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, nguồn lợi khai thác đang có xu hướng suy giảm rõ nét: CPUE giảm, tỷ lệ kích thước nhỏ tăng, cấu trúc loài có sự thay đổi bất thường. Mặt khác, tác động của ENSO, biến động nhiệt độ nước biển và độ mặn đang ngày càng biểu hiện rõ rệt, ảnh hưởng đến khả năng khai thác hiệu quả, làm thay đổi động thái của các khu tập trung nguồn lợi hải sản truyền thống.

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu tác động của BĐKH tới cấu trúc nguồn lợi hải sản nói chung và nhóm giáp xác nói riêng là cần thiết. Kết quả sẽ làm rõ vai trò chi phối của ENSO và biến động các yếu tố khí tượng - hải dương trong sự thay đổi quần xã sinh vật biển tại Bạc Liêu. Đây sẽ là cơ sở khoa học quan trọng để xây dựng các kịch bản quản lý nghề cá thích ứng với biến đổi khí hậu, hướng tới phát triển bền vững khai thác thủy sản ven bờ của địa phương.

2. PHẠM VI, ĐỐI TƯỢNG, TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu tập trung tại vùng biển tỉnh Bạc Liêu và vùng phụ cận với giới hạn tọa độ địa lý là từ 8°37'N đến 9°15'N và từ 105°20'E đến 106°00'E với các tâm ô (Hình 1).



Hình 1. Phạm vi và vị trí thu thập số liệu khí tượng - hải dương, năng suất khai thác (CPUE) và mật độ (CPUA) ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu

2.2. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là nhóm giáp xác bao gồm tôm biển, tôm tít và cua ghẹ biển.

2.3. Nguồn dữ liệu về môi trường, hải dương

Thu thập tổng hợp và tổ chức dữ liệu chuỗi thời gian liên tục trong 10 năm (2010-2019) đối với các thông số khí tượng - hải dương chủ yếu có ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái biển và nguồn lợi thủy sản ở vùng biển Bạc Liêu. Cụ thể bao gồm:

- Thông số khí tượng: Lượng mưa hiệu chỉnh (Rainfall).
 - Thông số hải dương học: Nhiệt độ tầng mặt nước biển (SST - Sea Surface Temperature); Độ muối tầng mặt nước biển (SSS - Sea Surface Salinity); Thành phần dòng chảy u và v (surface current: u v); Mực nước biển (SSH - Sea Surface Height); Nồng độ Chlorophyll-a (CHL).
- Dữ liệu được tổng hợp từ các nguồn quốc tế và quốc gia bao gồm:

- Dữ liệu vệ tinh và mô hình tái phân tích: ERA5 (dữ liệu khí hậu khí tượng từ ECMWF), NASA POWER (dữ liệu năng lượng mặt trời khí hậu phục vụ nông nghiệp), Copernicus Marine Service (dữ liệu hải dương học toàn cầu và vùng ven bờ).
- Dữ liệu trạm quan trắc: Các trạm khí tượng - hải văn quốc gia và Dữ liệu đo đạc trực tiếp từ các chuyến điều tra do Viện Nghiên cứu Hải sản thực hiện.
- Dữ liệu Oceanic Niño Index (ONI, bản v5) do NOAA/CPC công bố; ONI được định nghĩa là trung bình trượt 3 tháng của dị thường SST ERSSTv5 trong vùng Niño-3.4 (5°N-5°S; 120°-170°W), tính trên các chuẩn 30 năm cập nhật mỗi 5 năm.

Các dữ liệu khí tượng, hải dương được thu thập với giá trị trung bình tháng và đồng bộ với dữ liệu nguồn lợi hải sản theo trạm điều tra hoặc theo ô lưới (15'x15' độ).

2.4. Nguồn dữ liệu về nguồn lợi nhóm giáp xác

Dữ liệu điều tra về nguồn lợi nhóm giáp xác ở vùng biển nghiên cứu được thu thập bởi hai loại nghề lưới kéo đáy cá và lưới kéo đáy tôm. Trong giai đoạn 2010-2019, tổng số 12 chuyến điều tra (đã tiến hành 50 trạm đánh lưới), gồm 08 chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy cá

(thực hiện 41 trạm đánh lưới) và 4 chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy tôm (thực hiện 9 trạm đánh lưới) ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu.

Số liệu điều tra được sắp xếp theo loại ngư cụ (lưới kéo cá và lưới kéo tôm), mùa gió (Đông Bắc và Tây Nam) và giai đoạn năm 2010-2014 và 2015-2019 (Bảng 1).

2.5. Phương pháp xác định yếu tố môi trường, hải dương ảnh hưởng tới nguồn lợi

Để đánh giá ảnh hưởng của các biến khí tượng, hải dương đến nguồn lợi ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu, chúng tôi sử dụng phép phân tích thành phần chính (PCoA - Principal Coordinates Analysis). Sau đó sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính với biến phụ thuộc là các biến độc lập: SST, SSS, SSH, CHL, uo, vo và Lượng mưa để xác định mối liên quan của các loài chính chi phối trục PCoA.

Nguồn số liệu được phân kỳ theo giai đoạn 5 năm (2010-2014; 2015-2019) để đạt cân bằng tối ưu giữa ổn định thống kê và độ nhạy với biến thiên trung hạn, đồng thời bảo đảm đủ kích thước mẫu cho PCoA hoặc GAM. Các giai đoạn này trùng với các năm có thiết kế khảo sát đồng nhất, giúp giảm sai lệch phương pháp và theo phân đoạn của chế độ khí hậu.

Phân tích được thực hiện với sự hỗ trợ của các gói (packages) bởi ngôn ngữ lập trình R (v. 4.3.2) như: Cluster (v.2.1.6), Stats (v.4.3.2), Factoextra (v.1.0.7), Vegan (v.2.6.4).

2.6. Phương pháp đánh giá tác động khí hậu và áp lực khai thác

Nghiên cứu áp dụng mô hình hồi quy cộng tính tổng

Bảng 1. Nguồn dữ liệu về nguồn lợi nhóm giáp xác trong các chuyến điều tra ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu

Loại ngư cụ	Số chuyến	Thông tin về chuyến điều tra	Số trạm
Lưới kéo cá (kích thước mắt lưới ở đọt là 2a=30mm)	01	Chuyến điều tra khu vực thả rạn tiềm năng ở vùng biển Việt Nam	10
	02	Điều tra đa dạng sinh học và nguồn lợi hải sản khu vực đường ống điện khí Bạc Liêu	8
	05	Điều tra nguồn lợi hải sản tầng đáy bằng lưới kéo đơn cá vùng biển ven bờ Việt Nam	23
Lưới kéo tôm (2a = 10mm)	04	Chuyến điều tra nguồn lợi tôm biển ở vùng biển ven bờ Việt Nam	9
Tổng số	12	Thời gian thực hiện từ năm 2010 đến 2019	50

quát (GAM) để định lượng đóng góp tương đối của khí hậu (ENSO) và áp lực khai thác (F) lên cấu trúc quần xã và chỉ số nguồn lợi. GAM cho phép mô tả quan hệ phi tuyến, đa thang và có cấu trúc không gian, thời gian [5], với tham số làm mượt được ước lượng bằng REML để đảm bảo ổn định và tránh quá khớp (overfitting) [6].

Hai đáp biến được phân tích song song là (i) điểm số (Bray-Curtis) đại diện cấu trúc quần xã, sử dụng phân phối Gaussian và (ii) chỉ số CPUA (kg.km⁻²) của nhóm/loài chỉ thị, sử dụng phân phối Tweedie [7].

Các biến phụ thuộc gồm:

- Khí hậu: ONI (Niño 3.4, trung bình trượt 3 tháng), với độ trễ $\ell=0-6$ tháng để phản ánh đáp ứng trễ sinh học [8].

- Áp lực khai thác: Chỉ số proxy F* được xây dựng từ CPUE điều tra theo công thức:

$$F^*_y = -zscore(\log(CPUE_{\sim y} + \epsilon))$$

Trong đó: CPUE_{~y} là trung vị CPUE của năm (giảm ảnh hưởng ngoại lai); ϵ là hằng số nhỏ tránh giá trị 0, và phép chuẩn hóa zscore giúp đưa các năm về cùng thang đo.

Độ trễ ONI (ℓ - lag) được chọn theo hệ số AIC thấp nhất; tham số làm mượt được ước lượng bằng REML. Ảnh hưởng của khí hậu và khai thác được đánh giá bằng so sánh mô hình đầy đủ với mô hình loại bỏ từng biến; $\Delta AIC \geq 10$ được coi là bằng chứng mạnh về tầm quan trọng của biến bị loại [9]. Các kiểm định phần dư và chuẩn hóabiến được thực hiện để đảm bảo tính ổn định; đồng thời áp dụng kiểm định độ bền bằng cross-validation theo khối năm và phân tích nhạy cảm theo lag ONI và khu vực (vùng biển ven bờ/ vùng ngoài khơi).

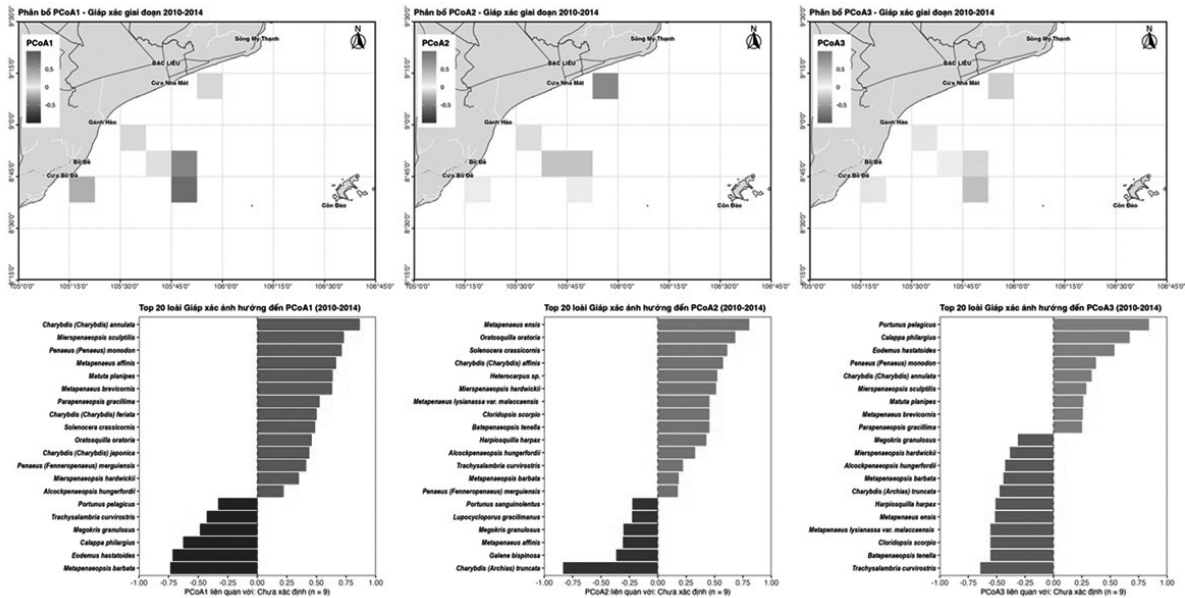
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu trúc thành phần loài của nhóm giáp xác theo thời gian

3.1.1. Giai đoạn năm 2010-2014

Phân tích PCoA thực hiện trên 38 loài mẫu thu thập được từ các chuyến điều tra cho nhóm giáp xác (bao gồm loài 12 tôm biển, 10 loài tôm tít, 9 loài ghẹ và 7 loài cua biển) đã xác định được 3 thành phần chính phản ánh sự phân tách tổ hợp loài theo không gian (Hình 2 và 3).

Ở trục thứ nhất, nhóm loài tải dương gồm Charybdis annulata, Mierspenaeopsis sculptilis, Penaeus monodon, Metapenaeus affinis, Matuta planipes... đối lập với nhóm loài tải âm gồm Metapenaeopsis barbata, Eodromus hastatoides, Calappa philargius, Megokris granulosus, Trachysalambria curvirostris...



Hình 2. Phân bố điểm số PCoA (Bray-Curtis) và nhóm giáp xác đại diện ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu, giai đoạn 2010-2014

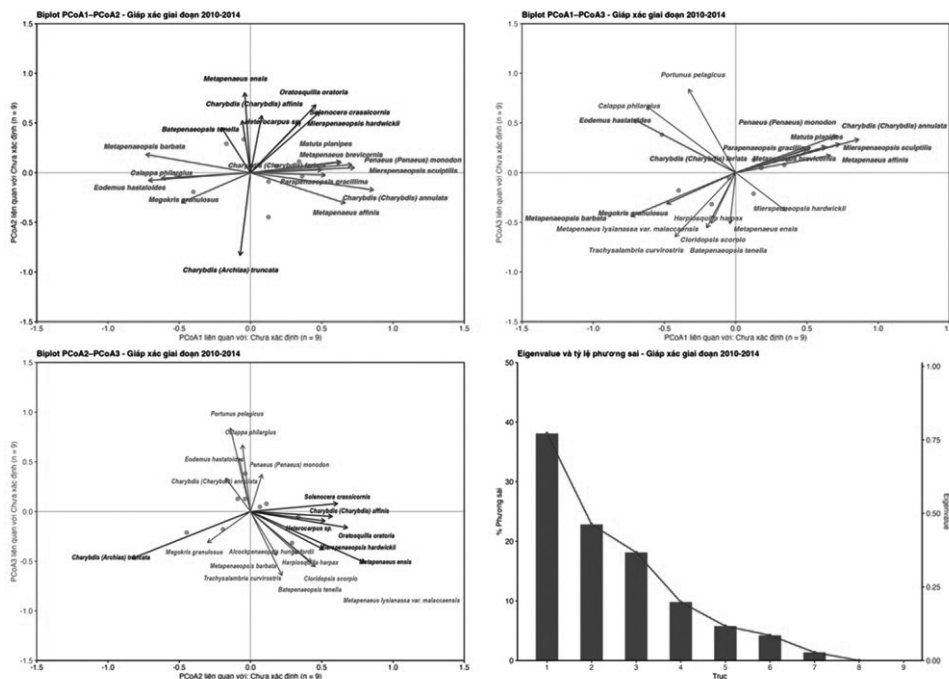
Trục thứ hai cho thấy, nhóm loài tải dương nổi bật là *Metapenaeus ensis*, *Oratosquilla oratoria*, *Solenocera crassicornis*, *Charybdis affinis*, *Heterocarpus* sp... trong khi nhóm loài tải âm gồm *Charybdis truncata*, *Galene bispinosa*, *Metapenaeus affinis*, *Megakris granulosa*, *Lupocyclus gracilimanus*...

Trục thứ ba tiếp tục biểu hiện phân tách tổ hợp loài nhưng chưa gắn được với biến môi trường. Nhóm loài tải dương chủ yếu gồm *Portunus pelagicus*, *Calappa*

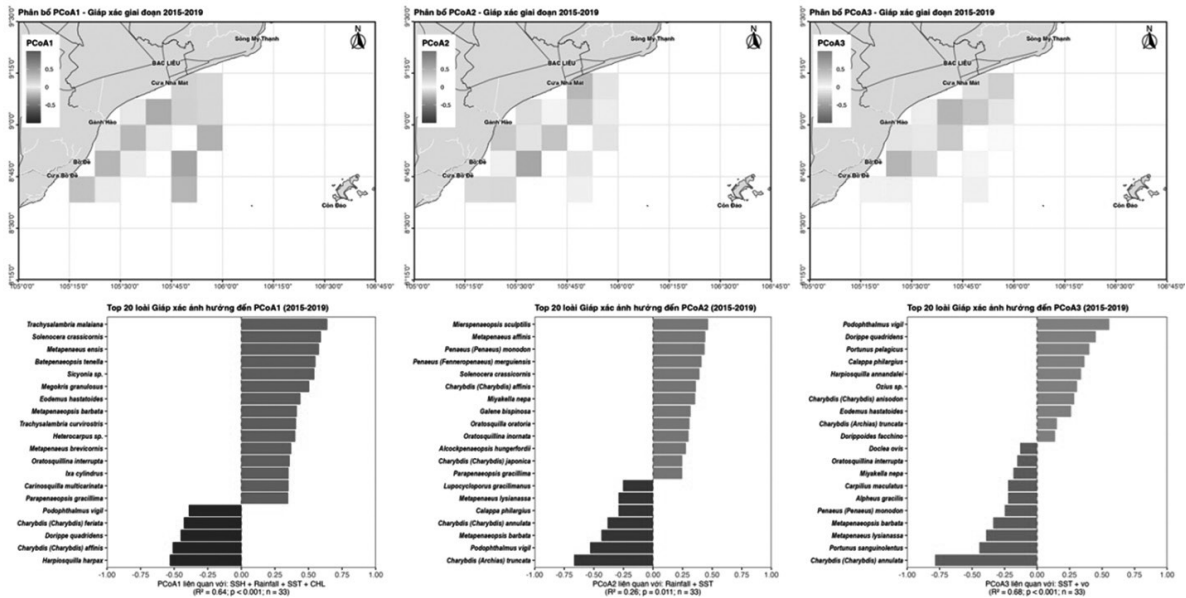
philargius, *Eodromus hastatoides*, *Penaeus monodon*, *Charybdis annulata*..., trong khi đó nhóm loài tải âm gồm *Trachysalambria curvirostris*, *Batpenaeopsis tenella*, *Chloridopsis scorio*, *Metapenaeus lysianassa* var. *malaccensis*, *Harpisquilla harpax*...

3.1.2. Giai đoạn năm 2015-2019

Phân tích PCoA (Bray-Curtis) cho 59 loài nhóm giáp xác (bao gồm loài 27 tôm biển, 10 loài tôm tít, 10 loài ghẹ và 12 loài cua biển) cho thấy 3 thành phần



Hình 3. Biểu đồ Biplot và Scree trong phân tích PCoA (Bray-Curtis) của giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu, giai đoạn 2010-2014



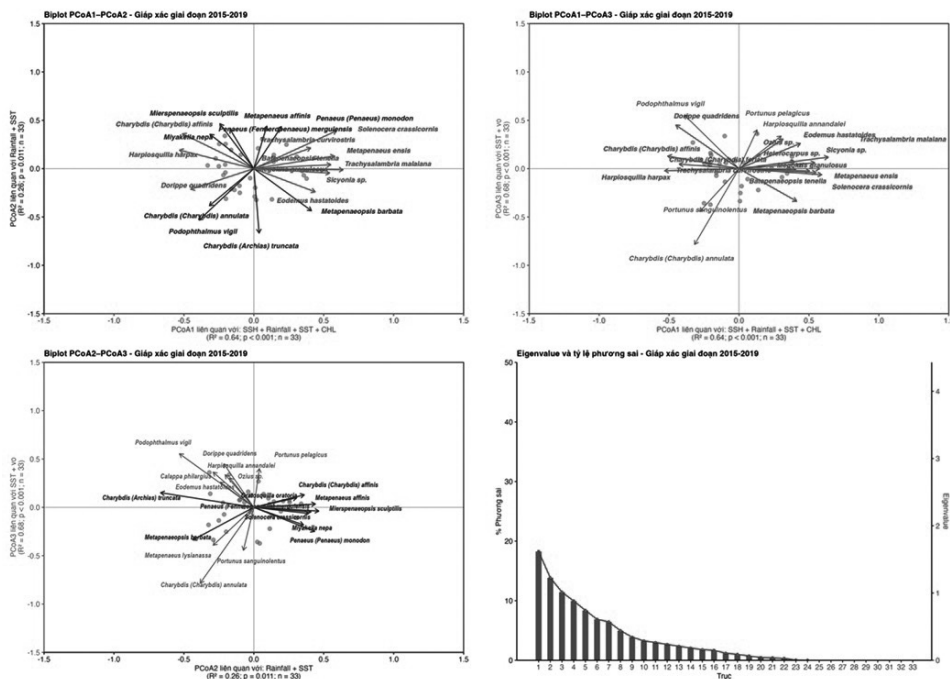
Hình 4. Phân bố điểm số PCoA (Bray-Curtis) và nhóm giáp xác đại diện ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu, giai đoạn 2015-2019

chính với các mối liên quan môi trường tương đối rõ rệt (Hình 4 và 5).

Trục thứ nhất liên quan với độ cao mực nước biển (SSH), lượng mưa, nhiệt độ tầng mặt nước biển (SST) và nồng độ Chlorophyll-a (CHL) ($R^2=0,64$; $p<0,001$); các loài *Trachysalambria malaiana*, *Solenocera crassicornis*, *Metapenaeus ensis*, *Batepenaeopsis tenella*, *Sicyonia sp...* liên quan thuận, trong khi *Harpisquilla harpax*, *Charybdis affinis*, *Charybdis*

feriata, *Dorippe quadridens*, *Podophthalmus vigil...* liên quan nghịch.

Trục thứ hai liên quan với lượng mưa và SST ($R^2=0,26$; $p=0,011$): loài *Mierspenaeopsis sculptilis*, *Metapenaeus affinis*, *Penaeus monodon*, *Fenneropenaeus merguensis*, *Solenocera crassicornis...* liên quan thuận, còn nhóm loài *Charybdis truncata*, *Podophthalmus vigil*, *Metapenaeopsis barbata*, *Calappa philargius*, *Charybdis annulata...* liên quan nghịch.



Hình 5. Biểu đồ Biplot và Scree trong phân tích PCoA (Bray-Curtis) của giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu, giai đoạn 2015-2019

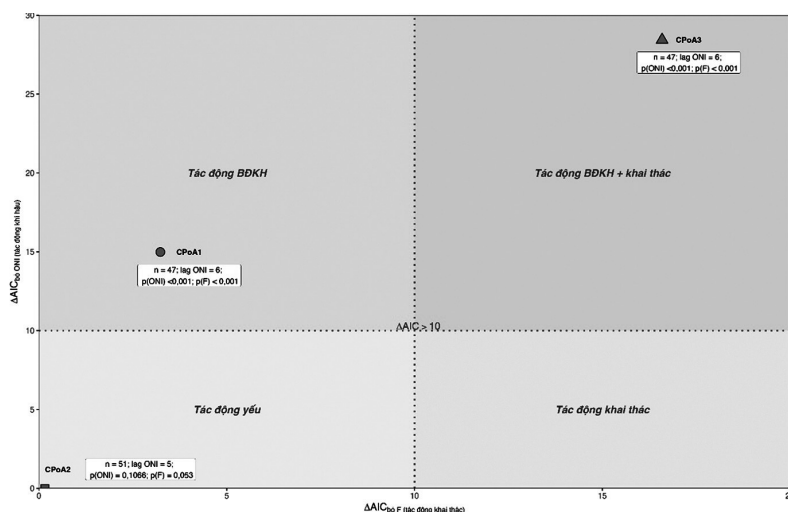
Trục thứ ba liên quan với SST và vận tốc dòng chảy theo hướng Bắc - Nam ($R^2 = 0,68$; $p < 0,001$): các loài *Podophthalmus vigil*, *Dorippe quadridentis*, *Portunus pelagicus*, *Calappa philargius*, *Harpiosquilla annandalei*... liên quan thuận, đối lập với nhóm loài *Charybdis annulata*, *Portunus sanguinolentus*, *Metapenaeus lysianassa*, *Metapenaeopsis barbata*, *Penaeus monodon*... liên quan nghịch.

Tóm lại, cấu trúc quần xã giáp xác trong toàn bộ chuỗi thời gian được tổ chức chủ yếu dọc theo các gradient động lực và thủy văn bề mặt. Ở giai đoạn năm 2010-2014 ghi nhận sự tách biệt tổ hợp loài trên 3 trục nhưng chưa xác định được biến chi phối, vì vậy nên coi đây là giai đoạn tham chiếu về hình thái cấu trúc hơn là suy luận cơ chế. Đến năm 2015-2019, các mối liên quan môi trường xuất hiện rõ rệt trở lại, trục PCoA1 gắn với SSH, lượng mưa, SST và CHL; PCoA2 gắn với lượng mưa và SST; PCoA3 gắn với SST và thành phần dòng chảy theo hướng Bắc - Nam. Bức tranh nhất quán qua các giai đoạn là yếu tố động lực (SSH, uo/vo) đặt khung phân bố theo trục bờ - khơi, trong khi thủy văn và năng suất bề mặt (SST, SSS, CHL, lượng mưa) điều chỉnh thành phần loài theo tính mùa và ảnh hưởng nước sông. Do đó, khi xây dựng GAMs để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và áp lực khai thác, nên chọn SSH, lượng mưa và SST làm biến lõi, đồng thời bổ sung uo/vo, CHL và SSS như biến điều hưởng.

3.2. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới nguồn lợi nhóm giáp xác

Kết quả phân tích cho thấy, 3 trục PCoA phản ánh những chiều biến thiên chính trong cấu trúc quần xã nhóm giáp xác, với mức độ chi phối khác nhau của các yếu tố khí hậu (ENSO - biểu diễn qua chỉ số ONI) và áp lực khai thác (F).

Trục PCoA1 thể hiện sự biến động mạnh của quần xã dưới tác động của BĐKH, trong đó $\Delta AIC_{\text{noONI}}$ vượt ngưỡng 10 và giá trị $p(\text{ONI})$ rất nhỏ, chỉ ra vai trò chi phối rõ rệt của khí hậu. Nhóm loài có đóng góp lớn trên trục này



Hình 6. Tác động của chỉ số dao động ENSO (ONI) và tác động của hoạt động khai thác (F) lên các quần thể nhóm giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu

bao gồm các loài *Portunidae*, *Trachypenaeus* sp., *Metapenaeopsis* sp., vốn có vòng đời ngắn và nhạy cảm với biến động nhiệt - độ mặn ở tầng mặt nước biển. Sự suy giảm mật độ CPUA của các loài này từ giai đoạn năm 2010-2014 sang năm 2015-2019 cho thấy tác động tiêu cực của các sự kiện ENSO mạnh, phù hợp với xu thế được ghi nhận ở các hệ sinh thái nhiệt đới.

Trục PCoA2 không cho thấy nguyên nhân chi phối rõ ràng, với ΔAIC của cả hai yếu tố dưới ngưỡng và p -value không ý nghĩa thống kê. Loài đóng góp chính tập trung vào nhóm tôm sú (*Penaeus monodon*), có vòng đời dài hơn và khả năng phân tán rộng, dẫn đến đáp ứng chậm và ít rõ rệt hơn trước các biến động khí hậu ngắn hạn. Sự ổn định tương đối của CPUA giữa các giai đoạn cho thấy cộng đồng này có thể được điều khiển bởi các yếu tố môi trường nền hoặc áp lực khai thác dài hạn, hơn là bởi ENSO.

Trục PCoA3 phản ánh tác động đồng thời của BĐKH và áp lực khai thác, với $\Delta AIC_{\text{noONI}}$ và ΔAIC_{noF} đều vượt ngưỡng 10 và giá trị p rất nhỏ cho cả hai yếu tố. Nhóm loài đóng góp chính chủ yếu là *Podophthalmus vigil*, *Dorippe quadridentis*, *Portunus pelagicus*, *Metapenaeus lysianassa*, *Metapenaeopsis barbata*, *Penaeus monodon*... Đây đều là các đối tượng có giá trị kinh tế cao, chịu khai thác mạnh và đồng thời nhạy cảm với biến động môi trường.

Nhìn tổng thể, kết quả phân tích đã phản ánh một bức tranh phân hóa về tác nhân điều khiển quần xã, chứng tỏ nhóm giáp xác phản ứng nhanh với BĐKH (ENSO). Cách tiếp cận này cung cấp nền tảng để xây dựng các kịch bản thích ứng và quản lý đến năm 2030-2050, phân loại theo nguyên nhân chi phối và nhóm nguồn lợi ưu tiên (Hình 6).

3.3. Thảo luận

Có thể thấy, phép phân tích PCoA đã xác định biến động cấu trúc nguồn lợi hải sản trong vùng ven bờ Bạc Liêu theo các gradient môi trường ổn định theo không gian (vùng biển ven bờ - ngoài khơi; theo chiều Bắc - Nam) và thời gian. Trục gradient theo chiều bờ tới khơi là nền tảng quan trọng: cụm loài ven bờ gắn với nền nhiệt cao, lượng mưa nhiều kết hợp độ muối giảm và hàm lượng Chlorophyll-a tăng;

trong khi cụm loài ngoài khơi đặc trưng bởi chế độ nhiệt - muối ổn định và tốc độ dòng chảy thấp. Trục gradient theo chiều Bắc - Nam với khối nước ngoài khơi và ven bờ cửa sông theo dòng chảy mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Trong các yếu tố sinh thái, SST được lựa chọn nhiều nhất trong các trục, có nghĩa đây là yếu tố chi phối chính, đồng thời các yếu tố khác như độ muối bề mặt (SSS), lượng mưa và Chlorophyll-a (CHL) được coi là các nhân tố ảnh hưởng có tính chất mùa, còn dòng chảy và mực nước biển đại diện cho động lực góp phần mô tả biến động không gian của nguồn lợi hải sản tại khu vực nghiên cứu theo các khối nước, thể hiện tính đặc thù của hệ sinh thái ven bờ, nhất là các khu vực có tương tác biển lục địa mạnh như ở vùng ven bờ Đồng bằng sông Cửu Long.

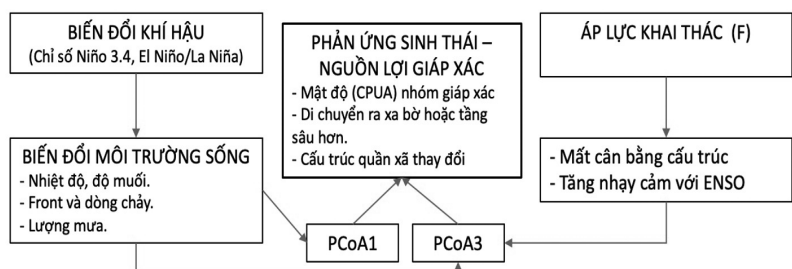
Kết quả hồi quy tuyến tính cho thấy nhiệt độ tầng mặt biển (SST) là biến giải thích quan trọng đối với biến động thành phần loài của nguồn lợi nhóm giáp xác. Điều này là phù hợp với các ghi nhận trên thêm lục địa châu Âu và Bắc Đại Tây Dương: khi nước biển ấm lên, nhiều loài di chuyển lên vĩ độ cao hơn hoặc xuống sâu hơn, kéo theo thay đổi cấu trúc ưu thế trong quần xã nguồn lợi [10] [11]; hay tỷ trọng loài ưa ấm trong sản lượng khai thác trên các đại dương cũng tăng theo thời gian [12]. Nhiệt độ khoảng 30°C được xác định là tối ưu cho sự sinh sản của một số loài tôm, trong khi nhiệt độ quá cao (trên 33°C) hoặc quá thấp (dưới 25°C) sẽ làm giảm khả năng bắt mồi và hoạt động, khiến chúng dễ bị bệnh. Hơn nữa, theo sinh thái, khi điều kiện nhiệt độ vượt khỏi ngưỡng của một số loài hoặc nhóm loài sẽ làm giảm hiệu năng sinh học, loài hoặc nhóm loài buộc phải điều chỉnh phân bố và nhường ưu thế cho các loài khác thích hợp hơn [13].

Kết quả phân tích cho thấy biến động SSS và CHL có mối liên hệ đáng kể với mật độ nguồn lợi (CPUA) nhóm giáp xác ở vùng biển nghiên cứu. Cơ chế này phù hợp với quan điểm trong khung “sinh thái nhiệt đới ven bờ” [14], nhấn mạnh vai trò của chế độ mưa và nước sông trong việc tái cấu trúc cột

nước, điều tiết nguồn muối tạo dinh dưỡng và sản xuất sơ cấp, qua đó chi phối chuỗi thức ăn và quần xã sinh vật. Tại đồng bằng sông Cửu Long, Tran et al. (2024) ghi nhận cơ chế “xâm nhập mặn - dinh dưỡng - Chlorophyll a” có vai trò quyết định tới phân bố và mùa vụ khai thác hải sản ở vùng biển ven bờ [15]. Như vậy, kết quả này không chỉ nhất quán với xu thế chung được quan sát ở các vùng biển nhiệt đới, mà còn làm rõ nét đặc thù của đồng bằng sông Cửu Long: biến động SSS và CHL theo mùa vụ có thể coi là các chỉ thị sinh thái quan trọng để giải thích sự thay đổi mật độ (CPUA) của nguồn lợi hải sản nói chung và nhóm giáp xác nói riêng ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu.

Bên cạnh đó, các thành phần vận tốc dòng chảy bề mặt (uo, vo) và mực nước biển (SSH) có mối liên hệ rõ rệt với mật độ (CPUA) nguồn lợi hải sản. Điều này phản ánh chế độ động lực học khu vực nghiên cứu chịu chi phối bởi gió mùa Đông Bắc và Tây Nam kết hợp với dòng chảy triều đã đóng vai trò điều tiết môi trường sống và phân bố của nguồn lợi hải sản. Sự thay đổi hướng và cường độ dòng chảy theo mùa tạo nên quá trình vận chuyển khối nước, quyết định mức độ ưu thế của khối nước ngoài khơi hay ven bờ, trực tiếp ảnh hưởng đến mật độ của sinh vật phù du thông qua nguồn dinh dưỡng. Đồng thời, mức độ biến thiên của SSH được coi là đại diện của hoàn lưu và dao động mặt biển, phản ánh sự hình thành các front và các khối nước giao nhau thường tạo nên những không gian giàu thức ăn và thu hút sự tập trung của giáp xác nói riêng và các sinh vật biển nói chung. Các phân tích trong nghiên cứu này có sự tương đồng với kết quả đã quan sát được từ nhiều hệ thống ven bờ biển khác trên thế giới, nơi dòng chảy bề mặt và SSH được xem là nhân tố sinh thái quan trọng trong tìm hiểu phân bố nguồn lợi tại khu vực. Sự tương đồng này củng cố nhận định rằng các biến động uo, vo và SSH tại vùng biển ven bờ Bạc Liêu có thể coi là nền tảng sinh thái quan trọng, định hình gradient quần xã mà phân tích PCoA đã tái hiện.

Mặt khác, tác động khí hậu nhiều năm được thể hiện nhất quán trên cấu trúc các trục tọa độ sinh thái. Trục PCoA1 chịu ảnh hưởng rõ rệt của ENSO (chỉ số ONI) với độ trễ xấp xỉ nửa năm, phản ánh chuỗi cơ chế trong đó ENSO làm thay đổi hoàn lưu và mực nước biển, từ đó tác động đến năng suất sơ cấp và cuối cùng là quần xã phản ứng sau một khoảng trễ nhất định. Trục PCoA3 phản ánh sự tương tác kép giữa tín hiệu khí hậu và áp lực khai thác (F-proxy), hàm ý rằng biến động nền khí hậu có thể khuếch đại độ nhạy cảm của các nhóm loài



Hình 7. Sơ đồ mối quan hệ giữa ENSO, khai thác và phản ứng sinh thái của giáp xác ở vùng biển Bạc Liêu



đang chịu cường lực khai thác cao; hiện tượng này đặc biệt đáng lưu ý đối với những loài có vòng đời ngắn và giá trị kinh tế cao. Ngược lại, PCoA2 không cho thấy một tác nhân chi phối đơn lẻ, nhiều khả năng phản ánh tổng hợp của các yếu tố sinh thái đáy.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

- Biến động nguồn lợi giáp xác ở vùng biển ven bờ Bạc Liêu chịu tác động mạnh mẽ của các yếu tố môi trường. Trong đó, nhiệt độ tăng mặt biển (SST) đóng vai trò là động lực nền, chi phối sự phân bố và tốc độ tăng trưởng của nhóm giáp xác. Các yếu tố như độ mặn tầng mặt nước biển (SSS), lượng mưa và nồng độ Chlorophyll a (CHL) góp phần định hình ranh giới hệ sinh thái ven bờ, nơi các loài giáp xác chiếm ưu thế.

- Tác động của biến đổi khí hậu lên các loài giáp xác thể hiện rõ qua hiện tượng ENSO, với độ trễ khoảng 6 tháng. Trong các pha ENSO bất lợi, nhiệt độ nước biển tăng cao vượt ngưỡng chịu đựng của một số loài, khiến chúng phải điều chỉnh phân bố, di chuyển đến vùng nước sâu hơn hoặc vĩ độ cao hơn, dẫn đến sự suy giảm nguồn giống và tốc độ tăng trưởng. Điều này tạo cơ hội cho các loài giáp xác ưa ấm chiếm ưu thế, làm thay đổi cấu trúc của quần xã.

- Dưới áp lực khai thác liên tục, các quần thể giáp xác trở nên dễ tổn thương hơn trước những biến động môi trường.

4.2. Kiến nghị

- Điều chỉnh cường lực khai thác theo chu kỳ ENSO thông qua việc giảm áp lực khai thác trong các giai đoạn ENSO, để các quần thể giáp xác có thời gian phục hồi.

- Đối với các nhóm loài giáp xác chịu tác động kép của khí hậu và khai thác, cần kiểm soát kích cỡ mắt lưới ngư cụ, điều chỉnh không gian khai thác để bảo vệ các vùng sinh sản và các loài giáp xác non.

- Để có cơ sở khoa học vững chắc hơn, cần tiếp tục thu thập dữ liệu theo chuỗi thời gian về các loài giáp xác phản ứng nhanh với các yếu tố môi trường, hải dương học.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Ban chủ nhiệm Đề tài “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới nguồn lợi hải sản ở vùng biển ven bờ tỉnh Bạc Liêu” đã hỗ trợ và cho phép sử dụng nguồn số liệu để chúng tôi hoàn thành bài báo này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Marissa D. McMahan, Diane F. Cowan, Yong Chen, Graham D. Sherwood & Jonathan H. Grabowski (2016), “Growth of juvenile American lobster *Homarus americanus* in a changing environment”, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 557: 177-187.

2. Nguyễn Việt Nghĩa (2021), “Đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ và các rủi ro sinh thái của một số nghề khai thác chủ yếu ở biển vịnh Bắc Bộ, Việt Nam”, *Luận án Tiến sĩ, Viện Nghiên cứu Hải sản*.

3. Nguyễn Toàn Thắng, Đỗ Quang Hưng, Trần Thị Thu Trang & Phạm Thúy Hạnh (2021), “Đánh giá nguy cơ tác động của biến đổi khí hậu đến một số khu vực của Việt Nam và triển khai các hoạt động thích ứng”, *Tạp chí Môi trường*, Số 8/2021.

4. Van M.V., Tuan N.A., Dinh T.D. & Hung H.P. (2010), “Species composition and characteristics of fish and shrimp fauna distributed in the coastal area of Soc Trang - Bac Lieu”, *Can Tho University Scientific Journal*, 15a: 232-240.

5. Wood S. N. (2017), *Generalized additive models: An introduction with R (2nd ed.)*.

6. Wood S. N. (2011), “Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models”, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Statistical Methodology)*, 73(1), 3-36.

7. Zuur A. F., Ieno E. N., Walker N. J., Saveliev A. A. & Smith G. M. (2009), *Mixed effects models and extensions in ecology*, R. Springer.

8. Salazar J. O., Arreguín-Sánchez F. & Zetina-Rejón M. J. (2021), “Standardization of catch-per-unit-effort (CPUE) data in small-scale fisheries using generalized additive models”, *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(4), 623-635.

9. Burnham K. P. & Anderson D. R. (2002), *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach (2nd ed.)*, Springer.

10. Perry A. L., Low P. J., Ellis J. R. & Reynolds J. D. (2005), “Climate change and distribution shifts in marine fishes”, *Science*, 308(5730), 1912-1915.

11. Dulvy N. K., Rogers S. I., Jennings S., Stelzenmüller V., Dye S. R. & Skjoldal H. R. (2008), “Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: A biotic indicator of warming seas”, *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1029-1039.

12. Cheung W. W. L., Watson R. & Pauly D. (2013), “Signature of ocean warming in global fisheries catch”, *Nature*, 497(7449), 365-368.

13. Pörtner H. O. & Peck M. A. (2010), “Climate change effects on fishes and fisheries: Towards a cause-and-effect understanding”, *Journal of Fish Biology*, 77(8), 1745-1779.

14. Longhurst A. & Pauly D. (1987), *Ecology of tropical oceans*, Academic Press.

15. Tran V. H., Nguyen M. T. & Le Q. T. (2024), “Salinity intrusion and its impacts on coastal ecosystems in the Mekong Delta”, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 24(2), 55-70.

ỨNG DỤNG GIS VÀ THUẬT TOÁN TỐI ƯU TRONG XÂY DỰNG MẠNG LƯỚI QUAN TRẮC KHÔNG KHÍ TỈNH CÀ MAU

HUỲNH ANH HOÀNG^{1*}, VĂN TUẤN VŨ²

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

² Trung tâm Tài nguyên Nước và Môi trường - Chi nhánh Công ty TNHH MTV Tài nguyên và Môi trường miền Nam

Tóm tắt

Chất lượng môi trường không khí (MTKK) đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ sức khỏe cộng đồng và phát triển bền vững. Vì vậy, nghiên cứu được triển khai với mục đích là tạo lập mạng lưới quan trắc MTKK tối ưu, phù hợp với không gian phân bố dân số, giao thông và công nghiệp hiện nay của tỉnh Cà Mau. Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp GIS, phân tích thống kê phân vị, kết hợp các thuật toán tối ưu Heuristic và Genetic Algorithm (GA) để xây dựng mạng lưới quan trắc không khí. Trên cơ sở chồng ghép các lớp dữ liệu dân số, giao thông và khu công nghiệp, 40 điểm quan trắc hiện hữu được sàng lọc, giữ lại 33 trạm có mức độ ưu tiên cao. Kết quả tối ưu cho thấy phương pháp Heuristic và GA đều đề xuất tập trung 3-5 trạm online tại TP. Cà Mau, trục QL1A và các khu công nghiệp (KCN) lớn, vừa đảm bảo tính đại diện, vừa tiết kiệm chi phí. Mạng lưới đề xuất là nền tảng cho việc tái thiết kế mạng lưới sau khi sáp nhập đơn vị hành chính cấp tỉnh.

Từ khóa: Cà Mau, Quan trắc không khí, GIS, Genetic Algorithm, Heuristic.

Ngày nhận bài: 9/9/2025; Ngày sửa chữa: 15/9/2025. Ngày duyệt đăng: 25/9/2025.

Application of GIS and optimization algorithms to design the air quality monitoring network in Ca Mau province

Abstract

Air quality (AQ) plays an important role in protecting public health and promoting sustainable development. Therefore, this study was conducted with the aim of establishing an optimal AQ monitoring network that aligns with the current spatial distribution of population, traffic, and industry in Cà Mau province. The research applied GIS methods, percentile statistical analysis, and combined optimization algorithms, including Heuristic and Genetic Algorithm (GA), to design the air monitoring network. By overlaying data layers of population, traffic, and industrial zones, 40 existing monitoring points were screened, retaining 33 stations with high priority levels. The optimization results showed that both Heuristic and GA methods recommended focusing 3-5 online stations in Cà Mau City, along National Highway 1A, and in major industrial zones, ensuring both representativeness and cost-effectiveness. The proposed network provides a foundation for redesigning the system after the provincial-level administrative merger.

Keywords: Air quality monitoring, GIS, Genetic Algorithm, Heuristic, Ca Mau.

JEL Classifications: Q 51, Q52, Q53, Q54.

1. GIỚI THIỆU

ÔNKK là một trong những thách thức lớn hiện nay, ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái. Theo WHO, việc xây dựng mạng lưới quan trắc với mật độ và tính đại diện đầy đủ là điều kiện tiên quyết để đánh giá phơi nhiễm của cộng đồng và đưa ra chính sách bảo vệ sức khỏe (World Health Organization, 2021). Đối với tỉnh Cà Mau là cực Nam của Tổ quốc, áp lực ÔNKK xuất phát từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm hoạt động công nghiệp, giao thông, chế biến thủy sản và năng lượng. Trong khi đó, hệ thống quan trắc MTKK hiện nay chủ yếu dựa vào các điểm đo thủ công, phân bố chưa đồng bộ, chưa đáp ứng yêu cầu giám sát và cảnh báo ô nhiễm (Vietnam Environment Administration (VEA), 2021). Một số nghiên cứu

trong nước gần đây cũng đã bước đầu ứng dụng GIS kết hợp các phương pháp đa tiêu chí để hỗ trợ quy hoạch mạng lưới quan trắc không khí (Trần Thị Hồng, 2020).

Vấn đề đặt ra là tỉnh Cà Mau hiện chưa có trạm quan trắc tự động, dữ liệu thu thập còn rời rạc, khó phản ánh xu thế ô nhiễm dài hạn và khó phục vụ dự báo, cảnh báo. Thực tiễn này đòi hỏi một giải pháp khoa học nhằm sàng lọc lại các trạm quan trắc hiện hữu, loại bỏ các trạm kém hiệu quả và xây dựng mạng lưới quan trắc tối ưu, bảo đảm tính đại diện và hiệu quả chi phí. Điểm mới của nghiên cứu là ứng dụng công nghệ GIS kết hợp với các thuật toán tối ưu (Heuristic và Genetic Algorithm – GA) để thiết kế mạng lưới quan trắc không khí (Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Guan, Y.,



2019) (Lee, M., Kim, H., & Park, J., 2020), một hướng tiếp cận hiện đại chưa được áp dụng phổ biến ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Ngoài ra, trong bối cảnh Việt Nam đang tiến hành sắp xếp lại đơn vị hành chính cấp tỉnh, việc nghiên cứu xây dựng mạng lưới quan trắc cho Cà Mau không chỉ mang ý nghĩa địa phương, mà còn đóng vai trò nền tảng để mở rộng, tái thiết kế mạng lưới quan trắc không khí cho các tỉnh mới hình thành sau khi sáp nhập. Điều này làm tăng tính cấp thiết và giá trị thực tiễn của nghiên cứu.

Mục tiêu của nghiên cứu là tạo lập mạng lưới quan trắc MTKK tối ưu, phù hợp với không gian phân bố dân số, giao thông và công nghiệp hiện nay của tỉnh Cà Mau, đồng thời định hướng cho việc xây dựng mạng lưới quan trắc hiệu quả trong tương lai.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng

Mạng lưới quan trắc MTKK tỉnh Cà Mau 2024-2025, bao gồm 40 điểm quan trắc thủ công do địa phương quản lý triển khai.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp GIS

Nghiên cứu kế thừa các nguyên lý của lý thuyết tối ưu hóa mạng lưới quan trắc môi trường, trong đó GIS được sử dụng để tích hợp và phân tích dữ liệu không gian như mật độ dân số, hệ thống giao thông, phân bố khu công nghiệp.

- Dữ liệu và lớp thông tin không gian:

Khu vực nghiên cứu được chia thành 253 ô với kích thước mỗi ô lưới 5x5 km bao phủ toàn tỉnh Cà Mau (cũ). Mỗi ô lưới được gán ba yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng không khí: Dân số (Population density), Giao thông (Traffic intensity), Khu công nghiệp (Industrial zones – IZ)

Các lớp dữ liệu này được chuẩn hóa về cùng một thang giá trị [0;1] nhằm loại bỏ sự khác biệt đơn vị đo (Nguyễn, 2020).

- Hàm mục tiêu:

Chỉ số tổng hợp S cho mỗi ô lưới được tính theo công thức (Malczewski, J., 1999):

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot x_{ij}, \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (1)$$

w_j: Trọng số của các yếu tố x_{ij}

x_{ij}: Các yếu tố ảnh hưởng đến chỉ số tổng hợp S

Phương trình (1) được triển khai theo 3 yếu tố chính (dân số, giao thông, KCN) có ảnh hưởng lớn đến vị trí đặt trạm quan trắc như sau:

$$S = w_1 * Norm_{Pop} + w_2 * Norm_{Traffic} + w_3 * Norm_{IZ} \quad (2)$$

Trong đó:

Norm-Pop: giá trị chuẩn hóa của mật độ dân số

Norm_Traffic: giá trị chuẩn hóa của mức độ giao thông

Norm_IZ: giá trị chuẩn hóa của phân bố khu công nghiệp

Trọng số w₁, w₂, w₃ được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm và theo chuyên gia.

Chỉ số S vừa là cơ sở cho bước sàng lọc, vừa được dùng làm hàm mục tiêu (Fitness) trong quá trình tối ưu hóa bằng Heuristic và GA.

2.2.2. Phân tích thống kê phân vị

Nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê phân vị để phân loại mức độ ưu tiên hoặc sàng lọc, giữ lại các điểm có giá trị (Nguyen, H.

T., & Le, T. P., 2021) (Helsel, D. R., & Hirsch, R. M., 2002). Trên toàn bộ 253 ô lưới, các phân vị của chỉ số S được tính toán là Q1, Q2 (Median), Q3. Kết quả phân vị này được dùng để đối chiếu với 40 điểm quan trắc thủ công hiện hữu. Nguyên tắc sàng lọc:

Giữ lại các điểm (trạm thủ công) thuộc ô lưới có S ≥ Q2, từ trung vị trở lên;

Loại bỏ các điểm có S < Q2 và đồng thời cả ba yếu tố (Norm_Pop, Norm_Traffic, Norm_IZ) đều thấp hơn trung vị;

Xem xét đặc biệt: nếu trạm nằm trong ô có chỉ số tổng hợp S thấp nhưng một yếu tố vượt trội (≥ P90), trạm đó vẫn được cân nhắc giữ lại.

Kết quả phân vị giúp loại bỏ các điểm ít ý nghĩa trong giám sát, đồng thời rút gọn tập ứng viên đầu vào cho các bước tối ưu hóa bằng Heuristic và GA.

2.2.3. Phương pháp tối ưu Heuristic và GA

Sau khi sàng lọc, các điểm còn lại được đưa vào hai phương pháp tối ưu: (i) Heuristic: Lựa chọn tuần tự các điểm có giá trị S cao, đảm bảo khoảng cách tối thiểu giữa các trạm, đến khi đạt số lượng trạm cần thiết (Lee, M., Kim, H., & Park, J., 2020); (ii) Genetic Algorithm: Mã hóa mỗi tập hợp vị trí trạm thành một cá thể; áp dụng các bước chọn lọc, lai ghép và đột biến để tối đa hóa hàm mục tiêu S cho toàn mạng lưới, đồng thời duy trì phân bố không gian hợp lý. Đây là thuật toán tiến hóa kinh điển (Holland, J. H., 1975) và đã được ứng dụng rộng rãi trong tối ưu hóa mạng lưới quan trắc môi trường (Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Guan, Y., 2019).

Heuristic là nhóm thuật toán tối ưu dựa trên các quy tắc tìm kiếm đơn giản, nhằm chọn lựa phương án khả thi tốt nhất ở mỗi bước lặp. Phương pháp này thường cho kết quả nhanh chóng, phù hợp với các bài toán có dữ liệu lớn nhưng không yêu cầu độ chính xác tuyệt đối. Trong nghiên cứu này, thuật toán Heuristic (Lee, M., Kim, H., & Park, J., 2020) (Hình 1a) được sử dụng để lựa chọn lần lượt các vị trí trạm quan trắc không khí có chỉ

số phù hợp tổng hợp cao nhất, đảm bảo khoảng cách tối thiểu giữa các trạm.

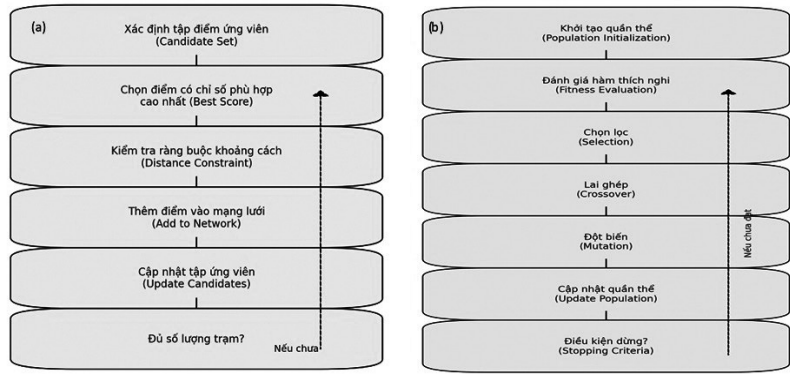
Genetic Algorithm (GA) là một thuật toán metaheuristic, mô phỏng quá trình tiến hóa tự nhiên thông qua các phép toán di truyền như chọn lọc, lai ghép và đột biến (Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Guan, Y., 2019) (Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt, 2004) (Hình 1b). GA có khả năng tìm ra lời giải tối ưu gần toàn cục cho các bài toán tối ưu phức tạp, trong đó không gian tìm kiếm rất lớn và khó giải bằng các phương pháp truyền thống. Trong nghiên cứu này, GA được dùng để kiểm chứng kết quả một vài tổ hợp vị trí trạm quan trắc tối ưu của Heuristic, với hàm mục tiêu là tối đa hóa độ bao phủ dân số, giao thông và khu công nghiệp.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiện trạng mạng lưới quan trắc không khí tỉnh Cà Mau

Dữ liệu đầu vào của nghiên cứu bao gồm thông tin về dân số, giao thông, khu công nghiệp và mạng lưới trạm quan trắc hiện hữu. Tất cả được chuẩn hóa và chồng ghép trên hệ lưới 5x5 km để phục vụ phân tích (Bảng 1).

Kết quả tổng hợp cho thấy toàn tỉnh Cà Mau có diện tích tự nhiên 5.274,51 km² được chia thành 253 ô lưới 5x5 km, trong đó có 40 ô chứa trạm quan trắc không khí thủ công (Hình 2). Các trạm này phân bố không đồng đều: tập trung nhiều ở khu vực thành phố Cà Mau và các trục giao thông chính, trong khi vùng ven biển và khu vực nông thôn thưa thớt trạm.



Hình 1. Sơ đồ khung lý thuyết thuật toán Heuristic (a) và Genetic Algorithm (b)

Do chỉ dựa vào phương pháp thủ công, số liệu quan trắc hiện có còn rời rạc, thiếu tính liên tục theo thời gian và chưa phản ánh đầy đủ sự biến động của chất lượng không khí. Bên cạnh đó, sự phân bố không đồng đều của các trạm khiến một số khu vực chịu áp lực phát thải lớn chưa được giám sát hiệu quả.

Những hạn chế trên cho thấy cần thiết phải phân tích không gian, sàng lọc và tái cấu trúc lại mạng lưới quan trắc hiện hữu, tiến tới thiết lập hệ thống trạm tự động tại các vị trí ưu tiên. Đây là cơ sở để thực hiện các bước phân tích phân vị và tối ưu hóa trong nghiên cứu này.

3.2. Phân tích không gian và tính toán chỉ số tổng hợp

Toàn tỉnh được chia thành 253 ô lưới 5x5 km. Trên mỗi ô i tính ba chỉ số thành phần, sau đó chuẩn hóa min-max về [0,1] và tích hợp thành chỉ số tổng hợp Si.

a. Dân số

Dữ liệu dân số được khai thác từ WorldPop (2023) là cơ sở dữ liệu dân số toàn cầu có độ phân giải 100 m kết hợp với Niên giám thống kê tỉnh Cà Mau (2023) với số dân là 1.207.400 người. Giá trị dân số tại từng ô lưới 5x5 km được xác định bằng phương pháp phân bố theo diện tích chồng lấn (areal interpolation) giữa raster WorldPop và ranh giới hành chính.

- Dân số của ô i được phân bố theo diện tích chồng lấn hành chính, sau đó quy về mật độ (người/km²): Popi.

- Chuẩn hóa min-max (Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt,

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào phục vụ phân tích mạng lưới quan trắc không khí

Nhóm dữ liệu	Chỉ tiêu	Mô tả/Đơn vị
Dân số	Dân số raster (100 m)	Phân bố dân số trung bình theo ô lưới 5x5 km, tính mật độ (người/km ²) (WorldPop, 2023)
Giao thông	Số tuyến đường, tổng chiều dài đường	Tính chỉ số: Số đường + (Chiều dài/1000), đơn vị km (OpenStreetMap contributors, 2023)
Công nghiệp	Khoảng cách đến KCN	Tính khoảng cách trung bình từ tâm ô đến các KCN, nghịch đảo để chuẩn hóa
Lưới nghiên cứu	253 ô lưới 5x5 km	Toàn tỉnh Cà Mau được chia thành 253 ô, trong đó có 40 ô chứa trạm quan trắc hiện hữu
Mạng lưới hiện hữu	40 trạm quan trắc thủ công	Vị trí các trạm quan trắc không khí truyền thống, phân bố trong lưới nghiên cứu (Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Cà Mau, 2025)

2004) (Niharika, Venkatadri M., 2014) (Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei., 2021):

$$Norm_{Pop}(i) = \frac{Pop_i - \min(Pop)}{\max(Pop) - \min(Pop)} \quad (3)$$

b. Giao thông

Dữ liệu đường giao thông được khai thác từ OpenStreetMap (OpenStreetMap contributors, 2023). Tại mỗi ô lưới 5x5 km, tham khảo cách tiếp cận của Kanaroglou và cộng sự (Kanaroglou, P. S., Jerrett, M., Morrison, J., Beckerman, B., Arain, M. A., Gilbert, N. L., & Brook, J. R., 2005), chỉ số giao thông được tính dựa trên tổng số tuyến đường cắt qua ô kết hợp với tổng chiều dài đường trong ô (m), quy đổi về đơn vị km:

$$Traffic_i = Nroad_i + \frac{L_i}{1000} \quad (4)$$

Với Nroadi là số tuyến đường cắt qua ô; Li là tổng chiều dài đường trong ô (m). Việc chia 1000 đưa chiều dài về đơn vị km để cộng cùng số tuyến (không thứ nguyên).

- Chuẩn hóa min-max:

$$Norm_{Traffic}(i) = \frac{Traffic_i - \min(Traffic)}{\max(Traffic) - \min(Traffic)} \quad (5)$$

c. Khu công nghiệp

Trong nghiên cứu này, dữ liệu về bốn khu công nghiệp chính của tỉnh Cà Mau gồm Khánh An, Hòa Trung, Năm Căn và Sông Đốc được sử dụng. Mỗi KCN được chuẩn hóa về hệ tọa độ VN2000 và quy đổi thành điểm đại diện để thuận tiện cho tính toán.

- Tính khoảng cách trung bình từ tâm ô i đến các KCN (Liu, H., Shen, Z., & Chen, T., 2017) trong tỉnh:

$$\bar{d}_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M d(i, KCN_j) \quad (6)$$

với M là số KCN, d(i, KCNj) là khoảng cách tâm ô i đến từng KCN.

- Nghịch đảo để ra chỉ số thô gần KCN thì có giá trị cao:

$$IZ_i = \frac{1}{\bar{d}_i} \quad (7)$$

- Chuẩn hóa min-max:

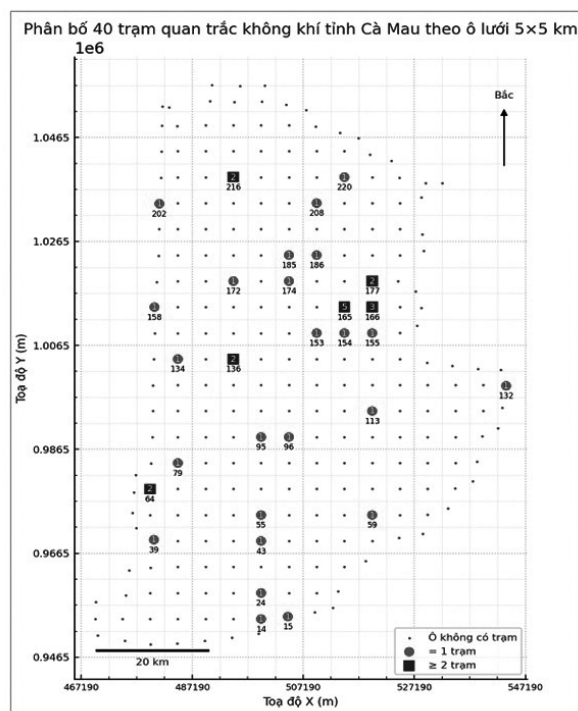
$$Norm_{IZ}(i) = \frac{IZ_i - \min(IZ)}{\max(IZ) - \min(IZ)} \quad (8)$$

(d) Chỉ số tổng hợp (fitness)

$$S_i = 0,5 * Norm_{Pop}(i) + 0,3 * Norm_{Traffic}(i) + 0,2 * Norm_{IZ}(i) \quad (9)$$

Bảng 2. Phân bố chỉ số S của 253 ô lưới theo phân vị

Giá trị S theo phân vị	Số ô lưới	Tỷ lệ (%)	Ghi chú
< Q1 (S < 0,065)	64	25,3	Ven biển, thưa dân
Q1-Q2 (S: 0,065-0,125)	63	24,9	Vùng đệm
Q2-Q3 (S: 0,125-0,216)	63	24,9	Đô thị phụ cận
≥ Q3 (S ≥ 0,216)	63	24,9	TP. Cà Mau, QL1A, gần KCN



Hình 2. Bản đồ phân bố 40 điểm quan trắc thủ công

Trọng số (0,5; 0,3; 0,2) được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm và thực tế phản ánh tầm quan trọng ưu tiên của các yếu tố trong thực tiễn quản lý MTKK tại Cà Mau. Chỉ số Si phản ánh mức độ ưu tiên của từng ô và là đầu vào cho bước phân tích phân vị và sàng lọc các trạm hiện hữu.

Kết quả tính toán chỉ số tổng hợp S cho 253 ô lưới cho thấy sự phân hóa rõ rệt. Giá trị S dao động từ 0,006 đến 0,938, trung bình 0,150. Các ô có giá trị cao tập trung tại TP. Cà Mau, dọc QL1A và gần các KCN lớn (Khánh An, Hòa Trung); trong khi các ô giá trị thấp (<0,1) phân bố chủ yếu ở ven biển thưa dân. Bảng 2, thống kê số ô lưới có giá trị S theo các ngưỡng phân vị Q1, Q2, Q3:

Bảng 2 cho thấy phân bố các ô lưới theo phân vị được chia đều thành bốn nhóm, mỗi nhóm chiếm khoảng 25% tổng số ô. Không gian phân bố: nhóm <Q1 tập trung chủ yếu ở ven biển và nông thôn thưa dân; nhóm ≥Q3 chủ yếu phân bố ở TP. Cà Mau, dọc QL1A và các KCN lớn. Kết quả này tạo cơ sở để bước tiếp theo đối chiếu với 40 trạm quan trắc hiện

hữu nhằm thực hiện sàng lọc.

3.3. Phân tích thống kê phân vị và sàng lọc trạm hiện hữu

Chỉ số tổng hợp Si của 253 ô lưới được phân chia theo phân vị: Q1: S = 0,065; Q2 (trung vị): S = 0,125; Q3: S = 0,216

Khi đối chiếu 40 trạm hiện hữu vào lưới, kết quả phân bố: <Q1 có 1

Bảng 3. Kết quả phân vị và sàng lọc trạm quan trắc hiện hữu tại Cà Mau

Nhóm	Số trạm	Tỷ lệ (%)
Q1 ($S < 0,065$)	1	2,5
Q1-Q2 ($0,065 - 0,125$)	6	15,0
Q2-Q3 ($0,125 - 0,216$)	5	12,5
$\geq Q3$ ($S \geq 0,216$)	28	70,0
Tổng	40	100

trạm, Q1-Q2 có 6 trạm, Q2-Q3 có 5 trạm, $\geq Q3$ có 28 trạm. Theo nguyên tắc sàng lọc (giữ các trạm có $S \geq Q2$):

Loại bỏ: tổng cộng 7 trạm (1 trạm $< Q1$ và 6 trạm Q1-Q2).

Giữ lại: 33 trạm (5 trạm Q2-Q3 và 28 trạm $\geq Q3$).

Việc loại bỏ 7 trạm thấp giúp tập trung nguồn lực, đồng thời duy trì được 80% trạm ở mức ưu tiên cao ($\geq Q2$).

Đáng chú ý, trong nhóm giữ lại có 6 ô chứa nhiều trạm (từ 2–5), cụ thể: ô 165 (5 trạm), ô 166 (3 trạm), ô 64, 136, 177, 216 (mỗi ô 2 trạm). Các trạm này được giữ toàn bộ và sẽ được tinh gọn bằng thuật toán tối ưu ở bước tiếp theo (Bảng 3).

3.4. Tối ưu hóa vị trí đặt trạm online

Sau khi sàng lọc bằng phân vị, tập ứng viên còn lại gồm 33 trạm (23 ô lưới). Nghiên cứu tiếp tục tiến hành tối ưu hóa vị trí các trạm quan trắc không khí online bằng hai phương pháp: Heuristic và Thuật toán di truyền (GA).

(i) Phương pháp Heuristic:

Nguyên tắc lựa chọn là tuân tự chọn các ô lưới có giá trị chỉ số tổng hợp S cao nhất, đồng thời bảo

đảm khoảng cách tối thiểu 15km (khoảng cách này có thể thay đổi theo yêu cầu của địa phương) giữa các trạm để tránh chồng lấp. Quá trình được thực hiện theo kịch bản giả định: trong tương lai, nếu có điều kiện đầu tư từ 1 đến 10 trạm online, thì lần lượt chọn các ô ưu tiên từ trên xuống (Bảng 4).

(ii) Kiểm chứng bằng GA:

GA được áp dụng cho kịch bản 3 trạm online, với tham số: quần thể 100 cá thể, số thế hệ 100, tỷ lệ đột biến 10%, ràng buộc khoảng cách tối thiểu 15 km. Kết quả GA chọn ba ô: 95, 136, 165 với Fitness (S) trung bình đạt 0.58, hoàn toàn trùng khớp với kết quả Heuristic (Hình 3). Sự đồng nhất này khẳng định tính hợp lý và độ tin cậy của phương pháp Heuristic khi áp dụng cho bộ dữ liệu nghiên cứu.

Danh sách các ô ưu tiên từ Heuristic cho phép xây dựng lộ trình đầu tư theo giai đoạn: khi kinh phí hạn chế có thể đầu tư trước 1–3 trạm, sau đó mở rộng dần lên 5–10 trạm. Kết quả cũng cho thấy cả hai phương pháp đều nhấn mạnh các vị trí ưu tiên tập trung ở TP Cà Mau, trục QL1A và các KCN lớn (Khánh An, Hòa Trung), trong khi các vùng ven biển ít dân cư ít được lựa chọn.

Hình 4, phân bố 33 vị trí trạm quan trắc không khí sau sàng lọc và 10 trạm online tối ưu được lựa chọn bằng thuật toán Heuristic.

Thảo luận:

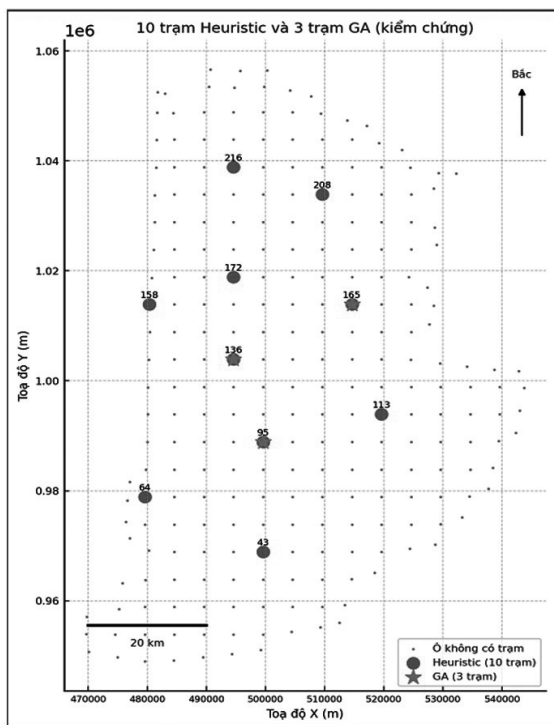
Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra sự cần thiết phải sàng lọc và tối ưu lại mạng lưới quan trắc không khí tỉnh Cà Mau. Việc áp dụng thống kê phân vị giúp loại bỏ 7 trạm ít ý nghĩa, giữ lại 33 trạm có mức độ ưu tiên cao hơn. Các nghiên cứu (Nguyen, H. T., & Le, T. P., 2021) (Helsel, D.

R., & Hirsch, R. M., 2002) trước đây tại Việt Nam và quốc tế cũng khẳng định cách tiếp cận phân vị là phù hợp khi số liệu phân bố không đồng đều.

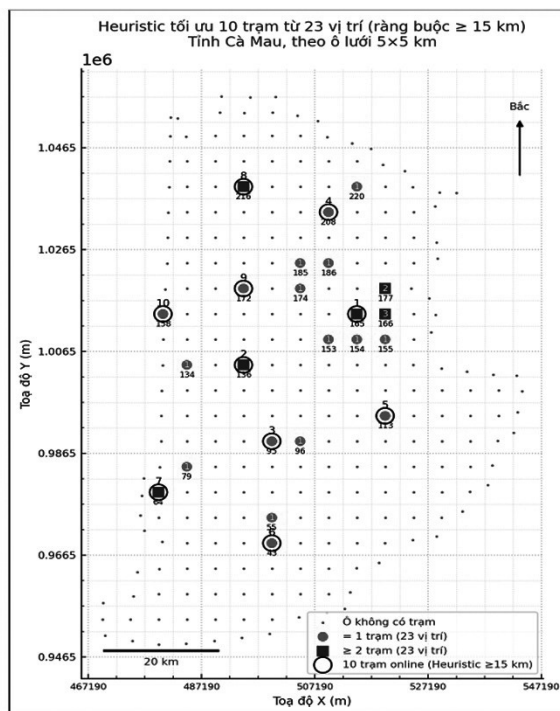
Phương pháp Heuristic cho kết quả nhanh, dễ áp dụng và có thể xây dựng lộ trình đầu tư theo giai đoạn (1–10 trạm). Đặc biệt, việc kiểm chứng bằng GA cho kịch bản 3 trạm đã trùng khớp hoàn toàn, củng cố độ tin cậy của phương pháp. Điều này phù hợp với xu hướng các nghiên cứu quốc tế như Chen & cộng sự (2019) (Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Guan, Y., 2019), Lee & cộng sự (2020) (Lee, M., Kim, H., & Park, J., 2020), khi GA thường dùng để kiểm chứng tính tối ưu của các thuật toán đơn giản hơn.

Bảng 4. Kết quả lựa chọn vị trí trạm online bằng Hueristic

Số trạm online	Ô lưới được chọn (ID)	$S_{\text{Trung bình}}$
1	165	0.94
2	165, 136	0.68
3	165, 136, 95	0.58
4	165, 136, 95, 208	0.52
5	165, 136, 95, 208, 113	0.48
6	165, 136, 95, 208, 113, 43	0.44
7	165, 136, 95, 208, 113, 43, 64	0.41
8	165, 136, 95, 208, 113, 43, 64, 216	0.38
9	165, 136, 95, 208, 113, 43, 64, 216, 172	0.36
10	165, 136, 95, 208, 113, 43, 64, 216, 172, 158	0.34



Hình 3. Vị trí 10 trạm online theo Heuristic và 3 trạm trùng theo GA



Hình 4. Sàng lọc 33 trạm thủ công và chông ghép 10 trạm online tối ưu

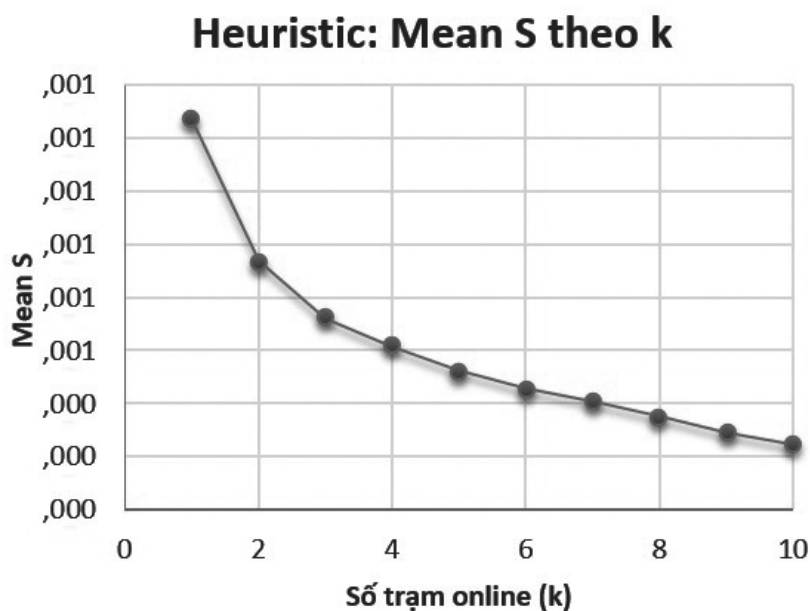
Từ biểu đồ Hình 5 cho thấy giá trị trung bình S giảm nhanh khi số trạm tăng. Với 1–5 trạm, S trung bình vẫn duy trì ở mức cao (~0.5), phản ánh các vị trí được chọn đều thuộc nhóm ưu tiên. Khi mở rộng đến 10 trạm, S trung bình chỉ còn 0.34, thấp hơn nhiều so với trung vị 0.46 của các ô được chọn. Điều này chứng tỏ một số ô có giá trị S rất thấp đã kéo hạ giá trị trung bình, làm cho mạng lưới kém đồng đều và giảm hiệu quả. Theo Kanaroglou và cộng sự (Kanaroglou, P. S., Jerrett, M., Morrison, J., Beckerman, B., Arain, M. A., Gilbert, N. L., & Brook, J. R., 2005), khi số trạm vượt quá mức hợp lý, hiệu quả giảm do các trạm bổ sung thường rơi vào vùng ít dân cư hoặc xa nguồn thải. Do đó, quy mô 3–5 trạm được xem là phù hợp nhất cho tỉnh Cà Mau, vừa đảm bảo hiệu quả giám sát, vừa tránh đầu tư dàn trải vào các khu vực ít ưu tiên.

Điều này cho thấy kết quả của nghiên cứu tại Cà Mau phù hợp với xu thế quốc tế nhưng đồng thời có tính đặc thù địa phương.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất cách tiếp cận kết hợp phân tích thống kê phân vị, phương pháp Heuristic và thuật toán GA để sàng lọc và tối ưu mạng lưới quan trắc không khí tại tỉnh Cà Mau.

Trên cơ sở dữ liệu dân số, giao thông và khu công nghiệp, chỉ số tổng hợp S được xây dựng cho 253 ô lưới. Kết quả sàng lọc loại bỏ 8 trạm có giá trị thấp (Q1 và Q2), giữ lại 33 trạm có mức độ ưu tiên cao hơn.



Hình 5. Giá trị trung bình S theo số trạm online

Phương pháp Heuristic cho phép xác định thứ tự ưu tiên đầu tư 1–10 trạm online; trong đó 3–5 trạm online là phù hợp đặt tại các vị trí quan trọng nhất tập trung ở TP. Cà Mau, trục QL1A và các KCN lớn.

Thuật toán GA kiểm chứng cho kịch bản 3 trạm online đã cho kết quả trùng khớp hoàn toàn với Heuristic, chứng minh tính hợp lý và tin cậy của cách tiếp cận.

Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn trong việc xây dựng lộ trình đầu tư mạng lưới trạm quan trắc online theo giai đoạn, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học để điều chỉnh khi Cà Mau và các tỉnh lân cận được sáp nhập trong tương lai.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Mạng lưới quan trắc được tối ưu hóa mới chỉ dựa trên ba yếu tố chính gồm dân số, giao thông và khu công nghiệp. Trong thực tế, chất lượng không khí còn chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác như khí tượng, địa hình, hiện trạng sử dụng đất, cũng như các nguồn thải phân tán từ sinh hoạt và nông nghiệp. Do thiếu dữ liệu đầy đủ và đồng bộ, các yếu tố này chưa được tích hợp trong nghiên cứu này. Các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng phạm vi tiêu chí, kết hợp dữ liệu quan trắc tự động, mô hình lan truyền và phân tích chi phí – lợi ích để nâng cao độ chính xác hơn.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thực hiện và hoàn thành nghiên cứu này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Guan, Y. (2019). Optimization of air quality monitoring station network based on genetic algorithm and GIS. *Atmospheric Environment*, 214(116854).
- Helsel, D. R., & Hirsch, R. M. (2002). *Statistical methods in water resources*. U.S. Geological Survey.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei. (2021). *Data mining: concepts and techniques*. Waltham, MA 02451, USA: Morgan Kaufmann, Elsevier.
- Kanaroglou, P. S., Jerrett, M., Morrison, J., Beckerman, B., Arain, M. A., Gilbert, N. L., & Brook, J. R. (2005). Establishing an air pollution monitoring network for intra-urban population exposure assessment: A location–allocation approach. *Atmospheric Environment*, 39(2), 239–251.
- Lee, M., Kim, H., & Park, J. (2020). Heuristic approaches for optimizing air quality monitoring networks: A case study in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(4)(256).
- Liu, H., Shen, Z., & Chen, T. (2017). Optimization of industrial site selection based on GIS and multi-criteria decision analysis. *Sustainability*, 9(11).
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Nguyen, H. T., & Le, T. P. (2021). Application of quantile statistics in environmental data analysis. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 59(5), 620–632.
- Nguyễn, T. T. (2020). Phương pháp chuẩn hóa và tích hợp chỉ số trong đánh giá chất lượng môi trường. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 36(2), 87–95.
- Niharika, Venkatadri M. (2014). A Novel Air Quality Prediction Model Using Artificial Neural Networks. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(2), 2973–2977.
- OpenStreetMap contributors. (2023). Vietnam road network data. Geofabrik GmbH. Được truy lục từ <https://download.geofabrik.de/asia/vietnam.html>
- Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt. (2004). *Practical Genetic Algorithms*. Second Edition, Wiley-InterScience.
- Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Cà Mau. (2025). Quyết định số E2500271010_2506181701, ngày 18 tháng 6 năm 2025 về việc phê duyệt E-HSMT gói thầu số 01: Quan trắc chất lượng môi trường định kỳ năm 2025 trên địa bàn tỉnh Cà Mau.
- Trần Thị Hồng, & N. (2020). Ứng dụng GIS và phương pháp đa tiêu chí trong quy hoạch mạng lưới quan trắc không khí đô thị. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 36(3), 45–56.
- Vietnam Environment Administration (VEA). (2021). *National report on environmental monitoring network*. Hanoi: VEA.
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization.
- WorldPop. (2023). *WorldPop Global High Resolution Population Data (100m resolution)*. University of Southampton. Được truy lục từ <https://www.worldpop.org>.



ĐÁNH GIÁ RỦI RO HẠN HÁN TỔNG HỢP CHO LƯU VỰC SÔNG BA, VIỆT NAM

ĐỖ THỊ NGỌC BÍCH¹, NGUYỄN TÚ ANH¹, LÊ VĂN LINH¹, HOÀNG THỊ THẢO¹,
HOÀNG BÍCH NGỌC¹, NGUYỄN HOÀNG BÁCH¹, NGUYỄN THÀNH LONG¹, LÊ THU HÀ¹

¹Viện Khoa học tài nguyên nước

Tóm tắt

Hạn hán là một trong những thiên tai phức tạp và khó đánh giá do tính ngẫu nhiên, phạm vi ảnh hưởng rộng và sự lan truyền qua nhiều thành phần của hệ thống thủy văn. Nghiên cứu này đề xuất và ứng dụng một khung đánh giá rủi ro hạn hán tổng hợp cho lưu vực sông Ba. Cách tiếp cận này kết hợp đồng thời ba loại hạn (khí tượng, nông nghiệp và thủy văn) và xem xét quá trình lan truyền hạn. Chỉ số hiểm họa (DHI) được tính toán liên tục theo chuỗi tháng giai đoạn 1980–2023. Chỉ số này được kết hợp với chỉ số dễ bị tổn thương (DVI), được xây dựng từ các chỉ thị kinh tế - xã hội, để hình thành chỉ số rủi ro tổng hợp (DRI). Từ chuỗi dài hạn, bốn năm điển hình (2015, 2016, 2019 và 2020) trong mùa cạn (tháng I–IV) được lựa chọn để phân tích chi tiết. Kết quả cho thấy các điểm nóng rủi ro chủ yếu tập trung ở khu vực hạ lưu, nơi vừa có mức hiểm họa cao vừa có tính dễ bị tổn thương lớn. Hạn hán trong giai đoạn 2015–2016 tập trung mạnh ở các huyện trung và hạ lưu, với nhiều khu vực đạt mức rủi ro cao. Ngược lại, giai đoạn 2019–2020 có sự phân bố rủi ro rải rác hơn, chủ yếu tại một số huyện thượng lưu và trung du, với mức độ từ trung bình đến cao. Cách tiếp cận này khắc phục hạn chế của các chỉ số đơn biến và cung cấp bức tranh toàn diện hơn về rủi ro hạn hán, giúp nhận diện rõ các điểm nóng cần ưu tiên quản lý. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng để hỗ trợ xây dựng chiến lược giảm thiểu rủi ro và nâng cao năng lực thích ứng hạn hán tại lưu vực sông Ba.

Từ khóa: Chỉ số hạn tổng hợp, đánh giá rủi ro, hạn hán tổng hợp, Sông Ba, Copula.

Ngày nhận bài: 20/8/2025; Ngày sửa chữa: 9/9/2025; Ngày duyệt đăng: 22/9/2025.

Integrated drought risk assessment for the Ba river basin, Vietnam

Abstract

Drought is one of the most complex natural hazards to assess due to its stochastic nature, wide-ranging impacts, and propagation across multiple components of the hydrological system. This study develops and applies an integrated framework for integrated drought risk assessment in the Ba River Basin, simultaneously incorporating three drought types (meteorological, agricultural, and hydrological) and accounting for drought propagation processes. The Drought Hazard Index (DHI) was computed as a continuous monthly time series for 1980–2023, and combined with a Drought Vulnerability Index (DVI) derived from socio-economic indicators to construct an integrated Drought Risk Index (DRI). From this long-term dataset, four representative drought years (2015, 2016, 2019, and 2020) during the dry season (January–April) were selected for detailed analysis. Results indicate that risk hotspots are concentrated primarily in downstream areas, where high hazard levels coincide with elevated vulnerability. The 2015–2016 droughts were particularly severe across middle and downstream districts, with many areas reaching high-risk levels, whereas in 2019–2020 risk was more spatially dispersed, affecting selected upstream and midstream districts at moderate to high intensity. This approach not only overcomes the limitations of univariate indices but also provides a more comprehensive understanding of drought risk, enabling the identification of priority “hotspots” for management. The findings offer a valuable basis for developing strategies to mitigate drought risk and enhance adaptive capacity in the Ba River Basin.

Keywords: Risk, Integrated drought, Ba River Basin, Copula.

JEL Classifications: Q15, Q51, Q54.

I. MỞ ĐẦU

Hạn hán là một hiện tượng tự nhiên ngẫu nhiên và là một thảm họa thiên nhiên được biết đến có thể gây ra thiệt hại và ảnh hưởng đáng kể đến kinh tế xã hội (D. A. Wilhite, 1993). Hạn hán thường không gây thiệt hại vật chất đáng kể so với các thiên tai khác như lũ lụt, bão và lốc xoáy. Do đó, việc đánh giá tác động

của hạn hán và cung cấp cứu trợ thiên tai là một nhiệm vụ khó khăn hơn so với các loại hình thiên tai khác. Những đặc điểm độc đáo của hạn hán đã gây khó khăn cho việc định lượng chính xác và đáng tin cậy mức độ nghiêm trọng và tác động của hạn hán cũng như xây dựng các kế hoạch ứng phó hạn hán hiệu quả ở hầu hết các quốc gia trên thế giới (D. Wilhite, 2000).

Cho đến nay, đã có rất nhiều nghiên cứu trong nước và quốc tế đánh giá rủi ro hạn hán, trong đó nhiều nghiên cứu của các tác giả quốc tế đã thực hiện đánh giá rủi ro hạn tổng hợp (gồm nhiều hơn một loại hạn khi chúng xảy ra tuần tự hay đồng thời). Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước về vấn đề này vẫn còn hạn chế ở các đánh giá rủi ro hạn đơn. Thông qua việc xác định rủi ro hạn hán bằng một hàm thực nghiệm của 03 nhân tố là hiểm họa (H), mức độ phơi bày (E) và tính dễ bị tổn thương (H), nhóm tác giả Lê Văn Tuấn và các cộng sự (Tuấn et al., 2019) đã đánh giá rủi ro hạn hán khu vực Nam bộ. Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng nguồn số liệu bao gồm số liệu quan trắc lượng mưa, bốc hơi tháng tại 14 trạm khu vực Nam bộ từ năm 1980 đến năm 2018 và bộ số liệu kinh tế - xã hội cập nhật đến năm 2018. Bộ tiêu chí đánh giá rủi ro do hạn hán khu vực Nam bộ do các tác giả xây dựng có tổng cộng 27 tiêu chí, trong đó có 02 tiêu chí về hiểm họa, 03 tiêu chí về mức độ phơi bày và 22 tiêu chí về tính dễ bị tổn thương. Đối với hiểm họa, nhân tố này được xác định thông qua tần suất hạn (a) và cường độ hạn (chỉ số DHI). Trong đó, tần suất hạn (a) được tính bằng tỷ số giữa tổng số tháng xảy ra hạn dựa trên chỉ số khô hạn K và số năm quan trắc hạn. Cường độ hạn được xác định dựa trên chỉ số DHI (drought hazard index). Chỉ số này được tính toán qua chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI để phân cấp cấp hạn và sử dụng xác suất xảy ra để xác định trọng số đối với mỗi cấp hạn. Ngoài nghiên cứu nói trên, dựa trên cách tiếp cận của Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC), nhóm tác giả Vũ Đức Long và Nguyễn Thị Thu Trang đã đánh giá mức độ rủi ro hạn hán cho khu vực Tây Nguyên (Long & Trang, 2020). Cũng sử dụng phương pháp của IPCC, nhóm tác giả Huỳnh Thị Lan Hương và các cộng sự đã đánh giá rủi ro hạn hán khu vực Trung Trung bộ (Hương et al., 2020).

Trên thế giới ngoài những nghiên cứu đánh giá rủi ro hạn đơn, các nghiên cứu đánh giá rủi ro hạn tổng hợp đã được thực hiện trong những năm gần đây. Một nghiên cứu của Rui Wang và cộng sự (2019) (Wang et al., 2019) đã thiết lập một mô hình rủi ro hạn hán tổng hợp dựa trên đường cong quan hệ giữa xác suất chung của hạn hán và tổn thất do hạn hán của các đối tượng bị ảnh hưởng. Đầu tiên, các đặc trưng hạn hán, bao gồm thời gian và mức độ nghiêm trọng, được phân loại bằng cách sử dụng lượng mưa bất thường từ năm 1953 đến 2010 ở lưu vực Taoerhe dựa trên lý thuyết dòng chảy, và sự phân bố cận biên của chúng được xác định lần lượt theo phân bố hàm mũ và phân bố Gamma. Sau đó, thời gian hạn hán và mức độ nghiêm trọng được xác định phân bố xác suất chung dựa trên hàm copula. Nghiên cứu đã sử dụng mô hình

EPIC (Khí hậu tích hợp chính sách môi trường) để mô phỏng năng suất ngô và dữ liệu lịch sử nhằm tính toán tỷ lệ tổn thất của nông nghiệp, công nghiệp và chăn nuôi trong khu vực nghiên cứu. Tiếp theo, tác giả xây dựng các đường cong dễ bị tổn thương. Cuối cùng, sự phân bố không gian của rủi ro hạn tổng hợp trong các chu kỳ lặp lại 10, 20 và 50 năm được thể hiện bằng cách sử dụng trọng số nghịch đảo. Kết quả của nghiên cứu chỉ ra rằng sự phân bố không gian của ba giai đoạn lặp lại là nhất quán. Các nghiên cứu tương tự sử dụng phương pháp này còn có Rina Wu và cộng sự (2019) (Wu et al., 2019). Ngoài ra, Nghiên cứu của Deepthi Rajsekhar và cộng sự (2015) (Rajsekhar et al., 2015) cũng là một ví dụ điển hình của đánh giá rủi ro hạn tổng hợp, những khía cạnh về kinh tế xã hội đã được tính đến, bằng cách xem xét các chỉ số dễ bị tổn thương. Ngoài ra, các đặc trưng đa biến của hạn hán cũng đã được tính đến bằng cách thực hiện đánh giá nguy cơ hạn đa biến dựa trên copula cho cả ba loại hạn lượng mưa (P), dòng chảy (R), độ ẩm đất (SM) và thoát hơi nước (ET).

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

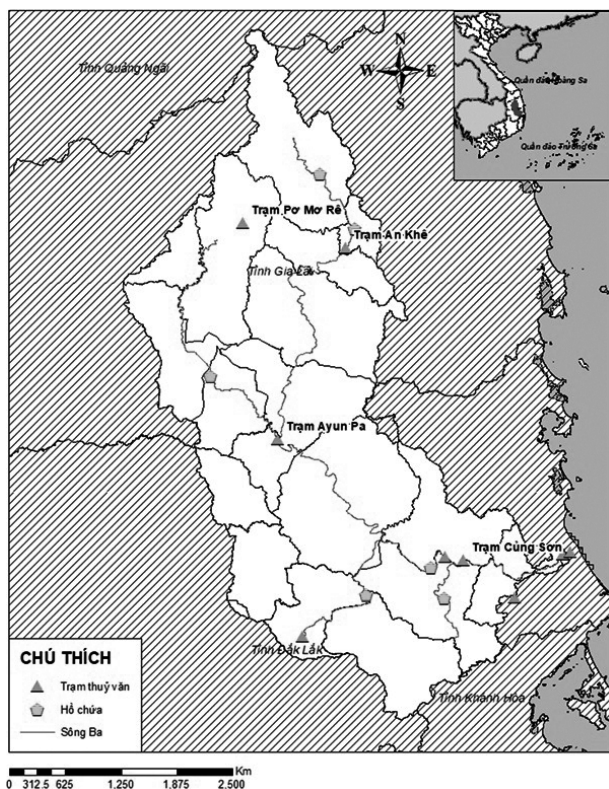
Lưu vực sông Ba có dạng kéo dài và hẹp, với diện tích tự nhiên khoảng 13.417 km². Lưu vực phân bố chủ yếu trên địa phận ba tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk và Phú Yên, bao gồm một thành phố, hai thị xã và 19 huyện. Sông Ba bắt nguồn từ núi Ngọc Rô (cao 1.549 m) thuộc dãy Trường Sơn. Từ thượng nguồn đến thị xã An Khê, dòng chảy có hướng Tây Bắc – Đông Nam; sau đó chuyển dần sang hướng bắc – nam; và kể từ hợp lưu với sông Hinh thì chuyển sang hướng Tây – Đông trước khi đổ ra biển Đông tại cửa sông Đà Rằng, thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên.

Lượng mưa trung bình năm của lưu vực đạt khoảng 1.760 mm. Do chịu ảnh hưởng của chế độ mưa sườn đông Trường Sơn, mùa mưa thường kéo dài từ tháng V đến tháng X nhiều nơi đến tháng XII, chiếm khoảng 78–82% tổng lượng mưa năm; trong khi mùa khô chỉ đóng góp 18–22%. Lượng mưa lớn nhất thường xuất hiện vào tháng VIII, còn các tháng khô hạn nhất tập trung trong giai đoạn tháng I đến tháng IV.

Mặc dù có diện tích khá lớn, lưu vực sông Ba lại nằm trong số những lưu vực ở Việt Nam có mạng lưới trạm đo mưa và mực nước còn thưa thớt. Trên lưu vực hiện có năm hồ chứa lớn gồm An Khê-Ka Nak, Ayun Hạ, Krông H'nang, Sông Hinh và Sông Ba Hạ, đóng vai trò quan trọng trong phát điện, tưới tiêu và điều tiết nguồn nước (Hình 1).

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này được chia thành hai nhóm chính, tương ứng với hai hợp phần



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Ba

cấu thành Rủi ro hạn tổng hợp (Drought Risk Index – DRI), bao gồm dữ liệu tính toán Hiểm họa hạn hán (Drought Hazard Index – DHI) và dữ liệu xác định Tính dễ bị tổn thương (Drought Vulnerability Index – DVI).

(i) Dữ liệu tính toán Hiểm họa (DHI):

Nhóm dữ liệu này tương đồng với bộ dữ liệu được sử dụng trong tính toán Chỉ số hạn tổng hợp (IDI), bao gồm chuỗi số liệu mưa, dòng chảy, độ ẩm đất và các biến khí tượng – thủy văn liên quan. Nghiên cứu sử dụng chuỗi số liệu dòng chảy quan trắc giai đoạn 1980–2023 do Tổng cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam (VMHA) cung cấp, đảm bảo chuỗi dài phục vụ phân tích thủy văn. Dữ liệu lượng mưa cùng kỳ được lấy từ bộ số liệu mưa lưới Việt Nam (Vietnam Gridded Precipitation – VnGP) (Nguyen-Xuan et al., 2016), đã được phát triển và kiểm chứng cho các ứng dụng khí tượng – thủy văn trong nước.

Các biến khí quyển được khai thác từ bộ phân tích hồi tố toàn cầu ERA5 (1980–2023) do Trung tâm Dự báo Thời tiết Hạn vừa Châu Âu (ECMWF) xây dựng (Hersbach et al., 2023), bao gồm tốc độ gió, bốc thoát hơi và nhiệt độ trung bình, cực đại, cực tiểu – những yếu tố thiết yếu cho giám sát hạn và mô hình thủy văn.

Thông tin địa hình được thu thập từ cơ sở dữ liệu ALOS World 3D (AW3D30) với độ phân giải khoảng 30 m, do Cơ quan Vũ trụ Nhật Bản (JAXA)

phát hành năm 2012 (JAXA EORC, 2023). Đặc tính đất được lấy từ bản đồ đất FAO–UNESCO (Soil Map of the World – SMW) (Fischer et al., 2008), cung cấp thông tin phân bố loại đất và tính chất đất theo không gian. Ngoài ra, dữ liệu hiện trạng sử dụng và lớp phủ đất được sử dụng từ bộ Land Cover CCI (ESA, phiên bản 2.0, năm 2017) (ESA, 2017).

(ii) Dữ liệu tính toán Tính dễ bị tổn thương (DVI): Tính dễ bị tổn thương (DVI) được xác định thông qua hai hợp phần cơ bản: Mức độ nhạy cảm (Sensitivity – S) và Khả năng thích ứng (Adaptive Capacity – AC).

Mức độ nhạy cảm (S) được đặc trưng bởi các chỉ thị con (S_1, S_2, \dots, S_n) phản ánh đặc tính nội tại của đối tượng (ví dụ: cơ cấu kinh tế, mức độ phụ thuộc vào nông nghiệp, dân số chịu ảnh hưởng) khiến đối tượng dễ bị tổn thương trước tác động của hạn hán.

Khả năng thích ứng (AC) được phản ánh bởi các chỉ thị thành phần (AC_1, AC_2, \dots, AC_n), thể hiện năng lực về nguồn lực, cơ sở hạ tầng, chính sách và các biện pháp ứng phó, giúp giảm thiểu thiệt hại và rủi ro do hạn hán gây ra.

Số liệu cho các chỉ số nhạy cảm (S_1 – S_8) được thu thập từ Niên giám Thống kê của các tỉnh trong lưu vực qua các năm tương ứng. Trong khi đó, dữ liệu về khả năng thích ứng (AC) được tổng hợp từ Niên giám Thống kê kết hợp với các báo cáo chuyên đề do địa phương cung cấp. Bộ chỉ thị cụ thể áp dụng trong nghiên cứu được trình bày tại Bảng 1.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp đánh giá DHI

Chuỗi số liệu tháng về lượng mưa, độ ẩm đất, dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm được trích xuất từ mô phỏng bằng mô hình VIC cho từng ô lưới. Các kết quả này sau đó được tổng hợp lên quy mô huyện bằng phương pháp trung bình có trọng số diện tích, nhằm tạo ra bộ dữ liệu nhất quán phục vụ tính toán các chỉ số hạn.

Từ các dữ liệu trên, bốn chỉ số hạn đơn biến được xác định bao gồm: Chỉ số lượng mưa chuẩn hóa (SPI), Chỉ số độ ẩm đất (SMI), Chỉ số dòng chảy chuẩn hóa (SRI) và Chỉ số nước ngầm chuẩn hóa (SGI). Các chỉ số này được tính tại nhiều thang thời gian tích lũy khác nhau nhằm phản ánh đặc trưng lan truyền của hạn hán qua các thành phần thủy văn: 1–3–6–12 tháng đối với SPI, SRI và SGI, và 1–6 tháng đối với SMI.

Để tích hợp các chỉ số đơn biến này, nghiên cứu áp dụng phương pháp copula theo đề xuất của Shah và Mishra (2019). Do hạn hán thường lan truyền nối tiếp trong chu trình thủy văn, từ thiếu hụt khí tượng (SPI), suy giảm độ ẩm đất (SMI), giảm dòng chảy (SRI) đến suy thoái mực nước ngầm (SGI), nên trước hết cần phân tích mối quan hệ trễ giữa các biến. Phân tích tương quan Pearson được thực hiện để lựa chọn thang thời gian đại

Bảng 1. Bộ chỉ số đánh giá TDBTT do hạn tổng hợp tại lưu vực sông Ba

Các chỉ số thành phần	Ý nghĩa của các chỉ số	Tương quan
Mức độ nhạy cảm		
S1-Tỷ lệ đóng góp GDP của ngành nông nghiệp (%)	Tỷ lệ đóng góp càng nhiều càng nhạy cảm với tác động của hạn hán (Phản ánh nguy cơ thiệt hại kinh tế của địa phương đối với hạn hán)	↑
S2- Tỷ lệ dân số không được sử dụng nguồn nước hợp vệ sinh (%)	Tỷ lệ càng cao càng chịu rủi ro lớn (Phản ánh mức độ dễ bị tổn thương trước hạn hán khi CSHT chưa được đảm bảo)	↑
S3-Tỷ lệ hộ nghèo (%)	Người nghèo, người già, trẻ em và dân số nông thôn có khuynh hướng dễ bị tổn thương dưới tác động của hạn hán	↑
S4-Tỷ lệ người già (> 64 tuổi) (%)		↑
S5-Tỷ lệ trẻ em (0-15 tuổi) (%)		↑
S6-Tỷ lệ dân số nông thôn (%)		↑
S7-Tỷ lệ thất nghiệp (%)		Tỷ lệ càng cao càng chịu rủi ro lớn
S8-Số lượng cộng đồng dân tộc sinh sống tại khu vực (nhóm)	Số lượng càng nhiều, khả năng rủi ro càng lớn	↑
Khả năng thích ứng		
AC1-Tỷ lệ đảm bảo tưới của các công trình thủy lợi (%)	Khả năng đáp ứng của hệ thống thủy lợi càng cao sẽ giúp việc tiêu thoát nước tốt hơn, làm giảm nguy cơ hạn hán	↓
AC2-Mức độ che phủ của rừng (%)	Mức độ che phủ rừng càng cao thì khả năng trữ nước càng lớn và càng giảm rủi ro có thể xảy ra	↓
AC3-Tỷ lệ kiên cố hóa hệ thống công trình thủy lợi (%)	Phản ánh mức độ thích ứng của khu vực đối với hạn hán so với khu vực khác	↓
AC4-Mật độ sông, suối (km/km2)	Phản ánh khả năng thích ứng với hạn hán của điều kiện tự nhiên trên lưu vực (Khả năng tích trữ nước)	↓
AC5-Tỷ lệ xã đạt chuẩn nông thôn mới (%)	Phản ánh khả năng thích ứng của khu vực với điều kiện thiên tai (Năng lực thích ứng với hạn hán cao khi đảm bảo các tiêu chí nông thôn mới)	↓
AC6-Tỷ lệ đất mặt nước chuyên dùng (%)	Phản ánh khả năng thích ứng với hạn hán của khu vực (Khả năng tích trữ nước)	↓
AC7-GDP bình quân đầu người (triệu đồng/người/năm)	GDP bình quân đầu người cao thường có cơ sở hạ tầng và nguồn lực tài chính tốt hơn để ứng phó với thiên tai, bao gồm hạn hán. Các biện pháp như cung cấp nước sạch, hỗ trợ nông dân, xây dựng hệ thống dự trữ và tưới tiêu hiệu quả hơn sẽ giúp giảm bớt tác động của hạn hán. Ngược lại, GDP thấp có ít khả năng đối phó, dẫn đến thiệt hại lớn hơn và khó khăn trong việc phục hồi.	↓
AC8-Tuổi thọ trung bình	Phản ánh chất lượng sống và điều kiện y tế của một khu vực. Khu vực có tuổi thọ trung bình thấp, khả năng phục hồi từ hạn hán sẽ yếu hơn, vì người dân sẽ dễ bị ảnh hưởng bởi các điều kiện sống khắc nghiệt và thiếu hụt dịch vụ y tế.	↓
↑ thể hiện tương quan đồng biến		
↓ thể hiện tương quan nghịch biến		

diện cho từng chỉ số, đảm bảo tổ hợp chỉ số phản ánh được sự phụ thuộc mạnh nhất giữa các dạng hạn.

Cấu trúc phụ thuộc đồng thời giữa SPI, SMI, SRI và SGI được mô hình hóa bằng Clayton Copula, vốn có ưu thế trong việc mô tả sự phụ thuộc ở phần đuôi thấp, tức là những trường hợp thiếu hụt cực đoan xảy ra đồng thời. Trong khung tính toán này, các chỉ số chuẩn hóa được biến đổi sang xác suất tích lũy thông

qua hàm phân phối chuẩn tích lũy (CDF chuẩn). Các xác suất này sau đó được tích hợp bằng hàm Clayton Copula:

$$C(u_1, u_2, u_3, u_4, \theta) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} + u_3^{-\theta} + u_4^{-\theta} - d + 1)^{-\frac{1}{\theta}} \quad (1)$$

trong đó u_i là xác suất biên của từng chỉ số hạn, $d=4$ là số biến, và $\theta > 0$ là tham số phụ thuộc được ước lượng theo phương pháp cực đại khả năng.



Hàm phân phối tích lũy đồng thời (Joint CDF) thu được từ copula cho biết xác suất xảy ra đồng thời các điều kiện hạn. Giá trị Joint CDF càng thấp thể hiện xác suất cao của tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng, trong khi giá trị cao phản ánh điều kiện ẩm ướt. Để thuận tiện trong diễn giải, Joint CDF được chuyển đổi ngược lại về thang chuẩn thông qua hàm phân phối ngược chuẩn (inverse normal), tạo thành chỉ số hạn tổng hợp IDI:

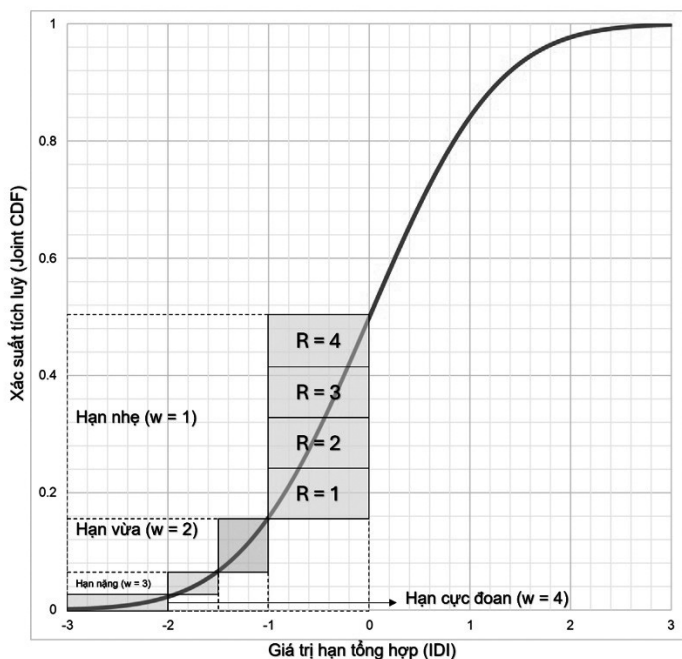
$$IDI = \Phi^{-1}(\text{JointCDF}) \quad (2)$$

Chuỗi IDI theo thời gian cho phép mô tả tổng hợp đặc trưng hạn trên cả ba phương diện: khí tượng, nông nghiệp và thủy văn. IDI được phân thành 4 cấp (thấp - trung bình - cao - rất cao).

Sau đó áp dụng phương pháp phân cụm (clustering), k-means clustering, để chia nhỏ hơn trong từng cấp độ dựa trên tần suất xuất hiện của các giá trị IDI trong mỗi nhóm. Các cụm với tần suất cao sẽ được đánh giá nặng hơn. Sử dụng kết quả phân loại (cấp độ & cụm), gán Rating tương ứng với cụm và Weight tương ứng với cấp độ để tính hiểm họa khu vực (Kim et al., 2015).

Công thức DHI cuối cùng sẽ là một hàm số của Rating và Weight (Hình 2), cho phép không chỉ xác định một khu vực có đang bị hạn hán hay không mà còn đánh giá được mức độ hiểm họa tiềm tàng của sự kiện đó. Sau khi tính toán được chỉ số thô (DH), một quá trình chuẩn hóa tiếp theo sẽ được thực hiện để đưa giá trị về một thang điểm thống nhất (từ 0 đến 1), giúp việc so sánh giữa các khu vực và các thời điểm khác nhau trở nên dễ dàng và ý nghĩa hơn.

$$DH = \sum_{i=0}^n \text{Weight}_i \times \text{Rating}_i \quad (3)$$



Hình 2: Sơ đồ Weight và Rating dựa trên hàm phân phối tích lũy (CDF) của các giá trị hạn tổng hợp IDI

trong đó n là độ dài của chuỗi IDI

$$DHI = \frac{DH - DH_{min}}{DH_{max} - DH_{min}} \quad (4)$$

2.3.2. Phương pháp đánh giá DVI

Các chỉ thị thành phần của S và AC được thực hiện chuẩn hóa số liệu từ các số liệu có đơn vị khác nhau về các giá trị không thứ nguyên nằm trong khoảng 0 - 1 để có thể so sánh giữa các đơn vị hành chính (quận/ huyện) với nhau. Các chỉ thị phải được chuẩn hóa một cách riêng biệt cho một đơn vị không gian (chẳng hạn như trong một tỉnh) và cần phải xác định mối tương quan là đồng biến hay nghịch biến với DVI để áp dụng công thức tính chuẩn hóa cho phù hợp. Việc xác định mối tương quan này có thể được xác định dựa trên các tài liệu tham khảo, tham vấn chuyên gia hoặc kinh nghiệm cộng đồng. Theo nghiên cứu, hầu hết các chỉ thị thành phần của S có quan hệ đồng biến với DVI tức là làm gia tăng tính dễ bị tổn thương tại vùng nghiên cứu; trong khi đó chỉ số thành phần của AC lại có quan hệ nghịch biến với DVI tức là làm giảm tính dễ bị tổn thương. Nếu mối tương quan là đồng biến, công thức chuẩn hóa được áp dụng như sau:

$$y_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (5)$$

Trong trường hợp tương quan là nghịch biến, áp dụng công thức chuẩn hóa sau:

$$y_{ij} = \frac{(X_{max} - X_{ij})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (6)$$

Trong đó:

- i là chỉ số chạy của đơn vị không gian (đơn vị không gian có thể là tỉnh, huyện, xã hoặc vùng/khu vực,...), j là chỉ số chạy của chỉ số thành phần;

- y_{ij} : là giá trị chuẩn hóa tại đơn vị không gian thứ i của chỉ số thành phần thứ j;

- X_{ij} là giá trị của chỉ số thành phần;

- X_{min} là giá trị nhỏ nhất của chỉ số thành phần thứ j trong toàn bộ đơn vị không gian;

- X_{max} là giá trị lớn nhất của chỉ số thành phần thứ j trong toàn bộ đơn vị không gian.

Khi đã thực hiện chuẩn hóa số liệu, trọng số của từng chỉ thị thành phần của S, AC cần phải được tính toán. Trọng số của từng chỉ số phụ cũng là cơ sở để đánh giá tầm quan trọng của các chỉ số và được tính toán dựa trên phương pháp tính trọng số bất cân bằng của Iyengar và Sudarshan (1982) (Iyengar & Sudarshan, 1982) bằng phương pháp toán học trong đó đánh giá trọng số của từng chỉ số dựa trên độ lệch chuẩn của từng chỉ số. Trọng số của từng chỉ số thành

phần được xác định bởi công thức:

$$W_j = \frac{C}{\sqrt{\text{Var}(x_j)}} \quad (7)$$

Trong đó:

- W_j là trọng số của chỉ thị thành phần con thứ j của S, AC .

- $\text{Var}(x_j)$ là phương sai của chỉ số phụ thứ j được xác định bởi công thức:

$$\text{Var}_{x_j} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{(n-1)} \quad (8)$$

- C : được xác định bởi công thức sau:

$$C = \left[\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sqrt{\text{Var}(x_j)}} \right]^{-1} \quad (9)$$

Trong đó m là số các yếu tố thành phần đóng góp vào DVI; Tổng trọng số của nhóm chỉ số phụ phải bằng 1.

Sau khi tính chuẩn hóa và áp dụng trọng số đối với các chỉ số thành phần, các chỉ số tại các đơn vị không gian được tính toán theo công thức tổng quát sau:

$$M_i = \sum_{j=1}^m w_j y_{ij}, \quad i=1, \dots, m \quad (10)$$

Trong đó:

- M_i : là S_i hoặc là AC_i ;
- i là chỉ số chạy của đơn vị không gian;
- j là chỉ số chạy của chỉ số thành phần;
- n là tổng chỉ số thành phần;
- m là tổng số đơn vị không gian;
- w_j : là trọng số của chỉ số thành phần thứ j trong toàn bộ đơn vị không gian;
- y_{ij} : là giá trị chuẩn hóa của chỉ số thành phần thứ j , được tính theo công thức (5) hoặc công thức (6).

Tính toán tính dễ bị tổn thương tại các đơn vị không gian (DVI_i):

$$DVI_i = \frac{S_i + (1 - AC_i)}{2} \quad (11)$$

2.3.2. Phương pháp đánh giá DRI

Chỉ số rủi ro hạn hán DRI được xây dựng dựa trên nguyên tắc cơ bản của đánh giá rủi ro thiên tai, trong đó rủi ro được định nghĩa là hàm của DHI và DVI. Hiểm họa đại diện cho khả năng một sự kiện thiên tai xảy ra, trong khi tổn thương thể hiện mức độ bị ảnh hưởng của một hệ thống khi sự kiện đó xảy ra. Cả hai yếu tố này đều đóng vai trò then chốt trong việc xác định mức độ rủi ro tổng thể.

Để tính chỉ số DRI, nhóm nghiên cứu sử dụng công thức:

$$DRI = \sqrt{DHI \times DVI} \quad (12)$$

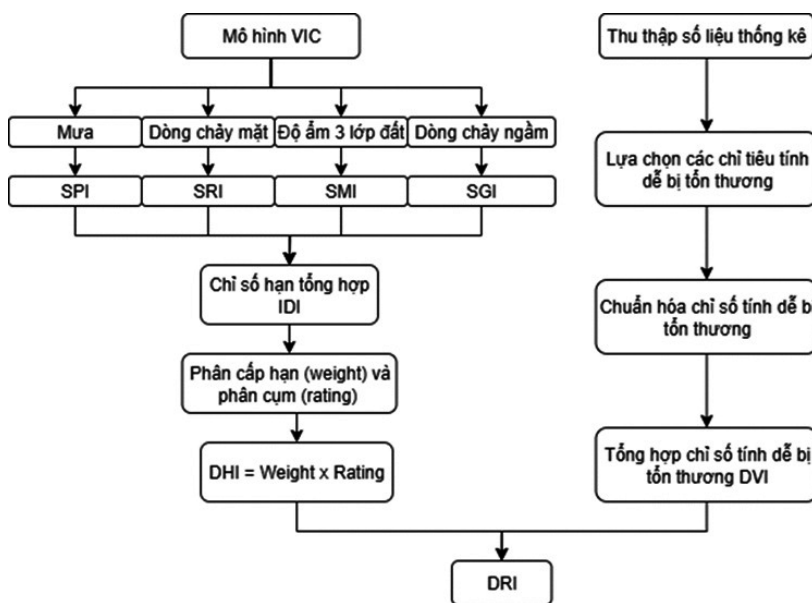
Công thức này đảm bảo rằng một khu vực có mức độ hiểm họa cao nhưng tổn thương thấp (hoặc ngược lại) sẽ có chỉ số rủi ro thấp hơn so với một khu vực có cả hiểm họa và tổn thương đều cao. Việc lấy căn bậc hai được thực hiện nhằm mục đích chuẩn hóa và giảm nhẹ sự chênh lệch quá lớn giữa các chỉ số đầu vào, giúp kết quả DRI phản ánh một cách cân bằng và chính xác hơn rủi ro tiềm tàng. Các giá trị DHI và DVI đều đã được chuẩn hóa về một thang điểm thống nhất (từ 0 đến 1), đảm bảo tính nhất quán của phép tính. Kết quả là chỉ số DRI cũng sẽ nằm trong khoảng từ 0 đến 1, trong đó giá trị càng gần 1 thể hiện rủi ro hạn hán càng cao.

Sơ đồ thực hiện của nghiên cứu này được mô tả như trong Hình 3.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Nghiên cứu này tập trung đánh giá rủi ro do hạn hán tổng hợp, bao gồm cả ba loại hạn khí tượng, hạn nông nghiệp và hạn thủy văn, đồng thời xem xét quá trình lan truyền hạn trong chu trình thủy văn. Đây là một điểm mới so với nhiều nghiên cứu trước đây vốn chủ yếu dựa vào hạn đơn biến. Kết quả tính toán cho thấy chỉ số hiểm họa hạn hán tổng hợp (DHI) được xác định liên tục theo tháng trong giai đoạn 1980–2023, phản ánh đầy đủ sự biến động theo thời gian cũng như khả năng lan truyền của hạn từ khí tượng sang nông nghiệp và thủy văn.

Từ chuỗi dữ liệu dài hạn này, nghiên cứu lựa chọn các thời kỳ mùa cạn (tháng I đến tháng IV) của bốn



Hình 3. Sơ đồ thực hiện của nghiên cứu

năm điển hình là 2015, 2016, 2019 và 2020 để phân tích chi tiết. Đây là những năm được lựa chọn nhằm đối chiếu điều kiện El Nino mạnh (2015–2016) với các năm hạn chế hơn (2019–2020). Kết quả bản đồ DHI (Hình 4) cho thấy trong các năm 2015 và 2016, phạm vi và cường độ hạn tổng hợp ở mức cao nhất, đặc biệt tại khu vực trung và hạ lưu lưu vực sông Ba. Điều này phản ánh sự ảnh hưởng rõ nét của El Nino đến chuỗi thiếu hụt khí tượng – thủy văn trong khu vực. Ngược lại, các năm 2019 và 2020 ghi nhận mức hiểm họa hạn tổng hợp thấp hơn, cho thấy sự khác biệt rõ rệt về điều kiện khí hậu giữa các giai đoạn.

Trong khi DHI có sự biến động lớn giữa các năm do chịu tác động trực tiếp của yếu tố khí hậu, thì DVI (Hình 5) lại có sự ổn định hơn theo thời gian. DVI được xác định cho từng năm nghiên cứu, phản ánh các đặc điểm kinh tế – xã hội và khả năng thích ứng vốn thay đổi chậm. Kết quả cho thấy các khu vực có

dân cư đông, cơ cấu kinh tế phụ thuộc nhiều vào nông nghiệp và hạ tầng thủy lợi chưa phát triển, đặc biệt tại trung du và hạ lưu, thường có mức DVI cao hơn. Điều này cho thấy nền tảng xã hội – kinh tế là một tác nhân quan trọng làm gia tăng rủi ro hạn hán tổng hợp.

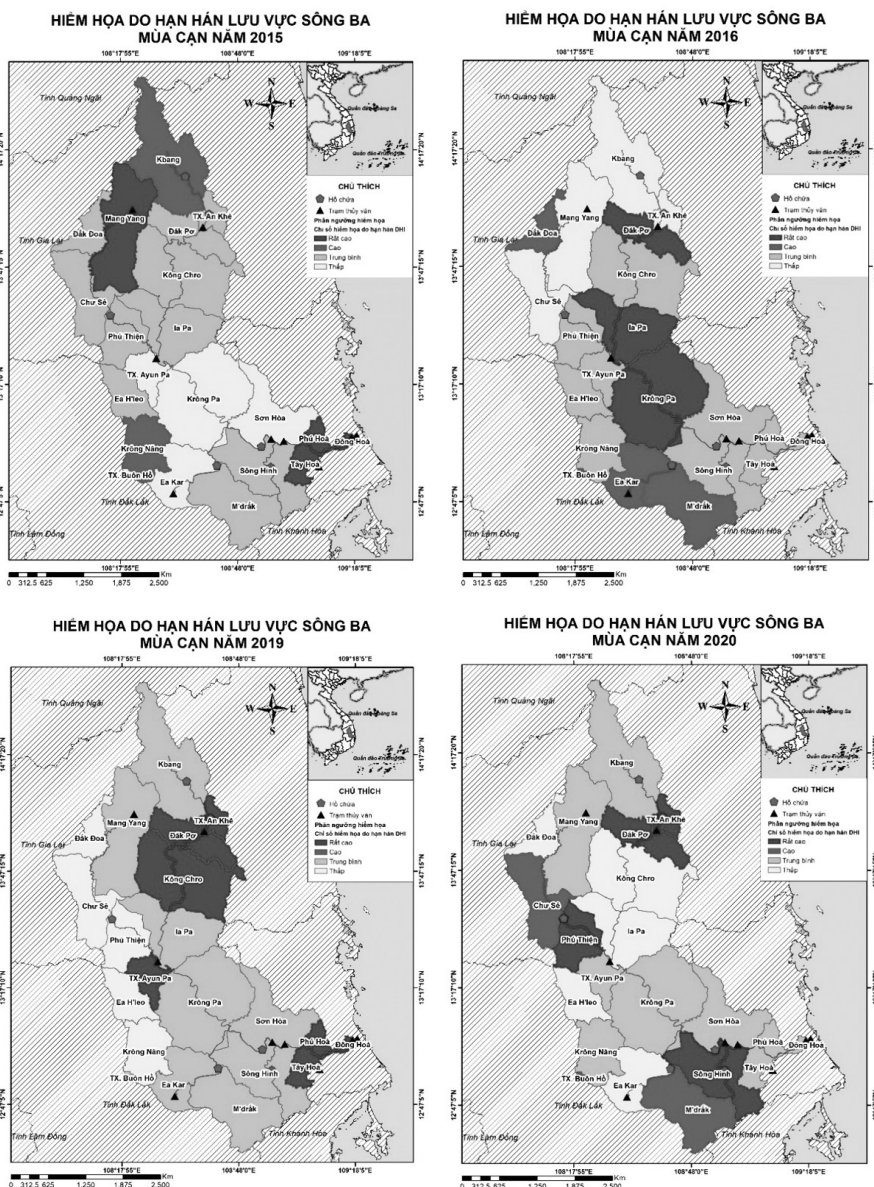
Khi kết hợp DHI và DVI, bản đồ rủi ro hạn hán tổng hợp DRI (Hình 6) đã được xây dựng. Kết quả cho thấy các điểm nóng rủi ro chủ yếu tập trung ở khu vực hạ lưu, nơi vừa có mức hiểm họa cao vừa có tính dễ bị tổn thương lớn. Hạn hán tổng hợp giai đoạn 2015–2016 tập trung mạnh ở các huyện trung và hạ lưu, với nhiều khu vực đạt mức rủi ro cao. Trong khi đó, giai đoạn 2019–2020 rủi ro phân bố rải rác hơn, chủ yếu tại một số huyện thượng lưu và trung du, với mức độ trung bình đến cao.

Những kết quả trên cho thấy việc đánh giá rủi ro hạn hán dựa trên cách tiếp cận hạn tổng hợp và có tính đến lan truyền hạn giúp nhận diện được đầy đủ

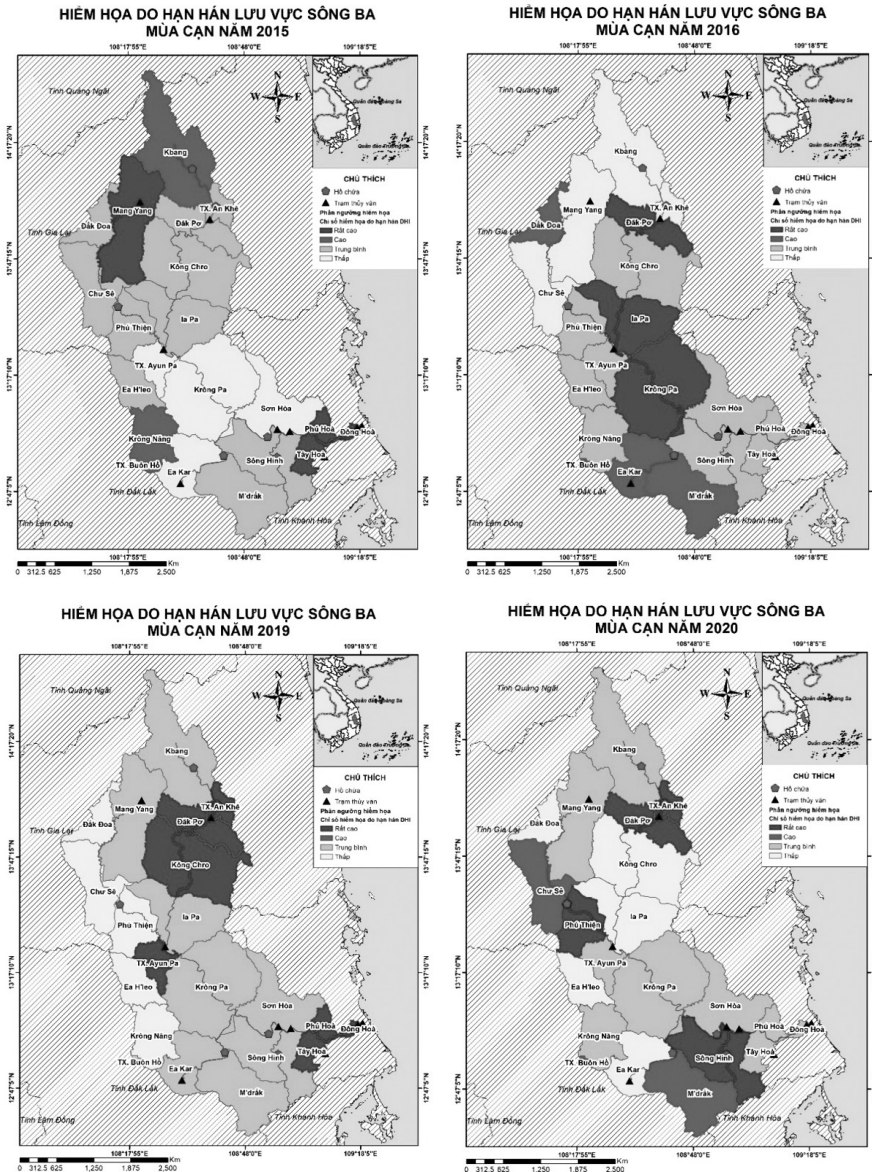
hơn các đặc trưng của rủi ro so với các chỉ số đơn biến. Kết quả cũng phản ánh đúng tác động thực tế của các sự kiện khí hậu cực đoan như El Nino cũng như vai trò của năng lực thích ứng trong quyết định mức độ rủi ro. Về ý nghĩa thực tiễn, bản đồ DRI cung cấp cơ sở quan trọng cho việc xác định các khu vực ưu tiên trong quản lý hạn hán. Để giảm thiểu rủi ro, cần đồng thời triển khai hai nhóm giải pháp: tăng cường giám sát – cảnh báo sớm nhằm phát hiện kịp thời các đợt hạn trong điều kiện khí hậu bất thường, và nâng cao năng lực thích ứng thông qua cải thiện cơ sở hạ tầng thủy lợi, hỗ trợ đa dạng hóa sinh kế và tăng khả năng tiếp cận nguồn nước ở những khu vực có mức DVI cao.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phát triển cách tiếp cận đánh giá rủi ro hạn hán tổng hợp cho lưu vực sông Ba, phản ánh đồng thời ba loại hạn (khí tượng, nông



Hình 4. Bản đồ phân cấp hiểm họa do hạn tổng hợp năm 2015, 2016, 2019, 2020



Hình 5. Bản đồ phân cấp TDBTT do hạn tổng hợp năm 2015, 2016, 2019, 2020

nghiệp và thủy văn) và quá trình lan truyền hạn. Kết quả cho thấy rủi ro tập trung chủ yếu ở khu vực trung và hạ lưu, đặc biệt nghiêm trọng trong các năm 2015–2016 và 2019–2020 dưới tác động của El Nino. Điều này khẳng định vai trò kết hợp của điều kiện khí hậu và năng lực thích ứng trong quyết định rủi ro hạn hán.

Tính mới của nghiên cứu là việc ứng dụng khung đánh giá rủi ro dựa trên hạn tổng hợp có xét đến tính chuỗi và lan truyền, cho phép nhận diện rõ “điểm nóng” rủi ro và cung cấp bằng chứng thực tiễn phục vụ quản lý. Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn hạn chế khi chưa xem xét kịch bản tương lai và chưa tích hợp đầy đủ các yếu tố thể chế – xã hội vào bộ chỉ số dễ bị tổn thương. Trong tương lai, cần mở rộng phân tích sang các kịch bản biến đổi khí hậu, đồng thời phát triển các bộ chỉ số thích ứng giàu tính động hơn để nâng cao độ tin cậy và khả năng ứng dụng kết quả trong quản lý hạn hán.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng, Phương pháp nghiên cứu, Phân tích kết quả và Viết bản thảo bài báo: Đỗ Thị Ngọc Bích; Tính toán: Hoàng Thị Thảo, Nguyễn Thành Long, Nguyễn Hoàng Bách; Xử lý số liệu: Lê Văn

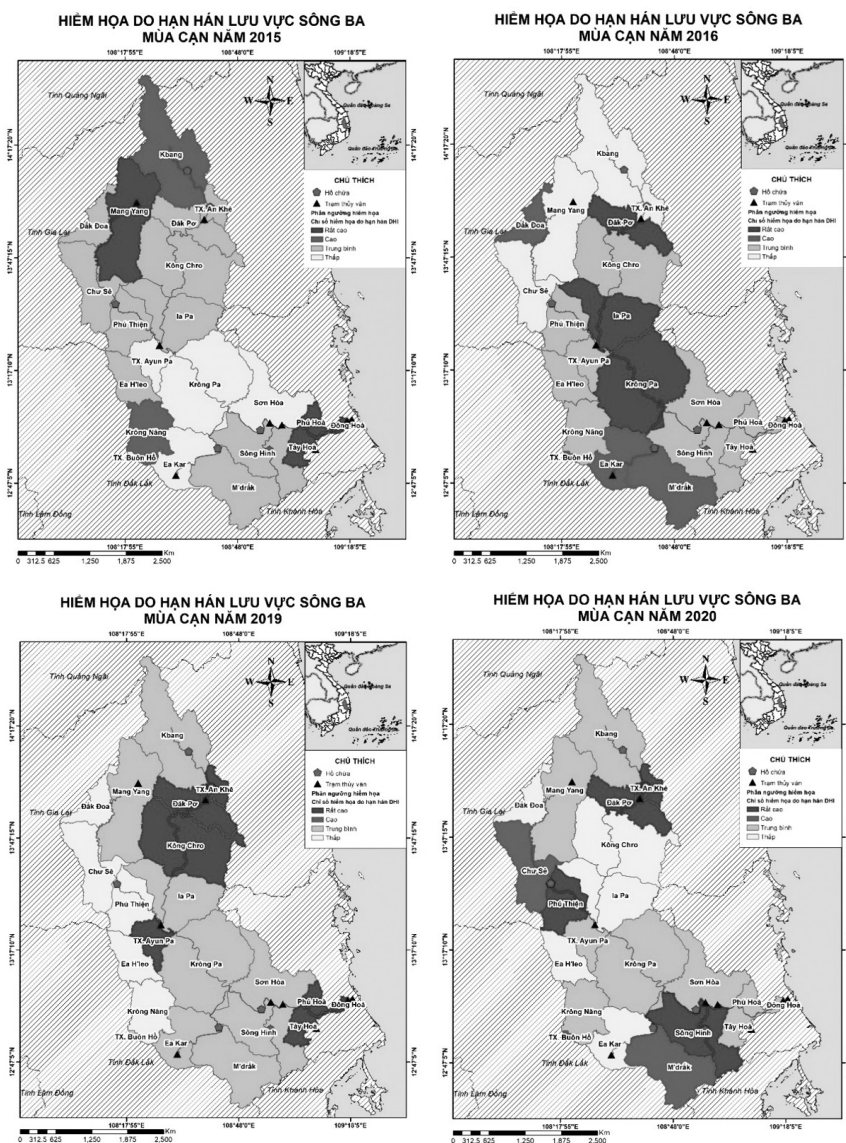
Linh, Hoàng Thị Thảo, Hoàng Bích Ngọc, Nguyễn Hoàng Bách, Nguyễn Thành Long, Lê Thu Hà; Định hướng và Chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Tú Anh.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của đề tài khoa học công nghệ cấp bộ “Nghiên cứu đánh giá rủi ro hạn tổng hợp nhằm bảo đảm an ninh nguồn nước trên các lưu vực sông. Áp dụng thí điểm cho lưu vực sông Ba” Mã số: TNMT.2024.02.06 do Viện Khoa học tài nguyên nước chủ trì thực hiện.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ESA. (2017). Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. maps. elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf
2. Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., Velthuizen, H. T. van, Verelst, L., & Wiberg, D. (2008). Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.
3. Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., & Thépaut, J.-N. (2023). ERA5 monthly averaged data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.f17050d7>.
4. Hương, H. T. L., Hiền, N. X., Thanh, N. T., & Lan, N. T.



Hình 6. Bản đồ phân cấp rủi ro do hạn tổng hợp năm 2015, 2016, 2019, 2020

(2020). Đánh giá rủi ro hạn hán cho khu vực Trung Trung Bộ. *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam*, 62(11), 17–21. [https://doi.org/10.36335/vnshm.2020\(719\).38-51](https://doi.org/10.36335/vnshm.2020(719).38-51).

5. Iyengar, N. S., & Sudarshan, P. (1982). A Method of Classifying Regions from Multivariate Data. *Economic and Political Weekly*, 17(51), 2047–2052. <http://www.jstor.org/stable/4371674>.

6. JAXA EORC. (2023). ALOS Global Digital Surface Model “ALOS World 3D - 30m” (AW3D30) Version 4.0. <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm>

7. Kim, H., Park, J., Yoo, J., & Kim, T.-W. (2015). Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: A case study for administrative districts in South Korea. *Journal of Hydro-Environment Research*, 9(1), 28–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jher.2013.07.003>.

8. Long, V.Đ., & Trang, N. T. T. (2020). Đánh giá nguy cơ rủi ro do hạn hán phục vụ phát triển kinh tế xã hội cho khu vực Tây Nguyên. *Vietnam Journal of Hydrometeorology*, 711(3), 25–38. [https://doi.org/10.36335/vnshm.2020\(711\).25-38](https://doi.org/10.36335/vnshm.2020(711).25-38).

9. Nguyen-Xuan, T., Ngo-Duc, T., Kamimera, H., Trinh-Tuan, L., Matsumoto, J., Inoue, T., & Phan-Van, T. (2016). The Vietnam Gridded Precipitation (VnGP) Dataset: Construction and Validation. *SOLA*, 12(0), 291–296. <https://doi.org/10.2151/SOLA.2016-057>.

10. Rajsekhar, D., Singh, V. P., & Mishra, A. K. (2015). Integrated drought causality, hazard, and vulnerability assessment for future socioeconomic scenarios: An information theory perspective. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(13), 6346–6378. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2014JD022670>

11. Tuân, L. V., Thăng, V. V., Trọng, T. Đ., Nghĩa, T. T., & Thủy, T. T. T. (2019). Đánh giá rủi ro hạn hán khu vực Nam Bộ. *Tạp Chí Khoa Học Biển Đổi Khí Hậu*, 11.

12. Wang, R., Zhang, J., Guo, E., Alu, S., Li, D., Ha, S., & Dong, Z. (2019). Integrated drought risk assessment of multi-hazard-affected bodies based on copulas in the Taoerhe Basin, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(1), 577–592. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2374-z>

13. Wilhite, D. (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. *Drought: A Global Assessment*, 1, 3–18.

14. Wilhite, D. A. (1993). The Enigma of Drought. In D. A. Wilhite (Ed.), *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies* (pp. 3–15). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3224-8_1.

15. Wu, R., Zhang, J., Bao, Y., & Guo, E. (2019). Run Theory and Copula-Based Drought Risk Analysis for Songnen Grassland in Northeastern China. In *Sustainability* (Vol. 11, Issue 21). <https://doi.org/10.3390/su11216032>.

MÔ HÌNH ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU DỰA VÀO CỘNG ĐỒNG TẠI KHU VỰC TÂY BẮC BỘ: THỰC TIỄN VÀ GIẢI PHÁP NHÂN RỘNG

NGUYỄN HỮU LINH¹, HÀ QUANG ANH¹, NGUYỄN THỊ HOÀNG ANH¹, NGUYỄN THỊ THU HÀ¹

¹Trung tâm Thích ứng biến đổi khí hậu và Trung hòa các-bon, Cục Biến đổi khí hậu

Tóm tắt

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang gây sức ép lớn lên các hệ sinh thái và sinh kế ở khu vực Tây Bắc bộ. Bài báo tổng quan các mô hình ứng phó BĐKH dựa vào vào cộng đồng (CBA) và hệ thống hóa các mô hình đã/đang triển khai tại 6 tỉnh Tây Bắc bộ. Dữ liệu được tổng hợp từ tài liệu thứ cấp và khảo sát thực địa. Kết quả cho thấy các nhóm mô hình nổi bật gồm: (i) Sinh kế nông nghiệp thích ứng; (ii) Sử dụng hệ thống tưới tiêu tiết kiệm nước; (iii) Nông lâm kết hợp. Phân tích hiệu quả chỉ ra lợi ích đồng thời về kinh tế, môi trường và xã hội; song vẫn tồn tại thách thức về hạ tầng, vốn, kỹ thuật và liên kết thị trường. Bài báo đề xuất các giải pháp nhân rộng theo hướng: tăng đầu tư và dịch vụ khuyến nông, phát triển chuỗi giá trị, củng cố cơ chế chính sách ưu đãi và tăng cường liên kết đa tác nhân.

Từ khóa: Ứng phó biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng, Tây Bắc bộ, nông lâm kết hợp, tưới tiết kiệm.

Ngày nhận bài: 15/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 28/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 15/9/2025.

Community-based climate change response in the Northwest region of Vietnam: Practices and scaling-up solutions

Abstract

Climate change is placing significant pressure on ecosystems and livelihoods in the Northwest region of Vietnam. This paper reviews community-based adaptation (CBA) models and systematizes those that have been implemented in six provinces of the region. Data were synthesized from secondary sources and field surveys. The findings highlight three prominent groups of models: (i) Climate-adaptive agricultural livelihoods; (ii) Water-saving irrigation systems; (iii) Agroforestry-based livelihood models. The analysis demonstrates simultaneous economic, environmental and social benefits, while challenges remain in infrastructure, finance, technology and market linkages. The paper proposes scaling-up solutions through increased investment and extension services, development of value chains, strengthened incentive policies and enhanced multi-stakeholder collaboration.

Keywords: Community-based climate change adaptation, Northwest Vietnam, agroforestry, water-saving irrigation.

JEL Classifications: N50, O13, Q57.

1. GIỚI THIỆU

BĐKH được coi là một trong những thách thức toàn cầu lớn nhất của thế kỷ XXI, gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan, lũ lụt, hạn hán và sạt lở đất, đe dọa nghiêm trọng đến sinh kế, an ninh lương thực và sự ổn định xã hội (IPCC, 2022). Những rủi ro này diễn ra trên hầu hết các khu vực, song dễ thấy nhất ở các cộng đồng nghèo, vùng núi và ven biển, nơi nguồn lực còn hạn chế. Trong bối cảnh đó, các cách tiếp cận thích ứng linh hoạt và gắn với điều kiện địa phương được xem là giải pháp tối ưu.

Theo IPCC (2022), các mô hình ứng phó BĐKH dựa vào cộng đồng (Community-based adaptation - CBA) có thể phát huy tối đa lợi ích khi kết hợp tri thức bản địa với khoa học hiện đại. Thực tiễn toàn cầu cho thấy nhiều sáng kiến CBA đã thành công như vườn

nổi ở Bangladesh duy trì sản xuất trong mùa ngập lụt, ruộng bậc thang tại Nepal giảm thiểu xói mòn và bảo đảm an ninh lương thực, hay mô hình quản lý chăn thả luân phiên tại Kenya giúp bảo vệ đồng cỏ và nguồn nước (UNDP, 2010). Các quốc gia phát triển cũng có những bài học đáng chú ý, như “Sống chung với lũ” ở Hà Lan hay hệ thống đê MOSE ở Venice - nơi công nghệ hiện đại được gắn kết với sự tham gia tích cực của cộng đồng.

Ở Việt Nam, định hướng chính sách đã nhấn mạnh vai trò của cộng đồng trong ứng phó với BĐKH. Theo Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ về Chiến lược quốc gia về BĐKH đến 2050 và Quyết định số 1055/QĐ-TTg ngày 20/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành Kế hoạch thích ứng quốc gia với BĐKH giai đoạn 2021-2030,



tầm nhìn đến năm 2050, đều khẳng định cần lồng ghép các mô hình thích ứng dựa vào cộng đồng nhằm giảm tính dễ bị tổn thương, đặc biệt tại miền núi. Trong số đó, khu vực Tây Bắc bộ được coi là điểm nóng khí hậu với địa hình dốc, mưa cực đoan, lũ quét, sạt lở và khô hạn xảy ra thường xuyên, trong khi sinh kế phụ thuộc chủ yếu vào nông - lâm nghiệp (UNDP, 2010). Đây chính là điều kiện đặc thù đòi hỏi các mô hình thích ứng với BĐKH vừa có cơ sở khoa học vừa gắn chặt với thực tiễn cộng đồng.

Xuất phát từ bối cảnh này, nghiên cứu tập trung phân tích và hệ thống hóa các mô hình CBA đang triển khai tại Tây Bắc bộ. Cách tiếp cận đa ngành được áp dụng nhằm kết hợp công cụ phân tích hiện đại với tri thức cộng đồng, từ đó đề xuất giải pháp nhân rộng các mô hình hiệu quả. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa thực tiễn trong việc nâng cao năng lực chống chịu tại địa phương, mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho hoạch định chính sách và khả năng nhân rộng trên phạm vi quốc gia.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Khu vực Tây Bắc bộ, bao gồm các tỉnh Hòa Bình (nay là Phú Thọ), Sơn La, Điện Biên, Lai Châu, Lào Cai và Yên Bái (nay là Lào Cai), trong bài báo này, nhóm tác giả vẫn sử dụng các tên tỉnh cũ trước khi thay đổi địa giới hành chính. Khu vực này là một trong những vùng chịu ảnh hưởng nghiêm trọng nhất từ các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ quét, sạt lở đất, khô hạn và biến đổi lượng mưa. Đặc điểm địa hình núi cao, chia cắt mạnh, cùng hệ sinh thái đa dạng và sự phụ thuộc lớn vào nông nghiệp và lâm nghiệp, khiến sinh kế của người dân nơi đây dễ bị tổn thương trước tác động của BĐKH. Đồng thời, khu vực này tập trung nhiều cộng đồng dân tộc thiểu số với kho tàng kiến thức bản địa phong phú. Những tri thức này đóng vai trò quan trọng trong việc ứng phó với các thách thức môi trường.

Đối tượng nghiên cứu là mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng tại các tỉnh trong khu vực Tây Bắc bộ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu, phân tích số liệu

2.2.1. Thu thập số liệu

Số liệu thứ cấp: Bao gồm các tài liệu về các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng tại các tỉnh thuộc Tây Bắc bộ, cùng với các báo cáo và bài viết liên quan. Các tài liệu này được thu thập chủ yếu từ cổng thông tin điện tử của các tỉnh được nghiên cứu.

Số liệu sơ cấp: Thu thập thông qua khảo sát thực địa và phỏng vấn cán bộ và người dân địa phương tại các tỉnh thuộc khu vực nghiên cứu.

2.2.2. Phân tích số liệu

Các số liệu sơ cấp và thứ cấp liên quan đến các mô

hình ứng phó với BĐKH được xử lý bằng phương pháp thống kê mô tả. Phương pháp này cho phép phân tích và tổng hợp một cách có hệ thống các thông tin thu thập được, từ đó rút ra các ưu điểm và hạn chế của các mô hình, phục vụ cho việc đánh giá và đề xuất giải pháp thích ứng phù hợp.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tổng quan mô hình ứng phó biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng tại Việt Nam

Việt Nam đang đối mặt đồng thời với hạn - mặn, mưa cực đoan, sạt lở và suy thoái tài nguyên, trong đó các vùng nông thôn miền núi và ven biển chịu tổn thương lớn nhất. Trước bối cảnh đó, các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng trở thành những giải pháp then chốt vì vừa xử lý rủi ro của hệ sinh thái tại chỗ, vừa củng cố sinh kế và năng lực tự quản của người dân. Hiện nay, ở Việt Nam, các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng có thể được chia thành 3 nhóm chính.

Nhóm mô hình thứ nhất tập trung vào sinh kế. Ở miền núi, mô hình phục hồi kết hợp với bảo vệ rừng gắn chi trả dịch vụ môi trường rừng tạo nguồn thu ổn định, đồng thời giảm xói mòn, giữ nước và hấp thụ các-bon. Tại vùng đồng bằng, các mô hình nông nghiệp xanh, hữu cơ, che phủ đất, giảm hóa chất, giúp giảm phát thải khí nhà kính và nâng cao giá trị nông sản; trong khi mô hình nông nghiệp sinh thái quy mô hộ khép kín từ trồng trọt, chăn nuôi và xử lý chất thải giúp cải thiện chất lượng môi trường sống xung quanh hộ gia đình. Ở những nơi có lợi thế tài nguyên, sinh kế nông nghiệp còn được kết hợp với du lịch sinh thái để đa dạng hóa thu nhập. Tuy nhiên, chi phí chuyển đổi, thói quen canh tác và liên kết thị trường vẫn là những rào cản đáng kể để triển khai mô hình.

Kết nối trực tiếp với nhóm mô hình trên là các mô hình sử dụng công nghệ và các loại giống thích ứng với BĐKH. Hệ thống tưới thông minh/tiết kiệm và quản lý nước tự động giúp ổn định sản xuất trong điều kiện hạn hán hoặc nước bị nhiễm mặn; các giống lúa chịu hạn, chịu mặn duy trì năng suất ở vùng khắc nghiệt; còn nhà lưới hoặc nhà kính và quy trình canh tác chuẩn cho phép kiểm soát vi khí hậu, nâng cao chất lượng nông sản. Dù vậy, yêu cầu vốn đầu tư và năng lực vận hành là điểm nghẽn khiến hộ gia đình nhỏ khó tiếp cận nếu thiếu dịch vụ kỹ thuật và tín dụng phù hợp.

Bổ trợ cho hai nhóm trên là các mô hình hỗ trợ cộng đồng như quản lý nước dựa vào cộng đồng ở đồng bằng sông Cửu Long, nhà an toàn chống lũ ở miền Trung, hay phục hồi rừng ngập mặn ven biển. Các mô hình này đóng vai trò “hạ tầng mềm”, giảm rủi ro thiên tai và tạo nền cho sinh kế bền vững.

Các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng đã phát huy hiệu quả khi hội tụ ba điều kiện: kỹ thuật phù hợp với năng lực cộng đồng, cơ chế tài chính quy mô nhỏ theo mùa vụ có quỹ xoay vòng để bảo đảm duy trì mô hình và liên kết chuỗi giá trị có quy chuẩn chất lượng và truy xuất nguồn gốc, giúp chuyển lợi ích môi trường - xã hội thành giá trị thương mại. Đây là cơ sở để chuẩn hóa, nhân rộng và duy trì mô hình ứng phó BĐKH một cách bền vững.

3.2. Đánh giá mô hình ứng phó với biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng tại khu vực Tây Bắc bộ

3.2.1. Mô hình nông nghiệp thích ứng với BĐKH tại khu vực Tây Bắc bộ

Các mô hình nông nghiệp thích ứng với BĐKH tại khu vực Tây Bắc bộ được khái quát tại Bảng 1.

Mô hình nông nghiệp thích ứng là nhóm mô hình quan trọng nhất tại khu vực Tây Bắc bộ, bởi sinh kế chủ yếu của người dân nơi đây gắn chặt với hoạt động

Bảng 1. Mô hình nông nghiệp thích ứng với BĐKH tại khu vực Tây Bắc bộ

TT	Điện Biên	Sơn La	Hòa Bình	Lào Cai	Lai Châu	Yên Bái
1	Mô hình trồng cà chua ghép trên thân cây cà tím tại xã Thanh Hưng, huyện Điện Biên	Mô hình “Cải tạo vườn quýt” tại TP. Sơn La	Tổ hợp tác sản xuất rau an toàn theo hướng hữu cơ (TP. Hòa Bình; Lương Sơn; Kim Bôi; Tân Lạc; Lạc Sơn; Mai Châu; Yên Thủy; Lạc Thủy)	Mô hình sử dụng nước thải từ hệ thống biogas để tưới vườn cây ăn quả, các loại cây trồng tại xã Xuân Quang, huyện Bảo Thắng	Mô hình sử dụng hầm biogas tại các xã Nậm Loỏng (TP. Lai Châu) và Giang Ma, Bình Lư (huyện Tam Đường)	Mô hình chuyển đổi cơ cấu giống lúa tại huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái, với trọng tâm phát triển các giống lúa chất lượng cao và bảo tồn giống lúa bản địa quý như Sếng Cù, nếp Tú Lệ
2	Mô hình trồng cà chua trên đất kém hiệu quả triển khai tại xã Thanh Hưng và Noong Luống, huyện Điện Biên	Mô hình xây dựng nhà nuôi cấy mô, chiết, ghép, phân phối giống tại Bản Híp, xã Chiềng Ngần, TP. Sơn La	Trồng cam theo tiêu chuẩn VietGAP tại huyện Cao Phong	Mô hình trồng lúa bền vững, chất lượng cao tại các địa phương: Sa Pa, Bảo Thắng, Bảo Yên, Văn Bàn và Bát Xát	Mô hình trồng cây ăn quả ôn đới (lê, mận) tại xã Giang Ma, Hồ Thầu, Nùng Nàng (huyện Tam Đường)	Mô hình trồng cây ăn quả trên đất dốc tại các địa phương như Văn Chấn, Trấn Yên (Yên Bái)
3	Mô hình trồng cây ăn quả chất lượng cao như bưởi da xanh, xoài Đài Loan, nhãn chín muộn tại các xã Thanh Hưng, Thanh Chấn, Thanh Nứa (huyện Điện Biên) và Mường Phăng (TP. Điện Biên Phủ)	Mô hình Trồng dưa chuột nếp ta tại Hua La, Chiềng Xôm, Chiềng An	Nuôi cá lồng trên hồ thủy điện gắn bảo vệ nguồn nước tại huyện Đà Bắc	Mô hình chăn nuôi gia cầm trên đệm lót sinh học tại xã Xuân Quang, huyện Bảo Thắng, huyện Bảo Yên, huyện Bát Xát	Mô hình ruộng lúa tẻ râu hữu cơ tại xã Tà Lèng (Tam Đường)	Mô hình lựa chọn và đưa vào trồng các giống cây trồng mới phù hợp với điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu tại các huyện Mù Cang Chải, Yên Bình và Trấn Yên (Yên Bái)
4	Mô hình trồng lúa giống chất lượng cao như Sếng Cù, Bắc Thơm số 7, J02 tại xã Thanh Xương và Thanh Chấn (huyện Điện Biên)	Mô hình trồng lúa tẻ râu hữu cơ tại Hua La, Chiềng Xôm, Chiềng An		Mô hình trồng trọt công nghệ cao với cây dưa leo, dưa lưới, cà chua, xà lách xoăn tại thị trấn Bát Xát (Lào Cai)	Mô hình trồng rau thủy canh tại TP. Lai Châu	Mô hình chăn nuôi lợn bản địa, gà thả đồi kết hợp với sử dụng đệm lót sinh học tại các địa phương như Mù Cang Chải, Nghĩa Lộ, Trấn Yên, Yên Bình



5	Mô hình trồng ngô sinh khối và trồng cỏ mới phục vụ chăn nuôi được triển khai rộng rãi tại các xã Pa Thơm, Noong Hệt, Thanh Luông, Nà Tấu, Nà Nhạn (tỉnh Điện Biên)	Mô hình trồng cây trên đất dốc tại Hua La, Chiềng Xôm, Chiềng An			Mô hình trồng ngô lai NK4300 chịu hạn tại các xã San Thàng, TP. Lai Châu	Mô hình chuyển đổi hình thức chăn nuôi từ nhỏ lẻ sang chăn nuôi hàng hóa tại huyện Mù Cang Chải, xã Nghĩa Lộ
6	Mô hình chăn nuôi và phối giống chất lượng cao tại các huyện Điện Biên, Tuần Giáo, Mường Chà và Tủa Chùa	Mô hình chăn nuôi theo mô hình V-A-C tại Sơn La			Trồng lúa nếp tan theo phương pháp SRI tại xã Bản Lang, huyện Phong Thổ	Mô hình chuyển đổi ruộng cạn không lấy được nước sang trồng các loại cây trồng cạn phù hợp tại các xã vùng cao huyện Mù Cang Chải
7	Mô hình Vườn - Ao - Chuồng (V-A-C) tại tỉnh Điện Biên được nhiều hộ dân ở các huyện Điện Biên, Mường Ảng, Tuần Giáo, Mường Chà	Mô hình trồng cây ăn quả huyện Sông Mã			Ủ phân bón từ rơm rạ ngay tại ruộng (Bình Lữ, Bản Bo, Nậm Xe, Mường So - huyện Tam Đường/ Phong Thổ)	Mô hình canh tác bền vững trên đất dốc tại các xã của huyện Yên Bình và thị xã Nghĩa Lộ
8	Hợp tác xã nông nghiệp xanh, liên kết sản xuất theo chuỗi giá trị (Điện Biên, Nậm Pồ, Mường Nhé)	Mô hình trồng nho hữu cơ tại Bản Híp, xã Chiềng Ngần, TP. Sơn La			Sản xuất lúa đặc sản hữu cơ tại xã Mường Than và Phúc Than (huyện Than Uyên)	
9	Liên kết sản xuất lúa gạo hữu cơ gắn với xây dựng thương hiệu gạo Điện Biên (vùng lòng chảo Mường Thanh)	Mô hình trồng cây đầu dòng, cây lưu vườn tại Bản Híp, xã Chiềng Ngần, TP. Sơn La				

Nguồn: Tài liệu khảo sát năm 2024 (Các tỉnh trước khi thay đổi địa giới hành chính năm 2025)

sản xuất nông nghiệp. Sự gia tăng các hiện tượng khí hậu cực đoan như hạn hán kéo dài, mưa lớn bất thường, hay sương muối đã gây ảnh hưởng trực tiếp tới năng suất, chất lượng và tính ổn định của sản xuất nông nghiệp. Vì vậy, việc triển khai các mô hình trồng trọt thích ứng như sử dụng giống chịu hạn, trồng cây ăn quả ôn đới, áp dụng tiêu chuẩn VietGAP, hay ứng dụng công nghệ cao trong nhà lưới, nhà màng đã đem lại những kết quả tích cực.

Trước hết, các mô hình này góp phần quan trọng trong việc đa dạng hóa cơ cấu cây trồng, giảm sự phụ thuộc vào những giống truyền thống kém thích ứng với BĐKH. Ví dụ, việc phát triển giống lúa chất lượng

cao Ség Cù, nếp Tú Lệ không chỉ bảo tồn nguồn gen bản địa mà còn nâng cao giá trị thương mại của sản phẩm, tạo ra thương hiệu gắn với địa phương. Tại Điện Biên, mô hình trồng cà chua ghép trên thân cà tím đã giúp giảm nguy cơ sâu bệnh và tăng năng suất rõ rệt. Trong khi đó, ở Sơn La, việc cải tạo vườn quýt và áp dụng kỹ thuật nuôi cấy mô cho cây giống đã giúp gia tăng năng suất, đồng thời giảm thiểu rủi ro do dịch bệnh và khí hậu khắc nghiệt.

Bên cạnh lợi ích kinh tế, mô hình còn đóng góp tích cực cho môi trường thông qua việc giảm sử dụng phân bón hóa học, cải thiện độ phì đất, hạn chế ô nhiễm nguồn nước và bảo tồn đa dạng sinh học. Các mô hình

lúa hữu cơ tại Tà Lặng (Lai Châu) hay Mường Than (Than Uyên) đã chứng minh khả năng kết hợp hài hòa giữa lợi ích sinh thái và kinh tế. Ở góc độ xã hội, nông nghiệp thích ứng tạo thêm việc làm, giảm áp lực di cư và nâng cao vai trò của phụ nữ cùng đồng bào dân tộc thiểu số trong sản xuất bền vững. Hợp tác xã và tổ hợp tác như ở Điện Biên hay Hòa Bình trở thành hạt nhân liên kết, tăng sức mạnh tập thể và mở rộng khả năng tiếp cận thị trường.

Xét về tính bền vững, các mô hình này phù hợp nhiều điều kiện sinh thái nhờ kết hợp tri thức bản địa với tiến bộ kỹ thuật. Việc áp dụng các chứng nhận như VietGAP, hữu cơ và chỉ dẫn địa lý giúp tăng lợi thế cạnh tranh, duy trì động lực lâu dài. Khi được lồng ghép vào chương trình nông thôn mới, quy hoạch phát triển nông nghiệp và được hỗ trợ về vốn, kỹ thuật và

hạ tầng, các mô hình hoàn toàn có thể phát triển thành vùng sản xuất tập trung, trở thành giải pháp cốt lõi cho phát triển nông nghiệp bền vững tại Tây Bắc.

Tuy nhiên, việc nhân rộng vẫn đối mặt nhiều thách thức: quy mô sản xuất nhỏ lẻ, liên kết chuỗi giá trị còn yếu, chi phí đầu tư công nghệ cao vượt quá khả năng nhiều hộ nông dân và hạn chế trong quản lý, tiếp cận kỹ thuật. Do vậy, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ Nhà nước và các tổ chức phát triển, cũng như sự tham gia của doanh nghiệp để đầu tư hạ tầng, mở rộng thị trường và tạo nền tảng ổn định cho nông nghiệp thích ứng với BĐKH.

3.2.2. Mô hình sử dụng hệ thống tưới tiêu tiết kiệm nước

Các mô hình sử dụng hệ thống tưới tiêu tiết kiệm nước tại khu vực Tây Bắc bộ được khái quát tại Bảng 2.

Nước là yếu tố cốt lõi quyết định sự thành bại của

Bảng 2. Các mô hình sử dụng hệ thống tưới tiêu tiết kiệm nước tại khu vực Tây Bắc bộ

TT	Điện Biên	Sơn La	Hòa Bình	Lào Cai	Lai Châu	Yên Bái
1	Xây dựng bể nước cộng đồng (Núa Ngam, Thanh Yên, Noong Hẹt, Thanh Luông và tại huyện Tủa Chùa	Mô hình trồng cây ăn quả áp dụng tưới nước tiết kiệm tỉnh Sơn La	Các mô hình ứng dụng hệ thống tưới tiên tiến, tiết kiệm nước tại huyện Lương Sơn và Cao Phong	Mô hình trồng cà chua trong nhà màng tại thị xã Sa Pa	Trồng rau trong nhà màng, sử dụng hệ thống tưới nước tự động	Mô hình sản xuất nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao, tiêu biểu là sản xuất trong nhà lưới, nhà màng tại huyện Lục Yên, Trấn Yên (Yên Bái)
2		Mô hình trồng cây ăn quả và ươm cây nhỏ trong nhà lưới nhiều xã tỉnh Sơn La	Mô hình trồng trọt ứng dụng hệ thống tưới phun sương kết hợp nhỏ giọt tại xã Quang Kim, huyện Bát Xát, huyện Bắc Hà, huyện Văn Bàn, xã Vạn Hoa, TP. Lào Cai	Mô hình trồng trọt ứng dụng hệ thống tưới phun sương kết hợp nhỏ giọt tại xã Quang Kim, huyện Bát Xát, huyện Bắc Hà, huyện Văn Bàn, xã Vạn Hoa, TP. Lào Cai		
3		Mô hình trồng rau, quả sạch, sản xuất rượu tại HTX dịch vụ phát triển nông nghiệp 19/5 huyện Mộc Châu		Mô hình trồng trọt công nghệ cao với cây dưa leo, dưa lưới, cà chua, xà lách xoăn tại thị trấn Bát Xát (Lào Cai)		
4				Trồng rau trái vụ trong nhà lưới tại xã Tà Chải, Na Hối, Bản Phố, Lũng Phình (huyện Bắc Hà)		
5				Xây dựng hệ thống thủy lợi nhỏ, hồ chứa nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất tại huyện Bảo Thắng		

Nguồn: Tài liệu khảo sát năm 2024 (Các tỉnh trước khi thay đổi địa giới hành chính năm 2025)



sản xuất nông nghiệp tại Tây Bắc. Với địa hình dốc, phân bố dân cư rải rác và BĐKH gây nên hạn hán, khan hiếm nước ngày càng nghiêm trọng, các mô hình tiết kiệm nước trở thành giải pháp thiết yếu. Nhóm mô hình này bao gồm xây dựng bể chứa nước cộng đồng, ứng dụng hệ thống tưới nhỏ giọt, tưới phun sương, trồng cây trong nhà màng và xây dựng công trình thủy lợi nhỏ.

Các mô hình tưới tiêu tiết kiệm nước tại Tây Bắc đã chứng minh hiệu quả rõ rệt về chi phí và nguồn đầu tư. Việc áp dụng hệ thống tưới nhỏ giọt cho cây ăn quả ở Sơn La giúp tiết kiệm từ 30-40% lượng nước so với phương pháp truyền thống, đồng thời nâng cao chất lượng sản phẩm và tăng lợi nhuận cho nông hộ. Mô hình nhà màng trồng rau tại Lào Cai cho phép sản xuất quanh năm, đặc biệt là trái vụ, tạo ra giá trị kinh tế gấp 2-3 lần so với canh tác ngoài trời. Tuy nhiên, chi phí đầu tư ban đầu cho các hệ thống tưới nhỏ giọt, phun sương và nhà màng vẫn còn cao, trong khi khả năng tiếp cận tín dụng nông thôn của người dân còn hạn chế, khiến việc mở rộng quy mô gặp khó khăn.

Xét trên khía cạnh môi trường - xã hội, các mô hình này không chỉ giúp tiết kiệm nước mà còn góp phần bảo vệ nguồn nước ngọt khan hiếm, hạn chế rửa trôi dinh dưỡng và giảm xói mòn trên đất dốc. Theo World Bank (2022), các công nghệ nhỏ giọt, phun mưa và đặt ống ngầm đã được triển khai trên hơn 1.000 ha tại Việt Nam, tiết kiệm trung bình khoảng 20% lượng nước tưới. Đồng thời, việc ứng dụng nhà lưới, nhà màng

cũng giúp giảm sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, từ đó hạn chế ô nhiễm môi trường và bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Về mặt xã hội, các bể chứa nước cộng đồng tại Điện Biên hay công trình thủy lợi nhỏ tại Lào Cai đã đáp ứng nhu cầu sinh hoạt cơ bản, giảm gánh nặng gửi nước cho phụ nữ và trẻ em, đồng thời tăng cường sự gắn kết và hợp tác trong quản lý nguồn nước.

Xét về tính bền vững và khả năng nhân rộng, nhóm mô hình này có tiềm năng lớn trong việc thích ứng dài hạn với BĐKH, nhất là tại các vùng cao khan hiếm nước. Tuy nhiên, để phát huy hiệu quả lâu dài, cần khắc phục những hạn chế về vốn đầu tư, kỹ thuật vận hành và bảo trì hệ thống. Việc tổ chức đào tạo, tập huấn cho nông dân, kết hợp với cơ chế hỗ trợ tài chính từ Nhà nước, doanh nghiệp và các tổ chức phát triển, là điều kiện cần thiết để duy trì và nhân rộng. Khi được lồng ghép vào chương trình xây dựng nông thôn mới và quy hoạch nông nghiệp bền vững, các mô hình tưới tiết kiệm nước hoàn toàn có thể trở thành giải pháp trọng tâm nhằm nâng cao khả năng chống chịu với BĐKH tại khu vực Tây Bắc (ADB, 2019).

3.2.3. Mô hình trồng rừng kết hợp sinh kế (mô hình nông lâm kết hợp)

Các mô hình trồng rừng kết hợp sinh kế (mô hình nông lâm kết hợp) tại khu vực Tây Bắc bộ được khái quát tại Bảng 3.

Mô hình nông lâm kết hợp có vai trò then chốt trong chiến lược thích ứng với BĐKH tại Tây Bắc bộ,

Bảng 3. Các mô hình trồng rừng kết hợp sinh kế (mô hình nông lâm kết hợp) tại khu vực Tây Bắc bộ

TT	Điện Biên	Sơn La	Hòa Bình	Lào Cai	Lai Châu	Yên Bái
1	Xây dựng tổ đội quản lý, bảo vệ rừng và PCCCR cộng đồng (Mường Nhé, Nậm Pồ, Mường Chà, Tủa Chùa, Điện Biên Đông)	Mô hình trồng cây được liệu của HTX sản xuất chiết tinh dầu được liệu Mường La	Mô hình trồng rừng phòng hộ đầu nguồn kết hợp xây dựng cơ sở hạ tầng phòng chống lũ, sạt lở, hạn hán tại huyện Lạc Sơn	Mô hình trồng rừng phòng hộ và bảo vệ rừng đầu nguồn tại Nậm Chạc (Bát Xát) và Nậm Tha (Văn Bàn)	Mô hình trồng rừng phòng hộ và bảo vệ rừng đầu nguồn tại xã Hồ Thầu (Tam Đường) và Nậm Chà (Nậm Nhùn)	Mô hình nuôi ong kết hợp trồng cây ăn quả, cây mùa vụ dưới tán rừng theo hướng hữu cơ tại thôn Hợp Thịnh, xã Phú Thịnh, huyện Yên Bình
2	Dự án trồng rừng, khoanh nuôi tái sinh rừng đầu nguồn kết hợp sinh kế tại Mường Nhé, Nậm Pồ, Điện Biên Đông		Mô hình trồng rừng gỗ lớn ứng dụng đồng bộ tiến bộ kỹ thuật hiện đại tại xã Tử Nê, xã Phú Vinh, huyện Tân Lạc	Mô hình chuỗi sản xuất được liệu dưới tán rừng kết hợp bảo vệ rừng tại các huyện Sa Pa, Bắc Hà, Bát Xát, Si Ma Cai, Mường Khương và Văn Bàn	Mô hình trồng cây dược liệu như đương quy, tam thất tại các xã vùng cao của huyện Sin Hồ, Phong Thổ, Tam Đường	Chương trình “Hỗ trợ rừng và trang trại giai đoạn II” do các tổ chức quốc tế tài trợ, triển khai tại xã Hưng Thịnh (huyện Trấn Yên)

3			Mô hình trồng xen canh gừng dưới tán bưởi hữu cơ tại xã Đông Lai (huyện Tân Lạc)	Du lịch cộng đồng gắn bảo vệ tài nguyên rừng và môi trường sinh thái tại Tả Van (thị xã Sa Pa) và Nậm Pung (huyện Bát Xát)	Mô hình trồng rừng kết hợp trồng dược liệu dưới tán rừng tại các xã Tả Lèng (Tam Đường), Nậm Tăm và Nậm Cuối (Sìn Hồ)	
4			Mô hình trồng rừng gỗ lớn thâm canh kết hợp phát triển nông lâm các loại cây trồng có giá trị kinh tế cao tại các địa phương như Tân Lạc và Cao Phong			
5			Mô hình nuôi ong lấy mật dưới tán rừng tại xã Tử Nê (huyện Tân Lạc)			

Nguồn: Tài liệu khảo sát năm 2024 (Các tỉnh trước khi thay đổi địa giới hành chính năm 2025)

nơi rừng giữ vai trò điều tiết nguồn nước, ngăn xói mòn, sạt lở và bảo vệ hệ sinh thái. Các mô hình này kết hợp trồng rừng, khoanh nuôi tái sinh rừng, bảo vệ rừng đầu nguồn với phát triển sinh kế bền vững như trồng dược liệu, nuôi ong, canh tác xen canh dưới tán rừng hay phát triển du lịch sinh thái. Cách tiếp cận này giúp đồng thời duy trì tài nguyên rừng và mang lại lợi ích kinh tế cho cộng đồng địa phương.

Xét về hiệu quả kinh tế, mô hình nông lâm kết hợp tạo nguồn thu nhập đa dạng và ổn định hơn cho người dân. Các mô hình trồng dược liệu dưới tán rừng, như tam thất và đương quy tại Lai Châu và Lào Cai, vừa mang lại giá trị cao vừa góp phần bảo vệ rừng tự nhiên. Nuôi ong kết hợp trồng cây ăn quả ở Yên Bái không chỉ nâng thu nhập mà còn tạo sản phẩm đặc trưng gắn với thương hiệu địa phương. Tại một số nơi, du lịch sinh thái dựa vào rừng cũng mở ra cơ hội việc làm và dịch vụ mới, góp phần đa dạng hóa sinh kế cho cộng đồng.

Trên phương diện môi trường, mô hình này đóng góp rõ rệt trong việc tăng diện tích che phủ, hạn chế xói mòn đất, điều tiết dòng chảy và bảo tồn đa dạng sinh học. Các mô hình trồng rừng gỗ lớn ở Hòa Bình hay Lào Cai không chỉ đem lại nguồn gỗ chất lượng cho tương lai mà còn hấp thụ khí nhà kính, đóng góp trực tiếp vào mục tiêu giảm phát thải. Đặc biệt, việc gắn bảo vệ rừng với phát triển du lịch cộng đồng tại Sa Pa hay Bát Xát cho thấy cách tiếp cận sáng tạo, vừa bảo tồn tài nguyên thiên nhiên, vừa tạo giá trị kinh tế bổ sung.

Về mặt xã hội, mô hình nông lâm kết hợp giúp nâng cao nhận thức và trách nhiệm cộng đồng trong bảo vệ

tài nguyên rừng. Các tổ đội quản lý rừng được hình thành đã tăng cường sự gắn kết, đồng thời hạn chế khai thác trái phép. Sự tham gia chủ động của đồng bào dân tộc thiểu số - lực lượng sống dựa trực tiếp vào rừng, giúp họ vừa bảo vệ tài nguyên vừa đảm bảo sinh kế ổn định, từ đó giảm thiểu tình trạng di cư hoặc phụ thuộc vào các hoạt động khai thác không bền vững.

Về tính bền vững và khả năng nhân rộng, các mô hình nông lâm kết hợp có tiềm năng lớn nhờ kết hợp đồng lợi ích giữa bảo vệ rừng và phát triển kinh tế. Cơ chế chi trả dịch vụ môi trường rừng (PFES) đã và đang là nguồn lực quan trọng duy trì động lực cho cộng đồng tham gia bảo vệ rừng (Thuy et al., 2013). Tuy nhiên, thách thức vẫn nằm ở chu kỳ đầu tư dài, lợi ích kinh tế chưa rõ trong ngắn hạn, cùng với hạn chế về tín dụng, thị trường tiêu thụ dược liệu, mật ong và gỗ lớn. Để nhân rộng, cần tăng cường hỗ trợ tài chính, hoàn thiện cơ chế quản lý - giám sát, đồng thời khuyến khích doanh nghiệp tham gia chuỗi giá trị lâm sản và du lịch sinh thái. Khi những điều kiện này được đáp ứng, mô hình nông lâm kết hợp hoàn toàn có thể trở thành trụ cột bền vững trong chiến lược thích ứng với BĐKH tại Tây Bắc bộ (CIFOR-ICRAF, 2016).

Ba nhóm mô hình trên cho thấy sự linh hoạt và sáng tạo trong ứng phó với BĐKH ở Tây Bắc bộ. Chúng không chỉ hỗ trợ cộng đồng nâng cao khả năng chống chịu mà còn gắn kết mục tiêu bảo tồn tài nguyên thiên nhiên với phát triển kinh tế - xã hội bền vững. Tuy nhiên, để nhân rộng, cần giải quyết thách thức về vốn, kỹ thuật, thị trường, đồng thời



tăng cường sự tham gia của cộng đồng và vai trò định hướng của chính quyền địa phương.

3.3. Thảo luận

Dưới đây tập trung thảo luận về thuận lợi, cơ hội, khó khăn và thách thức, cũng như giải pháp nhân rộng ba nhóm mô hình nêu trên.

3.3.1. Thuận lợi và cơ hội phát triển các mô hình ứng phó BĐKH dựa vào cộng đồng

Khu vực Tây Bắc bộ với địa hình đồi núi, khí hậu đa dạng và tài nguyên phong phú đã trở thành một địa bàn quan trọng để phát triển các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng. Các yếu tố về tự nhiên, văn hóa, chính sách và công nghệ đã tạo nhiều thuận lợi và cơ hội để thúc đẩy những mô hình này, không chỉ giảm thiểu tác động của BĐKH mà còn góp phần vào phát triển bền vững của khu vực.

Một trong những thuận lợi cơ bản của khu vực Tây Bắc là kho tàng tri thức bản địa phong phú. Người dân tộc thiểu số đã có hàng trăm năm kinh nghiệm canh tác trên nương rẫy, bậc thang, sử dụng giống cây bản địa chịu hạn, chịu rét và phát triển phương thức xen canh - luân canh để ứng phó với điều kiện khí hậu khắc nghiệt. Đây là nền móng thuận lợi để các mô hình nông nghiệp thích ứng với BĐKH được triển khai hiệu quả. Việc trồng các giống lúa chất lượng cao như Sóng Cù, nếp Tú Lệ, hay áp dụng kỹ thuật canh tác hữu cơ, nông nghiệp công nghệ cao đã bước đầu tạo ra sản phẩm hàng hóa đặc sản, nâng cao giá trị gia tăng và mở rộng cơ hội tiếp cận thị trường.

Đối với mô hình tưới tiết kiệm nước, điều kiện khí hậu cực đoan và khan hiếm nguồn nước lại trở thành động lực để cộng đồng tìm kiếm giải pháp bền vững. Công nghệ tưới nhỏ giọt, phun sương, hoặc hồ chứa quy mô nhỏ vừa giúp tiết kiệm tài nguyên nước, vừa cải thiện năng suất cây trồng. Đồng thời, các chương trình nông nghiệp công nghệ cao của một số tỉnh như Sơn La, Lào Cai đã tạo tiền đề hạ tầng, kỹ thuật và nguồn lực nhân sự, mở ra cơ hội mở rộng mô hình.

Mô hình nông lâm kết hợp cũng có nhiều lợi thế nhờ tài nguyên rừng rộng lớn và chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng (PFES) đã đi vào thực tiễn. Người dân vừa hưởng lợi từ bảo vệ rừng, vừa phát triển sinh kế bền vững như trồng dược liệu, nuôi ong dưới tán rừng hay phát triển du lịch sinh thái. Bối cảnh Việt Nam cam kết giảm phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, cùng xu thế tài chính xanh và cơ chế tín chỉ các-bon, đã tạo thêm cơ hội để huy động nguồn lực quốc tế và khuyến khích mở rộng mô hình này.

Tựu trung, ba nhóm mô hình trên đều có những điều kiện thuận lợi then chốt: sự đồng thuận của cộng đồng, sự hỗ trợ chính sách của Nhà nước và tiềm năng kết nối với thị trường nông sản xanh - sạch. Đây là

tiền đề quan trọng để phát triển và nhân rộng mô hình trong thời gian tới.

3.3.2. Khó khăn, thách thức thực hiện mô hình

Mặc dù các mô hình ứng phó với BĐKH tại khu vực Tây Bắc bộ mang lại nhiều lợi ích kinh tế, môi trường và xã hội, việc triển khai vẫn đối mặt với nhiều khó khăn và thách thức đáng kể. Những trở ngại này chủ yếu xuất phát từ điều kiện địa lý, nguồn lực tài chính, kỹ thuật và năng lực của cộng đồng địa phương.

Với mô hình nông nghiệp thích ứng, chi phí chuyển đổi giống, phân bón, vật tư và áp dụng kỹ thuật mới cao so với khả năng của nông hộ. Quy mô sản xuất nhỏ lẻ, đất đai phân tán, khiến khó áp dụng cơ giới hóa và tiêu chuẩn chứng nhận (VietGAP, hữu cơ). Hạ tầng bảo quản, chế biến và giao thương còn thiếu, dẫn đến sản phẩm khó mở rộng quy mô và giá trị gia tăng.

Trong khi đó, mô hình tưới tiết kiệm nước gặp thách thức ở vốn đầu tư ban đầu lớn và yêu cầu kỹ thuật cao. Người dân vùng sâu, vùng xa thường thiếu kỹ năng vận hành, bảo trì; linh kiện thay thế khan hiếm khiến hệ thống dễ hỏng hóc. Thêm vào đó, nguồn điện, nước không ổn định càng làm giảm hiệu quả và tính bền vững.

Với mô hình nông lâm kết hợp, chu kỳ đầu tư dài, rủi ro cao là rào cản lớn. Người dân phải mất nhiều năm mới thu được lợi ích, trong khi thiên tai, cháy rừng, sạt lở đất, dịch bệnh luôn rình rập. Vấn đề quyền sử dụng đất và cơ chế chia sẻ lợi ích chưa minh bạch ở nhiều nơi khiến niềm tin cộng đồng bị hạn chế. Thị trường sản phẩm dưới tán rừng (mật ong, dược liệu, gỗ) chưa ổn định, thiếu tiêu chuẩn chất lượng đồng bộ, khiến giá cả bấp bênh.

Ngoài ra, một thách thức mang tính hệ thống là sự phụ thuộc vào hỗ trợ của dự án. Nhiều mô hình thành công trong giai đoạn có tài trợ nhưng khó duy trì sau khi kết thúc. Sự tham gia chưa đồng đều của phụ nữ, thanh niên và nhóm dân tộc thiểu số nghèo dẫn đến nguy cơ gia tăng bất bình đẳng xã hội. Cùng với đó, đặc điểm tự nhiên khắc nghiệt của Tây Bắc - độ dốc cao, thiên tai thường xuyên làm tăng rủi ro và chi phí duy trì mô hình.

Như vậy, các khó khăn chính của mô hình CBA tại Tây Bắc tập trung vào hạn chế tài chính, kỹ thuật, hạ tầng, thị trường và thể chế, đòi hỏi các giải pháp đồng bộ và bền vững hơn.

3.3.3. Đề xuất giải pháp nhân rộng mô hình

Để nhân rộng các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng tại khu vực Tây Bắc bộ, cần có sự phối hợp đồng bộ giữa các giải pháp về tài chính, kỹ thuật, chính sách và tổ chức thực hiện.

Trước hết, cần tăng cường năng lực cộng đồng thông qua đào tạo, tập huấn, nhân rộng mô hình đào tạo từ đồng ruộng. Việc lựa chọn kỹ thuật cần phù hợp với khả năng tiếp cận của người dân, không quá phức tạp nhưng đảm bảo hiệu quả lâu dài. Bên cạnh đó, phát triển hợp

tác xã và liên kết chuỗi giá trị là giải pháp trọng tâm để nâng cao giá trị nông sản và bảo đảm đầu ra ổn định. Công cụ truy xuất nguồn gốc, chứng nhận chất lượng và xây dựng thương hiệu địa phương sẽ giúp biến lợi ích môi trường - xã hội thành lợi ích kinh tế.

Đối với mô hình tưới tiết kiệm nước, cần xây dựng cơ chế tài chính phù hợp, kết hợp vốn ngân sách, tín dụng ưu đãi, quỹ cộng đồng và đóng góp của doanh nghiệp. Các dịch vụ duy trì tập trung nên giao cho hợp tác xã hoặc doanh nghiệp kỹ thuật đảm nhiệm, giúp giảm gánh nặng vận hành cho hộ dân. Kết hợp hệ thống thu gom nước mưa, hồ chứa nhỏ, và năng lượng tái tạo (điện mặt trời hộ gia đình) cũng sẽ tăng hiệu quả và tính bền vững cho các mô hình.

Với mô hình nông lâm kết hợp, cần làm rõ quyền sử dụng đất, cơ chế chia sẻ lợi ích và mở rộng chi trả dịch vụ môi trường rừng theo kết quả thực tế về che phủ và giảm phát thải. Việc phát triển chuỗi giá trị dược liệu, mật ong và sản phẩm gỗ theo tiêu chuẩn chất lượng và truy xuất nguồn gốc sẽ tạo thị trường ổn định. Song song, cần thiết lập hệ thống cảnh báo sớm thiên tai, quỹ bảo hiểm rủi ro cộng đồng để giảm thiểu tổn thất.

Ở tầm chính sách, cần lồng ghép mô hình CBA vào quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội và chương trình giảm nghèo bền vững. Điều này giúp bảo đảm nguồn lực lâu dài sau khi dự án hỗ trợ kết thúc. Việc ưu tiên nhóm yếu thế (phụ nữ, thanh niên, hộ nghèo) trong phân bổ nguồn lực và ra quyết định là cần thiết để bảo đảm công bằng xã hội. Đồng thời, kết hợp tri thức bản địa với khoa học hiện đại trong thiết kế và triển khai mô hình sẽ nâng cao tính thích ứng và khả năng chống chịu.

Ba nhóm mô hình CBA tại Tây Bắc bộ đều có nền tảng thuận lợi về tri thức bản địa, sự hỗ trợ chính sách và cơ hội thị trường. Tuy nhiên, chúng cũng gặp thách thức lớn về vốn, kỹ thuật, thị trường và tính bền vững. Để nhân rộng, cần một chiến lược tổng thể kết hợp nguồn lực cộng đồng - chính sách nhà nước - tài chính xanh - công nghệ hiện đại. Chỉ khi đó, mô hình mới vừa đáp ứng nhu cầu sinh kế bền vững của người dân, vừa góp phần bảo vệ hệ sinh thái và nâng cao khả năng chống chịu của toàn vùng trước BĐKH.

4. KẾT LUẬN

Các mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng tại khu vực Tây Bắc bộ đã khẳng định vai trò quan trọng trong việc BVMT, cải thiện sinh kế và thúc đẩy phát triển bền vững. Với đặc thù địa hình đồi núi, khí hậu khắc nghiệt và văn hóa đa dạng, các mô hình này tận dụng hiệu quả nguồn tài nguyên tự nhiên, đồng thời kết hợp hài hòa giữa tri thức bản địa và tiến bộ khoa học kỹ thuật.

Những mô hình như nông lâm kết hợp, trồng cây dược liệu dưới tán rừng, phát triển nông nghiệp hữu

cơ hay sử dụng các hệ thống tưới tiết kiệm nước đã mang lại nhiều lợi ích về kinh tế, môi trường và xã hội. Các mô hình này giúp tăng thu nhập, giảm thiểu rủi ro từ thiên tai, đồng thời bảo vệ rừng, giữ nước, tăng cường đa dạng sinh học và giảm phát thải khí nhà kính. Sự tham gia trực tiếp của cộng đồng trong việc thiết kế, triển khai và duy trì các mô hình đã nâng cao ý thức BVMT và xây dựng năng lực ứng phó với BĐKH.

Tuy nhiên, việc nhân rộng các mô hình này vẫn đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm thiếu nguồn lực tài chính, hạn chế về kỹ thuật và kiến thức, cùng với áp lực từ khai thác tài nguyên không bền vững. Để vượt qua những trở ngại này, cần có sự hỗ trợ đồng bộ từ Chính phủ, các tổ chức xã hội và quốc tế, bao gồm đầu tư tài chính, xây dựng cơ sở hạ tầng, nâng cao năng lực cộng đồng và phát triển thị trường tiêu thụ sản phẩm.

Trong bối cảnh BĐKH ngày càng diễn biến phức tạp, các mô hình ứng phó dựa vào cộng đồng không chỉ là giải pháp hiệu quả mà còn là hướng đi bền vững để bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, phát triển kinh tế xanh và nâng cao chất lượng sống cho cộng đồng tại Tây Bắc bộ. Việc nhân rộng và phát triển các mô hình này sẽ góp phần quan trọng vào nỗ lực quốc gia trong ứng phó với BĐKH và thúc đẩy phát triển bền vững trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để xuất mô hình ứng phó với BĐKH dựa vào cộng đồng ở khu vực Tây Bắc bộ” (TNMT.ĐL.2024.05) do Bộ Nông nghiệp và Môi trường tài trợ ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ADB (2019). *Irrigation systems for climate change adaptation in Viet Nam*. Asian Development Bank.
2. CIFOR-ICRAF (2016). *History of agroforestry research and development in Viet Nam (Working Paper)*. World Agroforestry.
3. IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
4. Phạm T.T., Bennett K., Vũ T.P., Brunner J., Lê N.D. và Nguyễn Đ.T (2013). *Chi trả dịch vụ môi trường rừng tại Việt Nam: Từ chính sách đến thực tiễn*. Báo cáo chuyên đề 98. Bogor, Indonesia: CIFOR.
5. Thủ tướng Chính phủ (2020). *Quyết định số 1055/QĐ-TTg ngày 20/7/2020 về việc ban hành Kế hoạch quốc gia thích ứng với BĐKH giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
6. Thủ tướng Chính phủ (2022). *Quyết định số 896/QĐ-TTg của ngày 26/7/2022 về việc phê duyệt Chiến lược quốc gia về BĐKH đến năm 2050*.
7. UNDP (2010). *A practitioner's guide to establishing a community-based adaptation programme*. UNDP-GEF.
8. World Bank (2022). *Vietnam Irrigated Agriculture Improvement Project (ICR)*.



XÂY DỰNG BẢN ĐỒ CẢNH BÁO SẠT LỞ ĐẤT THEO THỜI GIAN THỰC CHO TỈNH LÀO CAI SỬ DỤNG CÁC NGUỒN DỮ LIỆU MỞ VÀ CÔNG NGHỆ HỌC MÁY

TRẦN MẠNH CƯỜNG¹, TRẦN ANH PHƯƠNG¹, NGUYỄN ANH ĐỨC¹, TRẦN VĂN TÚ¹,
TRẦN BẢO CHUNG¹

¹ Viện Khoa học tài nguyên nước

Tóm tắt

Trong bối cảnh sạt lở đất ngày càng gia tăng về tần suất và mức độ tàn phá trên địa bàn tỉnh Lào Cai – nơi có địa hình dốc và bị chia cắt mạnh, việc xây dựng một hệ thống cảnh báo sớm sạt lở đất là nhu cầu cấp thiết nhằm giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản. Tuy nhiên, công tác cảnh báo hiện nay gặp nhiều khó khăn do hạn chế về dữ liệu quan trắc truyền thống. Nghiên cứu khai thác các nguồn dữ liệu mở theo thời gian thực kết hợp với mô hình học máy Random Forest – một thuật toán ensemble learning hiệu quả trong phân loại – để xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở đất cho tỉnh Lào Cai. Bộ dữ liệu đầu vào bao gồm điểm sạt lở quan sát được cùng các yếu tố điều kiện như độ dốc, hướng dốc, lượng mưa, độ ẩm đất, thổ nhưỡng, lớp phủ bề mặt, khoảng cách tới đường và sông suối, cùng với lượng mưa dự báo theo thời gian thực. Kết quả mô hình cho thấy, độ chính xác tổng thể đạt 85% và hệ số Kappa 0,69, các kết quả theo phương pháp ROC và PRC đạt độ tin cậy cao, chứng minh tính khả thi và hiệu quả của cách tiếp cận này. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng học máy dựa trên dữ liệu nguồn mở trong việc phát triển hệ thống cảnh báo sớm sạt lở đất cho các khu vực miền núi còn hạn chế dữ liệu quan trắc như Lào Cai.

Từ khóa: Sạt lở đất; Random Forest, dữ liệu nguồn mở, Lào Cai, cảnh báo nguy cơ.

Ngày nhận bài: 2/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 28/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 20/9/2025.

Application of the random forest machine learning model in developing landslide susceptibility maps in Lao Cai province

Abstract

In the context of increasing frequency and destructive intensity of landslides in Lào Cai Province - an area characterized by steep and highly dissected terrain - the development of an early warning system for landslides is an urgent requirement to mitigate losses of life and property. However, current warning efforts face considerable challenges due to the limited availability of traditional observation data. This study leverages open-access, near real-time datasets in combination with the Random Forest machine learning algorithm - an efficient ensemble learning method for classification - to construct a landslide hazard warning map for Lào Cai Province. The input dataset includes observed landslide locations along with conditioning factors such as slope, aspect, rainfall, soil moisture, soil type, land cover, distance to roads and rivers, as well as real-time rainfall forecasts. Model evaluation shows an overall accuracy of 85% and a Kappa coefficient of 0.69, with ROC and PRC analyses indicating high reliability, thereby demonstrating the feasibility and effectiveness of this approach. The findings highlight the potential of open-source data-driven machine learning in developing early warning systems for landslide-prone mountainous regions where observational data remain scarce, such as Lào Cai.

Keywords: Landslide; Random Forest; Lào Cai; Hazard Warning.

JEL Classifications: O13, Q15, R00.

1. MỞ ĐẦU

Sạt lở đất, một hiểm họa địa chất tự nhiên phổ biến, gây ra những tổn thất đáng kể về người và tài sản trên toàn cầu [1]. Với địa hình nhiều đồi núi và khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa, Việt Nam là một quốc gia thường xuyên phải đối mặt với hiện tượng sạt lở đất, tập trung ở các tỉnh miền núi phía Bắc và khu vực miền Trung - Tây Nguyên [2][3]. Lào Cai, với đặc điểm địa hình dốc, bị chia cắt mạnh và chế độ mưa cường độ

lớn, là một ví dụ điển hình về khu vực thường xuyên phải đối mặt với nguy cơ này [4].

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và mưa cực đoan ngày càng gia tăng, nhu cầu xây dựng các hệ thống cảnh báo sạt lở đất theo thời gian thực trở nên cấp thiết nhằm hỗ trợ công tác quản lý rủi ro thiên tai và đảm bảo an toàn cho cộng đồng. Các bản đồ cảnh báo sạt lở theo thời gian thực cho phép cập nhật nguy cơ theo điều kiện khí tượng tức thời, từ đó nâng cao hiệu quả

ứng phó so với các bản đồ nguy cơ truyền thống vốn chỉ thể hiện trạng thái tĩnh. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về bản đồ cảnh báo sạt lở đất đã được thực hiện từ đầu những năm 2000, tuy nhiên chủ yếu là các bản đồ tĩnh. Những năm gần đây, một số nghiên cứu trong nước đã tiến hành sử dụng mô hình học máy để xây dựng bản đồ sạt lở đất. Trên thế giới, công tác cảnh báo sạt lở đất theo thời gian thực đã được quan tâm từ khá sớm, đặc biệt tại các quốc gia có địa hình phức tạp và chịu ảnh hưởng mạnh của biến đổi khí hậu.

Bản đồ cảnh báo sạt lở đất có thể được xây dựng dựa trên các phương pháp khác nhau như: Phân tích trọng số - GIS, mô hình thống kê, mô hình vật lý, mô hình học máy. Trong khi các phương pháp phân tích trọng số - GIS, mô hình thống kê, mô hình vật lý chỉ xây dựng được bản đồ cảnh báo sạt lở dưới dạng tĩnh thì phương pháp sử dụng công nghệ học máy cho phép cung cấp thông tin sạt lở theo thời gian thực.

Một trong những thách thức lớn trong công tác nghiên cứu và cảnh báo sạt lở đất tại các khu vực như Lào Cai là sự thiếu hụt dữ liệu chi tiết và đồng bộ, đặc biệt là dữ liệu là theo thời gian thực. Hạn chế về dữ liệu khiến cho công tác cảnh báo sạt lở gặp nhiều khó khăn, chưa đảm bảo độ chính xác và tin cậy. Trong bối cảnh đó, việc khai thác và tích hợp các nguồn dữ liệu mở, như dữ liệu địa hình số, lớp phủ bề mặt, thổ nhưỡng, mưa vệ tinh, đã mở ra nhiều cơ hội mới cho nghiên cứu sạt lở đất [5][6][7]. Đặc biệt, với sự phát triển của các công nghệ học máy (machine learning), việc ứng dụng các nguồn dữ liệu này trong công tác cảnh báo sạt lở đất ngày càng trở nên phổ biến. Nhiều công trình gần đây cho thấy các nguồn dữ liệu mở có thể được kết hợp hiệu quả với những mô hình học máy để nâng cao độ chính xác trong đánh giá và dự báo nguy cơ sạt lở, ngay cả ở những khu vực thiếu dữ liệu tại chỗ [8].

Các mô hình học máy như Random Forest (RF), SVM, XGBoost, Deep Learning... được sử dụng để kết hợp nhiều yếu tố địa hình, đất đá, thảm phủ, mưa vệ tinh, dữ liệu viễn thám, đã cho thấy độ chính xác cao trong xác định các vị trí có nguy cơ sạt lở đất. Trong số các phương pháp học máy, Random Forest (RF) đã chứng minh được tính ưu việt nhờ khả năng xử lý dữ liệu đa nguồn, kháng nhiễu tốt và cho kết quả ổn định trong các bài toán phân loại cũng như dự báo [9]. Mô hình RF có khả năng xác định mức độ quan trọng của từng yếu tố đầu vào, giúp làm rõ vai trò của các yếu tố như địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật hay lượng mưa trong việc kích hoạt sạt lở đất.

So với các mô hình thống kê truyền thống như hồi quy logistic, RF không đòi hỏi giả định phân bố dữ liệu và có khả năng mô hình hóa tốt các mối quan hệ phi tuyến, đa chiều giữa các yếu tố như địa hình, thổ

nhưỡng, thảm phủ và lượng mưa. RF cho kết quả ổn định hơn trong không gian dữ liệu nhiều chiều và không yêu cầu quá trình chuẩn hóa phức tạp như với Support Vector Machine (SVM). Mặc dù mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) có thể đạt độ chính xác cao nếu có tập dữ liệu lớn, nhưng thường tốn nhiều chi phí tính toán và thiếu tính minh bạch trong giải thích mô hình. RF có ưu thế về tốc độ huấn luyện và độ ổn định, đồng thời ít nhạy cảm với điều chỉnh siêu tham số so với các phương pháp boosting như XGBoost. Nhiều nghiên cứu quốc tế đã ứng dụng thành công RF để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ và hệ thống cảnh báo sớm, cho thấy tiềm năng lớn của phương pháp này khi áp dụng tại các khu vực có dữ liệu hạn chế [10][11]. Tại Việt Nam, dù đã có những nghiên cứu sử dụng viễn thám và dữ liệu mở để phân vùng nguy cơ sạt lở [3], việc ứng dụng các mô hình học máy tiên tiến như RF trong cảnh báo theo thời gian thực vẫn còn hạn chế.

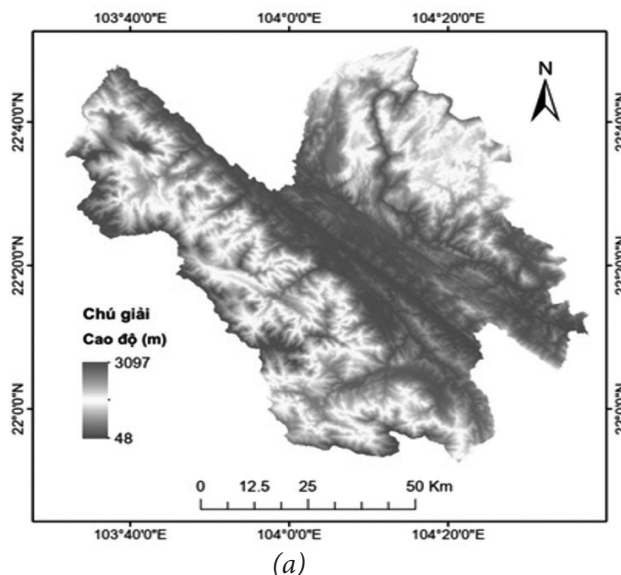
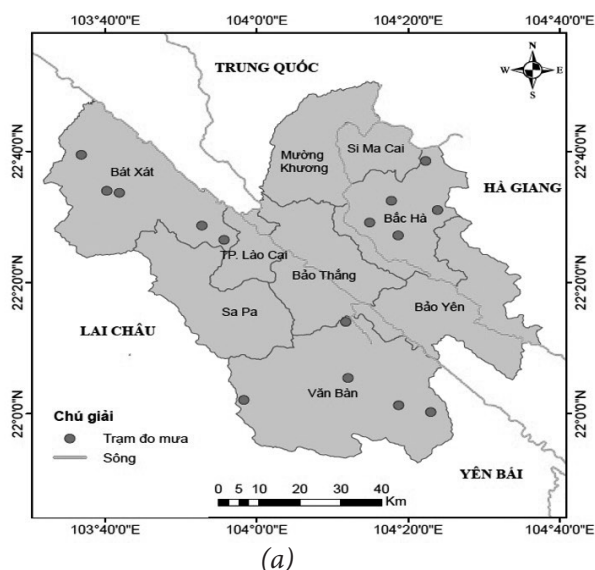
Hiện nay, nền tảng Google Earth Engine (GEE) đã được ứng dụng nhiều nơi trên thế giới để kết hợp mô hình học máy và các dữ liệu viễn thám. Với thư viện dữ liệu mở toàn cầu (bao gồm ảnh vệ tinh, mô hình số độ cao, dữ liệu mưa vệ tinh, thảm phủ đất) và khả năng tính toán song song trên hạ tầng đám mây, GEE đã trở thành công cụ quan trọng trong nghiên cứu môi trường, tài nguyên và thiên tai. Việc triển khai RF trực tiếp trên GEE cho phép kết hợp dữ liệu đa nguồn, huấn luyện và dự báo trên phạm vi không gian rộng, đồng thời đảm bảo khả năng cập nhật liên tục và hiệu quả tính toán cao.

Bài báo tập trung vào việc kết hợp khai thác các nguồn dữ liệu mở toàn cầu với ứng dụng mô hình học máy RF để đánh giá và dự báo nguy cơ sạt lở đất tại tỉnh Lào Cai theo thời gian thực. Với khả năng phân tích mạnh mẽ của RF, nghiên cứu hướng đến việc xây dựng một công cụ hỗ trợ hữu ích cho công tác phòng chống và giảm thiểu rủi ro thiên tai, đồng thời đóng góp một khung phương pháp có thể mở rộng và áp dụng cho nhiều khu vực miền núi khác có điều kiện tương tự.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lào Cai là tỉnh miền núi phía Tây Bắc, phía Đông giáp tỉnh Hà Giang, phía Tây giáp tỉnh Lai Châu, phía Nam giáp tỉnh Yên Bái, phía Bắc giáp tỉnh Vân Nam (Trung Quốc) (Hình 1). Tọa độ địa lý của tỉnh là từ 21°40'56" đến 22°52' vĩ độ Bắc và từ 103°30'24" đến 104°38'21" kinh độ Đông. Là tỉnh vùng cao biên giới, nằm chính giữa vùng Đông Bắc và vùng Tây Bắc của nước ta, Lào Cai cách Hà Nội 296 km theo đường sắt và 265 km theo đường bộ. Diện tích tự nhiên của toàn tỉnh là 6.383,88 km² (chiếm 2,44% diện tích cả nước, là tỉnh có diện tích lớn thứ 19/64 tỉnh, thành phố cả nước).



Hình 1. (a) Bản đồ hành chính tỉnh Lào Cai và (b) bản đồ địa hình tỉnh Lào Cai

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Quá trình xây dựng một mô hình phân loại sạt lở bắt đầu với việc thu thập dữ liệu đào tạo. Dữ liệu đầu vào bao gồm các dữ liệu tĩnh và dữ liệu động (Bảng 1):

- *Dữ liệu tĩnh*: Là dữ liệu ít biến đổi theo thời gian. Các dữ liệu này bao gồm: Độ cao, độ dốc địa hình,

phương diện, độ cong mặt phẳng (bề mặt đất), độ cong theo phương dọc (bề mặt đất), thảm phủ bề mặt, chỉ số NDVI, khoảng cách tới sông, khoảng cách tới đường.

- *Dữ liệu động*: Là các dữ liệu biến đổi liên tục theo thời gian thực bao gồm: Độ ẩm đất, lượng mưa 1 ngày, lượng mưa 3 ngày và lượng mưa 15 ngày và cường độ mưa trung bình 3 giờ tới.

Bảng 1. Các dữ liệu đầu vào cho mô hình học máy

Yếu tố	Mô tả	Thời gian thu thập	Nguồn
Độ cao	Độ cao bề mặt địa hình	2000	NASA
Độ dốc địa hình	Góc nghiêng của sườn đất	2000	NASA
Phương diện	Hướng của sườn đất	2000	NASA
Độ cong mặt phẳng	Độ cong vuông góc với sườn đất, chỉ ra bề mặt lõm hoặc lồi	2000	NASA
Độ cong theo phương dọc	Độ cong song song với sườn đất, chỉ ra bề mặt lõm hoặc lồi	2000	NASA
Thảm phủ bề mặt	Đối tượng trên bề mặt đất	2024	ESA
Chỉ số NDVI	Mức độ che phủ của thảm thực vật	2024	ESA
Khoảng cách tới sông	Khoảng cách tới sông		
Khoảng cách tới đường	Khoảng cách tới đường		
Độ ẩm đất	Lượng nước trong đất	2024	NASA
Lượng mưa 1 ngày tới thời điểm dự báo	Lượng mưa tích lũy trong 1 ngày trước thời điểm dự báo	9/9/2024	CHIRPS
Lượng mưa 3 ngày tới thời điểm dự báo	Lượng mưa tích lũy trong 3 ngày trước thời điểm dự báo	7-9/9/2024	CHIRPS
Lượng mưa 15 ngày tới thời điểm dự báo	Lượng mưa tích lũy trong 7 ngày trước thời điểm dự báo	26/8-9/9/2024	CHIRPS
Cường độ mưa dự báo 3 ngày tới	Cường độ mưa (mm/h) dự báo trong 3 ngày tới	10/9-12/9/2024	GFS
Vị trí sạt lở trong thực tế trong đợt mưa lũ 8-10/9/2024		8-10/9/2024	Thực địa

Dữ liệu độ cao mặt đất được thu thập từ dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) của tổ chức NASA, đây là dữ liệu có độ tin cậy cao và được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu trên thế giới. Các dữ liệu độ dốc địa hình, phương diện, độ cong mặt phẳng (bề mặt đất), độ cong theo phương dọc (bề mặt đất) được tính từ dữ liệu độ cao. Dữ liệu thảm phủ bề mặt được thu thập từ World Cover 10m, và dữ liệu NDVI được tính toán từ ảnh vệ tinh Sentinel 2, cả hai nguồn dữ liệu này đều được cung cấp bởi tổ chức vũ trụ châu Âu (ESA). Khoảng cách tới sông và khoảng cách tới đường được xây dựng dựa vào khoảng cách từ ô lưới bất kỳ đến mạng lưới sông, đường được thu thập trên địa bàn tỉnh Lào Cai. Dữ liệu độ ẩm đất được thu thập từ nguồn SPL4SMGP.007 SMAP L4 Global của NASA. Dữ liệu mưa được thu thập từ nguồn CHIRPS Daily, được hiệu chỉnh với số liệu mưa thực đo. Lượng mưa 1 ngày, lũy tích 7 ngày và 15 ngày cho từng ô lưới được tính từ dữ liệu mưa CHIRPS này.

Độ dốc là yếu tố địa hình quan trọng nhất ảnh hưởng đến sự ổn định mái dốc. Khi độ dốc càng lớn, thành phần lực trượt song song mặt dốc tăng, trong khi lực chống trượt giảm, làm nguy cơ sạt lở gia tăng. Phương diện ảnh hưởng đến sự phân bố mưa, bức xạ mặt trời và thảm thực vật, các sườn dốc hướng nắng nhiều có thể làm đất khô, giảm độ ổn định của kết cấu đất đá theo thời gian. Độ cong mặt phẳng phản ánh sự phân kỳ hoặc hội tụ của dòng chảy bề mặt, khi dòng chảy hội tụ, dễ tích tụ nước, bão hòa và làm giảm ổn định mái dốc. Độ cong theo phương dọc thể hiện sự thay đổi độ dốc dọc theo chiều dòng chảy, khi bề mặt lõm, tăng tốc dòng chảy, tập trung năng lượng xói mòn, dễ gây mất ổn định và kích hoạt sạt lở. Thảm phủ bề mặt (loại đất sử dụng, rừng, nông nghiệp, đất trống...) quyết định khả năng bảo vệ mái dốc và NDVI là chỉ số phản ánh độ che phủ xanh trên bề mặt đất. Khu vực gần sông, suối chịu tác động xói lở chân dốc và bão hòa nước do mực nước thay đổi, làm giảm ổn định sườn dốc, do đó, nguy cơ sạt lở thường cao ở những vị trí gần sông. Các hoạt động làm đường thường cắt xẻ taluy, thay đổi địa hình và kết cấu mái dốc, gây mất ổn định, vùng gần đường thường có nguy cơ sạt lở cao hơn so với vùng xa đường. Độ ẩm cao làm tăng áp lực lỗ rỗng, giảm lực ma sát và lực dính kết của đất → mái dốc dễ bị trượt. Các nghiên cứu cho thấy sạt lở thường xảy ra khi độ ẩm đạt tới ngưỡng bão hòa. Mưa là tác nhân kích hoạt chính của sạt lở ở vùng nhiệt đới gió mùa. Cơ chế ảnh hưởng của mưa đến sự ổn định mái dốc chủ yếu thông qua hai quá trình: (i) Thẩm nước vào đất làm tăng áp lực lỗ rỗng, từ đó giảm lực ma sát và lực dính kết của hạt đất đá; (ii) tích tụ nước trên

bề mặt và trong tầng phong hóa gây bão hòa, gia tăng trọng lượng khối trượt và giảm khả năng chống cắt của vật liệu. Mưa cường độ lớn trong thời gian ngắn thường kích hoạt các vụ sạt lở quy mô nhỏ nhưng diễn ra nhanh, trong khi mưa kéo dài nhiều ngày có thể gây bão hòa diện rộng, dẫn tới những sự kiện sạt lở nghiêm trọng hơn.

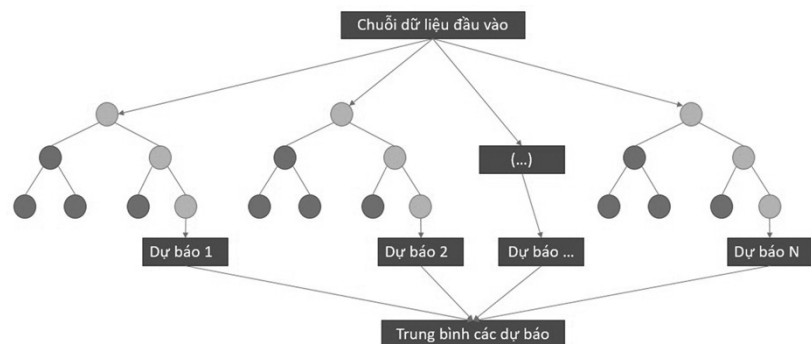
2.3. Phương pháp nghiên cứu

a. Tổng quan về mô hình Random Forest

Một trong những yêu cầu cảnh báo sạt lở đòi hỏi thời gian dự báo nhanh để có thời gian chuẩn bị ứng phó với sạt lở dài hơn. So với phương pháp mô hình số trị, phương pháp sử dụng mô hình học máy cho kết quả dự báo tức thì và do đó tăng thời gian dự báo. Trong nghiên cứu này, thuật toán Random Forest được sử dụng. Đây là một thuật toán học máy thuộc nhóm mô hình cây quyết định (decision tree), hoạt động bằng cách tạo ra một tập hợp các cây quyết định (decision trees) độc lập, và kết quả dự báo được lấy là trung bình của các cây quyết định. Sơ đồ các bước triển khai thuật toán này được trình bày ở Hình 2. RF cho thấy hiệu quả hơn so với các phương pháp phân loại thường được sử dụng vì có khả năng tìm ra thuộc tính nào quan trọng hơn so với những thuộc tính khác. RF là một phương pháp thống kê mô hình hóa bằng máy (machine learning statistic) dùng để phục vụ các mục đích phân loại, tính hồi quy và các nhiệm vụ khác bằng cách xây dựng nhiều cây quyết định (Decision tree). Cây quyết định bao gồm ba thành phần: Nút quyết định, nút lá và nút gốc. Thuật toán cây quyết định chia tập dữ liệu huấn luyện thành các nhánh, các nhánh này sẽ tách biệt thành các nhánh nhỏ hơn. Trình tự này tiếp tục cho đến khi đạt được một nút lá. Nút lá không thể được phân tách thêm. Các nút trong cây quyết định đại diện cho các thuộc tính được sử dụng để dự đoán kết quả. Các nút quyết định cung cấp một liên kết đến các lá.

RF thiết lập kết quả dựa trên các dự đoán của cây quyết định, dự đoán bằng cách lấy giá trị trung bình của kết quả từ các cây khác nhau. Tăng số lượng cây làm tăng độ chính xác kết quả của phương pháp RF. Quá trình huấn luyện của RF cho các cây ra quyết định diễn ra trong máy phân loại RF. Mọi cây ra quyết định đều bao gồm các nút quyết định, nút nhánh và nút gốc. Nút nhánh của mỗi cây là đầu ra cuối cùng do cây ra quyết định cụ thể tạo ra. Việc lựa chọn đầu ra cuối cùng tuân theo đa số. Phương pháp hoạt động của RF theo 4 bước sau:

- (1) Chọn các mẫu ngẫu nhiên từ tập dữ liệu đã cho;
- (2) Thiết lập cây quyết định cho từng đối tượng và nhận kết quả dự đoán từ mỗi quyết định cây;
- (3) Xác lập kết quả dự đoán;



Hình 2. Sơ đồ áp dụng thuật toán Random Forest cảnh báo sạt lở

(4) Chọn kết quả cuối cùng là kết quả trung bình của các cây quyết định (Hình 2).

Random Forest có nhiều ưu điểm:

- Khả năng xử lý dữ liệu không đồng nhất: Nó có thể xử lý tốt các dữ liệu có cấu trúc khác nhau, bao gồm dữ liệu phân loại và hồi quy.
- Khả năng giảm thiểu overfitting: Random Forest thông qua việc xây dựng nhiều cây quyết định và trung bình hóa kết quả giúp giảm bớt hiện tượng overfitting mà một cây quyết định đơn lẻ có thể gặp phải.
- Khả năng đánh giá các yếu tố quan trọng: Random Forest có thể giúp đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố đầu vào trong việc dự báo nguy cơ sạt lở.

b. Đầu vào cho mô hình Random Forest

Mô hình Random Forest cần một tập hợp các yếu tố đầu vào (features) để xây dựng các cây quyết định. Với bài toán cảnh báo sạt lở, đầu vào của mô hình RF là các yếu tố gây sạt lở. Các yếu tố này có thể bao gồm:

- Độ ẩm đất: Sử dụng thông tin độ ẩm đất ở các thời điểm khác nhau (theo ngày, tuần hoặc tháng).
- Lượng mưa: Lượng mưa trong khu vực nghiên cứu có thể được thu thập từ các dữ liệu quan trắc hoặc các mô hình khí hậu. Lượng mưa bao gồm cả lượng mưa lũy tích từ các ngày trước đó và cường độ mưa dự báo tại thời điểm dự báo sạt lở.
- Địa hình: Các dữ liệu địa hình bao gồm (Độ cao, độ dốc địa hình, phương diện, độ cong mặt phẳng (bề mặt đất), độ cong theo phương dọc (bề mặt đất)). Các dữ liệu này được tính toán từ dữ liệu DEM.
- Loại đất và thành phần đất: Các thông số này có thể được lấy từ cơ sở dữ liệu đất đai (ví dụ: FAO, USDA).
- Lớp phủ thực vật: Thông tin về lớp phủ thực vật có thể giúp xác định mức độ bảo vệ của cây cối đối với sườn đất.
- Khoảng cách đến sông: Khoảng cách từ ô lưới đang xem xét đến sông.
- Khoảng cách đến đường giao thông: Khoảng cách từ ô lưới xem xét đến đường giao thông.

c. Xây dựng và huấn luyện mô hình Random Forest

Sau khi chuẩn bị dữ liệu đầu vào, mô hình Random Forest sẽ được huấn luyện với các dữ liệu đầu vào này. Quá trình huấn luyện bao gồm:

- Chia dữ liệu thành tập huấn luyện và tập kiểm tra (train-test split).
- Huấn luyện mô hình trên tập huấn luyện với các yếu tố đầu vào.
- Điều chỉnh các tham số của mô hình Random Forest (số lượng cây, độ sâu của cây, tỷ lệ phân chia...) để đạt được kết quả tốt nhất.

d. Đánh giá mô hình

Sau khi huấn luyện, mô hình cần được đánh giá bằng cách sử dụng tập kiểm tra để xem độ chính xác của dự báo. Các chỉ số đánh giá có thể bao gồm:

- Accuracy: Đo lường độ chính xác của mô hình trong việc phân loại khu vực có nguy cơ sạt lở.
- Precision, Recall và F1-score: Những chỉ số này giúp đánh giá khả năng của mô hình trong việc dự báo đúng các khu vực có nguy cơ sạt lở (chính xác) mà không bỏ sót.

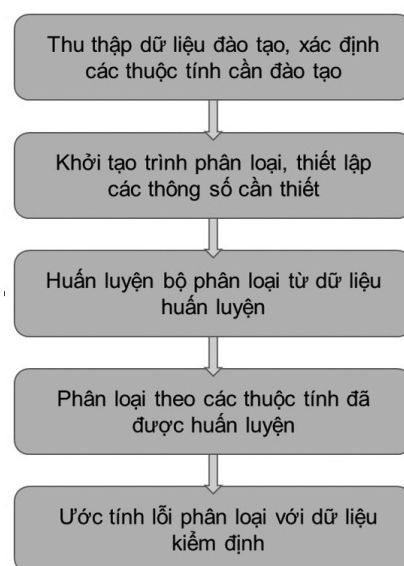
- ROC-AUC: Đo lường khả năng phân biệt giữa các khu vực có và không có nguy cơ sạt lở.

Do các dữ liệu để triển khai mô hình học máy là các dữ liệu bản đồ (dạng ô lưới). Do đó, để thuận tiện cho việc xử lý dữ liệu, nghiên cứu triển khai huấn luyện mô hình học máy cảnh báo sạt lở đất trên nền tảng Google Earth Engine sử dụng ngôn ngữ lập trình Python để tận dụng khả năng phân tích không gian nhanh chóng và CSDL địa lý có sẵn trên Google (Hình 3).

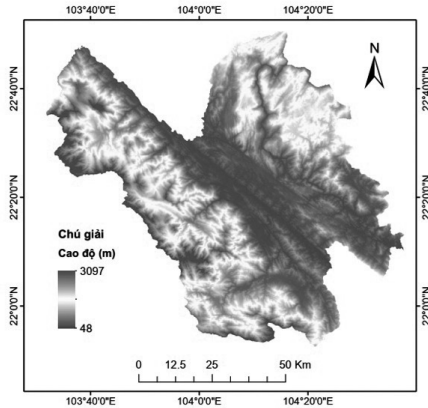
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1) Thiết lập dữ liệu đào tạo, xác định các thuộc tính cần đào tạo

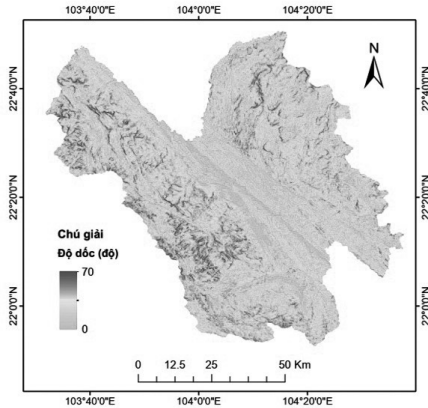
Hình 4 và Hình 5 tương ứng minh họa dữ liệu tĩnh vào dữ liệu động được sử dụng trong nghiên cứu này. Các dữ liệu này được truy xuất, tính toán và xử lý hoàn toàn trên GEE.



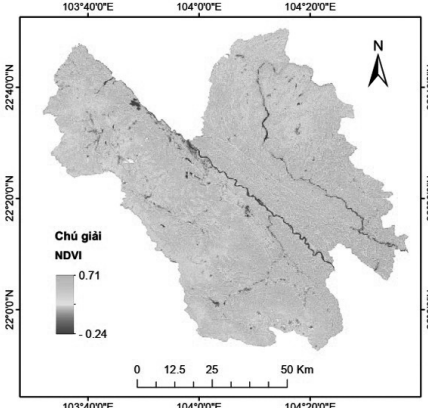
Hình 3. Sơ đồ xây dựng mô hình học máy cảnh báo sạt lở



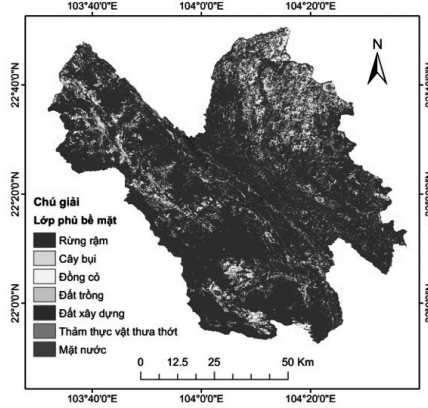
DEM



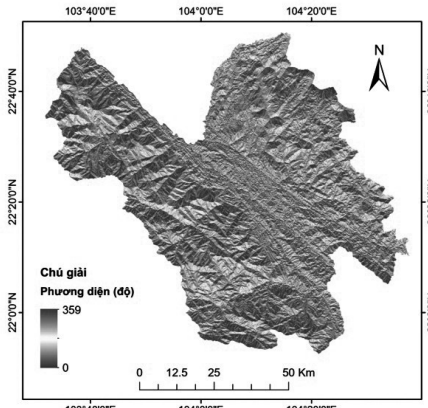
Độ dốc



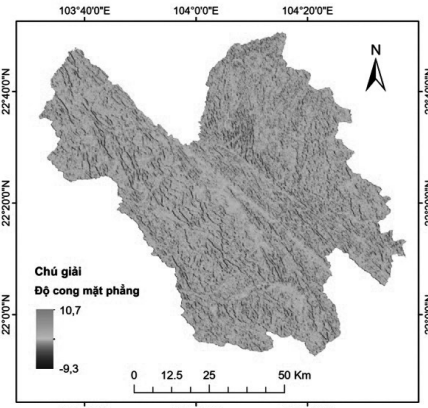
NDVI



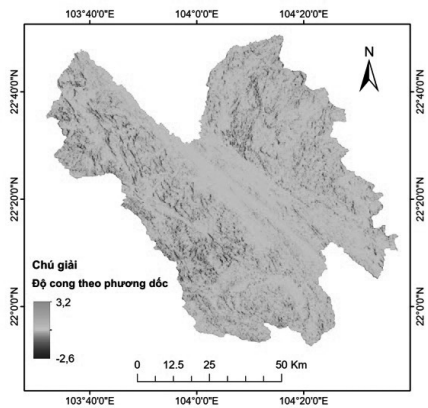
Thảm phủ



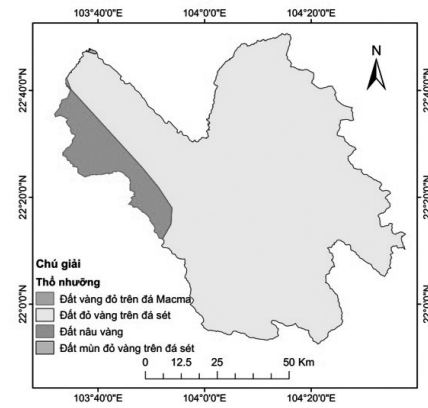
Phương diện



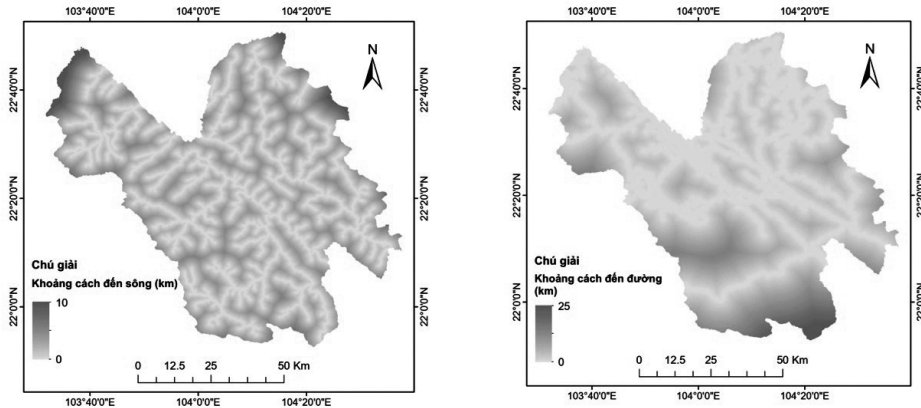
Độ cong mặt phẳng



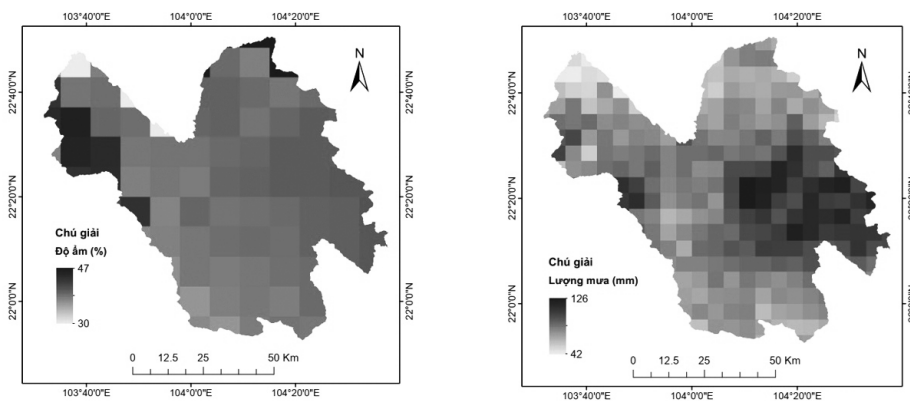
Độ cong theo phương dốc



Thổ nhưỡng



Khoảng cách đến sông *Khoảng cách đến đường*
Hình 4. Một số dữ liệu đầu vào tinh của mô hình học máy cảnh báo sạt lở



Độ ẩm đất SMAP *Dữ liệu mưa vệ tinh CHIRPS*

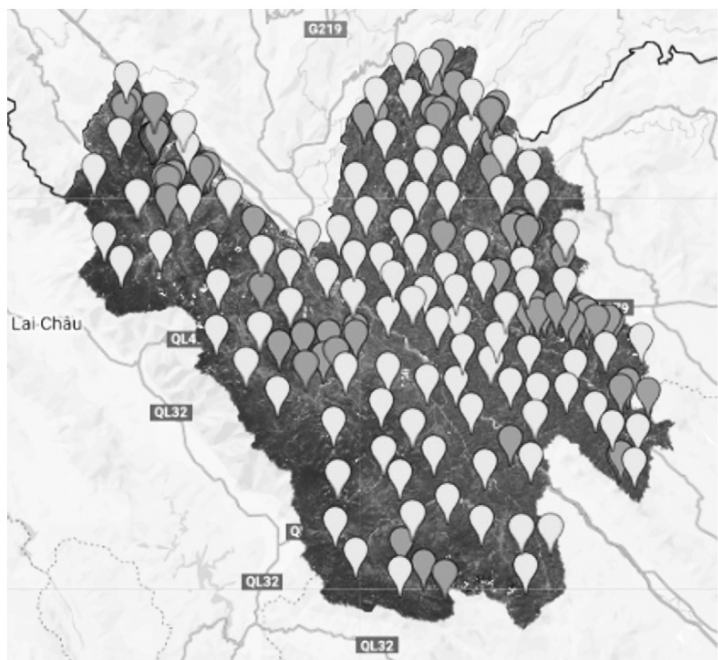
Hình 5. Minh họa dữ liệu đầu vào động của mô hình học máy (độ ẩm đất SMAP và dữ liệu mưa vệ tinh CHIRPS)

Nhiệm vụ của mô hình học máy là xác định xem với các dữ liệu đầu vào như trên, 1 vị trí (ô lưới) có khả năng bị sạt lở hay không. Để làm được điều này mô hình học máy cần phải được huấn luyện và kiểm tra sử dụng mẫu số liệu trong quá khứ. Ở nghiên cứu này các vị trí (ô lưới) sạt lở và không sạt lở đất (tổng cộng 180 vị trí) được trên địa bàn tỉnh Lào Cai (Hình 6). Tại mỗi vị trí, các yếu tố đầu ở Bảng 1 vào sẽ được trích xuất từ các bản đồ tương ứng (Hình 6).

2) Khởi tạo trình phân loại, thiết lập các thông số cần thiết

Ở bước này, thuật toán Random Forest được khởi tạo trong GEE để xây dựng mô hình phân loại:

- Khởi tạo bộ phân loại Random Forest: Trong GEE, có thể sử dụng phương thức ee.Classifier.smileRandomForest để khởi tạo bộ phân loại. Random Forest là một thuật toán học máy mạnh mẽ dựa trên việc tạo ra nhiều cây quyết định và sử dụng phương pháp bỏ phiếu để phân loại.



Hình 6. Bản đồ 180 vị trí mẫu phục vụ huấn luyện và kiểm tra mô hình học máy

- Thiết lập các thông số: Các thông số cần thiết cho thuật toán Random Forest bao gồm:

+ Số lượng cây quyết định (number of trees): Đây là số lượng cây quyết định trong Random Forest. Thông thường, một giá trị từ 100 đến 500 cây sẽ giúp đạt được hiệu quả tốt.

+ Số lượng thuộc tính đầu vào (number of features per tree): Số lượng thuộc tính được sử dụng tại mỗi nút phân tách trong mỗi cây quyết định.

+ Số lượng điểm mẫu (sample size): Lựa chọn số lượng mẫu từ mỗi lớp dữ liệu trong quá trình huấn luyện.

3) Huấn luyện bộ phân loại từ dữ liệu huấn luyện

Trong bước này, bộ phân loại Random Forest sẽ được huấn luyện từ dữ liệu đào tạo đã thu thập:

- Xác định lớp và nhãn dữ liệu: Các điểm sạt lở và không sạt lở sẽ được phân loại vào các lớp khác nhau. Mỗi điểm trong bộ dữ liệu đào tạo sẽ có nhãn tương ứng (ví dụ: 1 cho sạt lở và 0 cho không sạt lở).

- Áp dụng thuật toán học máy: Sử dụng phương thức classifier.train() để huấn luyện bộ phân loại với dữ liệu đào tạo. Thuật toán Random Forest sẽ học cách phân loại các điểm sạt lở dựa trên các thuộc tính (như độ cao, độ dốc, NDVI, ...).

- Tạo mô hình phân loại: Sau khi huấn luyện, mô hình Random Forest sẽ được tạo ra, có khả năng phân loại các điểm sạt lở mới từ các thuộc tính môi trường.

4) Phân loại theo các thuộc tính đã được huấn luyện

Khi mô hình đã được huấn luyện, mô hình này có thể được sử dụng để phân loại các khu vực sạt lở trên bản đồ:

- Áp dụng phân loại: Sử dụng phương thức classifier.classify để phân loại các vùng chưa biết (vùng cần phân tích sạt lở). Dữ liệu đầu vào sẽ là các thuộc tính môi trường như độ cao, độ dốc, độ che phủ thực vật..., và mô hình đã huấn luyện sẽ phân loại khu vực đó là sạt lở hay không sạt lở.

- Kết quả phân loại: Sau khi phân loại xong, bản đồ phân loại sẽ được tạo ra, trong đó các khu vực sạt lở sẽ được xác định rõ ràng.

5) Ước tính lỗi phân loại với dữ liệu kiểm định

Để đánh giá hiệu quả của mô hình phân loại, cần thực hiện bước kiểm định:

- Tạo dữ liệu kiểm định: Dữ liệu kiểm định là một bộ dữ liệu độc lập không tham gia vào quá trình huấn luyện. Bộ dữ liệu này thường được chia từ bộ dữ liệu gốc gồm 70% dữ liệu huấn luyện và 30% dữ liệu kiểm định.

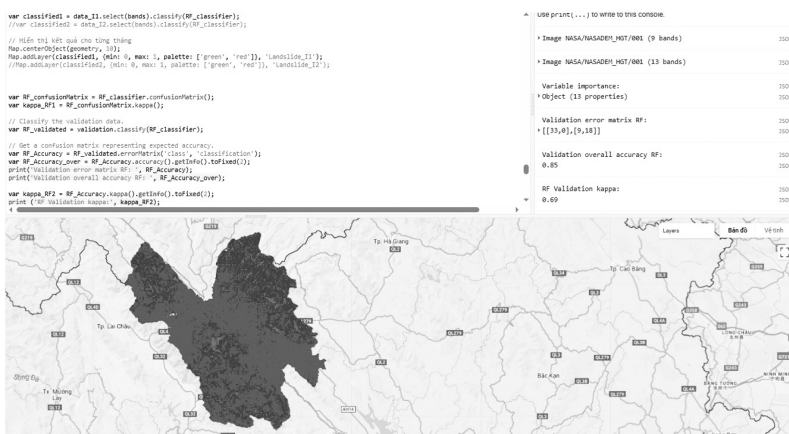
- Ước tính độ chính xác sử dụng các phương thức như confusionMatrix và các chỉ số như độ chính xác (accuracy) để đánh giá hiệu quả của mô hình.

- Phân tích kết quả: Dựa trên ma trận nhầm lẫn và các chỉ số đánh giá, có thể điều chỉnh các tham số của mô hình hoặc cải thiện dữ liệu đầu vào để tăng cường độ chính xác và khả năng phân loại.

Quá trình tính toán cho thấy mô hình học máy có khả năng phân loại tốt với độ chính xác tổng thể đạt 85% và hệ số Kappa là 0,69 (hệ số Kappa trong khoảng từ 0,61 đến 0,8 thì mô hình được đánh giá là tốt). Các kết quả đánh giá theo ROC và SRC-PRC đều đạt kết quả tốt. Tuy nhiên, cần lưu ý là độ chính xác trên được xây dựng dựa trên các yếu tố đầu vào động (độ ẩm đất và lượng mưa) là các yếu tố quan trọng từ viễn thám. Các sai số do mưa dự báo trong vận hành thực tế chưa được tính đến.

Hình 7 thể hiện bản đồ cảnh báo sạt lở cho tỉnh Lào Cai trong đợt mưa lũ ngày 8-10/9/2024. Kết quả tính toán sạt lở đất cho thấy các vị trí có khả năng sạt lở tập trung chủ yếu ở các huyện Bát Xát, Sa Pa, Văn Bàn, Mường Khương, Si Ma Cai, Bắc Hà. Đây là những khu vực có địa hình đồi núi với độ dốc lớn. Các huyện, thành phố khác gồm thành phố Lào Cai, Bảo Thắng, Bảo Yên có ít vị trí có khả năng sạt lở hơn (Bảng 2, Hình 8).

Trong khi các nghiên cứu xây dựng bản đồ cảnh báo, dự báo sạt lở đất đã được thực hiện trước đây chủ yếu xây dựng cảnh báo theo phạm vi khu vực hành chính (thường là cấp xã) thì nghiên cứu trong bài báo cung cấp phương pháp mới mang tính linh động hơn. Nghiên cứu được thực hiện cung cấp thông tin cảnh báo sạt lở với phạm vi nhỏ hơn, thuộc một khu vực trong xã, hoặc vùng liên xã. Tuy vậy, phạm vi cảnh báo có độ chi tiết chưa cao do độ



Hình 7. Giao diện nền tảng GEE thực hiện tính toán, xây dựng bản đồ cảnh báo sạt lở đất



phân giải của dữ liệu đầu vào không cao. Trong tương lai, khi các nghiên cứu tiếp theo có thể tiếp cận với các nguồn dữ liệu thương mại – nguồn dữ liệu có độ phân giải cao thì kết quả phạm vi cảnh báo sẽ được chi tiết hơn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi và hiệu quả của việc ứng dụng mô hình học máy Random Forest trong xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở đất tại tỉnh Lào Cai. Với nguồn dữ liệu mở từ viễn thám và các đặc trưng địa hình – khí tượng (như độ dốc, lượng mưa, độ ẩm đất, thảm phủ, thổ nhưỡng, khoảng cách tới sông và đường giao thông), mô hình đã đạt được độ chính xác tổng thể 85% và hệ số Kappa 0,69, các kết quả theo phương pháp ROC và PRC đạt độ tin cậy cao, phản ánh khả năng phân loại tốt.

Kết quả thử nghiệm cho thấy, các khu vực có nguy cơ sạt lở cao tập trung ở những huyện có địa hình dốc và bị chia cắt mạnh như Bát Xát, Sa Pa, Văn Bàn, Mường Khương, Si Ma Cai và Bắc Hà. Điều này phù hợp với thực tế quan sát, khẳng định tính tin cậy của mô hình trong công tác cảnh báo. Nghiên cứu góp phần mở ra hướng tiếp cận mới trong việc ứng dụng học máy kết hợp dữ liệu mở cho cảnh báo sớm sạt lở đất, đặc biệt hữu ích đối với các khu vực miền núi còn hạn chế về dữ liệu quan trắc truyền thống. Trong tương lai, việc tích hợp thêm các nguồn dữ liệu thời gian thực và hiệu chỉnh sai số mưa dự báo có thể giúp nâng cao hơn nữa độ chính xác và khả năng ứng dụng của hệ thống cảnh báo. Ngoài ra, khi các nghiên cứu tiếp theo có thể tiếp cận với các nguồn dữ liệu thương mại – nguồn dữ liệu có độ phân giải cao thì kết quả phạm vi cảnh báo sẽ được chi tiết hơn.

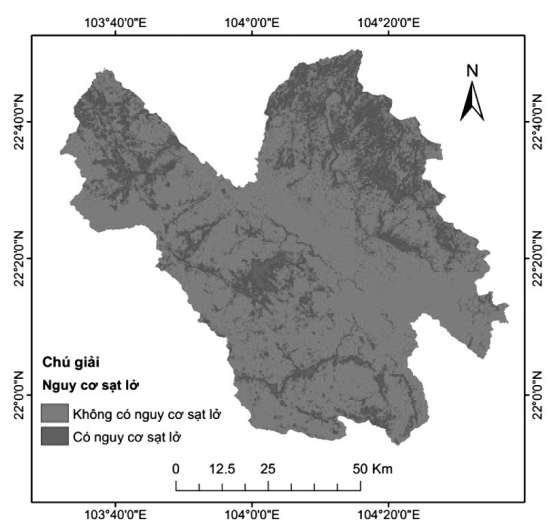
Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng và phương pháp nghiên cứu: Trần Anh Phương, Trần Văn Tú, Trần Mạnh Cường, Nguyễn Anh Đức, Trần Bảo Chung; Xử lý số liệu: Trần Văn Tú, Trần Mạnh Cường, Trần Bảo Chung; Tính toán: Trần Bảo Chung; Phân tích kết quả và viết bản thảo bài báo: Trần Anh Phương, Trần Văn Tú, Trần Mạnh Cường; Chỉnh sửa bài báo: Trần Văn Tú, Trần Mạnh Cường; Kiểm soát, định hướng nghiên cứu: Trần Anh Phương, Nguyễn Anh Đức.

Lời cảm ơn: Bài báo dựa trên kết quả Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu công nghệ tích hợp số liệu độ ẩm đất viễn thám SMAP, mô hình mô phỏng dòng chảy và biến động sườn dốc phục vụ xây dựng hệ thống cảnh báo sạt lở đất và lũ bùn đá” do Viện Khoa học tài nguyên nước chủ trì thực hiện.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả

Bảng 2. Bảng kết quả đánh giá độ chính xác của kết quả huấn luyện mô hình Random Forest

	Không sạt lở	Sạt lở	Tổng
Không sạt lở	33	0	33
Sạt lở	9	18	27
Tổng	42	18	60
Độ chính xác tổng thể	85%		
Hệ số Kappa	0,69		
ROC	FPR = 0; TPR = 0,667		
PRC	Precision = 1.00, Recall = 0.667		



Hình 8. Bản đồ cảnh báo sạt lở tỉnh Lào Cai tính toán thử nghiệm cho đợt mưa lũ tháng 9/2024

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alcántara-Ayala, I. (2025). Landslides in a changing world. *Landslides*, 1-15.
- Đạt, V. C., Đạm, N. Đ., & Bình, P. T. Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất tại huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên sử dụng các kỹ thuật phân loại K-Nearest-Neighbor và Gradient Boosting.
- Tuấn, H. N., & Tuyết, V. T. (2021). Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất cho khu vực miền núi tỉnh Quảng Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi*.
- Van Tran, A., Nguyen, B. A., Dinh, T., Nguyen, Y. H. T., & Le, N. T. (2020). Landslides detection in Bat Xat district, Lao Cai province, Vietnam using the Alos PalsAR time-series imagery by the SBAS method. *Journal of Mining and Earth Sciences Vol*, 61(4), 1-10.
- Arnone, E., Noto, L. V., Lepore, C., & Bras, R. L. (2011). Physically-based and distributed approach to analyze rainfall-triggered landslides at watershed scale. *Geomorphology*, 133(3-4), 121-131.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., ... & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a

- new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, 2(1), 1-21.
7. García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., Salas, J., & Danson, F. M. (2011). Multispectral and LiDAR data fusion for fuel type mapping using Support Vector Machine and decision rules. *Remote Sensing of Environment*, 115(6), 1369-1379.
 8. Segoni, S., Lagomarsino, D., Fanti, R., Moretti, S., & Casagli, N. (2015). Integration of rainfall thresholds and susceptibility maps in the Emilia Romagna (Italy) regional-scale landslide warning system. *Landslides*, 12, 773-785.
 9. Yaser Peiro 1,2, Evelina Volpe 1, Luca Ciabatta 2 and Elisabetta Cattoni 1,* (2024). High Resolution Precipitation and Soil Moisture Data Integration for Landslide Susceptibility Mapping.
 10. Pack, R. T., Tarboton, D. G., & Goodwin, C. N. (1998). SINMAP, a stability index approach to terrain stability hazard mapping. *SINMAP user's manual*, Terratech Consulting Ltd.
 11. Baum, R.L., Savage, W.Z., & Godt, J.W. (2002). TRIGRS—A Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis. *USGS Open-File Report 02-424*.
 12. Baum, R. L., Savage, W. Z., & Godt, J. W. (2008). TRIGRS: a Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis, version 2.0 (p. 75). Reston, VA, USA: US Geological Survey.
 13. Dikshit, A., Satyam, N., & Pradhan, B. (2019). Estimation of rainfall-induced landslides using the TRIGRS model. *Earth Systems and Environment*, 3, 575-584.
 14. Bordoni, M., Meisina, C., Valentino, R., Bittelli, M., & Chersich, S. (2015). Site-specific to local-scale shallow landslides triggering zones assessment using TRIGRS. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(5), 1025-1050.
 15. Fang, L. (2025). Prediction of Rainfall-Induced Landslide-Mudslide Hazard Chain Using Coupled TRIGRS and RAMMS Models. *International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD)*, 16(1), 1-23.
 16. Đức, Đ. N., Thanh, T. N., Văn, P. T., & Thái, B. P. (2022). Phát triển mô hình học máy cây quyết định và cây quyết định xen kẽ thành lập bản đồ dự báo không gian sạt lở đất tại huyện Mường Nhé, tỉnh Điện Biên, Việt Nam. *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông*, 36-56.
 17. Bảo, H. Đ., Anh, N. C. T., & Ngọc, Q. N. T. (2023). Phân vùng và dự báo nguy cơ sạt lở đất trên địa bàn huyện Krông Bông, tỉnh Đắk Lắk trong điều kiện biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Tây Nguyên*, 17(59).
 18. Ngọc, T. T. H., Long, Đ. V., & Công, N. C. (2022). Dự báo nguy cơ trượt lở đất cho huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế sử dụng mô hình Logistic regression. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng*, 5-10.
 19. Gessler, P.E., Chadwick, O. A., Chamran, F., Althouse, L., & Holmes, K. (2000). Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2046-2056.
 20. Heimsath, A. M., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K., & Finkel, R. C. (1997). The soil production function and landscape equilibrium. *Nature*, 388(6640), 358-361.
 21. Tran, T. V., Alvioli, M., Lee, G., & An, H. U. (2018). Three-dimensional, time-dependent modeling of rainfall-induced landslides over a digital landscape: a case study. *Landslides*, 15, 1071-1084.
 22. Schilirò, L., Cepeda, J., Devoli, G., & Piciullo, L. (2021). Regional analyses of rainfall-induced landslide initiation in Upper Gudbrandsdalen (South-Eastern Norway) using TRIGRS model. *Geosciences*, 11(1), 35.
 23. Song, K., Han, L., Ruan, D., Li, H., & Ma, B. (2023). Stability prediction of rainfall-induced shallow landslides: A case study of mountainous area in China. *Water*, 15(16), 2938.
 24. Iverson, R.M. (2000). Landslide triggering by rain infiltration. *Water Resources Research*, 36(7), 1897-1910.
 25. Tesfa, T. K., Tarboton, D. G., Chandler, D. G., & McNamara, J. P. (2009). Modeling soil depth from topographic and land cover attributes. *Water Resources Research*, 45(10).
 26. Rawls, W. J., & Brakensiek, D. L. (1982). Estimating soil water retention and hydraulic properties. *Advances in Soil Science*, 1, 213-234.
 27. Zhao, Y., Peth, S., Krümmelbein, J., Horn, R., Wang, Z., Steffens, M., ... & Peng, X. (2006). Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. *Ecological Modelling*, 198(1-2), 178-189.
 28. Wegman, K. (2008). Mechanics of materials and soils in mountainous terrain. *Journal of Geotechnical Studies*, 12(3), 145-158.
 29. Cosby, B. J., Hornberger, G. M., Clapp, R. B., & Ginn, T. R. (1984). A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soils. *Water Resources Research*, 20(6), 682-690.
 30. Clapp, R. B., & Hornberger, G. M. (1978). Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water Resources Research*, 14(4), 601-604.
 31. Das, B. M. (2013). *Principles of Geotechnical Engineering*. 8th Edition, Cengage Learning.
 32. Coduto, D.P., Yeung, M.C.R., & Kitch, W.A. (2010). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*, 2nd Edition, Pearson Education.
 33. Vernimmen, R. R. E., Hooijer, A., Aldrian, E., & Van Dijk, A. I. J. M. (2012). Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1), 133-146.
 34. Lafon, T., Dadson, S., Buys, G., & Prudhomme, C. (2013). Bias correction of daily precipitation simulated by a regional climate model: a comparison of methods. *International journal of climatology*, 33(6), 1367-1381.



TIẾP CẬN TÍNH GDP XANH LOẠI 2 CHO VIỆT NAM DỰA TRÊN HỆ THỐNG HẠCH TOÁN HỆ SINH THÁI (SEEA EA) THÔNG QUA TÍCH HỢP VIỄN THÁM VÀ HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ (GIS)

TRẦN ĐĂNG HÙNG^{1*}, NGUYỄN THANH BÀNG¹, ĐỖ VĂN BÌNH²,
PHẠM HỒNG TÍNH³, LÊ PHƯƠNG HÀ¹, NGUYỄN THỊ HUYỀN TRANG¹, PHẠM QUANG HIỆP¹,
NGUYỄN NGỌC KIM PHƯƠNG¹

¹ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

² Khoa Môi trường, Trường Đại học Mở Địa chất

³ Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

GDP xanh loại 2 là chỉ số kinh tế mở rộng, tích hợp giá trị kinh tế của các dịch vụ hệ sinh thái (như cung cấp, điều tiết, văn hóa và hỗ trợ) vào GDP truyền thống, nhằm phản ánh đầy đủ đóng góp của tự nhiên và tổn thất môi trường. Trong bối cảnh phát triển bền vững và chuyển đổi sang nền kinh tế xanh, nghiên cứu này đề xuất khung phương pháp tính GDP xanh loại 2 cho Việt Nam dựa trên Hệ thống hạch toán kinh tế - môi trường (SEEA EA), kết hợp công nghệ viễn thám và GIS để lượng hóa các tài khoản phạm vi, điều kiện, dịch vụ và tài sản hệ sinh thái. Phương pháp đánh giá giá trị kinh tế của các hệ sinh thái chính (rừng, đồng cỏ, đất ngập nước, nông nghiệp, đô thị, biển) và tích hợp vào GDP, cung cấp cơ sở khoa học cho thống kê xanh. Để ứng dụng hiệu quả, nghiên cứu đề xuất: (i) hoàn thiện khung pháp lý cung cấp hướng dẫn chi tiết về định lượng dịch vụ hệ sinh thái, tích hợp vào hệ thống tài khoản quốc dân dựa trên khung SEEA EA; (ii) thiết lập nhóm công tác liên ngành nhằm xây dựng lộ trình triển khai; (iii) huy động tài chính xanh thông qua các cơ chế như tín chỉ các-bon và quỹ đầu tư xanh, dựa trên Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 10/1/2022 quy định về các danh mục dự án được cấp tín dụng xanh và phát hành trái phiếu xanh sẽ tạo nguồn lực để định giá dịch vụ hệ sinh thái.

Từ khóa: GDP xanh loại 2, hệ sinh thái, viễn thám, hạch toán môi trường; phát triển bền vững.

Ngày nhận bài: 25/7/2025; Ngày sửa chữa: 15/8/2025; Ngày duyệt đăng: 28/9/2025.

Approach to calculating green GDP type 2 for vietnam based on the system of environmental-economic accounting - ecosystem accounting (SEEA EA) through integration of remote sensing and geographic information system (GIS)

Abstract

The Green GDP type 2 is an extended economic indicator that integrates the economic value of ecosystem services (e.g., provisioning, regulating, cultural, and supporting services) into traditional GDP, aiming to fully reflect nature's contributions and environmental losses. In the context of sustainable development and transitioning to a green economy, this study proposes a methodological framework for calculating Green GDP type 2 in Vietnam, based on the system of environmental-economic accounting (SEEA EA). It combines remote sensing and GIS technologies to quantify ecosystem extent, condition, services, and assets across key ecosystems (forests, grasslands, wetlands, agriculture, urban areas, and marine environments), integrating these into GDP for green accounting. To ensure effective application, the study recommends: (i) refining the legal framework to provide detailed guidelines for quantifying ecosystem services and integrating them into national accounts using SEEA EA; (ii) establishing an interdisciplinary task force to develop an implementation roadmap; and (iii) mobilizing green finance through mechanisms like carbon credits and green investment funds, in accordance with Decree No. 08/2022/NĐ-CP dated January 10, 2022, which regulates the categories of projects eligible for green credit and green bond issuance, thereby creating financial resources for ecosystem service valuation.

Keywords: Type 2 Green GDP; ecosystem services; environmental-economic accounting; remote sensing; GIS; sustainable development.

JEL Classifications: O44, Q56, Q57.

1. GIỚI THIỆU

Tổng sản phẩm quốc nội (GDP) là một chỉ tiêu kinh tế cơ bản, được sử dụng rộng rãi trên toàn cầu để đo lường quy mô và tốc độ tăng trưởng kinh tế của một quốc gia hoặc địa phương. Tuy nhiên, GDP truyền thống chỉ phản ánh giá trị thị trường của hàng hóa và dịch vụ được sản xuất, mà không tính đến các tổn thất về tài nguyên thiên nhiên, suy thoái môi trường hoặc giá trị đóng góp của các dịch vụ hệ sinh thái. Điều này dẫn đến sự thiếu hụt thông tin quan trọng trong quá trình ra quyết định chính sách, đặc biệt trong bối cảnh yêu cầu phát triển bền vững và tăng trưởng xanh ngày càng được đề cao ở cấp độ quốc gia và quốc tế.

Từ những hạn chế đó, nhiều quốc gia và tổ chức quốc tế đã quan tâm đến việc xây dựng các hệ thống hạch toán kinh tế – môi trường nhằm tích hợp các yếu tố tự nhiên vào hệ thống chỉ tiêu kinh tế. Trong bối cảnh đó, khái niệm “GDP xanh” đã được đưa ra như một cách tiếp cận mới nhằm phản ánh chính xác hơn mối quan hệ giữa kinh tế và môi trường. Một số nghiên cứu trong và ngoài nước gọi phương pháp điều chỉnh GDP truyền thống bằng cách trừ đi chi phí tổn thất môi trường là GDP xanh loại 1 (Vũ Xuân Nguyệt Hồng, 2012; Định Thị Thúy Phương, 2013) – đây là cách gọi mang tính học thuật để phân biệt với phương pháp tiếp cận mở rộng hơn, được gọi trong nghiên cứu này là GDP xanh loại 2.

GDP xanh loại 2 được hiểu là một chỉ số kinh tế mở rộng, bao gồm cả giá trị cuối cùng của các dịch vụ hệ sinh thái – tức là phần giá trị mà tự nhiên đóng góp trực tiếp hoặc gián tiếp vào phúc lợi con người và hoạt động kinh tế. Cách tiếp cận này được xây dựng trên nền tảng khái niệm do các công trình nghiên cứu kinh điển đề xuất, tiêu biểu như Costanza 1997, 2000; Yue và Xu L, 2010, trong đó nhấn mạnh vai trò của các dịch vụ hệ sinh thái trong cấu trúc giá trị tổng thể của nền kinh tế. Những nghiên cứu này góp phần hình thành nhận thức nền tảng về việc cần mở rộng chỉ số GDP để phản ánh đầy đủ hơn mối quan hệ giữa kinh tế và tự nhiên. Trên cơ sở đó, hệ thống hạch toán hệ sinh thái (SEEA EA), được Liên hợp quốc chính thức ban hành năm 2021, đóng vai trò như một công cụ hạch toán thống kê chính thức, giúp hiện thực hóa các nguyên lý của GDP xanh loại 2 thông qua một cấu trúc tài khoản chuẩn hóa, bao gồm các chỉ số vật lý và tiền tệ về phạm vi, điều kiện, dịch vụ và tài sản hệ sinh thái. SEEA EA cho phép xây dựng các tài khoản thống kê phản ánh mối quan hệ giữa hệ sinh thái và các hoạt động kinh tế – xã hội, trong đó bao gồm các tài khoản về phạm vi hệ sinh thái, điều kiện hệ sinh thái, dòng dịch vụ và tài sản hệ sinh thái, tính theo cả đơn vị vật lý và tiền tệ (SEEA, 2021). Tuy nhiên, một trong những thách thức

lớn nhất trong việc triển khai SEEA EA là yêu cầu về dữ liệu – đặc biệt là các dữ liệu không gian và chuỗi thời gian để định lượng các chỉ tiêu môi trường – sinh thái. Trong bối cảnh đó, việc ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS được xem là hướng đi hiệu quả, giúp tự động hóa và khách quan hóa quá trình thu thập và xử lý dữ liệu phục vụ hạch toán.

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu ban đầu về GDP xanh đã được thực hiện, tuy nhiên, phần lớn vẫn dừng lại ở cách tiếp cận GDP xanh loại 1 (GDP truyền thống trừ đi các chi phí tổn thất về tài nguyên và môi trường). Tiêu biểu có thể kể đến các nghiên cứu của Vũ Xuân Nguyệt Hồng (2012), Định Thị Thúy Phương (2013) và Phạm Thành Công (2011). Cách tiếp cận này, dù có ý nghĩa nền tảng, nhưng hiện vẫn gặp nhiều khó khăn trong thực tiễn triển khai, đặc biệt ở khâu định lượng chi phí phục hồi môi trường, chi phí do ô nhiễm và các tổn thất phi thị trường khác. Cho đến nay, Việt Nam vẫn chưa thể chính thức đưa chỉ số “GDP xanh” vào hệ thống các chỉ tiêu kinh tế - xã hội quốc gia.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu hướng tới việc xây dựng một khung phương pháp tính GDP xanh loại 2 phù hợp với điều kiện Việt Nam, ứng dụng chuẩn SEEA EA kết hợp với dữ liệu viễn thám và GIS, nhằm góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho việc xây dựng hệ thống thống kê môi trường – kinh tế trong nước và hỗ trợ hoạch định chính sách phát triển bền vững trong dài hạn.

2. TỔNG QUAN VỀ GDP XANH LOẠI 2

Việc tích hợp các yếu tố môi trường và sinh thái vào chỉ tiêu GDP xuất phát từ những phát triển lý luận trong kinh tế học tài nguyên – môi trường và sinh thái học kinh tế từ cuối thế kỷ XX. Các nghiên cứu kinh điển như của Costanza (1997, 2000) đã nhấn mạnh vai trò to lớn của hệ sinh thái trong việc cung cấp các dịch vụ thiết yếu cho đời sống con người, từ đó đặt vấn đề phải định lượng được giá trị của các dịch vụ này và tích hợp vào hệ thống đo lường phát triển kinh tế. Khái niệm dịch vụ hệ sinh thái (ecosystem services) được phát triển như một cầu nối giữa tự nhiên và kinh tế, phân loại thành bốn nhóm chính: dịch vụ cung cấp (provisioning), điều tiết (regulating), hỗ trợ (supporting), và văn hóa (cultural) (MEA, 2005).

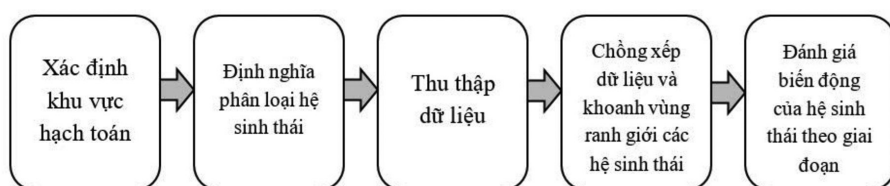
Trong bối cảnh đó, nhiều học giả đã đề xuất mở rộng chỉ tiêu GDP bằng cách ghi nhận giá trị mà hệ sinh thái mang lại cho nền kinh tế. Từ đó hình thành các tiếp cận như “Green GDP”, “Environmental Adjusted GDP”, hay các chỉ số tổng hợp như Index of Sustainable Economic Welfare (Daly và cs, 1994) hay Genuine Progress Indicator (Talberth, 2007). Tuy nhiên, các phương pháp này thường thiếu một cấu trúc hạch toán thống nhất và khó triển khai trong thực tiễn thống kê nhà nước.

Để khắc phục những hạn chế của hạch toán kinh tế truyền thống, Liên hợp quốc đã phát triển Hệ thống hạch toán kinh tế - môi trường (SEEA) như một bộ khung thống kê chính thức, song song với Hệ thống tài khoản quốc dân (SNA). Phiên bản mới nhất, SEEA Hệ sinh thái (SEEA EA), được công bố năm 2021, cung cấp một phương pháp luận toàn diện để hạch toán mối quan hệ giữa hệ sinh thái và nền kinh tế (SEEA, 2021). Khung SEEA EA bao gồm bốn nhóm tài khoản chính, cho phép đánh giá chi tiết các khía cạnh của hệ sinh thái. Tài khoản phạm vi hệ sinh thái (Ecosystem extent accounts) phản ánh diện tích, loại hình và phân bố không gian của các hệ sinh thái. Tài khoản điều kiện hệ sinh thái (Ecosystem condition accounts) đo lường chất lượng sinh thái thông qua các chỉ tiêu như chỉ số khác biệt thực vật bình thường hóa (NDVI), độ che phủ thực vật và chỉ số dinh dưỡng nước. Tài khoản dịch vụ hệ sinh thái (Ecosystem service accounts) ghi nhận các dòng dịch vụ cung - cầu giữa hệ sinh thái và con người, được biểu thị ở cả đơn vị vật lý và tiền tệ. Cuối cùng, tài khoản tài sản hệ sinh thái (Ecosystem asset accounts) đánh giá tổng giá trị tài sản tự nhiên dựa trên dòng dịch vụ hiện tại và kỳ vọng trong tương lai.

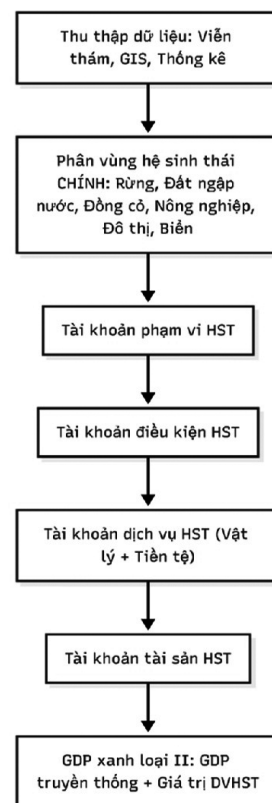
Một đặc điểm nổi bật của SEEA EA là khả năng tích hợp dữ liệu không gian thông qua viễn thám và GIS, từ đó tăng cường khả năng cập nhật, giám sát theo chuỗi thời gian, và giảm phụ thuộc vào điều tra thực địa. Đây là một lợi thế quan trọng đối với các nước đang phát triển như Việt Nam - nơi còn thiếu thống kê định kỳ về hệ sinh thái nhưng có sẵn dữ liệu viễn thám từ các nguồn vệ tinh như Landsat, Sentinel, MODIS...

Từ nền tảng lý thuyết nêu trên, nghiên cứu này đề xuất khung phân tích GDP xanh loại 2 dựa trên SEEA EA và tích hợp dữ liệu viễn thám - GIS nhằm lượng hóa giá trị cuối cùng của các dịch vụ hệ sinh thái (DVHST). Khung phân tích bao gồm các bước chính: (i) thu thập và tích hợp các nguồn dữ liệu viễn thám (như NDVI, LAI, NDMI, SST, chlorophyll-a, lớp phủ đất, biến động thảm thực vật...) với dữ liệu GIS (bản đồ hành chính, bản đồ sử dụng đất, ranh giới hệ sinh thái...) và dữ liệu thống kê kinh tế - xã hội; (ii) xác định phạm vi hệ sinh thái và phân vùng theo loại hình dựa trên dữ liệu viễn thám và GIS; (iii) đánh giá điều kiện hệ sinh thái thông qua các chỉ số chất lượng như độ che phủ thực vật, nhiệt độ mặt nước, mức độ ô nhiễm, năng suất sinh học; (iv) lượng hóa các dịch vụ hệ sinh thái điển hình theo phân loại của SEEA EA, bao gồm dịch vụ cung cấp (gỗ, lâm sản, thủy sản...), dịch vụ điều tiết (điều hòa nước, lọc khí, hấp thụ các-bon...), dịch vụ văn hóa (du lịch, giá trị cảnh quan...) và dịch vụ hỗ trợ (duy trì đa dạng sinh học, chu trình dinh dưỡng...); (v) chuyển đổi giá trị các dịch vụ từ đơn vị vật lý sang đơn vị tiền tệ thông qua hệ số định giá phù hợp; và cuối cùng (vi) tổng hợp vào hệ thống tài khoản SEEA EA theo từng loại hệ sinh thái và từng vùng lãnh thổ (Hình 1).

Kết quả của khung phân tích là bộ tài khoản hệ sinh thái đầy đủ (bao gồm tài khoản phạm vi, điều kiện, dịch vụ và tài sản), từ đó xác định được giá trị cuối cùng của DVHST và tích hợp vào chỉ tiêu GDP truyền thống



Hình 2. Các bước xác định tài khoản phạm vi HST



Hình 1. Khung phân tích, tính toán GDP xanh loại 2

để tính toán GDP xanh loại 2. Phương pháp này vừa đảm bảo tính khoa học, khách quan nhờ sử dụng dữ liệu định lượng từ viễn thám, vừa có tính khả thi trong ứng dụng vào hệ thống thống kê quốc gia, đặc biệt trong bối cảnh Việt Nam đang định hướng chuyển đổi sang nền kinh tế xanh và phát triển bền vững.

3. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP TÍNH GDP XANH LOẠI 2

3.1. Cách xác định tài khoản phạm vi HST

Tài khoản phạm vi hệ sinh thái là tài khoản đầu tiên. Tài khoản này ghi lại tổng diện tích của từng hệ sinh thái, được phân loại theo loại trong một khu vực hạch toán hệ sinh thái cụ thể (ví dụ: quốc gia, tỉnh, lưu vực sông, khu bảo tồn). Tài khoản phạm vi hệ sinh thái được xây dựng theo từng giai đoạn trong các khu vực hạch toán hệ sinh thái theo

loại hệ sinh thái, do đó minh họa những thay đổi về phạm vi từ loại hệ sinh thái này sang loại hệ sinh thái khác trong suốt kỳ hạch toán cũng cần được thể hiện và tính toán thống kê (Hình 2).

Để xây dựng tài khoản phạm vi hệ sinh thái, quy trình được thực hiện qua các bước cụ thể nhằm đảm bảo tính chính xác và tương thích với các tiêu chuẩn quốc tế. Trước tiên, khu vực cần hạch toán hệ sinh thái được xác định, có thể theo phạm vi quốc gia, tỉnh hoặc vùng cụ thể. Tiếp theo, các hệ sinh thái được định nghĩa và phân loại dựa trên tiêu chuẩn thống nhất để hỗ trợ so sánh quốc tế. Trong nghiên cứu này, phân loại hệ sinh thái tham chiếu theo Hệ thống phân loại hệ sinh thái toàn cầu (GET) của IUCN, với các tiêu chí được trình bày chi tiết trong Bảng 1. Sau đó, dữ liệu cần thiết được thu thập để xác định các loại hệ sinh thái, bao gồm dữ liệu thảm phủ, nhiệt độ trung bình, địa hình và mức độ khô hạn, được tính dựa trên tỷ lệ giữa lượng mưa và lượng nước bốc hơi. Các dữ liệu này được chồng xếp và sử dụng để khoanh vùng ranh giới các hệ sinh thái thông qua công cụ bản đồ và GIS. Cuối cùng, biến động của các hệ sinh thái qua các giai đoạn được đánh giá bằng cách ứng dụng công cụ bản đồ và GIS, cho phép theo dõi sự thay đổi về phạm vi và đặc điểm không gian theo thời gian (Bảng 1).

3.2 Cách xác định tài khoản điều kiện HST

Tài khoản điều kiện HST đánh giá chất lượng và tính toàn vẹn của hệ sinh thái thông qua các đặc điểm sinh học và phi sinh học. Phương pháp bao gồm ba giai đoạn chính: (i) lựa chọn đặc điểm và biến, (ii) phát triển chỉ thị từ biến, và (iii) tổng hợp chỉ thị thành chỉ số điều kiện HST.

Bảng 1. Tiêu chí phân loại các hệ sinh thái theo IUCN (SEEA, 2021)

Hệ sinh thái chính	Chỉ số khô hạn TB	Nhiệt độ TB (°C)	Địa hình đặc trưng	Độ cao đặc trưng
Rừng	0,45	12-18	Tất cả (bao gồm cả núi)	Tất cả
Đồng cỏ	0,15	8-14	Tất cả, bao gồm vùng núi cao	Tất cả (có cả vùng cao)
Đất ngập nước	0,65	10-24	Chủ yếu vùng trũng, ven sông, ven biển	< 5m và > 5m
Biển	0,65	>10	Ven biển, đồng bằng ven biển	Gần mực nước biển
Nông nghiệp	0,3 (ước lượng)	>18	Tất cả	Tất cả
Đô thị	0,3 (ước lượng)	>20	Tất cả	Tất cả

Lựa chọn đặc điểm và biến

Giai đoạn này xác định các đặc điểm HST quan trọng và biến định lượng để đo lường:

- Đặc điểm HST: Bao gồm thành phần sinh học (thảm thực vật, đa dạng loài) và phi sinh học (đất, nước). SEEA EA phân loại thành 6 lớp: vật lý, hóa học, thành phần, cấu trúc, chức năng, cảnh quan.

- Biến điều kiện: Là thước đo cụ thể, ví dụ: độ che phủ rừng (%), chỉ số thực vật (NDVI). Tiêu chí lựa chọn gồm:

- + Sự liên quan: Phản ánh tính toàn vẹn HST.

- + Khả năng đo lường: Dễ thu thập, có cơ sở khoa học.

- + Tính toàn diện: Đại diện đầy đủ đặc điểm.

- * Biến được chọn dựa trên dữ liệu sẵn có (viễn thám, khảo sát thực địa).

Phát triển chỉ thị từ biến

Biến được chuyển thành chỉ thị để so sánh với mức tham chiếu:

- Mức tham chiếu: Giá trị chuẩn cao (VH - trạng thái tự nhiên) và thấp (VL - trạng thái suy thoái), xác định qua chuyên gia và dữ liệu.

- Công thức chỉ thị: Chuẩn hóa thang 0-1:

$$I = (V - VL) / (VH - VL) \text{ (SEEA, 2021)}$$

Trong đó:

I: Giá trị chỉ thị.

V: Giá trị biến thực tế.

VH, VL: Giá trị tham chiếu. Ví dụ: V = 0.5, VH = 1, VL = 0 → I = 0.5.

- Chỉ thị phản ánh điều kiện HST, giá trị cao hơn nghĩa là HST tốt hơn.

Tổng hợp chỉ thị thành chỉ số điều kiện HST

Các chỉ thị được tổng hợp để tạo chỉ số tổng thể:

- Chuẩn hóa và trọng số: Chỉ thị được gán trọng số (tổng = 1) dựa trên mức độ quan trọng.

- Chỉ số điều kiện: Tính bằng:

$$\text{Chỉ số} = \sum (\text{Trọng số}_i \times \text{Chỉ thị}_i) \text{ (SEEA, 2021)}$$

Giá trị từ 0 (suy thoái) đến 1 (khỏe mạnh). Ví dụ: 3 chỉ thị 0.75 (trọng số 0.5), 0.6 (0.3), 0.8 (0.2) → Chỉ số = 0.715.



Chỉ số giúp đánh giá xu hướng điều kiện HST qua thời gian.

3.3. Cách xác định tài khoản dịch vụ HST (Vật lý và tiền tệ)

Tài khoản dịch vụ HST được xác định để đo lường dòng dịch vụ mà các hệ sinh thái cung cấp cho con người. Theo SEEA EA, tài khoản dịch vụ HST được biên soạn ở hai dạng: vật lý (khối lượng vật chất, như tấn, m³, hoặc lượt khách) và tiền tệ (giá trị kinh tế quy đổi bằng VNĐ).

3.3.1 Phương pháp xác định tài khoản dịch vụ HST vật lý

Tài khoản vật lý nhằm lượng hóa khối lượng dịch vụ mà các hệ sinh thái cung cấp cho con người. Các dịch vụ được phân loại theo SEEA EA thành bốn nhóm: cung cấp, điều tiết, văn hóa và hỗ trợ. Nghiên cứu tập trung vào sáu hệ sinh thái chính tại Việt Nam: rừng, đồng cỏ, đất ngập nước, đất nông nghiệp, hệ sinh thái đô thị và hệ sinh thái biển.

Các chỉ tiêu vật lý được xây dựng dựa trên sự kết hợp giữa dữ liệu viễn thám (NDVI, nhiệt độ bề mặt, lớp phủ đất...), GIS và số liệu thống kê. Dưới đây là tóm tắt phương pháp tính cho từng hệ sinh thái:

Hệ sinh thái rừng

Đối với hệ sinh thái rừng, khối lượng dịch vụ được tính toán cụ thể qua các chỉ tiêu: sản phẩm rừng được xác định bằng tổng khối lượng gỗ và lâm sản ngoài gỗ, đo lường theo đơn vị tấn mỗi năm; khả năng hấp thụ các-bon được ước tính bằng cách nhân năng suất hệ sinh thái rừng (NEP) với diện tích rừng; khả năng hấp thụ các khí độc như SO₂, NO_x và HF được tính dựa trên diện tích rừng và hệ số hấp thụ đặc trưng; dịch vụ giữ bụi và giữ đất được lượng hóa, với lượng bụi giữ lại tính theo kilogam trên hecta mỗi năm và lượng đất được bảo vệ ước tính thông qua mô hình RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation); dịch vụ bảo tồn nước được xác định dựa trên lượng mưa, bốc hơi và dòng chảy tràn để tính lượng nước được giữ lại; cuối cùng, dịch vụ giải trí được đo lường thông qua số lượt khách tham quan các khu rừng và vườn quốc gia.

Hệ sinh thái đồng cỏ

Đối với hệ sinh thái đồng cỏ, khối lượng dịch vụ được tính toán cụ thể qua các chỉ tiêu: cỏ khô được tính bằng cách nhân năng suất trung bình, đo lường theo đơn vị tấn trên hecta mỗi năm, với tổng diện tích đồng cỏ. Dịch vụ sản phẩm chăn nuôi được đánh giá thông qua tổng số lượng vật nuôi hoặc sản phẩm thu được, như thịt và sữa, từ các hoạt động chăn nuôi trên đồng cỏ. Các dịch vụ điều tiết, bao gồm hấp thụ các-bon, hấp thụ khí độc như SO₂, NO_x, HF, giữ đất và bảo tồn nước, được lượng hóa dựa trên diện tích đồng

cỏ và các hệ số hấp thụ đặc trưng, hoặc thông qua mô hình RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) để ước tính lượng đất được bảo vệ, tương tự cách tiếp cận áp dụng cho hệ sinh thái rừng.

Đất ngập nước

Để lượng hóa các dịch vụ của hệ sinh thái đất ngập nước, nghiên cứu xác định các chỉ tiêu vật lý dựa trên đặc điểm sinh thái và dữ liệu diện tích, sử dụng phương pháp phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế. Cụ thể, các sản phẩm từ đất ngập nước, bao gồm thủy sản, cây được liệu và vật liệu xây dựng, được đánh giá thông qua sản lượng thu hoạch hàng năm. Dịch vụ hấp thụ các-bon được tính toán dựa trên diện tích đất ngập nước nhân với hệ số hấp thụ các-bon đặc trưng của hệ sinh thái này. Khả năng lọc nước được lượng hóa bằng khối lượng nhu cầu oxy hóa học (COD) được xử lý tự nhiên bởi đất ngập nước. Dịch vụ giảm lũ được xác định theo hai loại hình: đối với hồ chứa, ước tính dựa trên 35% tổng dung tích chứa nước; đối với đầm lầy, tính bằng diện tích nhân với độ sâu ngập trung bình. Cuối cùng, dịch vụ giải trí được đo lường thông qua số lượt khách tham quan các khu vực du lịch sinh thái thuộc hệ sinh thái đất ngập nước.

Đất nông nghiệp

Để lượng hóa các dịch vụ của hệ sinh thái đất nông nghiệp, nghiên cứu xác định các chỉ tiêu vật lý dựa trên đặc điểm sản xuất và dữ liệu diện tích, áp dụng phương pháp phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế (SEEA, 2021). Cụ thể, sản phẩm nông nghiệp được đánh giá thông qua tổng sản lượng cây trồng, bao gồm lúa, rau màu và cây công nghiệp, tính theo đơn vị sản lượng thu hoạch hàng năm. Các dịch vụ điều tiết, bao gồm hấp thụ các-bon, hấp thụ khí độc như SO₂, NO_x, HF, giữ bụi và bảo vệ đất, được tính toán dựa trên diện tích đất nông nghiệp và các hệ số đặc trưng cho từng loại cây trồng, sử dụng phương pháp tương tự như đối với hệ sinh thái đồng cỏ, chẳng hạn thông qua mô hình RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) để ước tính lượng đất được bảo vệ. Dịch vụ giải trí được đo lường bằng số lượt khách tham quan các hoạt động du lịch nông nghiệp sinh thái, như các làng nghề truyền thống hoặc trang trại nông nghiệp.

Hệ sinh thái đô thị

Để lượng hóa các dịch vụ của hệ sinh thái đô thị, nghiên cứu xác định các chỉ tiêu vật lý dựa trên dữ liệu không gian và đặc điểm môi trường đô thị, sử dụng phương pháp phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế (SEEA, 2021). Cụ thể, các dịch vụ điều tiết như hấp thụ khí độc (SO₂, NO_x, HF), giữ bụi và điều tiết nhiệt độ được tính toán dựa trên dữ liệu viễn thám, bao gồm chỉ số khác biệt thực vật bình thường hóa (NDVI) và

hiệt độ bề mặt, kết hợp với diện tích cây xanh và mặt nước trong khu vực đô thị. Dịch vụ bảo tồn nước được ước tính thông qua tỷ lệ bốc hơi và dòng chảy bề mặt, phản ánh khả năng giữ nước của các hệ thống đô thị như hồ điều hòa và không gian xanh. Dịch vụ giải trí được đo lường bằng số lượt khách tham quan các công viên, hồ điều hòa và khu vui chơi, phản ánh giá trị văn hóa và xã hội của hệ sinh thái đô thị.

Hệ sinh thái biển

Để lượng hóa các dịch vụ của hệ sinh thái biển, nghiên cứu xác định các chỉ tiêu vật lý dựa trên đặc điểm sinh thái và dữ liệu sản xuất, áp dụng phương pháp phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế (SEEA, 2021). Cụ thể, sản phẩm biển được đánh giá thông qua tổng sản lượng thủy sản từ hoạt động khai thác và nuôi trồng, tính theo đơn vị sản lượng hàng năm. Dịch vụ hấp thụ các-bon được ước tính dựa trên diện tích hệ sinh thái biển nhân với tốc độ hấp thụ CO₂ đặc trưng. Khả năng tinh chế các chất như nitơ và phosphate được tính gián tiếp thông qua lượng các-bon hấp thụ, kết hợp với hệ số chuyển đổi hóa học để phản ánh đóng góp của hệ sinh thái biển trong xử lý chất dinh dưỡng. Dịch vụ giải trí được đo lường bằng số lượt khách tham quan các khu vực du lịch biển và đảo, phản ánh giá trị văn hóa và kinh tế của hệ sinh thái này.

Toàn bộ các chỉ tiêu vật lý này đều có thể cập nhật định kỳ nhờ ảnh vệ tinh (Landsat, Sentinel, MODIS), giúp giảm phụ thuộc vào điều tra thực địa và tăng tính khách quan, minh bạch.

3.3.2 Phương pháp xác định tài khoản dịch vụ HST tiền tệ

Sau khi có các chỉ tiêu vật lý, bước tiếp theo là chuyển đổi sang đơn vị tiền tệ để tích hợp vào hệ thống kinh tế – môi trường. Phương pháp định giá dựa trên các nguyên tắc kinh tế môi trường, sử dụng các phương pháp như: giá thị trường, chi phí thay thế, chi phí xử lý, sẵn sàng chi trả, giá trị tài nguyên (resource rent).

Các công thức định giá cụ thể được xây dựng cho từng loại dịch vụ:

- Dịch vụ cung cấp

Giá trị được tính theo sản lượng nhân với giá thị trường, sau khi trừ chi phí sản xuất (nếu cần) (SEEA, 2021).

Ví dụ: Giá trị sản phẩm rừng = Tổng sản lượng × Giá thị trường – Chi phí khai thác.

- Dịch vụ điều tiết

Hấp thụ các-bon: Giá trị = Lượng các-bon hấp thụ × Giá các-bon trên thị trường (tín chỉ các-bon) (SEEA, 2021).

Hấp thụ khí độc (SO₂, NO_x, HF): Giá trị = Lượng khí hấp thụ × Chi phí xử lý nếu không có hệ sinh thái (SEEA, 2021).

Giữ đất: Giá trị = Khối lượng đất giữ lại × Chi phí đào đắp và vận chuyển (SEEA, 2021).

Bảo tồn nước: Giá trị = Lượng nước giữ lại × Chi phí xây dựng hồ chứa có dung tích tương đương (SEEA, 2021).

Lọc nước, tinh chế nitơ/phosphate: Giá trị = Tài lượng ô nhiễm × Chi phí xử lý tại nhà máy nước (SEEA, 2021).

- Dịch vụ văn hóa (du lịch, giải trí)

Giá trị được tính dựa trên: Doanh thu du lịch, chi tiêu trung bình của khách, thặng dư người tiêu dùng (sẵn sàng chi trả) (SEEA, 2021).

Ví dụ: Giá trị dịch vụ giải trí = Số lượt khách × Chi tiêu trung bình + Thặng dư người tiêu dùng.

- Dịch vụ hỗ trợ

Các dịch vụ như duy trì đa dạng sinh học, chu trình dinh dưỡng thường được tính gián tiếp thông qua các dịch vụ khác hoặc sử dụng phương pháp định giá ngẫu nhiên (contingent valuation).

- Hệ số trượt giá (r)

Để đảm bảo tính nhất quán khi so sánh giữa các năm, tất cả giá trị tiền tệ đều được hiệu chỉnh theo hệ số trượt giá (r) tại năm tính toán

3.4. Cách xác định tài khoản tài sản HST

Trong nghiên cứu này, tài khoản tài sản hệ sinh thái được xác lập như một cấu trúc tổng hợp, tích hợp đồng thời ba loại tài khoản cơ sở: phạm vi hệ sinh thái, điều kiện hệ sinh thái và dịch vụ hệ sinh thái. Việc tích hợp này nhằm mục tiêu phản ánh đầy đủ đặc trưng không gian, chất lượng sinh thái và giá trị kinh tế của mỗi đơn vị hệ sinh thái tại từng thời điểm, đồng thời theo dõi được xu thế biến động tài nguyên tự nhiên dưới tác động của con người và biến đổi môi trường.

Quy trình tích hợp được thực hiện theo nguyên tắc sau:

Bước 1: Chuẩn hóa đơn vị không gian – Tất cả các tài khoản được chuẩn hóa trên cùng một hệ tọa độ, độ phân giải và đơn vị phân tích không gian (ví dụ: ô lưới 1km hoặc đa giác hệ sinh thái). Điều này đảm bảo tính tương thích và khả năng chồng lớp dữ liệu khi tích hợp.

Bước 2: Gắn kết dữ liệu đa chiều – Mỗi đơn vị hệ sinh thái (grid hoặc polygon) sẽ được gắn kết thông tin từ cả ba tài khoản: (i) diện tích và loại hệ sinh thái từ tài khoản phạm vi, (ii) các chỉ số phản ánh trạng thái từ tài khoản điều kiện, và (iii) giá trị dịch vụ hệ sinh thái tương ứng từ tài khoản dịch vụ.

Bước 3: Tổng hợp chỉ số và lượng hóa giá trị tài sản – Dựa trên dữ liệu tổng hợp theo từng đơn vị không gian, giá trị tài sản hệ sinh thái được tính bằng tổng giá



trị hiện tại ròng (NPV) của các dòng dịch vụ hệ sinh thái trong chu kỳ tính toán.

Bước 4: Biểu diễn dưới dạng tài khoản kinh tế – sinh thái – Kết quả tích hợp được trình bày dưới dạng bảng hạch toán tài sản, trong đó từng hệ sinh thái sẽ có thông tin về quy mô, trạng thái và giá trị tài sản tại các thời điểm khác nhau. Qua đó cho phép theo dõi sự suy giảm, phục hồi hoặc biến động giá trị của hệ sinh thái trong thời gian và không gian.

Cách tiếp cận tích hợp này giúp đảm bảo tài khoản tài sản hệ sinh thái không chỉ phản ánh trạng thái tĩnh tại của tự nhiên mà còn là một thực thể động, có thể đo lường được về mặt vật lý và kinh tế, phục vụ trực tiếp cho việc tính toán GDP xanh loại II một cách định lượng và minh bạch.

4. THẢO LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng một khung phương pháp tính GDP xanh loại 2 phù hợp với bối cảnh Việt Nam, dựa trên hệ thống hạch toán hệ sinh thái (SEEA EA) do Liên hợp quốc công bố năm 2021, tích hợp công nghệ viễn thám và GIS để lượng hóa giá trị kinh tế của các hệ sinh thái (SEEA, 2021). Khác với cách tiếp cận GDP xanh loại I, vốn chỉ điều chỉnh GDP truyền thống bằng cách khấu trừ chi phí môi trường như ô nhiễm hay suy thoái tài nguyên (Vũ Xuân Nguyệt Hồng, 2012; Định Thị Thúy Phương, 2013), phương pháp GDP xanh loại 2 không chỉ phản ánh tổn thất môi trường mà còn định lượng đầy đủ giá trị tích cực của hệ sinh thái đối với kinh tế và phúc lợi xã hội. Các giá trị này bao gồm dịch vụ cung cấp (như lương thực, nước), điều tiết (hấp thụ các-bon, giữ đất...), văn hóa (du lịch sinh thái) và hỗ trợ (chu trình dinh dưỡng, đa dạng sinh học), được định lượng qua bốn tài khoản chính: phạm vi, điều kiện,

Bảng 2. So sánh giữa GDP xanh loại 1 và loại 2

Tiêu chí so sánh	GDP xanh loại 1	GDP xanh loại 2 (đề xuất trong nghiên cứu)
Cách tiếp cận	Trừ chi phí môi trường khỏi GDP truyền thống	Tính cả chi phí tổn thất và giá trị dương từ hệ sinh thái
Nguồn dữ liệu chính	Dữ liệu thống kê chi phí môi trường (ô nhiễm, phục hồi)	Dữ liệu viễn thám, GIS, điều tra hiện trường, thống kê dịch vụ
Mức độ phản ánh đóng góp của tự nhiên	Giới hạn, chủ yếu là chi phí	Toàn diện, bao gồm cả lợi ích sinh thái định lượng được
Phạm vi tài khoản	Một chiều, tập trung vào chi phí	Đa chiều: phạm vi, điều kiện, dịch vụ, tài sản hệ sinh thái
Tính kế toán và chu kỳ cập nhật	Khó thiết lập hệ thống theo dõi định kỳ	Có thể thiết lập hệ thống tài khoản cập nhật 5–10 năm/lần
Tính không gian	Không gian không rõ ràng	Cho phép phân tích theo đơn vị địa lý cụ thể (raster hoặc vector)
Tính tích hợp với hệ thống quốc tế (SEEA)	Thấp	Cao, tương thích trực tiếp với SEEA EA (UN, 2021)
Khả năng áp dụng thực tiễn	Hạn chế do thiếu dữ liệu chi phí môi trường	Khả thi hơn nhờ ứng dụng công nghệ và dữ liệu hiện có
Giá trị sử dụng cho quy hoạch và chính sách	Chủ yếu mang tính cảnh báo hậu quả môi trường	Phục vụ định giá tài sản thiên nhiên và ra quyết định dài hạn

dịch vụ và tài sản hệ sinh thái (Costanza, 1997; Costanza, 2020). Việc sử dụng dữ liệu đa nguồn, bao gồm thống kê kinh tế - xã hội, ảnh vệ tinh từ Landsat, Sentinel, MODIS, bản đồ sinh thái và điều tra thực địa, cho phép phân tích chi tiết giá trị sinh thái theo không gian và thời gian, phù hợp với các nghiên cứu quốc tế về hạch toán hệ sinh thái (Costanza, 2000; Xu và cs, 2010).

Để minh họa sự vượt trội của phương pháp, Bảng 2 so sánh GDP xanh loại 1 và loại 2, làm rõ khả năng phản ánh toàn diện giá trị hệ sinh thái, tính tương thích với các tiêu chuẩn quốc tế và sự hỗ trợ từ công nghệ hiện đại. Phương pháp này nhìn nhận hệ sinh thái như một tài sản kinh tế, đóng góp trực tiếp vào sản xuất và phúc lợi xã hội, thay vì chỉ là chi phí cần bù đắp, qua đó khắc phục hạn chế của các cách tiếp cận truyền thống (Daly, 1994). Sự tương thích với SEEA EA, một khung hạch toán được áp dụng thành công tại các quốc gia như Hà Lan, Úc và Nam Phi, tạo điều kiện để Việt Nam tham gia vào mạng lưới thống kê môi trường toàn cầu, học hỏi kinh nghiệm và chia sẻ dữ liệu quốc tế (SEEA, 2021). Việc tích hợp viễn thám và GIS, với các chỉ số như NDVI, LAI và NDMI, không chỉ nâng cao độ chính xác trong giám sát biến động hệ sinh thái mà còn hỗ trợ mô phỏng các kịch bản phát triển trong bối cảnh biến đổi khí hậu và đô thị hóa nhanh, một lợi thế mà các phương pháp cũ không thể đáp ứng (Xu và cs, 2010) (Bảng 2).

Thực trạng áp dụng GDP xanh trên thế giới

Thực tế cho thấy, trên thế giới chưa có nhiều quốc gia áp dụng đầy đủ GDP xanh, đặc biệt là GDP xanh loại 2, do các thách thức về dữ liệu, phương pháp định lượng, và xung đột với mục tiêu tăng trưởng kinh tế truyền thống. Trung Quốc là quốc gia tiên phong khi thử nghiệm Green GDP vào năm 2004, nhưng chương trình này bị dừng lại vào năm 2007 do lo ngại ảnh hưởng đến cạnh tranh kinh tế toàn cầu (Li và cs, 2010). Các quốc gia OECD (Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế) như Hà Lan và Úc, đã áp dụng một

phần SEEA EA, tích hợp các tài khoản hệ sinh thái (nước, rừng) vào hệ thống tài khoản quốc dân, nhưng chưa triển khai đầy đủ GDP xanh loại 2 do phức tạp trong định lượng giá trị phi thị trường (Edens & Hein, 2013). Theo báo cáo của OECD (2023), chỉ 23 quốc gia và EU có các quy định pháp lý ràng buộc về net-zero, nhưng phần lớn tập trung vào mục tiêu giảm phát thải hơn là hạch toán giá trị hệ sinh thái (OECD, 2023).

Các quốc gia như Đan Mạch dẫn đầu về chỉ số xanh, nhưng thay vì tính GDP xanh, họ tập trung vào các chiến lược tăng trưởng xanh và tài chính xanh, như phát triển ngân hàng xanh và các quỹ đầu tư bền vững. Một nghiên cứu về hội tụ Green GDP từ 1970-2019 cho thấy các chính sách môi trường mạnh mẽ có thể thúc đẩy tích hợp giá trị hệ sinh thái, nhưng chỉ một số quốc gia đạt được trạng thái “decoupling” (tách biệt tăng trưởng kinh tế khỏi tác động môi trường) ở mức tiêu dùng cơ bản (Ward et al., 2016). Các nước đang phát triển như Jordan đã triển khai kế hoạch hành động tăng trưởng xanh, sử dụng các công cụ như GIS để lập bản đồ tài nguyên, nhưng vẫn chưa tích hợp đầy đủ vào GDP.

Phân tích sâu hơn cho thấy các thách thức chính trên toàn cầu trong việc áp dụng GDP xanh loại 2 bao gồm sự thiếu hụt dữ liệu đồng bộ, đặc biệt đối với các dịch vụ hệ sinh thái phi thị trường như giá trị văn hóa hoặc điều tiết khí hậu, vốn đòi hỏi các phương pháp định lượng phức tạp như sẵn sàng chi trả hoặc chi phí thay thế (Costanza, 2000). Bên cạnh đó, xung đột lợi ích giữa tăng trưởng kinh tế truyền thống, thường ưu tiên sản xuất ngắn hạn, và yêu cầu đầu tư dài hạn vào giám sát hệ sinh thái cùng cải cách thống kê của GDP xanh loại 2 tạo ra rào cản đáng kể (Li và cs, 2010). Đồng thời, nhiều quốc gia, đặc biệt ở các quốc gia kém phát triển, còn thiếu năng lực kỹ thuật để xử lý dữ liệu viễn thám và mô hình hóa không gian, hạn chế khả năng triển khai phương pháp này một cách hiệu quả.

Khung chính sách, pháp luật Việt Nam về GDP xanh

Tại Việt Nam, khung chính sách và pháp luật về GDP xanh đang được xây dựng dần, tập trung vào tăng trưởng xanh và kinh tế xanh như một phần của phát triển bền vững. Chiến lược Quốc gia về Tăng trưởng Xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050 (Quyết định số 882/QĐ-TTg, 2021) là văn bản cốt lõi, nhấn mạnh việc chuyển đổi toàn diện sang nền kinh tế xanh, với các mục tiêu cụ thể như giảm 15% phát thải khí nhà kính so với GDP, tăng tỷ lệ năng lượng tái tạo lên 15-20%, và duy trì che phủ rừng ở mức 42%. Nghị quyết số 192/2025/QH15 của Quốc hội đặt mục tiêu tăng trưởng GDP đạt 8% trở lên vào năm 2025, với quy mô GDP vượt 500 tỷ USD, đồng thời tích hợp các yếu tố xanh vào các chỉ số kinh tế. Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 10/1/2022 quy định về các danh mục dự án được cấp tín dụng xanh và phát

hành trái phiếu xanh hỗ trợ huy động vốn cho các dự án xanh, bao gồm danh mục phân loại xanh và các cơ chế tài chính để thúc đẩy đầu tư bền vững. Thông tư số 10/2023/TT-BKHDT về chỉ số thống kê xanh cũng đặt nền móng cho việc lồng ghép các chỉ tiêu môi trường vào hệ thống thống kê quốc gia, nhưng chưa đề cập cụ thể đến GDP xanh loại 2.

Ngoài ra, các chính sách liên quan đến cam kết Net Zero vào năm 2050, như được nêu trong Tuyên bố Glasgow về rừng và sử dụng đất, nhấn mạnh vai trò của hệ sinh thái trong giảm phát thải và bảo vệ đa dạng sinh học (UNFCCC, 2021). Tuy nhiên, khung pháp lý hiện tại còn thiếu đồng bộ, đặc biệt trong việc định lượng giá trị dịch vụ hệ sinh thái phi thị trường (ví dụ: giá trị văn hóa của cảnh quan) và phối hợp liên ngành giữa các bộ như Tổng cục Thống kê, Bộ Nông Nghiệp và Môi trường, và Bộ Tài chính.

Định hướng chính sách cho Việt Nam

Để triển khai GDP xanh loại 2 và vượt qua các thách thức, Việt Nam cần tập trung vào một số định hướng chính sách then chốt. Trước hết, cần hoàn thiện khung pháp lý bằng cách ban hành nghị định cụ thể về hạch toán GDP xanh loại 2, bổ sung vào Thông tư số 10/2023/TT-BKHDT, với các hướng dẫn rõ ràng về định lượng dịch vụ hệ sinh thái và tích hợp vào hệ thống tài khoản quốc dân, dựa trên khung SEEA EA (SEEA, 2021). Đồng thời, việc tăng cường phối hợp liên ngành thông qua thành lập nhóm công tác liên bộ, bao gồm Tổng cục Thống kê, Bộ Nông Nghiệp và Môi trường, Bộ Tài chính để hỗ trợ xây dựng lộ trình triển khai trong 5-10 năm tới. Ngoài ra, ứng dụng công nghệ tiên tiến như deep learning và trí tuệ nhân tạo để nâng cao độ chính xác trong phân tích dữ liệu viễn thám từ các nguồn như Landsat và Sentinel, học hỏi từ các ứng dụng thành công ở một số quốc gia, là một hướng đi quan trọng (Wang và cs., 2022). Hơn nữa, việc huy động tài chính xanh thông qua các cơ chế như tín chỉ các-bon và quỹ đầu tư xanh, dựa trên Nghị định số 08/2022/NĐ-CP, sẽ tạo nguồn lực để định giá dịch vụ hệ sinh thái. Cuối cùng, Việt Nam cần học hỏi kinh nghiệm từ các dự án NCAVES tại Brazil và Indonesia, tập trung vào các thí điểm tại khu vực như lưu vực sông Mê Công hoặc Tây Nguyên trước khi mở rộng toàn quốc (SEEA, 2021). Với lợi thế từ dữ liệu viễn thám miễn phí (Landsat, Sentinel) và kinh nghiệm từ các dự án thí điểm như tài khoản nước và rừng tại lưu vực sông Mê Công (Nguyen và cs, 2017), cùng với việc hợp tác quốc tế qua UNEP và Ngân hàng Thế giới, Việt Nam có thể khắc phục các rào cản, tích hợp hiệu quả GDP xanh loại 2 vào hệ thống thống kê quốc gia, qua đó hỗ trợ thực hiện các cam kết SDG (Mục tiêu phát triển bền vững) 13, 15 và Thỏa thuận Paris (UNFCCC, 2021).



5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất một khung phương pháp tính GDP xanh loại 2 cho Việt Nam dựa trên hệ thống hạch toán hệ sinh thái SEEA EA (2021) kết hợp với công nghệ viễn thám và GIS. Khác với phương pháp điều chỉnh GDP truyền thống (GDP xanh loại 1), phương pháp mới không chỉ trừ đi các chi phí tổn thất môi trường mà còn lượng hóa và tích hợp giá trị kinh tế mà hệ sinh thái cung cấp, bao gồm cả các giá trị thị trường và phi thị trường.

Thông qua việc xây dựng và kết nối bốn tài khoản trọng yếu – phạm vi, điều kiện, dịch vụ và tài sản hệ sinh thái – khung phương pháp cho phép tiếp cận toàn diện hơn đối với việc đo lường vai trò của tự nhiên trong nền kinh tế. Các chỉ tiêu trong hệ thống có thể cập nhật theo chu kỳ, định vị theo không gian, và tương thích với chuẩn mực quốc tế, tạo điều kiện để từng bước thể chế hóa chỉ tiêu GDP xanh loại 2 trong hệ thống kế toán quốc gia của Việt Nam.

Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa về mặt lý luận trong việc làm rõ bản chất kinh tế của hệ sinh thái, mà còn mang giá trị thực tiễn cao trong việc hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách đánh giá hiệu quả phát triển bền vững. Đây là tiền đề để từng bước đưa tài nguyên thiên nhiên trở thành một cấu phần hữu hình trong các quyết định phân bổ nguồn lực quốc gia.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần triển khai thử nghiệm phương pháp tại các địa phương đại diện, qua đó kiểm chứng độ tin cậy, mức độ khả thi và hoàn thiện quy trình hạch toán. Đồng thời, việc mở rộng phạm vi các loại hình dịch vụ hệ sinh thái, cũng như phát triển cơ sở dữ liệu thống kê – viễn thám, sẽ là chìa khóa để tiến tới xây dựng một hệ thống GDP xanh thống nhất, có thể tích hợp vào hệ thống chỉ tiêu phát triển quốc gia trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của Đề tài khoa học và công nghệ “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để xuất phương pháp tính GDP xanh loại II phù hợp với điều kiện Việt Nam. Áp dụng thí điểm cho một địa phương (cấp tỉnh)”, Mã số TNMT.2024.01.06■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Accounting, SEEA Experimental Ecosystem. (2021). *System of Environmental-Economic Accounting 2021*. United Nations. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
2. Costanza, R. (2000). Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, 3(1), 4-10. <https://doi.org/10.1007/s100210000002>
3. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & van den Belt, M. (1997).

The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

4. Daly, H. E. (1994). *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. Beacon Press.

5. Đinh Thị Thúy Phương. (2013). Đánh giá chi phí môi trường trong tính toán GDP xanh tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Phát triển Kinh tế, Đại học Kinh tế Quốc dân*.

6. Edens, B., & Hein, L. (2013). Towards a consistent approach for ecosystem accounting. *Ecological Economics*, 90, 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.03.003>

7. Government of Vietnam. (2021). *National Green Growth Strategy for the period 2021–2030, with a vision to 2050*. Decision No. 882/QĐ-TTg. Hanoi, Vietnam.

8. Li, V., & Lang, G. (2010). China's “Green GDP” experiment and the struggle for ecological modernisation. *Journal of Contemporary Asia*, 40(1), 44-62. <https://doi.org/10.1080/00472330903270346>

9. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.

10. Nguyen, T. H., Pham, T. C., & Tran, T. T. (2017). *Green GDP accounting in Vietnam: Challenges and prospects*. Central Institute for Economic Management (CIEM).

11. OECD. (2023). *Net Zero+: Climate and Economic Resilience in a Changing World*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/abc12345-en>

12. Talberth, J., Cobb, C., & Slattery, N. (2007). *The genuine progress indicator 2006. Redefining Progress*. Oakland, CA.

13. United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organisation for Economic Co-operation and Development, & World Bank. (2021). *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. United Nations. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

14. UNFCCC. (2021). *Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use*. United Nations Framework Convention on Climate Change.

15. Vũ Xuân Nguyệt Hồng. (2012). Nghiên cứu về GDP xanh tại Việt Nam. Viện Khoa học Thống kê, Tổng cục Thống kê.

16. Wang, J., et al. (2022). Deep learning for ecosystem service valuation using remote sensing data. *Environmental Modelling & Software*, 150, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105115>

17. Ward, J. D., et al. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible? *PLoS ONE*, 11(10), e0164733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164733>

18. Xu, L., Yu, B., & Yue, W. (2010). A method of green GDP accounting based on eco-service and a case study of Wuyishan, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1865-1872. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.198>

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC HỒ TIÊN NGÀ (THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG) BẰNG CÂY BÁCH THỦY TIÊN (*ECHINODORUS CORDIFOLIUS* L.)

NGUYỄN VĂN BÁCH¹, LÊ XUÂN SINH^{1,2}, BÙI THỊ MINH HIỀN¹, HOÀNG HỮU LỢI³
NGUYỄN TUỆ TÂM^{3,4}, ĐINH VĂN HUY³, LÊ HẢI ANH³, ĐÀO THỊ ÁNH TUYẾT^{1,2}

¹ Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Viện nghiên cứu Môi trường biển Xanh, Hội Khoa học phát triển nguồn nhân lực nhân tài Hải Phòng

⁴ Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Hiện nay, tình trạng ô nhiễm hữu cơ và phú dưỡng tại các hồ đô thị ở Hải Phòng đòi hỏi phải có giải pháp xử lý kịp thời và bền vững. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) trong việc xử lý nước hồ Tiên Nga thông qua mô hình bè nổi. Kết quả cho thấy, hệ thống bè nổi đạt hiệu suất xử lý trung bình đối với BOD₅ (48,1%), COD (46,4%), tổng nitơ (TN) (70,8%), tổng photpho (TP) (68,5%), đồng thời cải thiện đáng kể các chỉ số vật lý (độ đục, pH), đưa nồng độ ôxy hòa tan và TP sau xử lý đạt mức B của Quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT. Mặc dù hàm lượng COD và TN sau xử lý vẫn còn cao, nhưng kết quả này đã chỉ ra cây Bách thủy tiên là một giải pháp tiềm năng và hiệu quả trong việc góp phần cải thiện chất lượng nước tại các hồ đô thị ô nhiễm.

Từ khóa: Bè nổi, Bách thủy tiên, hiệu suất xử lý, hồ Tiên Nga, Hải Phòng.

Ngày nhận bài: 20/7/2025; Ngày sửa chữa: 12/8/2025; Ngày duyệt đăng: 15/9/2025.

Evaluating the effectiveness of *Echinodorus cordifolius* L. for water treatment in Tien Nga lake, Hai Phong City

Abstract

Organic pollution and eutrophication in the urban lakes of Hai Phong City demand timely and sustainable remediation strategies. This study was conducted to evaluate the effectiveness of *Echinodorus cordifolius* L. in treating the water of Tien Nga Lake using a floating treatment wetland (FTW) model. The results revealed that the FTW system achieved average removal efficiencies for BOD₅ (48.1%), COD (46.4%), total nitrogen (TN) (70.8%), and total phosphorus (TP) (68.5%). The system also significantly improved physical parameters (turbidity, pH), bringing the post-treatment concentrations of dissolved oxygen (DO) and TP to meet the Level B standard of the Vietnamese National Technical Regulation (QCVN 08:2023/BTNMT). Although the post-treatment concentrations of COD and TN remained high, these findings indicate that *E. cordifolius* is a promising and effective biological agent for improving water quality in polluted urban lakes.

Keywords: Floating treatment wetland, *Echinodorus cordifolius*, removal efficiency, Tien Nga Lake, Hai Phong.

JEL Classifications: O13, O44, Q56, P48.

1. GIỚI THIỆU

Quá trình đô thị hóa mạnh mẽ tại Việt Nam, đặc biệt ở các trung tâm kinh tế - xã hội như TP. Hải Phòng đã và đang tạo ra áp lực đáng kể lên môi trường tự nhiên. Một trong những hệ quả tất yếu là sự suy thoái chất lượng nước tại các thủy vực nội thành, nơi phải tiếp nhận một lượng lớn nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để (Lê Thị Hồng Vân và cs., 2022). Một số hồ đô thị của TP. Hải Phòng như An Biên, Tiên Nga, Dư Hàng, Sen... vốn đóng vai trò thiết yếu trong việc dự trữ nước, điều hòa khí hậu, giảm ngập úng và tạo dựng cảnh quan cho các khu đô thị, nhưng đang dần trở thành "điểm nóng" về ô nhiễm hữu cơ và phú dưỡng, trong đó hồ Tiên Nga được xem là minh chứng cho thấy sự suy giảm chất lượng nước ở hồ đô thị, khi các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ (BOD₅, COD) và nồng

độ chất dinh dưỡng (nitơ, photpho) đã vượt quá giới hạn cho phép theo Quy chuẩn quốc gia về chất lượng nước mặt (Lê Thị Hồng Vân và cs., 2022), đòi hỏi sự can thiệp bằng những giải pháp cải tạo cấp bách.

Để giải quyết thách thức này, các giải pháp dựa vào tự nhiên, tiêu biểu là công nghệ xử lý bằng thực vật thủy sinh ngày càng được quan tâm, với nhiều ưu điểm nổi bật so với phương pháp hóa - lý truyền thống như chi phí thấp, thân thiện môi trường và dễ dàng tích hợp vào cảnh quan hiện hữu (Ahmad J et al., 2017). Công nghệ này hoạt động dựa trên một tổ hợp nhiều cơ chế, thực vật vừa trực tiếp hấp thu dinh dưỡng (N, P) để tăng sinh khối, vừa đóng vai trò như một màng lọc sinh học nhờ hệ rễ dày đặc giúp giữ lại cặn lơ lửng. Quan trọng hơn, vùng rễ còn kiến tạo một môi trường vi sinh độc đáo, thúc đẩy mạnh quá trình khoáng hóa



các chất hữu cơ bởi cộng đồng vi sinh vật (Arivukkarasu, D. & Sathyanathan, R., 2023). Chính những đặc tính này mang lại cho hệ thống bè nổi trồng thực vật thủy sinh tính linh hoạt vượt trội, cho phép xử lý nước tại chỗ và tích hợp hài hòa nhằm cải thiện cảnh quan đô thị.

Trong số các loài thực vật thủy sinh tiềm năng, cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) được lựa chọn làm đối tượng cho nghiên cứu này bởi những ưu điểm sau: Tốc độ sinh trưởng nhanh; khả năng tạo sinh khối lớn; hệ rễ phát triển mạnh mẽ và sức chống chịu tốt trong môi trường nước giàu dinh dưỡng; hứa hẹn khả năng hấp thu hiệu quả các chất ô nhiễm (Võ Thị Phương Thảo và cs., 2023; Nguyễn Tiến Đạt và cs., 2025).

Mặc dù cây Bách thủy tiên sở hữu nhiều ưu điểm như nguồn giống địa phương sẵn có và tiềm năng giá trị thẩm mỹ; hiệu quả xử lý ô nhiễm trên hệ thống bè nổi tại các hồ đô thị Việt Nam, nhất là khu vực Hải Phòng, nhưng đây vẫn là một khoảng trống cần được làm rõ. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá chi tiết khả năng xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm chính trong nước hồ Tiên Nga bằng hệ thống bè nổi trồng cây Bách thủy tiên. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần bổ sung thêm luận cứ khoa học để phát triển, nhân rộng giải pháp xử lý nước bền vững cho các hồ đô thị ô nhiễm tại Hải Phòng và những khu vực có điều kiện tương tự.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Hệ thống bể thí nghiệm: Bao gồm 6 bể (3 bể trồng cây, 3 bể đối chứng) có cấu tạo đồng nhất: Khung inox 304 lót bạt PVC, kích thước 1,2 x 0,6 x 0,7 m (dài x rộng x cao); diện tích bề mặt 0,72 m² và được trang bị van xả đáy.

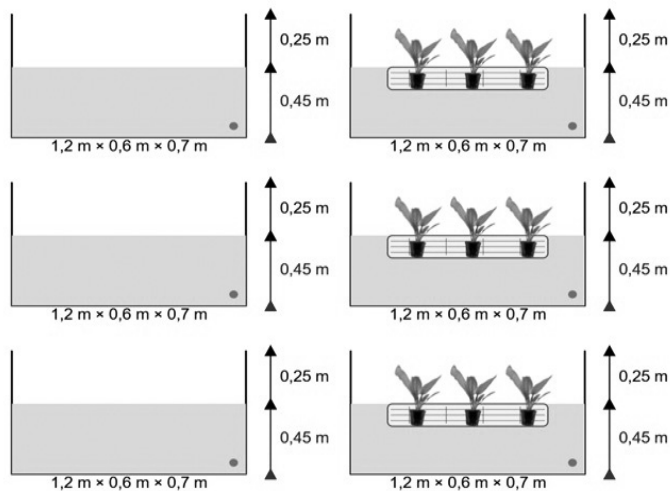
Bè nổi: Được tạo thành từ các ống nhựa PVC (Ø27 mm) liên kết bằng co L (Ø27 mm), tạo thành khung chữ nhật, kích thước 0,8 x 0,4 m (dài x rộng). Mỗi bè được cất ba lỗ để đặt chậu cây và cố định trong bể thí nghiệm bằng lưới nhựa cùng dây rút.

Nước thí nghiệm: Được lấy từ hồ Tiên Nga (TP. Hải Phòng) (tọa độ 20°51'32,8"N 106°41'47,7"E). Hồ Tiên Nga, một hồ điều hòa tại phường Gia Viên (Hải Phòng), có diện tích khoảng 3,2 ha và độ sâu trung bình 2,8 m.

Thực vật: Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.), thuộc họ Alismataceae, là loài thực vật thủy sinh sinh trưởng nhanh, chiều cao có thể đạt 40 - 60 cm với lá hình tim (hoặc oval) cùng bộ rễ chùm phát triển mạnh trong nước. Trong nghiên cứu này, các cây Bách thủy tiên non, khỏe mạnh, đồng đều về hình thái, không sâu bệnh, được tuyển chọn từ nhà vườn Bảo Minh 89 (Hải Phòng) và trồng trên giá thể xơ dừa.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trong giai đoạn từ tháng 10/2024 - 12/2024, tại khu thực nghiệm của Viện Nghiên cứu Môi trường biển Xanh. Thí nghiệm được bố trí 2 nghiệm thức với 3 lần lặp lại (tổng cộng 6 bè nổi) trong các bể thí nghiệm (Hình 1). Cây được trồng vào 3 chậu đặt trên mỗi bè, với số lượng 3 - 4 cây/chậu, đạt tổng số 10 cây/bè (tương ứng khoảng 14 cây/m² tính trên diện tích mặt bể) và duy trì mức nước ở 45 cm (tương ứng với thể tích khoảng 330 lít). Giai đoạn đầu của thí nghiệm, cây được dưỡng ở điều kiện nước hồ Tiên Nga trong 3 tuần để thích nghi với môi trường mới. Quá trình thí nghiệm chính thức được vận hành theo mô hình mẻ kế tiếp, bao gồm 4 chu kỳ xử lý liên tiếp (tổng cộng 40 ngày), với thời gian lưu nước của mỗi chu kỳ là 10 ngày. Cụ thể, vào ngày bắt đầu của mỗi chu kỳ (ngày 0, 10, 20, 30), toàn bộ nước trong các bể được thay mới bằng nước hồ Tiên Nga. Mẫu nước này được thu để xác định “nồng độ đầu vào”. Sau 10 ngày, mẫu nước được thu lần nữa để xác định “nồng độ đầu ra” ngay trước khi tiến hành thay nước cho chu kỳ xử lý tiếp theo.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng thiết kế thí nghiệm

2.3. Thu mẫu và phân tích

Mẫu nước sau quá trình xử lý được thu định kỳ 10 ngày/lần. Các thông số nhiệt độ, pH, DO, độ đục được đo trực tiếp tại hiện trường bằng thiết bị đo nhanh cầm tay, gồm máy đo pH HI8314-1, DO HI9146 và độ đục HI98703-02. Các chỉ tiêu hữu cơ và dinh dưỡng được xác định theo phương pháp tiêu chuẩn, cụ thể: BOD₅ (TCVN 6001-1:2021), COD (SMEWW 5220C:2023), NO₂⁻ (TCVN 6178:1996), NO₃⁻ (TCVN 6180:1996), NH₄⁺ (SMEWW 4500-NH3.B&F:2023), TN (SMEWW 4500-N.C:2017), và TP (TCVN 6202:2008).

2.4. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel Microsoft Office 365 và Origin Pro. Hiệu suất xử lý của các nghiệm thức được tính theo công thức sau:

$$H\% = \frac{C_o - C_r}{C_o} * 100\%$$

Trong đó: H% là hiệu suất xử lý (%); Co là hàm lượng đầu vào của chất ô nhiễm (mg/L); Cr là hàm lượng đầu ra của chất ô nhiễm (mg/L).

Chất lượng nước được so sánh, đối chiếu với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT (cụ thể trong Bảng 3 - Giá trị giới hạn các thông số trong nước mặt phục vụ việc phân loại chất lượng nước hồ, ao, đầm và BVMT sống dưới nước - Mức B: Chất lượng nước trung bình).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến chất lượng môi trường nước trước và sau xử lý

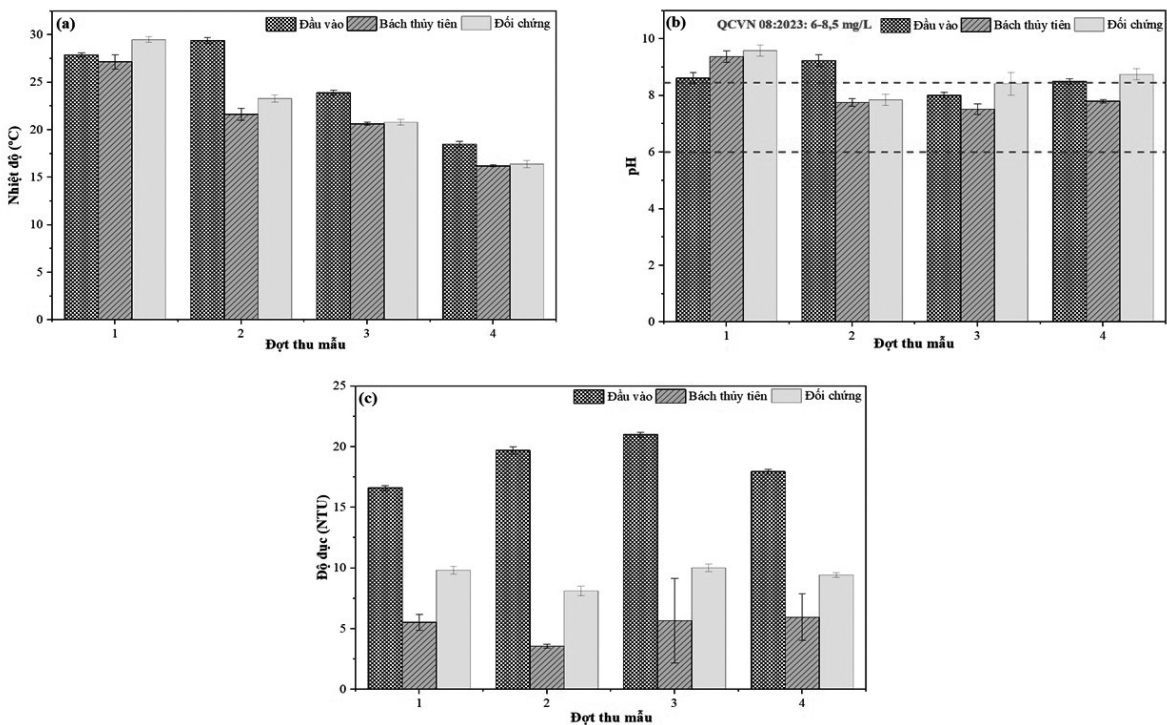
3.1.1. Giá trị nhiệt độ, pH và độ đục

Nhiệt độ: Kết quả quan trắc cho thấy, sự hiện diện của cây Bách thủy tiên có tác động điều hòa nhiệt độ nước một cách rõ rệt (Hình 2a). Nhiệt độ tại nghiệm thức trồng cây (dao động từ 16,2÷27,2°C) luôn thấp hơn so với nước đầu vào (18,5÷29,4°C) và lô đối chứng (16,4÷29,5°C) qua cả 4 đợt thu mẫu. Sự chênh lệch này chủ yếu là kết quả của hai cơ chế đồng thời: (1) Hiệu ứng che phủ của tán lá giúp hạn chế hấp thụ nhiệt từ bức

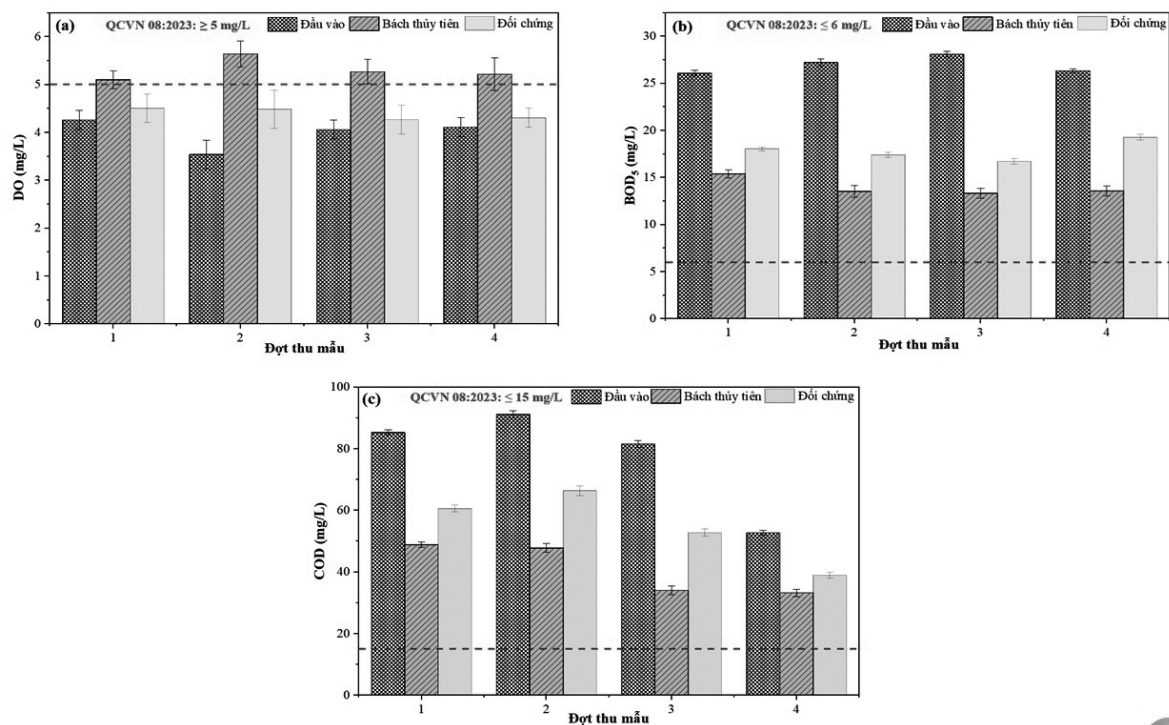
xạ mặt trời; (2) Quá trình thoát hơi nước của thực vật có tác dụng làm mát.

pH: Giá trị pH của nước đầu vào hồ Tiên Nga có xu hướng độ kiềm cao, dao động trong khoảng từ 8,0 - 9,2 và thường xuyên vượt ngưỡng cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT - mức B (6,0 - 8,5), ngoại trừ đợt 3 (Hình 2b). Diễn biến pH tại nghiệm thức trồng Bách thủy tiên phản ánh sự tương tác phức tạp của quá trình sinh - hóa. Tại các đợt thu mẫu 2, 3, 4, hệ thống thể hiện rõ khả năng điều hòa khi đưa pH từ mức kiềm cao xuống khoảng trung tính hơn (7,5÷7,8). Sự suy giảm pH chủ yếu do các quá trình axit hóa chiếm ưu thế, như giải phóng CO₂ từ hô hấp (rễ, vi sinh vật) và ion H⁺ từ quá trình nitrate hóa và hấp thụ dinh dưỡng của cây (Brix, 2003). Tuy nhiên, một ngoại lệ được ghi nhận ở đợt 1, khi pH tăng lên 9,4, được cho là do hoạt động quang hợp mạnh mẽ của cây và vi tảo đã tiêu thụ CO₂ hòa tan trong nước (Hình 2).

Độ đục: Hiệu quả loại bỏ chất rắn lơ lửng được thể hiện rõ nét qua sự suy giảm mạnh của độ đục tại nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên (Hình 2c). Từ mức độ đục rất cao ở đầu vào (dao động từ 16,6÷21,0 NTU), nước sau xử lý chỉ còn lại 3,6÷6,0 NTU. Mức giảm này cao hơn so với sự lắng đọng tự nhiên quan sát được ở lô đối chứng (8,1÷10,0 NTU). Cơ chế chính của sự cải thiện này có thể xuất phát từ hệ rễ phát triển dày đặc của cây Bách thủy tiên, đóng vai trò như một màng lọc vật lý hiệu quả, trực tiếp bẫy và giữ lại những hạt cặn lơ lửng trong nước, qua đó làm giảm độ đục của nước.



Hình 2. Giá trị nhiệt độ (a), pH (b), độ đục (c) trước và sau xử lý qua các đợt



Hình 3. Hàm lượng DO (a), BOD₅ (b), COD (c) trước và sau xử lý qua các đợt

3.1.2. Hàm lượng oxy hòa tan (DO), nhu cầu oxy sinh học (BOD₅) và nhu cầu oxy hóa học (COD)

Hàm lượng DO: Kết quả quan trắc hàm lượng DO cho thấy sự cải thiện tại nghiệm thức có trồng cây Bách thủy tiên qua 4 đợt thu mẫu (Hình 3a). Cụ thể, hàm lượng DO sau xử lý dao động trong khoảng 5,10÷5,64 mg/L, cao hơn so với nước đầu vào (3,54÷4,26 mg/L) và các bể đối chứng (4,27÷4,51 mg/L), được xếp loại mức B (chất lượng nước trung bình) khi so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT (DO ≥ 5 mg/L). Sự gia tăng này được lý giải bởi khả năng vận chuyển oxy từ khí quyển qua thân, lá xuống hệ rễ và giải phóng vào vùng cận rễ, một cơ chế đặc trưng của hệ thống đất ngập nước (Brix, 1997; Likui Feng et al., 2022). Bên cạnh đó, sự gia tăng DO còn là kết quả tổng hợp từ quá trình quang hợp của cây Bách thủy tiên và cộng đồng vi tảo sẵn có trong môi trường nước, góp phần giải phóng oxy và duy trì trạng thái hiếu khí cho hệ thống xử lý.

Hàm lượng BOD₅: Chỉ thị cho ô nhiễm hữu cơ dễ phân hủy sinh học đã giảm đáng kể tại nghiệm thức Bách thủy tiên (Hình 3b). Từ mức đầu vào 26,1÷28,1 mg/L, giá trị này đã hạ xuống còn 13,3÷15,4 mg/L, cho thấy tác dụng hiệu quả xử lý nước bởi thực vật so với lô đối chứng. Cơ chế chính đến từ vai trò của cây Bách thủy tiên: Hệ rễ vừa giải phóng oxy tạo môi trường hiếu khí, vừa là giá thể để vi sinh vật phân giải chất hữu cơ, đồng thời cây còn trực tiếp hấp thụ dinh dưỡng từ quá trình khoáng hóa chất hữu cơ để sinh trưởng, phát triển. Tuy vậy, nồng độ BOD₅ sau xử lý vẫn cao hơn

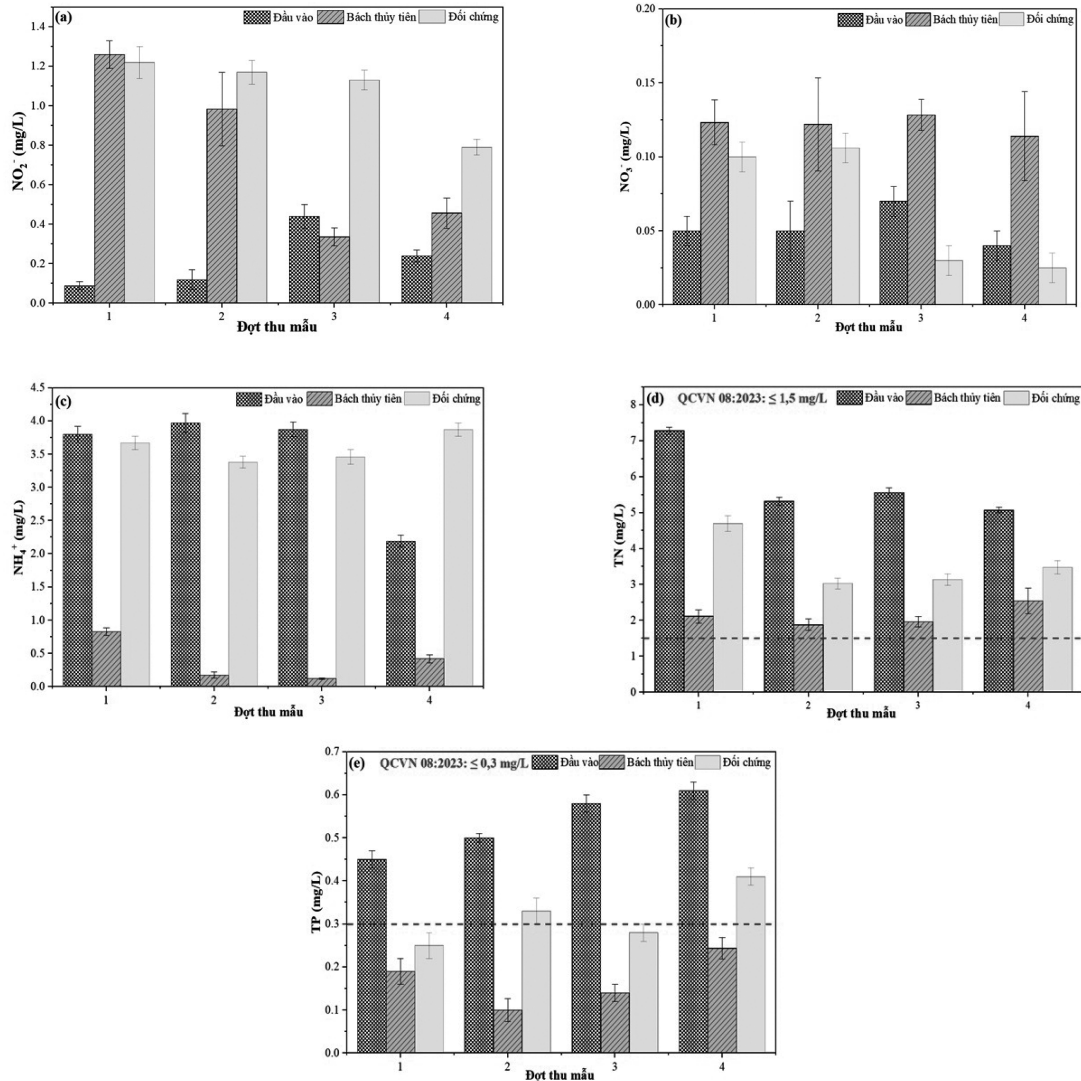
đáng kể so với yêu cầu của QCVN 08:2023/BTNMT - mức B (≤ 6 mg/L).

Nhu cầu oxy hóa học (COD): Tương tự BOD₅, hàm lượng COD cũng cho thấy sự suy giảm rõ rệt tại nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên (Hình 3c). Hàm lượng COD đầu vào ở mức khá cao (52,8÷91,2 mg/L) đã hạ xuống còn 33,3÷48,9 mg/L sau xử lý. Mặc dù có hiệu quả xử lý, nồng độ COD sau cùng vẫn vượt tiêu chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT (cột B, ≤ 15 mg/L), cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ ban đầu của hồ Tiên Nga rất cao.

3.1.3. Hàm lượng các muối dinh dưỡng

Nitrit (NO₂⁻): Diễn biến hàm lượng NO₂⁻ biểu hiện xu hướng nước sau xử lý cao hơn nước đầu vào (ngoại trừ đợt 3) (Hình 4a), cho thấy giai đoạn đầu của quá trình nitrate hóa (chuyển NH₄⁺ thành NO₂⁻) diễn ra rất mạnh. Tuy nhiên, tại đợt 3, nồng độ nitrit lại giảm từ 0,44 mg/L (nước đầu vào) xuống 0,34 mg/L (sau khi xử lý bằng thực vật). Sự biến động này do bản chất trung gian không ổn định của NO₂⁻, phụ thuộc vào cân bằng động giữa sự hình thành từ amoni và chuyển hóa thành nitrat.

Nitrat (NO₃⁻): Trong suốt 4 đợt quan trắc, nghiệm thức Bách thủy tiên cho thấy sự tích lũy nitrat rõ rệt, với nồng độ sau xử lý luôn cao hơn mức ban đầu và nghiệm thức đối chứng không trồng cây (Hình 4b). Hiện tượng này là kết quả của quá trình nitrate hóa diễn ra mạnh mẽ trong điều kiện hiếu khí, vốn được thúc đẩy bởi oxy giải phóng từ rễ cây và hoạt động quang hợp của vi tảo (Ngô Thụy Diễm Trang & Hans Brix, 2012).



Hình 4. Hàm lượng $N-NO_2^-$ (a), $N-NO_3^-$ (b), $N-NH_4^+$ (c), TN (d), TP (e) trước và sau xử lý qua các đợt

Amoni (NH_4^+): Nghiệm thức Bách thủy tiên cho thấy khả năng loại bỏ amoni vượt trội, làm giảm nồng độ từ mức ô nhiễm cao ($2,19 \div 3,97$ mg/L) xuống chỉ còn $0,12 \div 0,83$ mg/L, hiệu quả hơn hẳn so với nghiệm thức đối chứng (Hình 4c). Đây là kết quả của hai cơ chế đồng thời tại vùng rễ: (1) Quá trình nitrat hóa bởi vi khuẩn hiếu khí (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*), được thúc đẩy nhờ oxy do rễ cây giải phóng; (2) Sự hấp thụ trực tiếp amoni để tổng hợp sinh khối (Yousaf, A. et al., 2021).

TN và TP: Nghiệm thức Bách thủy tiên đã giảm đáng kể hàm lượng TN từ $5,07 \div 7,28$ mg/L xuống còn $1,88 \div 2,54$ mg/L, thấp hơn so với nghiệm thức đối chứng ($3,03 \div 4,70$ mg/L) (Hình 4d). Đây là kết quả của hai cơ chế chính: Sự hấp thụ nitơ của cây để tạo sinh khối và quá trình khử nitrat ($NO_3^- \rightarrow N_2$) trong các vùng yếm khí. Dù vậy, hàm lượng TN sau xử lý vẫn vượt mức B của QCVN 08:2023/BTNMT ($\leq 1,5$ mg/L). Trong khi đó, hàm lượng TP cũng cho thấy

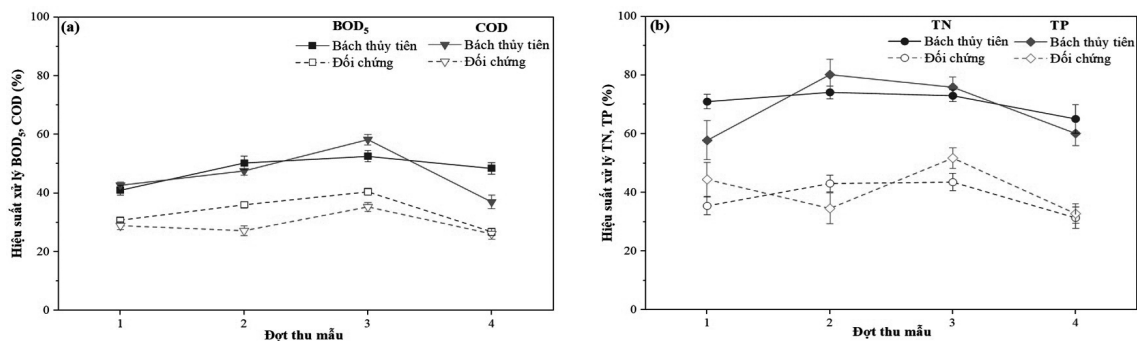
xu hướng giảm rõ rệt tại nghiệm thức có cây Bách thủy tiên, từ mức đầu vào $0,45 \div 0,61$ mg/L xuống còn $0,10 \div 0,24$ mg/L (Hình 4e). Đáng chú ý, hàm lượng TP sau xử lý tại nghiệm thức trồng cây luôn thấp hơn QCVN 08:2023/BTNMT - mức B ($\leq 0,3$ mg/L), cho thấy tiềm năng lớn của loài cây này trong việc xử lý ô nhiễm phốt pho. Trong một hệ thống đất ngập nước, cơ chế loại bỏ phốt pho chủ yếu là sự kết hợp giữa việc hấp thụ vào sinh khối thực vật và hấp phụ/kết tủa trên trầm tích, với quá trình lắng đọng, chôn vùi xuống bề mặt đáy (Reddy, K.R., 2008).

3.2. Hiệu suất xử lý chất hữu cơ và chất dinh dưỡng

3.2.1. Hiệu suất xử lý chất hữu cơ (BOD_5 và COD):

Hiệu quả xử lý các chất hữu cơ của hệ thống Bách thủy tiên thể hiện rõ ưu thế khi so sánh với lô đối chứng qua cả hai chỉ tiêu BOD_5 và COD (Hình 5a).

Đối với BOD_5 , hiệu suất xử lý dao động từ 41% - 52,5% (trung bình 48,1%), trong khi lô đối chứng chỉ đạt 26,8% - 40,5% (trung bình 33,5%). Tương tự, hiệu



Hình 5. Hiệu suất xử lý BOD₅, COD (a) và TN, TP (b) qua các đợt

suất loại bỏ COD của nghiệm thức Bách thủy tiên cũng duy trì ở mức khá và ổn định, dao động trong khoảng 37% - 58,3% (trung bình đạt 46,4%), cao hơn so với lô đối chứng (26,1%÷35,3%). Sự ổn định và hiệu quả này khẳng định vai trò quan trọng của hệ thống rễ - vi sinh vật trong việc phân hủy chất hữu cơ. Môi trường hiếu khí được duy trì liên tục quanh vùng rễ đã tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình oxy hóa sinh học, đồng thời cây còn trực tiếp hấp thụ một phần sản phẩm phân hủy làm nguồn dinh dưỡng. So sánh với nghiên cứu trước đó, kết quả của nghiên cứu này khá tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây về loài cây Bách thủy tiên, đạt hiệu suất xử lý COD trong khoảng 38% - 65,6%, tùy thuộc vào mật độ cây/bè (Nguyễn Tiến Đạt & cs, 2025).

3.2.2. Hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng (TN và TP): Hiệu quả loại bỏ các chất dinh dưỡng của hệ thống Bách thủy tiên cho thấy tiềm năng rất lớn, với hiệu suất

xử lý TN dao động từ 65,1÷74,1 (trung bình 70,8%) và TP duy trì trong khoảng 57,8÷80,2% (trung bình 68,5%), cao hơn hẳn so với lô đối chứng có hiệu suất xử lý TN, TP trung bình đạt 38,3% và 40,9% (Hình 5b). Hiệu quả này đến từ hai cơ chế chính: Thứ nhất là sự hấp thụ trực tiếp của cây để tạo sinh khối, điều đó được thể hiện rõ qua mối tương quan thuận giữa mật độ trồng và hiệu suất xử lý. Cụ thể, với mật độ 14 cây/m², hiệu suất xử lý TP của nghiên cứu này là 68,5%, thấp hơn so với các nghiên cứu thí nghiệm có mật độ cây Bách thủy tiên dày hơn (18 cây/m²), lần lượt là 80% và 85% (Đào Hoàng Nam & cs., 2023; Nguyễn Tiến Đạt & cs., 2025). Thứ hai là quá trình sinh - hóa diễn ra trong môi trường nước, cụ thể là phản ứng nitrat hóa - khử nitrat và hấp phụ - kết tủa photpho. So sánh về hiệu quả xử lý giữa hai nhóm chất, trong nghiên cứu này, hiệu suất xử lý các chất dinh dưỡng luôn cao hơn đáng kể so với chất hữu cơ. Nguyên nhân chính là do trong thiết kế



Hồ Tiên Nga

thí nghiệm, hệ thống bè nổi không có chất nền, trong khi cơ chế loại bỏ COD chủ yếu là quá trình lọc và giữ lại chất rắn bởi chất nền (Ngô Thúy Diễm Trang & Hans Brix, 2012). Ngoài ra, một kết quả đáng chú ý từ Hình 5 là sự suy giảm hiệu suất xử lý của các chỉ tiêu trong đợt 4, xu hướng này xuất hiện đồng thời ở cả nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên và đối chứng. Nguyên nhân có thể do tác động của các yếu tố môi trường nói chung lên toàn hệ thống, bao gồm: (i) Sự xuất hiện của độ muối 4‰ của nước hồ đầu vào do ảnh hưởng của thủy triều; (ii) Nhiệt độ môi trường giảm thấp vào mùa đông. Tuy nhiên, giả thuyết trên cần được kiểm chứng bằng các thí nghiệm trong tương lai.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ thống bè nổi trồng Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) đã xử lý hiệu quả nước hồ Tiên Nga, giúp cải thiện các chỉ số như DO, pH, độ đục và đạt hiệu suất loại bỏ trung bình 48,1% BOD₅, 46,4% COD, 70,8% TN, 68,5% TP. Đáng chú ý, nồng độ TP sau xử lý đã đáp ứng chuẩn B của QCVN 08:2023/BTNMT (mức chất lượng nước trung bình), tuy nhiên, hiệu suất xử lý chất hữu cơ và TN vẫn cần được cải thiện hơn nữa. Do đó, những nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào việc tối ưu hóa các thông số vận hành (mật độ cây, thời gian lưu nước), đánh giá khả năng kết hợp với nhiều loài thực vật khác, đặc biệt là cần khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn đến hiệu quả xử lý nước hồ của cây Bách thủy tiên để đánh giá toàn diện tác động theo mùa và yếu tố thủy triều - một nét đặc trưng của nhiều hồ đô thị tại Hải Phòng.

Dù còn một số hạn chế, kết quả của nghiên cứu đã góp phần bổ sung thêm những luận cứ khoa học quan trọng, khẳng định tiềm năng ứng dụng của Bách thủy tiên trong việc cải tạo, phục hồi các thủy vực nội thành đang chịu áp lực ô nhiễm tương tự tại Hải Phòng cũng như các đô thị khác ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn tới Đề tài “Nghiên cứu và thử nghiệm mô hình xử lý nước và tạo cảnh quan sinh thái bằng hệ thống thực vật thủy sinh cho một số hồ tại TP. Hải Phòng”, ĐT.MT.2022.931 đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Thị Hồng Vân, Lê Thị Hương, Nguyễn Thị Kim Nga, Trịnh Thị Thu Thủy (2022). Đánh giá chất lượng nước mặt trên địa bàn TP. Hải Phòng năm 2021 bằng phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước. *Tạp chí Môi trường*, IV, trang 26 - 32.
2. Ahmad J et al. (2017). Screening of tropical native aquatic plants for polishing pulp and paper mill final effluent. *Malaysian J Anal Sci*;21(1):105-12.

3. Arivukkarasu, D., Sathyanathan, R., (2023). Floating wetland treatment an ecological approach for the treatment of water and wastewater-A review. *Mater. Today: Proc.* 77, 176-181.
4. Võ Thị Phương Thảo, Lâm Nguyễn Ngọc Như, Nguyễn Thị Diễm My, Trần Thị Huỳnh Thơ, Lâm Chí Khang, Trương Công Phát, Đào Hoàng Nam, Ngô Thụy Diễm Trang (2023). Đánh giá khả năng đáp ứng sinh trưởng của năm loài hoa kiểng trồng thủy canh trong nước thải đô thị. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*. Số 2, trang 58 - 68.
5. Nguyễn Tiến Đạt, Võ Thị Phương Thảo, Quách Ngọc Ngân Khánh, Phạm Văn Nhiệm, Trần Lê Minh Luân, Trần Hải Anh, Ngô Thụy Diễm Trang (2025). Ảnh hưởng của mật độ cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) đến khả năng sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải đô thị. *Tạp Chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 23 (4), trang 420 - 429.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. QCVN 08:2023/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.
7. Brix, H. (2003). Plant used in constructed wetland and their function. *The 1st International Seminar on “The Use of Aquatic Macrophytes for Wastewater Treatment in Constructed Wetland”*. Hosted by ICN and INAG, Portugal, 81-02.
8. Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands? *Water Science & Technology*, 35, 11-17.
9. Feng, L., He, S., Yu, H., Zhang, J., Guo, Z., Wei, L., Wu, H., (2022). A novel plant-girdling study in constructed wetland microcosms: insight into the role of plants in oxygen and greenhouse gas transport. *Chem. Eng. J.* 431, 133911.
10. Ngô Thụy Diễm Trang & Hans Brix (2012). Hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của hệ thống đất ngập nước kiến tạo nền cát vận hành với mức tải nạp thủy lực cao. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, trang 161 - 171.
11. Yousaf, A., Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A., Naeem, N., Sarfraz, W., Ejaz, U., Qaiser, Z., & Khalid, A. (2021). Nitrogen Dynamics in Wetland Systems and Its Impact on Biodiversity. *Nitrogen*, 2(2), 196-217.
12. Reddy, K.R., (2008). Biogeochemistry of Wetlands, Science and Applications. Phosphorus Cycling Processes.
13. Đào Hoàng Nam, Lâm Chí Khang, Lâm Nguyễn Ngọc Như, Võ Thị Phương Thảo, Trần Thị Huỳnh Thơ, Nguyễn Thị Diễm My, Trương Công Phát & Ngô Thụy Diễm Trang (2023). Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt đô thị của cây Chuối hoa (*Canna generalis*) và Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*). *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 445, trang 78 - 86.



HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT QUY MÔ CỤM DÂN CƯ ĐÁP ỨNG CÁC TIÊU CHÍ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG NÔNG THÔN MỚI TẠI XÃ MAI CHÂU, PHÚ THỌ

ĐÀO VĂN THÔNG¹, ĐẶNG THỊ PHƯƠNG LAN¹, CÙ THANH PHÚC¹, ĐINH XUÂN TÙNG¹, BÙI THỊ LAN HƯƠNG¹, ĐẶNG ANH MINH¹, ĐỖ THỊ HỒNG DUNG¹, NGUYỄN ĐỨC HIẾU¹, MAI VĂN TRỊNH¹

¹Viện Môi trường Nông nghiệp

Tóm tắt

Nghiên cứu trình bày kết quả thiết kế, xây dựng và đánh giá hiệu quả của hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt (NTSH) quy mô cụm dân cư tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ. Mô hình được áp dụng cho 20 hộ dân (44 nhân khẩu) với công suất xử lý khoảng 5 m³/ngày, gồm các mô-đun: Bể tách dầu mỡ, bể kỵ khí, bể hiếu khí, bể khử trùng và bể lắng - lọc. Vật liệu chế tạo là composite cốt sợi thủy tinh (FRP) có ưu điểm nhẹ, bền, chống ăn mòn, dễ chế tạo và lắp đặt tại khu vực nông thôn. Kết quả quan trắc sau 3 tháng vận hành cho thấy nước thải sau xử lý đạt QCVN 14:2008/BTNMT (cột B), với hiệu suất loại bỏ BOD₅, COD, TSS đạt 70 - 90% và Coliforms đạt trên 95%. Hệ thống giúp cải thiện chất lượng nước thải đầu ra, giảm thiểu ô nhiễm môi trường nước mặt và nước ngầm, đồng thời có thể tái sử dụng nước sau xử lý cho tưới cây, rửa đường và cải tạo cảnh quan. Ngoài ra, mô hình có nhiều ưu điểm: Chi phí đầu tư thấp, vận hành đơn giản, phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội nông thôn; thời gian lắp đặt ngắn (3 - 5 ngày); dễ dàng nhân rộng cho 15 - 50 hộ dân. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ thống là giải pháp khả thi để đáp ứng tiêu chí môi trường trong xây dựng nông thôn mới, góp phần BVMT, nâng cao sức khỏe cộng đồng và hỗ trợ phát triển du lịch sinh thái bền vững.

Từ khóa: Xử lý NTSH, cụm dân cư nông thôn, bể kỵ khí, QCVN 14:2008/BTNMT.

Ngày nhận bài: 2/7/2025; Ngày sửa chữa: 5/8/2025; Ngày duyệt đăng: 20/9/2025.

A decentralized domestic wastewater treatment system to meet environmental criteria of the new rural commune program in Mai Chau, Phu Tho

Abstract

This study presents the design, construction, and effectiveness evaluation of a domestic wastewater treatment system at the residential cluster scale in Na Chiềng Hamlet, Mai Chau District, Phu Tho Province. The model was applied to 20 households (44 inhabitants) with a treatment capacity of approximately 5 m³/day, comprising several modules: a grease trap, an anaerobic tank, an aerobic tank, a disinfection unit, and a sedimentation-filtration unit. The system was fabricated from fiber-reinforced composite (FRP), which has advantages of being lightweight, durable, corrosion-resistant, and easy to manufacture and install in rural areas. Monitoring results after three months of operation showed that the treated effluent met QCVN 14:2008/BTNMT (Column B), with removal efficiencies of 70 - 90% for BOD₅, COD, and TSS, and more than 95% reduction in Coliforms. The system improved effluent quality, reduced pollution of surface and groundwater sources, and allowed reuse of treated water for irrigation, road washing, and landscaping. The model offers several advantages: low investment cost, simple operation, suitability for rural socio-economic conditions, short installation time (3 - 5 days), and scalability for 15 - 50 households. The results demonstrate that this system is a feasible solution to meet environmental criteria in the new rural development program, contributing to environmental protection, improving public health, and supporting sustainable eco-tourism development.

Keywords: Domestic wastewater; rural residential cluster; anaerobic tank; QCVN 14:2008/BTNMT.

JEL Classifications: O13, O44, P18.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, cùng với tiến trình công nghiệp hóa - hiện đại hóa và chương trình xây dựng nông thôn mới, đời sống kinh tế - xã hội ở khu vực nông thôn Việt Nam, trong đó có tỉnh Hòa Bình (nay là tỉnh Phú Thọ), đã có nhiều cải thiện rõ rệt. Tuy

nhiên, sự gia tăng dân số, phát triển sản xuất, dịch vụ và du lịch cộng đồng lại kéo theo lượng NTSH phát sinh ngày càng lớn, trong khi hệ thống thu gom, xử lý tập trung ở vùng nông thôn, đặc biệt miền núi, gần như chưa tồn tại. Hiện nay, phần lớn nước thải từ hộ gia đình và cụm dân cư chỉ được xử lý sơ bộ qua hầm

tự hoại hoặc hầm biogas (đối với hộ chăn nuôi) trước khi xả trực tiếp ra môi trường, dẫn tới ô nhiễm nguồn nước cụ thể: Báo cáo môi trường quốc gia năm 2023 cho thấy các năm 2020 - 2022 ghi nhận dấu hiệu ô nhiễm bởi chất hữu cơ và dinh dưỡng, giá trị các thông số COD, BOD₅ và amoni đã chạm hoặc vượt nhẹ giá trị giới hạn của QCVN 08-MT:2015/BTNMT (cột A2) nước ngầm.

Theo Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới (NTM) giai đoạn 2021 - 2025, tiêu chí môi trường về NTSH được quy định cụ thể theo từng mức độ đạt chuẩn. Đối với xã đạt chuẩn NTM nâng cao yêu cầu tỷ lệ hộ gia đình thực hiện thu gom, xử lý nước thải sinh hoạt bằng biện pháp phù hợp, hiệu quả đạt tối thiểu 25% đối với vùng Trung du và miền núi phía Bắc và hơn 50% đối với vùng đồng bằng sông Hồng.

Tuy nhiên, trong quá trình triển khai tiêu chí môi trường về NTSH tại khu vực nông thôn, nhiều khó khăn và thách thức vẫn còn tồn tại. Trước hết, hạ tầng kỹ thuật còn hạn chế khi phần lớn các xã chưa có hệ thống xử lý tập trung, cống rãnh thoát nước thiếu đồng bộ và thường xuyên xuống cấp, gây ú đọng, ô nhiễm cục bộ. Bên cạnh đó, nguồn lực đầu tư cho công trình xử lý còn hạn hẹp trong khi chi phí xây dựng, vận hành khá lớn; chưa có nhiều mô hình công nghệ xử lý quy mô nhỏ, chi phí thấp phù hợp điều kiện nông thôn. Về mặt xã hội, nhận thức của người dân còn hạn chế, nhiều hộ vẫn xả thải trực tiếp ra môi trường, tỷ lệ hộ có công trình xử lý hợp vệ sinh đạt chuẩn còn thấp. Công tác quản lý, giám sát chất lượng nước thải tại cấp xã, thôn chưa chặt chẽ, thiếu thiết bị quan trắc, thiếu nhân lực chuyên môn và cơ chế chế tài đủ mạnh. Ngoài ra, sự phát triển của làng nghề và du lịch cộng đồng làm khối lượng nước thải phát sinh ngày càng lớn, nhiều nơi thải lẫn chất thải sinh hoạt và sản xuất, gây khó khăn cho xử lý. Đặc biệt, việc đáp ứng quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (QCVN 14:2008/BTNMT) còn là thách thức do các công nghệ tiên tiến cần chi phí cao, trong khi chưa phổ biến được giải pháp công nghệ đơn giản, dễ vận hành và phù hợp với điều kiện nông thôn.

Trong thực tiễn, một số công nghệ đã chứng minh được tính phù hợp và khả năng đáp ứng yêu cầu xử lý NTSH nông thôn như bể tự hoại cải tiến kết hợp lọc kỵ khí, bãi lọc trồng cây nhân tạo, hồ sinh học, mương oxy hóa, bể lọc sinh học nhỏ giọt và mô hình biogas kết hợp xử lý nước thải chăn nuôi - sinh hoạt... (Trần Đức Hạ, 2018). Các giải pháp này có ưu điểm là chi phí đầu tư và vận hành thấp, dễ áp dụng tại hộ gia đình hoặc cụm dân cư nhỏ, đồng thời thân thiện môi trường và ít đòi hỏi kỹ thuật phức tạp. Ngược lại, các công nghệ truyền thống như bể tự hoại 2 ngăn chỉ xử lý sơ bộ, nước thải sau xử lý chưa đạt quy chuẩn

QCVN 14:2008/BTNMT, trong khi các công nghệ tiên tiến như MBR, SBR, AAO hay các phương pháp hóa - lý tuy cho hiệu quả cao nhưng chi phí đầu tư, vận hành lớn, đòi hỏi kỹ thuật chuyên môn và quản lý tập trung nên khó áp dụng rộng rãi tại nông thôn.

Khảo sát của Viện Môi trường Nông nghiệp (2024) cho thấy, tình trạng thu gom và xử lý nước thải (1) thiếu hệ thống thu gom nước thải tập trung: Đa phần nước thải không được thu gom mà xả thẳng ra môi trường. (2) Bể tự hoại không đạt chuẩn: Khoảng 60-70% hộ gia đình có bể tự hoại nhưng nhiều bể bị rò rỉ hoặc không đảm bảo xử lý hiệu quả. (3) Ô nhiễm môi trường nghiêm trọng: Nước thải chưa qua xử lý làm ô nhiễm sông, suối, ao hồ, làm gia tăng tỷ lệ bệnh tật, suy giảm chất lượng cuộc sống (Đặng Phương Lan, 2024). Chính vì vậy, với nghiên cứu xây dựng hệ thống xử lý NTSH cho cụm dân cư cấp thôn ở quy mô nhỏ để vận hành nhằm giải quyết ô nhiễm, nâng cao chất lượng sống và phát triển du lịch bền vững.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Thôn Nà Chiềng, xã Nà Phòn, huyện Mai Châu, tỉnh Hòa Bình (nay là thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ).

Quy mô: 20 hộ dân.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp lấy mẫu phân tích chất lượng NTSH nông thôn trước và sau xử lý theo TCVN 6663-1:2011 - Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 1: Hướng dẫn lập chương trình lấy mẫu và kỹ thuật lấy mẫu.

Phương pháp phân tích mẫu nước thải: Các chỉ tiêu theo QCVN 14:2008/BTNMT bao gồm: TCVN 6492-1999 (ISO 10523-1994) - Chất lượng nước cụ thể.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế mô hình

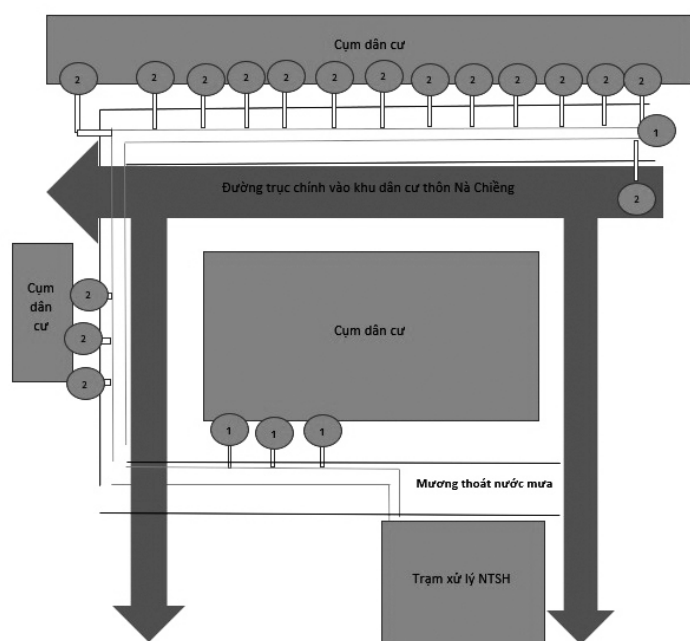
3.1.1. Thiết kế hệ thống thu gom NTSH

Kết quả khảo sát địa hình cho thấy, cụm dân cư được lựa chọn tham gia mô hình nằm trên trục đường chính đi vào khu chợ và điểm du lịch cộng đồng thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ. Cảnh trực đường chính này có mương thoát nước mưa đã được địa phương xây dựng bằng gạch, đá và bê tông hóa một phần. Chức năng của mương thoát nước mưa này là một phần của hệ thống tiêu thoát nước mưa của toàn bộ khu dân cư thuộc thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu.

Hiện trạng NTSH của cụm dân cư được lựa chọn triển khai mô hình được xả thải trực tiếp xuống mương thoát nước mưa này; NTSH của dân cư được trộn với nước mưa chày ra làm ô nhiễm môi trường xung quanh.

Dựa trên kết quả khảo sát địa hình thực tế và làm việc trực tiếp với đại diện chính quyền địa phương (đại diện là trưởng thôn Nà Chiềng và UBND xã Mai

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
1	pH	TCVN 6001-1995 (ISO 5815-1989)
2	BOD ₅	Cấy và pha loãng; TCVN 6625-2000 (ISO 11923-1997)
3	TSS	Lọc qua cái lọc sợi thủy tinh; TCVN 6053-1995 (ISO 9696-1992)
4	Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	TCVN 4567-1988
5	Sunphua và sunphát	TCVN 5988-1995 (ISO 5664-1984)
6	Amoni	Phương pháp chưng cất và chuẩn độ; TCVN 6180-1996 (ISO 7890-3-1988)
7	Nitrat	TCVN 6180-1996 (ISO 7890-3-1988) - Chất lượng nước - Xác định nitrat - Phương pháp trắc phổ dùng axit sunfosalixylic
8	Xác định chất hoạt động bề mặt Anion	Đo phổ Metylen xanh; TCVN 6494-1999
9	ion Florua, Clorua, Nitrit, Orthophotphat, Bromua, Nitrat và Sunfat hòa tan	Bảng sắc ký lỏng ion; TCVN 6187-1-1996 (ISO 9308-1-1990)
10	Phát hiện và đếm vi khuẩn coliform, vi khuẩn coliform chịu nhiệt và Escherichia coli giả định	Phần 1: Phương pháp màng lọc; TCVN 6187-2:1996 (ISO 9308-2:1990) Chất lượng nước Phần 2: Phương pháp nhiều ống; Phương pháp xác định tổng dầu mỡ thực hiện theo US EPA Method 1664 Extraction and gravimetry (Oil and grease and total petroleum hydrocarbons)



Hình 1. Thiết kế sơ đồ mặt bằng bố trí hệ thống thu gom NTSH của mô hình

Châu) và các hộ dân tham gia dự án; nhóm nghiên cứu thiết kế phương án hệ thống thu gom NTSH được thiết kế đặt rìa đường nằm trong lòng của mương thoát nước mưa, vị trí đặt đường ống cao hơn so với hiện trạng của hệ thống xử lý nước thải đảm bảo cho dòng chảy của NTSH tự chảy vào hệ thống xử lý nước thải, đồng thời thu gom được toàn bộ NTSH của các hộ dân tham gia mô hình.

- Trục thu gom nước thải:

Thiết kế gồm đường trục chính thu gom toàn bộ NTSH của 20 hộ dân của cụm dân cư sinh sống trên địa bàn. Qua quá trình khảo sát địa hình, nhóm nghiên cứu thiết kế toàn bộ đường ống thu gom theo nguyên tắc nước tự chảy, tạo mỗi điểm đầu và điểm cuối của đường ống có độ dốc chênh lệch 5 - 10%.

+ Tuyến 1: Đường trục chính có chiều dài 130 m đến đoạn ngã ba của cụm dân cư được đặt cút 900 rẽ trái sang đường rẽ vào sân vận động và nhà văn hóa của thôn.

+ Tuyến 2: Từ ngã ba rẽ đoạn ống thi công có tổng chiều dài 40 m đến cửa nhà văn hóa thôn.

+ Tuyến 3: Từ ngã cửa nhà văn hóa thôn, đặt cút 900 để nối đường ống thu gom về trạm xử lý NTSH của cụm dân cư. Toàn bộ chiều dài của tuyến này là 80 m.

Thiết kế từ đầu tuyến 1 đến cuối tuyến 1 độ dốc chênh lệch 10%; từ đầu tuyến 2 đến cuối tuyến 2 độ dốc chênh lệch 7% và từ đầu tuyến 3 đến cuối tuyến 3 độ dốc chênh lệch 5%. Đường trục chính được thiết kế bằng ống nhựa PVC, đường kính ống là 160 mm.

Các tuyến đường ống thu gom nước thải được thiết kế đặt trên mép rãnh thoát nước mưa của toàn bộ cụm dân cư. Đường ống được thiết kế cố định trực tiếp vào bờ tường của rãnh thoát nước này.

- Trục thi gom nước từ các hộ dân: Trên các tuyến thu gom nước thải từ các hộ dân được thiết kế các T nối ống; các T nối ống có đường kính 160 mm thu

Ghi chú: 1- Đường trục chính thu gom nước thải của toàn bộ 20 hộ dân; 2 - Đường nối thu gom NTSH từ các điểm xả thải nước sinh hoạt của 20 hộ dân đến đường thu gom NTSH của cụm dân cư

về các đường gom đường kihs ống 110 mm. Các đường gom này được đấu nối với vị trí xả thải nước sinh hoạt của từng hộ dân.

+ Tuyến 1: Đấu nối với đường xả thải nước sinh hoạt của 14 hộ dân.

+ Tuyến 2: Đấu nối với đường xả thải nước sinh hoạt của 3 hộ dân.

+ Tuyến 3: Đấu nối với đường xả thải nước sinh hoạt của 3 hộ dân (Hình 1).

3.1.2. Thiết kế hệ thống xử lý NTSH

(1) Hiện trạng NTSH của 20 hộ dân:

- Nguồn phát sinh: NTSH tại cụm dân cư chủ yếu từ các hoạt động tắm giặt, nấu nướng, vệ sinh của hộ gia đình; ngoài ra còn có nước thải từ dịch vụ nhỏ (ăn uống, du lịch cộng đồng) và chăn nuôi hộ gia đình.

- Quy mô dân cư: Cụm dân cư thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ gồm khoảng 20 hộ dân với khoảng 44 nhân khẩu.

- Lượng thải: Trung bình mỗi người thải 60 - 100 lít/ngày, tổng lưu lượng ước tính khoảng 2,64 m³ đến 4,4 m³/ngày, đêm.

(2) Thiết kế hệ thống:

Dựa trên nguyên lý hoạt động của hệ thống xử lý NTSH và tổng lưu lượng tối đa cho 20 hộ lên đến 4,4 m³/ngày, đêm, nhóm nghiên cứu đã thiết kế hệ thống xử lý nước thải với công suất 5 m³/ngày, đêm, toàn bộ hệ thống xử lý NTSH của cụm dân cư là 73 m³, trong đó (Bảng 1):

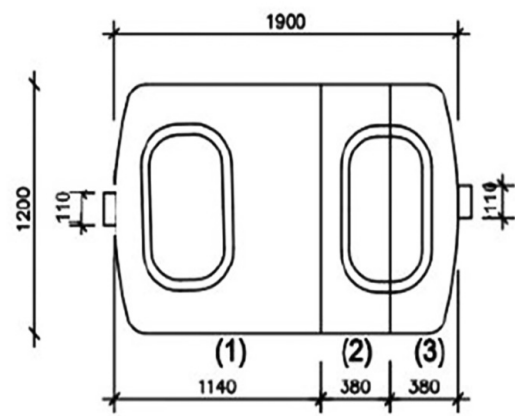
Các bể được thiết kế dạng hình trụ nằm ngang, vật liệu chế tạo là composite + sợi thủy tinh, ưu điểm của hệ thống bể thiết kế là dễ dàng thi công, lắp đặt.

+ Thiết kế bể tách dầu mỡ

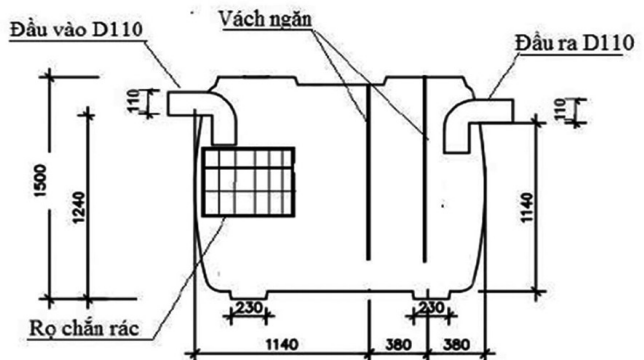
Thiết kế bể tách dầu mỡ gồm 2 ngăn chính có 2 cửa mở riêng biệt. Ngăn chứa rác, ngăn lọc mỡ và ngăn chứa nước sạch. NTSH có chứa một lượng dầu, mỡ tương đối lớn sẽ được đưa vào ngăn chứa thứ nhất thông qua sọt rác được thiết kế bên trong, cho phép giữ lại các chất bẩn như các loại thực phẩm, đồ ăn thừa, xương hay các loại tạp chất khác... có trong nước thải. Chức năng này giúp cho bể tách mỡ làm việc ổn định mà không bị nghẹt rác. Sau đó nước thải đi sang ngăn thứ hai, ở đây thời gian lưu dài đủ để mỡ, dầu nổi lên mặt nước. Còn phần nước trong sau khi mỡ và dầu đã tách ra lại tiếp tục đi xuống đáy bể và chảy ra ngoài. Lớp dầu mỡ sẽ tích tụ dần dần và tạo lớp váng trên bề mặt nước, định kỳ chúng ta xả van để loại bỏ lớp dầu mỡ. Nước thải sau bể tách dầu mỡ sẽ được đưa về khu xử lý NTSH. Tại ngăn thứ 2, được coi như một điểm

Bảng 1. Danh mục các hạng mục của hệ thống xử lý nước thải cụm dân cư thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ

STT	Loại bể	Số lượng (bể)	Dung tích (m ³)	Chức năng
1	Bể tách dầu mỡ	1	3	Tách dầu mỡ NTSH
2	Bể kỵ khí	6	42	Xử lý kỵ khí NTSH
3	Bể hiếu khí	2	14	Xử lý hiếu khí NTSH
4	Bể lắng lọc	1	7	Lắng, lọc các chất hữu cơ
5	Bể khử trùng	1	7	Diệt khuẩn



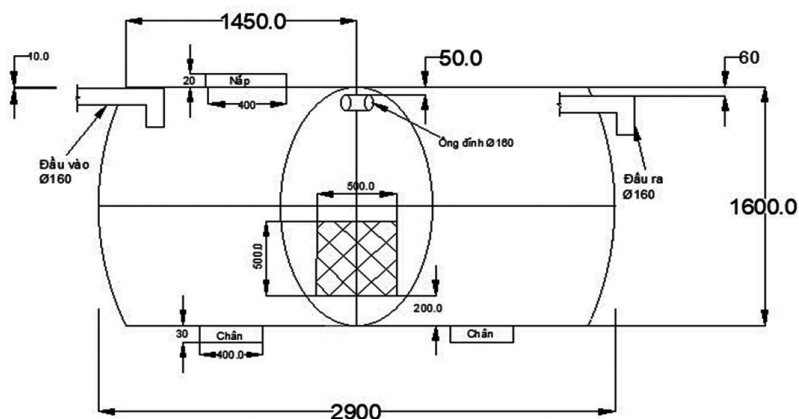
Hình 2. Bản vẽ thiết kế bể tách dầu mỡ dung tích 3 m³



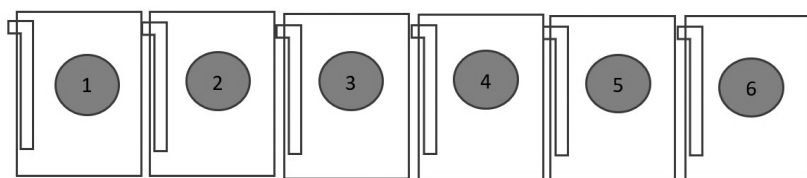
Hình 3. Bản vẽ mặt cắt đứng thiết kế bể tách dầu mỡ dung tích 3 m³

của bể điều hòa để xác định các thông số của nước thải cần xử lý, đặc biệt là điều kiện pH của nước thải. Để xác định điều kiện pH của nước thải có phù hợp hay không, cần kiểm tra điều kiện và bổ sung các yếu tố axit hoặc kiềm để đảm bảo nước thải đạt trung tính trước khi vào hệ thống xử lý (Hình 2,3).

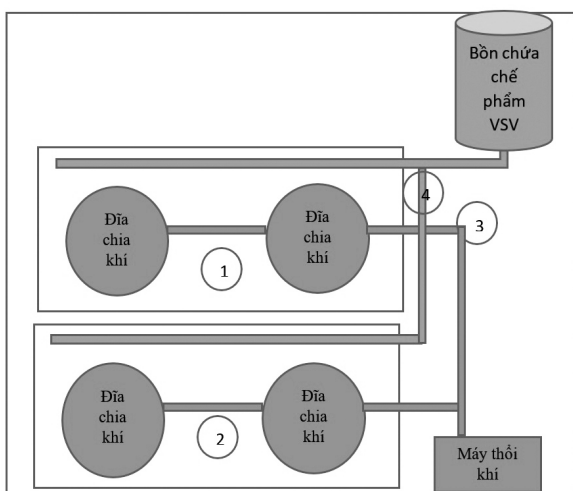
+ Thiết kế modul bể xử lý NTSH kỵ khí. Mô đun xử lý NTSH kỵ khí được thiết kế gồm 6 bể compssite được mắc nối tiếp với nhau bằng đường ống Ø160 mm. Các bể được thiết kế giống nhau và thực hiện các chức năng theo các công đoạn xử lý (Hình 4).



Hình 4. Thiết kế mặt cắt đứng bể composite dung tích 7 m³



Hình 5. Thiết kế mô hình modul 6 bể kỵ khí xử lý NTSH



Hình 6. Thiết kế modul 2 bể hiếu khí của hệ thống xử lý hiếu khí

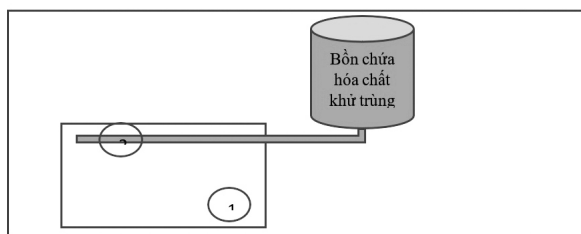
Ghi chú:

- 1- Bể hiếu khí số 1;
- 2- Bể hiếu khí số 2;
- 3- đường ống cấp khí vào hệ thống

Hình 7. Thiết kế hệ thống khử trùng

Ghi chú:

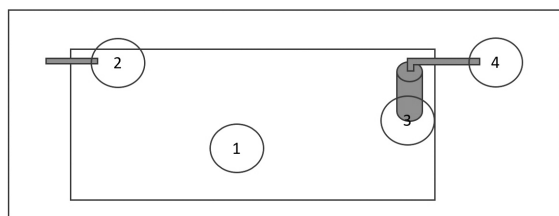
- 1- Bể khử trùng;
- 2- Đường ống cung cấp hóa chất khử trùng



Hình 8. Modul lắng lọc NTSH

Ghi chú:

- 1- Bể lắng lọc;
- 2- Đường cấp nước từ bể khử trùng;
- 3- Cột lọc ngược;
- 4- Đường xả thải ra môi trường



Mô đun 6 bể kỵ khí được mắc nối tiếp nhau, nước thải từ trực chính được chảy vào bể thứ nhất xuống tận đáy bể, sau đó được nối tiếp với bể thứ 2. Nước thải từ bể thứ nhất sang bể thứ 2 cũng được đưa xuống tận đáy bể, tương tự như thế các bể từ thứ 3 đến thứ 6 dòng nước thải được mắc nối tiếp nhau và đi theo nguyên lý nước vào từ dưới đáy bể (Hình 5).

+ Thiết kế modul hệ thống xử lý NTSH hiếu khí:

Mô đun xử lý NTSH hiếu khí được thiết kế gồm 2 bể compssite được mắc nối tiếp với nhau bằng đường ống Ø160 mm. Các bể được thiết kế giống nhau và có kích thước, hình dạng và kích thước, thiết kế giống như bể kỵ khí. Tại modul này, nhóm nghiên cứu thiết kế thêm bộ sục khí nhằm bổ sung ôxy vào trong quá trình xử lý. Mỗi bể được lắp đặt 2 đĩa chia khí và hệ thống cung cấp chế phẩm vi sinh vật vào từng bể (Hình 6).

+ Hệ thống khử trùng

Mô đun khử trùng NTSH sau xử lý được thiết kế gồm 1 bể composite được mắc nối tiếp với hệ thống xử lý hiếu khí bằng đường ống Ø160 mm. Bể được thiết kế giống nhau và có kích thước, hình dạng và kích thước, thiết kế giống như bể kỵ khí. Tại modul này, nhóm nghiên cứu thiết kế thêm hệ thống đường ống bổ sung hóa chất khử trùng (Hình 7).

+ Hệ thống lắng lọc

Mô đun lắng, lọc NTSH sau xử lý được thiết kế gồm 1 bể compssite được mắc nối tiếp với hệ thống khử trùng bằng đường ống Ø160 mm. Bể được thiết kế giống nhau và có kích thước, hình dạng, kích thước, thiết kế giống như bể kỵ khí. Tại modul này, nhóm nghiên cứu thiết kế thêm cột lọc nước trước khi thải ra môi trường.

Cột lọc được thiết kế có cấu trúc hình trụ, được đấu nối trực tiếp tại đường ống thoát ra môi trường. Cột lọc được thiết kế kiểu lọc ngược, nước thải được xả vào phá trên của bể sau đó lắng trong bể, phần nước trong sẽ thấm thấu qua cột lọc xả ra ngoài môi

trường, các chất cặn lắng sẽ lắng đọng lại trong bể (Hình 8).

3.2. Đánh giá hiệu quả của mô hình

3.2.1. Chất lượng NTSH sau xử lý

Sau khi hoàn thành các hạng mục thi công của hệ thống xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ, nhóm nghiên cứu tiến hành vận hành hệ thống xử lý NTSH của cụm dân cư. NTSH được lấy mẫu trước khi xử lý và sau khi xử lý xả thải ra môi trường. Kết quả phân tích chất lượng nước thải trước và sau khi xử lý được tập hợp như Bảng 2.

Kết quả phân tích số liệu Bảng 2 cho thấy, các chỉ tiêu về NTSH tại trạm xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ trước và sau xử lý để có sự khác biệt rõ rệt. 10/11 chỉ tiêu về chất lượng nước thải trước xử lý đều cao hơn rất nhiều so với quy định theo QCVN 14: 2008/BTNMT.

Sau khi hệ thống vận hành ổn định, nước thải sau xử lý được lấy 2 lần tại 3 thời điểm khác nhau, kết quả phân tích cho thấy, chất lượng nước thải sau xử lý tại trạm xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ hoàn toàn đáp ứng mức tiêu chuẩn xả thải cột B của QCVN 14: 2008/BTNMT. Các tải lượng ô nhiễm giảm còn 1/3 đến ¼ so với ban đầu: Hàm lượng TSS từ 150,3 mg/kg sau 2 lần lấy mẫu còn 38,4 mg/kg. Tổng chất rắn hòa tan giảm giảm từ 1.120 mg/l xuống còn 458 mg/lít với lần lấy mẫu thứ nhất và 413 mg/l với lần lấy mẫu thứ hai. Hàm lượng NO₃⁻ tính theo N các lần lấy mẫu có tải lượng ô nhiễm giảm dần chứng tỏ càng ngày hệ thống hoạt động càng ổn định và lượng nước ô nhiễm được xử lý hiệu quả hơn theo thời gian. Như vậy, khi qua hệ thống xử lý hàm lượng BOD₅, Tổng chất rắn lơ lửng (TSS), Tổng chất rắn hòa tan (TDS) đều đạt tiêu chuẩn cột A của QCVN 14: 2008/BTNMT. Tương tự, các chỉ tiêu Sunfua (tính theo

Bảng 2. Chất lượng NTSH tại trạm xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ trước và sau xử lý

STT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Kết quả			QCVN 14: 2008/BTNMT	
			Trước xử lý	Sau xử lý 1	Sau xử lý 2	Cột A	Cột B
1	pH	-	7,84	7,42	7,81	5-9	5-9
2	BOD ₅	mg/l	121,50	28,88	27,52	30	50
3	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	150,3	39,7	38,4	50	100
4	Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	mg/l	1.120	458	413	500	1.000
5	Sunfua (tính theo H ₂ S)	mg/l	1,323	0,352	0,312	1	4
6	Amoni (tính theo N)	mg/l	20,5	4,56	3,82	5	10
7	Nitrat (NO ₃ ⁻) tính theo N	mg/l	91,2	25,51	21,14	30	50
8	Phot phat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	35,5	9,69	8,77	10	20
9	Dầu mỡ động, thực vật	mg/l	55,1	4,48	3,94	5	10
10	Tổng các hoạt chất bề mặt	mg/l	24,6	5,73	4,55	6	10
11	Tổng Coliform	MPN/100ml	8.250	2.660	2.120	3.000	5.000

H₂S), Nitrat (NO₃⁻) tính theo N, Phot phat (PO₄³⁻), Dầu mỡ động, thực vật, Tổng các hoạt chất bề mặt và Tổng Coliform đều đạt tiêu chuẩn cột A của QCVN 14: 2008/BTNMT ở cả lần lấy mẫu.

Như vậy, từ tải lượng ô nhiễm đầu tại xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ vào đã khảo sát cho thấy các tải lượng ô nhiễm cao hơn từ 1,2 đến 4 lần so với cột B của QCVN 14: 2008/BTNMT. Sau xử lý qua hệ thống tải lượng ô nhiễm đã giảm và đạt tiêu chuẩn B của QCVN 14: 2008/BTNMT đạt tiêu chuẩn xả thải ra môi trường... Trong Cột B của QCVN 14: 2008/BTNMT quy định giá trị tối đa cho phép trong NTSH khi thải vào các nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt (có chất lượng nước tương đương cột B1 và B2 của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt hoặc vùng nước biển ven bờ). Tuy nhiên, để sử dụng cho các mục đích tưới hoặc các mục đích sử dụng khác hiện nay chưa được luật BVMT cho phép. Vì vậy, trong giới hạn của mô hình này, nhóm nghiên cứu không đề cập đến sử dụng nguồn nước này cho mục đích tưới tiêu trong nông nghiệp (Hình 9).

3.2.2. Đánh giá về chi phí vận hành xử lý NTSH của hệ thống

Sau khi vận hành thử hệ thống, kiểm tra chất lượng nước thải, nhóm nghiên cứu tính toán chi phí vận hành của hệ thống để tính ra chi phí cuối cùng vận hành. Các chi phí vận hành bao gồm: Tiền điện, chế phẩm vi sinh vật, hóa chất khử trùng và công theo dõi vận hành hệ thống. Hệ thống được



Hình 9. Mô hình xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ

Bảng 3. Chi phí vận hành hệ thống xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ

STT	Nguồn tính chi phí	Đơn vị tính	Thành tiền
1	Điện	vnd/m ³	2.013
2	Chế phẩm vi sinh	vnd/m ³	1.500
3	Hóa chất khử trùng	vnd/m ³	800
4	Công vận hành	vnd/m ³	1.333
Tổng			5.646

tính toán khi vận hành đủ công suất thiết kế là 5 m³/ngày, đêm. Kết quả tính toán được tập hợp tại Bảng 3.

Trong đó:

- Điện năng tiêu thụ được tính bằng tổng lượng điện năng tiêu thụ hàng ngày/lượng nước thải được xử lý. Theo thiết kế, hệ thống xử lý sử dụng máy thổi khí công suất 750 w/h. Lượng điện năng tiêu thụ hàng ngày là 750 x 8 giờ/ngày = 6 kw x 1.678 đ/kw = 10.068 đ. Mỗi ngày hệ thống xử lý công suất 5 m³ nước thải, như vậy chi phí điện tiêu thụ tính trên mỗi m³ nước thải là 2.013 vnd.

- Chế phẩm vi sinh vật sử dụng 1 g/m³ nước thải;

- Hóa chất khử trùng sử dụng 10 g/m³ nước thải.

- Công vận hành được tính 200.000 đồng/tháng/tổng lượng NTSH được xử lý; bình quân 1 tháng xử lý được 150 m³ nước thải; chi phí nhân công vận hành hệ thống sẽ là 200.000:150 m³ = 1.333 vnd/m³.

Theo kết quả tính toán, chi phí vận hành của mô hình trung bình là 5.646 đồng/1 m³ nước thải, đây là chi phí vận hành thực tế của mô hình, tuy nhiên, khi mô hình áp dụng đại trà, với công suất thiết kế lớn hơn các chi phí vận hành sẽ giảm đi.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Hệ thống xử lý nước thải tại xã Mai Châu, tỉnh Phú Thọ với công suất 5 m³/ngày/đêm được thiết kế 5 loại bể bao gồm 1 bể tách dầu mỡ, 6 bể kỵ khí, 2 bể kỵ khí, 1 bể lắng lọc và 1 bể khử trùng với tổng thể tích 73 m³.

Mô hình xử lý NTSH nông thôn bằng hệ thống công nghệ xử lý nước thải qua hệ thống kỵ khí kết hợp hiệu

khí đáp ứng được các yêu cầu về hiệu quả xử lý, dễ vận hành, không gây ô nhiễm thứ cấp, chi phí vận hành thấp. NTSH khi qua hệ thống xử lý hàm lượng BOD₅, tổng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng chất rắn hòa tan (TDS), Sunfua (tính theo H₂S), Nitrat (NO₃⁻) tính theo N, Phot phat (PO₄³⁻), Dầu mỡ động, thực vật, Tổng các hoạt chất bề mặt và Tổng Coliform đều đạt tiêu chuẩn cột A của QCVN 14: 2008/BTNMT.

Chi phí vận hành của mô hình xử lý NTSH tại thôn Nà Chiềng, xã Mai Châu, Phú Thọ trung bình là 5.646 đồng/1m³/ngày, đêm. Đây là chi phí tương đối thấp, bà con có thể chấp nhận được để tiếp tục duy trì mô hình.

4.2. Kiến nghị

- Nhân rộng mô hình cho các cụm dân cư khác ở Phú Thọ và các tỉnh miền núi.

- Cần hỗ trợ chính sách và kinh phí từ chương trình nông thôn mới để triển khai bền vững.

- Nghiên cứu tích hợp các công nghệ tái sử dụng nước và sản xuất năng lượng từ bùn thải■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ TN&MT (2008). QCVN 14:2008/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về NTSH. Hà Nội.
2. Bộ NN&PTNT (2021). Quyết định số 318/QĐ-TTg về Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới giai đoạn 2021 - 2025. Hà Nội.
3. Bộ TN&MT, Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia năm 2023: Môi trường Nông thôn, Thực trạng và giải pháp.
4. Trần Đức Hạ (2018). Công nghệ xử lý NTSH phân tán và quy mô nhỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam. NXB Xây dựng, Hà Nội.
5. Đặng Phương Lan và cộng sự (2024) Viện Môi trường Nông nghiệp: Báo cáo tổng kết nhiệm vụ: Xây dựng mô hình thí điểm xử lý nước thải sinh hoạt quy mô hộ gia đình cấp thôn tại tỉnh Hòa Bình - Chương trình mục tiêu Quốc gia xây dựng NTM.



ĐỀ XUẤT NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG VỎ HÀU TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN THỦY SẢN

LÊ VĂN NAM^{1,2*}, CAO THỊ THU TRANG², NGUYỄN THỊ MAI LỰU², NGUYỄN THỊ THU HÀ², NGUYỄN THỊ KIM ANH², TRẦN ANH TỬ², BÙI THỊ MAI HUYỀN², NGUYỄN HỒNG NGỌC³

¹Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển công nghệ cao - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Tại Việt Nam, ngành nuôi trồng và chế biến thủy sản giữ vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế và xuất khẩu, song cũng phát sinh lượng lớn chất thải rắn và nước thải, gây áp lực lên môi trường ven biển. Hàu và các loài nhuyễn thể được nuôi ngày càng nhiều, tạo ra khối lượng lớn vỏ thải hàng năm. Dù một phần được tận dụng trong chăn nuôi hoặc làm rạn san hô nhân tạo, phần lớn vỏ hàu vẫn bị thải bỏ trực tiếp, gây ô nhiễm và lãng phí tài nguyên. Trong bối cảnh tiêu dùng hướng tới sự bền vững và thân thiện môi trường, việc tái chế vỏ hàu mang ý nghĩa thiết thực, vừa giảm thiểu ô nhiễm vừa gia tăng giá trị kinh tế. Với thành phần chính là CaCO₃, vỏ hàu có tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước thải chế biến thủy sản, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường ven biển mà còn tạo hướng đi bền vững cho ngành thủy sản.

Từ khóa: Nước thải, chế biến thủy sản, vỏ hàu.

Ngày nhận bài: 2/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 28/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 16/9/2025.

Research proposal on the use of oyster shells in wastewater treatment from seafood processing

Abstract

In Vietnam, the aquaculture and seafood processing industry plays a vital role in economic growth and exports but also generates large amounts of solid waste and wastewater, putting pressure on coastal environments. Oysters and other mollusks are increasingly farmed, producing substantial shell waste each year. While part of this is reused in animal feed or as artificial reefs, most oyster shells are directly discarded, causing pollution and resource waste. In the context of a shift toward sustainable and environmentally friendly consumption, recycling oyster shells is highly practical, helping to reduce pollution while adding economic value. With calcium carbonate (CaCO₃) as their main component, oyster shells hold strong potential for application in seafood processing wastewater treatment, this contributes to mitigating coastal environmental pollution while also promoting a sustainable pathway for the fisheries industry.

Keywords: Wastewater, seafood processing, oyster shells.

JEL Classifications: O13, O44, P18, Q53.

1. GIỚI THIỆU

Ngành nuôi trồng và chế biến thủy sản đóng góp quan trọng cho kinh tế và nguồn ngoại tệ của đất nước, song cũng gây ra ô nhiễm môi trường do lượng lớn chất thải rắn và nước thải phát sinh trong quá trình sản xuất. Theo Tổng cục Môi trường (2011), quá trình chế biến cá da trơn phát sinh 5 - 7 m³ nước thải cho mỗi tấn sản phẩm, với hàm lượng chất ô nhiễm vượt quy chuẩn cho phép. Nếu không được xử lý, nguồn thải này sẽ tác động tiêu cực đến môi trường sống (Nguyễn Võ Châu Ngân và cộng sự, 2015).

Mức độ ô nhiễm của nước thải từ quá trình chế biến thủy sản thay đổi rất lớn phụ thuộc vào nguyên liệu thô (tôm, cá, mực, bạch tuộc, cua, nghêu, sò...), sản phẩm thay đổi theo mùa vụ và thậm chí ngay trong ngày làm việc, nhất là với dây chuyền chế biến có nồng

độ các chất ô nhiễm rất cao (pH từ 6,5 - 7,0, SS từ 500 - 1.200 mg/l, COD từ 800 - 2.500 mgO₂/l, BOD₅ từ 500 - 1.500 mgO₂/l, tổng N từ 100 - 300 mg/l, tổng P từ 50 - 100 mg/l, dầu và mỡ 250 - 830 mg/l) (Lê Hoàng Việt và cộng sự, 2014). Qua đó cho thấy, nước thải chế biến thủy sản ô nhiễm hữu cơ và có khả năng phân hủy sinh học cao thể hiện qua tỷ lệ BOD/COD, dao động từ 0,6 đến 0,9 (Nguyễn Trung Việt và cộng sự, 2011; Phạm Thị Phương Trinh và cộng sự, 2016). Các phương pháp xử lý nước thải truyền thống như hiếu khí, kỵ khí, sử dụng vi sinh vật hoặc hóa chất thường đòi hỏi chi phí đầu tư và vận hành cao, đồng thời dễ phát sinh bùn thải thứ cấp gây khó khăn cho khâu quản lý môi trường.

Con hàu nói riêng và các loài nhuyễn thể nói chung đang được nuôi trồng nhiều ở các vùng ven biển. Hàng năm trên thế giới có hàng trăm tấn rác thải từ vỏ các



loài động vật nhuyễn thể, trong đó có vỏ hào dẫn đến gánh nặng về môi trường (W.H. Park và cộng sự, 2008). Tại Việt Nam, chỉ riêng sản lượng hào tại 3 tỉnh ven biển Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hóa trung bình khoảng 10.000 - 12.000 tấn/năm. Các tỉnh khác có sản lượng ước tính như sau: Nghệ An 2.000 tấn/năm; Thừa Thiên - Huế 2.500 tấn/năm; Phú Yên 1.800 tấn; Bà Rịa - Vũng Tàu 2.000 tấn; phần lớn các tỉnh ven biển còn lại có sản lượng 500 - 1.500 tấn. Tổng cộng sản lượng hàng năm của Việt Nam 30.000 - 35.000 tấn/hào. Như vậy, lượng vỏ hào hàng năm tương đương 25.500 - 29.700 tấn (Nguyễn Xuân Thi và cộng sự, 2011; Bách khoa Thủy sản, 2007; Nguyễn Xuân Thi, 2019).

Vỏ hào là nguồn phế thải dồi dào từ nuôi trồng và chế biến thủy sản, nếu được tái sử dụng vừa giúp giảm áp lực chất thải rắn vừa hứa hẹn trở thành vật liệu hấp phụ hiệu quả. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh khả năng xử lý kim loại nặng của vỏ hào, song các nghiên cứu ứng dụng để xử lý chất hữu cơ, dinh dưỡng và vi sinh trong nước thải thủy sản còn hạn chế. So với các loài nhuyễn thể khác, hào có sản lượng lớn và vỏ chứa chủ yếu CaCO_3 , dễ chuyển hóa thành CaO và các dẫn xuất có hoạt tính, cho thấy tiềm năng trong xử lý đa dạng chất ô nhiễm. Việc tái chế vỏ hào không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường ven biển mà còn tạo hướng đi bền vững cho ngành thủy sản, mặc dù hiện nay việc sử dụng chủ yếu mới dừng ở chăn nuôi và làm rạn san hô nhân tạo với hiệu quả còn hạn chế. Vì vậy, nghiên cứu tái chế vỏ hào, đặc biệt là cơ chế chuyển hóa CaCO_3 dưới các điều kiện khác nhau, nhằm xử lý nước thải chế biến thủy sản, mang ý nghĩa thực tiễn và triển vọng lớn tại Việt Nam.

2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Trên thế giới

Trên thế giới đã các nghiên cứu tái sử dụng bột vỏ hào làm vật liệu hấp phụ, xử lý ô nhiễm môi trường (Nguyễn Xuân Thái, 2019). Đó là do trong thành phần của vỏ hào chứa CaCO_3 , sau khi được xử lý nó sẽ chuyển về CaO có khả năng xử lý nước thải. Theo nghiên cứu của Darioush Alidoust và cộng sự tại Nhật Bản, các tác giả cho thấy thành phần của vỏ hào tương đối khác, cụ thể: 97,21% CaO ; 0,8% Na_2O ; 0,61% SO_3 ; 0,35% MgO ; 0,39% SiO_2 ; 0,24% SrO ; 0,11% P_2O_5 ; 0,07% K_2O ; 0,11% Al_2O_3 ; 0,09% Fe_2O_3 ; 0,01% TiO_2 và 0,01% MnO (Darioush Alidoust, 2015).

Trong nghiên cứu của Asaad F. Hassan và Radim Hrdina, vỏ hào được nung ở 900°C nhằm chuyển hóa CaCO_3 thành CaO . Trên cơ sở đó, CaO được nghiền mịn và cho phản ứng với axit HNO_3 để tổng hợp $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, đồng thời bổ sung dung dịch H_2PO_4 0,5 M để duy trì pH ổn định trong khoảng 10 - 11. Hỗn hợp sau đó được sấy khô ở 110°C và tiếp tục xử lý trong lò

vi sóng ở 800°C, tạo ra $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ có kích thước nano. Vật liệu nano $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ thu được, được ứng dụng trong quá trình hấp phụ ion thủy ngân, và kết quả cho thấy hiệu suất hấp phụ cũng như khả năng giải hấp phụ đều đạt mức cao, khẳng định tiềm năng sử dụng trong xử lý ô nhiễm kim loại nặng (Asaad F. Hassana và cộng sự, 2018; Nguyễn Xuân Thái, 2019).

Darioush Alidoust và các cộng sự đã xử lý vỏ hào thu từ các nhà hàng tại Nhật Bản bằng cách dùng bàn chải đánh sạch lớp rong rêu bám bên ngoài, sau đó được nghiền vụn rồi tiến hành nung ở các nhiệt độ khác nhau (450°C, 650°C, 750°C, 800°C, 900°C) trong 2 giờ. Sau khi nung, vật liệu được đánh giá khả năng hấp phụ ion cadimi (Cd^{2+}). Kết quả cho thấy vỏ hào nung có hiệu suất và dung lượng hấp phụ Cd^{2+} được cải thiện đáng kể so với vật liệu ban đầu (Darioush Alidoust, 2015; Nguyễn Xuân Thái, 2019).

Trong nghiên cứu của Hsing Yuan Yen cùng cộng sự, các tác giả cho thấy vỏ hào sau khi nung có khả năng hấp phụ ion kim loại niken (Ni^{2+}) rất tốt. Vỏ hào nung ở 900°C có cấu trúc xốp và có nhiều vi lỗ ở trên bề mặt vật liệu. Hiệu suất hấp phụ Ni^{2+} của vỏ hào nung ở 900°C cao hơn hẳn so với vỏ hào nung ở 600°C. Cụ thể, hiệu suất hấp phụ Ni^{2+} của vỏ hào nung ở 600°C là 48,3% còn vỏ hào nung ở 900°C là 99,9% khi khảo sát trong dung dịch pH = 10 và nhiệt độ hấp phụ 60°C (Hsing Yuan Yen và cộng sự, 2015). Liwei Fan cùng các cộng sự đã chế tạo vật liệu composite từ vỏ hào và nano sắt làm vật liệu hấp phụ ion asen As^{3+} . Vật liệu này có hiệu suất hấp phụ As^{3+} đạt 96,5% khi khảo sát trong dung dịch pH = 6,8; nhiệt độ 20°C, nồng độ As^{3+} ban đầu 1,8ppm, thời gian hấp phụ 24 giờ (Liwei Fan và cộng sự, 2015).

Trên cơ sở phân tích đặc tính hấp phụ của vỏ hào, Huang, Mian-Li và cs đã nghiên cứu xử lý nước thải chứa photpho bằng vỏ hào và ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình loại bỏ photpho trong nước thải. Phương pháp XRD (X-ray Diffraction) được sử dụng để xác định các pha kết tinh, cho thấy thành phần chính của vỏ hào là CaCO_3 . Khi nhiệt độ tiến xử lý đạt 800°C, một phần CaCO_3 bị phân hủy thành CaO . Khi tăng nhiệt độ, lượng CaO tăng dần. Tiến xử lý đã kích hoạt canxi, do đó làm tăng đáng kể sự hấp thụ photpho trong nước thải (Huang và cộng sự, 2010).

Tại Hàn Quốc, Jae-Hoon Huh và cs đã nghiên cứu sử dụng bột vỏ hào để cải thiện chất lượng nước của hồ nước bằng cách loại bỏ tảo nở hoa. Vỏ hào phế thải được gia nhiệt (1.000°C trong 1 giờ trong không khí) được sử dụng để chuyển đổi bột vỏ hào sống thành bột oxit canxi phản ứng hiệu quả với photpho và nitơ để loại bỏ tảo nở hoa khỏi nước thải bị phú dưỡng. Việc sử dụng bột vỏ hào đã làm giảm 97% tổng photpho

pho, giảm 91% tổng nitơ và giảm tối đa 51% nhu cầu oxy hóa học (COD), so với tổng tải lượng ô nhiễm của dung dịch tảo thô (Jae-Hoon Huh và cộng sự 2016).

Nghiên cứu khả năng kháng khuẩn của bột vỏ bào kích thước nano và vi hạt xử lý nhiệt được Wantanabe và cs, tiến hành trên hai đối tượng vi khuẩn E. Coli và B.subtilis. Các hạt nano có nguồn gốc vỏ bào được chuẩn bị bằng cách sử dụng máy nghiền ướt sau đó xử lý nhiệt (HSS) và các vi hạt được kiểm tra hoạt tính kháng khuẩn của chúng chống lại các tế bào vi khuẩn và bào tử vi khuẩn. Hoạt tính diệt bào tử của các hạt nano cũng cao hơn nhiều so với các hạt micro, với các hạt nano HSS có khả năng tiêu diệt các bào tử Bacillus subtilis. Số lượng bào tử B. subtilis giảm gần 3 lần sau 30 phút khi được xử lý bằng hạt nano HSS với nồng độ 5 mg/ml ở 60°C (Watanabe T và cộng sự, 2014; Nguyễn Xuân Thi, 2019). Ngoài ra, các nghiên cứu của (Kikuo và cộng sự, 2000; Achanai Buasri và cộng sự, 2013; Jingyu và cộng sự, 2018; Ramarkishna và cộng sự, 2019) cũng cho thấy vỏ bào sau khi xử lý có thể hấp phụ hoặc loại bỏ các chất có trong nước thải như coliform, ecoli, phosphat...

Như vậy, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về sử dụng vỏ bào để xử lý kim loại nặng trong nước thải. Các nghiên cứu về sử dụng vỏ bào để xử lý chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, coliform là chưa nhiều.

2.2. Tại Việt Nam

Liên quan đến nội dung của đề tài nghiên cứu, tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu sau:

Tác giả (Nguyễn Xuân Thái, 2019), đã xử lý và biến tính thành công mẫu bột vỏ bào thu thập từ 2 tỉnh ven biển Quảng Ninh và Phú Yên. Sau đó tiến hành thử khả năng hấp phụ của các mẫu vỏ bào với ion kim loại nặng Cr⁶⁺. Các kết quả thu được cho thấy hình thái và cấu trúc của các mẫu vỏ bào sau khi xử lý khác biệt đáng kể so với các mẫu vỏ bào chưa xử lý, trong đó các mẫu sau xử lý có cấu trúc xốp và nhiều vi lỗ trống trên bề mặt.

Ngô Thụy Diễm Trang và các cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ nung lên khả năng hấp phụ lân của bột vỏ Sò Huyết. Nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của 3 mức nhiệt độ 550, 750 và 950°C lên khả năng hấp phụ lân của bột vỏ sò huyết (kích cỡ hạt ≤2,0 mm). Quá trình hấp phụ lân được tiến hành trong 24 giờ ở nồng độ 20 mg PO₄³⁻/L. Kết quả cho thấy vỏ sò sau khi qua xử lý nhiệt thì có khả năng hấp phụ lân tốt hơn so với không nung, tuy nhiên mức gia nhiệt đòi hỏi phải đạt >750°C. Hiệu suất hấp phụ lân của nghiệm thức 950°C đạt 99,2% (Ngô Thụy Diễm Trang và cộng sự, 2017).

Tác giả Trần Đỗ Mai Trang đã nghiên cứu xử lý bột vỏ trai và đánh giá khả năng hấp phụ thuốc nhuộm

xanh metylen trong môi trường nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bột vỏ trai sau khi được xử lý ban đầu (viết tắt bột vỏ trai ban đầu) có khả năng hấp phụ xanh metylen tốt với hiệu suất hấp phụ khoảng 80%. Bột vỏ trai ban đầu có khả năng hấp phụ ion crom (VI) với hiệu suất hấp phụ trung bình, 50%. Điều kiện thích hợp để hấp phụ ion crom (VI) trong môi trường nước là lượng chất hấp phụ 0,5g, môi trường pH = 7, nhiệt độ 30°C, nồng độ dung dịch xanh metylen ban đầu 10 ppm, thời gian 70 phút (Trần Đỗ Mai Trang, 2022).

Tác giả Nguyễn Xuân Thi và cộng sự đã nghiên cứu tối ưu hóa quá trình nung vỏ bào. Kết quả tối ưu hóa quá trình nung vỏ bào đã tìm ra các yếu tố thích hợp cho quá trình nung vỏ bào là nhiệt độ 850°C, thời gian 92 phút, kích thước (chiều dài) vỏ bào 4,0 - 7,0 cm và tỷ lệ thu hồi CaO là 55,75% so với vỏ bào trước khi nung. Trên giàn đồ nhiều xạ: Vỏ bào sau khi nung với điều kiện trên không còn tinh thể CaCO₃ mà thay vào đó là các pic đặc trưng cho tinh thể CaO, không thấy xuất hiện các pic đặc trưng của CaCO₃, điều đó chứng tỏ quá trình nung CaCO₃ trong vỏ bào đã phân hủy hoàn toàn (Nguyễn Xuân Thi và cộng sự, 2018).

Tác giả Dương Thị Minh Hòa và cộng sự đã nghiên cứu biến tính vỏ ngao để xử lý Pb trong nước ô nhiễm. Nghiên cứu đã đưa ra được vật liệu nghiên cứu là bột vỏ ngao làm sạch sấy trong 12 giờ (đối chứng) và bột vỏ ngao biến tính ở các mức nhiệt độ 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1.000°C mỗi vật liệu có đặc điểm khác nhau và vật liệu tại nhiệt độ 1.000°C thì CaCO₃ được phân hủy hoàn toàn thành CaO và cho khả năng hấp phụ tốt nhất. Hiệu suất xử lý của vỏ ngao biến tính tốt nhất ở nhiệt độ 1.000°C và đạt hiệu suất 99,67% với dung lượng hấp phụ là 2,990 (Dương Thị Minh Hòa và cộng sự, 2022).

Như vậy, tại Việt Nam, các nghiên cứu về ứng dụng vỏ bào trong xử lý chất ô nhiễm từ nước thải vẫn còn hạn chế, chủ yếu tập trung vào xử lý từng loại chất ô nhiễm riêng lẻ. Khả năng xử lý chất ô nhiễm của bột vỏ bào đối với các loại nước thải công nghiệp cụ thể, cũng như các điều kiện thí nghiệm tối ưu để đạt hiệu quả cao nhất, vẫn chưa được đánh giá đầy đủ.

3. ĐỀ XUẤT NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CHÍNH

3.1. Mục tiêu nghiên cứu

Đánh giá khả năng loại bỏ chất ô nhiễm (hữu cơ, dinh dưỡng, coliform) của bột vỏ bào sau xử lý đối với nước thải công nghiệp chế biến thủy sản.

3.2. Nghiên cứu biến tính vỏ bào để xử lý chất ô nhiễm (hữu cơ, dinh dưỡng, coliform) trong nước thải công nghiệp chế biến thủy sản

Thu thập, xử lý sơ bộ vỏ bào thải.

Nung vỏ bào ở nhiệt độ các nhiệt độ: 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 1.000°C.



Nghiên các vỏ hào đã nung và thu lấy bột, lưu giữ vào các bình chứa khác nhau để chuẩn bị thí nghiệm.

3.3. Nghiên cứu thử nghiệm khả năng loại bỏ chất ô nhiễm (hữu cơ, dinh dưỡng, coliform) của bột vỏ hào đối với các loại nước thải công nghiệp chế biến thủy sản

Thu mẫu nước thải chế biến thủy sản và phân tích nồng độ chất ô nhiễm (BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻, coliform) trong nước thải ban đầu.

Chia nước thải vào các bình khác nhau (V lít) và cho bột vỏ hào đã xử lý vào các bình. Tiến hành thí nghiệm với các điều kiện khác nhau:

Lượng bột vỏ hào thí nghiệm khác nhau, ví dụ: 20 g/l; 50g/l; 100 g/l.

Thời gian thí nghiệm khác nhau: 1 ngày; 2 ngày; 5 ngày.

Thu mẫu nước thải sau thí nghiệm và đánh giá nồng độ chất ô nhiễm (BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻, coliform) trong nước thải đầu ra.

Lưu ý: Đo pH của nước thải đầu vào và đầu ra của thí nghiệm.

Đánh giá hiệu suất xử lý của bột vỏ hào theo các điều kiện thí nghiệm khác nhau. Nếu các hiệu suất xử lý đạt kết quả tốt, có thể lặp lại thí nghiệm với lượng bột nhỏ hơn, hoặc tăng lượng bột vỏ hào lên nếu hiệu suất xử lý chưa cao.

4. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ KỸ THUẬT SỬ DỤNG

4.1. Phương pháp nghiên cứu

a) Phương pháp nghiên cứu tổng quan: Thu thập và sử dụng các tài liệu hiện có từ các đối tượng nghiên cứu hoặc các bài báo, báo cáo trên các tạp chí chuyên ngành có liên quan.

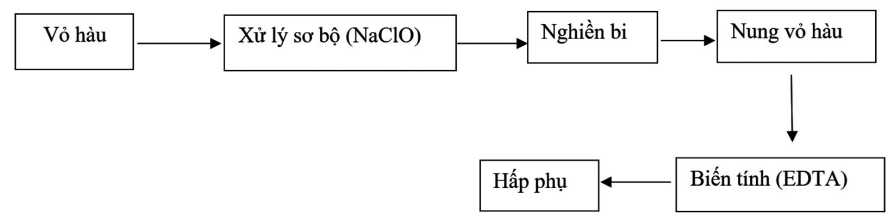
b) Phương pháp điều tra khảo sát, lấy mẫu nước thải chế biến thủy sản: Lấy mẫu theo hướng dẫn của Thông tư số 10/2021/TT-

BTNMT - quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường. Sau khi lấy mẫu, công tác xử lý và bảo quản mẫu nhằm phục vụ phân tích trong phòng thí nghiệm được tiến hành dựa trên hướng dẫn của tài liệu Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, ấn bản lần thứ 24 (APHA, 2023).

c) Quy trình xử lý và biến tính vỏ hào (Nguyễn Xuân Thái, 2019)

Vỏ hào thu gom, sau khi rửa sạch, phơi khô được ngâm trong dung dịch nước Javen NaClO trong 24 giờ để loại bỏ rong rêu, cát, tạp chất và các thành phần hữu cơ còn bám trong vỏ hào. Sau đó, vỏ hào được rửa bằng nước cất rồi sấy khô cho đến khối lượng không đổi trước khi nghiền bi với hỗn hợp dung dịch NaOH/NaClO (tỷ lệ vỏ hào/dung dịch NaOH + NaClO 8/40(g/ml), tỷ lệ NaOH/NaClO 80/20) trong 24 giờ. Tiếp tục sấy bột vỏ hào (sau khi rửa bằng nước cất) trong tủ sấy đối lưu không khí tự nhiên ở 100°C đến khi khối lượng không đổi. Tiến hành nung vỏ hào ở các nhiệt độ 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 1.000°C trong 2 giờ. Bột vỏ hào sau khi nung và để nguội được bảo quản trong túi PE kín.

Biến tính bột vỏ hào (sau xử lý) bằng EDTA như sau: Cân chính xác 0,3 g EDTA và hòa tan trong 50ml nước cất trên máy khuấy từ ở 60°C. Sau đó, thêm 3g bột vỏ hào vào dung dịch trên và tiếp tục khuấy dung dịch trong 2 giờ. Cuối cùng, rửa bột vỏ hào bằng nước cất, lọc thu phần chất rắn. Bột vỏ hào được sấy trong tủ sấy ở 100°C đến khối lượng không đổi.



Hình 1. Quy trình xử lý và biến tính vỏ hào

d) Phương pháp bố trí thí nghiệm đánh giá khả năng loại bỏ chất ô nhiễm (hữu cơ, dinh dưỡng, coliform) của bột vỏ hào đối với các loại nước thải công nghiệp chế biến thủy sản.

- Thu mẫu nước thải chế biến thủy sản và phân tích nồng độ chất ô nhiễm (BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻, coliform) trong nước thải ban đầu.

- Chia nước thải vào các bình khác nhau (V lít) và cho bột vỏ hào đã xử lý vào các bình. Tiến hành thí nghiệm với các điều kiện khác nhau:

+ Lượng bột vỏ hào thí nghiệm khác nhau, ví dụ: 20 g/l; 50g/l; 100 g/l.

+ Thời gian thí nghiệm khác nhau: 1 ngày; 2 ngày; 5 ngày.

- Thu mẫu nước thải sau thí nghiệm và đánh giá nồng độ chất ô nhiễm (BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻, coliform) trong nước thải đầu ra.

Lưu ý: Đo pH của nước thải đầu vào và đầu ra của thí nghiệm. Các thí nghiệm đều sử dụng máy khuấy để đồng hóa mẫu thử nghiệm.

4.2. Kỹ thuật sử dụng

a) Kỹ thuật đo đạc các thông số ngoài hiện trường và trong phòng thí nghiệm pH của nước thải được đo bằng máy đo pH, chính xác 0,01 độ pH. Nhiệt độ nước thải được hiển thị trên các máy đo pH có đính kèm đầu đo nhiệt độ.

b) Kỹ thuật phân tích mẫu nước thải trong phòng thí nghiệm

Phương pháp phân tích TSS: Xác định nồng độ TSS trong nước bằng cách lọc một lượng mẫu nước chính xác bằng màng lọc, rửa màng lọc có chứa cặn bằng nước cất đến hết muối, sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi, để nguội và cân.

Phương pháp phân tích BOD₅: Ủ mẫu ở nhiệt độ 20°C trong một thời gian xác định, năm ngày hoặc bảy ngày, ở chỗ tối, trong bình đầy và nút kín. Xác định nồng độ ôxy hòa tan trước và sau khi ủ. Tính khối lượng ôxy tiêu tốn trong một lít mẫu.

Phương pháp phân tích COD: Sử dụng kali pemanganat (KMnO₄) để ôxy hóa các chất hữu cơ trong môi trường kiềm. Lượng kali pemanganat tiêu tốn trong phản ứng được tính thành số mgO₂/lít (nhu cầu ôxy hóa hóa học).

Phương pháp phân tích photphat (PO₄³⁻): Phương pháp xác định ion photphat trong nước dựa trên phản ứng của chúng với thuốc thử amonimolipdat trong môi trường axit tạo thành phức chất photphomolipdat có màu vàng; H₇ [P(Mo₂O₇)₆]. Phức này khi phản ứng với chất khử là thiếc (II) clorua sẽ tạo thành phức chất có màu xanh molipden. Độ hấp thụ của dung dịch được đo tại bước sóng 690 nm (máy UV-VIS).

Phương pháp phân tích amoni (NH₄⁺): Phương pháp phân tích amoni được xác định theo SMEWW 4500-NH₃ F, bằng phương pháp so mẫu trên máy quang phổ kế DR/3900 (hãng HACH, USA).

Phương pháp phân tích coliform: Xác định mật độ coliform trong nước thải được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 6187-2:1996 (Phát hiện và đếm vi khuẩn coliform, vi khuẩn coliform chịu nhiệt và escherichia coli giả định).

c, Phương pháp xử lý số liệu

- Khối lượng chất được hấp phụ và phần trăm khối lượng chất được hấp phụ (Trần Đỗ Mai Trang, 2022).

Khối lượng chất được hấp phụ trên một gam chất hấp phụ, Q (mg/g), được tính theo công thức dưới đây:

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{W} \quad (1)$$

Trong đó, Q là lượng chất được hấp phụ trên một lượng chất hấp phụ ở điều kiện cân bằng (mg/g), C₀ và C_e là nồng độ của chất được hấp phụ trong dung dịch ban đầu và ở trạng thái cân bằng (mg/L), V là thể tích dung dịch (lít) và W là khối lượng chất hấp phụ (g).

Phần trăm lượng chất được hấp phụ được tính như sau:

$$H(\%) = \frac{(C_0 - C_e) \cdot 100}{C_0} \quad (2)$$

- Khảo sát và xây dựng phương trình đẳng nhiệt hấp phụ (Trần Đỗ Mai Trang, 2022).

Trong nghiên cứu, các mô hình đẳng nhiệt Langmuir, Freundlich, Temkin và Dubinin - Radushkevich được lựa chọn để nghiên cứu quá trình hấp phụ trong hệ rắn - lỏng (bột vỏ hào - mẫu nước thải chứa BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻ và coliform). Phương trình đẳng nhiệt Langmuir mô tả quá trình hấp phụ trong dung dịch bởi chất hấp phụ rắn như sau:

$$Q_e = \frac{Q_0 \cdot k_L \cdot C_e}{1 + k_L \cdot C_e} \quad (3)$$

Trong đó, Q_e là lượng chất được hấp phụ trên một lượng chất hấp phụ ở trạng thái cân bằng (mol /g), C_e là nồng độ cân bằng của chất tan (mol/L). Q₀ và k_L là các hằng số Langmuir, trong đó Q₀ đại diện cho khả năng hấp phụ đơn lớp cực đại và k_L đại diện cho năng lượng liên kết hoặc tham số ái lực của hệ hấp phụ.

Phương trình đẳng nhiệt Freundlich cho hệ nói trên như sau:

$$Q_e = k_F \cdot C_e^{1/nF} \quad (4)$$

Trong đó, k_F là hằng số đẳng nhiệt Freundlich (L^{1/n} mg^(1-1/n)g-1) và 1/nF là số mũ Freundlich.

Phương trình đẳng nhiệt Temkin cho hệ nói trên như sau:

$$Q_e = B \cdot \ln AT + B \cdot \ln C_e \quad \text{với } B = RT/b_T \quad (5)$$

Trong đó, A_T là hằng số liên kết cân bằng đẳng nhiệt Temkin (L/g), b_T là hằng số đẳng nhiệt Temkin, R là hằng số khí (R = 8,314 J/mol/K), T = 298K.

Phương trình đẳng nhiệt Dubinin-Radushkevich (DR) cho hệ nói trên như sau:

$$\ln Q_e = \ln Q_s - K_{ad} \cdot \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = RT \cdot \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right) \quad (6)$$

Trong đó, Q_s là dung lượng bão hòa đẳng nhiệt lý thuyết (mg/g), K_{ad} là hằng số đẳng nhiệt Dubinin-Radushkevich (mol²/kJ²).

- Khảo sát động học hấp phụ (Trần Đỗ Mai Trang, 2022)

Trong nghiên cứu này, mô hình động học hấp phụ bậc nhất, giả bậc nhất, bậc hai và giả bậc hai đã được lựa chọn để khảo sát động học hấp phụ các mẫu nước thải (BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, PO₄³⁻, coliform) bằng bột vỏ hào.

Mô hình động học hấp phụ bậc nhất:

$$\ln C_t = \ln C_0 - k_1 t \quad (7)$$

Mô hình động học hấp phụ giả bậc nhất:

$$\ln (Q_0 - Q_t) = \ln Q_0 - k_{s1} t \quad (8)$$

Mô hình động học hấp phụ bậc hai:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_0} + k_2 \cdot t \quad (9)$$

Mô hình động học hấp phụ giả bậc hai:

$$\frac{1}{Q_e - Q_t} = \frac{1}{Q_e} + kt \Rightarrow \frac{t}{Q_t} = \frac{1}{h} + \frac{1}{Q_e} \cdot t$$

$$h = k \cdot Q_e^2 \quad (10)$$

Trong đó: C₀ và C_t là nồng độ của chất tan tại thời điểm ban đầu và thời điểm t (mg/l); Q₀ là dung lượng phủ một lớp tối đa (mg/g); Q_t và Q_e là lượng chất bị hấp phụ trên một gam chất hấp phụ tại thời điểm thứ t và ở trạng thái cân bằng (mg/g); K₁, K_{s1}, K₂ và k lần lượt là hằng số mô hình phản ứng bậc nhất, mô hình phản ứng giả bậc nhất, mô hình phản ứng bậc hai và mô hình phản ứng giả bậc hai.



Nghề nuôi hàu biển ở Quảng Ninh vừa mang lại nguồn lợi về kinh tế ứng dụng và hàu còn được ứng dụng xử lý nước thải chế biến thủy sản

5. KẾT LUẬN

Tổng quan cho thấy, trên thế giới đã có nhiều công trình tập trung vào nghiên cứu sử dụng vỏ hàu để xử lý kim loại nặng trong nước thải, trong khi các nghiên cứu liên quan đến xử lý chất hữu cơ, chất dinh dưỡng hay vi sinh vật còn hạn chế. Tại Việt Nam, lĩnh vực nghiên cứu này vẫn còn ở mức độ hạn chế, chủ yếu dừng lại ở xử lý riêng lẻ một số chất ô nhiễm, chưa đánh giá toàn diện khả năng ứng dụng vỏ hàu đối với các loại nước thải công nghiệp, cũng như các điều kiện thí nghiệm tối ưu. Trong bối cảnh nước thải chế biến thủy sản có lưu lượng lớn và nồng độ ô nhiễm cao (COD, BOD, nitơ, photpho, dầu mỡ...) gây nhiều khó khăn trong xử lý do chi phí đầu tư và vận hành cao, việc tận dụng nguồn vỏ hàu phế thải để tái chế thành vật liệu xử lý nước thải không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn có ý nghĩa thực tiễn và triển vọng cao. Vì vậy, cần thiết tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu nhằm khai thác tiềm năng của vỏ hàu trong xử lý nước thải chế biến thủy sản.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này là kết quả của Đề tài được thực hiện tại Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST07.05/24-25). Tập thể tác giả bày tỏ lòng biết ơn tới Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện Đề tài nghiên cứu. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Achanai Buasri, Nattawut Chaiyut, Vorrada Loryuenyong, Phatsakon Worawanitchaphong, and Sarinthip Trongyong, 2013. Calcium Oxide Derived from Waste Shells of Mussel, Cockle, and Scallop as the Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 460923, 7 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/460923>.
2. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Lipps WC, Braun - Howland EB, Baxter TE, eds. 2023. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24th ed. Washington DC: APHA Press.

3. AsaadF. Hassana, RadimHrdina, 2018. Chitosan/nanohydroxyapatite composite based scallop shells as an efficient adsorbent for mercuric ions: Static and dynamic adsorption studies international Journal of Biological Macromolecules 109 (2018) 507 - 526.
4. Bách khoa Thủy sản, 2007. Hàu cửa sông. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
5. Darioush Alidoust, 2015. Mechanism of cadmium biosorption from aqueous solutions using calcined oyster shells Journal of Environmental Management 150 (2015) 103-110.
6. Dương Thị Minh Hòa, Trần Thị Phá, Hằng A Hồng, Chu Thị Xuân Hào, Nguyễn Văn Giáp, Nguyễn Minh Tùng, Lý Thanh Thiên, Ma Thị Diễm, Nguyễn Thị Kiều Trang, Vương Thị Thu Thảo, Vàng A Khai, Màng Thị Mây, 2022. Nghiên cứu biến tính vỏ ngao để xử lý Pb trong nước ô nhiễm. Tạp chí khoa học Đại học Tân Trào, Tập 8. Số 2_Tháng 6 năm 2022.
7. Hsing Yuan Yen, Jun Yan Li, 2015. Process optimization for Ni(II) removal from wastewater by calcined oyster shell powders using Taguchi method Journal of Environmental Management 161 (2015) 344-349.
8. Huang, Mian-Li, Yu, Yan, Wu, Ren-ping, 2010. Researches on the Treatment of Phosphorous Wastewater with Oyster Shells. Chinese Journal of Structural Chemistry 29(12):1886-1892.
9. Jae-Hoon Huh, Young-Hoon Choi, Hyun-Jae Lee, Woo Jeong Choi, Chilakala Ramakrishna, Hyoung-Woo Lee, Shin-Haeng Lee, and Ji-Whan Ahn, 2016. The Use of Oyster Shell Powders for Water Quality Improvement of Lakes by Algal Blooms Removal. Journal of the Korean Ceramic Society Vol. 53, No. 1, pp. 1~6, 2016. <http://dx.doi.org/10.4191/kcers.2016.53.1.1>.
10. Jingyu Zhang, Hong Chen, TaoMu and Yi Pan, 2018. Research and Application of Shell Powder. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 170 (2018) 032031 doi :10.1088/1755-1315/170/3/032031.
11. Kikuo Oikawa, Takashi Asada, Kazuo Yamamoto, Hiroyuki Wakabayashi, Manabu Sasaki, Makoto Sato, Junji Matsuda, 2000. Antibacterial Activity of Calcined Shell Calcium Prepared from Wild Surf Clam. Journal of Health Science, Volume 46 Issue 2, Pages 98-103.
12. Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014. Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
13. Liwei Fan, Shuili Zhang, 2015. Removal of arsenic from simulation wastewater using nano-iron/oyster shell composites Journal of Environmental Management 156 (2015) 109-114.
14. Ngô Thụy Diễm Trang, Triệu Thị Thúy Vi, Lê Nguyễn Anh Duy, Trần Sỹ Nam, Lê Anh Kha và Phạm Việt Nữ, 2017. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung lên khả năng hấp phụ lân của bột vỏ Sò Huyết. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Tập 50, Phần A (2017): 77-84.
15. Nguyễn Trung Việt, Trần Thị Mỹ Diệu, Huỳnh Ngọc Phương Mai, 2011. Hóa học kỹ thuật môi trường phần I. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
16. Nguyễn Võ Châu Ngân, Nguyễn Thị Kim Ngân, Huỳnh Quốc Trường, Lê Hoàng Việt, 2015. Đánh giá khả năng xử lý nước thải chế biến thủy sản bằng bể lọc sinh học nhỏ giọt với giá thể mụn dừa và giá thể mùn cưa. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường: 37 (2015): 51-62.
17. Nguyễn Xuân Thái, 2019. Luận văn thạc sĩ hóa học "Nghiên cứu đặc trưng của bột vỏ hàu và khả năng hấp phụ một số ion kim loại nặng". Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
18. Nguyễn Xuân Thi, 2019. Luận án tiến sĩ công nghệ thực phẩm "Nghiên cứu công nghệ sản xuất canxi cacbonat từ vỏ hàu để làm chất phụ gia thực phẩm". Trường đại học Bách Khoa Hà Nội.
19. Nguyễn Xuân Thi, La Thế Vinh, Phạm Thị Diễm, 2018. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, kỳ 1, tháng 7/2018.
20. Nguyễn Xuân Thi, Nguyễn Văn Đoàn, Phạm Thị Diễm, Nguyễn Văn Thông và cộng sự, 2011. Báo cáo Tổng hợp nghiên cứu công nghệ sản xuất canxi cacbonat được dụng từ vỏ hàu, Bộ KH&CN, trang 29-73, 144-160.
21. Phạm Thị Phương Trinh, Nguyễn Thị Hồng Thắm, Nguyễn Thanh Quang, Nguyễn Thị Thùy Trang, Đào Minh Trung, 2016. Ứng dụng chất trợ keo tụ sinh học trong xử lý nước thải thủy sản. Tạp chí Khoa học TDMU, số 2 (27) - 2016.
22. Ramakrishna Chilakala, Chottitupawong Thannaree, Eunsoo Justin Shin, Thriveni Thenepalli and Ji Whan Ahn, 2019. Sustainable Solutions for Oyster Shell Waste Recycling in Thailand and the Philippines. MDPI, Recycling 2019, 4, 35; doi:10.3390/recycling4030035.
23. Trần Đỗ Mai Trang, 2022. Luận văn thạc sĩ ngành hóa học "Nghiên cứu xử lý bột vỏ trai và đánh giá khả năng hấp phụ thuốc nhuộm xanh metylen trong môi trường nước". Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
24. W.H. Park, C. Polprasert, 2008. Roles of oyster shells in an integrated constructed wetland system designed for P removal ecological engineering 34 (2008) 50 - 56.
25. Watanabe T, Fujimoto R, Sawai J, Kikuchi M, Yahata S, Satoh S, 2014. Antibacterial characteristics of heated scallop-shell nano-particles. Biocontrol Science, Vol 19, No2, 93-97 pages.



ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XỬ LÝ CHẤT KHÁNG SINH TETRACYCLINE TRONG NƯỚC BẰNG THAN HOẠT TÍNH ĐIỀU CHẾ TỪ BÃ CÀ PHÊ

PHẠM TRUNG THẾ¹, HUỖNH THỊ NGỌC HÂN², VŨ NGỌC TOÁN³,
NGUYỄN HUỖNH MINH DUY⁴, HỒ THỊ THANH VÂN¹

¹ Viện Khoa học liên ngành, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

² Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM

³ Viện Công nghệ mới, Hà Nội

⁴ Viện Nghiên cứu ứng dụng và Chuyển giao Công nghệ xanh

Tóm tắt

Tetracycline (TC) là một loại kháng sinh phổ rộng thường được sử dụng trong nuôi trồng thủy sản và chăn nuôi. Sau khi xâm nhập vào các nguồn nước, nó sẽ gây ra mối đe dọa lớn đối với môi trường và sức khỏe con người. Nghiên cứu này trình bày phương pháp điều chế than hoạt tính (AC) từ bã cà phê bằng phương pháp carbon hóa thủy nhiệt (HTC) và đánh giá khả năng hấp phụ kháng sinh TC. Kết quả phân tích đặc tính vật liệu cho thấy quá trình hoạt hóa với KOH đã cải thiện đáng kể cấu trúc của than. Cụ thể, diện tích bề mặt riêng của vật liệu đã tăng từ 23.06 m²/g (đối với HC) lên 976.34 m²/g (đối với AC). Các thí nghiệm hấp phụ theo mẻ đã chứng minh hiệu quả loại bỏ TC của AC. Quá trình hấp phụ đạt hiệu quả cao nhất trong môi trường axit với pH tối ưu là 3, hiệu suất loại bỏ TC đạt gần 92% với liều lượng AC 1.5 g/L. Nghiên cứu đã chứng tỏ, bã cà phê là một nguyên liệu tiên năng, chi phí thấp để sản xuất than hoạt tính hiệu suất cao, mang lại một giải pháp bền vững cho vấn đề xử lý ô nhiễm kháng sinh trong môi trường nước.

Từ khoá: Bã cà phê, carbon hóa thủy nhiệt, tetracycline, than hoạt tính.

Ngày nhận bài: 5/8/2025; Ngày sửa chữa: 22/8/2025; Ngày duyệt đăng: 5/9/2025.

Evaluation of Tetracycline removal from water using activated carbon synthesized from waste coffee sludge

Abstract

Tetracycline (TC), a broad-spectrum antibiotic, is commonly used in aquaculture and livestock farming. After entering water sources, it poses a significant threat to the environment and human health. This study presents a method for preparing activated carbon (AC) from waste coffee sludge using hydrothermal carbonization (HTC) and evaluates its capacity for TC antibiotic adsorption. The material characterization results indicated that the activation process with KOH significantly improved the carbon structure. Specifically, the specific surface area of the material increased from 23.06 m²/g (for hydrochar, HC) to 976.34 m²/g (for activated carbon, AC). Batch adsorption experiments demonstrated the high efficiency of AC in removing TC. The adsorption process was most effective in an acidic environment with an optimal pH of 3, achieving a TC removal efficiency of nearly 92% with an AC dosage of 1.5 g/L. This research demonstrates that waste coffee sludge is a promising, low-cost raw material for producing high-performance activated carbon, offering a sustainable solution for treating antibiotic pollution in the aquatic environment.

Keywords: Waste coffee sludge, hydrothermal carbonization, tetracycline, activated carbon.

JEL Classifications: Q51, Q53, Q55.

1. GIỚI THIỆU

Tetracycline (TC) là một loại kháng sinh phổ rộng đã được sử dụng rộng rãi trong y học lâm sàng và chăn nuôi, và TC thường được thải ra môi trường thông qua nước thải y tế và nước thải sinh hoạt [1]. Do khả năng phân hủy sinh học kém của TC nên nó có thể tích tụ trong môi trường trong thời gian dài [2]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sau khi xâm nhập vào môi trường nước [3], TC có thể gây ra việc sản xuất các gen kháng kháng sinh, tăng cường khả năng kháng thuốc của vi khuẩn và gây độc tính sinh thái. Điều này sẽ gây nguy

hiểm cho sức khỏe con người và sự ổn định của hệ sinh thái [4]. Do đó, cần có một kỹ thuật hiệu quả để phân hủy TC trong các nguồn nước.

Mặc dù TC được tìm thấy trong nước thải chỉ với 1 ng/L, nhưng sự hiện diện của nó trong nước thải là rất nghiêm trọng đối với các sinh vật sống. Vì lý do này, các nhà nghiên cứu đã sử dụng nhiều kỹ thuật xử lý nước thải khác nhau như phân hủy sinh học [5], công nghệ hấp phụ [6], oxy hóa hóa học, và phân hủy quang xúc tác và phân hủy quang điện xúc tác [7] để xử lý nước thải chứa TC. Công nghệ hấp phụ là một trong

những kỹ thuật được ưa chuộng nhất do tính hiệu quả về chi phí, dễ sử dụng và khả năng hấp phụ cao [8]. Mặt khác, các công nghệ xử lý nước thải thông thường dựa trên bùn hoạt tính gặp nhiều vấn đề vì chúng thể hiện khả năng kháng vi khuẩn. Các công nghệ hấp phụ có khả năng hấp phụ hiệu quả và hiệu suất cao đang được sử dụng. Có nhiều loại chất hấp phụ trong công nghệ hấp phụ như zeolit, graphene, than hoạt tính [9], than hoạt tính từ tính [10], chất hấp phụ tổng hợp [11].

Than hoạt tính là một giải pháp tiềm năng để xử lý nước thải kháng sinh và loại bỏ các chất ô nhiễm. Tuy nhiên, chi phí của than hoạt tính thương mại cũng cao. Vì lý do này, trong những năm gần đây, các nghiên cứu được thực hiện trong phạm vi quản lý chất thải và tính bền vững, đặc biệt là than sinh học được sản xuất từ nguồn lignocellulose, đã thu hút được sự quan tâm lớn. Than sinh học thu được là kết quả của quá trình phân hủy nhiệt hóa học các vật liệu chứa nhóm chức oxy hóa và nhóm thơm bằng phương pháp nhiệt phân ở nhiệt độ cao (300–900°C), khi có rất ít oxy hoặc không có oxy và có sự hiện diện của các khí trơ như khí nitơ [12]. Trong một số tài liệu, than sinh học được tổng hợp từ rơm rạ [13], bã mía [14], vỏ bưởi [15], bã trà [16] và bã nho [17] đã được thực hiện trong việc nghiên cứu loại bỏ TC.

Có thể thấy, nhiệt phân là phương pháp phổ biến trong sản xuất than sinh học nhờ khả năng chuyển hóa sinh khối thành carbon có diện tích bề mặt cao. Phương pháp này có ưu điểm là quy trình đơn giản, hiệu suất chuyển hóa carbon cao và có thể áp dụng cho nhiều loại nguyên liệu sinh khối khác nhau. Tuy nhiên, phương pháp nhiệt phân đòi hỏi sử dụng nhiều năng lượng do nhiệt độ nhiệt phân khá cao [18]. So với phương pháp nhiệt phân, phương pháp carbon hóa thủy nhiệt (HTC) có ưu điểm lớn về hiệu suất năng lượng và chi phí sản xuất thấp hơn. Bên cạnh đó, quá trình HTC cũng loại bỏ được giai đoạn sấy khô, vì vậy chi phí cũng được giảm đáng kể [18]. Mặt khác, quá trình hoạt hóa sẽ giúp làm tăng diện tích bề mặt và thể tích lỗ xốp của vật liệu carbon. Hoạt hóa hóa học mang lại nhiều ưu điểm, bao gồm yêu cầu nhiệt độ thấp hơn, tạo ra diện tích bề mặt cao hơn và khả năng chuyển hóa nhanh chỉ trong một bước [19]. KOH được xem là một tác nhân hóa học hiệu quả để cải thiện cấu trúc mao quản của than hoạt tính. KOH có khả

năng ức chế sự hình thành nhựa than, giảm nhiệt độ phản ứng hoạt hóa, thúc đẩy tốc độ phân hủy các thành phần phi các-bon, đồng thời cải thiện quá trình nhiệt phân. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng than hoạt tính được hoạt hóa bằng KOH có tỷ lệ các lỗ xốp vi mô cao hơn đáng kể so với than được hoạt hóa bằng $ZnCl_2$ hoặc H_3PO_4 . [20]

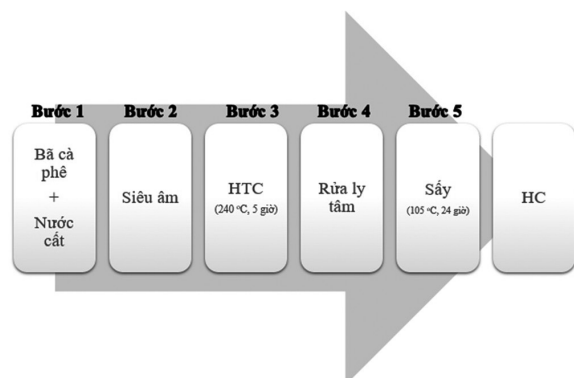
Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp tổng hợp than hoạt tính (AC) có diện tích bề mặt cao bằng cách hoạt hóa hydrochar (HC) được tạo ra thông qua quá trình carbon hóa thủy nhiệt ở nhiệt độ thấp từ nguồn phụ phẩm nông nghiệp bã cà phê và ứng dụng nó trong việc xử lý kháng sinh TC trong nước. Đây là hướng nghiên cứu mới, sử dụng phương pháp carbon hóa thủy nhiệt ở nhiệt độ thấp cho ra sản phẩm than hoạt tính có diện tích bề mặt cao trong khi các nghiên cứu trước đó thường sử dụng phương pháp nhiệt phân ở nhiệt độ rất cao sẽ tốn nhiều năng lượng.

Mặt khác, việc sử dụng nguyên liệu là bã cà phê, một phụ phẩm nông nghiệp dồi dào và chưa được khai thác triệt để tại Việt Nam là hướng tiếp cận mang tính thực tiễn hiệu quả và khoa học cao đã giúp nâng cao giá trị của các phụ phẩm nông nghiệp và hướng đến mô hình kinh tế tuần hoàn tái chế các chất thải, phụ phẩm thành các sản phẩm có giá trị kinh tế, thân thiện môi trường đóng góp quan trọng trong xu thế phát triển vật liệu bền vững hiện nay. Nghiên cứu này không chỉ cung cấp một giải pháp hiệu quả cho việc chuyển đổi bã cà phê thành vật liệu carbon có giá trị cao, mà còn chứng minh tiềm năng của than hoạt tính từ HC được điều chế từ bã cà phê trong việc xử lý ô nhiễm kháng sinh, góp phần vào các giải pháp môi trường bền vững.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Bã cà phê được sử dụng trong nghiên cứu được thu thập ở Thành phố Hồ Chí Minh. Chất kháng sinh Tetracycline Hydrochloride $C_{22}H_{24}N_2O_8 \cdot HCl$, chai 25 gram, số Cas: 64-75-5 của hãng Duchefa Hà Lan. Potassium hydroxide (KOH, 85%) được dùng làm tác nhân hoạt hóa, Hydrochloric acid (HCl, 36-38%), Acetone (độ tinh khiết 99.0%) được mua từ Trung Quốc. Nước cất 2 lần, khí N_2 (độ tinh khiết 99.99%) được mua tại Việt Nam. Tất cả các hóa chất được sử dụng được sử dụng một cách trực tiếp mà không cần tinh chế lại.



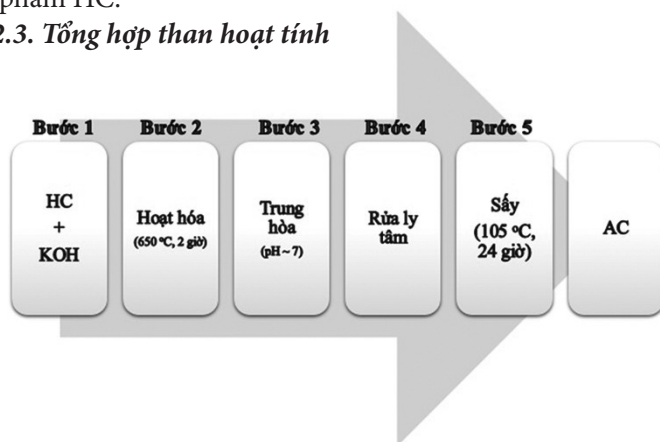
Hình 1. Quy trình tổng hợp HC từ bã cà phê



2.2. Điều chế Hydrochar

Bã cà phê sau khi thu gom sẽ được rửa bằng nước cất và acetone để loại bỏ các tạp chất và được sấy khô ở 80°C trong 24 giờ để loại bỏ độ ẩm. Sau đó bã cà phê sẽ được sàng qua sàng 2x2 mm để đồng nhất kích thước. Hydrochar (HC) được tổng hợp thông qua quá trình HTC bã cà phê. Quy trình chi tiết tổng hợp HC được trình bày trong Hình 1. Cụ thể, một lượng bã cà phê được cân và cho vào teflon 100 mL. Sau đó, thêm vào một lượng nước cất để độ ẩm của hỗn hợp đạt 80%. Tiếp theo, hỗn hợp được khuấy trộn và siêu âm để đạt được trạng thái đồng nhất và tiến hành quá trình thủy nhiệt ở nhiệt độ khoảng 240°C trong các khoảng thời gian 5 giờ. Khi phản ứng kết thúc, autoclave vẫn được để trong lò nung và làm nguội tự nhiên đến khi đạt nhiệt độ phòng. Sau quá trình HTC, hỗn hợp được rửa bằng cách ly tâm với nước cất và acetone và sấy ở 105°C qua đêm thu được sản phẩm HC.

2.3. Tổng hợp than hoạt tính



Hình 2. Quy trình tổng hợp AC từ HC

Hình 2 mô tả quy trình tổng hợp than hoạt tính từ HC của bã cà phê. Đầu tiên, trộn HC với KOH theo tỉ lệ khối lượng HC:KOH nhất định vào một cốc phản ứng bằng gốm. Sau đó, cốc phản ứng được chuyển vào lò nung và được gia nhiệt đến khoảng nhiệt độ 650°C trong 2 giờ dưới môi trường khí trơ. Khi kết thúc phản ứng, mẫu vẫn được để trong lò nung và làm nguội tự nhiên cho đến khi đạt được nhiệt độ phòng. Sau khi lấy mẫu ra khỏi lò nung, AC được trung hòa về pH xấp xỉ 7 bằng dung dịch HCl. Sau đó, hỗn hợp trên được rửa sạch bằng cách ly tâm nhiều lần với nước cất và acetone. Sau quá trình ly tâm, AC được sấy khô ở 105°C trong vòng 24 giờ để loại bỏ độ ẩm và được bảo quản trong tủ hút ẩm.

2.4. Phân tích tính chất vật liệu

Diện tích bề mặt của AC được xác định từ đường đẳng nhiệt hấp phụ/giải hấp phụ nitơ bằng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET). Thể tích lỗ xốp và đường kính lỗ xốp được tính toán từ đường đẳng nhiệt giải hấp bằng phương pháp Barrett–Joyner–Halenda (BJH).

Kính hiển vi điện tử quét (SEM, HITACHI S-4800, Japan) được sử dụng để kiểm tra hình thái và cấu trúc bề mặt của AC.

Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier. Các nhóm chức năng bề mặt của bã cà phê và AC được nghiên cứu bằng máy quang phổ hồng

ngoại FTIR (FT-IR, PerkinElmer Frontier FT-IR/NIR, Hoa Kỳ) kết hợp với kỹ thuật phân xạ toàn phần suy giảm (ATR). Phổ FT-IR được ghi lại trong khoảng từ 4000 cm⁻¹ đến 500 cm⁻¹.

2.5. Thí nghiệm hấp phụ theo mẻ để loại bỏ Tetracycline

Các thí nghiệm hấp phụ theo mẻ được thực hiện để đánh giá khả năng xử lý TC của AC tổng hợp được. Nồng độ TC được nghiên cứu ở 10ppm; 15ppm; 20ppm; 25ppm; 30ppm; 35ppm; 40ppm; 45ppm; 50ppm. Phương pháp phân tích UV-Vis ở bước sóng 358.5 nm sẽ được sử dụng để xác định nồng độ TC ban đầu và còn lại trong dung dịch. Phương trình đường chuẩn nồng độ TC sẽ có dạng:

$$A = a.C + b$$

Trong đó, A là mật độ quang, C (mg/L) là nồng độ của TC.

Cho một lượng AC có liều lượng 0.5 g/L, 1.0 g/L và 1.5 g/L vào bình Erlenmeyer 250 ml chứa 200 ml dung dịch TC. Phản ứng được thực hiện ở nhiệt độ phòng với pH được điều chỉnh ở 3, 5, 7, 9, 11. Phản ứng diễn ra trên máy lắc ngang với tốc độ lắc 150 vòng/phút. Trong một khoảng thời gian nhất định, sẽ rút một lượng dung mẫu ra và lọc qua giấy lọc, xác định nồng độ TC trong dung dịch lọc bằng phương pháp phân tích UV-Vis ở bước sóng 358.5 nm.

Hiệu suất loại bỏ TC và dung lượng hấp phụ được xác định theo công thức:

Hiệu quả loại bỏ (%):

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100$$

Dung lượng hấp phụ (mg/g):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m}$$

Trong đó, C₀ (mg/L) và C_e (mg/L) lần lượt là nồng độ TC ban đầu và nồng độ TC tại thời điểm cân bằng, V (L) là thể tích dung dịch, m (g) là khối lượng AC.

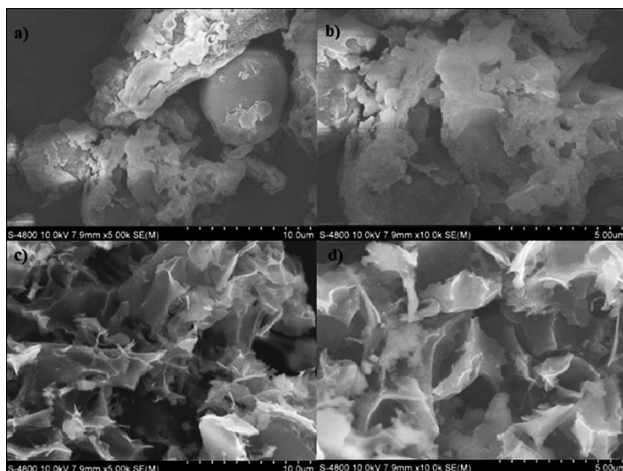
3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả tính chất của HC và AC tổng hợp được

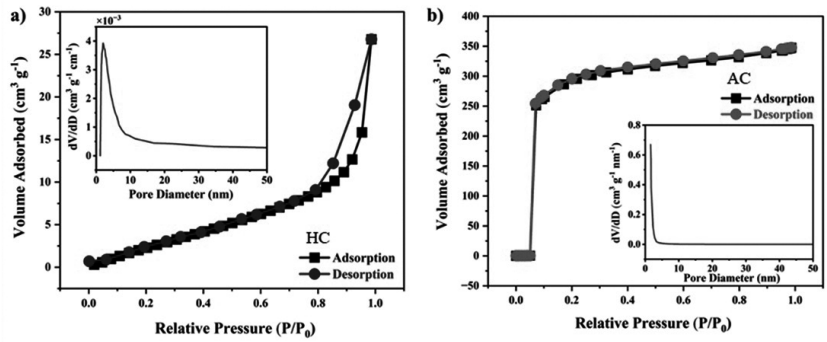
Diện tích bề mặt và kích thước lỗ rỗng của HC và AC được xác định bằng các thí nghiệm hấp phụ - giải hấp N₂ bằng phương pháp đo BET (Brunauer-Emmett-Teller) [21]. Hình 3 biểu thị đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp N₂ của HC và AC tổng hợp được.

Kết quả đẳng nhiệt hấp phụ/giải hấp N₂ của các mẫu HC và AC trong Hình 3 và Bảng 1 cho thấy, sự phát triển của diện tích bề mặt, đường kính và thể tích lỗ xốp của bã cà phê sau khi HTC và hoạt hóa. Thông qua phương trình BET, diện tích bề mặt của HC được xác định là 23.06 m²/g và của AC là 976.34 m²/g sau khi hoạt. Kết quả thu được có thể là do phản ứng mạnh giữa KOH và ma trận carbon. Điều này làm mở rộng các lỗ xốp vốn có của HC và phát triển hơn nữa hệ thống lỗ xốp. Do đó, kích thước và thể tích lỗ xốp tăng lần lượt từ 2.01 lên 2.19 nm và từ 0.047 lên 0.535 cm³/g. Đường kính lỗ rỗng cho thấy vật liệu AC có dạng vi mô (2 nm < Dmicropore < 50 nm). [22]

Tiếp đến, kết quả phân tích SEM trong Hình 4 góp phần đánh giá rõ hơn về hình thái bề mặt của HC và AC tổng hợp. Kết quả cho thấy những thay đổi mạnh về cấu trúc hình thái sau quá trình HTC và hoạt hóa hóa học. Sau quá trình HTC, bề mặt HC có khá đặc và ít lỗ xốp, bề mặt hơi gồ ghề và nhám (Hình 4a, b). Sự thay đổi này là do sự phân hủy các thành phần hữu cơ trong cấu trúc CS như cellulose, hemicellulose và lignin thông qua quá trình thủy nhiệt. Sau khi hoạt hóa bằng KOH, bề mặt AC (Hình 4c, d) phát triển cấu trúc xốp lớn hơn, điều này góp phần làm tăng diện tích bề mặt.



Hình 4. Ảnh SEM của HC (a, b) và AC (c, d)



Hình 3. Kết quả phân tích BET của HC (a) và AC (b)

Bảng 1. Các thông số của HC và AC từ dữ liệu phân tích BET

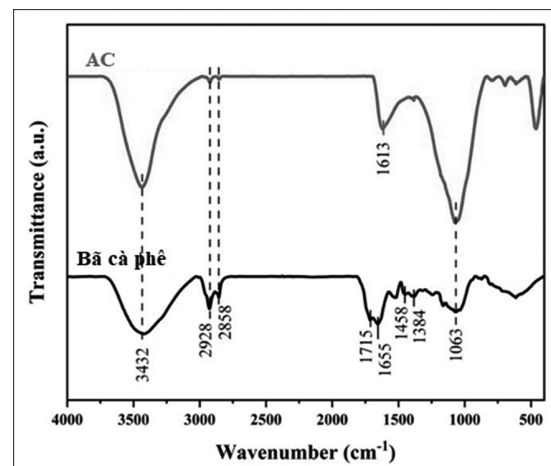
Tên mẫu	Diện tích bề mặt (m ² /g)	Kích thước lỗ xốp (nm)	Thể tích lỗ rỗng (m ³ /g)
HC	23.06	2.01	0.047
AC	976.34	2.19	0.535

Dựa vào kết quả FT-IR của bã cà phê và AC trong Hình 5 ta có thể thấy, sự hiện diện trong phổ của bã cà phê giữa 3200 và 3600 cm⁻¹ được cho là do dao động kéo giãn O-H trong các phân tử cellulose, hemicellulose và lignin [23]. Các dải sóng tại 2928 và 2858 cm⁻¹ tương ứng với các dao động kéo giãn của nhóm CH₃ và CH₂ trong hydrocarbon bão hòa [24]. Đặc điểm của nhóm carbonyl trong phổ của bã cà phê được thấy ở 1715 cm⁻¹ (O=C-O) và 1653 cm⁻¹ (C=O), cho thấy sự hiện diện của lignin [25]. Các dải này gần như biến mất hoặc giảm trong phổ AC do quá trình HTC và hoạt hóa hóa học. Bên cạnh đó, các dao động kéo giãn của nhóm C=C trong vòng thơm được quan sát thấy ở 1613 cm⁻¹, đúng như dự kiến. Sự hấp thụ mạnh quan sát được trong vùng 1000-1200 cm⁻¹ tương ứng với chế độ kéo dài C-O thơm của C-OH và nhóm carboxyl [26]. Những kết quả này chỉ ra rằng quá trình HTC và hoạt hóa dẫn đến sự giảm nồng độ các nhóm cacbon chứa oxy trên bề mặt AC.

3.2. Kết quả nghiên cứu xử lý Tetracycline của than hoạt tính từ bã cà phê

3.2.1. Ảnh hưởng của pH

Độ pH đã được nghiên cứu là có tác động đến các đặc tính bề mặt của vật liệu và quá trình hình thành các gốc tự do, do đó ảnh hưởng rất lớn đến



Hình 5. Phổ FT-IR của bã cà phê và AC



việc loại bỏ các chất ô nhiễm [27]. Giá trị pH được khảo sát trong nghiên cứu này là 3, 5, 7, 9, 11. Phản ứng diễn ra ở nhiệt độ phòng với nồng độ TC ban đầu là 30ppm, liều lượng AC thêm vào là 1.0 g/L và phản ứng hấp phụ được diễn ra trong 60 phút.

Kết quả từ Hình 6 cho thấy các giá trị pH khác nhau ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất hấp phụ TC của AC. Sự gia tăng pH được quan sát thấy trong quá trình nhiệt phân do sự hình thành cacbonat trong quá trình này, và người ta quan sát thấy rằng quá trình hấp phụ bắt đầu giảm khi pH tăng [28]. Từ kết quả cho thấy, hiệu quả xử lý TC của AC đạt hơn 85% ở pH 3 sau đó hiệu quả xử lý sẽ giảm dần khi tăng giá trị pH. Qua đó có thể thấy pH 3 được xem là giá trị tối ưu cho quá trình hấp phụ TC của AC.

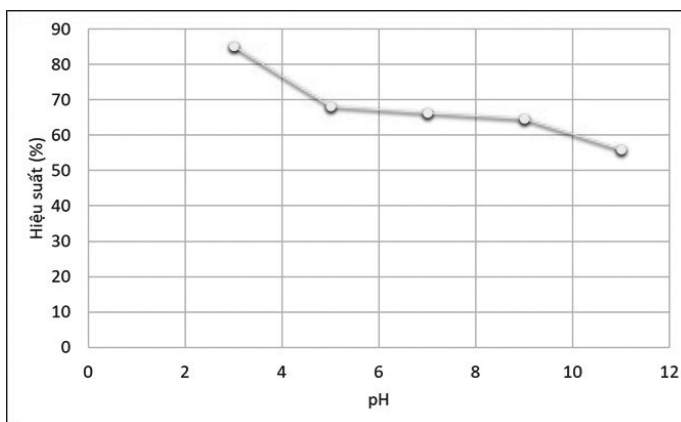
3.2.2. Ảnh hưởng của liều lượng AC

Liều lượng chất hấp phụ là một trong những thông số hiệu quả trong quá trình hấp phụ. Người ta nhận thấy rằng, khi tăng liều lượng chất hấp phụ thì tải ion của vật liệu sẽ tăng lên và tăng hiệu hấp phụ [29].

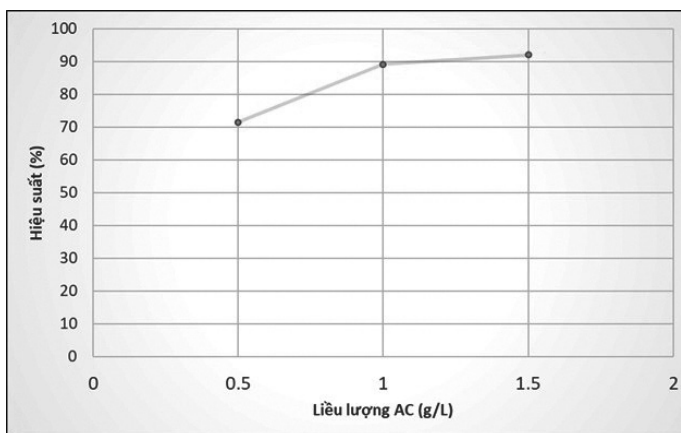
Ảnh hưởng của liều lượng chất hấp phụ được thể hiện trong Hình 7. Kết quả cho thấy tỷ lệ loại bỏ TC tăng khi tăng lượng chất hấp phụ. Khi liều lượng AC tăng từ 0.5 g/L lên 1.5 g/L, hiệu suất hấp phụ tăng từ 71.46% đến 92%. Điều đó có thể thấy ở liều lượng AC tối ưu là 1.5 g/L. Trong nhiều nghiên cứu, nồng độ chất hấp phụ là một trong những thông số hiệu quả trong quá trình hấp phụ. Ví dụ, Hasan và cộng sự đã báo cáo trong nghiên cứu của họ rằng bằng cách tăng lượng chất hấp phụ ở giá trị pH tối ưu cho thấy khả năng tải ion của vật liệu tăng lên do dòng khối và nồng độ dung dịch trong khối lượng và chất hấp phụ được hấp phụ tại giao diện có hiệu quả trong quá trình này [30]. Tuy nhiên, vì trong điều kiện thực hiện thí nghiệm theo mẻ với nồng độ TC ban đầu thấp nếu sử dụng liều lượng AC quá cao thì quá trình hấp phụ sẽ rất nhanh đạt đến trạng thái cân bằng, và khó xác định được động học hấp phụ. Qua đó, nhóm nghiên cứu sẽ chọn liều lượng AC 0.5 g/L cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2.3. Ảnh hưởng của nồng độ TC ban đầu

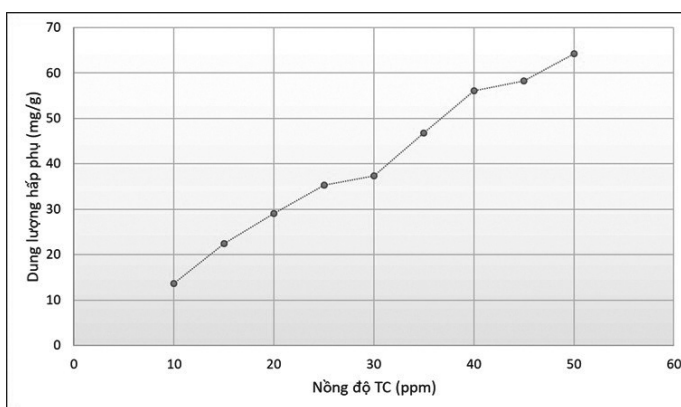
Hình 8 mô tả ảnh hưởng của nồng độ TC ban đầu đến hiệu quả xử lý của AC tổng hợp được. Có thể thấy, khi nồng độ TC tăng từ 10 ppm lên 50 ppm thì dung lượng hấp phụ sẽ tăng từ 13.68 mg/g lên 64.27 mg/g. Điều đó cho thấy khi nồng độ chất ô nhiễm TC quá ít sẽ dẫn đến sự tương tác giữa các phân tử chất ô nhiễm và bề mặt AC bị hạn chế, do đó hiệu quả hấp phụ sẽ không cao. [30]



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý TC



Hình 7. Ảnh hưởng của liều lượng AC đến hiệu quả xử lý TC



Hình 8. Ảnh hưởng của nồng độ TC ban đầu

3.2.4. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng

Sự hấp phụ TC của AC tại các thời điểm khác nhau được thực hiện bằng cách thay đổi thời gian hấp phụ từ 15 đến 135 phút. Hình 9 cho thấy, ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến sự hấp phụ TC trên AC.

Có thể thấy, việc loại bỏ TC tăng nhanh trong 100 phút đầu tiên. Lý do cho tốc độ hấp phụ ban đầu là TC có thể dễ dàng tiếp cận các nhóm chức năng có sẵn trên bề mặt của chất hấp phụ [31]. Khi thời gian hấp phụ tăng lên trên 120 phút, quá trình hấp phụ chậm lại khi các nhóm chức năng

lấp đầy bề mặt hấp phụ và cuối cùng dừng lại. Do bề mặt hấp phụ và ít vị trí hấp phụ hơn, hiệu suất loại bỏ vẫn không đổi khi thời gian hấp phụ tiếp tục tăng [32]. Có thể thấy, thời gian hiệu quả nhất để loại bỏ TC là 100 phút.

4. KẾT LUẬN

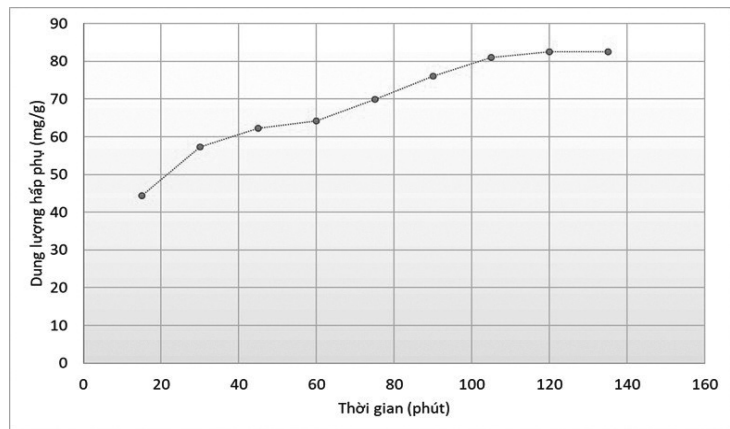
Nghiên cứu đã tổng hợp thành công than hoạt tính (AC) từ bã cà phê bằng phương pháp thủy nhiệt kết hợp hoạt hóa hóa học với KOH. Quá trình này đã chứng tỏ hiệu quả vượt trội trong việc cải thiện các đặc tính cấu trúc của vật liệu. Về đặc tính vật liệu, AC được tổng hợp có cấu trúc vi mô, hệ thống lỗ xốp phát triển mạnh, thể hiện qua diện tích bề mặt riêng lớn đạt 976.34 m²/g và tổng thể tích lỗ xốp là 0.535 cm³/g. Sự thay đổi này là yếu tố then chốt giúp nâng cao khả năng hấp phụ của vật liệu. AC từ bã cà phê cho thấy khả năng loại bỏ TC khỏi dung dịch nước rất hiệu quả. Các điều kiện tối ưu cho quá trình hấp phụ đã được xác định, bao gồm pH 3, liều lượng AC 1.5 g/L và quá trình hấp phụ đạt trạng thái cân bằng sau 100 phút. Nghiên cứu này khẳng định tiềm năng của việc tận dụng bã cà phê để tạo ra vật liệu carbon có giá trị ứng dụng cao. Than hoạt tính được điều chế không chỉ có hiệu suất hấp phụ kháng sinh TC tốt mà còn mở ra hướng đi bền vững, góp phần giải quyết đồng thời bài toán quản lý chất thải nông nghiệp và xử lý ô nhiễm môi trường.

Trong các giai đoạn tiếp theo của nghiên cứu, đẳng nhiệt hấp phụ và động học hấp phụ loại bỏ TC sẽ được nghiên cứu nhằm làm rõ bản chất của quá trình hấp phụ và nhả hấp. Mặt khác, việc nghiên cứu ứng dụng AC được điều chế từ bã cà phê để xử lý chất ô nhiễm trên mẫu nước thải thực tế cũng sẽ được nghiên cứu thực hiện để tăng tính ứng dụng của vật liệu.

Lời cảm ơn: Bài báo có sự hỗ trợ một phần từ nghiên cứu đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ NN&MT) mã số TNMT.885.07. Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP.HCM, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Yue, Yan, Congcong Shen, and Yuan Ge, "Biochar accelerates the removal of tetracyclines and their intermediates by altering soil properties," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 380, p. 120821, 2019.
2. Ao, Xiuwei, et al, "Degradation of tetracycline by medium pressure UV-activated



Hình 9. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu quả xử lý TC

peroxymonosulfate process: influencing factors, degradation pathways, and toxicity evaluation,” Chemical Engineering Journal, vol. 361, pp. 1053-1062., 2019.

3. Hayati, Bagher, and Niyaz Mohammad Mahmoodi, "Modification of activated carbon by the alkaline treatment to remove the dyes from wastewater: mechanism, isotherm and kinetic," *Desalination and water treatment*, vol. 47.1, pp. 322-333, 2012.

4. Mahmoodi, Niyaz Mohammad, Bagher Hayati, and Mokhtar Arami, "Textile dye removal from single and ternary systems using date stones: kinetic, isotherm, and thermodynamic studies," *Journal of Chemical & Engineering Data*, vol. 55.11, pp. 4638-4649, 2010.

5. Gómez-Pacheco CV, Sánchez-Polo M, Rivera-Utrilla J, López-Peñalver J (2011) , "Tetracycline removal from waters by integrated technologies based on ozonation and biodegradation," *Chem Eng J*, vol. 178, pp. 115-121.

6. Kanmaz N, Buğdaycı M, Demirçivi P (2023), "Investigation on structural and adsorptive features of BaO modified zeolite powders prepared by ball milling technique: removal of tetracycline and various organic contaminants," *Microporous Mesoporous Mater*, vol. 354, p. 112566.

7. Zeng J, Xie W, Guo Y, Zhao T, Zhou H, Wang Q, Li H, Guo Z, Xu BB, Gu H (2024), "Magnetic field facilitated electrocatalytic degradation of tetracycline in wastewater by magnetic porous carbonized phthalonitrile resin," *Appl Catal B*, vol. 340, p. 123225.

8. Sağlam S, Türk FN, Arslanoğlu H (2024), "Synthesis of magnetic activated carbon from industrial waste: characterization, tetracycline removal and interpretation of its mechanism," *Biomass Convers Biorefinery*, vol. 1, pp. 1-15.

9. Arslanoğlu H (2019), "Direct and facile synthesis of highly porous low cost carbon from potassium-rich wine stone and their application for high-performance removal," *J Hazard Mater*, vol. 374, p. 238-247.

10. Yang X, Wang B, Cheng F (2024), "Adsorption performance on tetracycline by novel magnetic adsorbent derived from hydrochar of low-rank coal and sewage sludge," *Sep Purif Technol*, vol. 330, p. 125482.

11. Kubra KT, Hasan MM, Hasan MN, Salman MS, Khaleque MA, Sheikh MC, Rehan AI, Rasee AI, Waliullah RM, Awual



- ME, Hossain MS, Alsukaibi AKD, Alshammari HM, Awual MR (2023), "The heavy lanthanide of thulium(III) separation and recovery using specific ligand-based facial composite adsorbent," *Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects*, vol. 667, p. 131415.
12. Chandra S, Bhattacharya J (2019), "Influence of temperature and duration of pyrolysis on the property heterogeneity of rice straw biochar and optimization of pyrolysis conditions for its application in soils," *J Clean Prod*, vol. 215, p. 1123–1139.
13. Dai J, Meng X, Zhang Y, Huang Y (2020a), "Effects of modification and magnetization of rice straw derived biochar on adsorption of tetracycline from water," *Biores Technol*, vol. 311, p. 123455.
14. Cai Y, Liu L, Tian H, Yang Z, Luo X (2019), "Adsorption and desorption performance and mechanism of tetracycline hydrochloride by activated carbon-based adsorbents derived from sugar cane bagasse activated with $ZnCl_2$," *Molecules*, vol. 24(24), p. 4534.
15. Yu H, Gu L, Chen L, Wen H, Zhang D, Tao H (2020), "Activation of grapefruit derived biochar by its peel extracts and its performance for tetracycline removal," *Biores Technol*, vol. 316, p. 123971.
16. Li B, Zhang Y, Xu J, Xie Z, Tang J, Li X, Fan S (2021), "Simultaneous carbonization, activation, and magnetization for producing tea waste biochar and its application in tetracycline removal from the aquatic environment," *J Environ Chem Eng*, vol. 9(4), p. 105324.
17. Onat B, Türk FN, Arslanoğlu H (2023), "Synthesis of high porous carbon from grape marc-vinasse mixture: investigation on tetracycline and ciprofloxacin removal performance and adsorption mechanisms," *Biomass Convers Biorefinery*, vol. 1, pp. 1-13.
18. V. M. Ortiz-Martínez, L. Gómez-Coma, A. Ortiz, and I. Ortiz (2020), "Overview on the use of surfactants for the preparation of porous carbon materials by the sol-gel method: applications in energy systems," *Reviews in Chemical Engineering*, vol. 36 no.7, pp. 771-787.
19. J. Chen, L. Zhang, G. Yang, Q. Wang, R. Li, and L. A. Lucia, (2017), "Preparation and characterization of activated carbon from hydrochar by phosphoric acid activation and its adsorption performance in prehydrolysis liquor," *BioResources*, vol. 12, pp. 5928-5941.
20. T. S. Hui and M. A. A. Zaini, (2015), "Potassium hydroxide activation of activated carbon: a commentary," *Carbon letters*, vol. 16, pp. 275-280.
21. E.P. Barrett, L.G. Joyner, P.P. Halenda (1951), "The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 73, pp. 373-380.
22. A. Kumar, C. J. Verma, M. K. Singh, and R. Prakash (2022), "Porous carbon from conducting polymers for electrochemical applications," *Conjugated Polymers for Next-Generation Applications: Elsevier*, pp. 147-180.
23. S. Lv, C. Li, J. Mi, and H. Meng (2020), "A functional activated carbon for efficient adsorption of phenol derived from pyrolysis of rice husk, KOH-activation and EDTA-4Na-modification," *Applied surface science*, vol. 510, p. 145425.
24. M. P. Chavhan, V. Slovák, H. Siddiqi, and M. Mucha (2024), "Pyrolysis of household coffee vis-à-vis tea waste: A detailed insight into physicochemical properties, kinetics, and thermodynamics study," *Chemical Engineering Journal Advances*, vol. 17, p. 100587.
25. Aouay, Feryelle, et al (2024), "Activated carbon prepared from waste coffee grounds: Characterization and adsorption properties of dyes," *Materials*, vol. 17.13, p. 3078.
26. N. Czerwinska, C. Giosuè, I. Matos, S. Sabbatini, M. L. Ruello, and M. Bernardo (2024), "Development of activated carbons derived from wastes: coffee grounds and olive stones as potential porous materials for air depollution," *Science of The Total Environment*, vol. 914, p. 169898.
27. Wu, S.; Hu, Y.H (2021), "A comprehensive review on catalysts for electrocatalytic and photoelectrocatalytic degradation of antibiotics," *Chem. Eng. J.*, vol. 409, p. 127739.
28. Ae WW, Wang H-J, Chong AE, Jiang Q, Wei W, Wang H-J, Jiang ÁC-Q (2008), "Study of the inactivation of copper, zinc superoxide dismutase by tetracycline analogues," *Med Chem Res*, vol. 17, pp. 475-486.
29. Hasan MN, Salman MS, Hasan MM, Kubra KT, Sheikh MC, Rehan AI, Rasee AI, Awual ME, Waliullah RM, Hossain MS, Islam A, Khandaker S, Alsukaibi AKD, Alshammari HM, Awual MR (2023), "Assessing sustainable lutetium(III) ions adsorption and recovery using novel composite hybrid nanomaterials," *J Mol Struct*, vol. 1276, p. 134795.
30. Ae WW, Wang H-J, Chong AE, Jiang Q, Wei W, Wang H-J, Jiang ÁC-Q (2008), "Study of the inactivation of copper, zinc superoxide dismutase by tetracycline analogues," *Med Chem Res*, vol. 17, pp. 475-486.
31. Zhang J, Tian B., Wang L., Xing M., Lei J. (2018), "Photocatalysis: fundamentals, materials and applications," Springer.
32. Mohubedu RP, Diagboya PNE, Abasi CY, Dikio ED, Mtunzi F (2019), "Magnetic valorization of biomass and biochar of a typical plant nuisance for toxic metals contaminated water treatment," *J Clean Prod*, vol. 209, pp. 1016-1024.
33. Zhang L, Xin Z, Fei X, Luo H, Li H, Lu B, Li Z, Wei G (2019), "Study on adsorption of tetracycline by red mud-based ceramsite," *J Water Supply Res Technol AQUA*, vol. 68(1), pp. 39-50.
34. Suwunwong T, Patho P, Choto P, Phoungthong K (2020), "Enhancement the rhodamine 6G adsorption property on Fe₃O₄-composited biochar derived from rice husk," *Mater Res Express*, vol. 7(2), p. 02551.

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH VÀ ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG BẢO VỆ THẦN KINH CỦA VITEXIN TÁCH CHIẾT TỪ VỎ ĐỔ XANH (*VIGNA RADIATA L.*)

NGÔ THỊ HOÀI THU^{1,4*}, NGUYỄN THỊ MINH HẰNG^{2,4}, HÀ PHƯƠNG THU^{3,4}, PHAN KẾ SON³, NGUYỄN VĂN TRỮ¹

¹Viện Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁴Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Vitexin thuộc nhóm flavonoid chính được tìm thấy trong rất nhiều loài thực vật trong đó có vỏ hạt đỗ xanh, có hoạt tính sinh học đa dạng như chống oxy hóa, hạ đường huyết, giảm mỡ máu và bảo vệ tế bào thần kinh. Trong bài viết, nhóm nghiên cứu trình bày kết quả hoàn thiện quy trình tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ, dung môi ethanol 80% với tỷ lệ nguyên liệu: Dung môi là 1:3 (w/v), độ tinh sạch đạt 91,73% và hiệu suất tách chiết đạt 0,231%. Vitexin tách được có khả năng bắt giữ gốc tự do (IC_{50} đạt $226,06 \pm 11,3$ ppm), hoạt tính ức chế AChE (IC_{50} đạt $150,90 \pm 4,5$ ppm) và có hoạt tính bảo vệ tế bào chống lại độc tính gây ra bởi $A\beta_{25-35}$. Các kết quả thu được cho thấy, vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh đạt tiêu chuẩn để chế tạo nanovitexin, giúp tăng cường khả năng hấp thụ và hoạt tính sinh học, làm nguyên liệu cho sản xuất thực phẩm chức năng hỗ trợ phòng và điều trị các bệnh mãn tính.

Từ khóa: Bảo vệ thần kinh, chống oxy hóa, vitexin, vỏ đỗ xanh.

Ngày nhận bài: 5/8/2025; Ngày sửa chữa: 14/9/2025; Ngày duyệt đăng: 28/9/2025.

Characterization and neuroprotective potential of Vitexin isolated from mung bean coats (*Vigna radiata L.*)

Abstract

Vitexin is a flavonoid of significant therapeutic interest, found in plants such as mung bean, and is recognized for its potent antioxidant, hypoglycemic and neuroprotective effects. In this study, we presented the successful optimization and implementation of a vitexin extraction process from mung bean coats. The procedure was conducted at a 10 kg raw material per batch scale, utilizing 80% ethanol solvent at a raw material-to-solvent ratio of 1:3 (w/v). The extracted vitexin achieved a purity of 91.73% and an extraction efficiency of 0.231%. The isolated vitexin exhibited significant biological activities, including potent antioxidant activity (IC_{50} of 226.06 ± 11.3 ppm) and AChE inhibitory activity (IC_{50} of 150.90 ± 4.5 ppm). Furthermore, it demonstrated cytoprotective activity against $A\beta_{25-35}$ -induced toxicity. The obtained results indicated that vitexin isolated from mung bean coats meets the necessary standards for the fabrication of nanovitexin, thereby enhancing its absorption and biological activity, serving as a raw material for producing functional of foods that support the prevention and treatment of chronic diseases.

Key words: Neuroprotection, antioxidant, vitexin, mung bean coats.

JEL Classifications: O13, Q15, Q57.

1. GIỚI THIỆU

Alzheimer là một chứng bệnh thoái hóa thần kinh liên quan đến tuổi tác, biểu hiện phổ biến nhất là mất trí nhớ. Bệnh này được đặc trưng bởi sự tích tụ các mảng bám amyloid beta ($A\beta$) ngoại bào và các đám rối tơ thần kinh (NFTs) nội bào, dẫn đến suy giảm chức năng của các tế bào thần kinh và gây chết tế bào [6]. Nguyên nhân chủ yếu là do sự sụt giảm đáng kể lượng acetylcholine (ACh) - một chất dẫn truyền thần kinh trung ương, truyền tín hiệu trong các khe synapsis. ACh bị thủy phân do acetylcholinesterase (AChE) thành choline và acetyl. AChE là enzym liên quan tới quá trình thủy phân acetylcholine, đóng vai

trò quan trọng trong việc tạo mảng bám $A\beta$ trong các bệnh như Alzheimer. Các loại thuốc dùng trong điều trị và kiểm soát bệnh Alzheimer chủ yếu liên quan đến ức chế cholinesterase, do đó ngăn cản quá trình thủy phân của ACh [13], tuy nhiên, các loại thuốc này thường có tác dụng phụ không mong muốn như buồn nôn, chóng mặt... Vì vậy, việc tìm kiếm các sản phẩm tự nhiên, giàu dinh dưỡng và có tác dụng bảo vệ thần kinh, ít hoặc không có tác dụng phụ so với thuốc tổng hợp đã trở nên cần thiết.

Vitexin (Apigenin-8-C-glucoside), là một hợp chất tự nhiên thuộc nhóm flavonoid, có chứa liên kết C-glycoside - chứa các nhóm đường liên kết với

các-bon của aglycone, thường ở dạng C-8 tạo thành liên kết C-C, giúp chúng không bị thủy phân bởi axit ở ruột [13] (Hình 1). Trong hơn hai thập kỷ qua, vitexin đã thu hút được sự quan tâm đáng kể của các nhà nghiên cứu bởi hoạt tính sinh học đa dạng của nó như chống oxy hóa, hạ đường huyết, giảm mỡ máu, kháng khuẩn [13] và bảo vệ tế bào thần kinh [12]. Vitexin rất khó tan trong nước, chỉ tan một số dung môi hữu cơ như DMSO, ethanol [1]. và được chuyển hóa chủ yếu ở ruột (chiếm 94%), dạ dày (chiếm 30%), gan (chiếm 5%) và nhanh chóng phân bố vào các mô khác nhau, cuối cùng chúng được bài tiết thông qua nước tiểu và mật [13].

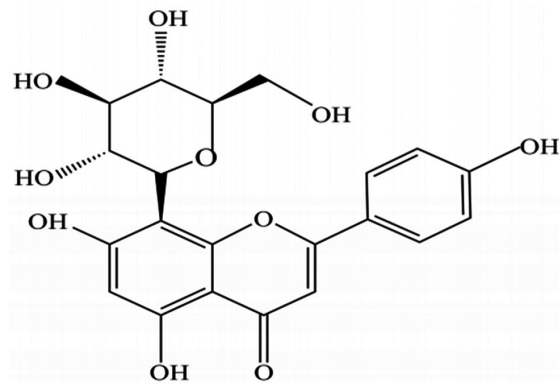
Hu và cộng sự (2016) đã chỉ ra vitexin có khả năng ức chế AChE, giúp tăng cường khả năng tồn tại của tế bào thần kinh bằng cách tăng tỷ lệ Bcl-2/Bax và điều chỉnh giảm các caspases, kích hoạt con đường phosphatidylinositol-3-OH kinase (PI3K) - protein kinase B (Akt) [4]. Quá trình peroxy hóa lipid, oxy hóa protein và mất màng ty thể là những tổn thương oxy hóa điển hình đối với tế bào neuron, vitexin có tầm quan trọng lớn trong việc bảo vệ các vùng não khỏi các tổn thương do stress oxy hóa [10]. Kim và cộng sự (2019) cho thấy vitexin có tác dụng cải thiện về các bệnh lý liên quan tới thần kinh và trí nhớ, làm giảm chứng rối loạn giấc ngủ và các bệnh thoái hóa thần kinh [7].

Đậu xanh (*Vigna radiata* L.) được coi là nguồn cung cấp vitexin tiềm năng nhất so với các nguồn thực vật khác. Vitexin và isovitexin là hai flavonoid chính được tìm thấy ở vỏ đỗ xanh, chiếm 95,6% và 96,8% tổng lượng vitexin và isovitexin có trong đậu xanh, với hàm lượng đạt 37,43 và 47,18 mg/g, tương ứng [13]. Vỏ đỗ xanh là nguồn phụ phẩm được tạo ra trong quá trình chế biến và được bổ sung chủ yếu làm thức ăn cho chăn nuôi gia súc, gia cầm và thủy sản. Với nguồn nguyên liệu phổ biến, sản lượng lớn, chất lượng ổn định và giá thành thấp thì hướng nghiên cứu tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh là mang tính khả thi giúp làm giảm giá thành của sản phẩm, nâng cao giá trị khai thác của cây đậu xanh và đồng thời góp phần bảo vệ môi trường. Trong nghiên cứu, nhóm nghiên cứu xin trình bày các kết quả nghiên cứu hoàn thiện quy trình tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ, đánh giá tác dụng chống oxy hóa, ức chế AChE và hoạt tính bảo vệ tế bào thần kinh C6 chống lại độc tính tế bào trên mô hình bệnh Alzheimer được cảm ứng bởi Amyloid β -Protein Fragment 25-35 ($A\beta_{25-35}$) trên dòng tế bào thần kinh C6 của vitexin tách chiết được, làm nguyên liệu cho sản xuất thực phẩm chức năng có nguồn gốc tự nhiên trong phòng và điều trị các bệnh mãn tính.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng:

Vỏ đỗ xanh khô được thu mua từ các hộ gia đình ở Ba Vì, Hà Nội, sau đó đem xay nhỏ, mịn và được bảo quản ở nơi thoáng mát, tránh ánh sáng mặt trời.



Hình 1. Cấu trúc hóa học của vitexin [17]

- Vitexin thương mại (độ sạch $\geq 99,8\%$); Amyloid β -Protein Fragment 25-35 ($A\beta_{25-35}$) (độ tinh sạch $\geq 97\%$, No. A.4559); 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl Free Radical (DPPH) ($C_{18}H_{12}N_5O_6$); Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ($(CH_3)_2SO$); 3-4,5-dimethylthiazol-2-yl-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) và axit Ascorbic (Vitamin C) (Sigma, Mỹ). Galantamine hydrobromid (Sopharma AD, Bulgaria); Dung môi hữu cơ như Ethanol, Methanol, Ethyl acetate, Dichloromethane và Acetone (Xilong, Trung Quốc) và sắc ký bản mỏng (Merck, Mỹ).

- Dòng tế bào u thần kinh đệm chuột C6 (C6 rat glioma cell line, American Type Culture Collection - ATCC, cat. No. CCL-107) do TS. Nguyễn Văn Trữ, Viện Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam cung cấp. Tế bào được nuôi cấy trong tủ nuôi cấy vô trùng $37^\circ C$, $5\% CO_2$, trong môi trường DMEM/high glucose bổ sung thêm $10\% FBS$, $100 U/mL$ Penicillin và $0,1 mg/mL$ Streptomycin (Thermo Fisher Scientific, Mỹ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ

10 kg nguyên liệu vỏ đỗ xanh được đặt vào bể siêu âm và bổ sung ethanol 80% theo tỷ lệ 1:3 (w/v), siêu âm ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ và thu dịch chiết. Quá trình này được lặp lại thêm 2 lần. Dịch chiết được cất loại dung môi bằng máy cô quay ở nhiệt độ $60^\circ C$ xuống còn $1/20$ thể tích ban đầu thu được dịch chiết cô đặc. Dịch cô đặc để trong ngăn mát tủ lạnh qua đêm sẽ xuất hiện kết tủa dưới dạng bột màu vàng. Lọc thu riêng tủa và phần dịch. Chiết phân bố phần dịch lọc bằng ethyl acetate 3 lần, mỗi lần dùng $500 mL$ dung môi, thu dịch chiết EtOAc và cất loại hết dung môi thu được cặn chiết ethyl acetate dưới dạng chất bột màu đen.

Gộp chung kết tủa và căn chiết cạn chiết EtOAc của dịch lọc thu được sản phẩm vitexin thô.

2.2.2. Tinh sạch và xác định cấu trúc và định lượng của vitexin

Sản phẩm vitexin thô (ký hiệu VT1) được rửa bằng dung môi Dichloromethane và Acetone thu được chất bột màu vàng. Kết tinh lại chất bột màu vàng này bằng ethanol 80% nóng thu được sản phẩm dưới dạng chất bột màu vàng.

- *Xác định cấu trúc của vitexin bằng phương pháp chạy sắc kí lớp mỏng (TLC):* Chạy sắc kí lớp mỏng của mẫu vitexin thô và so sánh với chất chuẩn vitexin (Sigma, Mỹ) với hệ dung môi EtOAc:MeOH:H₂O (4:1:0,1, v/v/v). Quan sát vết chất dưới ánh sáng thường và dưới ánh sáng UV ở bước sóng UV 254 nm và hiện màu bằng thuốc thử Cerisunphat.

- *Xác định cấu trúc bằng phương pháp phổ cộng hưởng từ hạt nhân NMR:* Sử dụng máy cộng hưởng từ hạt nhân Bruker Advance. Phổ ¹H NMR đo ở tần số 500 MHz và ¹³C NMR đo ở tần số 125 MHz trong dung môi DMSO-d₆ với TMS làm chất chuẩn nội.

- Định lượng hàm lượng vitexin trong mẫu bằng HPLC với điều kiện chạy HPLC cụ thể như sau: Hệ thống HPLC 1260 Infinity II của hãng Agilent; Cột Hydrosphere C18; Kích thước 4.6 x 250 mm; Thể tích tiêm 1 µL Detector DAD; Tốc độ dòng 0,5 ml/min; Kênh A: H₂O (80%); Kênh B: ACN (20%) và nhiệt độ: 25°C. Công việc được thực hiện tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.2.3. Đánh giá hoạt tính sinh học của vitexin

- *Xác định hoạt tính chống oxy hóa theo phương pháp DPPH:* Hoạt tính trung hòa gốc tự do được xác định theo công bố của Sharma and Bhat (2009) [14]. DPPH là một gốc tự do có màu tím, khi có mặt chất chống oxy hóa, nó sẽ bị khử thành 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazine (DPPH-H), có màu vàng. Hỗn hợp phản ứng gồm 100 µL DPPH (nồng độ 0,2 µM) và 100 µL vitexin (ở các nồng độ 20, 50, 100 và 200 µg/mL). Hỗn hợp phản ứng được ủ trong tối ở nhiệt độ phòng trong thời gian 30 phút. Sau đó, đo mật độ quang (OD - Optimal Density) của DPPH ở bước sóng 517 nm cho phép xác định khả năng khử gốc DPPH của chất chống oxy hóa. Chất đối chứng dương được sử dụng là axit ascorbic ở nồng độ khảo sát 0,8; 4, và 20 µg/mL. Khả năng trung hòa gốc oxy hóa tự do (Scavenging Activities - SA) sinh ra từ DPPH của mẫu thử được tính theo công thức sau:

$\% SA = (OD \text{ đối chứng} - OD \text{ mẫu thử}) \times 100 / OD \text{ đối chứng} (\%)$.

Trong đó: OD đối chứng: Độ hấp thụ tại giếng không chứa chất thử; OD mẫu thử: Độ hấp thụ tại giếng chứa chất thử. Giá trị IC₅₀ (Half maximal Inhibitory

Concentration) được tính dựa vào đường chuẩn $y = ax + b$. Hoạt tính chống oxy hóa của mẫu càng cao, thể hiện qua giá trị IC₅₀ loại bỏ gốc tự do càng nhỏ.

- Đánh giá độc tính tế bào của vitexin trên dòng tế bào thần kinh C6: Hoạt tính bảo vệ tế bào trên dòng tế bào thần kinh C6 của VT1 (vitexin tách từ vỏ đỗ xanh) và VT2 (vitexin thương mại) được tiến hành như mô tả của Lưu Thị Tâm và cộng sự (2022) [16]. VT1 và VT2 được sử dụng ở các nồng độ 0,04; 0,5; 1; 5; 10; 20; 30; 50 và 100 µg/mL. Công thức đối chứng sử dụng là DMSO. Chất chuẩn Galantamine (100 µg/mL) được sử dụng làm đối chứng dương.

- *Xác định tác dụng bảo vệ thần kinh của vitexin ở mô hình Alzheimer trên dòng tế bào thần kinh C6 gây tổn thương bằng Aβ₂₅₋₃₅:* Tác dụng bảo vệ tế bào chống lại độc tính gây ra bởi Aβ₂₅₋₃₅ trên dòng tế bào thần kinh C6 của VT1 và VT2 được tiến hành như mô tả của Lưu Thị Tâm và cộng sự (2022) [16]. Dịch chiết được sử dụng ở các nồng độ 30 và 50 µg/mL. DMSO được sử dụng làm đối chứng, chất chuẩn Galantamine (100 µg/mL) được sử dụng làm đối chứng dương. Cụ thể: Tế bào C6 được nuôi cấy 24 giờ trong đĩa nuôi cấy 96 giếng có chứa môi trường DMEM/high glucose ở mật độ 1 x 10⁵ tế bào/giếng. Sau 24 giờ, tiến hành loại bỏ môi trường cũ và bổ sung 100 µL môi trường DMEM/high glucose mới và bổ sung 1 µL DMSO hoặc 1 µL dịch chiết của VT1/VT2 (với các nồng độ thử nghiệm 30 và 50 µg/mL) và tiếp tục nuôi cấy trong 24 giờ. Sau đó, tế bào được bổ sung dung dịch Aβ₂₅₋₃₅ để đạt nồng độ cuối cùng trong môi trường là 20 µM và tiếp tục nuôi cấy trong 2 giờ. Thí nghiệm có 3 nhóm gồm đối chứng là DMSO; mô hình gồm DMSO + Aβ₂₅₋₃₅ và thí nghiệm gồm có dịch chiết VT1/VT2/Galantamine + Aβ₂₅₋₃₅. Mỗi công thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Hiệu quả bảo vệ tế bào thần kinh C6 gây tổn thương bằng Aβ₂₅₋₃₅ (stress oxy hóa) được đánh giá dựa trên tỷ lệ sống sót của tế bào theo phương pháp 3-4,5-dimethylthiazol-2-yl-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) với mật độ quang được đo ở bước sóng 570 nm. Phần trăm sống sót của tế bào C6 được tính toán theo công thức: $\% \text{ tế bào sống sót} = [OD_{570 \text{ nm thí nghiệm}} / OD_{570 \text{ nm đối chứng}}] \times 100\%$ [16].

- Xác định khả năng ức chế AChE theo phương pháp so màu: Hoạt tính ức chế AChE của VT1 và VT2 được thực hiện theo kit Acetylcholinesterase Inhibitor Screening Kit (MAK324, Sigma, Mỹ) theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Cơ chất acetylthiocholin iodid (ACTI) bị thủy phân nhờ xúc tác của AChE tạo thiocholin. Sản phẩm thiocholin phản ứng với thuốc thử DTNB tạo thành hợp chất acid 5-thio-2-nitro benzoic có màu vàng. Dựa vào xác định độ hấp thụ của mẫu thử ở bước sóng 412 nm để đánh giá hoạt tính



của AChE. Mẫu VT1 và VT2 được hòa tan trong DMSO với dải nồng độ 50 µg/mL. Sau đó, bổ sung hỗn hợp gồm 140 µL dung dịch đệm phosphate buffer (pH 8), 20 µL mẫu thử ở các nồng độ và 20 µL enzym AChE 0,25 IU/mL vào giếng thí nghiệm. Hỗn hợp được trộn đều và ủ ở 25°C trong 15 phút. Tiếp theo, 10 µL DTNB 2,5 mM và 10 µL ACTI 2,5 mM được đưa vào các giếng thí nghiệm và tiếp tục ủ trong 10 phút ở 25°C. Cuối cùng, dung dịch được đo độ hấp thụ ở bước sóng 412 nm. Phần trăm ức chế hoạt độ enzym AChE (%) được tính theo công thức: %I = ((Ac-At)/(Ac))*100%. Trong đó: % I: Phần trăm hoạt tính AChE bị ức chế; Ac: Độ hấp thụ của mẫu chứng (không chứa 20 µL dung dịch thử) đã trừ độ hấp thụ của giếng Blank; Ac: Độ hấp thụ của mẫu thí nghiệm đã trừ độ hấp thụ của giếng Blank.

2.2.4. Xử lý số liệu

Các số liệu nghiên cứu được xử lý thống kê theo phần mềm Microsoft excel 2013. Số liệu được biểu diễn dưới giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (X ± SD). Sự sai khác giữa các mẫu được đánh giá bằng phân tích ANOVA một yếu tố ở mức ý nghĩa p < 0,05.

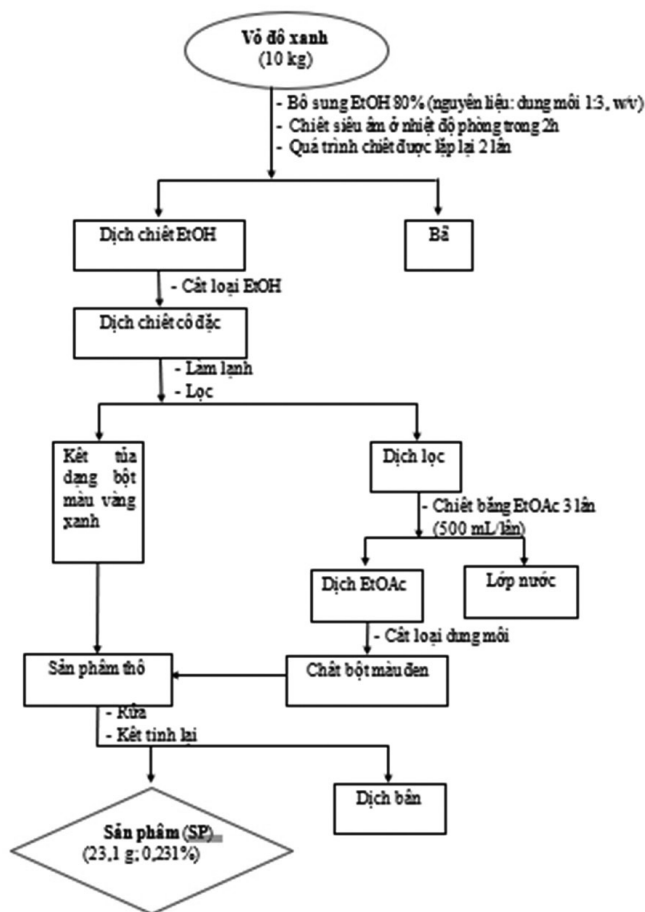
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hoàn thiện quy trình tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ

Kế thừa kết quả nghiên cứu tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh của các nghiên cứu đi trước [11], nhóm nghiên cứu đã hoàn thiện quy trình tách chiết vitexin ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ nhằm nâng quy mô, hiệu suất tách chiết và độ sạch của vitexin thu được (Hình 2) với một số thay đổi bao gồm ngâm chiết vỏ đỗ xanh trong dung môi ethanol: Nước (80:20, v/v) và siêu âm trong 2 giờ, ở nhiệt độ phòng, giúp cho dung môi thẩm thấu sâu hơn vào nguyên liệu; dịch cô quay thu được sẽ được tủa và làm lạnh qua đêm để thu được kết tủa dạng bột màu vàng (vitexin thô) và phần dịch. Phần dịch đó được lọc bằng ethyl acetate 3 lần để thu được vitexin thô, sau đó được rửa bằng dung môi dichloromethane và kết tinh bằng ethanol 80% nóng để thu được vitexin tinh sạch. Vitexin thu được là chất bột, có màu vàng chanh, khó tan trong nước và ancol, tan tốt trong DMSO. Kết quả cho thấy, hàm lượng vitexin thu được ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ theo quy trình hình mô tả ở trên có độ tinh sạch đạt 91,73% với hiệu suất đạt là 0,231%.

3.2. Phân tích và xác định cấu trúc của vitexin thu được

Khi phân tích tích bằng sắc kí lớp mỏng (TLC) thì vết chất vitexin xuất hiện tại R_f = 0,6 (hệ dung môi EtOAc:MeOH:H₂O (4:1:0.1)). Vitexin có màu



Hình 2. Quy trình tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ

vàng khi quan sát dưới ánh sáng thường, hiện màu tím khi quan sát dưới ánh sáng UV ở bước sóng 254 nm. Khi hiện màu bằng thuốc thử H₂SO₄ 10%, vitexin cho màu vàng và màu xanh lục với thuốc thử Cerisunphat.

Phổ ¹H NMR của VT1 xuất hiện tín hiệu của 4 proton dưới dạng một hệ tương tác spin-spin dạng A₂B₂ của một vòng benzen thế para tại δ_H 6,89 (2H, d, J = 8,0 Hz) và 8,01 (2H, d, J = 8,0 Hz); 2 proton thuộc vòng thơm khác dưới dạng singlet tại δ_H 6,27 (1H, s) và 6,75 (1H, s) cùng với 7 proton của một đơn vị đường tại δ_H 3,36-4,92. Ngoài ra, phổ ¹H NMR còn xuất hiện tín hiệu đặc trưng cho proton thuộc nhóm 5-OH của khung flavonoid tại δ_H 13,14. Phổ ¹³C NMR xuất hiện tín hiệu của 21 các-bon đặc trưng cho một khung flavonoid glycoside với 15 các-bon của khung flavonoid tại δ_C 98,12; 102,41; 104,01; 104,59; 115,78 (2C); 121,58; 128,93 (2C); 155,97; 160,36; 161,10; 162,54; 163,93 và 182,06; 6 các-bon còn lại thuộc về một đơn vị đường tại δ_C 61,28; 70,53; 70,82; 73,35; 78,64 và 81,80. Các dữ liệu phổ ¹H NMR và ¹³C NMR cho phép nhận định VT1 là một hợp chất flavonoid C-glycoside. So sánh các số liệu phổ ¹H NMR và ¹³C NMR của sản phẩm tách chiết VT1 với số liệu đã được công bố cho các hợp chất flavonoid C-glycoside. Sự phù hợp giữa các số liệu phổ của sản phẩm với các số liệu

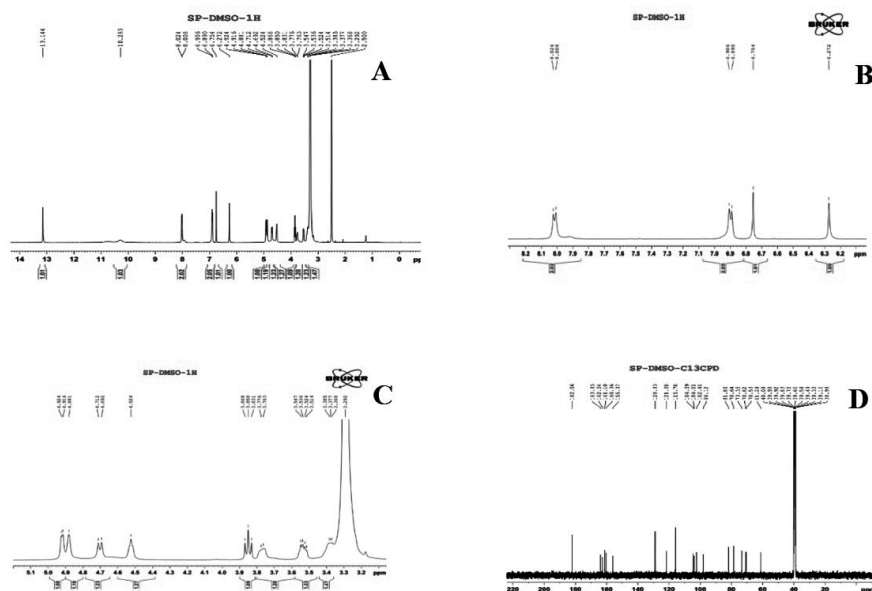
tương ứng của hợp chất vitexin (Bảng 1) được công bố [9], Jayasinghe và cộng sự (2004) [5] cho phép khẳng định cấu trúc của sản phẩm VT1 chiết tách được từ vỏ đỗ xanh chính là vitexin.

Theo tác giả Nguyễn Thị Thu Hà và cộng sự (2019) [11], vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh với quy mô 7 kg/mẻ, sử dụng dung môi ethanol 70%, ngâm tĩnh thu được hiệu suất tách chiết là 0,027% và độ tinh sạch khoảng 80%. Kết quả tách chiết của nhóm nghiên cứu thu được hiệu suất tăng gấp khoảng 10 lần và độ tinh sạch cao hơn. Tuy nhiên, theo Zafari và cộng sự (2020) [18], vitexin tách từ *Prosopis farcta* ở quy mô 2 g nguyên liệu/mẻ với hệ dung môi metanol-nước (40%, chứa axit axetic 0,5%) cho hiệu suất 0,554%. Ding và cộng sự (2021) [2], vitexin tách từ cây táo gai quy mô 1 g lá táo gai với 50 mL ethanol 60% trong 30 phút trong bể siêu âm, quá trình chiết được lặp lại hai lần với 25 mL ethanol 60% thu được độ tinh sạch trên 95%, hiệu suất 0,47%. Kết quả tách chiết của các công bố trên đều cho độ tinh sạch cao hơn, cùng hiệu suất cao gấp khoảng 2 lần so với kết quả của nhóm nghiên cứu nhưng quy mô chỉ dừng lại ở 1-2 g nguyên liệu/mẻ, rất khó thực hiện khi triển khai ở quy mô pilot. Do vậy, quy trình của nhóm

Bảng 1. Số liệu phổ ¹H NMR và ¹³C NMR của VT1 và vitexin

C	Vitexin (tham khảo tài liệu)		VT1 (tách từ vỏ đỗ xanh)	
	# δ_C	# δ_H	^{a,b} δ_C	^{a,c} δ_H
2	163,9	-	163,93	-
3	102,4	6,75 (s)	102,41	6,75 (s)
4	182,0	-	182,06	-
5	161,0	-	161,10	-
6	98,1	6,27 (s)	98,12	6,27 (s)
7	162,5	-	162,54	-
8	104,6	-	104,59	-
9	155,9	-	155,97	-
10	104,0	-	104,01	-
1'	121,5	-	121,58	-
2'	128,8	8,01 (d, 8,4)	128,93	8,01 (d, 8,0)
3'	115,7	6,86 (d, 8,4)	115,78	6,89 (d, 8,0)
4'	160,3	-	160,36	-
5'	115,7	6,86 (d, 8,4)	115,78	6,89 (d, 8,0)
6'	128,8	8,00 (d, 8,4)	128,93	8,01 (d, 8,0)
Phần glucose				
1''	73,3	4,69 (d, 9,9)	73,35	4,69 (d, 10,0)
2''	70,8		70,82	3,85 (t, 9,0)
3''	78,8		78,64	
4''	70,5		70,53	
5''	81,7		81,80	
6''	61,3		61,28	
5-OH		13,14 (s)		13,14 (s)

δ_C 100 MHz in DMSO-d₆ [9]. ^a) DMSO-d₆, ^b) 125 MHz, ^c) 500 MHz.



Hình 3. Phổ ¹H NMR của vitexin (A); Phổ ¹H NMR giãn rộng của vitexin (B); Phổ ¹H NMR giãn rộng của vitexin (tiếp) (C); Phổ ¹³C NMR của vitexin (D)



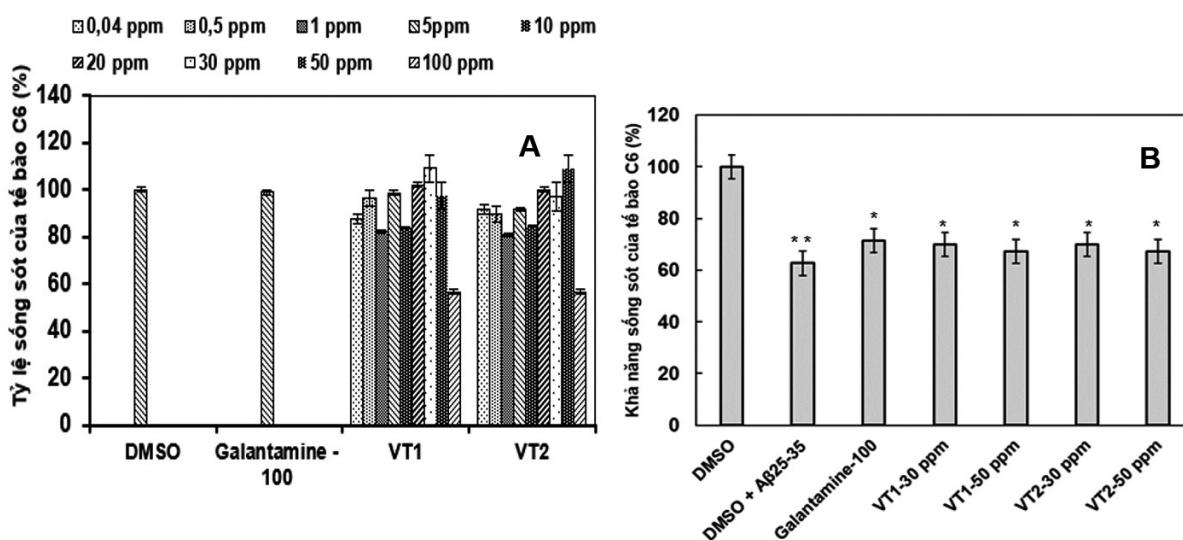
nghiên cứu đưa ra ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ đáp ứng được nhu cầu thực tế để tách chiết lượng lớn vitexin, chủ động tách chiết nguyên liệu vitexin đáp ứng nhu cầu của thị trường.

3.3. Hoạt tính chống oxy hóa của vitexin

Hoạt tính chống oxy hóa của VT1 và VT2 được tiến hành thử nghiệm với dải nồng độ từ 20-200 ppm được trình bày ở Hình 4. Kết quả cho thấy chất chuẩn axit ascorbic có hoạt tính thu dọn gốc tự do mạnh với giá trị IC_{50} là $12,47 \pm 0,62$ ppm. Kết quả chỉ ra ở Hình 4 cho thấy giá trị IC_{50} của VT1 và VT2 lần lượt đạt $226,06 \pm 11,3$ ppm và $215,83 \pm 10,79$ ppm, không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê sinh học ($p > 0,05$). Như vậy, hoạt tính chống oxy hóa của vitexin tách từ vỏ đỗ xanh là tương đương với vitexin thương mại, điều này cho thấy quy trình tách chiết vitexin ở quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ có hiệu quả cao và vitexin thu được có chất lượng tốt.

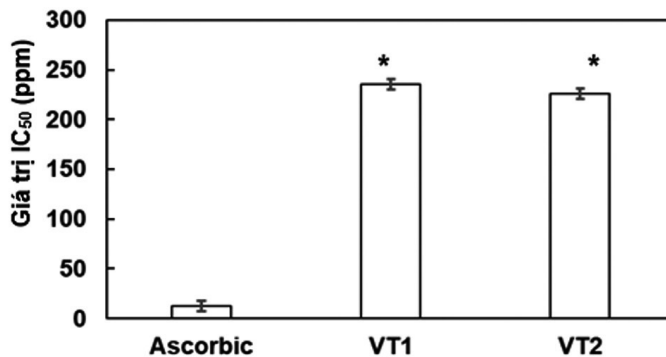
Kết quả này tương đồng với công bố của Sun và cộng sự (2013) [15], khi đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của vitexin tách từ hoa của cây *Trollius chinensis* Bunge với giá trị IC_{50} đạt $217,9 \pm 2,7$ ppm. Tuy nhiên, theo công bố của Kim và cộng sự (2005) [8] thì vitexin tách từ loài *Acer palmatum* thể hiện hoạt tính chống oxy hóa cao với giá trị IC_{50} đạt 84 ppm. Sự sai khác này có thể là do khác biệt về nguồn nguyên liệu, dung môi và phương pháp tách chiết vitexin.

3.4. Đánh giá độc tính tế bào của vitexin trên



Hình 5. Độc tính tế bào (A) và tác dụng bảo vệ tế bào thần kinh C6 ở mô hình bệnh Alzheimer cảm ứng bằng $A\beta_{25-35}$ (B) của vitexin ở các nồng độ khác nhau

Ghi chú: DMSO được sử dụng làm nhóm đối chứng. Đối chứng dương là Galantamine 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$; Nhóm mô hình: DMSO + $A\beta_{25-35}$ ($A\beta_{25-35}$ 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$). VT1: vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh; VT2: vitexin thương mại. Dấu “*” chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê sinh học giữa các công thức thí nghiệm và nhóm mô hình ($p < 0,05$). Số liệu được đưa ra dưới dạng giá trị trung bình \pm SD ($n = 3$)

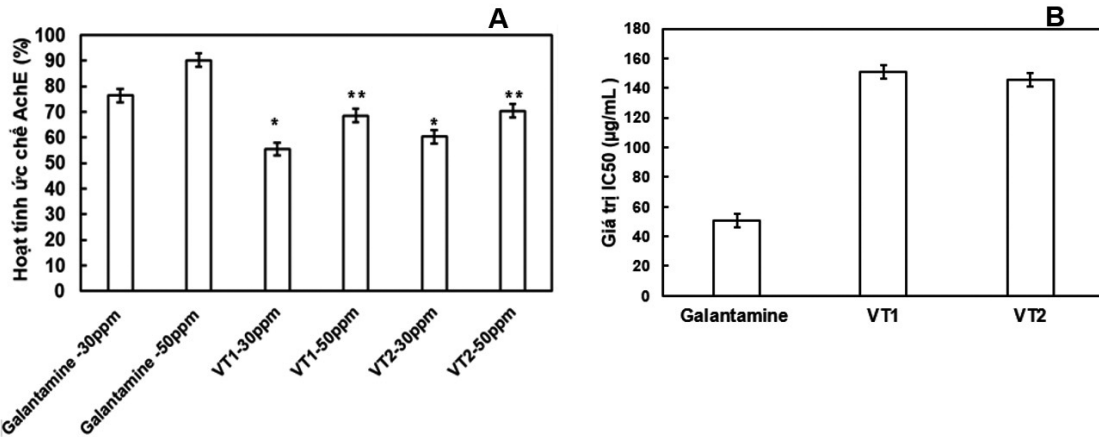


Hình 4. Khả năng chống oxy hóa của vitexin được thể hiện qua giá trị IC_{50}

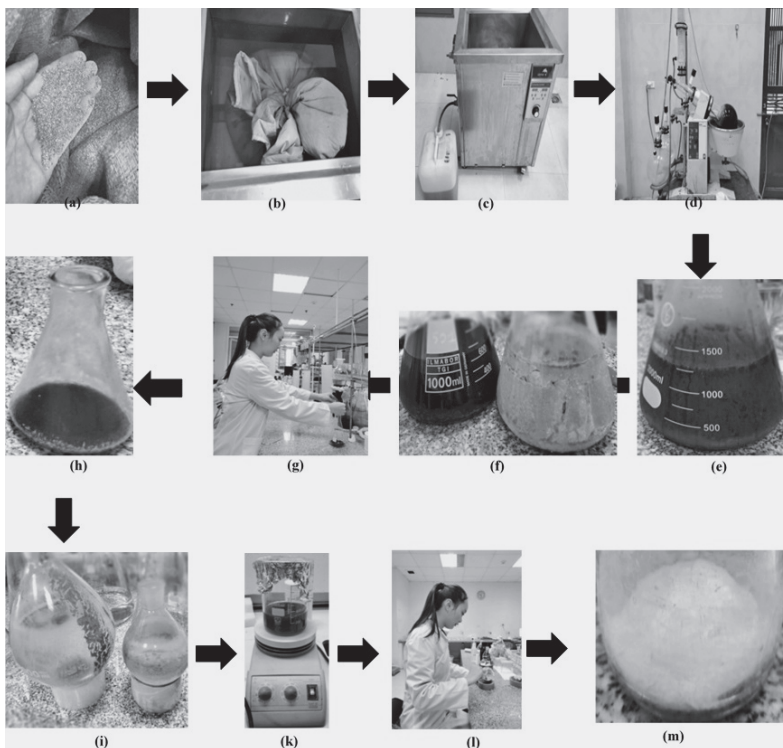
Ghi chú: VT1: vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh; VT2: vitexin thương mại; * số liệu có xử lý thống kê với sự sai khác $p < 0,05$

dòng tế bào thần kinh C6

Kết quả đánh giá độc tính của mẫu vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh với dải nồng độ từ 0,04– 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ trên dòng tế bào C6 được trình bày ở Hình 5A. Kết quả cho thấy, DMSO làm mẫu đối chứng và xem tỷ lệ sống sót của tế bào thần kinh C6 là 100%, dùng làm tham chiếu cho các mẫu thử nghiệm. Tế bào C6 được cảm ứng bằng VT1 và VT2 có tỷ lệ sống sót cao nhất với dải nồng độ thử nghiệm từ 0,04 - 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, dao động từ $97,2 \pm 4,66\%$ đến $102 \pm 4,02\%$. Như vậy, vitexin không có khả năng gây độc tế bào C6 ở nồng độ tối đa là 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, tỷ lệ sống sót này sẽ thay đổi tùy theo dòng tế bào thử nghiệm. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu Ding và cộng sự (2021) [2], vitexin từ cây táo gai với độ tinh sạch trên 95%, sau



Hình 6. Hoạt tính ức chế AchE (A) và giá trị IC₅₀ (B) của vitexin bằng Acetylcholinesterase Inhibitor Screening Kit ở nồng độ 30 và 50 µg/mL. Galantamine (nồng độ 30, 50 µg/mL) là chất đối chứng dương
Ghi chú: VT1: vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh;
VT2: vitexin thương mại * số liệu có xử lý thống kê với sự sai khác p<0,05



Hình 7. Quy trình tách chiết vitexin quy mô 10kg nguyên liệu/mẻ

Ghi chú:

- (a): Vỏ đỗ xanh tươi nghiền nhỏ,
- (b): Chiết siêu âm 2h vỏ đỗ xanh với dung môi ethanol 80% tỷ lệ n/l:d/m (1:3, w/v), nhiệt độ phòng,
- (c): Thu dịch chiết ethanol,
- (d): Cất loại ethanol ở nhiệt độ 60°C xuống còn 1/20 thể tích ban đầu,
- (e): Thu dịch chiết cô đặc,
- (f): Kết tủa và dịch lọc sau khi làm lạnh,
- (g): Chiết dịch lọc bằng ethyl acetate,
- (h): Cặn chiết ethyl acetate của dịch lọc,
- (i): Rửa sản phẩm bằng dichloromethane,
- (k): Kết tinh lại sản phẩm bằng cồn nóng 80

đó tiến hành đánh giá độc tính của vitexin tách được trên dòng tế bào gan BRL-3A và cho kết quả tế bào an toàn với nồng độ vitexin dưới 1.000 µg/mL. Ngoài ra, kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Thenmozhi và Subasini (2016) cho thấy vitexin an toàn đối với dòng tế bào L6 bình thường nhưng gây độc đáng kể đối với dòng tế bào MCF-7 tỷ lệ sống sót của tế bào tại nồng độ 10 µg/mL là 75,48 ± 1,15 %. Như vậy, kết quả của nhóm nghiên cứu tương đồng với những công bố nêu trên đều khẳng định hoạt tính không gây độc đáng kể của vitexin, nồng độ gây độc tùy thuộc vào từng loại tế bào và phương pháp tách chiết khác nhau. Do đó, vitexin tách chiết từ vỏ đỗ

xanh cũng được xem là nguyên liệu tiềm năng có thể dùng trong các sản phẩm thực phẩm chức năng, có tác dụng bảo vệ thần kinh.

3.5. Đánh giá tác dụng bảo vệ tế bào thần kinh C6 trên mô hình bệnh Alzheimer được gây cảm ứng bằng Aβ₂₅₋₃₅

Kết quả trình bày ở Hình 5B cho thấy, khi các tế bào C6 cảm ứng bởi Aβ₂₅₋₃₅ đã làm giảm tỷ lệ sống sót của tế bào xuống 65,40% so với công thức đối chứng (các tế bào không được xử lý Aβ₂₅₋₃₅ xem như có tỷ lệ sống sót 100%). Khi có mặt của VT1/VT2 ở các nồng độ khác nhau đã có ảnh hưởng tích cực tới tỷ lệ sống sót của tế bào C6. Trong đó ở nồng độ 30 và 50 µg/mL, VT1 và VT2 có khả năng bảo vệ tế bào



C6 khi cảm ứng bằng $A\beta_{25-35}$ với phần trăm tế bào sống sót là 76,94% và 71,65%; 75,35 và 73,45%, tương ứng (cao hơn 65,40% ở nhóm mô hình DMSO + $A\beta_{25-35}$). Galantamine được sử dụng như chất đối chứng dương trong mô hình gây bệnh Alzheimer có khả năng bảo vệ tế bào khỏi độc tính do $A\beta_{25-35}$ gây ra với tỷ lệ sống sót của tế bào đạt 72,25%. Các kết quả sơ bộ cho thấy vitexin có khả năng bảo vệ tế bào thần kinh trước tác nhân gây stress như $A\beta_{25-35}$ và hoạt tính này phụ thuộc vào nồng độ thử nghiệm.

3.6. Hoạt tính ức chế AChE của vitexin

Phần trăm ức chế AChE của VT1, VT2 (30 và 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$) được trình bày ở Hình 6A. Kết quả thu được cho thấy, VT1 và VT2 có hoạt tính ức chế AChE dao động từ 55,46% đến 70,44% tùy thuộc vào nồng độ của vitexin thử nghiệm. Ở nồng độ 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, VT1 và VT2 có hoạt tính ức chế AChE cao nhất đạt 68,58 và 70,44%, tương ứng và được coi là chất ức chế AChE mạnh theo khóa phân loại của Vinutha và cộng sự (2017) [17]. Chất đối chứng dương galantamine có hoạt tính ức chế AChE là 75,5% và 90,23% ở nồng độ 30 và 50 $\mu\text{g}/\text{m}$, tương ứng - được coi là chất ức chế AChE mạnh. Kết quả chỉ ra trên hình 6B cho thấy Galantamine có giá trị IC_{50} đạt 42,5 $\mu\text{g}/\text{mL}$, giá trị IC_{50} của VT1 và VT2 đạt 150,90 và 145,50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, tương ứng. Các chất ức chế AChE được coi là tác nhân điều trị quan trọng để kiểm soát bệnh Alzheimer. Kết quả thu được đã chứng minh vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh có tiềm năng ức chế AChE.

4. KẾT LUẬN

Nhóm nghiên cứu đã hoàn thiện được quy trình tách chiết vitexin từ vỏ đỗ xanh quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ, dung môi ethanol 80% với tỷ lệ nguyên liệu: Dung môi là 1:3 (w/v) với độ tinh sạch đạt 91,73% và hiệu suất đạt 0,231%. Vitexin tách được có hoạt tính chống oxy hóa (IC_{50} đạt $226,06 \pm 11,3$ ppm), hoạt tính ức chế AChE (IC_{50} đạt $150,90 \pm 4,5$ ppm) và có tác dụng bảo vệ tế bào thần kinh C6 ở mô hình Alzheimer gây tổn thương bằng $A\beta_{25-35}$. Các kết quả thu được cho thấy, vitexin tách chiết từ vỏ đỗ xanh đạt tiêu chuẩn để chế tạo nanovitexin, giúp tăng cường khả năng hấp thụ và hoạt tính sinh học, làm nguyên liệu cho sản xuất thực phẩm chức năng hỗ trợ phòng và điều trị các bệnh mãn tính.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài: “Nghiên cứu quy trình công nghệ chế tạo nanovitexin làm nguyên liệu sản xuất thực phẩm bảo vệ sức khỏe hỗ trợ trong phòng và điều trị bệnh tiểu đường” mã số UDPTCN. 03/22-24 do TS. Ngô Thị Hoài Thu, Viện Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam làm chủ nhiệm năm 2022-2025■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abdulai IL et al., 2021. Multitargeted Effects of Vitexin and Isoviteixin on Diabetes Mellitus and Its Complications. *The Scientific World Journal*, pp 20.
2. Ding C et al., 2021. Protective effect of hawthorn vitexin on the ethanol-injured DNA of BRL-3A hepatocytes. *Medicine*, 100(50), pp. 1-7. doi: 10.1097/MD.00000000000028228.
3. Gu C et al., 2017. Preparation of vitexin nanoparticles by combining the antisolvent precipitation and high pressures homogenization approach followed by lyophilization for dissolution rate enhancement. *Molecules*, 22(11): 2038.
4. Hu M et al., 2018. Vitexin protects dopaminergic neurons in MPTP-induced Parkinson's disease through PI3K/ Akt signaling pathway. *Drug Design, Development and Therapy*, 12:565–573.
5. Jayasinghe ULB et al., 2004. Glycosides from *Grewia damine* and *Filicium decipiens*. *Natural Product Research*, 18(6), pp. 499-502.
6. Karaoglan ES et al., 2020. Tyrosinase and cholinesterase inhibitory activities and molecular docking studies on apigenin and vitexin. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 50(3), 268-271.
7. Kim GH et al., 2019. Improvement in neurogenesis and memory function by administration of *Passiflora incarnata* L. extract applied to sleep disorder in rodent models. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 98:27–40.
8. Kim JH et al., 2005. The isolation and antioxidative effects of vitexin from *Acer palmatum*. *Arch Pharm Res*, 28(2): 195-202. doi: 10.1007/BF02977715.
9. Lin YL et al., 2000. Flavonoid Glycosides from *Terminalia catappa* L. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 47(1): 53-256.
10. Malar DS et al., 2018. Vitexin inhibits A beta (25-35) induced toxicity in Neuro-2a cells by augmenting Nrf-2/HO-1 dependent antioxidant pathway and regulating lipid homeostasis by the activation of LXR-alpha. *Toxicology in Vitro*, 50:160–171.
11. Nguyễn Thị Thu Hà et al., 2019. Quy trình tách chiết hỗn hợp chứa hợp chất vitexin và isovitexin từ vỏ hạt đậu xanh (*Vigna radiata*). *Giải pháp hữu ích, Công báo sở hữu công nghiệp*, tr. 378(b), quyển 1 (09.2019).
12. Qi Y et al., 2020. Vitexin improves neuron apoptosis and memory impairment induced by isoflurane via regulation of miR-409 expression. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 29(1):135–145.
13. Ranjan R et al., 2023. Nutraceutical Potential of Vitexin: A Flavone Glycoside. *The Journal of Phytopharmacology*, 12(1): 44-50.
14. Sharma OP et al., 2009. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4): 1202-1205.



THỊ TRƯỜNG CÁC-BON: CƠ HỘI VÀ TIỀM NĂNG

NGUYỄN ĐÌNH THỌ¹

¹ Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Tóm tắt

Thị trường các-bon là công cụ định giá khí nhà kính (KNK) nhằm khuyến khích doanh nghiệp giảm phát thải thông qua giao dịch hạn ngạch và tín chỉ các-bon. Việt Nam đã thiết lập nền tảng pháp lý như: Luật BVMT năm 2020; Nghị định số 06/2022/NĐ-CP quy định về giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-dôn; Nghị định số 119/2025/NĐ-CP sửa đổi Nghị định số 06/2022/NĐ-CP; Quyết định số 01/2022/QĐ-TTg ban hành Danh mục lĩnh vực, cơ sở phát thải KNK phải thực hiện kiểm kê KNK; Quyết định số 13/2024/QĐ-TTg; Quyết định số 232/QĐ-TTg về phê duyệt Đề án Thành lập và phát triển thị trường các-bon tại Việt Nam. Cam kết Net Zero năm 2050 và các Chương trình như REDD+, CDM hay Đề án 1 triệu ha lúa phát thải thấp tạo nền tảng thúc đẩy thị trường các-bon. Cơ chế phân bổ hạn ngạch miễn phí và bù trừ bằng tín chỉ giúp giảm chi phí tuân thủ nhưng làm hạn chế nguồn thu công, đòi hỏi lộ trình điều chỉnh hợp lý. Việt Nam có tiềm năng lớn từ các lĩnh vực như rừng, nông nghiệp, năng lượng tái tạo và giao thông điện hóa để tạo tín chỉ các-bon. Thị trường giúp doanh nghiệp đổi mới công nghệ, tiếp cận tài chính xanh, tăng năng lực cạnh tranh. Các chủ thể như nhà đầu tư, tổ chức tài chính, cơ quan quản lý giữ vai trò trung tâm trong xây dựng và vận hành hệ sinh thái thị trường. Hệ thống sản phẩm có thể mở rộng gồm trái phiếu xanh, tín chỉ xe điện, quỹ tín chỉ, và bảo hiểm rủi ro phát thải. Nếu được xây dựng minh bạch, đồng bộ và tích hợp quốc tế, thị trường các-bon Việt Nam giúp góp phần giảm phát thải hiệu quả và trở thành trụ cột tài chính xanh cho phát triển bền vững.

Từ khóa: Thị trường các-bon, tín chỉ các-bon, ITMOs, CDM, JCMs.

JEL Classifications: G18, Q48, Q52, Q56, Q58.

1. GIỚI THIỆU THỊ TRƯỜNG CÁC-BON VÀ HỆ THỐNG PHÁP LÝ LIÊN QUAN

Thị trường các-bon được hình thành nhằm thúc đẩy các cơ chế giảm phát thải khí nhà kính thông qua các công cụ định giá các-bon. Cơ chế tạo ra một hệ thống cho phép các tổ chức, doanh nghiệp giao dịch hạn ngạch phát thải khí nhà kính dựa trên mức phát thải thực tế so với mức phát thải được cấp phép. Khi đơn vị phát thải thấp hơn mức được phân bổ có thể bán phần chênh lệch cho các đơn vị phát thải vượt mức, qua đó hình thành một thị trường có giá trị kinh tế, đồng thời tạo động lực để chuyển đổi công nghệ sạch và đầu tư vào các giải pháp phát triển ít phát thải. Thị trường các-bon là công cụ tài chính khí hậu toàn diện, góp phần thực hiện chiến lược toàn diện ứng phó biến đổi khí hậu, nâng cao chất lượng tăng trưởng, hướng tới nền kinh tế phát thải thấp, bảo đảm phát triển kinh tế nhanh, bền vững.

Thị trường các-bon quốc tế đã hình thành và phát triển mạnh mẽ trong hai thập kỷ qua, đặc biệt tại châu Âu, Mỹ và một số quốc gia châu Á như: Ôxtrâyliya, NewZealand, Hàn Quốc, Nhật Bản, Trung Quốc, Thái Lan, Singapore. Các mô hình như Hệ thống giao dịch phát thải của Liên minh châu Âu (EU ETS); Hệ thống giao dịch khí thải Hàn Quốc (K-ETS) và thị trường thí điểm tại Trung Quốc cho thấy, tiềm năng lớn trong điều tiết phát thải trên quy mô lớn, đồng thời tạo ra dòng vốn đầu tư cho các hoạt động xanh. Giá trị thị

trường các-bon toàn cầu không ngừng tăng trưởng, đạt 104 tỷ USD năm 2023 và trên 102,2 tỷ USD năm 2024, thể hiện mức độ quan tâm và sự gắn kết ngày càng sâu sắc giữa yếu tố môi trường và yếu tố thị trường. Tham gia thị trường các-bon không còn là lựa chọn riêng lẻ của từng quốc gia mà dần trở thành yêu cầu bắt buộc để đảm bảo cạnh tranh và hội nhập kinh tế toàn cầu.

Việt Nam đã thể hiện rõ cam kết quốc tế trong giảm phát thải KNK thông qua Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC) cập nhật, cũng như cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 tại Hội nghị COP26. Để thực hiện cam kết đó, thị trường các-bon nội địa được xác định là một trụ cột quan trọng nhằm huy động nguồn lực xã hội và định hướng hành vi phát thải của các chủ thể kinh tế. Cam kết mạnh mẽ thể hiện quyết tâm chính trị cao và hướng đi chiến lược rõ ràng trong quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế phát thải thấp, góp phần nâng cao vị thế quốc gia trong các cuộc đàm phán khí hậu toàn cầu và tiếp cận các nguồn lực tài chính quốc tế.

Hệ thống pháp lý liên quan đến thị trường các-bon tại Việt Nam đã bắt đầu hình thành với một số văn bản nền tảng. Nghị định số 06/2022/NĐ-CP được ban hành để thiết lập khung pháp lý ban đầu, đặt nền móng cho tổ chức và vận hành thị trường. Nội dung nghị định bao gồm các nguyên tắc tổ chức, các loại cơ chế định giá các-bon, phân loại ngành phát thải lớn và yêu cầu báo cáo kiểm kê khí nhà kính. Đây là cơ sở để



phát triển các công cụ linh hoạt như cơ chế trao đổi hạn ngạch phát thải, cơ chế tín chỉ giảm nhẹ phát thải, đồng thời hướng đến xây dựng hệ thống minh bạch và có thể kiểm chứng phù hợp với yêu cầu quốc tế. Nghị định số 119/2025/NĐ-CP cụ thể hóa các quy trình triển khai trên thực tế, xác định rõ các đối tượng tham gia, cơ sở pháp lý cho cấp và phân bổ hạn ngạch phát thải trong giai đoạn đầu. Nội dung nghị định đề cập đến các nguyên tắc phân bổ, tiêu chí lựa chọn doanh nghiệp thuộc đối tượng kiểm soát phát thải, phương pháp xác định hạn ngạch và quy trình theo dõi, kiểm tra, đánh giá tuân thủ. Mục tiêu là đảm bảo công bằng, minh bạch và hiệu quả trong vận hành thị trường, đồng thời tạo tiền đề để tiến hành các phiên giao dịch thí điểm trên phạm vi hẹp trước khi nhân rộng.

Quyết định số 232/QĐ-TTg/2025 phê duyệt Đề án phát triển thị trường các-bon tại Việt Nam, xác định rõ lộ trình thực hiện thị trường qua từng giai đoạn: xây dựng hạ tầng kỹ thuật, hoàn thiện cơ sở dữ liệu, triển khai thí điểm và tiến tới vận hành chính thức. Lộ trình gồm các mốc cụ thể từ năm 2025 đến 2030, với các yêu cầu về thể chế, kỹ thuật, năng lực tổ chức, và liên kết quốc tế. Đề án nêu rõ các giải pháp hỗ trợ như đào tạo, nâng cao nhận thức, hợp tác song phương và đa phương, đặc biệt là tận dụng cơ hội từ các cơ chế quốc tế như Cơ chế hợp tác tự nguyện theo Điều 6 của Thỏa thuận Paris.

Thị trường các-bon tại Việt Nam đang hình thành với nền tảng pháp lý, chiến lược quốc gia và hành lang kỹ thuật ngày càng rõ ràng. Đây là cơ hội quan trọng để thúc đẩy mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính, đồng thời tạo ra công cụ tài chính mới gắn liền với phát triển xanh. Khi thị trường các-bon nội địa chính thức đi vào hoạt động từ cuối năm 2025, hệ thống giao dịch tín chỉ các-bon sẽ vận hành tương tự như sàn chứng khoán, với hai loại hàng hóa chính gồm hạn ngạch phát thải và tín chỉ các-bon. Các doanh nghiệp sẽ tham gia như các chủ thể thị trường, thực hiện giao dịch, bù trừ, mua bán, đầu tư, hoặc bán lại lượng phát thải dư thừa để thu về nguồn tài chính hợp pháp, tạo động lực đổi mới công nghệ.

2. CHÍNH SÁCH MIỄN THUẾ, PHÂN BỐ HẠN NGẠCH MIỄN PHÍ VÀ BÙ TRỪ NGHĨA VỤ TÀI CHÍNH TUÂN THỦ

Việc miễn thuế, phân bổ hạn ngạch phát thải miễn phí và cho phép sử dụng tín chỉ các-bon để bù trừ nghĩa vụ phát thải đồng nghĩa với việc nhà nước không thu được một phần đáng kể nguồn thu tiềm năng. Khi hệ thống giao dịch phát thải (ETS) được triển khai ở giai đoạn đầu, các chính phủ thường lựa chọn cấp phát hạn

ngạch miễn phí nhằm giảm xung đột chính trị và tránh sốc chi phí cho doanh nghiệp. Phương pháp được kỳ vọng hỗ trợ các ngành công nghiệp dễ tổn thương do biến động cạnh tranh quốc tế hoặc rủi ro rò rỉ các-bon, khiến nguồn thu từ hoạt động đấu giá hạn ngạch giảm mạnh, dẫn tới ngân sách nhà nước không tận dụng được toàn bộ tiềm năng tài chính từ ETS. Tổng giá trị hạn ngạch phát thải được cấp phát miễn phí trong các hệ thống ETS có tổ chức đấu giá đã lên tới khoảng 67 tỷ USD năm 2023, tương đương với toàn bộ khoản thu thuế các-bon mà các quốc gia triển khai hệ thống giao dịch phát thải có thể thu được nếu không cấp phát miễn phí. Tại Vương quốc Anh, kế hoạch loại bỏ dần cơ chế cấp phát hạn ngạch miễn phí cho các ngành chịu ảnh hưởng của Cơ chế điều chỉnh biên giới các-bon (CBAM) có thể giúp ngân sách tăng thêm khoảng 2 tỷ USD vào năm 2034. Nếu tiến trình cắt giảm được duy trì đều đặn, khoản thu có thể được tái đầu tư vào các dự án giảm phát thải dài hạn.

Miễn trừ thuế các-bon cũng là yếu tố dẫn đến mất nguồn thu. Các chính sách miễn trừ trực tiếp trong thuế các-bon ít phổ biến hơn so với cấp phát hạn ngạch miễn phí, khiến mức thất thu từ thuế các-bon thấp hơn đáng kể so với hệ thống giao dịch phát thải. Một số quốc gia sử dụng hình thức hoàn thuế gián tiếp thông qua cơ chế cấp phát miễn phí như tại Nam Phi. Trong một số ngành cụ thể, mức miễn giảm thuế đạt hơn 90%, khiến số tiền thu được từ thuế gần như không đáng kể. Hậu quả là công cụ tài chính được thiết kế để khuyến khích chuyển đổi xanh lại không tạo áp lực tài chính đủ lớn để doanh nghiệp thay đổi hành vi sản xuất.

Tín chỉ các-bon được dùng làm công cụ bù trừ nghĩa vụ tài chính trong hệ thống thuế hoặc ETS có khả năng thúc đẩy đầu tư vào các ngành chưa bị điều tiết trực tiếp, giúp doanh nghiệp linh hoạt hơn trong đáp ứng nghĩa vụ phát thải, đồng thời có thể kích hoạt dòng vốn đầu tư xanh tới những khu vực ít được tài trợ. Tuy nhiên, mặt trái là lượng thuế các-bon thu được sẽ giảm đi đáng kể. Năm 2024, Colombia cho phép sử dụng khoảng 17,6 triệu tín chỉ các-bon để bù trừ nghĩa vụ thuế, tương ứng với khoản hụt thu hơn 100 triệu USD. Nam Phi sử dụng gần 4 triệu tín chỉ trong cùng năm, làm giảm nguồn thu tiềm năng hơn 40 triệu USD. Trong khi doanh nghiệp được hưởng lợi từ chi phí tuân thủ thấp hơn, ngân sách công lại chịu áp lực giảm nguồn lực cho các chương trình khí hậu quốc gia (World Bank, 2024).

3. CƠ HỘI VÀ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN THỊ TRƯỜNG CÁC-BON Ở VIỆT NAM

Cam kết tài chính khí hậu toàn cầu đang bước vào giai đoạn mới với sự chuyển tiếp từ mục tiêu 100 tỷ



USD mỗi năm được thiết lập năm 2009 tại COP15 ở Copenhagen, sang mục tiêu huy động ít nhất 300 tỷ USD mỗi năm cho các quốc gia đang phát triển tại COP29 ở Baku. Mức đóng góp kỳ vọng của tất cả các bên được nâng lên tới ít nhất 1.300 tỷ USD mỗi năm trước năm 2035. Ngân sách dành cho trợ giá nhiên liệu hóa thạch tại các nước phát triển chiếm khoảng 3,6% GDP trong năm 2022. Mục tiêu 300 tỷ USD chỉ chiếm 0,46% GDP, cho thấy khả năng đáp ứng hoàn toàn nằm trong tầm tay nếu có sự điều chỉnh ưu tiên chi tiêu công. Lộ trình “Từ Baku đến Belém”, từ COP29 đến COP30, đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng bộ công cụ tài chính và chính sách để hiện thực hóa mục tiêu 1.300 tỷ USD (World Bank, 2025).

Tỷ lệ che phủ rừng của Việt Nam hiện trên 42% cùng khả năng gia tăng trữ lượng thông qua phát triển, bảo vệ và làm giàu rừng góp phần quan trọng trong hấp thụ KNK. Các chương trình REDD+ như tại khu vực Bắc Trung bộ đã chứng minh năng lực kỹ thuật và cơ chế thực hiện khả thi, đã trao đổi 10,3 triệu tấn CO₂ kết quả giảm phát thải từ rừng khu vực Bắc Trung bộ, thu về 51,5 triệu USD. Để án 1 triệu ha lúa chuyên canh chất lượng cao, phát thải thấp gắn với tăng trưởng xanh vùng Đồng bằng sông Cửu Long đang có nhiều triển vọng. Với hơn 300 dự án đã đăng ký theo cơ chế phát triển sạch (CDM), trong đó khoảng 150 dự án được cấp tín chỉ với tổng lượng phát thải cắt giảm hơn 40,2 triệu tấn CO₂, Việt Nam đã trở thành một trong 4 nước có dự án CDM nhiều nhất, sau Trung Quốc, Brazil, Ấn Độ [6], đứng thứ 9 trên tổng số 80 quốc gia có dự án CDM được cấp tín chỉ các-bon, tập trung chủ yếu vào lĩnh vực sản xuất năng lượng tái tạo và tiết kiệm năng lượng. Các lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp, năng lượng tái tạo và quản lý chất thải cho thấy tiềm năng tạo tín chỉ các-bon ổn định trong dài hạn.

Việt Nam là quốc gia đang phát triển có tốc độ tăng trưởng kinh tế nhanh. Các hoạt động sản xuất và tiêu dùng thải ra lượng khí nhà kính đáng kể trong khi mức độ áp dụng công nghệ giảm phát thải vẫn còn hạn chế. Đây là cơ hội để chuyển đổi mô hình, triển khai các giải pháp công nghệ thấp các-bon, từ đó tạo ra tín chỉ các-bon phục vụ thương mại trong và ngoài nước. Thị trường các-bon được xây dựng bài bản sẽ hỗ trợ mạnh mẽ cho cam kết giảm phát thải ròng về “0” vào năm 2050 của Việt Nam. Cơ chế thúc đẩy chuyển giao công nghệ, tạo động lực đầu tư cho các dự án năng lượng sạch và giúp tăng cường năng lực cạnh tranh cho doanh nghiệp trong bối cảnh xu thế toàn cầu hóa sản xuất xanh ngày càng rõ rệt. Các doanh nghiệp tiếp cận thị trường các-bon sớm có thể tạo lợi thế kinh tế

nhờ chi phí tuân thủ thấp và nguồn tài chính từ giao dịch tín chỉ.

Đối với doanh nghiệp, thị trường các-bon tạo ra nhiều hướng phát triển. Các tổ chức phát thải thấp có thể bán phần hạn ngạch dư thừa hoặc tín chỉ các-bon từ dự án giảm phát thải để tạo thêm dòng doanh thu. Doanh nghiệp phát thải cao có thêm cơ hội tiếp cận tín chỉ từ bên ngoài để tối ưu hóa chi phí tuân thủ mà không cần ngay lập tức đầu tư lớn vào công nghệ. Cơ chế khuyến khích doanh nghiệp đổi mới sáng tạo, triển khai công nghệ sạch, tái cấu trúc dây chuyền sản xuất, đồng thời cải thiện năng lực theo dõi, báo cáo và xác minh phát thải. Thị trường các-bon cũng đóng vai trò như một “bộ lọc tiêu chuẩn” giúp doanh nghiệp đáp ứng yêu cầu kỹ thuật khắt khe từ các thị trường xuất khẩu như Cơ chế điều chỉnh biên giới các-bon (CBAM) của Liên minh châu Âu, nghĩa vụ báo cáo bền vững theo Chỉ thị báo cáo bền vững của doanh nghiệp (CSRD), quy định chống phá rừng EUDR hay cơ chế trách nhiệm doanh nghiệp trong chuỗi cung ứng theo Chỉ thị về thẩm định bền vững doanh nghiệp (CSDDD).

Tác động kinh tế của thị trường các-bon không giới hạn ở phạm vi từng doanh nghiệp. Các chính sách và công cụ định giá các-bon đang tạo ra làn sóng tái định hình dòng vốn đầu tư vào các ngành có tiềm năng giảm phát thải. Theo báo cáo từ Climate Policy Initiative năm 2023, tổng vốn đầu tư khí hậu toàn cầu đạt khoảng 1,9 nghìn tỷ USD, trong đó năng lượng chiếm tỷ trọng lớn nhất với 834 tỷ USD, giao thông chiếm 545 tỷ USD, xây dựng và hạ tầng gần 300 tỷ USD. Khi thị trường các-bon vận hành ổn định, Việt Nam có cơ hội thu hút một phần dòng vốn khổng lồ để tài trợ cho các dự án năng lượng tái tạo, xử lý nước thải, phát triển rừng, tối ưu hóa hệ thống giao thông và sản xuất xanh. Các doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp, chất thải, giao thông, xây dựng, năng lượng có thể trở thành đầu mối tạo tín chỉ và tiếp cận các kênh tài chính xanh (OECD, 2024).

Hình thành thị trường các-bon nội địa mang lại lợi ích cho toàn nền kinh tế. Công cụ thị trường sẽ hỗ trợ Nhà nước phân bổ nguồn lực hiệu quả hơn, đảm bảo mục tiêu giảm phát thải với chi phí thấp nhất. Thị trường giúp lượng hóa giá trị kinh tế của hành động bảo vệ môi trường, từ đó tạo động lực mới cho tăng trưởng. Khi chi phí phát thải được nội hàm vào quyết định sản xuất và tiêu dùng, cơ cấu kinh tế sẽ dần dịch chuyển từ mô hình phát triển dựa vào tiêu hao tài nguyên sang mô hình ít phát thải, sử dụng hiệu quả năng lượng và các-bon thấp.



Đối với xã hội, thị trường các-bon góp phần nâng cao nhận thức cộng đồng về phát thải và môi trường. Cơ chế tài chính các-bon giúp tăng thu nhập cho người dân thông qua tham gia các dự án bảo vệ rừng, nông nghiệp các-bon thấp và quản lý tài nguyên bền vững. Ở những vùng rừng núi, các dự án REDD+, trồng rừng, quản lý rừng bền vững có thể mang lại tín chỉ các-bon được thị trường quốc tế công nhận, từ đó mở ra nguồn tài chính mới cho cộng đồng địa phương. Các mô hình nông nghiệp tái sinh, canh tác các-bon thấp, chăn nuôi không phát thải, xử lý chất thải nông thôn theo mô hình kinh tế tuần hoàn có thể góp phần tạo ra tín chỉ các-bon nông nghiệp, tăng cơ hội sinh kế cho người dân.

Chính phủ đã khẳng định vai trò trung tâm của thị trường các-bon trong Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu đến năm 2050, Chỉ thị số 13/CT-TTg năm 2024 và các văn bản pháp lý như: Nghị định số 06/2022/NĐ-CP; Nghị định số 119/2025/NĐ-CP; Quyết định số 232/QĐ-TTg. Các quy định xác định rõ yêu cầu kiểm kê phát thải KNK, lộ trình phân bổ hạn ngạch, tổ chức giao dịch tín chỉ, giám sát tuân thủ và tích hợp thị trường trong nước với các cơ chế quốc tế. Sự liên kết với thị trường toàn cầu tạo cơ hội xuất khẩu tín chỉ, và giúp Việt Nam tiếp cận các công cụ tài chính khí hậu như tín dụng các-bon tự nguyện, quỹ khí hậu đa phương, cơ chế hợp tác theo Điều 6 của Thỏa thuận Paris.

4. CƠ HỘI VÀ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN CÁC THÀNH VIÊN GIAO DỊCH TRÊN THỊ TRƯỜNG CÁC-BON Ở VIỆT NAM

Nhà đầu tư, cơ quan quản lý và tổ chức tài chính trung gian là ba chủ thể giữ vai trò cốt lõi trong vận hành và mở rộng thị trường các-bon tại Việt Nam. Khi thị trường các-bon nội địa chính thức hình thành, các chủ thể đóng vai trò hỗ trợ và trực tiếp tham gia vào quá trình tạo lập, giao dịch, giám sát, và phân phối dòng vốn hướng đến các-bon thấp. Sự phối hợp hiệu quả giữa các bên sẽ quyết định khả năng vận hành ổn định của thị trường cũng như mức độ hội nhập quốc tế của thị trường trong tương lai.

Đối với nhà đầu tư, thị trường các-bon mở ra một không gian đầu tư mới có tính thanh khoản cao và tiềm năng sinh lời lớn. Tín chỉ các-bon và hạn ngạch phát thải trở thành tài sản có thể mua bán, nắm giữ, hoặc đầu cơ như các chứng khoán xanh. Nhà đầu tư có thể lựa chọn tham gia trực tiếp vào các dự án tạo tín chỉ như trồng rừng, chuyển đổi năng lượng, tái chế chất thải hoặc tài trợ cho các tổ chức phát triển tín chỉ các-bon. Khi sàn giao dịch các-bon nội địa hoạt

động như sàn chứng khoán, nhà đầu tư tổ chức sẽ có thêm công cụ định giá rủi ro phát thải, đa dạng hóa danh mục tài sản, và phòng ngừa rủi ro chính sách môi trường từ các quốc gia nhập khẩu. Cùng với sự phát triển của các tiêu chuẩn kế toán các-bon, báo cáo tài chính bền vững, và chuỗi giá trị xanh, nhà đầu tư có thể đưa các yếu tố phát thải vào tiêu chí đánh giá lợi suất, từ đó nâng cao hiệu quả ra quyết định.

Đối với tổ chức tài chính trung gian, thị trường các-bon mang đến cơ hội mở rộng dịch vụ và phát triển sản phẩm tài chính xanh. Ngân hàng thương mại, quỹ đầu tư, công ty chứng khoán, công ty bảo hiểm, tổ chức tín dụng phi ngân hàng có thể đóng vai trò trung gian kết nối doanh nghiệp cần tín chỉ với các đơn vị tạo tín chỉ. Các quỹ tín chỉ các-bon, quỹ đầu tư bền vững, sản phẩm bảo hiểm rủi ro phát thải, hoặc trái phiếu bảo đảm bằng tín chỉ các-bon có thể được thiết kế để huy động vốn cho các dự án phát triển xanh. Tổ chức tài chính trung gian cũng có thể hỗ trợ định giá tín chỉ các-bon, phân tích xu hướng thị trường, đánh giá rủi ro chính sách, từ đó cung cấp thông tin và dịch vụ tư vấn cho các nhà đầu tư. Vai trò của họ giúp nâng cao tính thanh khoản của thị trường và tăng cường tính minh bạch, làm nền tảng cho các cơ chế tài chính xanh vận hành hiệu quả.

Đối với cơ quan quản lý, thị trường các-bon đóng vai trò như một công cụ điều tiết phát thải mềm dẻo và tiết kiệm chi phí. Nhà nước không cần can thiệp hành chính trực tiếp vào từng doanh nghiệp mà có thể định lượng mức phát thải toàn nền kinh tế, sau đó phân bổ hạn ngạch, để các chủ thể tự điều chỉnh thông qua giao dịch. Cơ quan quản lý sẽ xây dựng hệ thống kiểm kê, phân bổ, giám sát và xử phạt theo cơ chế minh bạch. Đồng thời, cần vận hành hệ thống đăng ký quốc gia về tín chỉ các-bon, tích hợp dữ liệu từ các bộ, ngành, địa phương để bảo đảm không trùng lặp, không gian lận tín chỉ, và không phát sinh phát thải kép. Thông qua sàn giao dịch do Bộ Tài chính chủ trì xây dựng, cơ quan quản lý có thể theo dõi dòng chảy tín chỉ, nắm bắt nhu cầu thị trường, và điều chỉnh chính sách để đạt mục tiêu phát thải quốc gia theo cam kết tại COP26.

Cơ quan quản lý chịu trách nhiệm xây dựng hệ thống kiểm kê khí nhà kính phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế. Hệ thống giám sát, báo cáo, thẩm định (MRV) cần đảm bảo khả năng truy vết tín chỉ các-bon, đảm bảo chất lượng tín chỉ, ngăn chặn rủi ro đếm trùng và gian lận. Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã phát triển sổ đăng ký quốc gia làm nền tảng tích hợp thông tin từ doanh nghiệp, dự án, cơ chế giao dịch. Cơ sở dữ liệu kiểm kê phục vụ phân bổ hạn ngạch phải phân tách theo ngành, quy mô, đặc điểm công nghệ, đồng bộ với



định danh dự án thuộc các cơ chế quốc tế. Giai đoạn thí điểm yêu cầu các doanh nghiệp phát thải lớn phải báo cáo hai năm một lần, cơ quan kiểm tra chéo số liệu giữa các cơ quan cấp phép, cơ quan tài chính, cơ quan môi trường. Thách thức đặt ra là năng lực giám sát chưa đồng đều giữa các tỉnh, phần mềm còn phân mảnh, dữ liệu đo đạc thiếu chuẩn hóa. Xây dựng hệ thống kiểm kê quốc gia cần tích hợp công nghệ vệ tinh, cảm biến IoT, và cơ chế công khai hóa kết quả theo thời gian thực.

Sự phối hợp giữa các chủ thể cần được đặt trong khuôn khổ thể chế vững chắc. Luật BVMT năm 2020 và các nghị định hướng dẫn như Nghị định số 06/2022/NĐ-CP; Nghị định số 119/2025/NĐ-CP, cùng với các Quyết định của Thủ tướng Chính phủ về kiểm kê KNK, xác định danh mục ngành phát thải lớn, phê duyệt Đề án phát triển thị trường, đều là những cấu phần quan trọng tạo ra sân chơi chung minh bạch, công bằng, có định hướng. Để thị trường phát triển bền vững, cần tiếp tục hoàn thiện thể chế tài chính các-bon, tăng cường năng lực cho cơ quan quản lý, hỗ trợ doanh nghiệp thích nghi và đào tạo đội ngũ chuyên gia tư vấn độc lập.

5. CƠ HỘI VÀ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN CÁC SẢN PHẨM GIAO DỊCH TRÊN THỊ TRƯỜNG CÁC-BON Ở VIỆT NAM

Các tổ chức tài chính trung gian có thể cung cấp danh mục sản phẩm phù hợp với quá trình phát triển thị trường các-bon tại Việt Nam. Trái phiếu xanh có thể được phát hành dựa trên dòng tiền từ tín chỉ các-bon. Các khoản vay gắn với kết quả giảm phát thải là công cụ tài chính tiềm năng. Các cơ chế tài trợ theo mô hình kết quả như quỹ quay vòng có thể triển khai để hỗ trợ doanh nghiệp đầu tư vào công nghệ tiết kiệm năng lượng hoặc dự án sử dụng năng lượng tái tạo. Sản phẩm tài chính có thể cấu trúc lại thành công cụ hỗn hợp kết hợp tín chỉ các-bon, vốn cổ phần, và nguồn vốn từ quỹ phát triển. Các tổ chức tài chính trung gian cần xây dựng năng lực định giá rủi ro khí hậu, mô hình dự báo giá tín chỉ theo cơ chế điều chỉnh tương ứng và cơ chế tập trung (Article 6.2 và 6.4), tích hợp vào hồ sơ tín dụng. Mô hình bảo hiểm các-bon có thể hình thành dựa trên kinh nghiệm từ thị trường quốc tế. Các nền tảng giao dịch tự động hóa đơn tín chỉ theo chuẩn quốc tế sẽ là giải pháp cần thiết.

Nhà đầu tư có thể tiếp cận nhiều cơ hội tạo ra tín chỉ các-bon có giá trị cao. Dự án điện mặt trời mái nhà công nghiệp có khả năng tạo tín chỉ đạt chuẩn Article 6.2 nếu đảm bảo bổ sung tính thêm, minh bạch, xác minh độc lập. Dự án sử dụng biochar trong canh tác

hoặc xử lý chất thải nông nghiệp có khả năng tiếp cận thị trường tín chỉ quốc tế nếu kết hợp đồng phát triển có điều khoản chia sẻ lợi ích. Lĩnh vực rừng ngập mặn, lâm sinh, khôi phục rừng có thể tích hợp vào Chương trình REDD+ với sự hỗ trợ từ Ngân hàng Thế giới; Quỹ Khí hậu Xanh. Các dự án tiết kiệm năng lượng trong ngành thép, xi măng hoặc sản xuất vật liệu xây dựng có thể hưởng lợi từ tín chỉ cấp phát trong thị trường trong nước, đồng thời đăng ký theo cơ chế Article 6.4 nếu đủ điều kiện kỹ thuật. Danh mục đầu tư tiềm năng mở rộng sang xử lý rác thải, thu hồi khí metan, sử dụng năng lượng sinh khối quy mô nhỏ. Các nhà đầu tư tổ chức có thể hình thành quỹ tín chỉ các-bon kết hợp cả tín chỉ trong nước và quốc tế, đa dạng hóa dòng tiền, phòng ngừa biến động giá.

Tín chỉ xe điện kép (ZEV, CAFÉ) (Nguyễn Đình Thọ, 2025) và tín chỉ tiêu chuẩn nhiên liệu các-bon thấp (LCFS) đem lại cơ hội phát triển sản phẩm giao dịch mới trên thị trường các-bon. Khu vực phát thải thấp tại Bắc Kinh hình thành từ quá trình điều phối đa cấp giữa chính quyền trung ương và thành phố. Quy hoạch giao thông đô thị ưu tiên tuyến xe buýt chạy điện, cấm xe tải diesel chạy vào nội đô trong khung giờ cao điểm. Trạm đo chất lượng không khí phân bố dày đặc trên trục đường chính. Dữ liệu đo được cập nhật liên tục, công khai trên bảng điện tử, truyền trực tiếp về trung tâm điều phối. Người dân điều chỉnh hành trình theo cảnh báo ô nhiễm. Mỗi xe máy đăng ký mới phải vượt qua kiểm tra khí thải định kỳ. Xe điện hai bánh được miễn kiểm tra, khuyến khích người dân đổi sang phương tiện sạch. Hệ thống camera nhận dạng biển số kết nối với cơ sở dữ liệu vi phạm. Trường hợp xe tải không đạt chuẩn khí thải vẫn cố tình lưu thông sẽ bị phạt tự động. Chính sách tín chỉ kép đưa ra công thức tính điểm cho từng dòng xe từ tháng 9/2017. Xe chạy pin lithium có điểm số cao nhất. Xe hybrid chỉ đạt điểm nếu tiết kiệm nhiên liệu vượt ngưỡng quy định. Hệ thống tính toán dựa trên mức tiêu thụ nhiên liệu trung bình toàn đội xe sản xuất và đăng ký mới của hãng. Nhà sản xuất không đạt chuẩn phải mua tín chỉ hoặc chịu phạt. Cơ chế tín chỉ thúc đẩy đầu tư vào nghiên cứu công nghệ pin, cải thiện hiệu suất động cơ điện, tăng tỷ lệ xe không phát thải trong danh mục sản phẩm. Hệ thống cũng gián tiếp thúc đẩy thị trường pin tái chế và công nghệ thu hồi vật liệu hiếm.

Từ năm 1943, California đã đối mặt với ô nhiễm không khí, gây nghẹt thở, chóng mặt và buồn nôn. Năm 1947, Cơ quan Kiểm soát ô nhiễm không khí California được thành lập và đi đầu thế giới về tín chỉ nhiên liệu và tín chỉ xe điện. California ban hành tiêu



chuẩn LCFS năm 2009 để giảm dần cường độ các-bon trong ngành nhiên liệu vận tải. Hệ thống phân tích vòng đời áp dụng cho toàn bộ chuỗi giá trị. Điện sạch xe EV tạo tín chỉ nếu xuất phát từ nguồn tái tạo hoặc lưới điện có tỷ lệ năng lượng sạch cao. Nhà máy ethanol sản xuất bằng phương pháp tiết kiệm năng lượng tạo tín chỉ nếu tổng lượng phát thải CO₂/tấn thấp hơn ngưỡng. Hệ thống giao dịch tín chỉ tổ chức qua sàn điện tử có kiểm toán độc lập. Mỗi giao dịch được gắn mã số, lưu trên hệ thống truy vết minh bạch. LCFS trở thành cơ chế khuyến khích các nhà cung cấp nhiên liệu giảm phát thải theo hướng thị trường thay vì biện pháp hành chính.

Tín chỉ xe điện tại California (Nguyễn Đình Thọ, Mai Thu Hiền, 2025) được quy định rõ trong phần phụ lục về điện trong LCFS. Nhà cung cấp dịch vụ sạch phải đăng ký cơ sở hạ tầng, cung cấp số liệu điện năng sạch, chứng minh nguồn điện đầu vào. Trường hợp sử dụng điện mặt trời hoặc thủy điện tạo tín chỉ có giá trị cao. Các trạm sạc công cộng phải tích hợp đồng hồ đo và hệ thống giám sát tiêu thụ để được chấp thuận tạo tín chỉ. Chính sách cho phép chuyển nhượng tín chỉ giữa nhà cung cấp dịch vụ sạch và nhà cung cấp nhiên liệu hóa thạch. Cơ chế tạo dòng tiền ổn định cho doanh nghiệp đầu tư vào hạ tầng EV, giảm thời gian hoàn vốn.

Tín chỉ xe điện tại Việt Nam có thể được định hình dựa trên khung LCFS và NEV. Hệ thống đo đếm điện năng sạch có thể tích hợp qua đồng hồ thông minh. Doanh nghiệp vận hành trạm sạc sẽ gửi dữ liệu định kỳ cho cơ quan giám sát các-bon. Mỗi kWh điện từ nguồn sạch dùng để sạc tạo tín chỉ sau khi được kiểm chứng. Mã tín chỉ đăng ký trên hệ thống trung tâm, có thể giao dịch trên thị trường tự nguyện hoặc thị trường chính thức theo phân bổ hạn ngạch. Thiết lập cường độ các-bon nhiên liệu theo chuẩn (benchmark các-bon intensity) dựa trên dữ liệu lưới điện quốc gia theo khu vực. Cơ chế giá cố định có thể áp dụng trong giai đoạn đầu để ổn định kỳ vọng thị trường.

Chuyển đổi sang giao thông điện hóa đòi hỏi chính sách đồng bộ về hạ tầng, thị trường, tiêu chuẩn kỹ thuật. Nhà đầu tư vào trạm sạc có động lực rõ ràng khi tín chỉ xe điện tạo doanh thu thứ cấp. Nhà sản xuất EV được ưu tiên tiếp cận nguồn tín chỉ nếu đạt ngưỡng giảm phát thải từ quy trình sản xuất pin đến lắp ráp. Các dự án sử dụng nguồn điện từ năng lượng tái tạo để sạc xe công cộng có thể tích hợp vào chương trình giảm phát thải theo Điều 6.2 của Thỏa thuận Paris. Tín chỉ xe điện có thể đóng vai trò trung tâm trong chiến lược giảm phát thải ngành giao thông.

Việt Nam có thể triển khai Chương trình thử nghiệm tại đô thị lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh,

Hải Phòng, Cần Thơ, Đà Nẵng và Huế. Cơ quan quản lý thiết kế giao diện số hóa thu thập dữ liệu điện năng sạch theo mã điểm sạc. Mỗi trạm sạc đăng ký mã định danh, đồng bộ thông tin với đơn vị truyền tải điện. Dữ liệu cập nhật theo quý, kết hợp kiểm tra thực địa bất kỳ. Hệ thống thí điểm có thể tập trung vào khu vực phát thải cao như trung tâm thành phố, khu công nghiệp, bến xe, cảng logistics. Tín chỉ tạo ra sẽ cấp phát điện tử cho đơn vị vận hành, ghi nhận trên hệ thống sổ cái các-bon quốc gia.

Điều 30, Luật Thủ Đô; Chỉ thị số 20/CT-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 12/7/2025 về một số nhiệm vụ cấp bách, quyết liệt ngăn chặn, giải quyết tình trạng ô nhiễm môi trường đã xác định vùng phát thải thấp theo quy hoạch BVMT và chỉ đạo Bộ Tài chính chủ trì, phối hợp với các Bộ, ngành liên quan nghiên cứu, bổ sung các quy định để thực hiện thu phí BVMT đối với khí thải của phương tiện giao thông (Hoàn thành trong Quý III/2025); Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 về Phê duyệt Chương trình hành động chuyển đổi năng lượng xanh của ngành Giao thông vận tải, trong giai đoạn 2022-2030; Quyết định số 1191/QĐ-BGTVT ngày 30/9/2024 của Bộ Giao thông vận tải về Kế hoạch Giảm nhẹ phát thải KNK trong lĩnh vực Giao thông vận tải đến năm 2030; Quyết định số 19/2024/QĐ-TTg, ban hành vào ngày 15/11/2024 quy định lộ trình áp dụng mức tiêu chuẩn khí thải đối với xe cơ giới nhập khẩu và sản xuất, lắp ráp; Dự thảo Quyết định của Thủ tướng Chính phủ quy định lộ trình áp dụng quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải ô tô, mô tô, xe gắn máy lưu hành ở Việt Nam với 2 giải pháp: (1) Giải pháp A: Không quy định lộ trình áp dụng QCVN về khí thải đối với ô tô, xe mô tô, xe gắn máy lưu hành ở Việt Nam; (2) Giải pháp B: Quy định lộ trình áp dụng QCVN về khí thải đối với ô tô, xe mô tô, xe gắn máy lưu hành ở Việt Nam. Tín chỉ kép (tín chỉ hiệu suất năng lượng và tín chỉ xe phát thải thấp) đã được áp dụng thành công tại Mỹ, Liên minh châu Âu và Trung Quốc, chỉ áp dụng với xe mới đăng ký, không áp dụng với xe cũ, giải quyết được vấn đề sở hữu tài sản theo Hiến pháp và dung hòa được Giải pháp A và Giải pháp B của Bộ Nông nghiệp và Môi trường.

6. CƠ HỘI VÀ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG GIAO DỊCH TIỀN TIẾN, HIỆN ĐẠI Ở VIỆT NAM

Hệ thống giao dịch tín chỉ các-bon hiện đại đóng vai trò quan trọng trong lộ trình phát triển thị trường các-bon của Việt Nam. Nhật Bản đã thiết kế một nền tảng giao dịch dựa trên các tiêu chí chuẩn hóa cao, đảm bảo tính minh bạch, minh định quyền sở hữu, kiểm soát chất lượng tín chỉ và phân loại rõ ràng theo



loại dự án. Nhật Bản cung cấp một thị trường ổn định, tạo niềm tin cho nhà đầu tư trong nước và quốc tế. Mô hình của Nhật Bản nhấn mạnh quy trình đấu giá tập trung, khung thời gian rõ ràng, giới hạn chấp nhận đơn đặt hàng theo giá cố định, cùng cơ chế thanh toán, bù trừ theo nguyên tắc giao hàng, thanh toán đồng thời (payment versus delivery). Nhật Bản sử dụng tín chỉ J-Credits và GX Credits, được phân loại theo từng nhóm dự án, áp dụng các khung giờ giao dịch nhất định. Nhật Bản sử dụng lệnh giới hạn thay vì lệnh thị trường giúp đảm bảo tính ổn định về giá. Hệ thống xử lý đơn hàng vào hai thời điểm trong ngày, giới hạn các phiên giao dịch vào thứ sáu hàng tuần. Kỷ luật trong quản lý khung giờ và công cụ tài chính cho thấy khả năng kiểm soát rủi ro, tạo ra môi trường giao dịch minh bạch. Đây là đặc điểm quan trọng có thể giúp Việt Nam xây dựng lòng tin của thị trường và tạo ra một chuẩn mực mới phù hợp với chiến lược chuyển đổi xanh quốc gia.

Hàn Quốc là quốc gia Đông Á đầu tiên triển khai hệ thống giao dịch phát thải bắt buộc trên toàn quốc. Giai đoạn 2022, hệ thống này đã bao phủ gần 80% tổng lượng khí nhà kính phát thải. Thị trường này đang mở rộng với các công cụ tài chính mới như hợp đồng tương lai, nhằm tăng tính thanh khoản và giảm rủi ro biến động giá. Kế hoạch đưa hợp đồng tương lai vào hoạt động từ 2026 cho thấy mục tiêu củng cố chiều sâu và sự bền vững của thị trường các-bon nội địa. Hình thức giao dịch ký gửi thông qua các công ty môi giới được triển khai nhằm tăng hiệu quả phân bổ tín chỉ giữa các doanh nghiệp có lượng phát thải thực tế khác nhau.

Sàn giao dịch tín chỉ các-bon (CBL) đang nổi bật như một mô hình sàn giao dịch tín chỉ các-bon hiệu quả trong không gian tự nguyện. CBL cung cấp sổ lệnh giới hạn trung tâm minh bạch, chu kỳ thanh toán T+0, hệ thống kết nối trực tiếp với các đăng ký tín chỉ (các-bon registry) uy tín trên thế giới. Tính ẩn danh trong giao dịch, khả năng lọc tín chỉ theo nhiều tiêu chí và bộ công cụ chuẩn hóa như GEO góp phần tạo ra niềm tin cho nhà đầu tư. Tăng trưởng nhanh chóng về khối lượng giao dịch, đặc biệt với tín chỉ thiên nhiên như N-GEOs cho thấy xu hướng thị trường ưu tiên những nguồn phát thải có giá trị bền vững và tác động tích cực đến môi trường.

Liên kết hệ thống giao dịch các-bon với các tiêu chuẩn quốc tế như ITMOs, CDMs, JCM và CORSIA theo Điều 6 Thỏa thuận Paris dành cho hàng không dân dụng giúp kết nối thị trường tự nguyện với thị trường tuân thủ, thị trường trong nước với thị trường

quốc tế. Xpansiv và các đối tác quốc tế đã phát triển các hợp đồng chuẩn hóa như GEO CP1 phục vụ mục đích tuân thủ CORSIA, cho phép giao dịch tín chỉ các-bon phát thải tự nguyện được chuẩn hóa, thanh toán ngay (spot delivery), giúp thị trường đạt hiệu quả cao. Sử dụng các tiêu chuẩn tín chỉ uy tín như SBTi, VCMI, ICVCM, ISO, Verra, Gold Standard, GCC, ACR hay ART TREES đảm bảo chất lượng tín chỉ và khả năng truy xuất nguồn gốc. Việt Nam có thể xem xét cơ chế tích hợp tương tự với các tiêu chuẩn quốc tế, không chỉ mở rộng thị trường mà còn bảo đảm tính liên thông và thừa nhận tín chỉ giữa các hệ thống.

Khả năng dự báo thiếu hụt tín chỉ trong giai đoạn sau của CORSIA tạo ra nhu cầu thị trường tăng mạnh, mở ra cơ hội cho các quốc gia đang phát triển như Việt Nam trở thành nguồn cung cấp tín chỉ đáng tin cậy. Nếu xây dựng được hạ tầng giao dịch đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật, Việt Nam có thể thu hút dòng vốn quốc tế, đẩy mạnh phát triển các dự án hấp thụ và giảm phát thải các-bon chất lượng cao. Kết hợp giao dịch tín chỉ các-bon với dữ liệu vệ tinh, công nghệ blockchain, kiểm toán độc lập và chứng nhận quốc tế là những yếu tố cần thiết để tạo ra môi trường đầu tư minh bạch, bền vững.

Việt Nam đang có điều kiện tự nhiên và hệ sinh thái phong phú để phát triển tín chỉ các-bon trong các lĩnh vực như nông nghiệp thông minh, năng lượng tái tạo, phục hồi rừng, bảo vệ rạn san hô và sinh cảnh biển. Những tín chỉ tạo ra từ các dự án này có thể được chuẩn hóa theo tiêu chí quốc tế, đưa vào giao dịch trong nước và quốc tế thông qua sàn giao dịch hiện đại. Nhật Bản và các thị trường các-bon phát triển khác đang cung cấp các nguyên mẫu quan trọng về thiết kế hạ tầng, quy trình giao dịch, cơ chế kiểm chứng, chính sách pháp lý và điều phối cơ quan quản lý với những kinh nghiệm có thể được điều chỉnh để phù hợp với bối cảnh Việt Nam ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Thọ, 2025. Giải pháp xây dựng lộ trình cho khu vực phát thải thấp ở Việt Nam, Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường, Tháng 7/2025.
2. Nguyễn Đình Thọ, Mai Thu Hiền, 2025. Chính sách tín chỉ xe điện kép để giải quyết ô nhiễm không khí ở Việt Nam, Tạp chí Ngân hàng, Tháng 5/2025.
3. OECD, 2024. Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-2022.
4. World Bank, 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024
5. World Bank, 2025. State and Trends of Carbon Pricing 2025
6. Sẽ có sàn giao dịch tín chỉ các-bon trong nước hoạt động như sàn chứng khoán từ cuối năm 2025, Nhân dân.



Ứng dụng chuyển đổi số phục vụ thu giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải rắn sinh hoạt

VÕ ANH KHUÊ¹

¹ Trường Cao đẳng Công Thương miền Trung

Tóm tắt

Bài báo đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ RFID (Radio Frequency Identification) để xác định thể tích chất thải rắn sinh hoạt của mỗi hộ gia đình trong 1 tháng thông qua thiết bị chứa đựng. Từ đó, xác định được số tiền mà mỗi hộ gia đình phải trả. Nguyên tắc áp dụng công nghệ RFID bao gồm việc dán mã RFID lên các thùng, gắn thiết bị đọc mã RFID trên xe thu gom và tự động tính toán thể tích chất thải rắn sinh hoạt thông qua số lần đọc mã nhân với thể tích của thùng. Ưu điểm của công nghệ RFID là dễ sử dụng, độ chính xác cao và không làm mất thời gian cho người dân và nhân viên thu gom. Tầm quan trọng của việc áp dụng công nghệ chuyển đổi số RFID là đảm bảo nguyên tắc công bằng “người phát thải nhiều thì phải trả tiền nhiều”, thúc đẩy ý thức trách nhiệm môi trường của người dân, khuyến khích hoạt động phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng chất thải rắn sinh hoạt (CTRSR) tại nguồn.

Từ khóa: Chuyển đổi số, công nghệ RFID, thu giá dịch vụ, chất thải rắn sinh hoạt.

JEL Classifications: Q51, Q52, Q56, Q58.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Khoản 7 Điều 79 của Luật Bảo vệ môi trường (BVMT) năm 2020 quy định chậm nhất là ngày 31/12/2024 phải thực hiện: “Giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý CTRSH từ hộ gia đình, cá nhân được tính toán theo căn cứ sau đây: Phù hợp với quy định của pháp luật về giá; Dựa trên khối lượng hoặc thể tích chất thải đã được phân loại; Chất thải rắn có khả năng tái sử dụng, tái chế, chất thải nguy hại phát sinh từ hộ gia đình, cá nhân đã được phân loại riêng thì không phải chi trả giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý”. Ban hành kèm theo Luật BVMT là các quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT (Nghị định số 08/2022/NĐ-CP) và hướng dẫn cụ thể về giá dịch vụ trong công tác thu gom, vận chuyển và xử lý CTRSH (Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT). Những văn bản này đóng vai trò quan trọng trong việc cụ thể hóa chính sách, tạo hành lang pháp lý cho các địa phương triển khai hiệu quả mô hình quản lý CTRSH theo hướng hiện đại, đồng bộ và đảm bảo nguyên tắc người phát thải CTRSH nhiều thì phải trả tiền nhiều. Để từ đó, khuyến khích người dân phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng CTRSH tại nguồn hiệu quả.

Như vậy, quy định về giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải rắn sinh hoạt (gọi tắt là thu giá dịch vụ CTRSH) có hiệu lực từ ngày 31/12/2024, trước đó, các địa phương đã có 3 năm chuẩn bị nhưng đến nay vẫn chưa có địa phương nào thực hiện thu giá dịch vụ CTRSH theo khối lượng hoặc thể tích (trừ Hội An và Phú Quốc đã thí điểm ở quy mô nhỏ). Nguyên nhân của vấn đề này là do:

Một là, tại thời điểm chưa sáp nhập tỉnh/thành phố có 59 địa phương chưa ban hành định mức kinh tế kỹ thuật (trừ Bà Rịa – Vũng Tàu, Bình Định, Lạng Sơn, Long An). Bên cạnh đó, có tới 58 địa phương chưa ban hành giá dịch vụ thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải rắn sinh hoạt (trừ Đà Nẵng, Gia Lai, Long An, Bình Dương, Quảng Nam và TP Hồ Chí Minh) trong khi đây là những điều kiện tiên quyết để thực hiện thu giá dịch vụ CTRSH.

Hai là, tại Khoản 1 Điều 30 Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT đã quy định rõ 3 hình thức để có thể thu giá theo khối lượng hoặc thể tích: Bán túi, thể tích thiết bị chứa đựng và cân. Tuy nhiên, hiện nay chưa có giải pháp hiệu quả để cân khối lượng hoặc đo thể tích CTRSH phát sinh tại mỗi hộ gia đình sao cho có độ chính xác cao, đảm bảo minh bạch, không phát thải thêm túi ni-lông và không gây mất nhiều thời gian cho cả người dân và người thu gom CTRSH.

Trong bài báo này, tác giả đề xuất giải pháp để xác định đúng thể tích CTRSH phát sinh ở mỗi gia đình để từ đó làm cơ sở để thu giá dịch vụ CTRSH đảm bảo công bằng, minh bạch và tạo được động lực để người dân tăng cường hoạt động phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng CTRSH tại nguồn.

2. THỰC TRẠNG VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA THU GIÁ DỊCH VỤ CTRSH THEO KHỐI LƯỢNG HOẶC THỂ TÍCH

Thực trạng hiện nay, việc thu giá dịch vụ CTRSH dựa theo bình quân đầu người hoặc bình quân hộ gia đình. Một số địa phương đã thực hiện thí điểm việc thu giá dịch vụ CTRSH dựa trên khối lượng hoặc thể tích



chất thải đã được phân loại như Hội An, Phú Quốc. Tùy theo mỗi địa phương mà giá thu gom CTRSH sẽ khác nhau. Tại mỗi địa phương, những khu vực có tần suất thu gom cao thì giá cao và ngược lại, giá thu gom ở khu đô thị cũng khác với khu vực nông thôn và miền núi. Việc thu giá dịch vụ CTRSH theo bình quân đầu người hoặc bình quân hộ gia đình có những ưu điểm và hạn chế như sau:

Ưu điểm: Dựa vào sổ hộ khẩu nên việc thu giá dịch vụ CTRSH dễ dàng; do số tiền bằng nhau giữa các tháng nên đơn vị thu gom tiến hành thu tiền 1 lần cho 6 tháng hoặc 1 năm (12 tháng); các đơn vị thu gom CTRSH đến từng hộ gia đình hoặc khu tập trung để thu gom mà không cần phải cân hay đo thể tích CTRSH nên thao tác thu gom nhanh; không cần phải đầu tư phần mềm chuyên dụng để quản lý việc thu tiền.

Hạn chế: Không đáp ứng được nguyện tắc người phát thải CTRSH nhiều thì phải trả tiền nhiều và ngược lại; không khuyến khích được người dân phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng CTRSH tại nguồn.

Để khắc phục những hạn chế nêu trên thì cần phải thu giá dịch vụ CTRSH theo khối lượng hoặc thể tích. Việc thu giá dịch vụ CTRSH theo khối lượng hoặc thể tích có tầm quan trọng là:

(1) Giúp người dân nhận thức được trách nhiệm đối với phần CTRSH do bản thân thải ra, từ đó nâng cao ý thức BVMT.

(2) Bảo đảm sự công bằng: Người phát thải nhiều phải trả tiền nhiều.

(3) Do phải tốn chi phí cao nếu phát thải nhiều CTRSH nên người dân sẽ tìm cách giảm thiểu tối đa lượng CTRSH hàng ngày. Đối với phần CTRSH phát sinh, người dân sẽ tìm cách phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng tại nguồn: Loại chất thải thực phẩm thì tận dụng làm thức ăn cho gia súc, gia cầm; Loại chất thải rắn có khả năng tái sử dụng và tái chế thì bán ve chai; Loại chất thải nguy hại thì đặt ở những vị trí công cộng theo hướng dẫn của địa phương; Loại chất thải rắn dễ phân hủy sinh học (bao gồm chất thải thực phẩm nếu không tận dụng làm thức ăn gia súc, gia cầm) thì ủ thành mùn hữu cơ. Từ đó, cho thấy lượng chất thải để thu gom, vận chuyển đến bãi rác để xử lý sẽ giảm.

(4) Góp phần thực hiện thành công các mô hình phân loại, tái sử dụng và tái chế CTRSH tại nguồn hiệu quả: Mô hình thu gom CTNH; Mô hình thu gom CTR có khả năng tái sử dụng và tái chế tại các điểm công cộng; Mô hình ủ mùn hữu cơ quy mô hộ gia đình và khu dân cư quy mô nhỏ...

Như vậy, việc thu giá dịch vụ CTRSH theo khối lượng hoặc thể tích có tầm quan trọng rất lớn đối

với việc nâng cao nhận thức của người dân về trách nhiệm đối với lượng CTRSH mà bản thân họ phát thải, để từ đó nâng cao nhận của người dân trong công tác BVMT.

3. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG HOẶC THỂ TÍCH ĐỂ THU GIÁ DỊCH VỤ CTRSH

3.1. Phương pháp cân khối lượng CTRSH

Phương pháp cân khối lượng là sử dụng cân để xác định khối lượng CTRSH của từng hộ gia đình. Phương pháp này có ưu điểm là xác định được chính xác khối lượng CTRSH ở từng hộ gia đình. Nhưng nhược điểm là gây lãng phí thời gian cho người thu gom và người dân. Do vậy, không thể sử dụng phương pháp này vào thực tiễn để thu giá dịch vụ CTRSH.

3.2. Phương pháp dùng túi ni-lông chuyên biệt đã biết trước thể tích

Phương pháp này sử dụng các túi ni-lông chuyên biệt do cơ quan nhà nước về môi trường phát hành. Các túi ni-lông này có màu sắc đặc thù cho từng loại CTRSH, có nhãn hiệu đặc thù, có nhiều loại thể tích khác nhau. Người dân phải mua các loại túi ni-lông này và đựng từng loại CTRSH theo quy định của địa phương (không được sử dụng các túi ni-lông khác). Cơ quan quản lý nhà nước về môi trường đã tính sẵn giá tiền của mỗi túi ni-lông tương ứng với thể tích của từng túi. Ưu điểm của phương pháp này là: Không mất thời gian để xác định khối lượng hay thể tích CTRSH ở từng hộ gia đình; Người dân phải mua trước các túi (hay nói các khác là người dân chưa phát thải CTRSH mà nhà nước đã thu được tiền của người dân); Không cần phần mềm chuyên dụng để quản lý. Nhưng nhược điểm của phương pháp này là: Khó kiểm soát số lượng túi sản xuất nên dễ gây thất thoát; Dễ bị làm giả túi; Và đặc biệt là phát sinh thêm túi ni-lông ra môi trường trong bối cảnh toàn xã hội phải giảm thiểu nhựa sử dụng 1 lần.

3.3. Phương pháp dùng thùng đã biết trước thể tích

Khác với sử dụng túi ni-lông chuyên biệt, phương pháp này sử dụng các thùng đã biết trước thể tích để chứa CTRSH và sử dụng nhiều lần. Ưu điểm của phương pháp này so với phương pháp dùng túi ni-lông là: Không phát thải thêm túi ni-lông (vật chứa CTRSH) ra môi trường nên góp phần giảm thiểu phát thải nhựa vào môi trường; Không tốn kinh phí cho đơn vị sản xuất và các đơn vị bán lẻ túi ni-lông; Ngăn ngừa được tình trạng làm giả túi ni-lông. Nhưng nhược điểm của phương pháp là: Làm thế nào để đơn vị thu gom đếm được số lần thu gom CTRSH của 1 hộ gia đình trong 1 tháng, từ số lần thu gom nhân với thể tích thùng sẽ tính được thể tích CTRSH của 1 hộ gia đình phát thải trong 1 tháng.



Để khắc phục nhược điểm của phương pháp dùng thùng chứa CTRSH thì cần phải ứng dụng công nghệ chuyển đổi số. Trong bài báo này tác giả đề xuất giải pháp chuyển đổi số để thu giá dịch vụ CTRSH bảo đảm chính xác, công bằng và minh bạch.

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CHUYỂN ĐỔI SỐ ĐỂ THU GIÁ DỊCH VỤ CTRSH

4.1. Nguyên tắc sử dụng thùng chứa CTRSH

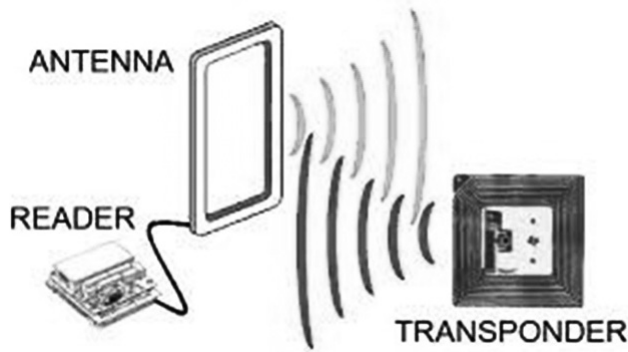
Theo Khoản 1 Điều 75 Luật BVMT năm 2020, CTRSH phát sinh từ hộ gia đình chia thành 3 loại: CTR có khả năng tái sử dụng và tái chế, chất thải thực phẩm, CTRSH khác. Đối với CTRSH khác được chia thành chất thải nguy hại, CTR công kênh và CTR còn lại. Tùy theo đặc thù của mỗi địa phương mà quy định số lượng, thể tích và màu sắc các loại thùng chứa CTRSH khác nhau. Đối với chất thải nguy hại thì hộ gia đình thu gom và đặt ở nơi quy định của địa phương. Do đó, tác giả đề xuất cơ quan quản lý nhà nước về môi trường xem xét cấp cho mỗi hộ gia đình 3 loại thùng với thể tích, màu sắc theo quy định của địa phương. Ví dụ: Thùng chứa chất thải thực phẩm màu xanh lá cây có thể tích 5 lít, thùng chứa CTR có khả năng tái sử dụng và tái chế màu vàng có thể tích 10 lít, thùng chứa chất thải rắn còn lại màu trắng có thể tích 10 lít.

4.2. Lựa chọn công nghệ chuyển đổi số

Tiêu chí để lựa chọn công nghệ chuyển đổi số là phải rẻ tiền, dễ sử dụng và đặc biệt không gây khó khăn cho người dân, người thu gom rác và đơn vị thu giá dịch vụ CTRSH. Với tiêu chí này, tác giả đề xuất sử dụng công nghệ RFID.

RFID (viết tắt của từ Radio Frequency Identification) là công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến. Một thiết bị RFID được cấu tạo bởi 2 thành phần chính là thiết bị đọc và thiết bị phát mã có gắn chip. Trong đó thiết bị đọc được gắn antenna (ăng ten) thu phát sóng điện từ, còn thiết bị phát mã RFID được gắn với vật cần nhận dạng, mỗi thiết bị RFID có chứa một mã số nhất định sao cho không trùng lặp với nhau.

Nguyên tắc hoạt động của công nghệ RFID: Thiết bị đọc RFID phát ra sóng điện từ ở một tần số cụ thể nào đó và thiết bị phát mã RFID (gọi tắt là nhãn mã RFID) trong vùng hoạt động sẽ cảm nhận được sóng điện từ này và thu nhận năng lượng từ đó phát lại cho thiết bị RFID biết mã số của mình. Ngay lúc đó thiết bị đọc RFID biết được nhãn mã RFID nào đang hoạt động trong vùng sóng điện từ. Do thiết bị sử dụng sóng điện từ nên không cần dùng sóng wifi để xác định thể tích CTRSH phát thải của mỗi hộ gia đình (Hình 1).



Hình 1. Nguyên tắc hoạt động của công nghệ RFID

4.3. Các bước tiến hành ứng dụng công nghệ RFID

a. Dán thiết bị phát mã có gắn chip RFID lên thùng chứa CTRSH

Mỗi hộ gia đình cần được cấp 3 mã RFID gồm: Mã chất thải thực phẩm, mã CTR có khả năng tái sử dụng và tái chế, mã CTR còn lại. Sau đó, dán cố định các mã này vào 3 thùng chứa CTRSH tương ứng như Hình 2.



Hình 2. Ba loại thùng chứa CTRSH được dán mã RFID

b. Gắn thiết bị đọc mã RFID vào xe thu gom CTRSH

Mỗi xe thu gom CTRSH được gắn 1 thiết bị đọc mã RFID, cần lựa chọn ăng ten thu phát sóng điện từ có phạm vi gần (khoảng 2m) là phù hợp nhất. Không nên chọn các ăng ten có phạm vi lớn, vì để tránh trường hợp thiết bị đọc mã RFID nhận diện được nhãn mã RFID đối với các thùng rỗng (thùng không chứa CTRSH) trong nhà người dân (người dân không đặt ở vị trí thu gom CTRSH) (Hình 3).

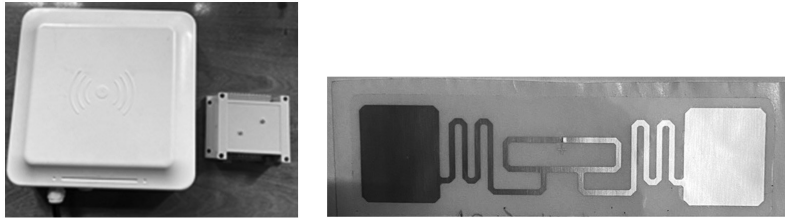
c. Nguyên tắc thu giá dịch vụ CTRSH bằng công nghệ RFID

Khi xe thu gom rác đến từng nhà dân hoặc khu vực tập trung CTRSH, thiết bị đọc mã RFID gắn trên xe thu gom sẽ đọc được mã RFID dán trên thùng CTRSH của từng hộ gia đình và lưu dữ liệu. Căn cứ vào số lần đọc mã và thể tích của thùng sẽ tính được thể tích CTRSH của mỗi hộ gia đình phát thải. Bảng 1 trình bày ví dụ về việc tính thể tích CTRSH của 3 hộ gia đình, việc tính này hoàn toàn tự động bằng cách lập trình trên phần mềm RFID.



Bảng 1. Phương pháp tính thể tích CTRSH bằng công nghệ RFID

STT	Số lần nhận diện mã RFID của 1 tháng			Thể tích CTRSH của 1 tháng (lít)
	Thùng chứa chất thải thực phẩm (loại thùng 5 lít)	Thùng chứa CTR tái sử dụng, tái chế (loại thùng 10 lít)	Thùng chứa CTR còn lại (loại thùng 10 lít)	
Gia đình 1	20	5	5	200
Gia đình 2	30	0	3	180
Gia đình 3	10	0	5	100
...



Hình 3. Thiết bị đọc mã và thiết bị phát mã RFID

Từ ví dụ bảng 1, nhận thấy: Nguyên tắc xác định thể tích CTRSH của mỗi hộ gia đình trong 1 tháng là dựa vào việc đếm số lần thu gom các thùng chứa có thể tích cố định đã được dán mã RFID. Để tính được số tiền mỗi gia đình phải trả (gọi tắt là X) thì cần phải căn cứ vào định mức số tiền/lít CTRSH (gọi tắt là Y) theo quy định của từng địa phương, cụ thể là:

$$X (\text{đồng/tháng}) = \text{thể tích CTRSH/tháng} \times Y (\text{đồng/tháng})$$

Như vậy, ứng dụng công nghệ RFID sẽ tự động tính được thể tích CTRSH phát sinh của mỗi gia đình, từ đó tính được số tiền mà mỗi hộ gia đình phải trả mỗi tháng.

Ưu điểm của công nghệ RFID là đơn giản, dễ sử dụng, độ chính xác cao, không làm mất thời gian của các hộ gia đình và người thu gom CTRSH. Đặc biệt, việc áp dụng công nghệ RFID để thu giá dịch vụ CTRSH sẽ bảo đảm nguyên tắc người phát thải nhiều phải trả tiền nhiều. Từ đó, góp phần thực hiện thành công công tác phân loại CTRSH tại nguồn, và thúc đẩy hoạt động giảm thiểu và tái sử dụng CTRSH tại nguồn hiệu quả.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày thực trạng và tầm quan trọng của việc thu giá dịch vụ CTRSH và đã phân tích ưu nhược điểm của 3 phương pháp xác định thể tích hoặc khối lượng của CTRSH tại nguồn, gồm: Phương pháp cân khối lượng, phương pháp sử dụng túi ni-lông dùng 1 lần chuyên biệt đã biết trước khối lượng và phương pháp sử dụng thùng có dán mã RFID. Trong đó, phương pháp sử dụng thùng có dán mã RFID có nhiều ưu điểm và dễ áp dụng trong thực tiễn. Công nghệ RFID áp dụng được cho địa phương đã phân loại CTRSH tại nguồn và chưa phân loại CTRSH tại nguồn. Đối với địa phương đã phân loại CTRSH tại nguồn thì số lượng thùng dán mã RFID sẽ tương ứng số lượng CTRSH được phân loại. Đối với địa phương chưa phân loại CTRSH tại nguồn thì chỉ cần sử dụng 1 loại thùng dán mã RFID. Việc tính tiền CTRSH theo khối lượng hoặc thể tích sẽ góp phần đẩy mạnh hoạt động tự giác phân loại, giảm thiểu và tái sử dụng CTRSH tại nguồn hiệu quả.

Tuy nhiên, để ứng dụng công nghệ RFID hiệu quả, cơ quan quản lý nhà nước về môi trường cần thường xuyên tuyên truyền để người dân hiểu rõ nguyên tắc vận hành của công nghệ RFID. Đồng thời, cơ quan quản lý nhà nước về môi trường cần xử phạt những trường hợp không thực hiện đúng quy định của pháp luật về môi trường để người dân nhanh chóng hiểu rõ trách nhiệm của cá nhân và gia đình trong việc thực hiện các quy định của pháp luật về BVMT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật Bảo vệ môi trường năm 2020.
2. Nghị định số 08/2022/NĐ-CP Quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT, ngày 10/01/2022.
3. Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT, ngày 10/01/2022.
4. Phân loại rác chỉ dừng ở quy mô nhỏ thí điểm (<https://tienphong.vn/phan-loai-rac-moi-dung-o-quy-mo-nho-thi-diem-post1776275.tpo>).
5. Phân loại rác tại nguồn: Luật có hiệu lực nhưng nhiều địa phương chưa làm. (<https://tienphong.vn/phan-loai-rac-tai-nguon-luat-co-hieu-luc-nhung-nhieu-dia-phuong-chua-lam-post1757269.tpo>).
6. Công văn số 9368/BTNMT-KSONMT, ngày 02/11/2023 của Cục Kiểm soát ô nhiễm về việc hướng dẫn kỹ thuật về phân loại chất thải rắn sinh hoạt.
7. Công nghệ RFID là gì? Nguyên lý hoạt động và ứng dụng của RFID. (<https://viettelstore.vn/tin-tuc/cong-nghe-rfid-la-gi-nguyen-ly-hoat-dong-va-ung-dung-cua-rfid?srsId=AfmBOopSRrBq-XFMw66D1muu5vw6AqcLG1Ljmrj0vQChhZnsFX51o8Z5>).



Kinh nghiệm quốc tế về áp dụng trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) đối với phương tiện giao thông hết hạn, thải bỏ (ELVS)

NGUYỄN TRUNG THẮNG¹, DƯƠNG THỊ PHƯƠNG ANH¹, NGUYỄN THỊ NGỌC ANH¹

¹Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

NGUYỄN MINH KHOA²

²Hội Luật gia Việt Nam

Tóm tắt

Cùng với sự phát triển kinh tế - xã hội, phương tiện giao thông thải bỏ đang ngày càng tăng, là một trong những dòng chất thải gia tăng nhanh và trở thành một trong những thách thức lớn về môi trường. Quản lý phương tiện giao thông thải bỏ đúng cách là một nhiệm vụ đầy thách thức đòi hỏi phải xem xét nhiều vấn đề liên quan như quản lý phương tiện giao thông, quản lý môi trường, cơ chế tài chính, cơ chế thu hồi, công nghệ tái chế, điều kiện kinh tế xã hội... Ở nhiều nước phát triển, đặc biệt tại các quốc gia có ngành công nghiệp ô tô được coi là thiết yếu, các chính sách liên quan đến trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) đã được xây dựng. Đây là một cách tiếp cận chính sách dựa trên việc quy định nghĩa vụ, trách nhiệm của các nhà sản xuất đối với các sản phẩm - không chỉ trong giai đoạn sử dụng mà cả khi sản phẩm của họ đã trở thành chất thải. Bài viết sẽ giới thiệu kinh nghiệm của một số quốc gia áp dụng EPR đối với phương tiện giao thông hết hạn, thải bỏ và bài học kinh nghiệm rút ra cho Việt Nam.

Từ khóa: Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất; phương tiện giao thông thải bỏ, cơ chế thu hồi.

JEL Classifications: O44, P18, P48.

MỞ ĐẦU

Số lượng ô tô (bao gồm xe con, xe buýt và xe tải) trên toàn thế giới đạt khoảng 1,28 tỷ phương tiện vào năm 2015 (Jang và cộng sự, 2022). Trong đó, EU và Hoa Kỳ chiếm gần 50% tổng số phương tiện (EU có 270 triệu chiếc và Hoa Kỳ có 240 triệu chiếc). Dự báo số lượng ô tô trên toàn thế giới sẽ đạt 1,6 tỷ chiếc vào năm 2040. Cùng với sự phát triển trên thế giới, số lượng phương tiện giao thông thải bỏ (ELV) được ước tính là khoảng 40 triệu chiếc, chiếm 4% tổng số hũu xe vào năm 2010, tăng lên 80 triệu chiếc trên toàn thế giới vào năm 2020 và đang ngày càng gia tăng, trở thành một trong những thách thức lớn về môi trường (Karagoz và cộng sự, 2020).

ELV được định nghĩa là phương tiện giao thông (PTGT) cơ giới đã hủy đăng ký và cần được xử lý/tái chế thông qua các quy trình thích hợp trong một quốc gia (Saika, 2014). So sánh giữa các số liệu liên quan cho thấy có nhiều xe đã hủy đăng ký hơn số lượng ELV thực tế. Điều này là do xe hủy đăng ký bao gồm cả xe đã qua sử dụng để xuất khẩu hoặc xe bị thải bỏ bất hợp pháp mà không được xử lý đúng quy định.

ELV chứa hàng nghìn bộ phận làm bằng vật liệu quý như bạch kim, nhôm, chì, kẽm, đồng, sắt, thủy tinh, cao su, vải dệt, dây điện, nhựa và nhiều loại khác. Mỗi ELV cũng đồng thời có nhiều thành phần nguy hại như dầu hộp số, nhiên liệu, chất làm lạnh, chất chống cháy brom hóa và pin axit.

Quản lý ELV đúng cách là một nhiệm vụ đầy thách thức đòi hỏi phải xem xét nhiều vấn đề liên quan như

quản lý phương tiện giao thông, quản lý môi trường, cơ chế tài chính, cơ chế thu hồi, công nghệ tái chế... Ở nhiều nước phát triển, đặc biệt tại các quốc gia có ngành công nghiệp ô tô được coi là thiết yếu, các chính sách liên quan đến trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) đã được xây dựng. Theo đó, các nhà sản xuất phải thu hồi, tái chế các ELV bảo đảm các tiêu chuẩn về môi trường.

Ở Việt Nam, Luật BVMT năm 2020 và Nghị định số 05/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 08/2022/NĐ-CP của Chính phủ quy định các nhà sản xuất, nhập khẩu phương tiện giao thông có trách nhiệm thu hồi, tái chế các loại phương tiện giao thông cũ thải bỏ từ ngày 1/1/2027.

Bài viết này tổng hợp kinh nghiệm của một số quốc gia (EU, Nhật Bản, Hoa Kỳ, Ôxtrâyliya, Trung Quốc, Ấn Độ, Đài Loan...) về áp dụng cơ chế EPR đối với ELV, từ đó đề xuất cơ chế thu hồi ELV cho Việt Nam.

1. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ QUẢN LÝ PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG THẢI BỎ

Hệ thống pháp luật và chính sách

Hệ thống pháp luật EPR về tái chế ELV đã được thiết lập ở EU, Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc (cả Đài Loan), trong khi ở Hoa Kỳ và Ôxtrâyliya việc tái chế ELV được quản lý theo các luật về BVMT. Tại một số quốc gia khác, thường là ở các nước đang phát triển, hệ thống pháp luật về tái chế ELV mới được áp dụng phần nào hoặc đang trong quá trình xem xét để áp dụng.



Các quốc gia có hệ thống luật pháp quản lý tái chế ELV đều đặt mục tiêu về tỷ lệ tái chế và thu hồi, trong đó nhiều quốc gia đặt mục tiêu tái chế và thu hồi ELV tới 95%. Tuy nhiên, trên thực tế việc đạt được tỷ lệ tái chế và thu hồi như kỳ vọng gặp không ít trở ngại, chẳng hạn về mặt kỹ thuật xử lý vụn của phương tiện sau cắt nhỏ (ASR). Một thách thức khác là việc xử lý ELV không theo con đường chính thống và thiếu cơ sở dữ liệu về thông tin, báo cáo chính thức (chẳng hạn tại các cơ sở phi chính thức, không được pháp luật công nhận).

Tại EU hầu hết chi phí tái chế đều do các nhà sản xuất xe chịu trách nhiệm hoặc hỗ trợ. Việc thu gom và xử lý ELV được quy định ở cấp độ EU thông qua Chỉ thị 2000/53/EC về các phương tiện thải bỏ (Sunil, 2022).

Hoa Kỳ không có quy định pháp luật trực tiếp nào liên quan đến quản lý ELV, tái chế ELV hoạt động độc lập dựa trên cơ chế thị trường. Tái chế ELV đã được thúc đẩy bởi Hiệp hội các nhà tái chế phương tiện cơ giới (ARA). Mặc dù Hoa Kỳ không có tỷ lệ tái chế bắt buộc, nhưng tỷ lệ tái chế vật liệu thực tế được báo cáo là đạt 80% (Wonglertkunakorn, 2018).

Tại Ôxtrâyliya, việc quản lý ELV được thúc đẩy bởi cơ chế thị trường và không có quy định pháp luật hiện hành liên quan quản lý ELV (tương tự Hoa Kỳ). Các xe thải bỏ được các nhà tái chế mua lại do giá trị của phế liệu kim loại và chịu trách nhiệm xử lý chất thải bằng chi phí của họ. Lượng chất thải được tạo ra từ ELV là đáng kể và có thể tốn chi phí để xử lý đúng tiêu chuẩn (Wonglertkunakorn, 2018).

Trung Quốc quy định tái chế ELV ban hành năm 2001 đã thiết lập hệ thống thu gom ELV với mục đích ngăn ngừa tai nạn do sử dụng xe tân trang hoặc quá tải. Doanh nghiệp phải đáp ứng các tiêu chuẩn BVMT quốc gia mới được phép tham gia tái chế xe và không được có hoạt động tháo dỡ trái phép (Wang và cộng sự, 2021).

Quy trình tái chế ELV

Quy trình tái chế ELV hầu như giống nhau ở nhiều quốc gia, bất kể sự khác biệt về các hệ thống pháp luật quản lý.

Quá trình tái chế ELV bắt đầu với việc tháo dỡ xe. Các bộ phận có chứa các chất độc hại như pin chứa chì, dầu máy và khí làm mát sẽ được thu gom trước, sau đó thu gom các phần có thể tái chế và các vật liệu có giá trị để sử dụng vào mục đích thứ cấp, bao gồm động cơ, lốp xe và bộ cản. Vỏ xe còn sót lại sau quá trình tháo dỡ được đưa vào máy cắt nhỏ. Các vật liệu vụn sau cắt được tách bằng máy phân loại không khí và ASR (nhẹ) được thổi ra ngoài. Sau đó, sắt và các kim loại màu được phân tách bằng bộ tách từ tính hoặc bộ

thu kim loại màu. Phần còn sót lại sau các quá trình này là ASR (nặng).

Ở EU, ASR trong nhiều trường hợp cuối cùng được chôn lấp tại các bãi chôn lấp. Tình trạng cũng tương tự như vậy ở Nhật Bản trước khi ban hành Luật Tái chế các phương tiện ELV. Tuy nhiên, sau khi Luật nêu trên được thực thi, trong đó bắt buộc phải tái chế ASR, việc phân tách vật chất từ các nguồn thứ cấp, thu gom xỉ bằng lò nung chảy và thu hồi năng lượng đã trở nên phổ biến hơn.

Cơ chế tài chính khuyến khích thải bỏ ELV đúng quy định

Các quốc gia áp dụng 2 cơ chế để khuyến khích việc thải bỏ và xử lý ELV đúng quy định: Cơ chế trực tiếp: trợ cấp tháo dỡ tái chế, tức là thanh toán trực tiếp cho chủ sở hữu cuối cùng để khuyến khích việc chuyển giao ELV cho một trung tâm xử lý được ủy quyền; hoặc Cơ chế gián tiếp: các biện pháp khuyến khích gián tiếp việc xử lý ELV thông qua các công cụ kinh tế, chẳng hạn như thuế đường bộ do người lái xe trả nếu không cung cấp được bằng chứng về việc thải bỏ xe hợp pháp.

Năm 2000, Đan Mạch bắt đầu chương trình thu gom ELV nhằm cung cấp khoản chi trả cho những chủ sở hữu đã giao ELV cho một cơ sở xử lý được ủy quyền. Các nhà sản xuất xe ở Đan Mạch phải cung cấp cho chủ sở hữu ít nhất một điểm thu gom trong bán kính 25 km xung quanh các thành phố có hơn 20.000 dân và trong bán kính 50 km xung quanh bất kỳ địa điểm nào ở Đan Mạch. Khuyến khích tái chế của chương trình ELV Đan Mạch là một quỹ ELV được tài trợ từ bảo hiểm trách nhiệm do mọi chủ sở hữu xe đóng hàng năm. Mức đóng hàng năm hiện tại là 85 DKK (Krone Đan Mạch, tương đương khoảng 12 EUR). Các chi phí cho chương trình ELV ở Đan Mạch được chi trả từ quỹ ELV. Đồng thời, mỗi chủ sở hữu phương tiện cuối cùng giao ELV cho cơ sở xử lý sẽ nhận được một khoản hỗ trợ. Kể từ đầu 2017, mức tiền này có thể tới 2.200 DKK (khoảng 300 EUR) mỗi xe (ADEME, 2019).

Hệ thống quản lý ELV của Hà Lan được coi là một trong những hệ thống phát triển nhất ở EU. Đặc điểm nổi bật của đăng ký xe ở Hà Lan là khái niệm được gọi là “quyền chiếm hữu”. Điều đó có nghĩa là các nghĩa vụ về thuế, kiểm tra và bảo hiểm liên quan đến việc chiếm hữu xe chứ không phải việc sử dụng nó. Ví dụ, một chiếc xe phải có trong hệ thống đăng ký mà không bị gián đoạn từ giai đoạn đầu đến khi thải bỏ (phá dỡ hoặc xuất khẩu). Thuế xe cơ giới (chữ viết tắt của Hà Lan là mrb) phải nộp hàng năm đối với việc sử dụng trên đường công cộng. Những thay đổi về quyền sở hữu hoặc xuất khẩu hoặc nếu chiếc xe trở thành ELV và Chứng nhận tiêu hủy (CoD) được cấp phải được báo cáo cho cơ quan đăng ký xe. Kết quả là các nhà



chức trách Hà Lan có thể dễ theo dõi tốt các phương tiện và ELV (ADEME, 2019).

Tại Phần Lan, khi một phương tiện bị hủy đăng ký hoặc bị tháo dỡ tại một trung tâm ELV được ủy quyền, chủ sở hữu sẽ nhận được giấy chứng nhận tiêu hủy. Các công ty bảo hiểm và Cơ quan An toàn Giao thông Phần Lan (Trafi) sau đó được thông báo về việc xe bị phá hủy, từ đó bảo hiểm xe và thuế xe bị hủy bỏ. Thuế xe, bắt buộc đối với tất cả các phương tiện đã đăng ký, bao gồm thuế cơ bản và thuế dựa trên động cơ, vào khoảng 100-500 EUR (ADEME, 2019).

Ở Nhật Bản, mỗi chiếc xe được đăng ký theo hệ thống kỹ thuật số trong suốt vòng đời của nó, từ khi được đưa ra thị trường cho đến khi bị thải bỏ. “Phí tái chế” được trả đồng thời bởi các cá nhân khi mua xe và có giá trị từ 50 đến 100 EUR tùy thuộc vào loại xe và số lượng túi khí. Phí này theo xe đến hết vòng đời và được quản lý bởi Trung tâm tái chế phương tiện Nhật Bản (JARC). Khi bàn giao phương tiện của mình, người sử dụng không chỉ thu hồi được phí tái chế mà họ đã trả mà còn có thể thu được thêm tiền do các công ty tái chế trả dựa trên tình trạng của phương tiện đó, và thường là cao hơn nhiều phí tái chế (Wang, 2021).

Các cơ chế tài chính được chính quyền Đài Loan áp dụng để hỗ trợ và khuyến khích hoạt động tái chế ELV bao gồm cả trực tiếp và gián tiếp: phần thưởng cho chủ xe, phí tái chế và trợ cấp đơn vị tái chế. Phí tái chế do các nhà nhập khẩu, nhà sản xuất nộp cho Quỹ quản lý tái chế để chịu trách nhiệm về chi phí tái chế đối với phương tiện do mình sản xuất hoặc nhập khẩu. Phần thưởng tái chế là để khuyến khích mọi người mang phương tiện của họ đến các nhà điều hành xử lý một cách hợp pháp. Các khoản trợ cấp được sử dụng để hỗ trợ doanh nghiệp tháo dỡ và tái chế tối đa hóa sản lượng tái chế. Ngoài ra, Đài Loan còn áp dụng giảm thuế mua xe mới khi chủ sở hữu đem tái chế xe cũ trước khi mua xe mới. Các nhà tái chế phương tiện của Đài Loan hiện cung cấp dịch vụ thu gom tại nhà, cùng với các khoản giảm thuế và trợ cấp có sẵn là các lý do khác để người dân thay thế phương tiện cũ của họ. Trên thực tế, khi cộng lại các trợ cấp tái chế xe của EPA, giảm thuế hàng hóa khi thay xe cũ bằng xe mới, thuế tiết kiệm được khi tái chế xe cũ và giá trị thu hồi của xe cũ, thay thế xe cũ bằng một chiếc xe mới có thể tiết kiệm cho chủ sở hữu hơn 66.000 Đài tệ (khoảng 3000 EUR) (EPA, 2017).

2. BÀI HỌC KINH NGHIỆM RÚT RA CHO VIỆT NAM

Về quản lý ELV, đa số các quốc gia phát triển đều đã ban hành các quy định về quản lý tái chế ELV từ Hoa Kỳ và Ôxtrâyliya. Các quốc gia không ban hành quy định về tái chế ELV như Mỹ, Ôxtrâyliya sử dụng cơ

chế thị trường để điều chỉnh các mối quan hệ của quy luật cung - cầu; coi ELV là một nguồn tài nguyên, các hoạt động thu gom, tháo dỡ, tái chế... đều thực hiện thông qua hình thức đấu giá.

Về quản lý PTGT, tất cả các quốc gia đều ban hành các quy định về đăng ký sở hữu phương tiện; thu hồi và hủy bỏ biển số; kiểm định an toàn kỹ thuật và môi trường đối với xe mới và xe đã qua sử dụng. Hầu hết các quốc gia có nền công nghiệp phát triển không quy định niên hạn sử dụng PTGT mà thay vào đó quản lý chặt chẽ việc kiểm định an toàn kỹ thuật môi trường, cấp và thu hồi biển số của phương tiện. Các xe quá cũ nếu không đạt các kỳ kiểm định sẽ mất nhiều chi phí để sửa chữa, chi phí bảo hiểm... và cuối cùng chủ sở hữu sẽ phải cân nhắc giao xe cho cơ sở thu gom ELV vì chi phí sử dụng quá cao so với việc thay thế xe mới hoặc hình thức giao thông khác. Ở các quốc gia việc quản lý kiểm định định kỳ, cấp và thu hồi biển số được thực hiện nghiêm túc ở Ôxtrâyliya, công khai minh bạch thông qua nền tảng công nghệ kỹ thuật số. Các xe không đảm bảo điều kiện lưu thông, nếu chủ phương tiện không khắc phục có thể bị thu hồi biển số.

Về niên hạn đối với PTGT, hầu hết các nước không quy định về niên hạn, trừ một số nước như Trung Quốc và Ấn Độ. Đây là hai quốc gia ở Châu Á, có dân số đông, lượng PTGT lớn, trình độ công nghệ sản xuất xe chưa cao bằng các nước phát triển, tình trạng ô nhiễm không khí ở các đô thị lớn đều nghiêm trọng. Việc ban hành quy định về niên hạn sử dụng xe đều xuất phát từ tình trạng ô nhiễm môi trường không khí ở mức có hại cho sức khỏe; lượng phương tiện cũ khó có thể đảm bảo an toàn chất lượng khi tham gia giao thông lớn.

Về các cơ sở thu gom, tháo dỡ, tái chế: đều phải thông qua cấp phép để đảm bảo quy định về diện tích, thiết bị, tài chính, nhân sự... Ví dụ ở Trung Quốc quy định doanh nghiệp tham gia tái chế phải có vốn ít nhất 500.000 Nhân dân tệ; diện tích nhà xưởng hoặc nơi làm việc không dưới 5000m²; số lượng phương tiện tháo dỡ phải trên 500 chiếc mỗi năm; số lượng nhân viên phải trên 20 người và doanh nghiệp phải đáp ứng các tiêu chuẩn BVMT quốc gia mới được cấp phép. Tuy vậy, ở một số nước vẫn tồn tại các cơ sở tháo dỡ, tái chế bất hợp pháp theo các hình thức khác nhau, cạnh tranh không lành mạnh với các cơ sở hợp pháp. Điều này làm giảm đi hiệu quả của chính sách quản lý ELV, gây ô nhiễm môi trường hoặc góp phần dịch chuyển chất thải ELV từ khu vực này sang khu vực khác.

Về mô hình thu hồi và tái chế ELV, việc thu hồi được thực hiện bởi các trung tâm tháo dỡ ELV được cấp phép từ cơ quan quản lý giao thông hoặc cơ quan quản lý môi trường. Các cơ sở này mua lại ELV từ chủ sở



hữu, sau đó cấp giấy chứng nhận tiêu hủy xe và báo cáo cho cơ quan quản lý phương tiện. Chủ sở hữu được miễn các trách nhiệm, nghĩa vụ về thuế, phí, bảo hiểm đối với phương tiện của mình. Sau khi tiếp nhận, trung tâm ELV thực hiện tháo dỡ, lấy các loại chất lỏng, lốp xe và pin cũng như có thể thu hồi các bộ phận có thể tái sử dụng để bán (động cơ, hộp số, đèn pha, v.v.). Phần còn lại của ELV được gửi đến một công ty băm nhỏ, công ty này sẽ nghiền nát và băm thành các mảnh kim loại và các vật liệu khác.

3. MỘT SỐ GỢI Ý CHO MÔ HÌNH THU HỒI ELV CHO VIỆT NAM

Về cơ bản, các quy định hiện hành của Việt Nam liên quan tới các vấn đề về đăng ký, chuyển nhượng, trách nhiệm tài chính (thuế, phí, bảo hiểm), kiểm định chất lượng, yêu cầu về an toàn, môi trường... với phương tiện giao thông cơ giới cũng theo như thông lệ quốc tế. Vấn đề là cần làm rõ hơn về trách nhiệm hủy đăng ký xe, xử lý ELV của chủ phương tiện (làm rõ hơn so với các trường hợp thu hồi đăng ký quy định tại Thông tư số 58/2020/TT-BCA; điều này cũng yêu cầu cần có định nghĩa về xe thải bỏ hay ELV và các trường hợp phải thải bỏ xe).

Một vấn đề ưu tiên là xây dựng quy định về thiết lập và quản lý các cơ sở thu gom, tháo dỡ, tái chế ELV hợp pháp để tiến hành việc tái chế ELV đúng quy định pháp luật và đảm bảo về môi trường. Đối với bối cảnh Việt Nam, một vấn đề cũng cần nghiên cứu đó là chính thức hóa các cơ sở tháo dỡ xe đang hoạt động mà chưa được pháp luật công nhận thông qua việc cấp phép hoạt động khi đảm bảo các yêu cầu về quy chuẩn tái chế, BVMT...

Về thu gom ELV từ chủ sở hữu khi thải bỏ, theo quy định của một số nước, ví dụ Đan Mạch, Hà Lan yêu cầu nhà sản xuất, nhập khẩu phải thiết lập các điểm thu gom ELV trong phạm vi phù hợp, trong khi tại một số nơi khác thì các cơ sở xử lý ELV sẽ cung cấp dịch vụ thu gom hoặc điểm thu gom ELV (ví dụ Đài Loan, Hàn Quốc) để tạo điều kiện cho người dân khi thải bỏ ELV của họ mà không tính phí (và ELV được mua lại theo giá thị trường).

Về cơ chế tài chính, một số nước khuyến khích tài chính trực tiếp bằng cách trả tiền hỗ trợ cho chủ phương tiện khi đem ELV tới xử lý ở các cơ sở hợp pháp (ví dụ ở Đan Mạch, Đài Loan...) là một kinh nghiệm đáng tham khảo để thu hút chủ phương tiện mang ELV tới các cơ sở này. Nên áp dụng đồng thời các cơ chế khuyến khích tài chính trực tiếp song song với các cơ chế gián tiếp (ở Hà Lan, Hàn Quốc...), đó là việc có hủy đăng ký xe một cách hợp pháp thì chủ xe mới được miễn trừ các trách nhiệm tài chính cố định với phương tiện của mình như các loại thuế, phí xe, kiểm định, bảo hiểm trách nhiệm...

Việc người mua xe phải trả phí tái chế trả trước khi mua xe (như kinh nghiệm của Nhật Bản) cũng là một biện pháp cần xem xét để nâng cao ý thức, trách nhiệm và tạo ra nguồn tài chính để hỗ trợ cho hệ thống thu gom, tái chế ELV. Ngoài ra, cũng cần nghiên cứu việc giảm thuế, phí khi mua xe mới với người mua xe đã tái chế xe cũ của họ (theo như kinh nghiệm ở Đài Loan).

Riêng đối với xe máy, cần tiến hành việc kiểm định chất lượng khí thải định kỳ, dựa trên kinh nghiệm của Đài Loan. Đồng thời cần thu phí đường bộ và phí BVMT tăng theo thời gian đối với các xe cũ (ví dụ sau 15-20 năm) để khuyến khích người dân không giữ xe quá cũ. Đây là một trong những công cụ kỹ thuật, kinh tế hiệu quả để thúc đẩy việc tái chế xe máy, một loại phương tiện được sử dụng chủ yếu ở Việt Nam và số lượng ngày càng gia tăng■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ADEME (2019). *Final Report: Global Overview of Incentive Schemes aiming to bring ELVs through Authorised Processing Channels*. 119 pages.
2. EPA (2017). *Tax Subsidies Available for Replacement of Old Vehicles*. Source: <https://www.epa.gov.tw/eng/F7AB26007B8FE8DF/475969e6-08fd-4552-a3fc-62901c18025b>
3. Jang, Y.-C.; Choi, K.; Jeong, J.-h.; Kim, H.; Kim, J.-G. (2022). *Recycling and Material-Flow Analysis of End-of-Life Vehicles towards Resource Circulation in South Korea*. *Sustainability* 2022, 14, 1270. <https://doi.org/10.3390/su14031270>
4. Karagoz, S., Aydin, N., Simic, V., (2020). *End of life vehicle management: a comprehensive review*. *Journal of Material Cycles and Waste Management* (2020) 22:416–442 <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00945-y>
5. Pongsak Wonglertkunakorn, (2018). *Life Cycle Cost analysis End-of-Life Vehicle to examine the economic feasibility and management policy in Thailand*.
6. Sakai, S. et al. (2014). *An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. February 2014. DOI: 10.1007/s10163-013-0173-2
7. Sunil Herat, (2022), *Recycling of End-Of-Life Vehicles (ELVs) in Viet Nam using Extended Producer Responsibility (EPR): International Experiences*, Griffith University, Brisbane, Australia
8. Wang J, Sun L, Fujii M, Li Y, Huang Y, Murakami S, Daigo I, Pan W and Li Z (2021). *Institutional, Technology, and Policies of End-of-Life Vehicle Recycling Industry and Its Indication on the Circular Economy Comparative Analysis Between China and Japan*. *Front. Sustain.* 2:645843. doi: 10.3389/frsus.2021.645843.



Thực trạng giao thông Thành phố Hồ Chí Minh và nhiệm vụ đặt ra để thực hiện Đề án 510 km metro - Hướng tới đô thị văn minh xanh, bền vững

TRẦN THIÊN PHONG¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM), nơi đầu tàu kinh tế của cả nước đang đứng trước bước ngoặt quan trọng trong quá trình phát triển hạ tầng giao thông đô thị. Thành phố, sau hơn một thế kỷ được hình thành và quy hoạch theo mô hình đô thị cũ, đến nay, dân số đã vượt trên 10 triệu người, mật độ phương tiện cá nhân thuộc nhóm cao nhất châu Á, hạ tầng giao thông đã và đang rơi vào trạng thái quá tải nghiêm trọng, gây ùn tắc triền miên, ô nhiễm môi trường, lãng phí thời gian, làm giảm năng suất lao động và chất lượng sống của người dân. Trong bối cảnh đó, Thành phố cần cơ chế đặc thù toàn diện để thực hiện Đề án xây dựng 510 km metro trong 20 năm là hết sức quan trọng, vì đây không chỉ là một dự án giao thông đơn thuần, mà là hạt nhân để quy hoạch lại toàn bộ đô thị, chuyển đổi mô hình phát triển, kiến tạo một Thành phố xanh hiện đại, văn minh và bền vững.

Từ khóa: Metro, giao thông công cộng, cơ chế đặc thù, Thành phố Hồ Chí Minh, đô thị bền vững.

JEL Classifications: Q55, Q56, Q58, R42, R48.

1. THỰC TRẠNG GIAO THÔNG THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH VÀ KINH NGHIỆM TRIỂN KHAI HỆ THỐNG METRO Ở MỘT SỐ NƯỚC

TP.HCM sau khi sáp nhập tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu và Bình Dương có diện tích 6.772,59 km², với dân số 14.002.598 người, được xác định là một siêu đô thị đặc biệt của cả nước, đóng vai trò trung tâm kinh tế, tài chính, văn hóa, khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo hàng đầu. Theo thống kê, khu vực TP.HCM cũ, diện tích 2.096 km², dân số 9.521.886 người, có khoảng 9,5 triệu phương tiện, trong đó hơn 1 triệu xe ô tô và gần 8,5 triệu xe gắn máy hai bánh, hầu hết là xe chạy xăng, hệ quả hoạt động giao thông của Thành phố phát thải trên 13 triệu tấn CO₂/năm, chiếm 99% tổng phát thải, 78% lượng SO₂, 75% lượng bụi mịn PM_{2,5} phát sinh trên địa bàn, gây ô nhiễm môi trường không khí nghiêm trọng (Giang Anh, 2025). Từ vấn đề trên, TP.HCM đang xây dựng kế hoạch hỗ trợ để chuyển đổi trước mắt 400.000 xe gắn máy hai bánh sang xe điện, dành cho tài xế công nghệ và giao hàng trên địa bàn trong thời gian 3 năm (2026 - 2028). Khu vực nội thành TP.HCM hiện có khoảng 152 tuyến xe buýt, nhưng mật độ đường giao thông bình quân trên diện tích đất toàn Thành phố quá thấp: 2,38 km/km²; tỉ lệ đất giao thông trên đất xây dựng đô thị: 13,88% (chưa đạt chỉ tiêu theo quy định), cùng với khối lượng xe gắn máy cá nhân khổng lồ (bình quân gần như 1 người/1 xe máy), dẫn đến xe buýt không phát huy tác dụng, xảy ra ùn tắc giao thông thường xuyên trong ngày từ 6 giờ sáng đến 21 giờ, ở hầu hết các giao lộ, trục đường chính của

Thành phố (UBND TP.HCM, 2025). Theo báo cáo của Sở Giao thông Vận tải, mỗi năm tình trạng ùn tắc giao thông ở Thành phố gây thiệt hại 6 tỷ USD, tính bình quân mỗi tháng ùn tắc giao thông làm thiệt hại hơn 11.000 tỷ đồng, trung bình mỗi ngày thiệt hại hơn 366 triệu đồng, mỗi giờ qua đi thiệt hại hơn 15 triệu đồng. Đặc biệt, theo Ban An toàn giao thông TP.HCM, trong 10 tháng năm 2024, Thành phố xảy ra 1.234 vụ tai nạn giao thông làm chết 380 người, bị thương 768 người, trong đó, nguyên nhân do xe máy gây ra trên 50%. Tai nạn giao thông làm thiệt hại lớn về nhân mạng không gì bù đắp được, di chứng thương đau của nó là nỗi ám ảnh không thể xóa nhòa trong ký ức mỗi người thân, bạn bè của những người bị nạn và đó cũng là nỗi trăn trở của cơ quan chức năng.

Sau năm 1975, TP.HCM từng có giai đoạn xe buýt, tàu hỏa là chủ đạo, nhưng dần mất vai trò vào xe cá nhân. Giao thông công cộng hiện nay phát triển chưa tương xứng với nhu cầu đô thị hóa. Metro khởi động chậm, xe buýt thiếu hấp dẫn, đường sắt lạc hậu. Đến thập niên 1990, khi kinh tế mở cửa, xe gắn máy 2 bánh (gọi tắt là xe máy) đã chiếm lĩnh đô thị, tạo thành thói quen di chuyển khó thay đổi. Việc thiếu tư duy đô thị hóa đi cùng hạ tầng giao thông cố định khiến Thành phố phát triển theo kiểu mở rộng tự phát, khó quy hoạch lại. Nếu sau năm 1975, TP.HCM đầu tư sớm vào metro thì kẹt xe, ô nhiễm và phụ thuộc vào xe máy sẽ được hạn chế từ gốc; không gian đô thị sẽ phát triển theo trục, không lan tỏa hỗn loạn; các đô thị vệ tinh sẽ hình thành và kết



nổi hiệu quả; nền kinh tế, năng suất lao động và chất lượng sống sẽ được nâng lên đáng kể. Đây là một cơ hội lịch sử đã bị bỏ lỡ, tuy nhiên không nên tiếp tục lỡ trong 20 năm tới, đặc biệt với Đề án 510 km metro mà Thành phố đặt ra.

Xuất phát từ thực trạng trên, Chính phủ và UBND TP.HCM đã quyết tâm xây dựng hệ thống đường sắt đô thị (metro), với tổng chiều dài 510 km thực hiện trong 20 năm (2025 - 2045), để đáp ứng nhu cầu đi lại của người dân, đồng thời, loại bỏ hàng triệu xe gắn máy cá nhân khi metro hoạt động (Vũ Phong, 2024). Nếu tổng kinh phí đầu tư cho 510 km metro là 50 tỷ USD, so với thiệt hại do ùn tắc giao thông ở Thành phố là 6 tỷ USD/năm thì chưa tới 10 năm metro triển khai, Thành phố đã cân bằng được vốn đầu tư.

1.1. Tình trạng kẹt xe, ô nhiễm giao thông tại Thành phố Hồ Chí Minh

Tại Việt Nam, kẹt xe, ô nhiễm và lãng phí nguồn lực đang trở thành bình thường ở các đô thị lớn như TP.HCM và Hà Nội. Trong nhiều nguyên nhân, có một nguyên nhân gốc rễ nhưng chưa được nhìn nhận đúng mức: Đó là sai lầm chiến lược kéo dài hàng chục năm trong phát triển phương tiện cá nhân, đặc biệt là xe máy. Tính đến năm 2024, cả nước có hơn 72 triệu xe máy đang lưu hành, với dân số khoảng 100 triệu người, tức là gần như mỗi người dân đều sở hữu ít nhất một chiếc xe máy, chưa kể hàng triệu xe không đăng ký hoặc đã quá niên hạn sử dụng. Hiện tại TP.HCM (sau sáp nhập tỉnh ngày 1/7/2025) có hơn 11,3 triệu xe máy và hơn 1,4 triệu ô tô cùng hàng triệu lượt di chuyển cá nhân, không có phương tiện công cộng hiệu quả thay thế (Minh Quân, 2025).

Hệ quả là kẹt xe trầm trọng, đường không mở kịp, trong khi số xe máy tiếp tục tăng, làm chậm toàn bộ vận hành kinh tế đô thị; ô nhiễm không khí, tiếng ồn và xe máy là một trong những nguồn phát thải bụi mịn PM_{2.5}, khí CO lớn nhất tại Thành phố; không gian đô thị hỗn loạn: hạ tầng vỉa hè, bãi đậu, đường nhỏ... bị xe máy chiếm dụng triệt để, gây mất mỹ quan và mất an toàn giao thông. Chưa kể, xe máy còn làm gia tăng xu hướng phát triển đô thị "tản mạn", nhà ở và dịch vụ mọc tràn lan theo hướng "đi đâu cũng được", không theo bất kỳ cấu trúc trục giao thông cố định nào như metro, tramway.

Gần đây, khi vấn đề khí thải được chú ý, Chính phủ kêu gọi chuyển từ xe xăng sang xe điện. Nhưng chính sách này sẽ không giải quyết được gì nếu không song hành với việc giảm số lượng xe máy. Bởi vì xe điện vẫn gây kẹt xe, vẫn chiếm chỗ và đẩy gánh nặng sang ngành điện - vốn đang thiếu hụt nguồn cung. Không có chính sách thu hồi xe xăng, xe cũ, thì thị trường xe xăng vẫn tồn tại song song, gây thêm sự chông chéo.

Các nhà sản xuất xe máy xăng vẫn hoạt động mạnh mẽ, thậm chí còn tăng sản lượng tại các khu vực nông thôn, vùng xa. Kết quả là, người dân sẽ sở hữu song song cả xe xăng lẫn xe điện và tổng số xe máy cá nhân tiếp tục tăng.

Nguyên nhân sâu xa của tình trạng trên chính là nhà nước đã không đầu tư đủ mạnh, đủ sớm vào hệ thống giao thông công cộng, đặc biệt là đường sắt đô thị. Đến năm 2025, TP.HCM mới chỉ có 1 tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên, dài 19,7 km mới đưa vào hoạt động sau 17 năm được duyệt và 12 năm thi công. Trong bối cảnh đó, metro - với khả năng vận chuyển lớn, ổn định, nhanh chóng, không chiếm không gian mặt đất - chính là lời giải mang tính cấu trúc. Đồng thời, nếu được đầu tư đủ tầm và đồng bộ, mạng lưới metro không chỉ giải quyết bài toán giao thông, mà còn trở thành trục xương sống cho chiến lược tái cấu trúc đô thị, phát triển kinh tế, chuyển đổi mô hình sống và làm việc tại TP.HCM trong nhiều thế kỷ tới.

1.2. Kinh nghiệm triển khai hệ thống metro ở một số nước

Tại các nước phát triển, metro là hạ tầng giao thông cốt lõi để quy hoạch lại đô thị; vận hành metro ngầm là phương thức giao thông sạch, tiết kiệm năng lượng và ít ô nhiễm nhất trong các loại hình hiện nay. Khi một mạng lưới metro hoàn chỉnh được hình thành, các đô thị hiện đại trên thế giới đều tiến hành quy hoạch lại thành phố xung quanh các nhà ga. Đây là mô hình TOD - Transit - Oriented Development (phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng), nơi mật độ dân cư, dịch vụ, công trình cao tầng được tổ chức tập trung quanh các điểm giao thông công cộng, giảm dần phụ thuộc vào xe cá nhân, tiết kiệm đất đai, giảm phát thải và tăng hiệu quả sử dụng hạ tầng.

Trên toàn cầu, tính đến đầu năm 2025 đã có khoảng 56 quốc gia vận hành hệ thống metro. Những nước này, bất kể diện tích hay GDP, đều coi phát triển metro như một chiến lược quốc gia - từ công nghệ rail cao cấp, tổ chức quy hoạch đô thị lại cho đến thay đổi lối sống của cư dân.

Trong các thập niên gần đây, nhiều quốc gia trên thế giới đã dành nguồn lực đáng kể để phát triển hạ tầng metro như một hành động trọng điểm nhằm giải quyết áp lực dân số đô thị, giảm ùn tắc giao thông, cải thiện chất lượng không khí và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội. Điển hình như Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Nga, Mỹ, Đài Loan, Singapore đều đã coi metro là trục xương sống của giao thông đô thị. Mạng lưới metro rộng lớn đồng nghĩa với việc hạn chế sử dụng phương tiện cá nhân, đồng thời tạo ra các tuyến phát triển đô thị tập trung dựa theo mô hình TOD.



Việt Nam trong giai đoạn đầu triển khai dự án 510km metro cho TP. Hồ Chí Minh

Ví dụ: Trung Quốc hiện có hơn 10.000 km metro, trải rộng tại hơn 47 thành phố lớn, với mạng lưới metro đô thị dài nhất thế giới như Shanghai (831 km), Beijing (669 km), Guangzhou (621 km) và Wuhan (486 km) (Riba, 2025). Tại Hàn Quốc, mạng lưới Seoul Metro đạt khoảng 648 km, với hệ sinh thái cao cấp hỗ trợ đô thị hóa hiệu quả (Wikipedia, 2025). Ở Ấn Độ, hệ thống metro phát triển nhanh với Delhi Metro (350 km) cùng nhiều hệ thống khác tại Kolkata, Bengaluru... tổng cộng khoảng 900 - 1.000 km đến đầu 2025 (Metro systems of the World, 2025).

Các quốc gia tiên tiến như Nhật Bản (Tokyo, Osaka tổng cộng 304 km) và Nga (Moscow Metro khoảng 466 km) cũng cho thấy vai trò nền tảng của metro trong việc vận hành siêu đô thị hiệu quả. Đặc biệt, mạng lưới metro không chỉ giải quyết giao thông mà còn thúc đẩy phát triển TOD: Tạo ra các khu trung tâm kinh doanh, dân cư, dịch vụ dọc tuyến metro, tăng giá trị địa phương, giảm phát thải và nâng cao chất lượng sống đô thị.

Việt Nam mới bước đầu ở giai đoạn triển khai metro, nhưng khi hoạch định để án 510 km metro cho TP.HCM, chúng ta đang bước chân vào cuộc chơi của những đô thị lớn toàn cầu. Việc đầu tư đủ tầm cho mạng lưới metro không chỉ giúp giải quyết giao thông mà còn tái cấu trúc đô thị, thúc đẩy TOD, tái thiết các khu trung tâm, hình thành các cực phát triển mới, dẫn thay đổi lối sống thị dân, hướng đến văn minh, bền vững và tiện nghi hơn (Văn Minh, Quốc Hùng, 2025).

2. ĐỀ ÁN XÂY DỰNG HỆ THỐNG METRO TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Đề án xây dựng hệ thống metro tại Thành phố, với tổng chiều dài 510 km thực hiện trong 20 năm (2025 - 2045), UBND TP.HCM đã đề xuất, được Bộ Chính trị thông qua (Cầm Nương, 2024) và Quốc hội ban hành Nghị quyết số 188/2025/QH15 ngày 19/02/2025 về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại thành phố Hà Nội, TP.HCM (Quốc hội, 2025), gọi tắt là Nghị quyết số 188/2025/QH15.

Đề án xây dựng 510 km đường sắt đô thị trong vòng 20 năm, có nguồn vốn xây dựng ước tính trên 40 tỷ USD, bình quân mỗi năm Thành phố phải giải ngân khoảng 2 tỷ USD và thực hiện xong hơn 25 km metro, đây là con số khổng lồ, yêu cầu đặt ra là Thành phố phải được trao quyền chủ động toàn diện, với một cơ chế đặc thù vượt khỏi khung pháp lý và cơ chế điều hành hiện hành vốn còn nhiều rào cản, để có thể linh hoạt, quyết đoán và hiệu quả trong tổ chức thực hiện.

Với 10 tuyến metro, tổng chiều dài 510 km (theo Bảng 1), TP.HCM có thể hình thành mạng lưới nhiều nhà ga rải đều khắp Thành phố. Mỗi nhà ga chính là một “hạt nhân phát triển mới”, giúp định hình các khu đô thị vệ tinh, tái thiết khu trung tâm cũ và những vùng lõi đô thị đang xuống cấp.

Theo Nghị quyết số 188/2025/QH15, TP.HCM được quyền huy động và bố trí nguồn vốn đầu tư; quyết định về trình tự, thủ tục đầu tư và phát triển đô thị theo mô hình TOD; phát triển công nghiệp đường sắt, chuyển giao công nghệ và đào tạo nguồn nhân lực. Tuy nhiên, Thành phố cần trình bổ sung cụ thể các vấn đề mà Quốc hội đã giao nêu trên để Đề án được hoàn thành đúng kế hoạch (Võ Lê, 2025) (Bảng 1).

3. ĐỀ XUẤT, KIẾN NGHỊ

TP.HCM đang đứng trước một bước ngoặt phát triển chiến lược mang tính lịch sử: Thực hiện Đề án xây dựng 510 km đường sắt đô thị trong vòng 20 năm, tạo xương sống cho hệ thống giao thông công cộng hiện đại, đồng bộ và là nền tảng để định hình lại không gian đô thị, mô hình phát triển và chất lượng sống của một siêu đô thị hơn 10 triệu dân. Nếu thực hiện theo cơ chế thông thường như hiện nay, mỗi tuyến metro trung bình mất từ 10 - 15 năm để hoàn thành 1 đoạn 15 - 20 km. Như vậy, việc hoàn thành



Bảng 1. Danh mục mạng lưới metro đường sắt đô thị tại TP.HCM

TT	Tên dự án	Dự kiến tiến độ thực hiện		
		2026 -2030	2031 -2035	2036 -2045
	THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH			
1	Tuyến 1: Suối Tiên - Bến Thành - An Hạ			
-	Bến Thành - Suối Tiên (đã đưa vào khai thác từ ngày 22/12/2024)			
-	Bến Thành - An Hạ	x	x	
2	Tuyến 2: Củ Chi - QL22 - An Sương - Bến Thành - Thủ Thiêm			
-	Bến Thành - Tham Lương	x	x	
-	Bến Thành - Thủ Thiêm	x	x	
-	Tham Lương - Củ Chi	x	x	
3	Tuyến 3: Hiệp Bình Phước - Bình Triệu - Ngã 6 Cộng Hòa - Tân Kiên - An Hạ	x	x	
4	Tuyến 4: Đông Thạnh (Hóc Môn) - sân bay Tân Sơn Nhất - Bến Thành - Nguyễn Hữu Thọ - Khu đô thị Hiệp Phước	x	x	
5	Tuyến 5: Long Trường - Xa lộ Hà Nội - cầu Sài Gòn - Bảy Hiền - Đê-pô Đa Phước	x	x	
6	Tuyến 6: Vành đai trong	x	x	
7	Tuyến 7: Tân Kiên - đường Nguyễn Văn Linh - Thủ Thiêm - Thảo Điền - Thanh Đa - Khu Công nghệ cao - Vinhomes Grand Park	x	x	
8	Tuyến 8: Đa Phước - Phạm Hùng - Ngô Gia Tự - Ga Sài Gòn - Công viên phần mềm Quang Trung - Hóc Môn - Bình Mỹ (Củ Chi)			x
9	Tuyến 9: An Hạ - Vĩnh Lộc - Ga Sài Gòn - Bình Triệu			x
10	Tuyến 10: Vành đai ngoài			x

Nguồn: Nghị quyết số 188/2025/QH15 ngày 19/02/2025 của Quốc hội

510 km metro trong 20 năm là bất khả thi nếu không có một “cơ chế đặc thù đặc biệt” cho TP.HCM – nơi đóng góp hơn 20 - 25% GDP cả nước và có hơn 10 triệu dân đang phải chịu cảnh ùn tắc, ô nhiễm nghiêm trọng. Đây không chỉ là vấn đề giao thông mà là quyết sách chiến lược mang tầm phát triển quốc gia. Bài viết đề xuất, kiến nghị các cơ chế đặc thù cơ bản như sau:

3.1. Cơ chế đặc thù về thẩm quyền quyết định nguồn vốn

Thành phố cần được chủ động huy động và phân bổ mọi nguồn vốn trong và ngoài nước, kể cả vốn vay ODA, vốn tư nhân (PPP), vốn ngân sách địa phương, phát hành trái phiếu đô thị, khai thác quỹ đất theo hình

thức TOD. Hiện nay, các thủ tục vay vốn nước ngoài, nhất là vốn ODA, phải qua nhiều tầng xét duyệt, từ bộ chuyên ngành đến Bộ Kế hoạch - Đầu tư, Bộ Tài chính, sau đó trình Thủ tướng. Quy trình này thường kéo dài nhiều tháng, thậm chí vài năm. Nếu không có cơ chế ủy quyền đặc biệt, tiến độ giải ngân cho metro sẽ không thể bảo đảm. Ngoài ra, Thành phố cần được quyền giữ lại tỷ lệ ngân sách cao hơn, vượt trần hiện hành, để có thể tự tái đầu tư cho chính mình.

3.2. Cơ chế đặc thù về mua sắm công và công nghệ

Để đảm bảo tiến độ và chất lượng, Thành phố cần được chủ động lựa chọn công nghệ tiên tiến, nhà cung cấp máy móc thiết bị, phương tiện vận hành mà không phải áp dụng hình thức đấu thầu cứng nhắc, kéo dài thời gian như hiện nay. Trong một số hạng mục mang tính đặc thù cao, như mua đoàn tàu, hệ thống tín hiệu điều khiển, đầu kéo, thiết bị tự động hóa vận hành metro, cần áp dụng cơ chế “đặt hàng – chỉ định thầu” đối với các nhà cung cấp đã có thương hiệu và tiêu chuẩn quốc tế. Quy trình đấu thầu phải được rút gọn, giảm thiểu yêu cầu chứng minh năng lực đã từng thi công ở Việt Nam, mà thay bằng đánh giá năng lực theo tiêu chuẩn quốc tế.

3.3. Cơ chế linh hoạt về tổ chức và nhân sự

Một dự án phức tạp như metro đòi hỏi đội ngũ chuyên gia, kỹ sư, nhà quản lý chuyên sâu, đa ngành, có kinh nghiệm quốc tế. Cơ chế hiện tại về tuyển dụng, tiền lương và đãi ngộ trong khu vực công hoàn toàn không đủ hấp dẫn để thu hút nhân lực có chất lượng. Do đó, Thành phố cần được quyền:

- Tuyển dụng chuyên gia trong và ngoài nước theo hợp đồng đặc thù với mức lương cạnh tranh với khu vực tư.



- Được chủ động thưởng, tăng lương, ký lại hoặc chấm dứt hợp đồng mà không chịu ràng buộc cứng về biên chế hay quy định của Bộ Nội vụ.

- Áp dụng mô hình “doanh nghiệp hóa” một số đơn vị thi công, vận hành metro, để có thể hoạt động như doanh nghiệp nhà nước đặc thù có hiệu quả.

Đồng thời, những cán bộ, công chức, viên chức yếu kém, gây ách tắc tiến độ, tham nhũng, những nhiễu, cần có cơ chế kỷ luật, cho thôi việc nhanh chóng, không chờ quy trình kéo dài như hiện nay.

3.4. Cơ chế chỉ định thầu chiến lược và rút gọn thủ tục đầu tư

Với các tuyến metro là huyết mạch đô thị, có thể áp dụng cơ chế “dự án chiến lược quốc gia cấp vùng”, cho phép Thành phố được chỉ định tổng thầu theo tiêu chí kỹ thuật và tiến độ, đồng thời cắt giảm các bước thẩm định không cần thiết. Ngoài ra, cần có cơ chế một cửa liên thông đặc biệt tại cấp Thành phố, để rút gọn quy trình phê duyệt dự án, tránh tình trạng mỗi bước phải trình lên bộ, ngành trung ương.

3.5. Cơ chế khai thác quỹ đất theo mô hình TOD

Metro không chỉ là giao thông mà là công cụ phát triển đô thị có tổ chức. Cần có cơ chế để TP.HCM chủ động khai thác quỹ đất quanh các ga metro (khoảng 500m bán kính), bao gồm:

- Quyền thu hồi, đấu giá, khai thác cho thuê, hoặc hợp tác PPP các khu đất vàng quanh ga metro.

- Toàn bộ nguồn thu từ khai thác quỹ đất này được giữ lại cho chính Đề án metro, không nộp về ngân sách trung ương.

- Áp dụng mô hình đặc khu “phát triển định hướng giao thông” (TOD) để thu hút đầu tư tư nhân vào các khu đô thị vệ tinh, công nghiệp - logistics, thương mại quanh các ga trung chuyển.

4. KẾT LUẬN

Để đạt được mục tiêu lịch sử hoàn thành 510 km metro trong 20 năm, TP.HCM cần trình bổ sung các cơ chế đặc thù về tài chính, tổ chức, nhân lực, mua sắm và khai thác quỹ đất, bảo đảm chủ động toàn diện trong huy động nguồn lực, lựa chọn công nghệ, thu hút nhân tài và rút ngắn thủ tục đầu tư và được Quốc hội, Chính phủ phê duyệt chấp thuận để triển khai thực hiện liền trong năm 2025. Khi metro đi vào hoạt động thì người dân sử dụng ngay, tự nhiên xe máy trong Thành phố sẽ biến mất và ô tô cá nhân cũng giảm rất nhiều. Đề án 510 km metro hoàn thành là động lực chiến lược tái cấu trúc toàn diện đô thị và Thành phố trở thành đô thị thông minh, hiện đại, thân thiện môi trường, đáng sống bậc nhất khu vực ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cẩm Nương (2024). Bộ Chính trị thông qua Đề án phát triển đường sắt đô thị Tp.HCM. <https://tuoitre.vn/>

[bo-chinh-tri-thong-qua-de-an-phat-trien-duong-sat-do-thi-tp-hcm-20241227173413291.htm](https://www.nso.gov.vn/dan-so/)

2. Cơ quan thống kê Quốc gia (2025), Diện tích, dân số và mật độ dân số phân theo địa phương 2024, <https://www.nso.gov.vn/dan-so/>

3. Đinh Quang Trung, Nguyễn Huy Hiệp (2025), Phân tích sự phát triển hệ thống Metro trên yếu tố lịch sử, ngày 03/3/2025, Tạp chí Xây dựng.

4. Giang Anh (2025), Ôtô, xe máy là nguồn ô nhiễm không khí chính ở TP.HCM, ngày 27/4/2025, <https://vnexpress.net/oto-xe-may-la-nguon-o-nhiem-khong-khi-chinh-o-tp-hcm-4918346.html>.

5. Metro systems of the World (2025), <https://sites.google.com/site/metrosystemsoftheworld/home?authuser=0>.

6. Minh Quân (2025), TP.HCM tăng lên gần 11,3 triệu xe máy, trình đề án kiểm soát khí thải trong tháng 8, ngày 02/8/2025, <https://laodong.vn/xa-hoi/tphcm-tang-len-gan-113-trieu-xe-may-trinh-de-an-kiem-soat-khi-thai-trong-thang-8-1550695.ldo>.

7. Quốc hội (2025), Nghị quyết số 188/2025/QH15 ngày 19/02/2025.

8. Riba (2025), Những điều đặc biệt về du học Trung Quốc, 24/8/2025, <https://studyinchina.io/en/blog/nhung-dieu-dac-biet-ve-tau-dien-ngam-tai-trung-quoc>.

9. Ủy ban nhân dân TP.HCM (2025), Đề xuất miễn lệ phí trước bạ, thuế VAT, ưu đãi tín dụng để chuyển 400.000 xe công nghệ chạy xăng sang xe điện, ngày 23/5/2025, Báo Điện tử Chính phủ, <https://xaydungchinhhsach.chinhphu.vn/de-xuat-mien-le-phi-truoc-ba-thue-vat-uu-dai-tin-dung-de-chuyen-400000-xe-cong-nghe-chay-xang-sang-xe-dien-119250523114656459.htm>.

10. Ủy ban nhân dân TP.HCM (2024), Đề án 510 km metro.

11. Văn Minh, Quốc Hùng (2025). Phát triển hệ thống đường sắt đô thị là nhiệm vụ đột phá chiến lược phát triển Tp.HCM trong tương lai. <https://www.sggp.org.vn/phat-trien-he-thong-duong-sat-do-thi-la-nhiem-vu-dot-pha-chien-luoc-phat-trien-tphcm-trong-tuong-lai-post796336.html>.

12. Võ Lê (2025), Đề xuất cơ chế đặc thù, vượt trội để triển khai nhanh các tuyến Metro 09/9/2025, <https://nhandan.vn/de-xuat-co-che-dac-thu-vuot-troi-de-trien-khai-nhanh-cac-tuyen-metro-post906788.html>.

13. Vũ Phong (2024), TP.HCM đặt mục tiêu hoàn thành 510 km metro vào năm 2045, 10/12/2024, <https://tphcm.chinhphu.vn/tphcm-dat-muc-tieu-hoan-thanh-510-km-metro-vao-nam-2045-101241210170509984.htm>.

14. Wikipedia (2025), Tàu điện ngầm Seoul, https://vi.wikipedia.org/wiki/T%C3%A0u_%C4%91i%E1%BB%87n_%E1%BA%A7m_Seoul.



Kinh nghiệm quốc tế về phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất theo cấp độ rủi ro và đề xuất tài liệu hướng dẫn kỹ thuật cho Việt Nam

BÙI HOÀI NAM¹

¹Viện Khoa học môi trường, biển và hải đảo

Tóm tắt

Nghiên cứu kinh nghiệm một số quốc gia trên thế giới (Anh, Mỹ, Ấn Độ, Canada, Ireland, Ấn Độ) cho thấy nhiều nước áp dụng quản lý và ứng phó sự cố chất thải (nước thải, khí thải) phân theo cấp độ rủi ro. Một số nước đã ban hành sổ tay hướng dẫn kỹ thuật chi tiết cho các cơ sở sản xuất để xây dựng kế hoạch phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở. Các ví dụ thực tế ứng phó sự cố nước thải, khí thải ở một số cơ sở sản xuất của các nước minh chứng vai trò quan trọng của ứng phó nhanh và theo cấp độ. Ở Việt Nam hiện còn thiếu tài liệu hướng dẫn kỹ thuật chi tiết phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải cho cấp cơ sở sản xuất. Kết quả nghiên cứu cũng đã đề xuất hướng dẫn kỹ thuật, các bước phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất phù hợp cho Việt Nam. Cụ thể trong bước xác định cấp độ rủi ro sự cố đã hướng dẫn được bảng ma trận cách xác định rủi ro theo 4 cấp độ: Thấp, trung bình, cao, rất cao. Mỗi cấp độ gắn với kịch bản và phân công, trách nhiệm trong kiểm soát sự cố và tổ chức ứng phó cho từng cấp độ. Từ đó, đề xuất giải pháp, các yêu cầu trong công tác phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở như: Xây dựng kế hoạch kiểm soát rủi ro, phân công trách nhiệm rõ ràng và thường xuyên kiểm tra, bảo dưỡng hệ thống xử lý; thành lập tổ/đội ứng phó sự cố tại cơ sở, trang bị đầy đủ nhân lực, phương tiện...

Từ khóa: Phòng ngừa, ứng phó, nước thải, khí thải, tài liệu.

JEL Classifications: O44, P18, Q53.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời gian gần đây, các sự cố do chất thải (đặc biệt là nước thải, khí thải) từ hoạt động của các cơ sở sản xuất ngày càng có xu hướng gia tăng, hậu quả dẫn đến làm môi trường nước, không khí nơi xảy ra sự cố bị ô nhiễm nghiêm trọng và gây ra nhiều thiệt hại đến môi trường, đời sống, kinh tế - xã hội và sức khỏe con người. Trước thực trạng đó, đặt ra yêu cầu các cơ sở sản xuất phải xây dựng kế hoạch phòng ngừa, ứng phó sự cố chất thải (nước thải và khí thải), đặc biệt cơ sở có quy mô lớn trong danh mục quy định tại phụ lục II của Nghị định số 08/2022/NĐ-CP. Vì vậy, Chính phủ đã ban hành Quyết định số 11/2025/QĐ-TTg ngày 23/4/2025 của Thủ tướng ban hành Quy chế ứng phó sự cố chất thải. Để hướng dẫn cụ thể các văn bản trên, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã ban hành Thông tư số 41/2025/TT-BNNMT ngày 14/7/2025 hướng dẫn kỹ thuật về phòng ngừa, ứng phó sự cố chất thải và phục hồi môi trường sau sự cố môi trường. Thông tư quy định những quy tắc, trách nhiệm và biện pháp chung về công tác phòng ngừa, ứng phó sự cố chất thải của các cấp trong đó có cấp cơ sở (cơ sở sản xuất), bao gồm việc nhận diện nguy cơ, xây dựng kế hoạch ứng phó, trang bị nhân lực và thiết bị phù hợp. Việc quy định yêu cầu các cấp trong đó có cấp cơ sở phải tuân thủ thực hiện phòng ngừa sự cố chất thải, chủ động ứng phó sự cố khi xảy ra.

Theo kinh nghiệm một số nước trên thế giới, ngoài việc ban hành các văn bản quy định thì còn ban hành

tài liệu (sổ tay) hướng dẫn kỹ thuật trong phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải theo cấp độ rủi ro sự cố để ứng phó hiệu quả. Ở Việt Nam, hiện nay, chưa có tài liệu (sổ tay) hướng dẫn kỹ thuật về phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải cho cấp cơ sở sản xuất theo cấp độ rủi ro sự cố. Việc quản lý sự cố theo cấp độ rủi ro sẽ giúp cơ sở sản xuất chủ động chuẩn bị kỹ và tốt các nguồn lực, phương án, phương tiện, thiết bị phòng ngừa, ứng phó sự cố hiệu quả theo các cấp độ rủi ro để tránh xảy ra các sự cố chất thải lớn. Chính vì vậy, việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế nhằm đề xuất hướng dẫn kỹ thuật phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải cho cơ sở sản xuất ở Việt Nam theo cấp độ rủi ro là hết sức cần thiết.

2. KINH NGHIỆM MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI VỀ PHÒNG NGỪA, ỨNG PHÓ SỰ CỐ NƯỚC THẢI, KHÍ THẢI TẠI CƠ SỞ SẢN XUẤT THEO CẤP ĐỘ RỦI RO VÀ BÀI HỌC CHO VIỆT NAM

2.1. Kinh nghiệm một số nước phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải

Anh: Kế hoạch ứng phó sự cố nước thải tại cơ sở cần tiến hành lập kế hoạch ứng phó sự cố như một phần của quản lý tác động môi trường trong hoạt động của cơ sở, công ty, doanh nghiệp. Một trong những nội dung quan trọng của kế hoạch được xây dựng là đánh giá cấp độ rủi ro sự cố nước thải có thể xảy ra tại địa điểm.

Ấn Độ: Quy định rõ ràng phân chia chức năng quản lý theo cấp của sự cố. Các cơ quan thực hiện các



chức năng về quản lý sự cố được thành lập và thực hiện cơ chế quản lý, xử lý hậu quả sự cố môi trường theo các giai đoạn: (i) Giai đoạn tiền thảm họa; (ii) phòng bị; (iii) các hoạt động sẵn sàng ứng phó; (iv) giảm thiểu và khắc phục sự cố. Quản lý rủi ro môi trường nước thải là một quá trình có hệ thống được sử dụng để xác định các mối nguy môi trường, phân tích khả năng xảy ra, hậu quả và điều chỉnh kết quả của mức độ rủi ro.

Mỹ: EPA đã ban hành tài liệu hướng dẫn kỹ thuật ứng phó sự cố nước thải cho cơ sở sản xuất, tài liệu hướng dẫn chi tiết nội dung lập kế hoạch và ứng phó với các nguy cơ rủi ro sự cố nước thải. EPA hướng dẫn chi tiết cụ thể cho kịch bản sự cố ô nhiễm có chủ ý vì khả năng tác động nhanh chóng và trực tiếp đối với sức khỏe cộng đồng. Đây là một tài liệu thực địa để sử dụng cho những người ứng phó các nguy cơ rủi ro sự cố đang diễn ra. Tài liệu có nhiều phần, trong đó có phần hướng dẫn Quản lý nguy cơ cấp độ rủi ro sự cố đã nêu rõ tiêu chí giúp cơ sở sản xuất đưa ra quyết định phản ứng theo 3 cấp độ rủi ro sự cố ô nhiễm, cụ thể: 1) Nguy cơ sự cố ô nhiễm; 2) Những hậu quả tiềm tàng của sự cố; 3) Tác động tiềm tàng của hành động ứng phó. Chẳng hạn, sự cố nút hồ chứa nhà máy xử lý nước thải ở vịnh Tampa thuộc bang Florida, Mỹ có nguy cơ xảy ra sự cố vỡ hồ: Ngày 4/4/2021 nước thải bắt đầu rò rỉ qua các vết nứt tường bao hồ chứa có nguy cơ dẫn đến sự cố vỡ hồ chứa nước thải. Ngay sau khi phát hiện vết nứt và đánh giá nhanh tình trạng có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng tới hệ sinh thái, người dân sống xung quanh. Thống đốc bang Florida (Mỹ) đã ban bố lệnh tình trạng khẩn cấp tại các khu vực quanh hồ chứa nước thải bị rò rỉ tại hạt Manatee. Các nhà chức trách đã khoanh vùng hạn chế đi lại nhiều đoạn của quốc lộ 41 và ra lệnh sơ tán 316 hộ gia đình trong bán kính 1,6 km tính từ nhà máy di dời khỏi nơi ở vì lo ngại hồ chứa nước thải (1,8 triệu m³) có thể bị vỡ bất cứ lúc nào. Đội ứng phó sự cố đã tiến hành biện pháp bơm khẩn cấp lượng lớn nước thải ra khỏi hồ và chuyển đến Port Manatee để giảm nguy cơ vỡ hồ. Đồng thời chuẩn bị phương án phản ứng nhanh trong trường hợp hồ chứa bị vỡ gây ra thảm họa lũ lụt và ô nhiễm môi trường. Việc triển khai nhanh chóng biện pháp ứng phó khẩn cấp giúp ngăn chặn được nguy cơ vỡ hồ chứa nước thải và gây thiệt hại nghiêm trọng trên diện rộng tới môi trường, tài sản, sức khỏe và tính mạng người dân sống xung quanh.

2.2. Kinh nghiệm một số nước phòng ngừa, ứng phó sự cố khí thải

Canada: Cơ quan BVMT đã ban hành tài liệu hướng dẫn kỹ thuật chi tiết cách xác định mức độ các loại sự cố khí thải ở các vị trí, thiết bị thu gom, xử lý khí thải để đảm bảo các các phản ứng thích hợp khi

xảy ra. Từ đó, phân công, phân định trách nhiệm quản lý hoạt động hàng ngày đối với tất cả các loại sự cố của cơ sở sản xuất.

Ireland: Cơ quan BVMT Ireland quy định sự cố có thể được phân loại thành 3 cấp độ, mỗi cấp độ có một phản ứng liên quan. Cụ thể:

+ Cấp độ 1 - Sự cố nhỏ: Được xử lý bởi người điều hành, giám sát, không cần sơ tán cán bộ ra khỏi nhà máy hoặc huy động Đội ứng phó khẩn cấp.

+ Cấp độ 2 - Sự cố lớn: Cần thực hiện hành động ứng phó ngay lập tức, liên hệ với Đội ứng phó khẩn cấp tại cơ sở. Có thể phải sơ tán cán bộ ra khỏi nhà máy. Ví dụ: sự cố khí thải có thể ở mức độ tác động ô nhiễm trong không gian hạn chế của cơ sở sản xuất.

+ Cấp độ 3 - Sự cố nghiêm trọng: Cần thực hiện hành động ngay lập tức, liên hệ để triệu tập Đội ứng phó khẩn cấp và cần phải sơ tán cán bộ ra khỏi nhà máy. Có thể phải sơ tán cộng đồng người dân sống xung quanh trong phạm vi có nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe và tính mạng.

Ấn Độ: Quy định và áp dụng các biện pháp ứng phó sự cố khí thải theo mức độ, trong đó có biện pháp ứng phó khẩn cấp như đóng cửa ngay lập tức các nhà máy gây ô nhiễm, đóng cửa trường học tạm thời..., khi mức độ ô nhiễm có nguy cơ gây nguy hại tới sức khỏe. Điển hình là sự cố khí thải ở nhà máy lọc dầu HPCL Visakh, N. Ramachandra ở Ấn Độ đã xảy ra vào tháng 5/2020, do lỗi hệ thống xử lý (bị nứt vỡ và công tắc biến động nhiệt độ) dẫn tới khí thải chưa được xử lý đạt tiêu chuẩn đã xả thải, phát tán ra môi trường khu dân cư xung quanh nhà máy. Ngay sau khi sự cố xảy ra khoảng 1h, nhóm kỹ thuật, tổ công tác ứng phó sự cố của nhà máy triển khai ngay biện pháp ứng phó sự cố khẩn cấp (theo kế hoạch): Thực hiện các biện pháp tạm ngưng hoạt động sản xuất; tiến hành khoanh vùng hạn chế để ngăn người dân qua lại khu vực khói mù bao phủ; tiến hành các biện pháp như phun nước khu vực bị ảnh hưởng giảm nền nhiệt, làm mát môi trường cho đến khi khắc phục an toàn. Việc triển khai ứng phó kịp thời theo mức độ sự cố đã giúp giảm thiểu thiệt hại và nguy cơ gây ô nhiễm môi trường diện rộng, ảnh hưởng tới sức khỏe người dân.

2.3. Bài học kinh nghiệm cho Việt Nam

Từ kinh nghiệm của các nước, để phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất theo cấp độ rủi ro, Việt Nam cần tiến hành đánh giá cấp độ rủi ro sự cố chất thải (nước thải, khí thải) cho tất cả các ngành, lĩnh vực sản xuất, đặc biệt là những đối tượng tiềm ẩn nguy cơ gây thiệt hại lớn đến môi trường. Để đảm bảo cảnh báo và phản hồi sớm nhanh chóng, các kế hoạch phòng ngừa, ứng phó với sự cố khi xảy ra được xây dựng phù hợp với loại hình, quy mô, đặc điểm của



cơ sở sản xuất, kinh doanh. Căn cứ theo loại hình, quy mô, đặc điểm của từng cơ sở sản xuất cụ thể để tiến hành xây dựng kế hoạch phòng ngừa và ứng với sự cố nước thải, khí thải. Trong kế hoạch tự xây dựng bởi các cơ sở phải chỉ rõ nguy cơ có thể xảy ra các sự cố nước thải, khí thải và nguồn gốc phát sinh. Các kế hoạch về ứng phó khẩn cấp sự cố nước thải, khí thải cần đảm bảo bám sát thực tế, nhằm đến các mục tiêu đề ra. Vai trò và trách nhiệm của các tổ chức, cơ quan bên ngoài công ty, doanh nghiệp xảy ra sự cố cần được xác định rõ ràng nhằm phối hợp khắc phục thiệt hại sau các sự cố nước thải, khí thải.

3. ĐỀ XUẤT HƯỚNG DẪN (SỔ TAY) KỸ THUẬT PHÒNG NGỪA, ỨNG PHÓ SỰ CỐ NƯỚC THẢI, KHÍ THẢI CỦA CẤP CƠ SỞ SẢN XUẤT THEO MỨC ĐỘ RỦI RO

♦ **Bước 1: Nhận diện nguồn, loại, khối lượng, tải lượng ô nhiễm nước thải, khí thải và các nguy cơ sự cố nước thải, khí thải:** Nhận diện các nguy cơ sự cố (nước thải, khí thải) trong quá trình hoạt

động sản xuất, trong quá trình thu gom, lưu trữ và xử lý (nước thải, khí thải); Các đặc tính/đặc điểm (chất ô nhiễm trong nước thải, khí thải), khối lượng nước thải, khí thải; Vị trí các khu vực nhạy cảm đối, khoảng cách an toàn môi trường...

♦ **Bước 2: Cách xác định cấp độ rủi ro của sự cố tại cơ sở**

- Công thức tính toán rủi ro, cụ thể như sau:

$$\text{Rủi ro} = \text{“Hậu quả”} \times \text{“Tần suất xảy ra sự cố”} \quad (1)$$

- Nếu cho mức độ hậu quả tương ứng với các mức điểm từ 1 đến 4, tương tự như vậy đối với tần suất xảy ra sự cố cũng có mức điểm từ 1 đến 4. Thì sẽ có bảng thang điểm cụ thể như Bảng 1:

- Bốn (4) cấp độ rủi ro có thể được phân loại theo thang điểm dưới cụ thể như Bảng 2:

- Áp dụng công thức (1) và Bảng 1 (thang điểm hậu quả và tần suất) ở trên ta sẽ có một bảng tích số chứa các số từ 1 đến 16. Và đối chiếu thang điểm phân loại cấp độ rủi ro ở Bảng 2 sẽ có được bảng ma trận xác định 4 cấp độ rủi ro có nguy cơ gây tác động tới môi trường, sức khỏe, cụ thể như Bảng 3:

Như vậy, xây dựng ma trận này giúp xác định được 4 cấp độ rủi ro sẽ có nguy cơ gây tác động tới môi trường, sức khỏe

con người từ cấp độ rủi ro thấp, trung bình, cao hoặc rất cao. Giúp cơ sở sản xuất có giải pháp quản lý rủi ro phù hợp và dựa trên các kịch bản sự cố theo 4 cấp độ rủi ro sự cố để phòng ngừa và ứng phó sự cố và đặc biệt là những nguy cơ gây tác động tới môi trường, sức khỏe con người ở cấp độ rủi ro cao và rất cao (ô có màu cam và đỏ ở bảng ma trận trên).

♦ **Bước 3: Xây dựng kịch bản tác động, ảnh hưởng tới môi trường, sức khỏe đối với nguy cơ sự cố nước thải, khí thải theo 4 cấp độ rủi ro**

Nội dung yêu cầu của kịch bản được xây dựng theo từng cấp độ rủi ro sự cố:

+ Xác định được khối lượng phát thải, định lượng chất thải vượt giới hạn lớn nhất trong đường ống, bể chứa (đối với nước thải) và trong đường ống (đối với khí thải).

+ Đánh giá khả năng ảnh hưởng tối đa được xác định theo vòng tròn có tâm là điểm phát sinh sự cố và bán kính được tính toán dựa trên khoảng cách lan truyền tối đa của nước

Bảng 1. Thang điểm phân loại mức độ hậu quả và tần suất xảy ra sự cố

Điểm	Hậu quả “Điểm mức độ hậu quả”	Tần suất xảy ra sự cố “Điểm mức độ xác suất xảy ra”
1	Hậu quả Nhẹ	Hiếm xảy ra
2	Hậu quả Vừa	Không chắc chắn xảy ra
3	Hậu quả Nặng	Có thể xảy ra
4	Hậu quả Rất Nặng	Chắc chắn xảy ra

Bảng 2. Thang điểm phân loại cấp độ rủi ro

Nhóm cấp độ rủi ro		Thang điểm
Cấp độ 1 (Thấp)	Rủi ro Thấp	1 - 3
Cấp độ 2 (Trung bình)	Rủi ro Trung bình	4 - 6
Cấp độ 3 (Cao)	Rủi ro Cao	8 - 9
Cấp độ 4 (Rất cao)	Rủi ro Rất cao	12 - 16

Bảng 3. Phân loại cấp độ rủi ro theo mối quan hệ giữa tần suất xảy ra sự cố và mức độ hậu quả sự cố

Tần suất xảy ra sự cố		Rủi ro sự cố			
		Hậu quả nhẹ	Hậu quả vừa	Hậu quả nặng	Hậu quả rất nặng
		1	2	3	4
Chắc chắn	4	Trung bình (4 điểm)	Cao (8)	Rất Cao (12)	Rất Cao (16)
Có thể	3	Thấp (3)	TB (6)	Cao (9)	Rất Cao (12)
Không chắc chắn	2	Thấp (2)	TB (4)	TB (6)	Cao (8)
Hiếm	1	Thấp (1 điểm)	Thấp (2 điểm)	Thấp (3 điểm)	TB (4 điểm)



thải, khí thải tính từ điểm phát sinh sự cố.

+ Dự báo các tác động, ảnh hưởng của sự cố nước thải, khí thải tới hệ thống xử lý, tới môi trường, hệ sinh thái, sức khỏe con người. Các nguy cơ và sự cố ô nhiễm cố ý hoặc ngẫu nhiên là mối quan tâm của các cơ sở xử lý nước thải, khí thải do nhiều hậu quả có thể gây ra.

+ Đưa ra các giải pháp ứng phó sự cố phù hợp.

♦ Bước 4: Xây dựng kế hoạch/phương án kiểm soát rủi ro, phân công, trách nhiệm kiểm tra, giám sát sự cố theo cấp độ rủi ro

- Yêu cầu kỹ thuật kiểm tra, kiểm soát vận hành an toàn các công trình xử lý:

1) Xây dựng quy trình kiểm tra trước khi vận hành hệ thống xử lý nước thải, khí thải hiệu quả gồm các bước: Kiểm tra toàn bộ hệ thống; Khởi động toàn bộ hệ thống; Kiểm tra các thông số trong các công đoạn xử lý (nước thải, khí thải); Kiểm tra chất lượng đầu ra (nước thải, khí thải); Ghi ghép nhật ký và báo cáo.

2) Xây dựng quy trình điều khiển, theo dõi, giám sát quá trình vận hành hệ thống xử lý.

3) Xác định các vấn đề thường gặp và cách xử trí sự cố trong vận hành hệ thống xử lý nước thải, khí thải.

+ Kế hoạch/Phương án kiểm tra, bảo dưỡng định kỳ và thay thế các thiết bị, công trình BVMT (xử lý nước thải, khí thải); thiết bị, phương tiện ứng phó sự cố bị hư hỏng tại cơ sở.

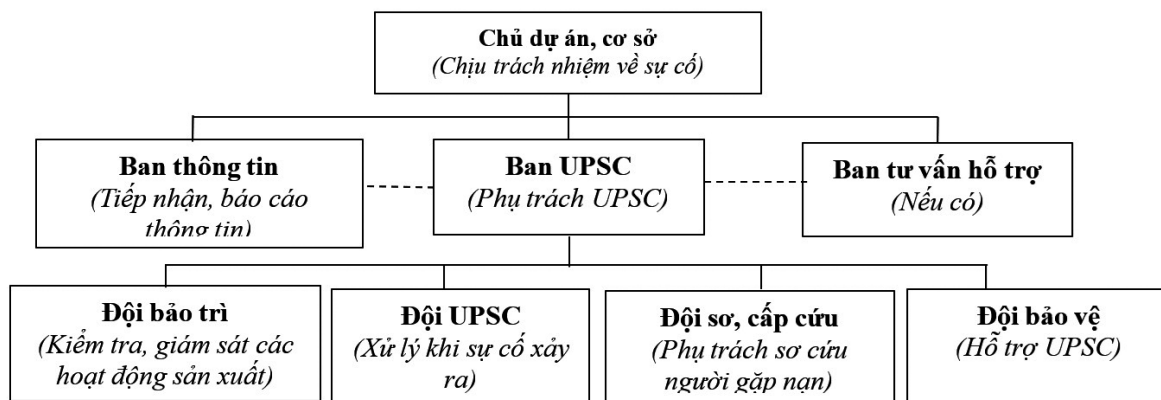
+ Kế hoạch/phương án áp dụng thay đổi công nghệ, thay thế nguyên vật liệu để loại trừ, giảm thiểu khối lượng nước thải, khí thải có nguy cơ gây sự cố.

- Phân công, trách nhiệm quản lý, kiểm tra, giám sát an toàn rủi ro: Xác định và lập danh mục các vị trí, công đoạn, thiết bị/công trình xử lý có nguy cơ sự cố theo 4 cấp độ rủi ro và phân công, trách nhiệm từ cán bộ vận hành cho đến cán bộ quản lý của cơ sở.

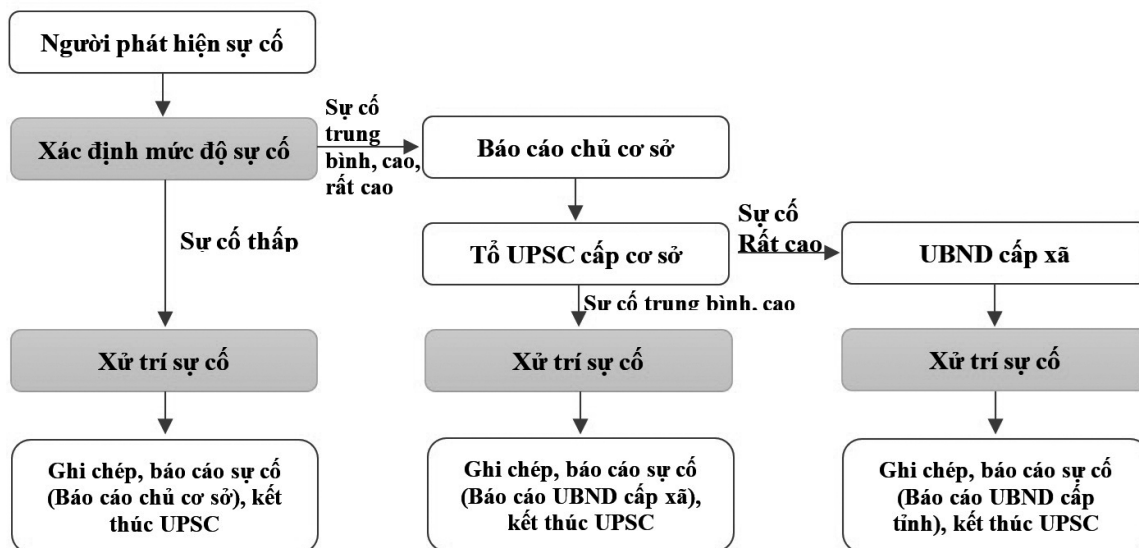
♦ Bước 5: Chuẩn bị lực lượng, phương tiện ứng phó sự cố nước thải, khí thải đối với cơ sở sản xuất

- Phương án/kế hoạch thiết lập tổ chức, lực lượng ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở (Hình 1).

♦ Bước 6: Tổ chức ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở khi xảy ra theo cấp độ rủi ro sự cố (Hình 2).



Hình 1. Sơ đồ Tổ chức ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất



Hình 2. Sơ đồ quy trình ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất theo 4 cấp độ rủi ro



Hội thảo “Góp ý Dự thảo Hướng dẫn kỹ thuật phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải và phục hồi môi trường nước thải” do Viện Khoa học môi trường, biển và hải đảo tổ chức ngày 1/12/2023, tại TP. Hồ Chí Minh

♦ **Bước 7: Tập huấn phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải định kỳ tại cơ sở**

- Tập huấn trang bị các kiến thức chung về phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở;
- Tổ chức diễn tập phương án ứng phó sự cố nước thải, khí thải theo các cấp độ rủi ro của sự cố (theo tình huống/kịch bản đã được xây dựng) và điều chỉnh kế hoạch phòng ngừa, ứng phó sự cố sau tập huấn cho phù hợp và hiệu quả.

4. KIẾN NGHỊ

Đối với cơ quan quản lý

Thứ nhất, cần tiếp tục nghiên cứu xây dựng và ban hành tài liệu (sổ tay) hướng dẫn kỹ thuật chi tiết phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải cho cấp cơ sở (cho các nhóm ngành) theo cấp độ rủi ro sự cố.

Thứ hai, các cấp cần xây dựng kế hoạch đầu tư trang thiết bị và nguồn tài chính đảm bảo chủ động cho công tác ứng phó, giải quyết, khắc phục kịp thời khi có sự cố nước thải, khí thải ở cấp độ 4 (vượt khả năng ứng phó sự cố của cấp cơ sở sản xuất).

Thứ ba, thành lập cơ quan/tổ chức ứng phó sự cố các cấp để đáp ứng yêu cầu trong triển khai ứng phó sự cố khi xảy ra vượt khả năng cấp cơ sở sản xuất tự ứng phó.

Đối với cơ sở sản xuất

Thứ nhất, để chủ động và nâng cao hiệu quả phòng ngừa, ứng phó sự cố nước thải, khí thải tại cơ sở sản xuất cần xây dựng kế hoạch phòng ngừa, ứng phó chi tiết cho các kịch bản theo cấp độ rủi ro sự cố.

Thứ hai, xây dựng kế hoạch đầu tư trang thiết bị và nguồn tài chính đảm bảo chủ động cho công tác ứng

phó, giải quyết, khắc phục kịp thời khi có sự cố nước thải, khí thải xảy ra tại cơ sở.

Thứ ba, thành lập tổ/đội ứng phó sự cố cơ sở đáp ứng yêu cầu trong triển khai ứng phó sự cố khi xảy ra tại cơ sở.

Thứ tư, tổ chức tập huấn và diễn tập ứng phó sự cố theo cấp độ rủi ro sự cố ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Việt Anh (2022), *Nghiên cứu xây dựng hướng dẫn kỹ thuật về công trình phòng ngừa và ứng phó sự cố môi trường đối với nước thải của các khu công nghiệp, cơ sở sản xuất công nghiệp.*
2. Tổng cục Môi trường (2014), *Tài liệu hướng dẫn kỹ thuật Đánh giá rủi ro do phát thải hóa chất nguy hại của một số ngành công nghiệp (Ban hành kèm theo Quyết định số 588/QĐ-TCMT ngày 18/6/2014).*
3. Canada (2007), *Regulatory Framework for Air Emissions.*
4. EPA-Ireland (2016), *Guidance to Licensees on the Preparation of Accident Prevention Procedures and Emergency Response Procedures.*
5. Fauziah Raya Shinta (2019), *Risk Management of Wastewater Treatment in the Wastewater Treatment Plant of PT. X.*
6. SEPA (2021), *Guidance for Pollution Prevention Pollution incident response planning.*
7. US EPA (2011), *Wastewater response protocol toolbox: planning for and responding to wastewater contamination threats and incidents.*
8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1142333/>.



VI NHỰA TRONG KHÔNG KHÍ: Vấn đề ô nhiễm mới ở các đô thị

CAO THỊ THANH NGÀ¹

¹ Viện Địa lý nhân văn và Phát triển bền vững, Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam

Tóm tắt

Ô nhiễm vi nhựa trong khí quyển đang là một trong những thách thức môi trường toàn cầu, bắt nguồn từ cả nguồn gốc nhân sinh và tự nhiên. Với khả năng phát tán xa và xâm nhập vào cơ thể người qua đường hô hấp, vi nhựa tiềm ẩn nguy cơ gây ra nhiều rối loạn sức khỏe, bao gồm hô hấp, tiêu hóa, sinh sản và thậm chí có thể liên quan đến ung thư. Bài viết tổng hợp, phân tích các bằng chứng nghiên cứu gần đây, từ đó đưa ra các giải pháp quản lý nhằm giảm thiểu tác động của ô nhiễm vi nhựa trong không khí.

Từ khóa: Vi nhựa, ô nhiễm không khí, thành phố.

JEL Classifications: Q53, Q51, Q54.

1. NGUỒN GỐC CỦA VI NHỰA TRONG KHÔNG KHÍ

Vi nhựa (microplastics - MPs) được định nghĩa là những mảnh hoặc hạt nhựa có kích thước dao động từ 1µm đến 5 mm. Các nghiên cứu gần đây đã xác nhận sự hiện diện rộng rãi của MPs trong nhiều thành phần môi trường khác nhau, bao gồm đất, nước, sinh vật và đặc biệt là trong không khí. Sự tồn tại của vi nhựa trong khí quyển nhận được sự quan tâm đáng kể do khả năng phát tán trên diện rộng và nguy cơ tác động trực tiếp đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, các vấn đề liên quan đến nguồn phát sinh, cơ chế vận chuyển cũng như quá trình tích lũy của vi nhựa trong môi trường đô thị vẫn chưa được làm rõ một cách toàn diện. Một số nghiên cứu đã gợi ý vai trò tiềm tàng của các nhà máy xử lý nước thải như một nguồn phát thải MPs, song bằng chứng khoa học cụ thể về sự hiện diện và cơ chế lan truyền của vi nhựa trong khí quyển vẫn còn hạn chế.

Là một dạng chất ô nhiễm mới nổi, vi nhựa ngày càng được ghi nhận phổ biến trong các thành phần môi trường. Các bằng chứng hiện tại cho thấy phần lớn vi nhựa trong khí quyển tồn tại dưới dạng sợi. Quá trình hít phải các hạt này có thể gây ra những ảnh hưởng bất lợi đối với sức khỏe con người, bao gồm phản ứng viêm và stress oxy hóa. Bên cạnh đó, vi nhựa trong khí quyển còn có khả năng hấp phụ và vận chuyển các chất ô nhiễm nguy hại khác, chẳng hạn như kim loại nặng và các hợp chất hữu cơ độc hại, qua đó làm gia tăng mức độ rủi ro đối với môi trường và sức khỏe.

Nhiều nguồn phát thải vi nhựa đã được xác định trong các thành phần môi trường khác nhau, trong đó khí quyển cũng là một môi trường tiềm tàng chứa MPs. Việc nhận diện nguồn phát thải có thể được thực hiện thông qua đặc tính hình thái và thành phần polyme của vi nhựa. Các nghiên cứu cho thấy sợi tổng hợp là nguồn phát thải vi nhựa chủ yếu trong không khí [1]. Theo Prata, một số nguồn phát thải quan trọng bao gồm quá trình xử lý chất thải, hàng dệt may tổng hợp, phân

rã vật liệu nhựa, khí thải công nghiệp và các hoạt động nông nghiệp [2]. Gaston và cộng sự cũng nhấn mạnh rằng sự phổ biến rộng rãi của hàng dệt tổng hợp có thể giải thích cho nồng độ vi nhựa cao trong khí quyển [3]. Ngoài ra, các sản phẩm trong nhà như thảm, rèm cửa và đồ nội thất mềm làm từ sợi tổng hợp cũng có thể phát tán vi nhựa vào không khí [4]. Dưới tác động của bức xạ cực tím và lực cơ học, sợi dệt dễ bị phân hủy thành các hạt nhỏ hơn và phát tán vào môi trường khí quyển [5]. Hơn nữa, các hoạt động thường nhật như mặc hoặc phơi quần áo cũng có thể giải phóng các sợi nhỏ từ vải ra môi trường không khí [6] [7].

Phát thải từ quá trình tái chế nhựa được xem là một nguồn tiềm tàng tạo ra vi nhựa trong khí quyển. Quá trình phân hủy, hao mòn và phong hóa của bao bì cũng như các sản phẩm nhựa tái sử dụng có thể dẫn đến sự hình thành các mảnh vi nhựa. Bên cạnh đó, cả hoạt động công nghiệp và nông nghiệp đều góp phần phát sinh và phát tán vi nhựa vào môi trường [8]. Trong đời sống thường nhật, việc sử dụng các sản phẩm bằng nhựa, chẳng hạn như đồ dùng nhà bếp, sơn hoặc giấy dán tường, cũng được ghi nhận là nguồn phát thải vi nhựa [9]... Ngoài ra, nhiều hoạt động khác như đốt rác thải, xử lý bùn thải, chôn lấp chất thải, sử dụng vật liệu dệt tổng hợp và xây dựng, cũng như sự hiện diện của các mảnh polyme trong bụi đô thị hoặc quá trình mài mòn lốp xe khi phương tiện lưu thông đều góp phần phát tán vi nhựa vào không khí [10]. Sự vận chuyển và phân tán của vi nhựa trong khí quyển chịu chi phối bởi nhiều yếu tố môi trường. Các quá trình lắng đọng, đặc biệt là thông qua lượng mưa, đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định sự phân bố không gian của vi nhựa. Đồng thời, đặc tính vật lý của vi nhựa như kích thước, hình dạng và chiều dài sợi cũng ảnh hưởng đến khả năng phát tán của chúng. Trước khi lắng đọng xuống bề mặt đất, vi nhựa trong khí quyển có thể di chuyển trên phạm vi rất xa [11], [12]. Nhìn chung, tất cả các thành phần môi trường, bao gồm thủy vực ngọt,



hệ sinh thái trên cạn và khí quyển, đều đang chịu tác động bởi ô nhiễm vi nhựa [13].

Sự khác biệt về mật độ vi nhựa trong khí quyển giữa các khu vực địa lý đã được ghi nhận qua nhiều nghiên cứu. R. Dris và cộng sự [6] là những người đầu tiên báo cáo sự hiện diện của vi nhựa trong khí quyển tại khu vực đô thị và ngoại ô Paris (Pháp), với mật độ trung bình khoảng 118 vi nhựa/m²/ngày. Tại thành phố Đông Quan (Trung Quốc), L. Cai và cộng sự [14] ghi nhận mật độ lắng đọng khí quyển dao động từ 175 đến 313 vi nhựa/m²/ngày. Con số này tại Hamburg (Đức) đạt 275 vi nhựa/m²/ngày [15], trong khi ở Christchurch (New Zealand) biến động trong khoảng 80 - 330 vi nhựa/m²/ngày [16]. Ở Yên Đài, một thành phố ven biển của Trung Quốc, mật độ lắng đọng khí quyển được ước tính tối đa khoảng 602 vi nhựa/m²/ngày [17]. Ngược lại, tại bốn trạm quan trắc ở Muskoka-Haliburton thuộc miền Trung và Nam Ontario (Canada), giá trị này chỉ ở mức 57 vi nhựa/m²/ngày [18]. Những số liệu trên cho thấy, ô nhiễm vi nhựa đã trở thành hiện tượng phổ biến toàn cầu, từ khu vực đô thị, nông thôn đến cả những vùng hoang sơ [19]. Ngoài môi trường ngoài trời, vi nhựa cũng được ghi nhận ở nồng độ đáng kể trong không khí trong nhà. Tại Paris (Pháp), mật độ vi nhựa trong môi trường trong nhà dao động từ 0,3 đến 1,5 vi nhựa/m³ [20]. Các nghiên cứu ở California (Hoa Kỳ) cho thấy mật độ sợi và mảnh vụn vi nhựa trong không khí trong nhà cao gấp đôi so với môi trường ngoài trời. Điều này cho thấy không gian trong nhà có thể là nguồn đóng góp quan trọng đối với tổng lượng vi nhựa trong khí quyển, đồng thời làm gia tăng nguy cơ phơi nhiễm đối với con người.

Bảng 1. Ô nhiễm vi nhựa ở một số quốc gia trên thế giới

Quốc gia	Môi trường	Mật độ vi nhựa	Tài liệu tham khảo
Trung Quốc	Không khí	0 - 4,2 vi nhựa/m ³	[21]
Anh	Không khí trong nhà	5 ± 3,3 đến 10 ± 4,2 vi nhựa/m ²	[10]
Pháp	Không khí ngoài trời và trong nhà	0,3 - 1,5 vi nhựa/m ³ và 1,0 - 60,0 vi nhựa/m ³	[20]
Đức	Không khí	136 - 512 vi nhựa/m ²	[15]
Braxin	Không khí ngoài trời và trong nhà	52 - 678 vi nhựa/m ² và 32 - 203 vi nhựa/m ²	[22]
Đan Mạch	Không khí trong nhà	1,7 - 16,2 vi nhựa/m ³	[23]
Ireland	Không khí	0 - 12 vi nhựa/m ²	[24]
New Zealand	Không khí	80 - 330 vi nhựa/m ²	[16]
Ôxtrâyliá	Không khí trong nhà	22 - 669 vi nhựa/m ²	[25]

Nguồn: Tổng hợp của tác giả năm 2025

2. TÁC ĐỘNG CỦA VI NHỰA TRONG KHÔNG KHÍ ĐẾN SỨC KHỎE CON NGƯỜI

Tác động hô hấp và viêm nhiễm: Không khí được xem là một trong những con đường phơi nhiễm quan trọng nhất đối với các chất ô nhiễm môi trường. Vi nhựa trong khí quyển, đặc biệt ở dạng sợi, có khả năng xâm nhập vào hệ hô hấp thông qua quá trình hít thở. Với kích thước siêu nhỏ, các hạt này có thể đi sâu vào phổi và tích lũy trong mô hô hấp. Trong cơ thể người, vi nhựa có thể gây ra các tác động độc hại như độc tính miễn dịch, độc tính tế bào và rối loạn sinh sản, qua đó làm gia tăng nguy cơ đối với sức khỏe lâu dài, bao gồm hen suyễn, viêm phế nang và viêm phế quản mạn tính. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng phơi nhiễm kéo dài với vi nhựa trong không khí có thể gây viêm phổi, kích ứng đường hô hấp và suy giảm chức năng phổi [2]. Hơn nữa, phản ứng viêm mạn tính do vi nhựa kích hoạt có thể tạo tiền đề cho sự phát triển của các bệnh lý hô hấp nghiêm trọng như hen suyễn và bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính (COPD). Một nghiên cứu gần đây tại Pháp (2025) ước tính rằng mỗi cá nhân hít vào khoảng 71.000 hạt vi nhựa mỗi ngày, con số này cao hơn gấp 100 lần so với các ước tính trước đó [26].

Stress oxy hóa và độc tính tế bào: Một cơ chế gây hại khác được xác định là stress oxy hóa. Vi nhựa có khả năng kích thích sự hình thành các gốc tự do, từ đó gây tổn thương tế bào, phá vỡ cân bằng oxy hóa - khử và kích hoạt quá trình chết tế bào theo chương trình, bao gồm phân hủy DNA và rối loạn chức năng ty thể [27]. Những tổn thương này không chỉ giới hạn ở tế bào biểu mô hô hấp mà còn có thể ảnh hưởng đến hệ miễn dịch, làm tăng tính nhạy cảm của cơ thể đối với các tác nhân gây bệnh khác.

Vận chuyển các chất ô nhiễm đi kèm: Ngoài độc tính nội tại, vi nhựa trong khí quyển còn có khả năng hấp phụ và vận chuyển các chất ô nhiễm thứ cấp, bao gồm các hợp chất hữu cơ khó phân hủy (POPs), dioxin và kim loại nặng [28]. Khi xâm nhập vào cơ thể, những chất này có thể làm trầm trọng thêm các phản ứng viêm, gây rối loạn nội tiết và tiềm ẩn nguy cơ ung thư. Do



đó, vi nhựa trong không khí không chỉ được xem như một tác nhân ô nhiễm độc lập mà còn đóng vai trò như phương tiện vận chuyển các nguy cơ hóa học khác, qua đó làm gia tăng đáng kể rủi ro đối với sức khỏe con người.

Các bằng chứng hiện có cho thấy vi nhựa trong khí quyển có thể gây ra những tác động bất lợi đối với sức khỏe con người thông qua nhiều cơ chế khác nhau. Tuy nhiên, hiểu biết về mối quan hệ giữa mức độ phơi nhiễm và nguy cơ phát triển bệnh tật vẫn còn hạn chế. Do đó, cần thiết phải triển khai thêm các nghiên cứu liên ngành nhằm đánh giá toàn diện rủi ro sức khỏe liên quan đến vi nhựa, đặc biệt trong bối cảnh mối liên hệ chặt chẽ giữa môi trường, động vật và con người [29].

Như vậy, vi nhựa trong khí quyển đã được chứng minh là tác nhân tiềm ẩn nhiều nguy cơ đối với sức khỏe con người thông qua các cơ chế trực tiếp và gián tiếp, bao gồm gây viêm, stress oxy hóa, rối loạn miễn dịch, rối loạn nội tiết và vận chuyển chất ô nhiễm thứ cấp. Mặc dù bằng chứng khoa học đang dần được bổ sung, song những khoảng trống trong hiểu biết về mối liên hệ giữa mức độ phơi nhiễm và nguy cơ bệnh tật vẫn còn đáng kể. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết đối với các chiến lược quản lý và giải pháp giảm thiểu nhằm hạn chế phát thải vi nhựa vào khí quyển, giảm thiểu rủi ro phơi nhiễm và bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Trong bối cảnh đó, việc xây dựng các giải pháp đồng bộ từ cấp độ cá nhân, cộng đồng, chính sách và quản lý là cần thiết để đối phó hiệu quả với thách thức ô nhiễm vi nhựa trong không khí.

3. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU Ô NHIỄM VI NHỰA TRONG KHÔNG KHÍ

Thứ nhất, thay đổi thói quen tiêu dùng nhựa

Thay đổi thói quen tiêu dùng được xem là một yếu tố then chốt trong việc giảm thiểu phát thải vi nhựa. Một số biện pháp có thể áp dụng bao gồm: (i) Hạn chế sử dụng sản phẩm nhựa dùng một lần, thay thế bằng vật liệu tái sử dụng hoặc phân hủy sinh học; (ii) Ưu tiên lựa chọn quần áo và sản phẩm dệt từ sợi tự nhiên, đồng thời kéo dài vòng đời sản phẩm để giảm sự rụng sợi tổng hợp; (iii) Tăng cường sử dụng phương tiện giao thông công cộng hoặc xe đạp nhằm hạn chế hao mòn lốp xe - một trong những nguồn phát thải vi nhựa đáng kể. Những hành vi này không chỉ giúp giảm phát tán vi nhựa trực tiếp vào môi trường mà còn góp phần tạo áp lực tiêu dùng theo hướng ủng hộ các sản phẩm thân thiện với môi trường.

Thứ hai, thực thi các chính sách, quy định liên quan

Các chính sách và khung pháp lý giữ vai trò then chốt trong việc định hướng và điều tiết nhằm giảm thiểu phát thải vi nhựa vào khí quyển. Các biện pháp ưu tiên, bao gồm: (i) Ban hành quy định giới hạn phát thải vi nhựa từ các ngành công nghiệp có nguy cơ cao

như dệt may, sản xuất lốp xe và xây dựng; (ii) Hỗ trợ nghiên cứu khoa học - công nghệ về vi nhựa trong khí quyển, đặc biệt trong các lĩnh vực đo đạc, giám sát và xử lý; (iii) Thiết lập cơ chế khuyến khích kinh tế (thuế, trợ cấp) nhằm thúc đẩy sản xuất và tiêu dùng các sản phẩm thay thế thân thiện với môi trường; (iv) Lồng ghép vấn đề vi nhựa trong khí quyển vào các chiến lược quốc gia về quản lý chất lượng không khí, bảo vệ sức khỏe cộng đồng và ứng phó biến đổi khí hậu.

Thứ ba, tuyên truyền, nâng cao nhận thức của cộng đồng về tác hại của vi nhựa

Đẩy mạnh các hoạt động tuyên truyền, nâng cao nhận thức cho cộng đồng về tác hại của rác thải nhựa cũng như ô nhiễm vi nhựa đến sức khỏe cộng đồng, ý nghĩa công tác giảm thiểu, thu gom, phân loại chất thải nhựa. Bên cạnh đó, cộng đồng cần được cung cấp thông tin đầy đủ về tác động của vi nhựa đến môi trường cũng như chính sức khỏe của họ. Một số biện pháp cần chú trọng bao gồm: (i) Tổ chức các chiến dịch nâng cao nhận thức cộng đồng về tác động của vi nhựa trong khí quyển đối với sức khỏe con người; (ii) Thúc đẩy các chương trình tái chế và thu gom rác thải nhựa, đồng thời khuyến khích phát triển các mô hình “cộng đồng xanh” với lối sống ít nhựa; (iii) Xây dựng và vận hành hệ thống giám sát chất lượng không khí tại các đô thị và khu dân cư, nhằm phát hiện sớm nguy cơ ô nhiễm vi nhựa và đưa ra các biện pháp ứng phó kịp thời.

4. KẾT LUẬN

Ô nhiễm vi nhựa trong không khí đang nổi lên như một thách thức môi trường toàn cầu, với nguồn phát thải đa dạng và nguy cơ tác động lâu dài đến sức khỏe con người cũng như hệ sinh thái. Các biện pháp ứng phó đòi hỏi sự phối hợp đa ngành, bao gồm chính sách, kỹ thuật, tài chính và truyền thông. Trong đó, việc hạn chế sử dụng nhựa, cải thiện hệ thống thu gom và xử lý chất thải, cùng với nâng cao nhận thức cộng đồng được xem là những yếu tố then chốt. Sự kết hợp đồng bộ giữa tiến bộ công nghệ, định hướng chính sách và thay đổi hành vi xã hội sẽ tạo nền tảng vững chắc cho chiến lược kiểm soát và giảm thiểu tác động tiêu cực của vi nhựa trong khí quyển, hướng tới bảo vệ sức khỏe cộng đồng và phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. X. Zhu, W. Huang, M. Fang, Z. Liao, Y. Wang, L. Xu, Q. Mu, C. Shi, C. Lu, H. Deng, R. Dahlgren, X. Shang (2021). Airborne microplastic concentrations in five megacities of northern and Southeast China, *Environ. Sci. Technol.* 55 (19) 12871e12881.
2. Prata, J. C. (2018). Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environmental Pollution*, 234, 115-126.



3. E. Gaston, M. Woo, C. Steele, S. Sukumaran, S. Anderson (2020). Microplastics differ between indoor and outdoor air masses: insights from multiple microscopy methodologies, *Appl. Spectrosc.* 74 (9) (2020) 1079e1098.
4. S. Abbasi, B. Keshavarzi, F. Moore, A. Turner, F.J. Kelly, A.O. Dominguez, N. Jaaferzadeh (2019). Distribution and potential health impacts of microplastics and micro rubbers in air and street dust from Asaluyeh County, Iran, *Environ. Pollut.* 244 (2019) 153-164.
5. C. Jonsson, O.L. Arturin, A.C. Hanning, R. Landin, E. Holimstrom, S. Roos (2018). Microplastics shedding from textiles Developing analytical method for measurement of shed material representing release during domestic washing, *Sustainability* 10 (2018) 2457.
6. R. Dris, J. Gasperi, M. Saad, C. Mirande, B. Tassin, Synthetic fibres in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Mar. Pollut. Bull.* 104 (1-2) (2016) 290-293.
7. G.Z.Z. Liu, Y. Yang, Y. Sun, Y. Fei, J. Ma (2019). Sorption behavior and mechanism of hydrophilic organic chemicals to virgin and aged microplastics in freshwater and seawater, *Environ. Pollut.* 246 (2019) 26-33.
8. H.S. Auta, C.U. Emenike, S.H. Fauziah (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions, *Environ. Int.* 102 (2017) 165-176.
9. S. Kacprzak, L.D. Tijng (2022). Microplastics in indoor environment: sources, mitigation and fate, *J. Environ. Chem. Eng.* 10 (2) (2022), 107359.
10. A.I. Catarino, M. Valeria, G.S. William, C.T. Richard, B.H. Theodore (2018). Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal, *Environ. Pollut.* 237 (2018) 675-684.
11. R. Dris, J. Gasperi, V. Rocher, M. Saad, N. Renault, B. Tassin (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in greater Paris, *Environ. Chem.* 12 (2015) 592-599.
12. S. Allen, D. Allen, V.R. Phoenix, G. Le Roux, P.D. Jimenez, A. Simonneau, S. Binet, D. Galop (2019), Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment, *Nat. Geosci.* 12 (5) (2019a) 339e344.
13. M. Bergmann, S. Mutzel, S. Primpke, M.B. Tekman, J. Trachsel, G. Gerdtz (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic, *Sci. Adv.* 5 (2019), eaax1157.
14. L. Cai, J. Wang, J. Peng, Z. Tan, Z. Zhan, X. Tan, Q. Chen (2017). Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24 (2017) 24928-24935.
15. M. Klein, E.K. Fischer (2019). Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany, *Sci. Total Environ.* 685(2019) 96-103.
16. E. Knobloch, H. Ruffell, A. Aves, O. Pantos, S. Gaw, L.E. Revel (2021). Comparison of deposition sampling methods to collect airborne microplastics in Christchurch, New Zealand, *Water Air Soil Pollut.* 232 (2021) 133-143.
17. Q. Zhou, C. Tian, Y. Luo (2017). Various forms and deposition fluxes of microplastics identified in the coastal urban atmosphere (in Chinese), *Chin. Sci. Bull.* 62(2017) 3902e3909.
18. B. Welsh, J. Aherne, A.M. Paterson, H. Yao, C. McConnell (2022). Atmospheric deposition of anthropogenic particles and microplastics in south-central Ontario, Canada, *Sci. Total Environ.* 835 (2022), 155426, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155426>.
19. M.S. Bank, S.V. Hansson (2019). The plastic cycle: a novel and holistic paradigm for the anthropocene, *Environ. Sci. Technol.* 53 (13) (2019) 7177-7179.
20. R. Dris, J. Gasperi, C. Mirande, C. Mandin, M. Guerrouache, V. Langlois, B. Tassin (2017). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments, *Environ. Pollut.* 221 (2017) 453-458.
21. K. Liu, X. Wang, N. Wei, Z. Song, D. Li (2019). Accurate quantification and transport estimation of suspended atmospheric microplastics in megacities: implications for human health, *Environ. Int.* 132 (2019a) 105127-105136, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105127>.
22. L.F. Amato-Lourenço, L.D.S. Galvao, H. Weibeck, R.C. Oliveira, T. Mauad (2022). Atmospheric microplastics fallout in outdoor and indoor environment in Sao Paulo Megacity, *Sci. Total Environ.* 821 (2022) 153450-153457.
23. A. Vianello, R.L. Jensen, L. Liu, J. Vollertsen (2019). Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a breathing thermal manikin, *Sci. Rep.* 9(1) (2019) 8670-8680
24. B. Robin, M. Ryan, A. Vreugdenhil, J. Aherne (2020). Ambient atmospheric deposition of anthropogenic microfibers and microplastics on the western periphery of Europe (Ireland), *Environ. Sci. Technol.* 54 (2020) 11100-11108.
25. N.S. Soltani, M.P. Taylor, S.P. Wilson (2021). Quantification and exposure assessment of microplastics in Australian indoor house dust, *Environ. Pollut.* 283 (2021) 117064-117076.
26. <https://tuoitre.vn/ngghien-cuu-gay-soc-con-guoi-hit-hon-70-000-hat-vi-nhua-moi-ngay-trong-nha-20250731122134355.htm>
27. Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634-6647.
28. Ragusa, A., et al. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274.
29. Gasperi, J., et al. (2018). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1-5.



Vai trò của dòng vật chất trong thực hiện kinh tế tuần hoàn

TRẦN CÔNG CHÍNH¹, NGUYỄN THẾ THÔNG², LẠI VĂN MẠNH²,
TẠ ĐỨC BÌNH², NGUYỄN THU TRANG²

¹ Trường Đại học Kinh tế - Đại học Quốc gia Hà Nội

² Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Tóm tắt

Dòng vật chất (Material Flow - MF) được phân tích từ ba lĩnh vực chính: tự nhiên, xã hội và kinh tế, với năm thành tố cơ bản (vật chất, dòng chảy, chủ sở hữu, khu vực và thời gian). Các học thuyết về MF không chỉ cung cấp nền tảng lý thuyết quan trọng cho nghiên cứu học thuật mà còn đóng vai trò định hướng cho chính sách quản lý tài nguyên và phát triển bền vững. Phân tích dòng vật chất (Material Flow Analysis - MFA) là công cụ hữu ích để định lượng và trực quan hóa các luồng vận động vật chất trong nền kinh tế, từ khai thác, sản xuất, tiêu dùng đến tái chế và thải bỏ. MFA không chỉ giúp đánh giá mức độ tiêu thụ và hiệu quả tái chế mà còn hỗ trợ hoạch định chính sách môi trường, tài nguyên và phát triển kinh tế tuần hoàn (KTTH). Trong bối cảnh toàn cầu hóa và gia tăng áp lực khai thác tài nguyên, việc ứng dụng MFA và các lý thuyết dòng vật chất vào KTTH là hướng đi tất yếu nhằm duy trì giá trị của vật chất lâu dài, giảm thiểu chất thải, đồng thời tách tăng trưởng kinh tế khỏi tiêu thụ tài nguyên hữu hạn.

Từ khóa: Dòng vật chất, kinh tế tuần hoàn, chu trình tài nguyên, quản lý chất thải.

JEL Classifications: R11, Q56, O13.

1. MỞ ĐẦU

Vật chất (vật liệu) (Material) là đầu vào trong một quá trình sản xuất hoặc chế tạo. Phân tích dòng vật chất (MFA) đề cập đến việc phân tích thông lượng của các chuỗi quy trình bao gồm khai thác hoặc thu hoạch, chuyển đổi hóa học, sản xuất, tiêu thụ, tái chế và thải bỏ vật liệu. MFA cung cấp một cái nhìn phân tích hệ thống về các quy trình và dòng vật chất liên kết với nhau để hỗ trợ thiết kế các biện pháp quản lý theo chiến lược và ưu tiên (Bringer et al., 2017).

KTTH giữ cho dòng vật chất được sử dụng lâu nhất có thể, khôi phục và tái tạo các sản phẩm, vật liệu ở cuối mỗi vòng sản xuất hay tiêu dùng. KTTH là hệ thống mà nơi vật chất không bao giờ trở thành chất thải. Các sản phẩm và vật liệu sẽ được giữ trong vòng tuần hoàn thông qua quy trình bảo dưỡng, tái sử dụng, sửa chữa, tái sản xuất, tái chế... Ngoài ra, KTTH còn giúp giải quyết các vấn đề khí hậu, và các thách thức toàn cầu khác, như mất đa dạng sinh học, và ô nhiễm bằng cách tách hoạt động kinh tế khỏi việc tiêu thụ các nguồn tài nguyên hữu hạn (MacArthur, 2015a, 2015b).

Mục đích của nền KTTH là duy trì giá trị của sản phẩm, vật liệu và tài nguyên càng lâu càng tốt bằng cách đưa chúng trở lại chu trình sản phẩm sau khi chúng đã kết thúc vòng đời, đồng thời giảm thiểu việc tạo ra chất thải. Các vật chất như sinh khối, kim loại, khoáng chất và nhiên liệu hóa thạch được khai thác từ môi trường để tạo ra sản phẩm hoặc sản xuất năng lượng. Khi vòng đời của chúng kết thúc, sản phẩm

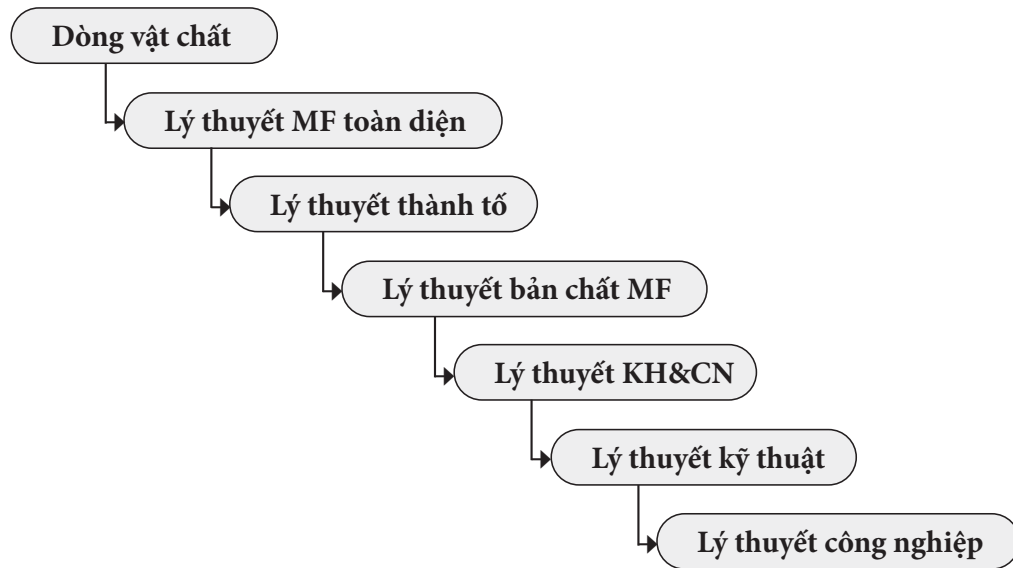
có thể được tái chế, đốt hoặc loại bỏ dưới dạng chất thải còn sót lại. Những dòng vật chất (DVC) đó là một phần thiết yếu, mặc dù không phải là duy nhất, của nền KTTH. Càng ít sản phẩm bị loại bỏ và tái chế càng nhiều thì việc khai thác vật liệu mới càng ít, và do đó càng có lợi cho môi trường (UNECE, 2022).

Để có thể xác định được nền kinh tế đang đi đúng hướng hay không thì việc đánh giá sự vận hành và dòng luân chuyển vật chất trong nền kinh tế là vô cùng cần thiết.

2. DÒNG VẬT CHẤT VÀ LÝ THUYẾT DÒNG VẬT CHẤT

Được đề xuất lần đầu vào năm 1985, khái niệm dòng vật chất đã làm nền tảng cho nhiều nghiên cứu sau đó. Lý thuyết không chỉ gây được tiếng vang lớn trong giới học thuật mà còn thu hút sự quan tâm từ các nhà hoạch định chính sách trong các ngành liên quan (J. Z. Chen, 2009; Swanson, 2008; Xu, 2008). Theo quan điểm về dòng vật chất, nguồn thông tin được hình thành từ sự sắp xếp của các yếu tố vật chất và năng lượng, cùng các mô hình động liên quan đến sự biến đổi trong không gian và thời gian vật lý. Các tương tác này rất phức tạp và đòi hỏi phải có những công cụ trích xuất thông tin hữu ích một cách đơn giản. Những công cụ này có thể bao gồm các dạng trừu tượng hóa, là thước đo của các yếu tố cụ thể, và có thể là sự đại diện cho một số khía cạnh của hệ thống, hoặc là đánh giá về các mô hình hay hành vi quan sát được (Swanson, 2008).

Do các hoạt động của con người, dòng vật chất có



Hình 1. Mối quan hệ giữa bảy lý thuyết cơ bản trong học thuyết dòng vật chất

Nguồn: Xu (2008)

sự vận động và thay đổi tương ứng. Cùng với đó, nhiều thách thức môi trường như biến đổi khí hậu, mất đa dạng sinh học, và sự gia tăng dòng chảy của nitơ (N) cùng phốt pho (P) đã vượt quá giới hạn an toàn hoặc bền vững (Virtanen et al., 2019). Các thách thức trên có liên quan mật thiết đến mức tiêu thụ vật chất và năng lượng, vốn được dự đoán sẽ tiếp tục tăng lên do sự gia tăng dân số toàn cầu và tổng sản phẩm quốc nội trong những thập kỷ tới (Dittrich, 2012). Theo nghiên cứu của Lettenmeier và cộng sự (2014), mức tiêu thụ vật chất toàn cầu bền vững hàng năm được đề xuất ở mức 8 tấn bình quân đầu người. Tuy nhiên, Báo cáo của Bringezu và cộng sự (2017) cho thấy, ở các nước công nghiệp hóa, mức tiêu thụ này đã đạt tới 40-50 tấn mỗi người mỗi năm.

Sự ra đời và sự phát triển của lý thuyết MF được thúc đẩy bởi nhu cầu khách quan của quy trình xã hội hóa sản xuất và toàn cầu hóa kinh tế, đồng thời phản ánh sự điều tiết tự nhiên của sự phát triển xã hội-công nghệ, cũng như năng suất. Dòng vật chất vi mô (Micro material flow), tức dòng vật chất ở quy mô nhỏ, liên quan đến sản xuất nhỏ. Dòng vật chất trung mô (Meso material flow), hay dòng vật chất khu vực, gắn liền với công nghiệp quy mô lớn. Còn dòng vật chất vĩ mô (Macro material flow), hay dòng vật chất lớn/MF, liên quan đến nền kinh tế hiện đại và công nghệ thông tin. Khi lý thuyết MF được phát triển, nó đã khác biệt so với cả lý thuyết truyền thống của Trung Quốc và lý thuyết phân phối, tiếp thị của phương Tây. Ở một khía cạnh nào đó, sự xuất hiện của lý thuyết MF đánh dấu một cuộc cách mạng trong nghiên cứu phân phối và tiếp thị, mang lại ý nghĩa lý thuyết và thực tiễn quan trọng trong việc thúc đẩy sự phát triển kinh tế xã hội (J. Z. Chen, 2009).

Nghiên cứu của Xu (2008) giới thiệu bảy lý thuyết cơ bản trong học thuyết về dòng vật chất, bao gồm (i) Lý thuyết dòng vật chất (Material flow theory), (ii) Lý thuyết MF toàn diện (Comprehensive MF theory), (iii) Lý thuyết thành tố MF (MF element theory), (iv) Lý thuyết bản chất MF (MF nature theory), (v) Lý thuyết khoa học và công nghệ MF (MF science and technology theory), (vi) Lý thuyết kỹ thuật MF (MF engineering theory) và (vii) Lý thuyết công nghiệp MF (MF industry theory) (Hình 1).

Xu (2008) chỉ ra rằng học thuyết về dòng vật chất không chỉ là một thuật ngữ đơn thuần mà còn xây dựng nền tảng lý thuyết, định hướng cho sự phát triển kinh tế liên quan đến vật chất và khoa học công nghệ. Trong học thuyết về dòng vật chất, dòng vật chất là thuật ngữ chung gồm dòng chảy vật chất tự nhiên (Natural Material Flow - NMF), dòng chảy vật chất xã hội (Social Material Flow - SMF) và dòng chảy vật chất kinh tế (Economic Material Flow - EMF), từ đó kết nối giữa dòng chảy vật chất vĩ mô và vi mô. Dòng vật chất không chỉ là hiện tượng kinh tế mà còn là hiện tượng xã hội và tự nhiên. Trong đó, dòng vật chất kinh tế là cốt lõi của lý thuyết MF, và MF xã hội và tự nhiên là cơ sở của MF. Bất kể trong tự nhiên, xã hội hay kinh tế, MF bao gồm năm yếu tố cơ bản: vật chất, dòng chảy, chủ sở hữu, khu vực và thời gian, trong đó vật chất là cốt lõi. Dòng vật chất cũng được chia thành nội tại và ngoại tại theo bản chất. Bản chất nội tại bao gồm vật chất, dòng chảy, chủ sở hữu, khu vực và thời gian. Ngoại tại bao gồm nhà nước, dịch vụ, quản lý, công nghệ và kinh tế. Theo đó, các lý thuyết thành phần sau lý thuyết về dòng vật chất có những vai trò và đóng góp tương ứng trong tổng thể học thuyết dòng vật chất.



3. PHÂN TÍCH DÒNG VẬT CHẤT VÀ MỐI QUAN HỆ VỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN

3.1. Phân tích dòng vật chất

Phân tích dòng vật chất (Materials flow analysis - MFA) là phương pháp định lượng cách thức các vật chất cho phép xã hội hiện đại được sử dụng, tái sử dụng và mất đi (Graedel, 2019). Đây là công cụ hữu ích để đo lường tiến độ liên quan đến tổn thất vật liệu, tái chế và các số liệu thống kê có liên quan khác. MFA cũng có thể được tạo ra cho các vật chất hoặc sản phẩm cụ thể trong một nền kinh tế. Các phương pháp tiếp cận MFA hiện đang được liên kết với đánh giá đầu vào-đầu ra môi trường, phát triển kịch bản và đánh giá vòng đời, và những đánh giá ngày càng toàn diện này hứa hẹn sẽ là công cụ trung tâm cho các nghiên cứu phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn.

Phân tích dòng vật chất là một trong những phương pháp luận trung tâm của sinh thái công nghiệp. Thông qua MFA, sự trao đổi chất công nghiệp (dòng chảy của các nguồn lực vào và ra khỏi một thực thể cụ thể của xã hội loài người) có thể được lập bản đồ và định lượng, giống như một kế toán viên xác định và định lượng tiền gửi và rút ra. MFA động (xử lý một khu vực hoặc hệ thống cụ thể theo thời gian) tiến xa hơn; chúng cho phép xác định lượng vật chất đang sử dụng và ngủ đông trong một ngành công nghiệp hoặc xã hội. MFA bao hàm sự đa dạng rộng lớn của hàng hóa, sinh khối, polyme, kim loại, khoáng sản mà các tác động thường liên quan đến các danh mục không được mô tả đầy đủ (ví dụ: "hợp kim sắt và nhôm"), các danh mục gộp (ví dụ: "nhựa") hoặc các dòng tài nguyên hiếm khi hoặc không bao giờ được đo lường (nhiều dòng thải). Chất lượng thông tin liên quan đến MFA có thể khác nhau, từ dữ liệu đến ước tính sơ bộ đến phỏng đoán.

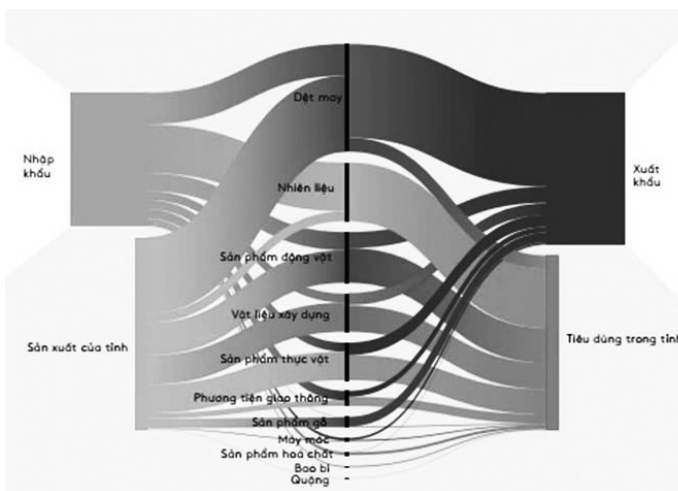
Về nguyên tắc, các phương pháp tiếp cận MFA có thể được áp dụng cho bất kỳ vật chất hoặc sự kết hợp của các vật chất nào. Graedel (2019) đã chỉ ra danh sách các thuộc tính cần thiết để chỉ định MFA. Chúng bao gồm: (i) MFA là nghiên cứu về hệ thống dòng vật chất được thiết kế rõ ràng; (ii) MFA bao gồm mô tả chi tiết về từng dòng trong hệ thống (ví dụ: trạng thái vật lý và hóa học của từng vật liệu), bất kể dòng đó là dòng vật lý hay dòng tiền; (iii) MFA định lượng tất cả các dòng nổi bật trong hệ thống; (iv) Việc trình bày kết quả MFA thường là sơ đồ cũng như số hóa; và (v) Phân tích MFA bao gồm thảo luận (hoặc tốt hơn nữa là phân tích chi tiết) về độ tin cậy của kết quả.

Biểu đồ Sankey, được gọi là “ngôn ngữ hữu hình của sinh thái công nghiệp”, thường được sử dụng để trình bày kết quả MFA. Biểu đồ Sankey (Sankey, 1898) là một dạng biểu đồ hệ thống, trong đó độ rộng của các đường trên đồ họa đại diện cho kích thước dòng tài nguyên trong phân tích MFA (Schmidt, 2008). Sự phổ biến của biểu đồ Sankey trong phân tích MFA đã đạt đến mức Schmidt mô tả chúng như ngôn ngữ trực quan của hệ sinh thái công nghiệp (Schmidt, 2008). Biểu đồ này sở hữu khả năng đặc biệt trong việc trình bày nhiều khía cạnh khác nhau của phân tích MFA trên một đồ họa duy nhất. Việc sử dụng màu sắc trong biểu đồ thường giúp làm nổi bật các dòng riêng biệt, cung cấp thông tin bổ sung như giai đoạn vòng đời hoặc minh họa các thuộc tính khác của phân tích. Hiện nay, các phần mềm tạo biểu đồ Sankey đã trở nên phổ biến và dễ dàng tiếp cận.

3.2. Sử dụng MFA trong phân tích chính sách

Từ đầu thế kỷ 21, Phân tích Dòng vật chất (MFA) đã được áp dụng trong nghiên cứu chính sách ở cấp độ vi mô (cấp độ Micro). Một ví dụ tiêu biểu là vào năm 2003, Công ty ô tô Toyota đã công bố sơ đồ MFA với tiêu đề "Khối lượng tài nguyên đầu vào và khối lượng chất thải ra môi trường trong năm tài chính 2002". Nhờ có chu trình MFA được định lượng, Toyota có thể đặt ra các mục tiêu liên quan đến sử dụng vật liệu, giảm phát thải và tăng tỷ lệ sử dụng vật liệu tái chế, đồng thời theo dõi tiến trình qua từng năm (Graedel, 2019).

Mặc dù, các sơ đồ tương tự của các công ty khác chưa được công khai rộng rãi, thông tin về tiến độ sử dụng và mất mát vật chất thường xuất hiện trong báo cáo của doanh nghiệp. Sơ đồ Sankey đóng vai trò đặc biệt trong lĩnh vực chính sách nhờ khả năng truyền tải hiệu quả các đặc điểm quan trọng của phân tích MFA tới các nhà hoạch định chính sách trong chính phủ và ngành công nghiệp (cấp độ



Hình 2. Giá trị sản xuất, tiêu thụ và giá trị hàng hóa, nguyên vật liệu nhập khẩu, xuất khẩu ở Thừa Thiên-Huế



Macro và Meso). Các đặc điểm như cán cân xuất nhập khẩu, hiệu suất tái chế và tổn thất môi trường có thể dễ dàng nhận biết, cung cấp tiền đề cho các cuộc thảo luận chính sách.

Đối với chính sách của chính phủ, kết quả từ MFA mang tính hỗ trợ thông tin thay vì trực tiếp đưa ra quy định. Vai trò của những người thực hành MFA là thu thập, phân tích và truyền đạt thông tin liên quan, thay vì ủng hộ các chính sách cụ thể. Trong thập kỷ qua, MFA đã chứng minh được giá trị của nó như một nền tảng đáng tin cậy để hỗ trợ chính sách. Ví dụ, phân tích dòng vật chất tại Nhật Bản đã cung cấp cơ sở cho luật 3R (giảm thiểu, tái sử dụng, tái chế) (Fischer-Kowalski et al., 2011; Takiguchi & Takemoto, 2008). Tương tự, nghiên cứu về ete polybrom diphenyl ở Vienna giúp định hướng vào sản phẩm hết vòng đời và tái chế chất thải, trong khi các nghiên cứu tại bến cảng Thành phố New York đã xác định dòng chảy của độc tố và các ngành liên quan. Một nghiên cứu ở Oahu, Hawaii đã chỉ ra cách sử dụng tài nguyên chất thải thay cho hàng nhập khẩu, đồng thời giảm lượng rác thải phát sinh.

Ngoài ra, MFA còn được sử dụng để xác định vật chất quan trọng trong chính sách, dựa trên các phân tích về luồng xuất nhập khẩu, hiệu suất tái chế và các yếu tố liên quan ở quy mô quốc gia hoặc khu vực.

3.3 Lý thuyết mô hình dòng vật chất môi trường tuần hoàn

Tài nguyên trên thế giới có hạn. Cùng với sự phát triển của toàn cầu hóa kinh tế, nhu cầu về tài nguyên của mỗi quốc gia ngày càng tăng. Chuyển từ nền kinh tế tuyến tính sang nền KTTH của dòng vật chất được coi là giải pháp cho sự phát triển bền vững (MacArthur, 2015b). KTTH hướng đến mục tiêu tối ưu hóa tiện ích và giá trị của vật chất.

Mô hình phát triển kinh tế truyền thống dựa trên lợi ích của con người trong mọi trường hợp và đánh giá giá trị của vật chất theo tiêu chí lợi ích. Trong mô hình này, tài nguyên bị khai thác một cách quá mức (J. Z. Chen, 2009; MacArthur, 2015b; Ness, 2008). Về bản chất, nó là một quá trình tuyến tính và một chiều, bao gồm 'tài nguyên-sản phẩm-xả chất thải'. Mô hình này không xem xét các vấn đề liên quan đến tài nguyên và môi trường. Tương tự, mô hình dòng chảy vật chất truyền thống cũng là một quá trình tuyến tính và mở một chiều, bao gồm sản xuất-sản phẩm lưu thông-tiêu thụ-xả chất thải (J. Z. Chen, 2009). Dòng vật chất này có thể được coi là dòng chảy vi mô, vì nó chỉ là một phần trong tổng thể của MF và thường tập trung vào việc phân phối hàng hóa mà không chú ý đến sự thống nhất của dòng vật chất trong tự nhiên, xã hội và kinh tế. Cả mô hình phát triển kinh tế truyền thống lẫn mô hình dòng vật chất truyền thống đều dẫn đến tình

trạng tiêu thụ quá mức tài nguyên, thỏa mãn nhu cầu tiêu dùng không kiểm soát của con người, gây ra sự xả thải quá tải và cuối cùng dẫn đến cạn kiệt tài nguyên và suy thoái môi trường.

Để giải quyết mâu thuẫn giữa tài nguyên hữu hạn và nhu cầu tiêu dùng ngày càng tăng của con người, cũng như sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên để đạt được phát triển bền vững, mô hình phát triển kinh tế tuần hoàn tuân theo mô hình lưu thông sinh thái và dựa trên việc tái chế tài nguyên vật liệu. Mô hình này là một quá trình lưu thông phản hồi khép kín bao gồm "tài nguyên - sản phẩm - tài nguyên tái chế", và mô hình dòng vật chất tương ứng cũng là một quá trình lưu thông phản hồi khép kín bao gồm "tài nguyên - sản xuất - dòng vật chất - tiêu dùng - tài nguyên tái chế", trong đó nhấn mạnh "kiểm soát toàn bộ quá trình". Trong mô hình này, ở mỗi giai đoạn của sản xuất từ thiết kế, sản xuất, dòng vật chất, tiêu dùng đến tái sản xuất, đều xem xét việc thu hồi và tái sử dụng phế thải (Xu, 2008).

Mô hình MF, như một quá trình lưu thông phản hồi khép kín trong đó việc tái sử dụng vật chất trong dòng chảy vật chất trong tự nhiên, xã hội và phân chia kinh tế được thực hiện, sẽ đóng góp vào việc cải thiện hiệu quả kinh tế và môi trường sinh thái. Vì vậy, mô hình MF là một mô hình mới hữu ích cho việc xây dựng xã hội tiết kiệm tài nguyên và thân thiện với môi trường, một phương pháp hiệu quả để phát triển kinh tế tuần hoàn, thực hiện ý tưởng phát triển khoa học và đạt được sự phát triển bền vững (Chen, 2009).

4. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh hiện nay, việc quản lý dòng vật chất đóng vai trò then chốt trong thúc đẩy phát triển bền vững và chuyển đổi sang nền kinh tế tuần hoàn. Dòng vật chất đóng vai trò trung tâm trong việc kết nối giữa sản xuất, tiêu dùng và quản lý tài nguyên, đồng thời phản ánh rõ nét mối quan hệ giữa kinh tế, xã hội và tự nhiên. Việc nghiên cứu và áp dụng phân tích dòng vật chất (MFA) giúp nhận diện rõ ràng hơn các luồng vật chất trong nền kinh tế, từ đó mở ra hướng đi hiệu quả cho quản lý tài nguyên và giảm thiểu tác động môi trường.

Phân tích dòng vật chất (MFA) cung cấp công cụ khoa học và thực tiễn để đo lường, đánh giá và tối ưu hóa hiệu quả sử dụng các nguồn tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm và nâng cao khả năng tái chế. Thông qua các phân tích hệ thống như biểu đồ Sankey và các mô hình về dòng vật chất, chúng ta có thể hình dung rõ hơn về quá trình vận động của vật chất trong các hoạt động của con người, từ sản xuất đến tiêu dùng và cuối cùng là xử lý chất thải. Kết quả của các phân tích này giúp các nhà hoạch định chính sách, doanh nghiệp và cộng đồng có thể đưa ra các biện pháp thích hợp nhằm giảm tổn thất, thúc đẩy hành vi tiêu dùng bền vững và



đảm bảo cân bằng sinh thái. Do đó, ứng dụng rộng rãi các phương pháp MFA sẽ góp phần xây dựng các chiến lược quản lý tài nguyên hiệu quả, phù hợp với mục tiêu phát triển dài hạn, hướng tới một tương lai kinh tế xanh, sạch và bền vững.

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và sự gia tăng mạnh mẽ nhu cầu tiêu thụ, việc quản lý dòng vật chất theo hướng kinh tế tuần hoàn là một yêu cầu tất yếu. Khác với mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống, KTTH hướng tới việc giữ vật chất trong vòng luân chuyển lâu nhất có thể, giảm thiểu chất thải và khai thác tài nguyên mới. Sự kết hợp giữa MFA và KTTH cho phép đưa ra những giải pháp tối ưu nhằm cân bằng giữa phát triển kinh tế, bảo vệ môi trường và duy trì nguồn lực cho các thế hệ sau.

Trong quá trình chuyển đổi từ mô hình phát triển kinh tế truyền thống sang mô hình kinh tế tuần hoàn, vai trò của dòng vật chất càng trở nên rõ nét hơn. Các mô hình phát triển cũ dựa trên nguyên tắc khai thác quá mức và tiêu thụ không kiểm soát, dẫn đến cạn kiệt tài nguyên và ô nhiễm môi trường ngày càng gia tăng. Trong khi đó, các mô hình mới như mô hình kinh tế tuần hoàn tập trung vào việc tối ưu hóa vòng đời của vật chất, thúc đẩy tái chế, tái sử dụng và giảm thiểu chất thải, qua đó bảo vệ các nguồn tài nguyên hữu hạn của trái đất. Chính vì vậy, chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn dựa trên phân tích dòng vật chất chính là hướng đi tất yếu của các quốc gia trong kỷ nguyên mới, để hướng tới một nền kinh tế phát triển hài hòa giữa con người và tự nhiên, vì lợi ích của thế hệ hiện tại và tương lai.

Lời cảm ơn: Bài viết là sản phẩm của Đề tài KH&CN cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học, đề xuất bộ chỉ số giám sát dòng vật chất trong thực hiện KTTH tại Việt Nam. Áp dụng thử nghiệm trong lĩnh vực dệt may và quản lý chất thải rắn” Mã số: TNMT.ĐL.2024.10 do Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường chủ trì thực hiện ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bringezu, S., Schütz, H., Saurat, M., Moll, S., Acosta-Fernández, J., & Steger, S. (2017). *Europe's resource use: Basic trends, global and sectoral patterns and environmental and socioeconomic impacts*. In *Sustainable resource management* (pp. 52–154). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781351279284-3/europe-resource-use-stefan-bringezu-helmut-sch%C3%BCtz-mathieu-saurat-stefan-moll-jos%C3%A9-acosta-fern%C3%A1ndez-s%C3%B6ren-steger>.
2. Chen, J. Z. (2009). *Material flow and circular economy*. *Systems Research and Behavioral Science*, 26(2), 269–278. <https://doi.org/10.1002/sres.968>.

3. Ditttrich, M. (2012). *Green Economies Around the World?: Implications of Resource Use for Development and the Environment*. Sustainable Europe Research Inst.(SERI).
4. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., Moriguchi, Y., Schütz, H., Schandl, H., & Weisz, H. (2011). *Methodology and indicators of economy-wide material flow accounting: State of the art and reliability across sources*. *Journal of Industrial Ecology*, 15(6), 855–876.
5. Graedel, T. E. (2019). *Material Flow Analysis from Origin to Evolution*. *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12188–12196. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03413>.
6. Lettenmeier, M., Liedtke, C., & Rohn, H. (2014). *Eight tons of material footprint—Suggestion for a resource cap for household consumption in Finland*. *Resources*, 3(3), 488–515.
7. MacArthur, E. (2015a). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity*. *Methodology*, 5–10.
8. MacArthur, E. (2015b). *Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers*. Ellen MacArthur Foundation.
9. Ness, D. (2008). *Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems*. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(4), 288–301.
10. Sankey, M. (1898). *Introductory note on the thermal efficiency of steam-engines*. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 134, 278–283.
11. Schmidt, M. (2008). *The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management: Part II: Methodology and Current Applications*. *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), 173–185. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00015.x>.
12. Swanson, G. A. (2008). *Material flow, material information, and the analytics of integrative enterprise information systems*. *Enterprise Information Systems*, 2(1), 21–31. <https://doi.org/10.1080/17517570701846570>.
13. Takiguchi, H., & Takemoto, K. (2008). *Japanese 3R Policies Based on Material Flow Analysis*. *Journal of Industrial Ecology*, 12(5–6), 792–798. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00093.x>.
14. UNECE. (2022). *MFA for circular economy – European Union experience*.
15. Virtanen, M., Manskinen, K., Uusitalo, V., Syväne, J., & Cura, K. (2019). *Regional material flow tools to promote circular economy*. *Journal of Cleaner Production*, 235, 1020–1025.
16. Xu, S. (2008). *The concept and theory of material flow*. *Information Systems Frontiers*, 10(5), 601–609. <https://doi.org/10.1007/s10796-008-9113-4>.



Tác động của biến đổi khí hậu đến doanh nghiệp và giải pháp ứng phó

VÕ VĂN LỢI¹

¹Học Viện Chính trị khu vực III

Tóm tắt

Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia bị ảnh hưởng nặng nề nhất của biến đổi khí hậu (BĐKH) do có bờ biển dài, nhiều khu vực ven biển có bình độ thấp. Nhất là vùng Đồng bằng sông Cửu Long - một trong ba đồng bằng trên thế giới dễ bị tổn thương nhất do nước biển dâng. Nhận thấy tầm quan trọng của công tác ứng phó với BĐKH, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành nhiều văn bản chỉ đạo, chiến lược về ứng phó với BĐKH, trong đó có Kế hoạch quốc gia thích ứng với BĐKH giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 tại Quyết định số 1055/QĐ-TTg ngày 20/7/2020. Trong đó, cộng đồng doanh nghiệp đóng vai trò quan trọng, vừa là chủ thể chịu tác động của BĐKH, vừa là đối tượng quan trọng trực tiếp tham gia, chuyển các thách thức thành cơ hội từ tác động của BĐKH. Đồng thời, tạo ra nguồn lực để thúc đẩy công tác ứng phó với BĐKH, triển khai các kế hoạch góp phần giảm phát thải khí nhà kính, thúc đẩy tăng trưởng xanh. Để phát huy hơn nữa vai trò của doanh nghiệp trong ứng phó với BĐKH, cũng như huy động sự tham gia của cộng đồng doanh nghiệp chung tay cùng Chính phủ trong cuộc chiến ứng phó với BĐKH, Liên đoàn thương mại và công nghiệp Việt Nam (VCCI) đã tiến hành một cuộc điều tra doanh nghiệp trên diện rộng về chủ đề BĐKH tại Việt Nam, thông qua việc tích hợp vào nội dung của Điều tra Chỉ số Năng lực cạnh tranh cấp tỉnh. Cùng với đó, là việc tạo thuận lợi cho các doanh nghiệp trong việc tận dụng các cơ hội tham gia các chuỗi cung ứng toàn cầu, trong bối cảnh Việt Nam đang tham gia ngày một sâu rộng vào các hiệp định thương mại quốc tế.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, ứng phó, doanh nghiệp, dự báo.

JEL Classifications: Q54, Q56, L21.

1. MỞ ĐẦU

Những dự báo về tác động của BĐKH đối với sự phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam cho thấy, cần có những hành động cấp thiết. Ngân hàng Thế giới dự báo BĐKH có thể gây ảnh hưởng 1,5% tổng sản phẩm quốc nội (GDP) của Việt Nam từ nay đến 2050 và sẽ tác động tiêu cực đến thành tựu vĩ mô, cải cách thể chế, đảm bảo mục tiêu bền vững môi trường. Báo cáo kết quả nghiên cứu về tính dễ bị tổn thương do BĐKH của tổ chức DARA International (năm 2012) thậm chí từng chỉ ra rằng, nếu Việt Nam không có giải pháp ứng phó kịp thời, thiệt hại do BĐKH ước tính có thể lên đến 11% GDP vào năm 2030. Viện Nghiên cứu Quản lý Trung ương (Bộ Kế hoạch và Đầu tư) và Đại học Copenhagen (năm 2012) ước tính, với quy mô GDP của Việt Nam vào năm 2050 đạt khoảng 500 tỷ USD thì thiệt hại do BĐKH có thể lên đến khoảng 40 tỷ USD nếu thiếu vắng các chính sách ứng phó với BĐKH phù hợp và hiệu quả. Chính phủ Việt Nam đã nhận thấy tầm quan trọng của công tác ứng phó với BĐKH thông qua việc ban hành và thực hiện Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH và Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn đến năm 2050 cùng với nhiều hành động khác. Tuy nhiên, khoảng cách giữa chính sách và thực thi trong lĩnh vực này còn tương đối lớn, nhất là đối với khu vực doanh nghiệp.

Thực tế chưa có nhiều doanh nghiệp nắm bắt được các chính sách, pháp luật về phòng chống thiên tai và có chiến lược Ứng phó nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của rủi ro thiên tai (RRTT) và BĐKH. Bên cạnh đó, không nhiều các doanh nghiệp biết đến các khuyến khích, ưu đãi của Nhà nước, liên quan đến ứng dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải... vì vậy cũng chưa tận dụng được các ưu đãi cũng như các cơ hội kinh doanh... Trong khi đó, các doanh nghiệp lại là một chủ thể rất quan trọng trong nền kinh tế, không chỉ là từ góc độ đóng góp nguồn ngân sách hàng năm, mà còn từ góc độ tạo công ăn việc làm cho người lao động cũng như tham gia vào quá trình ứng phó BĐKH tại Việt Nam. Cộng đồng doanh nghiệp đóng vai trò quan trọng trong ứng phó BĐKH, song việc tham gia của các doanh nghiệp vào công cuộc này còn nhiều hạn chế...

Theo đó, VCCI đã tiến hành một cuộc điều tra doanh nghiệp trên diện rộng về chủ đề BĐKH tại Việt Nam, thông qua việc tích hợp vào nội dung của Điều tra Chỉ số Năng lực cạnh tranh cấp tỉnh năm 2019. Tham gia trả lời điều tra này có 10.356 doanh nghiệp đang hoạt động sản xuất kinh doanh trên cả nước. Trong đó, có 8.773 doanh nghiệp dân doanh tới từ toàn bộ 63 tỉnh/thành phố trên cả nước và 1.583 doanh nghiệp FDI tới từ 21 tỉnh/thành phố có số lượng dự án đầu tư nước ngoài nhiều nhất tại Việt Nam.



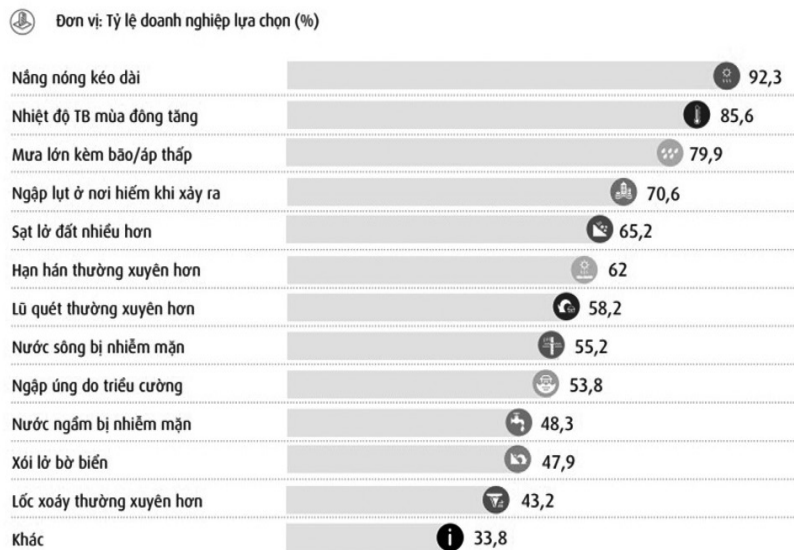
2. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐỐI VỚI DOANH NGHIỆP

2.1. Quan sát của doanh nghiệp về các hiện tượng BĐKH

Những quan sát của doanh nghiệp theo vùng về sự thay đổi của các hiện tượng thời tiết của BĐKH là khá tương đồng với thực tế diễn biến của BĐKH phản ánh qua báo chí, truyền thông đại chúng hiện nay. Theo đó, vùng Duyên hải miền Trung, Đồng bằng Sông Cửu Long là hai vùng có tỷ lệ cộng gộp doanh nghiệp quan sát thấy, các thay đổi BĐKH rõ rệt hơn cả. Đồng Nam bộ và Đồng bằng Sông Hồng là nơi có tỷ lệ cộng gộp doanh nghiệp quan sát thấy, sự thay đổi của các hiện tượng BĐKH thấp nhất, song con số thu được vẫn rất đáng lưu ý (Hình 1,2).

2.2. Những hiện tượng lo ngại nhất của doanh nghiệp (Hình 3)

Tại vùng Duyên hải miền Trung, các doanh nghiệp lo ngại về các hiện tượng nắng nóng kéo dài, mưa lớn kèm bão/áp thấp nhiệt đới, ngập lụt và hạn hán. Các doanh nghiệp ở Tây Nguyên thì lo ngại về hạn hán thường xuyên hơn, mưa lớn kèm bão/áp thấp, nắng nóng kéo dài và lũ quét. Tại Đồng Nam bộ, các doanh nghiệp



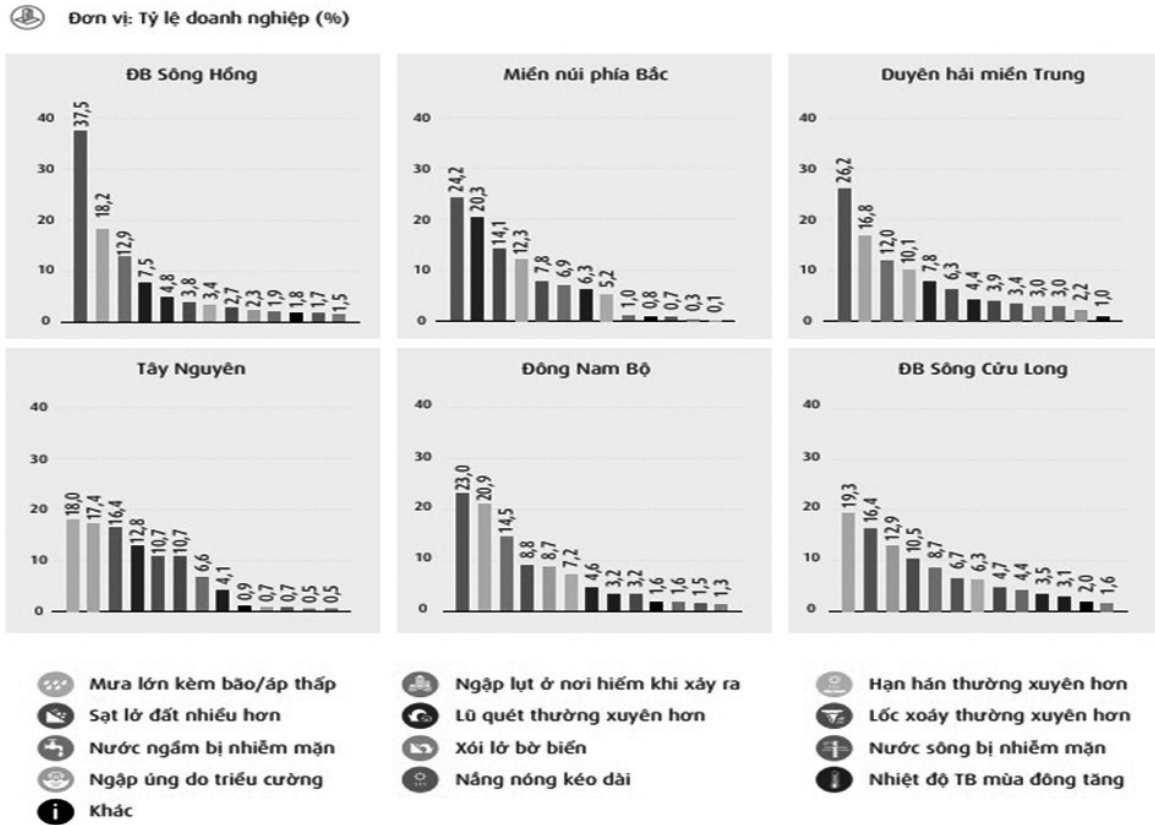
Hình 1. Nhận biết các hiện tượng RRTT và BĐKH

phản ánh về các hiện tượng nắng nóng kéo dài, mưa lớn kèm bão/áp thấp, ngập lụt và lốc xoáy.

Về những hiện tượng lo ngại nhất của doanh nghiệp theo lĩnh vực hoạt động sản xuất kinh doanh, các doanh nghiệp công nghiệp lo lắng hơn cả về hiện tượng nắng nóng kéo dài, mưa lớn kèm bão/áp thấp và ngập lụt và đây cũng là mối lo lắng của các doanh nghiệp trong lĩnh vực thương mại, dịch vụ. Với các doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng, họ lo ngại về hiện tượng nắng nóng kéo dài, mưa lớn kèm bão/áp thấp và lũ quét thường xuyên hơn. Các doanh nghiệp trong lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy sản lo ngại về hiện tượng nắng nóng kéo dài, hạn hán thường xuyên hơn và mưa lớn kèm bão/áp thấp. Trong khi đó, các doanh nghiệp khai khoáng thể hiện mối lo lắng về các hiện tượng sạt lở đất do



Hình 2. Nhận biết các hiện tượng RRTT và BĐKH theo vùng

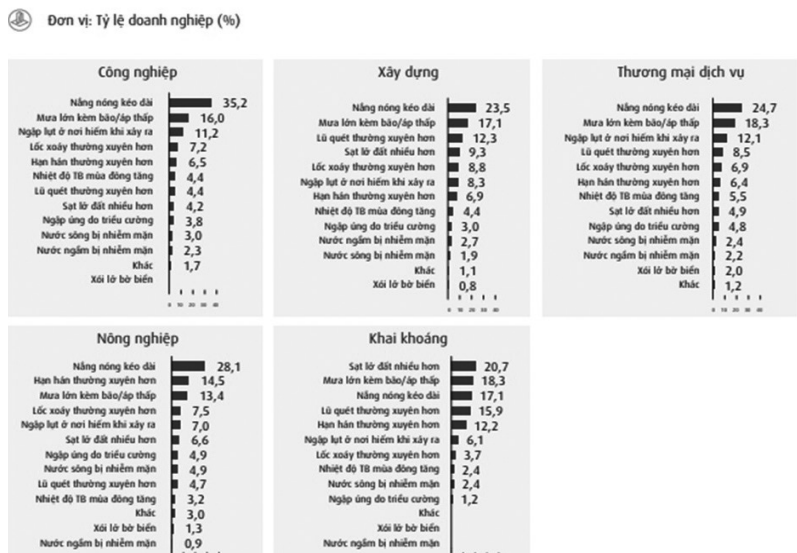


Hình 3. Những hiện tượng lo ngại nhất của doanh nghiệp theo vùng

mưa lớn, mưa lớn kèm bão/áp thấp và nắng nóng kéo dài (Hình 4).

2.3. Tác động của biến đổi khí hậu đối với doanh nghiệp (Hình 5)

Với thang điểm 1 là hoàn toàn tiêu cực, 10 là hoàn toàn tích cực, nhìn chung doanh nghiệp đánh giá BĐKH tác động tiêu cực đến doanh nghiệp khi điểm đánh giá thấp hơn 5. Khu vực được doanh nghiệp đánh giá BĐKH tác động tiêu cực nhất trong cả nước là Duyên hải Miền Trung. Nếu phân theo lĩnh vực sản xuất kinh doanh, có thể thấy các doanh nghiệp dân doanh trong lĩnh vực khai khoáng có mức đánh giá tác động tiêu cực hơn cả, với 4,02 điểm. Kế đến là các doanh nghiệp trong lĩnh vực công nghiệp và nông nghiệp với mức điểm lần lượt là 4,05 và 4,14 điểm. Trong khi đó, mức độ tác động chung của RRTT và BĐKH đối với doanh nghiệp trong lĩnh vực thương mại, dịch vụ và xây dựng lần lượt là 4,44 và 4,58 điểm.



Hình 4. Những hiện tượng lo ngại nhất của doanh nghiệp theo lĩnh vực sản xuất kinh doanh

2.4. Tác động cụ thể đối với hoạt động sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp

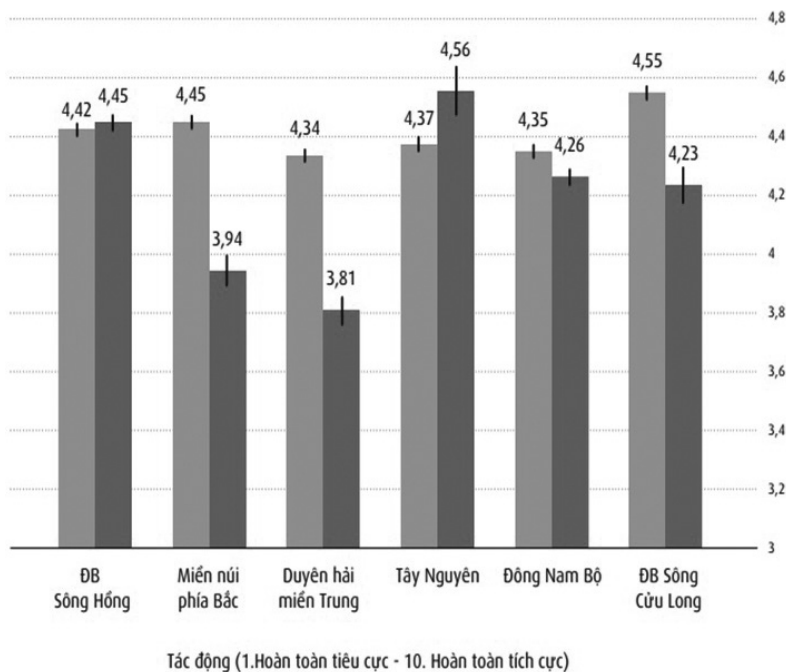
Tác động cụ thể BĐKH lên doanh nghiệp với sắp xếp từ cao xuống thấp, tỷ lệ doanh nghiệp lựa chọn bị tác động tương đối nhiều/rất nhiều cao nhất trong việc bị gián đoạn sản xuất kinh doanh (54%). Kế đến là năng suất lao động bị giảm do thời tiết khắc nghiệt và suy giảm doanh thu (đều ở mức 51%). Có tỷ lệ đáng kể doanh nghiệp phản ánh về bị gián đoạn kênh vận chuyển (46%) và tăng chi phí sản xuất kinh doanh



của doanh nghiệp (44%). Tiếp đến, có tỷ lệ không nhỏ doanh nghiệp cho biết có tác động tương đối nhiều/rất nhiều về khía cạnh mạng lưới phân phối bị đình trệ (38%), giảm chất lượng sản phẩm, dịch vụ (37%), thiệt hại cơ sở vật chất (34%) và thiếu hụt nhân lực (33%). Thậm chí, có 33% doanh nghiệp chịu tác động tương đối nhiều/rất nhiều của việc thiếu nguồn cung nguyên vật liệu sản xuất (Hình 6).

Thời gian bị gián đoạn sản xuất kinh doanh: Các doanh nghiệp cho biết mất khoảng 7 ngày bị gián đoạn hoạt động trong năm (giá trị trung vị). Nếu tính trung bình, thì số ngày bị gián đoạn hoạt động lên tới 16 ngày (giá trị trung bình). Một số doanh nghiệp cho biết số ngày bị gián đoạn trên 100 ngày (1,5% số doanh nghiệp trả lời), cá biệt có một vài trường hợp cho biết tổng số ngày gián đoạn hoạt động lên đến gần nửa năm. Dù là đo lường theo giá trị trung vị hay giá trị trung bình, doanh nghiệp dân doanh có số thời gian bị gián đoạn hoạt động cao hơn hẳn so với các doanh nghiệp FDI.

Giá trị tổn thất: Thông thường các doanh nghiệp bị thiệt hại khoảng 20 triệu đồng. Giá trị trung bình tổn thất đối với 1 doanh nghiệp là khoảng 95,2 triệu, tuy nhiên cần thận trọng sử dụng



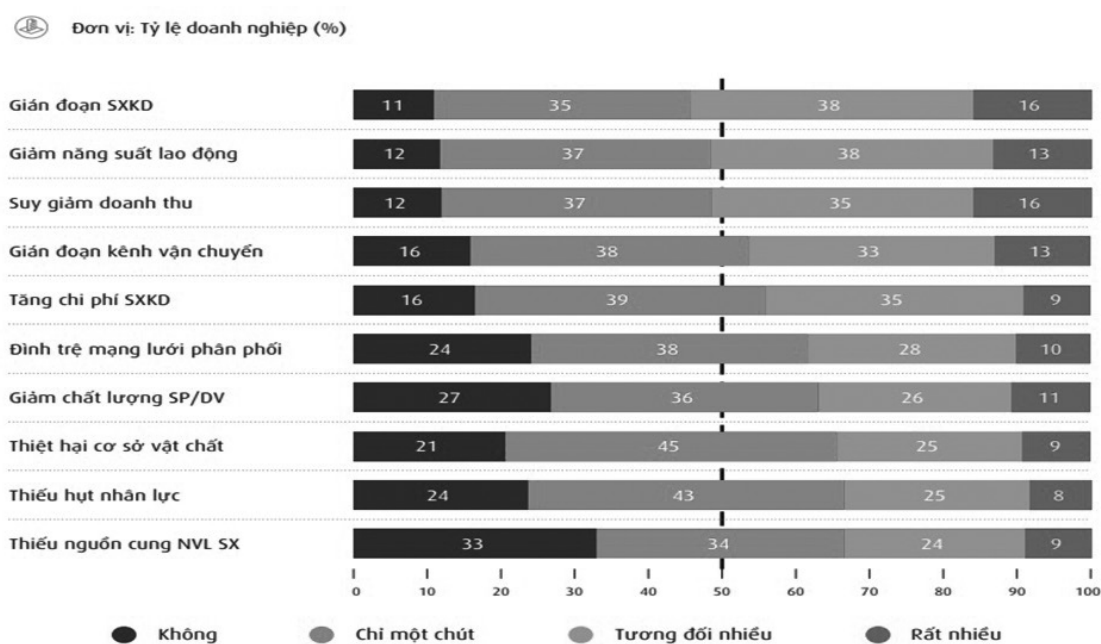
Hình 5. Tác động của RRTT và BDKH lên doanh nghiệp theo vùng

con số này, bởi một số doanh nghiệp có mức tổn thất rất lớn do đó có thể kéo giá trị trung bình này lên ở mức trên (Hình 7).

3. ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

3.1. Các hoạt động của doanh nghiệp ứng phó với biến đổi khí hậu

Các doanh nghiệp đã triển khai khá nhiều các hoạt động, nhiều nhất là việc gia cố, sửa chữa nhà xưởng, khu làm việc hiện tại (53%), điều chỉnh giờ làm việc do thời tiết khắc nghiệt (30%), đào tạo cán bộ, nhân viên về ứng phó với RRTT và BDKH (28%) hoặc tham gia công tác ứng cứu, khắc phục sau thiên tai (28%). Đã có một số lượng



Hình 6. Tác động cụ thể của RRTT và BDKH lên doanh nghiệp



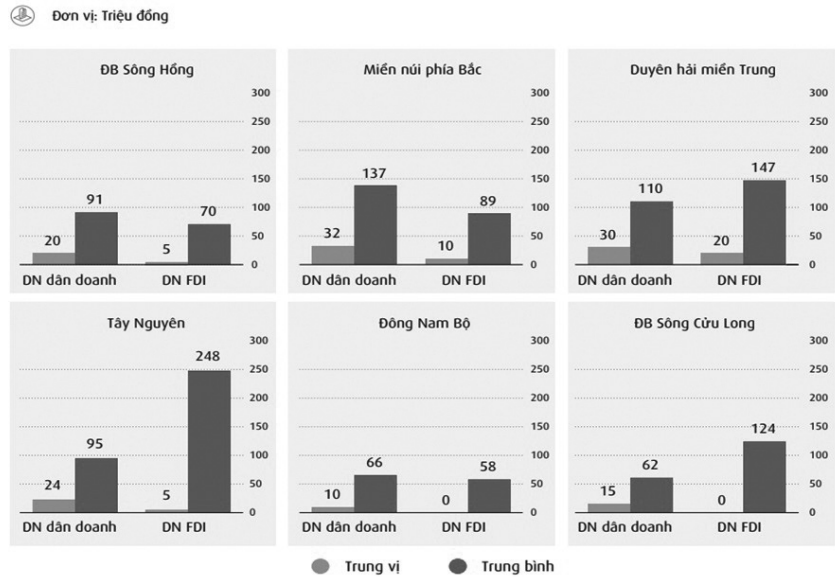
đáng kể doanh nghiệp cho biết đã thay đổi chiến lược, phương thức kinh doanh do thách thức BDKH (26%), xây dựng lại nhà xưởng (24%). Rất đáng lưu ý, là có tới 19% số doanh nghiệp cho biết họ có nâng cấp công nghệ sản xuất và thậm chí là 18% có yêu cầu đối tác kinh doanh cùng có kế hoạch ứng phó với RRTT và BDKH. Cũng có một bộ phận nhỏ doanh nghiệp cho biết đã di chuyển nhà xưởng, khu làm việc tới địa điểm khác an toàn hơn (10%).

Các doanh nghiệp tiến hành các hoạt động ứng phó với RRTT và BDKH do họ tự thấy cần thiết, do yêu cầu của cơ quan nhà nước hay là do yêu cầu của đối tác/khách hàng của doanh nghiệp? Kết quả cho thấy, lý do chính là bởi các doanh nghiệp tự nhận thấy cần thiết, với tất cả các hoạt động cụ thể như Bảng 1.

3.2. Phòng ngừa rủi ro và giảm thiểu thiệt hại từ BDKH

Cùng với việc tiến hành các hoạt động cụ thể để ứng phó đối với tác động BDKH, các doanh nghiệp hiện nay còn có thể giảm thiểu thiệt hại bằng cách sử dụng một số sản phẩm bảo hiểm. Kết quả điều tra cho thấy, trong số 10.356 doanh nghiệp tham gia khảo sát, có 44,5% doanh nghiệp cho biết họ đang sử dụng một loại sản phẩm bảo hiểm nhất định để phòng ngừa rủi ro liên quan RRTT và BDKH. Tỷ lệ doanh nghiệp FDI hiện đang sử dụng một sản phẩm bảo hiểm là 62,2%, cao hơn đáng kể tỷ lệ của các doanh nghiệp dân doanh (41,3%) (Hình 8).

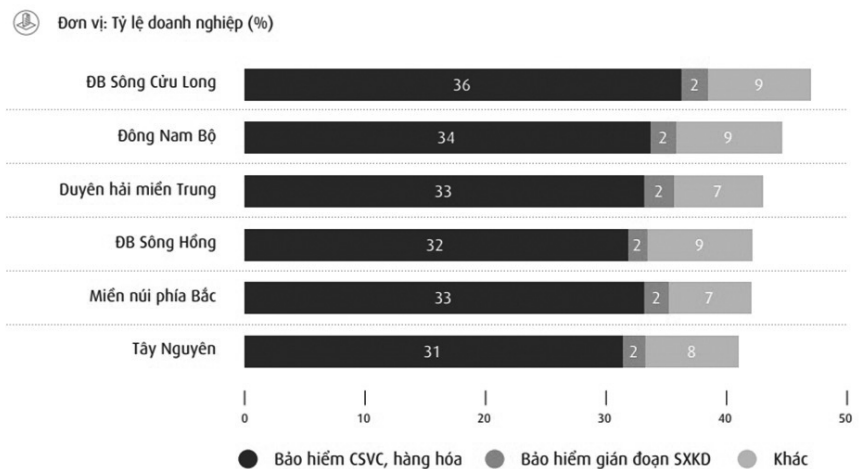
Đánh giá của doanh nghiệp đối với mức độ hữu ích của sản phẩm bảo hiểm đã mua. Đối với doanh nghiệp dân doanh, có 85% đánh giá là rất hữu ích/tương đối hữu ích, 10% đánh giá ít hữu ích và 4% đánh giá là không hữu ích. Với các doanh nghiệp FDI, 91% đánh giá là rất hữu ích/tương đối hữu ích,



Hình 7. Giá trị tổn thất trong năm theo vùng

Bảng 1. Các hành động ứng phó RRTT và BDKH của doanh nghiệp

Hoạt động	Tỷ lệ lựa chọn
Gia cố, sửa chữa nhà xưởng	53%
Điều chỉnh giờ làm việc	30%
Đào tạo NLĐ về ứng phó RRTT	28%
Tham gia khắc phục sau thiên tai	28%
Điều chỉnh chiến lược KD	26%
Xây dựng lại nhà xưởng	24%
Nâng cấp công nghệ SX	19%
Yêu cầu đối tác có KH ứng phó	18%
Thay đổi nhà cung ứng	11%
Chuyển nhà xưởng tới nơi khác	10%
Khác	3%



Hình 8. Loại bảo hiểm mà doanh nghiệp đang sử dụng theo vùng



chỉ 7% đánh giá là ít hữu ích và 2% đánh giá là không hữu ích (Hình 9).

4. CƠ HỘI ĐỂ HÀNH ĐỘNG

4.1. Nhận diện cơ hội

RRTT và BDKH đã, đang và sẽ có tác động tiêu cực tới các doanh nghiệp tại Việt Nam, song liệu các doanh nghiệp có nhận thấy cơ hội trong bối cảnh đó? Kết quả từ doanh nghiệp thể hiện như Bảng 2.

Kết quả cho thấy, doanh nghiệp tại vùng Duyên hải miền Trung dường như có tỷ lệ cơ hội nhiều nhất, tiếp đến là các doanh nghiệp tại vùng Tây Nguyên và Đồng bằng Sông Cửu Long. Ít nhất là tại vùng Đông Nam bộ. Tuy nhiên, mức độ khác biệt giữa các doanh nghiệp ở các vùng là không lớn (Hình 10).

Đáng ngạc nhiên, các doanh nghiệp trong lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy sản lại là nhóm có tỷ lệ nhận thấy có cơ hội cao hơn hẳn các nhóm còn lại. Kể đến là các doanh nghiệp trong lĩnh vực công nghiệp chế tạo và trong lĩnh vực xây dựng. Các doanh nghiệp trong lĩnh vực khai khoáng và thương mại dịch

Đơn vị: Tỷ lệ doanh nghiệp (%)

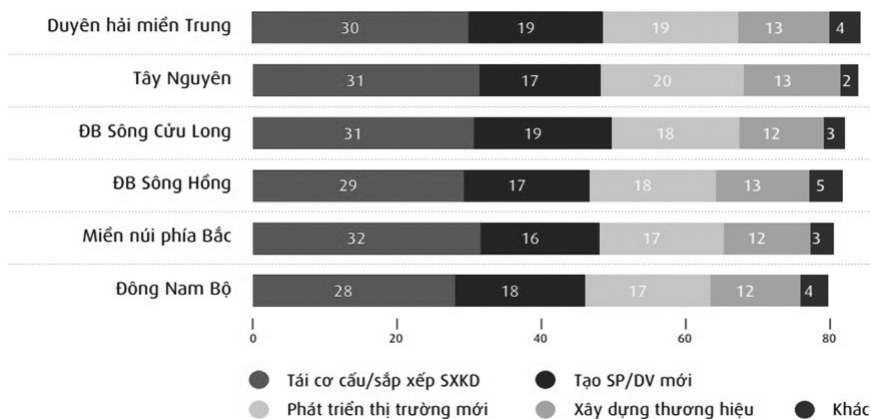


Hình 9. Mức độ hữu ích của sản phẩm bảo hiểm đã mua theo khu vực kinh tế

Bảng 2. Nhận diện cơ hội trong bối cảnh RRTT và BDKH

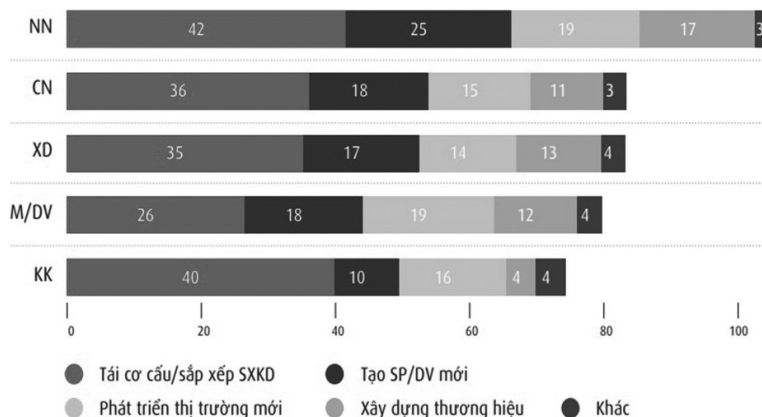
Hoạt động	Tỷ lệ lựa chọn
Tái cơ cấu SXKD	30%
Tạo SP/DV mới	18%
Tạo thị trường mới	18%
Xây dựng thương hiệu	12%
Khác	4%

Đơn vị: Tỷ lệ doanh nghiệp (%)



Hình 10. Nhận diện cơ hội trong bối cảnh RRTT và BDKH theo vùng

Đơn vị: Tỷ lệ doanh nghiệp (%)



Hình 11. Nhận diện cơ hội trong bối cảnh RRTT và BDKH theo lĩnh vực SXKD



vụ là hai nhóm có tỷ lệ nhận thấy có cơ hội thấp hơn, song con số cụ thể cho từng loại cơ hội cũng là tương đối đáng kể (Hình 11).

4.2. Hành động để thân thiện hơn với môi trường

Trong bối cảnh RRTT và BDKH, các doanh nghiệp tại Việt Nam liệu có sẵn lòng điều chỉnh hoạt động để thân thiện hơn với môi trường hơn hay không? Cụ thể hơn, các doanh nghiệp có thể đầu tư ở mức nào? Nhóm khảo sát đề nghị các doanh nghiệp trả lời câu hỏi trên bằng việc yêu cầu họ cho biết, mức chi trả tối đa là bao nhiêu tính theo phần trăm chi phí hoạt động. Điều tra cho thấy, con số tương đối tích cực. Thông thường, các doanh nghiệp cho biết sẽ chi trả khoảng 2% chi phí hoạt động cho việc thân thiện hơn với môi trường (trung vị). Con số này là như nhau với cả doanh nghiệp dân doanh và doanh nghiệp FDI. Thước đo giá trị trung bình cho thấy, có sự khác biệt nhất định giữa hai nhóm doanh nghiệp. Cụ thể, các doanh nghiệp dân doanh cho biết trung bình họ có thể bỏ ra khoảng 7,32% chi phí hoạt động, trong khi các doanh nghiệp FDI thì nhỉnh hơn một chút, với tỷ lệ 7,72% (Bảng 3).

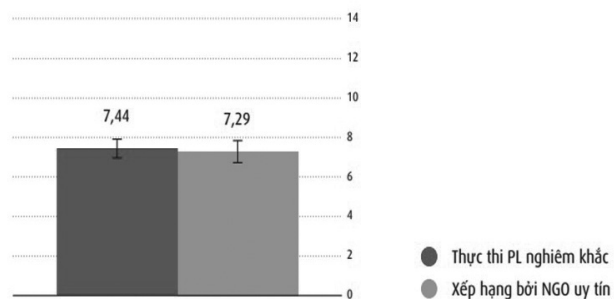
Trong điều tra này, VCCI đã thử nghiệm xem mức chi phí sẵn sàng chi trả cho việc thân thiện hơn với môi trường liệu có khác nhau giữa các nhóm doanh nghiệp trong 2 trường hợp. Trường hợp đầu tiên là chính quyền có thể ban hành và thực thi các quy định nghiêm khắc hơn liên quan để cải thiện mức độ tuân thủ môi trường của doanh nghiệp, hay nói cách khác đây là giải pháp bắt buộc bằng công cụ pháp luật. Trường hợp thứ hai là đánh giá, xếp hạng về môi trường bởi một tổ chức xã hội có uy tín tại Việt Nam, ở đây muốn nói tới giải pháp tự nguyện, sử dụng dư luận xã hội.

Kết quả điều tra cho thấy, với những doanh nghiệp nhận được thông tin Nhà nước sẽ ban hành và thực thi pháp luật nghiêm khắc hơn liên quan tới vấn đề môi trường, thì trung bình các doanh

Bảng 3. Mức chi phí sẵn sàng bỏ ra để thân thiện hơn với môi trường (% chi phí hoạt động)

Khu vực	Số doanh nghiệp	Trung vị	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Thấp nhất	Cao nhất
Doanh nghiệp dân doanh	5.101	2,00	7,32	13,97	0,00	100,00
Doanh nghiệp FDI	861	2,00	7,72	15,75	0,00	100,00
Chung	5.962	2,00	7,32	13,98	0,00	100,00

nghiệp sẽ bỏ ra 7,44% chi phí hoạt động để cải thiện mức độ tuân thủ của mình. Trong khi đó, với những doanh nghiệp nhận được thông tin về giải pháp mềm, đánh giá của tổ chức xã hội có uy tín tại Việt Nam, thì trung bình họ sẵn sàng chi ra khoảng 7,29% chi phí hoạt động. Sự khác biệt trong mức độ sẵn sàng chi trả của các doanh nghiệp nhận được thông tin về giải pháp bắt buộc hay tự nguyện này là không đáng kể về mặt thống kê. Qua đó cho thấy, các doanh nghiệp sẵn sàng đầu tư để cải thiện mức độ tuân thủ về môi trường. Điều quan trọng ở đây là giải pháp sử dụng công cụ tự nguyện về mặt xã hội có vẻ là một lựa chọn tốt ở Việt Nam, khi mà mức độ sẵn sàng chi trả của doanh nghiệp thấp hơn không đáng kể so với việc sử dụng công cụ bắt buộc là pháp luật. Bởi việc ban hành, tổ chức thực hiện quy định có thể tốn kém không ít ngân sách của Nhà nước, cả ở cấp Trung ương và cấp địa phương. Trong khi đó, nếu sử dụng công cụ tự nguyện đã nêu, thì rõ ràng nguồn lực của Nhà nước có thể tiết giảm được và hoàn toàn có thể sử dụng vào những công việc khác hiệu quả hơn trong bối cảnh ngân sách nhà nước đang gặp nhiều khó khăn như hiện nay tại Việt Nam.



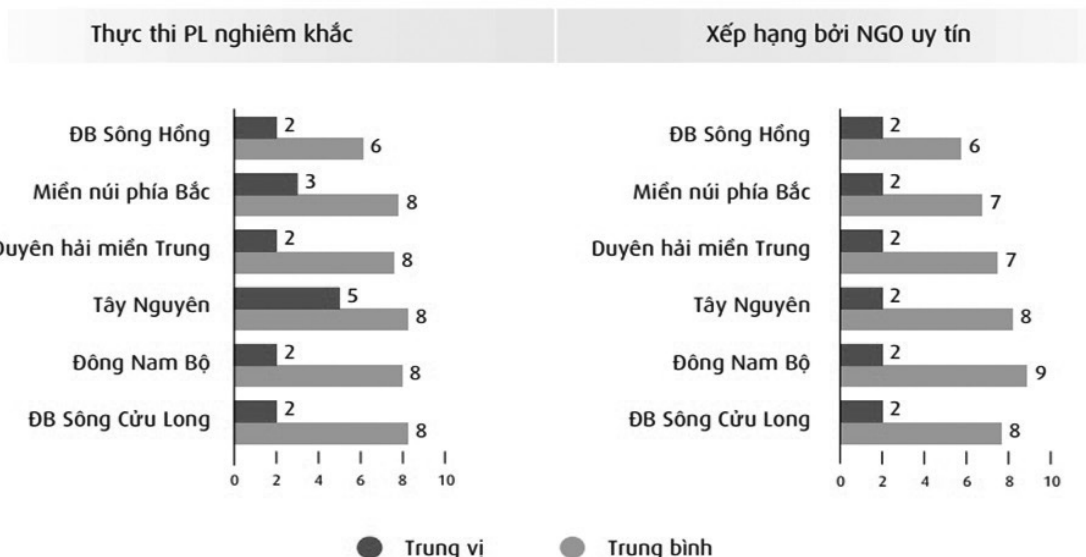
Hình 12. Mức chi phí sẵn sàng chi trả để thân thiện hơn với môi trường

Tìm hiểu mức độ sẵn sàng chi trả này theo vùng với các doanh nghiệp dân doanh, theo hai thước đo: Giá trị trung vị và giá trị trung bình. Kết quả thể hiện, không có sự khác biệt đáng kể giữa các vùng, ngoại trừ các doanh nghiệp ở vùng Tây Nguyên thông thường sẵn sàng chi trả tới 5% chi phí hoạt động, trong khi các vùng khác chỉ ở mức 2%. Về con số giá trị trung bình, thì các doanh nghiệp ở vùng Đông Nam bộ có mức sẵn sàng chi trả cao nhất, với con số 9%, các vùng còn lại là xung quanh mức 6-8% chi phí hoạt động (Hình 13).

Bảng dưới đây thể hiện tỷ lệ doanh nghiệp lựa chọn các hoạt động cụ thể để thân thiện hơn với môi trường, với mức chi phí sẵn sàng đầu tư đã nêu ở phần trước đó. Cụ thể, khoảng 50% doanh nghiệp cho biết sẽ đào tạo tốt hơn quản lý và nhân viên về vấn đề RRTT và BDKH. Kế đến, 36% doanh nghiệp cho biết sẽ mua nguyên vật liệu



Đơn vị: Tỷ lệ trên chi phí hoạt động (%)



Hình 13. Mức chi phí sẵn sàng chi trả để thân thiện hơn với môi trường theo vùng

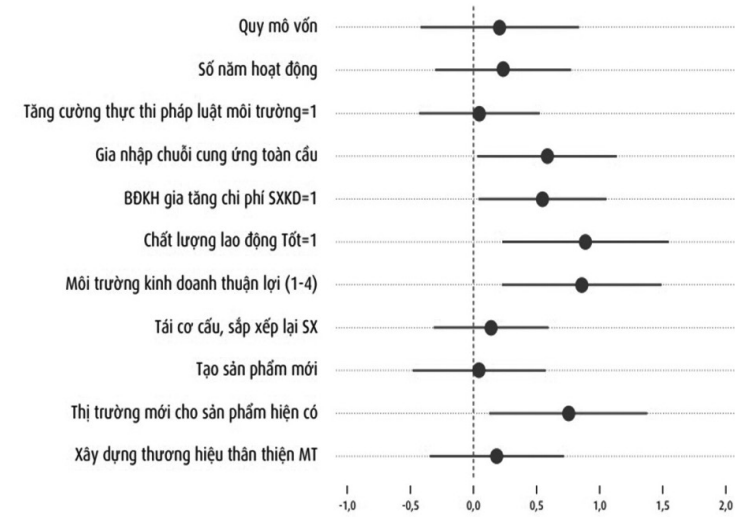
đầu vào từ những nhà sản xuất thân thiện với môi trường. Khoảng 1/3 số doanh nghiệp (33%) sẽ ứng dụng công nghệ sạch hơn cho sản xuất. Đáng lưu ý, có tới 10% doanh nghiệp sẽ tuyển nhân viên chuyên trách phụ trách việc tuân thủ các quy định về môi trường (Bảng 4).

4.3. Động cơ thúc đẩy doanh nghiệp hành động

Từ dữ liệu khảo sát, để tìm hiểu lý do tại sao các doanh nghiệp dân doanh sẵn sàng điều chỉnh hoạt động để thân thiện hơn với môi trường hơn bằng cách sử dụng phân tích hồi quy tuyến tính để xem xét mối tương quan giữa các yếu tố và mức độ sẵn sàng đầu tư (tính trên chi phí hoạt động) của doanh nghiệp. Nghiên cứu không tìm thấy bằng chứng về mối quan hệ giữa mức độ sẵn sàng đầu tư để thân thiện hơn với môi trường với đặc điểm của doanh nghiệp (quy mô vốn, hay số năm hoạt động sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp). Tương tự, việc thực thi pháp luật môi trường nghiêm khắc hơn cũng không phải là yếu tố thúc đẩy để các doanh nghiệp gia tăng đầu tư để thân thiện hơn với môi trường.

Bảng 4. Hành động của doanh nghiệp để thân thiện hơn với môi trường

Hiện tượng	Số doanh nghiệp	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị	
				Nhỏ nhất	Lớn nhất
Ứng dụng công nghệ sạch hơn	10.356	33%	47%	0%	100%
Sử dụng nguyên vật liệu thân thiện môi trường hơn	10.356	36%	48%	0%	100%
Đào tạo tốt hơn cho người lao động	10.356	50%	50%	0%	100%
Tuyển nhân viên chuyên trách về môi trường	10.356	10%	30%	0%	100%
Khác	10.356	2%	13%	0%	100%



Hình 14. Các yếu tố chính thúc đẩy doanh nghiệp đầu tư để thân thiện hơn với môi trường



Người nuôi trồng thủy sản tại Quảng Ninh chịu thiệt hại nặng nề sau thiên tai

Kết quả phân tích cho thấy, một số yếu tố quan trọng đối với các doanh nghiệp dân doanh trong nước trong việc lựa chọn quyết định đầu tư để thân thiện hơn với môi trường. Đầu tiên, khi chất lượng lao động tại địa phương càng cao, thì các doanh nghiệp càng có xu hướng đầu tư nhiều hơn vào cải thiện mức độ thân thiện hơn với môi trường. Theo dữ liệu điều tra, khi tăng 1 độ lệch chuẩn trong đánh giá chất lượng lao động địa phương là tốt (44%) trên mức đánh giá lao động địa phương đáp ứng nhu cầu của doanh nghiệp trung bình là 27%, thì mức chi phí mà doanh nghiệp sẵn sàng đầu tư để thân thiện hơn với môi trường tính trên phần trăm chi phí hoạt động sẽ gia tăng khoảng 1%. Thứ hai, khi doanh nghiệp nhận thấy môi trường kinh doanh tại địa phương là thuận lợi (đo lường bởi câu hỏi về nhận định liệu thái độ của chính quyền địa phương với khu vực kinh tế tư nhân là tích cực), thì xu hướng chung là các doanh nghiệp sẽ gia tăng đầu tư. Thứ ba, phát triển thị trường mới cho sản phẩm hiện tại của doanh nghiệp là yếu tố thúc đẩy các doanh nghiệp gia tăng đầu tư cho việc thân thiện hơn với môi trường. Có thể thấy, đây là cơ hội mà các doanh nghiệp có thể nắm bắt trong bối cảnh BDKH. Yếu tố thứ tư thúc đẩy các doanh nghiệp tăng đầu tư để thân

thiện hơn với môi trường là việc doanh nghiệp mong muốn gia nhập tốt hơn vào các chuỗi cung ứng toàn cầu. BDKH với tác động tiêu cực làm gia tăng chi phí sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp cũng là yếu tố quan trọng thúc đẩy các doanh nghiệp đầu tư để thân thiện hơn với môi trường (Hình 14).

5. KẾT LUẬN

Kết quả điều tra cho thấy, BDKH đang có tác động tương đối tiêu cực tới các doanh nghiệp Việt Nam. Tác động tiêu cực này mang tính đa diện đối với các hoạt động sản xuất kinh doanh cụ thể của doanh nghiệp. Đó là bị gián đoạn sản xuất kinh doanh, năng suất lao động bị giảm, suy giảm doanh thu, bị gián đoạn kênh vận chuyển, tăng chi phí sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp, mạng lưới phân phối bị đình trệ, bị giảm chất lượng sản phẩm, dịch vụ, thiệt hại cơ sở vật chất, thiếu hụt nhân lực, thiếu nguồn cung nguyên vật liệu sản xuất. Các doanh nghiệp ở vùng Duyên hải miền Trung đang chịu tác động từ RRTT và BDKH lớn hơn cả so với các vùng còn lại. Nông nghiệp, lâm nghiệp và thủy sản là ngành mà các doanh nghiệp chịu tác động lớn hơn cả. Tác động cộng gộp của RRTT và BDKH lên các hoạt động cụ thể của doanh nghiệp cho thấy, những doanh nghiệp mới đi vào hoạt động là nhóm



chịu tác động nhiều hơn các nhóm còn lại. Trong bối cảnh BĐKH với sự gia tăng của các hiện tượng khí hậu cực đoan, các doanh nghiệp Việt Nam đã triển khai khá nhiều các hoạt động ứng phó với RRTT và BĐKH. Trong đó, nhiều nhất là việc gia cố, sửa chữa nhà xưởng, khu làm việc hiện tại, điều chỉnh giờ làm việc, đào tạo cán bộ, nhân viên về ứng phó với RRTT và BĐKH. Một số lượng đáng kể doanh nghiệp cho biết đã thay đổi chiến lược, phương thức kinh doanh do thách thức từ RRTT và BĐKH, xây dựng lại nhà xưởng, nâng cấp công nghệ sản xuất và yêu cầu đối tác kinh doanh cùng có kế hoạch ứng phó với RRTT và BĐKH. Cũng có một bộ phận nhỏ doanh nghiệp cho biết đã di chuyển nhà xưởng, khu làm việc tới địa điểm khác an toàn hơn. Bên cạnh đó, đã có tỷ lệ đáng kể doanh nghiệp mua bảo hiểm để phòng ngừa RRTT. Khi quy mô doanh nghiệp gia tăng (về vốn hoặc lao động), thì tỷ lệ doanh nghiệp có tiến hành các hoạt động ứng phó đều gia tăng. Lý do chính tiến hành các hoạt động ứng phó là bởi các doanh nghiệp tự nhận thấy cần thiết, với tất cả các hoạt động cụ thể và dù là thành phần kinh tế nào thì cũng như vậy.

Theo ghi nhận của nhóm khảo sát, đa số doanh nghiệp tương đối lạc quan về cơ hội trong bối cảnh RRTT và BĐKH. Cụ thể, các doanh nghiệp nhận thấy cơ hội cho việc tái cơ cấu, sắp xếp lại sản xuất, tạo ra sản phẩm, dịch vụ và công nghệ mới, phát triển thị trường cho sản phẩm đang có, cơ hội xây dựng thương hiệu (như sản phẩm thân thiện với môi trường) cho doanh nghiệp. Phát hiện quan trọng của điều tra này là các doanh nghiệp Việt Nam sẵn sàng đầu tư để cải thiện mức độ tuân thủ về môi trường. Trung bình, các doanh nghiệp sẵn sàng chi trả lên tới 7,32% chi phí hoạt động cho việc thân thiện hơn với môi trường. Với những doanh nghiệp nhận được thông tin rằng, Nhà nước sẽ ban hành và thực thi pháp luật nghiêm khắc hơn liên quan tới vấn đề môi trường, thì trung bình các doanh nghiệp sẽ bỏ ra 7,44% chi phí hoạt động để cải thiện mức độ tuân thủ của mình. Trong khi đó, với những doanh nghiệp nhận được thông tin về giải pháp mềm, đánh giá của tổ chức xã hội có uy tín tại Việt Nam, thì trung bình họ sẵn sàng chi ra khoảng 7,29% chi phí hoạt động. Điều đó cho thấy, không có sự khác biệt đáng kể về mặt thống kê về con số sẵn sàng chi trả giữa hai nhóm doanh nghiệp này. Giải pháp sử dụng công cụ tự nguyện về mặt xã hội sẽ là một lựa chọn tốt ở Việt Nam cho việc nâng cao vai trò và thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng doanh nghiệp vào nỗ lực chung ứng phó với BĐKH. Kết quả điều tra cho thấy, mức độ sẵn sàng chi trả của doanh nghiệp

khi biết tới có tổ chức xã hội đánh giá về mức độ tuân thủ về môi trường là thấp hơn không đáng kể so với nhóm doanh nghiệp được thông tin là Nhà nước sẽ thực thi pháp luật nghiêm khắc hơn. Trên thực tế, việc ban hành, tổ chức thực hiện quy định có thể gây tốn kém không ít ngân sách của Nhà nước, cả ở cấp Trung ương và cấp địa phương. Trong khi đó, nếu sử dụng công cụ tự nguyện đã nêu, thì rõ ràng nguồn lực của nhà nước có thể tiết giảm được và hoàn toàn có thể sử dụng vào những công việc khác hiệu quả hơn trong bối cảnh ngân sách nhà nước đang gặp nhiều khó khăn như hiện nay tại Việt Nam. Động cơ quan trọng để các doanh nghiệp gia tăng đầu tư để thân thiện hơn với môi trường bao gồm chất lượng lao động tại địa phương, môi trường kinh doanh thuận lợi, mong muốn gia nhập tốt hơn vào các chuỗi cung ứng toàn cầu và chi phí sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp gia tăng do BĐKH. Để thúc đẩy các doanh nghiệp gia tăng đầu tư thân thiện hơn với môi trường, rõ ràng chính quyền có vai trò rất quan trọng. Đó là cần tiếp tục tạo dựng môi trường đầu tư kinh doanh thuận lợi cho các doanh nghiệp để họ an tâm đầu tư. Đồng thời, với đó là cần chú trọng nâng cao chất lượng lao động tại các địa phương, mà cụ thể hơn là nâng cao chất lượng giáo dục phổ thông và giáo dục dạy nghề nhằm đáp ứng tốt hơn nhu cầu lao động của doanh nghiệp. Cùng với đó, là việc tạo thuận lợi cho các doanh nghiệp trong việc tận dụng các cơ hội tham gia các chuỗi cung ứng toàn cầu, trong bối cảnh Việt Nam đang tham gia ngày một sâu rộng vào các hiệp định thương mại quốc tế, đặc biệt là những hiệp định thương mại tự do thế hệ mới, nhằm đáp ứng các tiêu chuẩn về môi trường đang ngày một ngặt nghèo hơn ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1.https://baochinhpheu.vn/ke-hoach-quoc-gia-thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-giai-doan-2021-2030-tam-nhin-den-nam-2050-cap-nhat-10224111918263549.htm](https://baochinhpheu.vn/ke-hoach-quoc-gia-thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-giai-doan-2021-2030-tam-nhin-den-nam-2050-cap-nhat-10224111918263549.htm)
- [2. https://mae.gov.vn/thuc-day-hanh-dong-thich-ung-bien-doi-khi-hau-19083.htm](https://mae.gov.vn/thuc-day-hanh-dong-thich-ung-bien-doi-khi-hau-19083.htm)
- [3.http://www.dcc.gov.vn/tin-tuc/3814/Chien-luoc-quoc-gia-ve-bien-doi-khi-hau-giai-doan-den-nam-2050:-Thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-va-thuc-hien-muc-tieu-phat-thai-rong-bang-0-la-co-hoi-de-phat-trien-ben-vung,-uu-tien-cao-nhat-trong-cac-quyet-sach-phat-trien.html](http://www.dcc.gov.vn/tin-tuc/3814/Chien-luoc-quoc-gia-ve-bien-doi-khi-hau-giai-doan-den-nam-2050:-Thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-va-thuc-hien-muc-tieu-phat-thai-rong-bang-0-la-co-hoi-de-phat-trien-ben-vung,-uu-tien-cao-nhat-trong-cac-quyet-sach-phat-trien.html)
- VCCI (2020). Báo cáo đánh giá tác động biến đổi khí hậu đối với doanh nghiệp Việt Nam
- [5.https://diendandoanhnghiep.vn/lan-song-moi-cua-doanh-nghiep-trong-ung-pho-bien-doi-khi-hau-10146888.html](https://diendandoanhnghiep.vn/lan-song-moi-cua-doanh-nghiep-trong-ung-pho-bien-doi-khi-hau-10146888.html)



HIỆP ĐỊNH BẢO TỒN, SỬ DỤNG BỀN VỮNG ĐA DẠNG SINH HỌC Ở CÁC VÙNG BIỂN NGOÀI PHẠM VI QUYỀN TÀI PHÁN QUỐC GIA (BBNJ):

Cơ hội và thách thức cho Việt Nam

KIM THỊ THÚY NGỌC¹, LÊ THỊ LỆ QUYÊN¹, ĐẶNG THỊ PHƯƠNG HÀ¹

¹ Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

LÊ ANH VŨ²

² Viện Hanns Seided Foundation Việt Nam

Tóm tắt

Sau gần hai thập kỷ đàm phán, Hiệp định Bảo tồn và sử dụng bền vững đa dạng sinh học (ĐDSH) ở vùng biển tại các vùng nằm ngoài quyền tài phán quốc gia (Hiệp định BBNJ) được chính thức thông qua ngày 19/6/2023 tại khóa họp thứ 5 Hội nghị liên Chính phủ của Liên hợp quốc (LHQ) về ĐDSH biển. Hiệp định được xây dựng dựa trên tinh thần kế thừa và phát triển các quy định của UNCLOS 1982 về nghĩa vụ bảo vệ, gìn giữ môi trường biển, xác định nghĩa vụ hợp tác giữa các quốc gia trong việc bảo vệ ĐDSH và chống suy thoái các hệ sinh thái (HST) ở đại dương. Việt Nam đã tham gia ngay từ đầu vào tiến trình đàm phán Hiệp định BBNJ và chính thức phê chuẩn Hiệp định vào ngày 9/6/2025.

Với vùng đặc quyền kinh tế khoảng 1 triệu km² và là thành viên UNCLOS từ năm 1994, việc nghiên cứu các quy định của Hiệp định, đánh giá cơ hội và thách thức có ý nghĩa quan trọng để xác định giải pháp và lộ trình để Việt Nam thực hiện các cam kết trong khuôn khổ Hiệp định.

Từ khóa: BBNJ, UNCLOS, ngoài phạm vi tài phán quốc gia.

JEL Classifications: O13, Q56, R11.

1. GIỚI THIỆU HIỆP ĐỊNH BBNJ

Trong nhiều thập kỷ qua, UNCLOS 1982 đã đóng vai trò là “hiến pháp của đại dương”. Tuy nhiên, UNCLOS chưa đưa ra quy định cụ thể về bảo tồn và sử dụng bền vững ĐDSH ở các vùng biển ngoài phạm vi quyền tài phán quốc gia (ABNJ) vốn chiếm gần 2/3 diện tích đại dương toàn cầu. Đây là không gian biển “chung của nhân loại”, nhưng cũng là nơi dễ bị tổn thương nhất trước hoạt động khai thác không bền vững và thách thức từ biến đổi khí hậu. Để khắc phục khoảng trống pháp lý này, sau hơn 15 năm đàm phán, tháng 6/2023, Đại hội đồng LHQ đã chính thức thông qua Hiệp định BBNJ. Đây được coi là “công cụ thực thi” của UNCLOS, bổ sung và hoàn thiện trụ cột pháp lý quốc tế về quản trị biển (bổ sung cho UNCLOS 1982 nhưng không thay thế những nguyên tắc cơ bản của UNCLOS 1982). Đồng thời, đây là văn kiện thứ ba trong khuôn khổ UNCLOS, sau Hiệp định thực thi phần XI của UNCLOS năm 1994 và Hiệp định về đàn cá di cư năm 1995.

Hiệp định BBNJ có vai trò quan trọng để đạt được các mục đích và mục tiêu liên quan đến đại dương trong Chương trình nghị sự 2030 về phát triển bền vững (PTBV), đặc biệt là Mục tiêu số 14 (PTBV tài nguyên, môi trường biển) và Khung ĐDSH toàn cầu Côn Minh - Montreal. Hiệp định cũng là bước phát triển quan trọng trong việc thực thi UNCLOS 1982 - Khung pháp lý cho mọi hoạt động trên các vùng biển và đại dương, nhằm góp phần củng cố hành lang pháp lý quốc tế trong việc điều chỉnh việc khai thác, bảo tồn, chia sẻ lợi ích từ nguồn gen biển tại một vùng biển rộng, trong một lĩnh vực đầy

tiềm năng. Hiệp định là tiền đề quan trọng, khẳng định nguyện vọng và mong muốn của các quốc gia cho một văn kiện pháp lý quốc tế mới, điều chỉnh về những vấn đề liên quan đến các nguồn tài nguyên sinh vật tại biển cả và vùng đáy đại dương. Hiệp định mở cho các quốc gia ký kể từ ngày 20/6/2023, tính đến ngày 29/7/2024, đã có 140 quốc gia ký kết và 54 quốc gia thành viên LHQ phê chuẩn. Hiệp định có hiệu lực sau 120 ngày nếu được ít nhất 60 quốc gia thành viên LHQ phê chuẩn.

Việt Nam là một trong số các quốc gia ký Hiệp định từ rất sớm (ngày 20/9/2023) và đã hoàn thành thủ tục phê chuẩn trong nước vào ngày 9/6/2025. Là thành viên của Hiệp định, Việt Nam có trách nhiệm điều chỉnh, bổ sung hệ thống pháp luật quốc gia nhằm bảo đảm sự phù hợp với các quy định ngay sau khi Hiệp định có hiệu lực.

2. CÁC TRỤ CỘT PHÁP LÝ CỦA HIỆP ĐỊNH BBNJ

Hiệp định BBNJ được thông qua nhằm bảo tồn, duy trì tính toàn vẹn của HST đại dương và bảo tồn giá trị của ĐDSH biển. Hiệp định bổ sung cho Công ước của LHQ về UNCLOS 1982, tập trung vào bốn trụ cột chính: (i) Tiếp cận, chia sẻ công bằng lợi ích từ nguồn gen biển (Marine Genetic Resources - MGRs); (ii) Thiết lập các công cụ quản lý dựa trên khu vực (Area-Based Management Tools - ABMTs), bao gồm khu bảo tồn biển (KBTB) (Marine Protected Areas - MPAs); (iii) Đánh giá tác động môi trường (ĐTM) đối với các hoạt động tại vùng biển quốc tế; (iv) Chuyển giao công nghệ và tăng cường năng lực cho những nước đang phát triển. Hiệp định BBNJ nhấn mạnh nguyên tắc



công bằng, minh bạch, dựa trên khoa học và đề cao sự hợp tác đa phương.

(i) *Tiếp cận, chia sẻ công bằng lợi ích từ nguồn gen biển (MGRs)*: Hiệp định thiết lập cơ chế toàn diện cho việc tiếp cận, chia sẻ lợi ích từ nguồn tài nguyên di truyền biển, bao gồm cả lợi ích tài chính, phi tài chính như kết quả nghiên cứu, xây dựng năng lực, hợp tác công nghệ. Hiệp định quy định thành lập cơ chế chia sẻ thông tin toàn cầu thông qua Cơ chế đầu mối (Clearing-House Mechanism) và một cơ sở dữ liệu đăng ký để đảm bảo minh bạch những hoạt động liên quan đến MGRs. Nguyên tắc di sản chung của nhân loại là nền tảng định hướng, bảo đảm phân chia lợi ích công bằng cho tất cả mọi quốc gia (Frontiers in Marine Science, 2025).

(ii) *Thiết lập các công cụ quản lý dựa trên khu vực, bao gồm KBTB (ABMTs/MPAs)*: Trụ cột thứ hai liên quan đến thiết lập, quản lý các công cụ quản lý dựa trên khu vực, đặc biệt là KBTB ở vùng nằm ngoài ABNJ. Những công cụ này đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ các khu vực sinh thái nhạy cảm trước tác động của con người (Frontiers, 2025). Hiệp định yêu cầu quy trình xác định ABMTs dựa trên cơ sở khoa học, tham vấn quốc tế và triển khai cơ chế giám sát - đánh giá thích ứng nhằm đảm bảo hiệu quả quản lý (ENB, 2023).

(iii) *Đánh giá tác động môi trường (ĐTM) đối với các hoạt động tại vùng biển quốc tế*: Trụ cột thứ ba quy định nghĩa vụ pháp lý về ĐTM. Ngoài định nghĩa về ĐTM được nêu tại Điều 1, các điều khoản liên quan đến ĐTM được quy định tại các Điều từ 27 - 39 của Hiệp định BBNJ. Theo đó, các quốc gia có nghĩa vụ thực hiện ĐTM trước khi triển khai bất kỳ hoạt động nào có khả năng gây tác động tiêu cực đáng kể đến ĐDSH biển ở ABNJ (UN, 2023).

(iv) *Xây dựng năng lực và chuyển giao công nghệ biển*: Nhận thức được sự chênh lệch giữa các quốc gia, Hiệp định đưa ra cơ chế hỗ trợ xây dựng năng lực, cung cấp kỹ thuật, chuyển giao công nghệ và hỗ trợ tài chính cho quốc gia đang phát triển, bao gồm các quốc đảo nhỏ (ENB, 2023). Cam kết này nhằm hiện thực hóa nghĩa vụ của UNCLOS Phần XIV, góp phần thúc đẩy sự tham gia công bằng của tất cả mọi quốc gia vào việc bảo tồn, khai thác bền vững ĐDSH biển.

(v) *Cơ chế quản trị*: Hiệp định BBNJ thiết lập một cơ chế quản trị chặt chẽ dựa trên hợp tác đa phương. Hội nghị các bên tham gia (Conference of the Parties - COP) là cơ quan ra quyết định cao nhất, được hỗ trợ bởi nhiều cơ quan trực thuộc như Cơ quan Khoa học và Kỹ thuật (Scientific and Technical Body); Ủy ban tiếp cận và chia sẻ lợi ích (Access and Benefit-Sharing Committee). Ngoài ra, Hiệp định quy định thành lập Cơ chế đầu mối để chia sẻ dữ liệu và một Quỹ đặc biệt (Special Fund) để tài trợ cho hoạt động tăng cường năng lực (UN, 2023).

Về cơ chế giải quyết tranh chấp: Hiện tại Hiệp định chưa xây dựng cơ chế giải quyết riêng biệt mà xác định các bên có nghĩa vụ giải quyết tranh chấp liên quan đến việc giải thích, áp dụng Hiệp định bằng thương lượng, điều tra, trung gian, hòa giải, trọng tài, tòa án; sử dụng các cơ quan hoặc thỏa thuận khu vực/biện pháp hòa bình khác do các bên lựa chọn. Những biện pháp đó có thể được áp dụng trên tinh thần quy định về giải quyết tranh chấp tại phần XV, UNCLOS 1982 và quy định tại Phụ lục V, VI, VII, VIII của UNCLOS 1982. Trong trường hợp tranh chấp về yếu tố kỹ thuật, các bên liên quan có thể đưa tranh chấp lên một Hội đồng chuyên gia đặc biệt do các bên lập ra để cùng giải quyết nhanh chóng vấn đề.

Về cơ chế tài chính: Hiệp định BBNJ thiết lập một cơ chế tài chính nhằm bảo đảm có đủ nguồn lực, ổn định và dự đoán được cho việc thực thi Hiệp định, nhất là hỗ trợ những quốc gia đang phát triển. Nguồn tài chính sẽ được huy động từ nhiều kênh khác nhau, bao gồm: Đóng góp bắt buộc của quốc gia thành viên; quỹ tự nguyện để hỗ trợ đại diện các nước đang phát triển tham gia cuộc họp, hình thành từ cơ chế chia sẻ lợi ích đối với nguồn gen biển ở vùng ngoài quyền tài phán quốc gia và các khoản đóng góp tự nguyện, cũng như Quỹ Môi trường toàn cầu (GEF). Nguồn lực này sẽ được sử dụng để triển khai hoạt động xây dựng năng lực, chuyển giao công nghệ, hỗ trợ sáng kiến bảo tồn, chương trình do cộng đồng địa phương và người dân bản địa thực hiện. Việc tiếp cận nguồn quỹ dựa trên nhu cầu thực tế của các nước đang phát triển, với thủ tục xét duyệt đơn giản hơn, trong khi Ủy ban Tài chính trực thuộc Hội nghị các bên (COP) sẽ chịu trách nhiệm giám sát việc huy động, bảo đảm tính minh bạch và phân bổ công bằng mọi nguồn vốn.

3. CƠ HỘI VÀ THÁCH THỨC CHO VIỆT NAM KHI THAM GIA HIỆP ĐỊNH BBNJ

3.1. Khung pháp luật và chính sách của Việt Nam để thực thi Hiệp định BBNJ

Là quốc gia có biển, tính ĐDSH cao và là một trong 12 trung tâm ĐDSH của thế giới, Việt Nam đặc biệt quan tâm đến việc “vươn ra biển” cũng như bảo tồn và phát triển ĐDSH biển. Tại Hội nghị Trung ương 4 khóa X, Ban Chấp hành Trung ương Đảng đã ban hành Nghị quyết số 09-NQ/TW ngày 9/2/2007 về “Chiến lược biển Việt Nam đến năm 2020”, thể hiện tầm nhìn chiến lược, quyết tâm đưa Việt Nam trở thành quốc gia mạnh về biển, làm giàu từ biển, bảo đảm vững chắc chủ quyền, quyền chủ quyền quốc gia trên biển, đảo... Sau 10 năm thực hiện Nghị quyết số 09-NQ/TW, trên cơ sở thành tựu đã đạt được, nhận diện và đánh giá đúng hạn chế, nguyên nhân của hạn chế, Ban Chấp hành Trung ương Đảng tiếp tục ban hành Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 về “Chiến lược PTBV



kinh tế biển (KTB) Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045”.

Bên cạnh đó, Việt Nam đã ban hành nhiều văn bản pháp luật liên quan đến quản lý, bảo vệ tài nguyên, môi trường biển, trong đó đáng lưu ý là việc ban hành các Luật, như Luật ĐDSH năm 2008, Luật Biển năm 2012, Luật Tài nguyên, Môi trường biển và hải đảo năm 2015, Luật Thủy sản (năm 2003 và 2017), Luật BVMT (năm 1993, 2005, 2014, 2020), tạo hành lang pháp lý quan trọng cho hoạt động bảo tồn, BVMT biển; điều chỉnh hoạt động môi trường, điều tra cơ bản, quan trắc, kiểm soát ô nhiễm, ĐTM; bảo tồn, chia sẻ lợi ích từ nguồn gen, trong đó có nguồn gen sinh vật biển; quy định về bảo tồn, khai thác thủy sản, bao gồm thiết lập KBTB trong lãnh hải.

3.2. Cơ hội và thách thức khi tham gia Hiệp định BBNJ

3.2.1. Cơ hội

Việc tham gia Hiệp định BBNJ mang lại cho Việt Nam nhiều cơ hội trong phát triển khoa học, công nghệ và KTB, bảo tồn, PTBV, nâng cao vị thế quốc tế của Việt Nam. Điều này góp phần khẳng định vai trò, hình ảnh của Việt Nam như một số quốc gia có trách nhiệm trong hệ thống quản trị đại dương toàn cầu. Bên cạnh đó, Việt Nam có thể tận dụng cơ hội kinh tế từ việc khai thác nguồn gen biển gắn với bảo tồn, đặc biệt là trong những lĩnh vực có giá trị gia tăng cao như dược phẩm, công nghệ sinh học, thực phẩm.

Về khoa học, công nghệ: Hiệp định có thể giúp Việt Nam tiếp cận công nghệ tiên tiến, dữ liệu và thông tin khoa học từ các cơ chế chia sẻ quốc tế, qua đó nâng cao năng lực khảo sát, lập bản đồ và nghiên cứu HST biển sâu, đồng thời mở rộng hợp tác nghiên cứu với các tổ chức quốc tế.

Về bảo tồn và PTBV: Hiệp định tạo điều kiện để Việt Nam tham gia thiết lập các khu bảo tồn ngoài vùng biển quốc gia, góp phần bảo vệ ĐDSH biển và thực hiện cam kết quốc tế về PTBV, nhất là Mục tiêu SDG 14.

Về KTB và nguồn gen sinh vật: Việt Nam có cơ hội tiếp cận, hưởng lợi từ việc sử dụng nguồn gen biển thông qua cơ chế chia sẻ công bằng lợi ích, đồng thời thúc đẩy phát triển KTB xanh và các ngành công nghiệp sinh học biển.

Về pháp lý và vị thế quốc tế: Việc tham gia BBNJ giúp Việt Nam khẳng định hình ảnh một quốc gia có trách nhiệm trong quản trị đại dương toàn cầu, tăng cường tiếng nói trong quá trình xây dựng quy tắc quốc tế, đồng thời tận dụng nguồn hỗ trợ tài chính, chuyển giao công nghệ để thực thi hiệu quả các cam kết của Hiệp định.

3.2.2. Thách thức

Bên cạnh những yếu tố thuận lợi nêu trên, việc thực thi Hiệp định BBNJ cũng đặt ra nhiều thách thức cho Việt Nam. Cụ thể, về hệ thống pháp luật điều chỉnh hoạt động khai thác, sử dụng, quản lý biển, Việt Nam chỉ dừng lại ở

vùng biển nằm trong quyền tài phán của Việt Nam, bao gồm: Nội thủy, lãnh hải, vùng tiếp giáp lãnh hải, vùng đặc quyền kinh tế và thềm lục địa mà chưa vươn ra ngoài hai vùng: Biển cả và đáy đại dương. Quy định về phát triển KTB trong Luật Biển Việt Nam 2012 cùng với các văn bản hướng dẫn thi hành cũng chưa đề cập đến hoạt động của Việt Nam ở biển cả và đáy đại dương. Luật ĐDSH 2008 chưa đề cập đầy đủ hình thức nguồn gen biển, chỉ giới hạn trong vùng biển thuộc quyền tài phán quốc gia. Trong khi Luật Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo 2025 cũng chưa có định nghĩa về công nghệ biển và chuyển giao công nghệ biển.

Năng lực nghiên cứu khoa học biển hiện nay còn hạn chế, nhất là trong việc tiếp cận, phân tích nguồn gen và dữ liệu môi trường. Đồng thời, Việt Nam cần nội luật hóa các quy định về ĐTM đối với những hoạt động có khả năng diễn ra ở vùng biển ABNJ. Ngoài ra, hạn chế về nguồn lực tài chính và nhân lực cho thực thi đòi hỏi phải có một chiến lược dài hạn, đi kèm với tăng cường hợp tác quốc tế ở mức độ sâu rộng.

Về lĩnh vực khoa học và công nghệ: Hiệp định yêu cầu năng lực nghiên cứu, giám sát biển sâu, trong khi Việt Nam hiện còn hạn chế về trang thiết bị, công nghệ, đội ngũ chuyên gia. Việc triển khai khảo sát, thu thập dữ liệu, ứng dụng công nghệ tiên tiến để đáp ứng nghĩa vụ của Hiệp định đòi hỏi nguồn lực lớn, tuy nhiên, Việt Nam chưa có hệ thống nghiên cứu biển sâu đồng bộ.

Về tài chính và nguồn lực: Hiệp định đòi hỏi đầu tư đáng kể cho hoạt động khoa học, bảo tồn, quản lý biển. Mặc dù BBNJ có cơ chế hỗ trợ tài chính, Việt Nam vẫn phải huy động nguồn vốn trong nước để phối hợp triển khai, đồng thời đáp ứng yêu cầu minh bạch, giải trình của cơ chế tài trợ quốc tế.

Về pháp lý và thể chế trong nước: việc nội luật hóa BBNJ đòi hỏi rà soát, sửa đổi, bổ sung các văn bản pháp luật hiện hành về biển, môi trường, ĐDSH và quản lý tài nguyên, đồng thời xây dựng cơ chế phối hợp liên ngành hiệu quả. Điều này đặt ra áp lực lớn đối với hệ thống pháp luật và bộ máy quản lý của Việt Nam.

Về thực thi, giám sát: Hiệp định BBNJ yêu cầu cơ chế giám sát, báo cáo định kỳ, chia sẻ dữ liệu và thực hiện các biện pháp bảo tồn trên phạm vi ngoài vùng biển quốc gia. Việt Nam cần tham gia vào mạng lưới quốc tế và duy trì năng lực theo dõi lâu dài, trong khi năng lực hiện tại còn hạn chế về công nghệ viễn thám, hệ thống thông tin và nhân lực chuyên sâu.

4. ĐỀ XUẤT, KHUYẾN NGHỊ

Tăng cường năng lực khoa học và công nghệ biển

Để tận dụng cơ hội mà Hiệp định BBNJ mang lại, trước tiên, Việt Nam cần ưu tiên tăng cường năng lực nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ biển. Hiện nay, Việt Nam còn hạn chế về phương tiện khảo



sát đại dương sâu, công nghệ giám sát sinh học biển và khả năng ĐTM cho các hoạt động trên biển quốc tế. Do đó, việc đầu tư vào các trung tâm nghiên cứu biển, nâng cao năng lực của đội ngũ chuyên gia và thúc đẩy hợp tác với những quốc gia có công nghệ tiên tiến là rất cần thiết. Đồng thời, Việt Nam nên tham gia vào mạng lưới chia sẻ dữ liệu và công nghệ quốc tế, tận dụng cơ chế hỗ trợ kỹ thuật từ BBNJ nhằm tăng cường vị thế cũng như nâng cao hiệu quả trong bảo tồn, khai thác bền vững tài nguyên biển.

Hoàn thiện khung pháp lý và thể chế quốc gia

Một trong những điều kiện tiên quyết để thực thi hiệu quả Hiệp định BBNJ là hoàn thiện khung pháp lý trong nước. Việt Nam cần rà soát, bổ sung quy định trong Luật Biển Việt Nam, Luật BVMT 2020 và các văn bản dưới Luật để bảo đảm tính tương thích với nghĩa vụ quốc tế. Đặc biệt, cần làm rõ cơ chế tiếp cận, chia sẻ lợi ích từ nguồn gen biển; quy định về thành lập, quản lý KBTB ngoài vùng tài phán quốc gia; quy trình ĐTM đối với các hoạt động liên quan. Điều này không chỉ giúp Việt Nam tuân thủ nghĩa vụ quốc tế mà còn tạo nền tảng pháp lý vững chắc cho quản trị đại dương bền vững.

Đẩy mạnh hợp tác quốc tế và ngoại giao biển

Hiệp định BBNJ là một cơ chế đa phương, vì vậy, Việt Nam cần chủ động, tích cực trong hợp tác quốc tế để bảo vệ lợi ích quốc gia và đóng góp vào quản trị đại dương toàn cầu. Việt Nam nên tham gia sâu vào các diễn đàn, nhóm công tác, cuộc họp về thực thi BBNJ, qua đó nắm bắt xu hướng, chia sẻ kinh nghiệm, vận động chính sách có lợi. Đồng thời, việc thiết lập quan hệ đối tác với quốc gia ven biển, tổ chức nghiên cứu, cơ quan tài trợ quốc tế sẽ giúp Việt Nam tranh thủ nguồn lực về kỹ thuật, công nghệ, tài chính để phục vụ công tác bảo tồn ĐDSH biển. Các cơ chế hợp tác nghiên cứu về đại dương như Mạng lưới Đối tác toàn cầu về hạch toán tài khoản đại dương (GOAP) có thể hỗ trợ Việt Nam áp dụng phương pháp tiếp cận mới về hạch toán tài khoản đại dương trong quản lý hiệu quả tài nguyên biển, đảm bảo hài hòa giữa phát triển các ngành KTB và bảo tồn tài nguyên biển. Ngoại giao biển hiệu quả cũng sẽ góp phần nâng cao vị thế của Việt Nam trong các cơ chế quản trị đại dương toàn cầu.

Tăng cường bảo tồn, quản lý biển trong nước

Song song với việc thực thi cam kết quốc tế, Việt Nam cần đẩy mạnh công tác bảo tồn, quản lý biển trong phạm vi quốc gia. Việc mở rộng diện tích KBTB, cải thiện hiệu quả hoạt động quản lý, giám sát, cũng như áp dụng mô hình bảo tồn dựa vào cộng đồng sẽ góp phần bảo vệ ĐDSH và nguồn lợi thủy sản. Việt Nam cũng có thể thiết lập cơ chế liên kết giữa các KBTB trong nước với các khu bảo tồn quốc tế được quy định trong Hiệp định BBNJ nhằm hình thành

mạng lưới bảo tồn hiệu quả hơn. Đây là nền tảng quan trọng để hướng tới mục tiêu phát triển KTB xanh, kết hợp hài hòa giữa bảo tồn với khai thác bền vững.

Huy động nguồn lực tài chính và công nghệ

Việc thực thi Hiệp định BBNJ sẽ đòi hỏi nguồn lực lớn về tài chính và công nghệ, trong khi Việt Nam còn gặp nhiều hạn chế về ngân sách. Do đó, cần có chiến lược huy động nguồn lực từ nhiều kênh khác nhau. Một mặt, Việt Nam nên tận dụng các cơ chế hỗ trợ quốc tế như Quỹ BBNJ, GEF, Quỹ Khí hậu Xanh (GCF) để đầu tư vào nghiên cứu, giám sát, bảo tồn biển. Mặt khác, cần khuyến khích sự tham gia của khu vực tư nhân, thông qua cơ chế ưu đãi đầu tư vào công nghệ khai thác, bảo tồn biển bền vững. Việc đa dạng hóa nguồn lực sẽ giúp Việt Nam thực hiện tốt mọi nghĩa vụ quốc tế, đồng thời nâng cao năng lực cạnh tranh trong nền KTB xanh toàn cầu ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ENB (2023). *Earth Negotiations Bulletin: BBNJ IGC5 Summary*.
2. <https://www.oceanaccounts.org/>.
3. IUCN, 2023. *The High Seas Biodiversity Treaty: An Introduction to the Agreement under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction*.
4. Kachelriess, D. (2023). *The High Seas Biodiversity Treaty: An Introduction to the Agreement under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction*. In M. Epps & C. Chazot (Eds.), (vi+33p). IUCN.
5. LHQ (2023). *Agreement under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity of Areas Beyond National Jurisdiction (BBNJ Agreement)*.
6. Raguain, J., Eck, K., Pouponneau, A. (2025). *Opportunities and Challenges for SIDS to Shape and Advance the BBNJ Agreement's Funding Through and Beyond its Financial Mechanism. Report for the Australian National Centre for Ocean Resources and Security, University of Wollongong. 13 May 2025*.
7. Rometius S and Wang W (2025). *Unlocking the global commons: legal analysis of benefit-sharing for marine genetic resources in the BBNJ agreement*. *Front. Mar. Sci.* 12:1541331.
8. Wang Y and Pan X (2025). *Application of the environmental impact assessment provisions under the BBNJ Agreement in high seas marine protected area: challenges and suggestion*. *Front. Mar. Sci.* 12:1589936. doi: 10.3389/fmars.2025.1589936.



Một số ý kiến về thực trạng và căn cứ, tiêu chí xác định chỉ tiêu sử dụng đất trong quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất tại Việt Nam

BÙI LÊ THANH¹, LÊ GIA CHINH¹, NGUYỄN XUÂN KIÊN¹

¹Trung tâm Phát triển và Ứng dụng khoa học công nghệ về đất đai, Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Việc xác định chỉ tiêu sử dụng đất là một nội dung trọng yếu trong công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất, quyết định hiệu quả phân bổ và quản lý tài nguyên đất. Qua đánh giá thực trạng công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất cho thấy hệ thống chỉ tiêu sử dụng đất cơ bản phù hợp, góp phần định hướng phát triển, phân bổ sử dụng đất đai hợp lý, có hiệu quả, đáp ứng các yêu cầu phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, việc xác định các chỉ tiêu sử dụng đất cũng còn hạn chế: Thiếu tính thống nhất, công cụ định lượng chưa đầy đủ, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người làm công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất...

JEL Classifications: N55, N56, N57, Q13.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất (QH, KHSDD) có vai trò quan trọng trong quản lý nhà nước về đất đai, đảm bảo phân bổ hợp lý, tiết kiệm, hiệu quả tài nguyên đất phục vụ phát triển bền vững. Trong đó, việc xác định chỉ tiêu sử dụng đất (SDĐ) là nội dung không thể thiếu trong việc lập các phương án QH, KHSDD. Hệ thống chỉ tiêu SDĐ trong QH, KHSDD có vai trò ảnh hưởng đến tính hiệu quả, tính khả thi của phương án QH, KHSDD ở các cấp, có ảnh hưởng sâu rộng đến nhiều lĩnh vực kinh tế, xã hội, môi trường và đời sống người dân.

Do vậy, việc đánh giá thực trạng chỉ tiêu SDĐ, thực trạng tiêu chí xác định chỉ tiêu SDĐ nhằm làm rõ những điểm phù hợp, chưa phù hợp của hệ thống chỉ tiêu SDĐ và các tiêu chí dùng để xác định các chỉ tiêu SDĐ. Kết quả đánh giá thực trạng này là cơ sở thực tiễn để xuất các tiêu chí, hình thành bộ tiêu chí để xác định các chỉ tiêu SDĐ, đáp ứng yêu cầu của công tác QH, KHSDD trong giai đoạn hiện nay.

2. THỰC TRẠNG CHỈ TIÊU SỬ DỤNG ĐẤT TRONG QUY HOẠCH, KẾ HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT

2.1. Chỉ tiêu sử dụng đất theo quy định của pháp luật

Luật Đất đai năm 1987 tập trung vào nguyên tắc phân bổ và quản lý đất đai dựa trên QH, KHSDD đã được phê duyệt. Về nguyên tắc chung, Luật nhấn mạnh việc SDĐ phải đúng mục đích, hợp lý, tiết kiệm và BVMT. Việc giao đất được thực hiện dựa trên nhu cầu SDĐ ghi trong luận chứng kinh tế - kỹ thuật và thiết kế đã được cơ quan nhà nước có thẩm quyền xét duyệt, cũng như căn cứ vào QH, KHSDD. Tuy nhiên, các quy định về chỉ tiêu SDĐ còn mang tính nguyên tắc chung và chưa đi vào chi tiết như các văn bản pháp luật sau này.

Luật Đất đai năm 1993 quy định về việc phân loại đất dựa trên mục đích sử dụng và đặc điểm để quản lý nhà nước về đất đai hiệu quả. Trên cơ sở đó, hệ thống

chỉ tiêu trong QH, KHSDD các cấp hành chính (cả nước, tỉnh, huyện, xã) được quy định tại Công văn 1814/CV-TCĐC ngày 12/10/1998 gồm 41 chỉ tiêu cụ thể nằm trong 06 loại đất theo phân loại của Luật Đất đai 1993. Giai đoạn này đã có những tiến bộ đáng kể trong việc quy định hệ thống chỉ tiêu SDĐ trong QH, KHSDD. Ưu điểm chính là thiết lập hệ thống quy hoạch; phân loại đất đai chi tiết hơn so với Luật Đất đai năm 1987. Mặt hạn chế là các chỉ tiêu SDĐ còn mang tính định hướng chung, chưa chi tiết cho từng loại đất như các luật về sau này. Việc thực hiện các chỉ tiêu QH, KHSDD còn gặp nhiều khó khăn do thiếu cơ chế giám sát và chế tài xử lý vi phạm chưa đủ mạnh.

Luật Đất đai năm 2003 đến trước khi có Nghị định 69/2009/NĐ-CP: Luật Đất đai năm 2003 và trực tiếp là Thông tư 30/2004/TT-BTNMT đã quy định một hệ thống QH, KHSDD có tính chi tiết và rõ ràng hơn, với các chỉ tiêu được quy định cụ thể. Luật Đất đai năm 2003 quy định rõ ràng về hệ thống QHSDĐ các cấp (quốc gia, tỉnh, huyện, xã). Thông tư 30/2004/TT-BTNMT đã cụ thể hóa hệ thống biểu mẫu để lập QH, KHSDD ở các cấp này, qua đó thể hiện các chỉ tiêu SDĐ một cách có hệ thống.

Ưu điểm: Các chỉ tiêu SDĐ được quy định chi tiết, cụ thể, giúp định lượng hóa mục tiêu SDĐ. Gắn kết giữa quy hoạch và kế hoạch, các chỉ tiêu quy hoạch được cụ thể hóa thành các chỉ tiêu kế hoạch, tạo ra sự liên kết chặt chẽ giữa các cấp và thời kỳ quy hoạch.

Hạn chế: Do hệ thống chỉ tiêu SDĐ khá chi tiết, số lượng chỉ tiêu nhiều nên dễ gặp khó khăn trong thực tế triển khai thực hiện. Việc quy định và tuân thủ cứng nhắc các chỉ tiêu theo quy định có thể làm giảm tính linh hoạt trong việc điều chỉnh quy hoạch khi có những thay đổi đột xuất về kinh tế - xã hội (KT-XH) hoặc do thiên tai.

Từ sau khi có Nghị định 69/2009/NĐ-CP, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã ban hành Thông tư 19/2009/



TT-BTNMT ngày 02/11/2009 quy định chi tiết việc lập, điều chỉnh và thẩm định QH, KHSĐĐ. Hệ thống chỉ tiêu SĐĐ được quy định riêng, cụ thể cho từng cấp hành chính lập quy hoạch, thể hiện sự phân cấp rõ ràng, từ quy hoạch cấp quốc gia đến cấp xã và liên kết giữa các cấp quy hoạch. Nguyên tắc phân bổ chỉ tiêu từ cấp cao xuống cấp thấp hơn đảm bảo sự liên kết và thống nhất trong quản lý đất đai. Tuy nhiên, tính linh hoạt và sự phù hợp với điều kiện địa phương là những yếu tố cần được xem xét và cải thiện trong quá trình thực thi.

Luật Đất đai năm 2013, Nghị định 43/2014/NĐ-CP, Thông tư 29/2014/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định hệ thống chỉ tiêu SĐĐ trong QH, KHSĐĐ các cấp: Quốc gia, tỉnh, huyện. Hệ thống chỉ tiêu SĐĐ trong quy hoạch các cấp đã được thiết lập khá toàn diện với sự kết hợp giữa Luật Đất đai năm 2013, Nghị định 43/2014/NĐ-CP và Thông tư 29/2014/TT-BTNMT. Hệ thống này đảm bảo tính linh hoạt trong việc điều chỉnh theo nhu cầu thực tế của từng địa phương mà vẫn duy trì sự nhất quán trên phạm vi cả nước.

Ưu điểm: Hệ thống chỉ tiêu phân cấp rõ ràng theo từng cấp quản lý (quốc gia, tỉnh, huyện), giúp phân định thẩm quyền và trách nhiệm trong việc lập, điều chỉnh và thực hiện QHSĐĐ. Điều này tạo cơ sở để quản lý đất đai một cách khoa học và hiệu quả từ tổng thể đến chi tiết. Hệ thống chỉ tiêu chi tiết cho phép phản ánh đầy đủ các mục đích SĐĐ và nhu cầu phát triển KT-XH. Ngoài các chỉ tiêu theo mục đích SĐĐ, còn bao gồm các chỉ tiêu theo các khu chức năng.

Nhược điểm: Do hệ thống chỉ tiêu khá chi tiết, việc cập nhật



Phân bổ chỉ tiêu trong Quy hoạch sử dụng đất ở Gia Lai

liên tục các chỉ tiêu để phản ánh sát thực tế biến động SĐĐ và nhu cầu phát triển có thể gặp khó khăn, đòi hỏi nguồn lực và công nghệ cao. Các chỉ tiêu SĐĐ ở cấp dưới (tỉnh, huyện, xã) được phân bổ từ quy hoạch cấp trên; nếu quy hoạch cấp trên chưa sát hoặc có sai sót, nó có thể ảnh hưởng đến tính khả thi và hiệu quả của quy hoạch cấp dưới. Việc phân bổ và xác định chỉ tiêu có thể dẫn đến tình trạng chông chéo hoặc mâu thuẫn giữa các loại chỉ tiêu, hoặc giữa QHSĐĐ với các quy hoạch ngành khác (quy hoạch xây dựng, quy hoạch giao thông...) nếu không có sự phối hợp chặt chẽ.

Khi có Luật Quy hoạch năm 2017, hệ thống chỉ tiêu SĐĐ trong QH, KHSĐĐ thời kỳ có Luật Quy hoạch về cơ bản vẫn thực hiện theo quy định của Luật Đất đai năm 2013, Nghị định 43/2014/NĐ-CP, Thông tư 29/2014/TT-BTNMT; bảo đảm tính liên kết vùng trong SĐĐ, khắc phục được tình trạng trùng lặp về chỉ tiêu QHSĐĐ của các cấp, thể hiện được tính định hướng của QHSĐĐ cấp trên, tính chi tiết cụ thể của QHSĐĐ cấp dưới.

Luật Đất đai năm 2024 (số 31/2024/QH15) được Quốc hội thông qua ngày 18/01/2024 và có hiệu lực từ ngày 01/8/2024. Thông tư 29/2024/TT-BTNMT ngày 12/12/2024 quy định về hệ thống chỉ tiêu SĐĐ trong QH, KHSĐĐ, quy định các chỉ tiêu SĐĐ cho các cấp: quốc gia, tỉnh và huyện.

2.2. Chỉ tiêu sử dụng đất kỳ quy hoạch 2021-2030 và Luật Đất đai 2024 *Chỉ tiêu sử dụng đất quốc gia:*

Nghị quyết 39/2021/QH15 ngày 13/11/2021 của Quốc hội đã thông qua QHSĐĐ quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 và KHSĐĐ quốc gia 5 năm 2021-2025; trong đó xác định các chỉ tiêu SĐĐ cụ thể cho từng loại đất đến năm 2030 và kế hoạch 5 năm 2021-2025. Thủ tướng Chính phủ có Quyết định 326/QĐ-TTg ngày 09/3/2022 phân bổ chỉ tiêu QHSĐĐ quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 và KHSĐĐ quốc gia



5 năm 2021-2025 cho các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương, Bộ Quốc phòng và Bộ Công an; Quyết định 227/QĐ-TTg ngày 12/3/2024 điều chỉnh một số chỉ tiêu SĐĐ đến năm 2025 được phê duyệt tại Quyết định 326/QĐ-TTg ngày 09/3/2022, điều chỉnh một số chỉ tiêu SĐĐ đã được phân bổ bổ sung, điều chỉnh bổ sung phù hợp với tình hình thực tế.

Theo quy định, các chỉ tiêu SĐĐ trong QHSDĐ quốc gia kỳ quy hoạch 2021-2030 gồm: Nhóm đất nông nghiệp, nhóm đất phi nông nghiệp, nhóm đất chưa sử dụng; trong đó xác định diện tích các loại đất gồm đất trồng lúa, đất chuyên trồng lúa nước, đất rừng phòng hộ, đất rừng đặc dụng, đất rừng sản xuất, đất nuôi trồng thủy sản, đất làm muối, đất quốc phòng, đất an ninh, đất khu công nghiệp, đất khu chế xuất, đất khu công nghệ cao, đất khu kinh tế, đất phát triển hạ tầng cấp quốc gia, đất có di tích lịch sử - văn hóa, danh lam thắng cảnh, đất đô thị và đất bãi thải, xử lý chất thải.

Chỉ tiêu sử dụng đất cấp tỉnh:

Thông tư 01/2021/TT-BTNMT ngày 12/4/2021 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định 28 chỉ tiêu SĐĐ cấp tỉnh; Thông tư 29/2024/TT-BTNMT ngày 12/12/2024 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định 27 chỉ tiêu SĐĐ cấp tỉnh được chia làm 03 nhóm: Nhóm đất nông nghiệp, nhóm đất phi nông nghiệp, nhóm đất chưa sử dụng. So sánh các chỉ tiêu sử dụng đất giữa hai Thông tư có một số điểm khác nhau như sau:

Trong nhóm đất nông nghiệp, Thông tư 01/2021/TT-BTNMT có chỉ tiêu cụ thể “Đất chuyên trồng lúa nước”; Thông tư 29/2024/TT-BTNMT không còn chỉ tiêu này, nhưng bổ sung chỉ tiêu “Đất nông nghiệp sử dụng vào mục đích công cộng”.

Trong nhóm đất phi nông nghiệp, Thông tư 29/2024/TT-BTNMT điều chỉnh tên gọi một số chỉ tiêu loại đất, gộp 02 chỉ tiêu “đất tín ngưỡng” và “đất tôn giáo” theo Thông tư 01/2021/TT-BTNMT thành 01 chỉ tiêu “đất tín ngưỡng - tôn giáo” nên số chỉ tiêu SĐĐ phi nông nghiệp giảm 01 chỉ tiêu.

Trong nhóm đất chưa sử dụng, Thông tư 29/2024/TT-BTNMT vẫn quy định 04 chỉ tiêu nhưng có cơ cấu lại và bổ sung chỉ tiêu “Đất bãi bồi ven sông, ven biển”.

Có thể thấy, việc điều chỉnh các chỉ tiêu SĐĐ của Thông tư 29/2024/TT-BTNMT so với Thông tư 01/2021/TT-BTNMT là phù hợp hơn, đáp ứng tốt hơn cho công tác QH, KHSĐĐ cấp tỉnh, nhất là việc bổ sung chỉ tiêu “Đất bãi bồi ven sông, ven biển”. Hệ thống chỉ tiêu nêu trên có ý nghĩa quan trọng: Làm căn cứ kỹ thuật và pháp lý để lập, thẩm định và phê duyệt QH, KHSĐĐ; Gắn trách nhiệm quản lý đất đai cho chính quyền cấp tỉnh theo chỉ tiêu đã được Thủ tướng phân bổ; Phục vụ kiểm tra, giám sát, và điều chỉnh trong quá trình tổ chức thực hiện quy hoạch.

Chỉ tiêu sử dụng đất cấp cơ sở:

Chỉ tiêu sử dụng đất SĐĐ trong QH, KHSĐĐ cấp huyện (cũ) trong kỳ quy hoạch 2021-2030 cũng được quy định bởi Thông tư 01/2021/TT-BTNMT ngày 12/4/2021 và Thông tư 29/2024/TT-BTNMT ngày 12/12/2024 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. So sánh chỉ tiêu SĐĐ cấp huyện theo các quy định trên cho thấy các chỉ tiêu SĐĐ trong QH, KHSĐĐ cấp huyện theo Thông tư 29/2024/TT-BTNMT được cơ cấu, điều chỉnh tên gọi chi tiết và phù hợp hơn với yêu cầu thực tiễn so với quy định tại Thông tư 01/2021/TT-BTNMT.

Tuy nhiên, hiện nay không còn cấp huyện và không còn QH, KHSĐĐ cấp huyện. Các quy định về QH, KHSĐĐ tại Nghị định số 151/2025/NĐ-CP ngày 12/6/2025 và Thông tư số 23/2025/TT-BNNMT ngày 20/6/2025 đã quy định QH, KHSĐĐ cấp xã “thay thế” cho QH, KHSĐĐ cấp huyện; trong đó quy định các chỉ tiêu QH, KHSĐĐ cấp xã tương tự như đối với QH, KHSĐĐ cấp huyện được quy định theo Thông tư 29/2024/TT-BTNMT.

Đánh giá thực trạng chỉ tiêu sử dụng đất theo kỳ quy hoạch 2021-2030 và Luật Đất đai năm 2024:

Ưu điểm:

Thứ nhất, hệ thống pháp luật về QH, KHSĐĐ, hệ thống chỉ tiêu QH, KHSĐĐ các cấp tiếp tục được hoàn thiện. Các văn bản hướng dẫn thi hành cũng được ban hành kịp thời, góp phần đảm bảo tính đồng bộ, thống nhất trong thực hiện chỉ tiêu SĐĐ.

Thứ hai, công tác phân bổ chỉ tiêu SĐĐ cơ bản đáp ứng định hướng phát triển KT-XH, đảm bảo quốc phòng - an ninh và BVMT. Nhiều loại đất như đất phát triển hạ tầng, đất khu công nghiệp, đất năng lượng tái tạo... đã được ưu tiên bố trí nhằm thúc đẩy chuyển dịch cơ cấu kinh tế và phù hợp với định hướng tăng trưởng xanh.

Thứ ba, sự phối hợp giữa các bộ, ngành Trung ương và địa phương được tăng cường trong quá trình lập, phân bổ và giám sát thực hiện quy hoạch, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng tài nguyên đất đai trên phạm vi cả nước.

Tồn tại, hạn chế:

Tiến độ lập và phê duyệt QH, KHSĐĐ cấp tỉnh còn chậm tại nhiều địa phương, dẫn đến việc triển khai KHSĐĐ hàng năm bị gián đoạn hoặc phải điều chỉnh nhiều lần. Một số địa phương chưa chủ động rà soát, cập nhật chỉ tiêu SĐĐ theo quy định, gây khó khăn cho công tác điều hành, kiểm soát quy hoạch tổng thể.

Chất lượng QHSDĐ còn hạn chế, biểu hiện ở việc chưa thực hiện đầy đủ phân tích, đánh giá nhu cầu SĐĐ theo ngành, lĩnh vực; một số quy hoạch còn mang tính hình thức, thiếu tính khả thi và chưa dựa trên cơ sở dữ liệu đầy đủ, cập nhật.



Sự thiếu đồng bộ giữa QHSDĐ với các quy hoạch khác (quy hoạch xây dựng, quy hoạch ngành, quy hoạch vùng...) dẫn đến tình trạng chồng chéo, mâu thuẫn về không gian phát triển và phân bổ nguồn lực, ảnh hưởng đến hiệu quả thực hiện.

Công tác giám sát, đánh giá thực hiện QH, KHSDĐ còn nhiều bất cập. Việc ứng dụng công nghệ thông tin và các công cụ hiện đại như GIS, viễn thám, hệ thống cảnh báo sớm chưa được triển khai đồng bộ, chủ yếu vẫn dựa trên báo cáo thủ công và định kỳ.

Mức độ tham gia của cộng đồng dân cư và doanh nghiệp trong quá trình lập và thực hiện quy hoạch chưa cao, làm giảm tính thực tiễn và sự đồng thuận trong triển khai các dự án có SDĐ.

3. THỰC TRẠNG CÁC CĂN CỨ, TIÊU CHÍ XÁC ĐỊNH CHỈ TIÊU SỬ DỤNG ĐẤT TRONG QUY HOẠCH, KẾ HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT

3.1. Các tiêu chí về điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên

Nguyên tắc chung: Sử dụng hợp lý tài nguyên đất đai, đảm bảo khai thác thế mạnh của mỗi khu vực; Phát triển bền vững gồm BVMT và thích ứng với biến đổi khí hậu; Phù hợp với quy hoạch, tuân thủ định hướng SDĐ trong các quy hoạch cấp cao hơn.

Các tiêu chí chủ yếu: Đặc điểm đất đai và địa lý tự nhiên (loại đất, độ phì nhiêu, địa hình, khả năng thoát nước, các yếu tố nguy cơ như lũ lụt, hạn hán, xói mòn, nhiễm mặn, phèn); Vị trí địa lý và kết nối; Khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa, bức xạ mặt trời); Nguồn nước, thủy văn; Các nguồn tài nguyên.

Ưu điểm: Các yếu tố tự nhiên như khí hậu, thổ nhưỡng, địa hình, nguồn nước... là những yếu tố khách quan, có thể đo lường và đánh giá một cách khoa học; phản ánh tiềm năng và hạn chế của đất đai trong việc sử dụng cho các mục đích khác nhau; việc xem xét các yếu tố tự nhiên như khả năng chống xói mòn, nguy cơ lũ lụt, tình trạng nhiễm mặn, phèn... giúp QHSDĐ theo hướng bền vững, tránh những tác động tiêu cực đến môi trường; các yếu tố tự nhiên là cơ sở để phân loại đất theo các nhóm, loại đất khác nhau và thực hiện đánh giá mức độ thích hợp của đất đai với các loại hình sử dụng khác nhau.

Nhược điểm: Một số yếu tố tự nhiên như khí hậu, thủy văn có thể thay đổi theo thời gian và chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, gây khó khăn cho việc dự báo và quy hoạch dài hạn; yêu cầu thông tin chi tiết và cập nhật thường khá phức tạp và tốn kém; cần kết hợp với yếu tố KT-XH và yếu tố BVMT.

3.2. Các tiêu chí về điều kiện kinh tế - xã hội

Nguyên tắc chung: Đảm bảo nhu cầu SDĐ của các ngành, lĩnh vực, phù hợp với tiềm năng đất đai của địa phương; Phát huy hiệu quả nguồn lực đất đai để thực

hiện các mục tiêu phát triển KT-XH; Bảo đảm quốc phòng, an ninh, BVMT, phòng chống thiên tai, thích ứng với biến đổi khí hậu; Phù hợp với định hướng SDĐ trong các quy hoạch quốc gia, ngành có liên quan; Phù hợp với điều kiện về đất đai, nguồn lực đầu tư, lao động và hạ tầng kỹ thuật của từng địa phương; Ưu tiên quỹ đất đáp ứng yêu cầu phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng, phát triển giáo dục, y tế, xã hội, văn hóa, thể thao, nhà ở xã hội.

Các tiêu chí chủ yếu: Hiện trạng SDĐ, biến động SDĐ, kết quả thực hiện chỉ tiêu quy hoạch kỳ trước, định hướng phát triển KT-XH, tiềm năng, lợi thế của địa phương, nhu cầu chuyển mục đích SDĐ và các yếu tố khác như cơ cấu SDĐ nông nghiệp, tỷ lệ che phủ rừng, nhu cầu quốc phòng - an ninh, quy hoạch ngành, chiến lược phát triển...

Ưu điểm: Phù hợp với thực tiễn phát triển và nhu cầu của xã hội; phát huy tối đa tiềm năng và lợi thế của địa phương; tạo cơ sở để đạt được các mục tiêu phát triển KT-XH; đảm bảo sự hài hòa giữa phát triển kinh tế và BVMT, an sinh xã hội; tăng tính khả thi và hiệu quả của quy hoạch. Việc sử dụng các tiêu chí về điều kiện KT-XH làm cơ sở để xác định chỉ tiêu SDĐ là một phương pháp tiếp cận khoa học, giúp QHSDĐ vừa bám sát thực tế, vừa phát huy được tiềm năng, góp phần quan trọng vào sự phát triển bền vững của đất nước.

Nhược điểm: Các yếu tố KT-XH có thể biến động nhanh chóng, khó lường hoặc ảnh hưởng bởi các yếu tố bất khả kháng (thiên tai, dịch bệnh, biến đổi khí hậu hoặc các yếu tố địa chính trị), việc dự báo chính xác nhu cầu SDĐ là một thách thức; thiếu linh hoạt và khó điều chỉnh khi thực tế thay đổi; nguy cơ xung đột lợi ích giữa các ngành, các địa phương và các nhóm đối tượng; có yêu cầu cao về năng lực, nguồn lực và hệ thống thông tin; bị chi phối bởi các yếu tố phi khoa học hoặc lợi ích cục bộ; thiếu sự tham gia của cộng đồng.

3.3. Các tiêu chí về bảo vệ môi trường, phát triển bền vững

Việc tích hợp các yêu cầu về BVMT và phát triển bền vững vào các chỉ tiêu SDĐ là vô cùng cần thiết để đảm bảo sự phát triển hài hòa, bền vững lâu dài cho đất nước. Mặc dù có những thách thức và nhược điểm nhất định, như tăng chi phí ban đầu và ràng buộc trong quy hoạch, nhưng lợi ích về mặt đảm bảo tài nguyên, nâng cao chất lượng cuộc sống và khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu là vô cùng lớn. Do đó, Việt Nam cần tiếp tục hoàn thiện thể chế, pháp luật, nâng cao năng lực quản lý và giám sát, đồng thời đẩy mạnh ứng dụng khoa học công nghệ để giải quyết các thách thức, nhằm đạt được mục tiêu phát triển bền vững.



Các tiêu chí chủ yếu: Phát triển bền vững, phát triển đô thị bền vững; phát triển kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn; phân vùng môi trường; bảo tồn thiên nhiên và đa dạng sinh học; xác định các khu vực phù hợp để thành lập các khu xử lý chất thải tập trung; ưu tiên bảo vệ các khu vực có giá trị cảnh quan, yếu tố bảo tồn văn hóa, vùng khuyến khích tái thiết đô thị và vùng hạn chế phát triển đô thị...

Ưu điểm: Đảm bảo tính bền vững của tài nguyên đất (bảo vệ đa dạng sinh học và hệ sinh thái; duy trì chất lượng đất, nước và không khí; sử dụng tài nguyên đất hiệu quả và hợp lý); thúc đẩy phát triển KT-XH hài hòa; nâng cao khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu.

Nhược điểm: Ràng buộc và hạn chế trong QHSDĐ; thách thức trong việc áp dụng và giám sát; Ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng kinh tế. Các nhược điểm này cho thấy, việc tích hợp các yếu tố BVMT và phát triển bền vững vào chỉ tiêu SDĐ là một quá trình đòi hỏi sự chuẩn bị kỹ lưỡng, đầu tư về năng lực, hoàn thiện thể chế và sự quyết tâm cao trong việc thực thi.

3.4. Các tiêu chí xác định chỉ tiêu một số loại đất cụ thể

1. *Đất trồng lúa:* Căn cứ hiện trạng và biến động SDĐ, kết quả thực hiện kỳ trước; Ưu tiên giữ đất lúa tại các khu vực có năng suất, chất lượng cao; Cân nhắc nhu cầu chuyển đổi sang mục đích phi nông nghiệp, bảo đảm cân bằng giữa phát triển nông nghiệp và chuyển dịch cơ cấu SDĐ.

2. *Đất rừng phòng hộ, rừng đặc dụng, rừng sản xuất là rừng tự nhiên:* Dựa trên quy hoạch lâm nghiệp quốc gia, chiến lược phát triển lâm nghiệp, quy hoạch môi trường, bảo tồn đa dạng sinh học; Căn cứ hiện trạng, kết quả thực hiện kỳ trước, khả năng trồng mới, khoanh nuôi, tái sinh; Bảo đảm yêu cầu bảo vệ rừng nghiêm ngặt, cân nhắc nhu cầu chuyển đổi hợp lý.

3. *Đất quốc phòng, an ninh:* Xác định trên cơ sở hiện trạng sử dụng, nhu cầu thực tế bảo đảm mục tiêu quốc phòng, an ninh; Căn cứ chỉ tiêu Quốc hội quyết định, đề xuất của Bộ Quốc phòng, Bộ Công an; Bảo đảm phân bổ hợp lý cho từng địa phương, đáp ứng mục tiêu lâu dài.

4. *Các loại đất khác (đất dân dụng, công nghiệp, dịch vụ, công trình công cộng, tôn giáo, khu công nghiệp...):* Căn cứ hiện trạng, biến động SDĐ, kết quả thực hiện kế hoạch phát triển KT-XH; Phù hợp với quy hoạch tỉnh và các quy hoạch chuyên ngành; Đảm bảo cân bằng phát triển kinh tế với BVMT, cảnh quan, không gian sống.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống pháp luật về QH, KHSDD, hệ thống chỉ tiêu QH, KHSDD các cấp liên tục được sửa đổi, hoàn

thiện qua các giai đoạn của Luật Đất đai. Các văn bản hướng dẫn thi hành cũng được ban hành kịp thời, góp phần đảm bảo tính đồng bộ, thống nhất trong thực hiện chỉ tiêu SDĐ. Công tác phân bổ chỉ tiêu SDĐ cơ bản đáp ứng định hướng phát triển KT-XH, đảm bảo quốc phòng - an ninh và BVMT. Sự phối hợp giữa các bộ, ngành Trung ương và địa phương được tăng cường trong quá trình lập, phân bổ và giám sát thực hiện quy hoạch, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng tài nguyên đất đai trên phạm vi cả nước.

Tuy vậy, vẫn còn hạn chế: Sự chồng chéo giữa quy hoạch đất đai và các quy hoạch ngành; một số quy định quá chi tiết, thiếu linh hoạt; nhiều chỉ tiêu chưa khả thi, thiếu sự gắn kết với quy hoạch ngành và các yếu tố KT-XH, gây khó khăn khi thực hiện. Công tác giám sát, đánh giá thực hiện QH, KHSDD còn nhiều bất cập. Mức độ tham gia của cộng đồng dân cư và doanh nghiệp trong quá trình lập và thực hiện quy hoạch chưa cao, làm giảm tính thực tiễn và sự đồng thuận trong triển khai các dự án có SDĐ.

Để tăng cường hiệu quả của việc xác định chỉ tiêu sử dụng đất, hiệu quả công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất, cần sớm xây dựng và ban hành một Bộ tiêu chí đầy đủ để xác định chỉ tiêu SDĐ trong QH, KHSDD các cấp, áp dụng thống nhất trên toàn quốc; trong đó, bổ sung các tiêu chí định lượng rõ ràng cho từng loại đất có tính đến biến đổi khí hậu, tăng trưởng xanh, an ninh lương thực, phát triển đô thị, nhu cầu năng lượng tái tạo và các xu thế toàn cầu hóa. Bên cạnh đó, cần thực hiện một số giải pháp như: Tăng cường ứng dụng công nghệ GIS, AI, cơ sở dữ liệu đất đai và các mô hình dự báo nhu cầu SDĐ để nâng cao tính khoa học, tăng độ chính xác trong lượng hóa nhu cầu SDĐ; Tăng cường công khai, minh bạch thông tin, kết hợp mở rộng sự tham gia của cộng đồng, doanh nghiệp và giới khoa học trong công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất; Xây dựng và thực hiện cơ chế điều chỉnh linh hoạt để chỉ tiêu SDĐ luôn phù hợp với thực tiễn, tránh tình trạng quy hoạch treo, lãng phí nguồn lực ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật Đất đai các năm 1987, 1993, 2003, 2013, 2024.
2. Luật Quy hoạch năm 2017.
3. Nghị định số 69/2009/NĐ-CP; Nghị định số 43/2014/NĐ-CP; Các Nghị định hướng dẫn thi hành Luật Đất đai số 101/2024/NĐ-CP, 102/2024/NĐ-CP, 226/2025/NĐ-CP; Nghị định số 151/2025/NĐ-CP.
4. Thông tư số 30/2004/TT-BTNMT, Thông tư số 19/2009/TT-BTNMT, Thông tư số 29/2014/TT-BTNMT, Thông tư số 01/2021/TT-BTNMT, Thông tư số 29/2024/TT-BTNMT; Thông tư số 23/2025/TT-BNNMT.



Vai trò của chuyển đổi số ngân hàng trong phát triển xanh và bền vững

NGUYỄN THỊ LIÊN¹

¹Trường Đại học Tài chính, Quản trị kinh doanh

Tóm tắt

Trong bối cảnh phát triển bền vững gắn với tăng trưởng xanh trở thành định hướng chiến lược quốc gia, ngành Tài chính - Ngân hàng Việt Nam đã tích cực triển khai các sản phẩm, dịch vụ gắn với yếu tố môi trường - xã hội - quản trị (ESG). Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Việt Nam (Agribank), với vai trò là ngân hàng thương mại nhà nước chủ lực, đã phát triển nhiều dịch vụ ngân hàng điện tử (NHĐT) “xanh” như ký số, hợp đồng điện tử, giúp giảm tiêu hao tài nguyên và phát thải khí nhà kính. Tuy nhiên, quá trình này vẫn gặp nhiều thách thức về hạ tầng công nghệ, tiêu chuẩn đánh giá và nhận thức khách hàng... Qua đó nghiên cứu đề xuất một số giải pháp phát triển dịch vụ NHĐT xanh tại Agribank góp phần thúc đẩy chuyển đổi số, phát triển bền vững và thực hiện cam kết phát thải ròng bằng “0” của Việt Nam vào năm 2050: Mở rộng hệ sinh thái số gắn với tiêu chí xanh, đa dạng hóa các sản phẩm dịch vụ NHĐT xanh; Thúc đẩy NHĐT tại khu vực nông thôn; Tích hợp mục tiêu xanh vào sản phẩm số; tăng cường an ninh bảo mật thông tin dịch vụ NHĐT; Hợp tác với các nhà cung cấp giải pháp công nghệ để số hóa báo cáo và phân tích ESG; Đầu tư và sử dụng công nghệ trong đánh giá, đo lường rủi ro môi trường và xã hội trong hoạt động cấp tín dụng, tiềm năng AI&Big Data.

Từ khóa: NHĐT xanh, ESG, phát triển bền vững, Agribank.

JEL Classifications: O44, Q55, Q56.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, phát triển bền vững gắn với tăng trưởng xanh đã trở thành định hướng chiến lược của Việt Nam và lan tỏa sâu rộng đến mọi lĩnh vực kinh tế - xã hội, trong đó có ngành Tài chính - Ngân hàng. Là trung gian huyết mạch của nền kinh tế, hệ thống ngân hàng không chỉ đóng vai trò cung ứng vốn mà còn góp phần định hướng dòng tiền theo hướng thân thiện với môi trường, thúc đẩy tiêu dùng bền vững và phát triển các ngành kinh tế xanh.

Trong bối cảnh đó, các ngân hàng thương mại Việt Nam ngày càng chú trọng triển khai các sản phẩm, dịch vụ gắn với các yếu tố ESG, nhằm hiện thực hóa mục tiêu phát triển bền vững quốc gia và thực thi Chiến lược Tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Agribank - một trong những ngân hàng thương mại nhà nước lớn nhất - đã có nhiều nỗ lực tiên phong trong định hướng này, thông qua việc phát triển các sản phẩm, dịch vụ theo hướng “xanh” như NHĐT không giấy tờ, chữ ký số, hợp đồng điện tử..., góp phần giảm thiểu tiêu hao tài nguyên và phát thải khí nhà kính trong hoạt động (Agribank, 2021-2024; Agribank, 2024).

Khái niệm “ngân hàng xanh” và “dịch vụ xanh” được chính thức đề cập trong Quyết định số 1604/QĐ-NHNN ngày 7/8/2018 của Ngân hàng Nhà nước phê duyệt Đề án phát triển ngân hàng xanh, với mục tiêu nâng cao trách nhiệm xã hội của hệ thống ngân hàng trong BVMT, chống biến đổi khí hậu (BĐKH), đồng thời hướng dòng vốn tín dụng vào các dự án thân thiện

với môi trường và khuyến khích tiêu dùng bền vững.

Đối với các ngân hàng thương mại, “dịch vụ xanh” được hiểu là những sản phẩm, dịch vụ có tác động tích cực đến môi trường, giúp giảm phát thải các-bon, tiết kiệm tài nguyên và hỗ trợ phát triển bền vững. Trong đó, dịch vụ NHĐT được xem là trụ cột quan trọng của ngân hàng xanh, bởi vừa giúp mở rộng kênh giao dịch hiện đại, tăng tiện ích cho khách hàng, vừa hạn chế sử dụng giấy tờ, giảm tiêu hao năng lượng và chi phí vận hành. Phát triển NHĐT theo hướng xanh không chỉ đáp ứng nhu cầu của khách hàng trong kỷ nguyên số mà còn là bước đi tất yếu để bảo đảm sự phát triển bền vững của ngân hàng.

Tuy nhiên, quá trình phát triển dịch vụ NHĐT xanh hiện nay vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức: hạ tầng công nghệ chưa đồng bộ, nhận thức của khách hàng về dịch vụ xanh còn hạn chế, cùng với đó là việc thiếu các tiêu chuẩn cụ thể để đánh giá mức độ “xanh” trong dịch vụ số. Một trong những tiêu chí được nhiều quốc gia áp dụng là bộ tiêu chuẩn ESG (Zhang, L., & Yang, X. 2020; OECD, 2024), song việc vận dụng tại Việt Nam còn đang ở giai đoạn khởi đầu. Trong bối cảnh BĐKH diễn biến phức tạp và yêu cầu phát triển bền vững ngày càng cấp thiết, việc tích hợp ESG vào hoạt động ngân hàng, đặc biệt là trong dịch vụ NHĐT, đã trở thành yếu tố then chốt, quyết định uy tín, năng lực cạnh tranh và triển vọng phát triển dài hạn của ngân hàng.

Do đó, việc nghiên cứu thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển dịch vụ ngân hàng điện tử theo hướng



dịch vụ xanh tại Agribank có ý nghĩa thiết thực, vừa hỗ trợ thực hiện Chiến lược chuyển đổi số quốc gia, vừa đóng góp vào mục tiêu phát thải ròng bằng “0” của Việt Nam đến năm 2050 (Bộ TN&MT, 2022; Chính phủ, 2022; Nghị định số 06/2022/NĐ-CP).

2. THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN DỊCH VỤ NGÂN HÀNG ĐIỆN TỬ THEO HƯỚNG DỊCH VỤ XANH TẠI AGRIBANK

2.1. Thực trạng dịch vụ NHĐT theo hướng dịch vụ xanh

2.1.1. Sự gia tăng về số lượng dịch vụ NHĐT

Trong thời gian qua, Agribank đã phát triển đa dạng kênh phân phối nhằm đáp ứng tối đa nhu cầu của khách hàng. Từ năm 2020 đến nay, ngân hàng không ngừng chuẩn hóa điểm giao dịch, đổi mới phong cách phục vụ và mở rộng kết nối với khách hàng thông qua các dịch vụ thu hộ, quản lý dòng tiền. Một thay đổi đáng chú ý là xu hướng dịch chuyển từ giao dịch truyền thống sang kênh số. Năm 2022, số lượng máy ATM giảm 39 chiếc (tương ứng 1,2%) do nhu cầu rút tiền mặt giảm khi khách hàng chuyển mạnh sang Mobile Banking. Agribank đồng thời thay thế một phần ATM cũ bằng máy CDM tiết kiệm năng lượng, góp phần giảm tiêu thụ điện và phát thải các-bon (Agribank, 2021–2024).

Đến cuối năm 2023, Agribank vận hành hơn 18,2 triệu thẻ, cùng 3.336 ATM/CDM và 21.461 thiết bị POS. Năm 2024, giao dịch qua kênh số chiếm 96% tổng giao dịch (so với 91% năm 2022); tỷ lệ khách hàng sử dụng dịch vụ số đạt 47% (so với 33% năm 2022). Đặc biệt, tỷ lệ lưu trữ hồ sơ điện tử tăng từ 40% năm 2022 lên 60% năm 2024 – minh chứng cho quá trình “phi giấy tờ” rõ rệt trong vận hành. Điểm nổi bật là số lượng POS luôn vượt trội hơn ATM/CDM, phản ánh xu hướng mở rộng thanh toán không dùng tiền mặt tại các cơ sở kinh doanh. Với mạng lưới chi nhánh trải dài từ biên giới đến hải đảo, Agribank trở thành ngân hàng duy nhất hiện diện tại 9/13 huyện đảo, qua đó góp phần đưa dịch vụ số đến cả những vùng sâu, vùng xa và nhóm khách hàng yếu thế (World Bank, 2022).

Việc giảm ATM và tăng CDM của Agribank không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn mang ý nghĩa môi trường: hạn chế điện năng tiêu thụ, giảm lượng khí thải. Đây là minh chứng rõ ràng cho “dịch vụ xanh” trong thực tiễn. Bên cạnh đó, sự gia tăng mạnh mẽ tỷ lệ giao dịch số cho thấy thói quen của khách hàng đã thay đổi, đồng thời khẳng định tính tất yếu của chuyển đổi số gắn với phát triển xanh.

Đến cuối năm 2024, cùng với hơn 90 tổ chức tín dụng và gần 1.100 Quỹ tín dụng nhân dân tham gia cung ứng vốn cho khu vực nông nghiệp, nông thôn, Agribank giữ vai trò chủ lực trong phát triển tài chính

nông thôn. Là ngân hàng có mạng lưới lớn nhất cả nước, Agribank hiện diện tại 63/63 tỉnh, thành, với gần 2.200 chi nhánh và phòng giao dịch, hàng nghìn điểm giao dịch số, ATM và xe lưu động, tạo nền tảng vững chắc để cung cấp dịch vụ tài chính toàn diện đến mọi tầng lớp dân cư, đặc biệt là người dân vùng sâu, vùng xa (Agribank, 2021–2024).

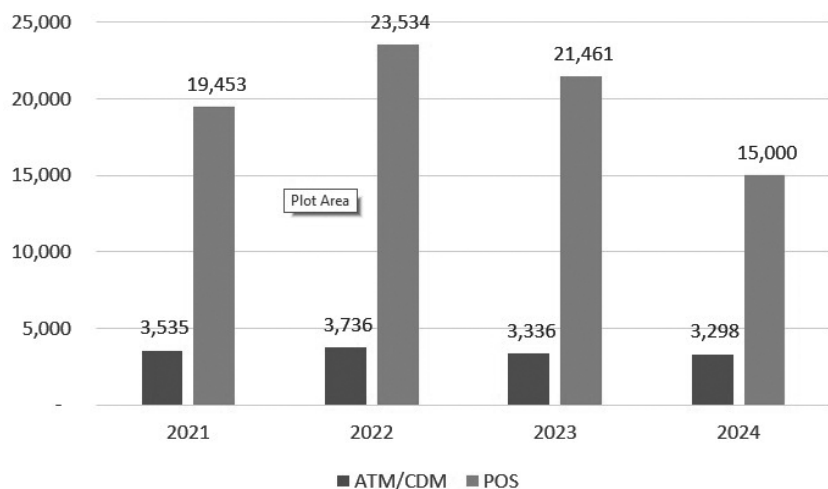
Với sứ mệnh là ngân hàng thương mại nhà nước hàng đầu trong đầu tư phát triển “tam nông”, đến hết năm 2024 dư nợ cho vay đối với các lĩnh vực xanh của Agribank có sự tăng trưởng ổn định qua từng năm, tỷ trọng tài trợ dự án xanh trong tổng dư nợ tín dụng của Agribank tăng từ 0,9% năm 2020 lên 1,7% năm 2024. Trong năm 2024, Agribank tiếp tục là ngân hàng dẫn đầu về số lượng khách hàng được cấp tín dụng thuộc lĩnh vực xanh với hơn 42.000 khách hàng và tổng dư nợ đạt gần 29.000 tỷ đồng. Trong đó, dư nợ lĩnh vực năng lượng tái tạo, năng lượng sạch đạt hơn 15.000 tỷ đồng, chiếm hơn 53%; tiếp đến là lĩnh vực lâm nghiệp bền vững với dư nợ đạt hơn 6.900 tỷ đồng, chiếm gần 24%; thứ ba là lĩnh vực nông nghiệp xanh với dư nợ gần 6.500 tỷ đồng, chiếm hơn 22% tổng dư nợ tín dụng xanh (Agribank, 2021–2024).

Là ngân hàng tiên phong trong thực hiện các chính sách tín dụng phục vụ phát triển “tam nông” với tỷ trọng hơn 60% dư nợ nông nghiệp nông thôn, Agribank triển khai đa dạng các chương trình tín dụng đặc thù, ưu đãi lãi suất phù hợp với từng đối tượng khách hàng mục tiêu với quy mô trên 480.000 tỷ đồng, lãi suất thấp hơn từ 2-3%/năm so với lãi suất cho vay thông thường; tiếp tục triển khai có hiệu quả 7 chương trình tín dụng chính sách, 2 chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới, giảm nghèo bền vững; nghiêm túc triển khai chương trình tín dụng ưu đãi cho vay lâm, thủy sản; chương trình cho vay nhà ở xã hội, nhà ở công nhân, cải tạo, xây dựng lại chung cư cũ theo Nghị quyết số 33/NQ-CP của Chính phủ.... Ngân hàng cũng thể hiện vai trò tiên phong trong hỗ trợ khắc phục thiên tai, điều chỉnh giảm lãi suất, miễn giảm lãi quá hạn cho khách hàng bị ảnh hưởng (Agribank, 2021–2024).

Với mạng lưới rộng khắp, chính sách tín dụng linh hoạt và định hướng phục vụ cộng đồng, Agribank khẳng định vị thế dẫn đầu trong phát triển tài chính toàn diện và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế bền vững khu vực nông thôn Việt Nam (Hình 1).

2.1.2. Cơ cấu dịch vụ NHĐT mới

Agribank hiện triển khai nhiều dịch vụ NHĐT gắn với tiêu chí “xanh”, bao gồm Internet Banking, Mobile Banking và dịch vụ thẻ. Tính đến cuối năm 2023, ngân hàng cung cấp 22 sản phẩm thẻ (19 thẻ vật lý, 3 thẻ phi vật lý), phục vụ đa dạng nhóm khách hàng. Một số sản



Hình 1. Số lượng ATM, POS, CDM của Agribank giai đoạn 2021-2024

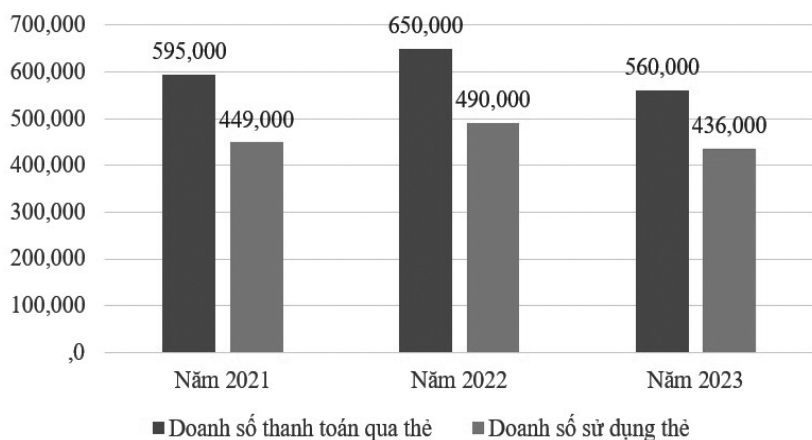
Đơn vị tính: cái

Nguồn: Báo cáo thường niên Agribank các năm 2021-2024

phẩm tiêu biểu như thẻ Lộc Việt – tích hợp đồng thời ghi nợ và tín dụng trên cùng một chip theo chuẩn VCCS, hay thẻ First Class dành cho khách hàng VIP với nhiều ưu đãi. Doanh thu dịch vụ thẻ năm 2023 đạt 1.475 tỷ đồng, vượt 9% kế hoạch; doanh số thanh toán và sử dụng thẻ lần lượt trên 560.000 tỷ đồng và 436.000 tỷ đồng.

Năm 2024, Agribank ghi nhận hơn 16 triệu khách hàng Mobile Banking (trong đó hơn 10 triệu dùng Agribank Plus), gần 18 triệu thẻ còn hiệu lực và gần 200 nghìn thẻ Lộc Việt mới phát hành. Agribank đứng thứ 3 thị trường về số lượng thẻ lưu hành cũng như doanh số giao dịch qua thẻ. Cùng với đó, ngân hàng đẩy mạnh hệ sinh thái số đa kênh như Agribank Digital, ATM giao dịch bằng CCCD gắn chip, Agribank Retail eBanking cho khách hàng cá nhân, Agribank Corporate eBanking cho doanh nghiệp, và hợp tác cùng NAPAS triển khai dịch vụ Tap to Phone (Soft POS).

Nhìn chung, cơ cấu dịch vụ số ngày càng đa dạng, cho thấy Agribank không chỉ tập trung vào kênh thẻ truyền thống mà còn mở rộng sang hệ sinh thái điện tử toàn diện. Doanh thu và số lượng khách hàng Mobile



Hình 2. Doanh số thanh toán dịch vụ NHĐT

Đơn vị tính: tỷ đồng

Nguồn: Báo cáo thường niên Agribank các năm 2021-2023

Banking tăng mạnh là minh chứng cho sự dịch chuyển thói quen của khách hàng từ giao dịch tại quầy sang giao dịch số. Đây là nền tảng quan trọng để Agribank tiếp tục phát triển dịch vụ NHĐT theo hướng xanh, vừa tiết kiệm nguồn lực, vừa thúc đẩy tài chính toàn diện tại Việt Nam.

2.2. Thực trạng sự tăng lên về chất lượng dịch vụ NHĐT theo hướng dịch vụ xanh

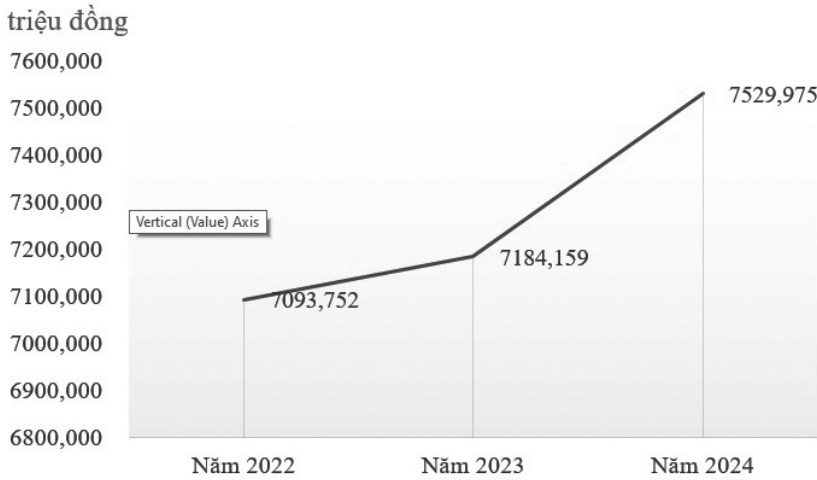
Chất lượng dịch vụ NHĐT của Agribank trong giai đoạn 2022-2024 đã có bước cải thiện rõ nét, thể hiện qua doanh số thanh toán, doanh thu dịch vụ và các mô hình vận hành mới.

Doanh số và doanh thu dịch vụ số

Năm 2023, doanh thu từ dịch vụ thẻ đạt 1.475 tỷ đồng, vượt 9% kế hoạch; doanh số thanh toán và sử dụng thẻ lần lượt trên 560.000 tỷ đồng và 436.000 tỷ đồng. Sang năm 2024, Agribank triển khai mô hình điểm giao dịch lưu động với 68 xe chuyên dùng, phục vụ hơn 3,1 triệu lượt khách hàng ở vùng sâu, vùng xa, giải ngân trên 12.500 tỷ đồng và huy động hơn 10.000 tỷ đồng. Tổng doanh thu dịch vụ tăng từ 7.093.752 triệu đồng (2022) lên 7.529.975 triệu đồng (2024). Dù tốc độ tăng chưa cao, nhưng ổn định, phản ánh xu hướng phát triển bền vững của hoạt động dịch vụ – bên cạnh tín dụng vốn là thế mạnh truyền thống của Agribank (Hình 2).

Cơ cấu doanh thu dịch vụ

Dịch vụ thanh toán tiếp tục chiếm tỷ trọng lớn nhất (77,56% năm 2022; 73,84% năm 2024) nhưng có xu hướng giảm dần. Doanh thu từ dịch vụ tư vấn tuy còn nhỏ (24.601 triệu đồng năm 2024) nhưng tăng gần 3 lần so với năm 2023, cho thấy ngân hàng bắt đầu khai thác nhóm dịch vụ giá trị gia tăng. Nhóm “dịch vụ khác” tăng trưởng nhanh, từ 14,47% năm 2022 lên 19,23% năm 2024, phản ánh sự đa dạng hóa sản phẩm, giảm dần phụ thuộc vào thanh toán truyền thống (Agribank, 2021-2024) (Hình 3).



Hình 3. Doanh thu dịch vụ NHĐT

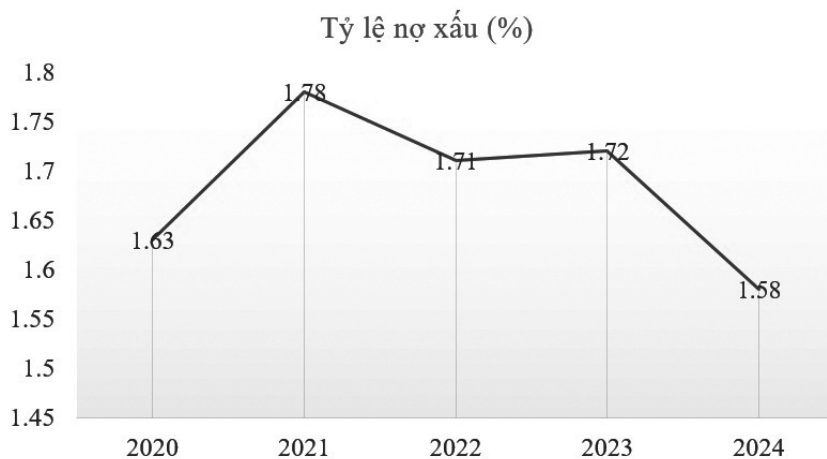
Nguồn: Báo cáo thường niên Agribank các năm 2022–2024

Như vậy, sự gia tăng doanh thu ổn định cho thấy Agribank đang dần hình thành “trụ cột dịch vụ” bên cạnh tín dụng. Xu hướng dịch chuyển từ dịch vụ thanh toán sang tư vấn và dịch vụ bổ sung phản ánh nỗ lực thích ứng với mô hình ngân hàng hiện đại. Việc triển khai điểm giao dịch lưu động vừa thúc đẩy tiếp cận tài chính ở nông thôn, vừa có ý nghĩa “xanh”: giảm nhu cầu xây dựng thêm cơ sở vật chất cố định, tiết kiệm năng lượng và chi phí vận hành.

2.3. Thực trạng phát triển bền vững của Agribank theo bộ tiêu chí ESG

Thực hiện cam kết phát triển xanh và bền vững, Agribank đã ban hành Chiến lược ESG giai đoạn 2024–2030 với nhiều giải pháp trọng tâm: xây dựng khung tài chính xanh, triển khai tín dụng xanh, áp dụng biện pháp tiết kiệm năng lượng và BVMT.

Tiêu chí E – Môi trường: Agribank là một trong những ngân hàng đi đầu trong tín dụng xanh, với dư nợ cho vay lĩnh vực xanh gần 29.000 tỷ đồng vào cuối năm 2024, tài trợ vốn cho hơn 42.000 khách hàng. Các lĩnh vực trọng tâm gồm năng lượng tái tạo, nông nghiệp xanh và lâm nghiệp bền vững. Ngân hàng cũng đạt giải Đặc biệt “Ngân hàng xanh cho cuộc sống xanh”, khẳng định vai trò tiên phong trong hỗ trợ chuyển đổi xanh quốc gia.



Hình 4. Tỷ lệ nợ xấu của Agribank giai đoạn 2020 - 2024

Nguồn: Báo cáo thường niên Agribank các năm 2020–2024

Tiêu chí S – Xã hội: Agribank duy trì tỷ lệ lao động nữ trên 50%, trong đó có gần một nửa giữ chức vụ quản lý – phản ánh chính sách bình đẳng giới rõ nét. Công tác đào tạo được đẩy mạnh với hơn 385.000 lượt người lao động tham gia năm 2024, tăng 18% so với 2023, nhờ áp dụng hệ thống E-learning. Đây là bước tiến quan trọng, vừa tiết kiệm chi phí, vừa nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong giai đoạn chuyển đổi số.

Thu nhập bình quân nhân viên đạt 34,3 triệu đồng/người/tháng năm 2024, thể hiện sự quan tâm đến đời sống người lao động. Ngoài ra, Agribank còn chú trọng phòng, chống rửa tiền với việc thành lập Trung tâm Phòng, chống rửa tiền và tổ chức 34 lớp tập huấn cho gần 3.000 người lao động trong năm 2024 (Agribank, 2021–2024).

Tiêu chí G – Quản trị: Trong giai đoạn 2020–2024, Agribank duy trì tốc độ tăng trưởng ổn định: tổng tài sản tăng bình quân 9,2%/năm, vốn huy động từ các định chế tài chính doanh nghiệp và dân cư tăng 8,7%/năm và dư nợ cho vay tăng 9,1%/năm. Vốn điều lệ cũng tăng mạnh từ 34.328 tỷ đồng (2021) lên 51.639 tỷ đồng (2024), nâng cao năng lực tài chính và khả năng chống chịu rủi ro (Agribank, 2021–2024).

Tỷ lệ nợ xấu duy trì dưới 2% trong 5 năm, giảm còn 1,58% năm 2024 - mức thấp nhất trong giai đoạn. Lợi nhuận trước thuế tăng từ 13.203 tỷ đồng (2020) lên 27.575 tỷ đồng (2024), tăng hơn 108%. Những kết quả này cho thấy năng lực quản trị hiệu quả, bảo đảm cân bằng giữa tăng trưởng kinh doanh và kiểm soát rủi ro (Agribank, 2021–2024) (Hình 4,5).

ESG không chỉ là bộ tiêu chí quốc tế mà đã trở thành trụ cột phát triển của Agribank, góp phần nâng cao uy tín và hình ảnh “ngân hàng xanh”. Đặc biệt, các chỉ số về tín dụng xanh và quản



trị rủi ro cho thấy Agribank đã lồng ghép yếu tố môi trường và xã hội vào hoạt động kinh doanh một cách thực chất. Tuy nhiên, thách thức còn nằm ở việc chuẩn hóa và minh bạch hóa các chỉ số ESG để so sánh với chuẩn mực quốc tế, từ đó nâng cao sức cạnh tranh toàn cầu.

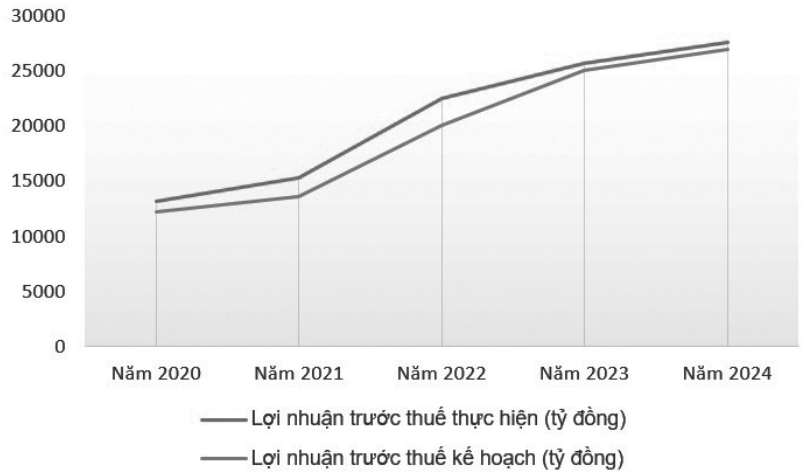
3. ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN DỊCH VỤ NGÂN HÀNG ĐIỆN TỬ THEO HƯỚNG DỊCH VỤ XANH TẠI AGRIBANK

Trong những năm gần đây, Agribank đã có những bước tiến đáng kể trong phát triển dịch vụ NHĐT gắn với mục tiêu xanh và bền vững.

Trước hết, về quy mô và doanh thu, tổng doanh thu dịch vụ tăng từ 7.093.752 triệu đồng (2022) lên 7.529.975 triệu đồng (2024). Dù tốc độ tăng chưa cao, nhưng ổn định, cho thấy Agribank đang hình thành trụ cột dịch vụ song song với tín dụng. Cơ cấu doanh thu cũng có sự dịch chuyển tích cực: tỷ trọng dịch vụ thanh toán giảm dần, trong khi các dịch vụ giá trị gia tăng như tư vấn và dịch vụ bổ sung tăng nhanh, phản ánh xu thế đa dạng hóa nguồn thu.

Về chuyển đổi số, tỷ lệ giao dịch qua kênh số đạt 96% năm 2024 (so với 91% năm 2022), hồ sơ lưu trữ điện tử đạt 60%. Các nền tảng số đa kênh như Agribank Digital, ATM giao dịch bằng CCCD gắn chip, eBanking cho cá nhân và doanh nghiệp... đã tạo hệ sinh thái thuận tiện, hiện đại. Đặc biệt, mô hình “Điểm giao dịch lưu động” giúp mở rộng tiếp cận dịch vụ đến vùng sâu, vùng xa, góp phần thúc đẩy tài chính toàn diện và giảm chi phí vận hành cơ sở vật chất cố định – một bước đi vừa nhân văn, vừa “xanh”.

Về năng lực tài chính – quản trị, giai đoạn 2020–2024, cả ba chỉ tiêu trọng yếu (tổng tài sản, huy động vốn, dư nợ cho vay) đều tăng trưởng ổn định trên 8%/năm. Vốn điều lệ tăng hơn 50%, tỷ lệ nợ xấu duy trì dưới 2% và lợi nhuận trước thuế tăng hơn 108% so với năm 2020. Những kết quả này cho thấy Agribank đã duy trì hiệu quả kinh doanh bền vững, đồng thời kiểm soát rủi ro tốt.



Hình 5. Kết quả thực hiện lợi nhuận trước thuế của Agribank

Đơn vị tính: tỷ đồng

Nguồn: Báo cáo thường niên Agribank các năm 2020–2024

Về ESG, Agribank đã tích cực triển khai tín dụng xanh với dư nợ gần 29.000 tỷ đồng cho hơn 42.000 khách hàng, tập trung vào năng lượng tái tạo, nông nghiệp xanh, lâm nghiệp bền vững. Ngân hàng cũng chú trọng bình đẳng giới, đào tạo nhân lực qua E-learning, và nâng cao phòng chống rửa tiền. Việc được vinh danh giải thưởng “Ngân hàng xanh cho cuộc sống xanh” khẳng định vai trò tiên phong trong lĩnh vực này.

Như vậy, trong thời gian qua, Agribank đã kết hợp khá hiệu quả giữa chuyển đổi số và mục tiêu xanh, tạo ra lợi ích “kép”: tăng trưởng kinh doanh và giảm tác động môi trường. Tuy nhiên, thách thức vẫn tồn tại: hạ tầng công nghệ chưa đồng bộ, thói quen sử dụng tiền mặt ở nông thôn còn phổ biến, và tiêu chí đo lường “xanh” trong dịch vụ số chưa được chuẩn hóa. Đây là những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu, thảo luận trong toàn hệ thống ngân hàng.

4. GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN DỊCH VỤ NGÂN HÀNG ĐIỆN TỬ THEO HƯỚNG DỊCH VỤ XANH TẠI AGRIBANK

Phát triển NHĐT theo hướng xanh không chỉ là xu thế tất yếu trong chuyển đổi số mà còn là trách nhiệm xã hội của Agribank trong chiến lược phát triển bền vững. Để hiện thực hóa mục tiêu này, một số giải pháp trọng tâm cần được triển khai:

Thứ nhất, mở rộng hệ sinh thái số gắn với tiêu chí xanh, đa dạng hóa các sản phẩm dịch vụ NHĐT xanh. Các nền tảng số như E-Mobile Banking, Internet Banking, QR Pay hay Soft POS cần được nâng cấp theo hướng hạn chế sử dụng giấy tờ, hóa đơn in và thiết bị tiêu thụ nhiều năng lượng. Song song, cần khuyến khích khách hàng ưu tiên giao dịch số thay cho giao dịch truyền thống, qua đó giảm phát thải từ hoạt động vận hành và đi lại.

Thứ hai, tiếp tục thúc đẩy NHĐT tại khu vực nông thôn. Với lợi thế mạng lưới rộng khắp, Agribank cần đẩy mạnh cung cấp dịch vụ số tại vùng sâu, vùng xa – nơi tiền mặt còn phổ biến. Mô hình điểm



giao dịch lưu động bằng xe chuyên dụng kết hợp ứng dụng ngân hàng số không chỉ giúp người dân tiếp cận dịch vụ hiện đại, mà còn giảm chi phí và phát thải so với việc xây dựng cơ sở vật chất cố định.

Thứ ba, tích hợp mục tiêu xanh vào sản phẩm số. Agribank có thể phát triển gói sản phẩm điện tử hỗ trợ các hoạt động kinh tế xanh, như ưu đãi lãi suất hoặc miễn phí giao dịch cho khách hàng trong lĩnh vực nông nghiệp hữu cơ, năng lượng tái tạo, xử lý chất thải. Ngoài ra, tích hợp công cụ đo “dấu chân các-bon” trong giao dịch cũng là một xu hướng mới, giúp khách hàng nâng cao ý thức môi trường.

Thứ tư, tăng cường an ninh bảo mật thông tin dịch vụ NHĐT, Agribank cần tiếp tục đầu tư vào các công nghệ bảo mật tiên tiến như xác thực sinh trắc học, trí tuệ nhân tạo và hệ thống cảnh báo sớm, nhằm bảo vệ khách hàng và đảm bảo tính bền vững của hệ sinh thái ngân hàng số.

Năm là, tiếp tục hợp tác với các nhà cung cấp giải pháp công nghệ để số hóa báo cáo và phân tích ESG đối với các sản phẩm NHĐT, tự động hóa thu thập, hợp nhất và báo cáo dữ liệu ESG theo các chuẩn quốc tế (như GRI, IFRS 1, IFRS 2); phân tích khí thải tính toán và trực quan hóa dữ liệu phát thải khí nhà kính (GHG) trên nền tảng đám mây; áp dụng phần mềm SaaS tính toán và trực quan hóa dữ liệu GHG (Zeroboard); áp dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và Big Data để tự động hóa thu thập dữ liệu ESG và nâng cao hiệu quả báo cáo bền vững.

Sáu là, đầu tư và sử dụng công nghệ trong đánh giá, đo lường rủi ro môi trường và xã hội trong hoạt động cấp tín dụng. Ngân hàng Nhà nước khuyến khích ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và Big Data để tự động hóa thu thập dữ liệu ESG đối với các sản phẩm NHĐT.

6. KẾT LUẬN

Trong tiến trình chuyển đổi số và thực hiện cam kết phát triển bền vững, Agribank đã khẳng định vai trò tiên phong trong việc tích hợp yếu tố “xanh” vào dịch vụ NHĐT. Từ mở rộng nền tảng số, triển khai tín dụng xanh đến phát triển mô hình điểm giao dịch lưu động, ngân hàng vừa nâng cao hiệu quả kinh doanh, vừa góp phần giảm thiểu tác động môi trường. Kết quả đạt được cho thấy Agribank không chỉ theo kịp xu thế công nghệ, mà còn từng bước hiện thực hóa mục tiêu phát triển bền vững của ngành ngân hàng và Chiến lược Tăng trưởng xanh quốc gia. Tuy nhiên, để tiến xa hơn, Agribank cần tiếp tục đầu tư hạ tầng số thân thiện với môi trường, đa dạng hóa sản phẩm điện tử gắn với kinh tế xanh và lan tỏa thói quen tiêu dùng tài chính bền vững đến cộng đồng. Đây cũng là những vấn đề cần tiếp tục được trao đổi trong toàn ngành

ngân hàng nhằm xây dựng hệ thống dịch vụ tài chính hiện đại, an toàn và thân thiện với môi trường, đóng góp thiết thực cho mục tiêu phát thải ròng bằng “0” của Việt Nam vào năm 2050 ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Agribank. (2021-2024). Báo cáo thường niên 2021-2024. Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Việt Nam, Hà Nội.
2. Agribank. (2024). Chiến lược ESG giai đoạn 2024-2030. Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Việt Nam, Hà Nội.
3. Bank for International Settlements (BIS). (2021). Green banking and sustainable finance: Policy perspectives. Basel, Switzerland.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2022). Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050. Hà Nội.
5. Chính phủ. (2022). Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 về giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ozon. Hà Nội.
6. Chính phủ. (2023). Chiến lược quốc gia về BDKH đến năm 2050. Hà Nội.
7. International Finance Corporation (IFC). (2020). Green Banking in Emerging Markets: Trends and Best Practices. Washington, DC.
8. Khan, M., & Kumar, S. (2021). E-banking adoption and its impact on sustainability performance: Evidence from Asian markets. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 11(4), 567-585. <https://doi.org/10.1080/20430795.2020.1778910>
9. Nguyễn Thị Lan Hương, & Trần Minh Đức. (2022). Phát triển ngân hàng xanh tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức. *Tạp chí Ngân hàng*, 12, 15-22.
10. UNEP. (2021). Aligning Finance with Green Economy: A Guide for Financial Institutions. Nairobi: United Nations Environment Programme.
11. World Bank. (2022). Digital financial services and sustainability in developing economies. Washington, DC.
12. Zhang, L., & Yang, X. (2020). ESG and financial performance: Evidence from banking sector. *Sustainability*, 12(16), 6405. <https://doi.org/10.3390/su12166405>
13. Zhou, Y., Li, H., & Wang, J. (2023). Green digital finance and sustainable development: Evidence from emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 392, 136298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136298>
14. OECD. (2024). ESG and sustainable finance in the banking sector: Policy challenges and opportunities. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.



Kinh nghiệm quốc tế trong quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng phục vụ chuyển đổi năng lượng và bài học cho Việt Nam

NGUYỄN VĂN CƯỜNG¹, NGUYỄN THỊ KIM NGÂN¹, PHẠM ĐỨC MINH¹,
NGUYỄN THỊ MINH TÂM¹

¹Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Tóm tắt

Bài viết phân tích kinh nghiệm của Mỹ, Liên minh châu Âu (EU), Trung Quốc, Australia và Canada trong quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng phục vụ chuyển đổi năng lượng, từ đó rút ra bài học cho Việt Nam. Đồng thời đề xuất Việt Nam sớm ban hành danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng, hoàn thiện chính sách khai thác gắn với chế biến sâu và BVMT, khuyến khích đầu tư công nghệ và hợp tác quốc tế, nhằm bảo đảm nguồn cung bền vững và phục vụ mục tiêu chuyển đổi năng lượng quốc gia.

Từ khóa: Khoáng sản chiến lược, quan trọng, bảo vệ môi trường, chuyển đổi năng lượng quốc gia.

JEL Classifications: N55, O13, O44.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuyển đổi năng lượng toàn cầu đang đặt ra nhu cầu lớn về khoáng sản chiến lược, quan trọng, vốn là nguyên liệu đầu vào thiết yếu cho pin lithium-ion, tuabin gió, tấm pin mặt trời, xe điện và lưới điện thông minh [1]. Các khoáng sản như lithium, cobalt, nickel, đất hiếm, đồng và graphite có đặc tính khan hiếm, khó thay thế, thường tập trung ở một số ít quốc gia, do đó dễ gây gián đoạn chuỗi cung ứng [2]. Theo dự báo của IEA (2021), nhu cầu lithium có thể tăng hơn 40 lần và cobalt, nickel tăng 15-25 lần vào năm 2040, chủ yếu do thị trường xe điện và lưu trữ năng lượng. Thực tế này khiến nhiều nền kinh tế lớn như Mỹ, EU, Nhật Bản, Australia, Canada... phải xây dựng chiến lược quốc gia nhằm đảm bảo an ninh nguyên liệu.

Khái niệm “khoáng sản chiến lược, quan trọng” được tiếp cận theo nhiều cách khác nhau. IEA (2021) xem đây là nhóm nguyên liệu không thể thay thế trong công nghệ năng lượng sạch; USGS (2022) nhấn mạnh vai trò thiết yếu cho kinh tế và an ninh quốc gia nhưng dễ bị gián đoạn cung ứng; trong khi EU xác định dựa trên hai tiêu chí: tầm quan trọng kinh tế và nguy cơ rủi ro nguồn cung [3]. Trung Quốc tuy không chính thức sử dụng thuật ngữ này nhưng áp dụng cơ chế quản lý chặt chẽ đối với đất hiếm và các tài nguyên chiến lược khác [4].

Tại Việt Nam, Theo Điều 2, Luật Địa chất và Khoáng sản năm 2024, khoáng sản chiến lược, quan trọng được định nghĩa là khoáng sản thiết yếu phục vụ phát triển kinh tế - xã hội bền vững và tăng cường quốc phòng, an ninh của đất nước. Việt Nam có tiềm năng đáng kể về một số khoáng sản chiến lược, quan trọng. Các mỏ bauxite tại Tây Nguyên có trữ lượng hàng tỷ tấn, đất hiếm phân bố chủ yếu ở Lai Châu và

Lào Cai, titan tập trung ở ven biển miền Trung với trữ lượng hàng trăm triệu tấn. Tuy nhiên, phần lớn hoạt động khai thác vẫn tập trung vào xuất khẩu thô hoặc sơ chế, thiếu công nghệ tinh luyện sâu, dẫn đến giá trị gia tăng thấp [5]. Các vấn đề về môi trường, quản lý tài nguyên và quy hoạch khai thác vẫn tồn tại, đặc biệt ở các khu vực có hoạt động khai thác nhỏ lẻ, manh mún. Trong bối cảnh cạnh tranh địa chính trị ngày càng gay gắt, việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế để xây dựng chiến lược quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng là cấp thiết, nhằm vừa bảo đảm an ninh nguyên liệu, vừa thúc đẩy phát triển bền vững.

2. KINH NGHIỆM CỦA MỘT SỐ QUỐC GIA TRONG QUẢN LÝ KHOÁNG SẢN CHIẾN LƯỢC, QUAN TRỌNG

2.1. Mỹ

Mỹ là một trong những quốc gia sớm nhận diện vai trò chiến lược của khoáng sản chiến lược, quan trọng đối với an ninh năng lượng, quốc phòng và công nghiệp công nghệ cao. Từ năm 2018, Bộ Nội vụ đã công bố danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng đầu tiên, được cập nhật định kỳ bởi USGS; phiên bản mới nhất năm 2022 xác định 50 loại, bao gồm lithium, cobalt, nickel, đất hiếm và graphite [2].

Về chính sách, Đạo luật An ninh Khoáng sản năm 2019 tạo nền tảng pháp lý cho thăm dò và phát triển nguồn cung trong nước, đồng thời thúc đẩy nghiên cứu công nghệ chế biến và tái chế. Các đạo luật lớn như Đạo luật Việc làm và Đầu tư Cơ sở hạ tầng 2021 và Đạo luật Giảm Lạm phát 2022 phân bổ hàng tỷ USD cho chuỗi cung ứng sản xuất pin, năng lượng tái tạo và vật liệu lưu trữ. Tháng 3/2022, Tổng thống Mỹ kích hoạt Đạo luật Sản xuất quốc phòng để coi khai thác và chế biến các khoáng sản phục vụ sản xuất pin là



năng lực công nghiệp quốc phòng, qua đó huy động nguồn vốn và hợp đồng mua sắm dài hạn, giảm rủi ro thị trường và đẩy nhanh tiến độ các dự án chiến lược. Văn phòng Chương trình cho vay của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) mở rộng phạm vi hỗ trợ thông qua chương trình Title 17 để cung cấp tín dụng ưu đãi cho các dự án khai thác, tinh luyện và sản xuất vật liệu pin, trong đó có các thương vụ lớn như dự án lithium Thacker Pass tại Nevada.

Chính phủ Mỹ triển khai chính sách “Friendshoring” (chuyển dịch chuỗi cung ứng sang các quốc gia đồng minh), đa dạng hóa nguồn cung thông qua các hiệp định hợp tác khai thác và chế biến khoáng sản với Canada, Australia, Chile, Zambia và nhiều quốc gia khác. Đồng thời duy trì cơ chế dự trữ khoáng sản chiến lược để đối phó với rủi ro gián đoạn nguồn cung.

Về công nghệ, Mỹ đẩy mạnh đầu tư cho nghiên cứu và phát triển (R&D) trong lĩnh vực chế biến sâu, tinh luyện và tái chế khoáng sản. Các chương trình như Khoáng sản và vật liệu quan trọng; Phát triển bền vững khoáng sản và quản trị môi trường do DOE quản lý hướng tới cải thiện công nghệ khai thác, phát triển vật liệu thay thế và nâng cao hiệu quả tái chế từ sản phẩm thải bỏ như pin và thiết bị điện tử.

Tuy nhiên, Mỹ vẫn phải đối mặt với một số thách thức như chi phí khai thác nội địa cao, quy trình cấp phép môi trường kéo dài và sự phản đối của cộng đồng địa phương đối với các dự án khai thác mới. Để khắc phục, Chính phủ đã rút ngắn thời gian xem xét hồ sơ cấp phép, đồng thời thiết lập tiêu chuẩn môi trường và an toàn lao động nghiêm ngặt, tạo sự cân bằng giữa phát triển kinh tế và BVMT.

Nhìn chung, mô hình quản lý khoáng sản của Mỹ thể hiện chiến lược đa trụ cột: phát triển nguồn cung nội địa, đa dạng hóa đối tác quốc tế, dự trữ chiến lược, đầu tư R&D và hỗ trợ tài chính công. Đây là kinh nghiệm có giá trị cho Việt Nam trong định hình chính sách khoáng sản gắn với mục tiêu an ninh quốc gia và chuyển đổi năng lượng bền vững.

2.2. Liên minh châu Âu (EU)

EU là khu vực tiên phong trong hoạch định chính sách quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng nhằm đảm bảo an ninh nguyên liệu, giảm phụ thuộc nhập khẩu và thúc đẩy quá trình chuyển đổi năng lượng bền vững. Cách tiếp cận của EU mang tính hệ thống, kết hợp giữa khung pháp lý cấp Liên minh và chính sách hỗ trợ tại từng quốc gia thành viên, dựa trên nguyên tắc phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn [6].

Nền tảng pháp lý quan trọng là Kế hoạch hành động về nguyên liệu thô quan trọng 2020 với bốn trụ cột: phát triển chuỗi cung ứng nội khối, đa dạng hóa nhập khẩu từ đối tác tin cậy, tăng cường tái chế và R&D

vật liệu thay thế. Danh mục cập nhật năm 2023 xác định 34 khoáng sản chiến lược, quan trọng, trong đó có lithium, cobalt, nickel và đất hiếm. Một bước ngoặt lớn là Đạo luật Nguyên liệu thô quan trọng (CRMA), thông qua năm 2024, đặt mục tiêu đến 2030 EU phải tự đảm bảo 10% nhu cầu khai thác, 40% chế biến, 15% tái chế và không phụ thuộc quá 65% vào bất kỳ quốc gia ngoài khối nào. CRMA cũng thiết lập cơ chế Dự án chiến lược, cho phép ưu tiên cấp phép và hỗ trợ tài chính, với thời gian xét duyệt tối đa 24 tháng cho khai thác và 12 tháng cho chế biến - tái chế.

Về tài chính, EU sử dụng Quỹ Horizon Europe, Quỹ Đổi mới và Ngân hàng Đầu tư châu Âu để tài trợ R&D, phát triển công nghệ chế biến xanh và tái chế. Đồng thời, mạng lưới hợp tác quốc tế được mở rộng với Canada, Australia, Chile, Namibia và nhiều nước ở châu Phi, Mỹ Latinh, thông qua cơ chế Đối tác nguyên liệu chiến lược. Bên trong khối, Liên minh nguyên liệu thô châu Âu (ERMA) đóng vai trò kết nối doanh nghiệp, viện nghiên cứu và cơ quan quản lý nhằm thúc đẩy hợp tác công - tư và đảm bảo chuỗi cung ứng ổn định.

EU áp dụng tiêu chuẩn nghiêm ngặt về môi trường và minh bạch chuỗi cung ứng, với mọi dự án khai thác phải tuân thủ Chỉ thị Đánh giá tác động môi trường và các quy định về tính bền vững, truy xuất nguồn gốc. Tuy nhiên, những hạn chế về địa chất, phân đối xã hội và cạnh tranh quốc tế gay gắt khiến EU vẫn phụ thuộc lớn vào nhập khẩu. Do đó, EU tiếp tục tập trung vào đa dạng hóa nguồn cung, mở rộng tái chế và phát triển vật liệu thay thế.

Kinh nghiệm của EU cho thấy sự kết hợp giữa khung pháp lý chặt chẽ, mục tiêu định lượng rõ ràng, cơ chế ưu tiên cho dự án chiến lược, hỗ trợ tài chính mạnh mẽ và hợp tác quốc tế đa dạng chính là chìa khóa để giảm phụ thuộc nhập khẩu và bảo đảm nguồn cung bền vững - một định hướng có giá trị tham khảo đối với Việt Nam trong xây dựng chính sách khoáng sản chiến lược, quan trọng.

2.3. Trung Quốc

Trung Quốc hiện giữ vị thế thống trị toàn cầu về nhiều khoáng sản chiến lược, quan trọng, đặc biệt là đất hiếm, graphite tự nhiên, antimony và tungsten. Năm 2022, nước này chiếm khoảng 70% sản lượng khai thác đất hiếm và hơn 85% năng lực tinh luyện thế giới, đồng thời kiểm soát phần lớn chuỗi giá trị sản xuất nam châm vĩnh cửu phục vụ xe điện, tua-bin gió và thiết bị điện tử [7]. Khung pháp lý trọng tâm gồm Quy hoạch phát triển ngành đất hiếm 2021-2025, định hướng nâng cao hiệu quả khai thác, mở rộng chế biến sâu và siết chặt quản lý bằng hạn ngạch khai thác - xuất khẩu cùng giấy phép đặc biệt [8]. Đặc biệt, Quy định Quản lý đất hiếm ban hành tháng 6/2024 đã thiết lập



khuôn khổ điều tiết toàn diện, coi đất hiếm là tài sản quốc gia, quy định cấp phép bắt buộc, kiểm soát chặt sản lượng, triển khai truy xuất nguồn gốc và siết xuất khẩu, qua đó củng cố quyền kiểm soát chuỗi cung ứng toàn cầu.

Trong thương mại, Trung Quốc từng gây biến động lớn khi cắt giảm hạn ngạch xuất khẩu đất hiếm giai đoạn 2010-2011 và gần đây hạn chế xuất khẩu gallium, germanium năm 2023 nhằm đáp trả chính sách kiểm soát công nghệ của Mỹ và đồng minh. Biện pháp này được ước tính có thể làm giảm GDP Mỹ tới 3,4 tỷ USD [9-10]. Cùng với đó, Trung Quốc đẩy mạnh đầu tư ra nước ngoài tại châu Phi, Nam Mỹ và Đông Nam Á, vừa đảm bảo nguồn cung thượng nguồn vừa tăng cường ảnh hưởng địa chính trị [11]. Về công nghệ, quốc gia này dẫn đầu trong tinh luyện và sản xuất vật liệu chức năng như nam châm NdFeB và pin lithium-ion, đồng thời đầu tư mạnh vào R&D và công nghệ tái chế, dù phải đối mặt với các chỉ trích liên quan đến ô nhiễm môi trường tại các mỏ đất hiếm ở Nội Mông và Giang Tây [12].

Kinh nghiệm của Trung Quốc cho thấy tầm quan trọng của việc tích hợp chính sách công nghiệp, kiểm soát thương mại và phát triển công nghệ để xây dựng vị thế thống trị trong chuỗi giá trị khoáng sản chiến lược. Tuy nhiên, bài học đi kèm là thách thức cân bằng giữa tăng trưởng và BVMT, điều đặc biệt đáng lưu ý đối với các quốc gia như Việt Nam khi phát triển ngành này.

2.4. Australia

Australia là quốc gia sở hữu trữ lượng khoáng sản chiến lược, quan trọng hàng đầu thế giới, nổi bật với lithium, đất hiếm, cobalt, nickel và mangan. Năm 2022, Australia chiếm hơn 50% sản lượng lithium toàn cầu và nằm trong nhóm dẫn đầu về trữ lượng đất hiếm, đóng vai trò then chốt trong chuỗi cung ứng năng lượng tái tạo và pin xe điện [7].

Về chính sách, Chính phủ Australia ban hành Chiến lược Khoáng sản quan trọng năm 2019 và được cập nhật năm 2023, đặt mục tiêu đưa Australia thành trung tâm khai thác, chế biến và cung ứng toàn cầu. Chiến lược này tập trung vào ba trụ cột: phát triển công suất nội địa, thúc đẩy hợp tác quốc tế và hỗ trợ tài chính - công nghệ cho doanh nghiệp [13].

Công cụ tài chính được triển khai mạnh mẽ thông qua Quỹ Cơ sở hạ tầng Bắc Úc (NAIF), Quỹ Tài chính xuất khẩu (EFA) và Quỹ Khoáng sản quan trọng trị giá 2 tỷ AUD. Đặc biệt, từ 2024, Chính phủ Australia áp dụng Chính sách Ưu đãi thuế sản xuất khoáng sản quan trọng (CMPTI), cho phép hoàn thuế 10% đối với chi phí chế biến/tinh luyện một danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng được xác định bởi Chính phủ. Chính sách này được luật hóa và thực thi theo hướng

dẫn của Cơ quan Thuế Australia (ATO), nhằm khuyến khích doanh nghiệp giữ lại các khâu chế biến có giá trị gia tăng trong nước, giảm xuất khẩu thô, đồng thời thúc đẩy đầu tư vào công nghệ tinh luyện tiên tiến.

Trong hợp tác quốc tế, Australia là thành viên chủ chốt của Đối tác an ninh khoáng sản (MSP) cùng Mỹ, EU, Nhật Bản, Canada và Hàn Quốc, đồng thời ký kết nhiều thỏa thuận song phương với Nhật Bản, Ấn Độ, Hàn Quốc và EU để đa dạng hóa thị trường và thu hút đầu tư.

Ở khía cạnh công nghệ - môi trường, Australia chú trọng chế biến sâu, tái chế và xử lý chất thải theo hướng kinh tế tuần hoàn, đồng thời áp dụng tiêu chuẩn môi trường nghiêm ngặt và mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Tuy vậy, Australia vẫn đối mặt với thách thức phụ thuộc vào thị trường Trung Quốc và chi phí sản xuất cao, buộc phải đẩy mạnh đa dạng hóa, đầu tư công nghệ.

Kinh nghiệm của Australia cho thấy vai trò của chính sách tài chính - thuế, hợp tác quốc tế và tiêu chuẩn môi trường cao trong phát triển bền vững khoáng sản chiến lược, quan trọng. Đây là mô hình có giá trị tham khảo cho Việt Nam trong xây dựng chiến lược dài hạn.

2.5. Canada

Canada là một trong những quốc gia có tiềm lực khoáng sản chiến lược, quan trọng lớn, gồm nickel, cobalt, lithium, graphite, đất hiếm và nhiều nguyên tố chiến lược khác. Với trữ lượng dồi dào, công nghệ khai thác - chế biến tiên tiến và hệ thống pháp lý minh bạch, Canada giữ vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu [14].

Chính phủ Canada ban hành Chiến lược Khoáng sản quan trọng năm 2022, nhằm xây dựng chuỗi cung ứng bền vững, bảo đảm an ninh kinh tế và thúc đẩy chuyển đổi năng lượng. Chiến lược xác định 31 khoáng sản chiến lược, quan trọng, ưu tiên 6 loại chủ chốt gồm lithium, graphite, nickel, cobalt, copper và đất hiếm, gắn liền với các ngành pin, năng lượng tái tạo và công nghệ cao [15].

Về tài chính, Canada thành lập Quỹ Khoáng sản quan trọng trị giá 3,8 tỷ CAD để đầu tư vào thăm dò, khai thác, chế biến và tái chế. Cùng với đó, các ưu đãi thuế và nguồn vốn từ Ngân hàng Cơ sở hạ tầng Canada và Ngân hàng Phát triển kinh doanh Canada hỗ trợ doanh nghiệp mở rộng sản xuất.

Trong hợp tác quốc tế, Canada là thành viên tích cực của MSP cùng Mỹ, Australia, EU, Nhật Bản và Hàn Quốc. Ngoài ra, nước này ký kết nhiều thỏa thuận song phương, đặc biệt với Mỹ theo Hiệp định Lộ trình tăng cường quan hệ đối tác Mỹ - Canada 2021 về khoáng sản chiến lược, quan trọng, nhằm phát triển chuỗi



cung ứng chung cho xe điện và năng lượng sạch.

Về môi trường và công nghệ, Canada áp dụng tiêu chuẩn khai thác nghiêm ngặt, yêu cầu đánh giá tác động môi trường - xã hội (ESIA) và thúc đẩy hợp tác với cộng đồng bản địa để bảo đảm chia sẻ lợi ích công bằng. Chính phủ cũng ưu tiên nghiên cứu và đổi mới công nghệ tái chế nhằm giảm khai thác nguyên khai và nâng cao hiệu quả kinh tế tuần hoàn.

Tuy nhiên, Canada đối diện thách thức về điều kiện khí hậu khắc nghiệt ở vùng mỏ phía Bắc, chi phí sản xuất cao, thủ tục phê duyệt kéo dài và cạnh tranh toàn cầu gay gắt. Mặc dù vậy, nhờ hệ thống pháp lý minh bạch, nguồn lực khoáng sản dồi dào và cam kết phát triển bền vững, Canada đang khẳng định vị thế là đối tác chiến lược trong chuỗi cung ứng khoáng sản toàn cầu.

3. BÀI HỌC CHO VIỆT NAM

Phân tích kinh nghiệm của Mỹ, EU, Trung Quốc, Australia và Canada cho thấy, các quốc gia này đều triển khai chiến lược khoáng sản chiến lược, quan trọng với tầm nhìn dài hạn, cơ chế pháp lý chặt chẽ, công cụ tài chính mạnh mẽ và mạng lưới hợp tác quốc tế rộng, qua đó đảm bảo an ninh nguyên liệu, thúc đẩy phát triển công nghiệp chiến lược và đáp ứng mục tiêu chuyển đổi năng lượng.

Thứ nhất, tất cả đều xác định và công bố danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng dựa trên phân tích an ninh nguyên liệu, nhu cầu công nghiệp và rủi ro chuỗi cung ứng. Mỹ có danh mục cập nhật hàng năm; EU công bố định kỳ hai năm một lần, gắn với Kế hoạch hành động về nguyên liệu thô và Đạo luật Nguyên liệu thô quan trọng đặt mục tiêu đến 2030: ít nhất 10% nhu cầu khai thác nội khối, 40% chế biến, 15% tái chế và không phụ thuộc quá 65% vào một nguồn bên ngoài; Australia tập trung vào lithium, đất hiếm, cobalt, nickel và mangan; Canada ưu tiên sáu nguyên liệu chiến lược (lithium, graphite, nickel, cobalt, copper, đất hiếm). Trung Quốc duy trì hệ thống phân loại và kiểm soát nghiêm ngặt, trong đó đất hiếm được quản lý đặc biệt qua Quy định Quản lý đất hiếm. Việt Nam hiện chưa có danh mục pháp lý tương tự, dẫn đến khoảng trống trong định hướng đầu tư và hợp tác quốc tế. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, cần thể chế hóa danh mục này, gắn với mục tiêu chuyển đổi năng lượng và phát triển công nghiệp công nghệ cao.

Thứ hai, về khung pháp lý và cơ chế quản lý, các nước đều áp dụng mô hình quản lý chuỗi giá trị khép kín từ thăm dò - khai thác - chế biến - thương mại. Mỹ sử dụng Đạo luật Sản xuất quốc phòng và Đạo luật Giảm lạm phát để cấp vốn, tín dụng và bảo đảm mua sản phẩm; EU áp dụng quy chuẩn môi trường nghiêm ngặt và cơ chế phê duyệt nhanh cho dự án chiến lược; Trung Quốc quản lý bằng hạn ngạch khai thác và xuất khẩu, yêu

cầu doanh nghiệp thực hiện chế biến sâu trong nước; Australia và Canada gắn cấp phép với tiêu chuẩn môi trường và nghĩa vụ hợp tác cộng đồng bản địa. Việt Nam có thể học hỏi bằng cách gắn giấy phép khai thác với cam kết chế biến nội địa, chuyển giao công nghệ và đáp ứng tiêu chuẩn môi trường tiệm cận OECD.

Thứ ba, công cụ tài chính và ưu đãi đóng vai trò quyết định. Australia triển khai Quỹ Khoáng sản quan trọng (2 tỷ AUD) cùng Quỹ NAIF và EFA hỗ trợ tín dụng ưu đãi; Canada thành lập Quỹ Khoáng sản quan trọng (3,8 tỷ CAD) và áp dụng ưu đãi thuế như CMETC 30%; Mỹ phân bổ hàng tỷ USD qua các quỹ liên bang; EU huy động vốn từ Horizon Europe và Cơ chế Kết nối châu Âu; Trung Quốc hỗ trợ vốn và bảo hiểm đầu tư ra nước ngoài cho doanh nghiệp khai khoáng. Việt Nam hiện thiếu cơ chế tài chính chuyên biệt cho khoáng sản chiến lược, quan trọng, do đó cần thiết kế gói hỗ trợ tín dụng - thuế kết hợp, ưu tiên dự án chế biến sâu và R&D.

Thứ tư, hợp tác quốc tế là trụ cột chiến lược. Mỹ, Australia, Canada cùng EU, Nhật Bản, Hàn Quốc là thành viên của MSP. EU triển khai ERMA kết nối doanh nghiệp - viện nghiên cứu - Chính phủ; Trung Quốc mở rộng đầu tư khai thác ở châu Phi, Nam Mỹ và Đông Nam Á để kiểm soát nguồn cung. Việt Nam cần nghiên cứu các sáng kiến đa phương như MSP hoặc ERMA, nghiên cứu và xem xét thúc đẩy ký kết thỏa thuận song phương với các đối tác chiến lược để tiếp cận công nghệ, vốn và thị trường.

Thứ năm, về công nghệ và đổi mới sáng tạo, các nước đều ưu tiên chế biến sâu và tái chế nhằm giảm phụ thuộc vào khai thác nguyên khai. EU đặt mục tiêu tái chế 15% nhu cầu; Australia và Canada khuyến khích đầu tư công nghệ tinh luyện và tái chế pin; Mỹ tài trợ R&D cho vật liệu thay thế và quy trình tái chế tiên tiến; Trung Quốc giữ vị trí thống trị toàn cầu về công suất tinh luyện đất hiếm. Việt Nam hiện thiếu năng lực chế biến và tái chế, cần tập trung phát triển cũng như tiếp nhận công nghệ tiên tiến, đồng thời áp dụng các chính sách ưu đãi thuế và tín dụng để khuyến khích doanh nghiệp đầu tư vào lĩnh vực này.

Thứ sáu, môi trường và phát triển bền vững được tích hợp sâu trong chính sách. Canada yêu cầu đánh giá tác động môi trường - xã hội và hợp tác với cộng đồng bản địa; Australia áp dụng chuẩn môi trường nghiêm ngặt và mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào 2050; EU gắn dự án khai thác với tiêu chuẩn xanh và phục hồi sinh thái; kinh nghiệm Trung Quốc cho thấy việc nới lỏng tiêu chuẩn môi trường dẫn tới hậu quả nghiêm trọng về sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Việt Nam cần cân bằng giữa khai thác và bảo tồn, tích hợp mục tiêu phát triển bền vững vào toàn bộ vòng đời dự án.



Từ các phân tích trên, bài học cho Việt Nam là cần xây dựng mô hình quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng dựa trên năm trụ cột: (i) Danh mục và tiêu chí xác định rõ ràng, cập nhật định kỳ; (ii) Khung pháp lý đồng bộ, gắn khai thác với chế biến và chuẩn môi trường cao; (iii) Công cụ tài chính - ưu đãi thuế chuyên biệt; (iv) Chiến lược hợp tác quốc tế và hội nhập chuỗi giá trị; (v) Đầu tư mạnh vào R&D và tái chế. Mô hình này sẽ giúp nâng cao giá trị gia tăng, giảm phụ thuộc nhập khẩu và củng cố an ninh nguyên liệu, đồng thời bảo đảm phát triển bền vững.

4. KẾT LUẬN

Bài viết làm rõ kinh nghiệm quốc tế trong quản lý khoáng sản chiến lược, quan trọng, từ đó đề xuất các bài học phù hợp cho Việt Nam. Các phân tích cho thấy, để bảo đảm an ninh nguyên liệu và nâng cao vị thế trong chuỗi cung ứng toàn cầu, Việt Nam cần một chiến lược tổng thể bao gồm: xác định danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng quốc gia, hoàn thiện khung pháp lý đồng bộ, thúc đẩy chế biến sâu, mở rộng hợp tác quốc tế và gắn kết chặt chẽ phát triển kinh tế với BVMT. Kinh nghiệm từ Mỹ, EU, Trung Quốc, Australia và Canada chỉ ra rằng, thành công trong lĩnh vực này phụ thuộc vào khả năng hoạch định chính sách dựa trên khoa học và dự báo thị trường dài hạn, kết hợp với cơ chế quản trị minh bạch và hỗ trợ đổi mới công nghệ. Những quốc gia dẫn đầu đều sử dụng danh mục khoáng sản chiến lược, quan trọng như một công cụ chiến lược, vừa định hướng đầu tư, vừa làm cơ sở để triển khai các chính sách tài chính, thương mại và hợp tác quốc tế. Đối với Việt Nam, việc áp dụng các thông lệ quốc tế tiên tiến, đồng thời điều chỉnh để phù hợp với điều kiện nội tại, sẽ giúp tối ưu hóa nguồn lực, nâng cao giá trị gia tăng của tài nguyên và giảm thiểu rủi ro phụ thuộc vào các thị trường đơn lẻ. Đây không chỉ là vấn đề kinh tế mà còn là yếu tố an ninh quốc gia trong bối cảnh cạnh tranh chiến lược và biến động địa chính trị toàn cầu. Những đề xuất trong bài viết cần được xem xét triển khai song song với các nghiên cứu chuyên sâu hơn về tiềm năng tài nguyên, khả năng chế biến, cũng như tác động môi trường - xã hội của từng loại khoáng sản cụ thể ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. International Energy Agency. (2021). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. OECD/IEA.
2. U.S. Geological Survey. (2022). *Critical mineral resources of the United States - An overview*. U.S. Department of the Interior.
3. European Commission. (2022). *EU action plan on critical raw materials*.

4. Hu, X., Sun, B., Wang, C., Lim, M. K., Wang, P., Geng, X., Yao, C., & Chen, W.-Q. (2023). *Impacts of China's exports decline in rare earth primary materials from a trade network-based perspective*. *Resources Policy*, 81, 103321. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103321>.
5. Mai, L. S. (2024). *Quản lý hoạt động khai thác khoáng sản của một số quốc gia và kinh nghiệm đối với Việt Nam*. *Tạp chí Quản lý Nhà nước*. <https://www.quanlynhanuoc.vn/2024/12/03/quan-ly-hoat-dong-khai-thac-khoang-san-cua-mot-so-quoc-gia-va-kinh-nghiem-doi-voi-viet-nam/>.
6. European Commission. (2020). *Critical raw materials resilience: Charting a path towards greater security and sustainability*. European Commission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42849>.
7. U.S. Geological Survey. (2023). *Mineral commodity summaries 2023*. U.S. Department of the Interior.
8. Ministry of Industry and Information Technology of China. (2021). *Rare earth industry development plan (2021-2025)*.
9. Humphries, M. (2013). *Rare earth elements: The global supply chain (CRS Report R41347)*. Congressional Research Service.
10. U.S. Geological Survey. (2024). *Quantifying potential effects of China's gallium and germanium export restrictions on the U.S. economy (Open-File Report 2024-1057)*. <https://doi.org/10.3133/ofr20241057>.
11. Chang, C., Ao, A., Sun, C., & Mantooth, J. (2023, August). *China's global reach grows behind critical minerals*. S&P Global. <https://www.spglobal.com/en/research-insights/special-reports/china-s-global-reach-grows-behind-critical-minerals>.
12. Ali, S. H. (2014). *Social and environmental impact of the rare earth industries*. *Resources*, 3(1), 123-134. <https://doi.org/10.3390/resources3010123>.
13. Australian Government. (2023). *Critical Minerals Strategy 2023-2030*. Department of Industry, Science and Resources. <https://www.industry.gov.au/publications/critical-minerals-strategy-2023-2030>.
14. Natural Resources Canada. (2023). *Minerals and the economy*. <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-economy>.
15. Government of Canada. (2022). *The Canadian Critical Minerals Strategy*. Natural Resources Canada. Natural Resources Canada. (2022, December 9). *The Canadian Critical Minerals Strategy (PDF)*. Government of Canada. <https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/site/critical-minerals/Critical-minerals-strategyDec09.pdf>.



Quản lý tổng hợp vùng bờ theo định hướng quy hoạch không gian biển quốc gia

LÊ MINH QUÂN¹

¹Khoa Quản lý đất đai, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Vùng bờ Việt Nam có giá trị sinh thái, kinh tế - xã hội đặc biệt, song đang chịu áp lực lớn từ khai thác quá mức, ô nhiễm môi trường và tác động ngày càng nghiêm trọng của biến đổi khí hậu. Bài báo tiếp cận vấn đề theo hướng liên ngành, kết hợp quản lý tổng hợp vùng bờ (ICZM) với quy hoạch không gian biển (MSP), dựa trên phân tích tài liệu, so sánh kinh nghiệm quốc tế và tổng hợp dữ liệu thống kê - bản đồ. Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy, vùng bờ Việt Nam có tiềm năng lớn về du lịch, thủy sản, cảng biển, công nghiệp và năng lượng tái tạo, nhưng đồng thời cũng bộc lộ nhiều mâu thuẫn trong khai thác - sử dụng tài nguyên và sự suy thoái hệ sinh thái. Trên cơ sở đó, đề xuất khung phân vùng sử dụng vùng bờ (A-B-C) như một công cụ định hướng khai thác bền vững, nhằm hài hòa giữa phát triển kinh tế, bảo tồn sinh thái, bảo đảm quốc phòng - an ninh. Khung này có thể đóng vai trò quan trọng trong triển khai Quy hoạch không gian biển quốc gia, góp phần thực hiện thành công Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến 2045.

Từ khóa: Quản lý tổng hợp vùng bờ, quy hoạch không gian biển, tài nguyên vùng bờ, phân vùng sử dụng vùng bờ, kinh tế biển bền vững.

JEL Classification: Q51, Q57, Q58.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng bờ (đới bờ/vùng ven bờ) được hiểu là vùng chuyển tiếp giữa lục địa và biển, bao gồm cả vùng đất ven biển và vùng biển ven bờ. Đới bờ rất quan trọng trong việc phát triển kinh tế - xã hội vì những nguồn tài nguyên đặc trưng (Trần Đức Thạnh và nnk, 2011). Đối với Việt Nam, vùng đới bờ biển được xác định theo Quyết định số 158/2007/QĐ-TTg ngày 10/9/2007 của Thủ tướng Chính phủ bao gồm các huyện, thành phố ven biển, vùng biển tính từ mép nước ra biển 6 hải lý.

Tuy nhiên, cùng với những đóng góp to lớn của vùng bờ cho sự phát triển, vùng bờ nước ta đã và đang đối mặt với hàng loạt các vấn đề tài nguyên, môi trường (Bộ TN&MT, Quản lý tổng hợp đới bờ: Kinh nghiệm thực tiễn ở Việt Nam, 2018). Các tài nguyên và đa dạng sinh học biển đang bị đe dọa, khai thác thiếu tính bền vững, môi trường vùng bờ ở nhiều nơi đang có xu hướng suy giảm về chất lượng (Nguyễn Chu Hồi, Tài nguyên môi trường và chủ quyền biển đảo, 2019b). Ngoài ra, dù đã có một hệ thống các chiến lược, quy hoạch quốc gia, ngành, địa phương liên quan đến quản lý, khai thác sử dụng tài nguyên biển và vùng bờ với các quy định mang tính nguyên tắc về sự phù hợp giữa các quy hoạch ngành, giữa quy hoạch ngành với quy hoạch quốc gia và quy hoạch địa phương, nhưng chưa tính được lợi ích tổng thể trong chiến lược phát triển chung, dẫn đến các mâu thuẫn trong sử dụng tài nguyên vùng bờ; làm cản trở sự phát triển bền vững, đặc biệt liên quan đến quản lý theo cách tiếp cận tổng hợp ở vùng bờ. Trước thực tế đó, ngày 28/6/2024, Quốc hội đã thông qua tại Nghị quyết số 139/2024/QH15 Quy

hoạch không gian biển quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 1117/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Vì vậy, thực hiện quản lý tổng hợp vùng bờ trong Quy hoạch không gian biển quốc gia góp phần thúc đẩy phát triển bền vững kinh tế biển trong phạm vi vùng bờ trên nền tảng tăng trưởng xanh, bảo đảm sự hài hòa giữa bảo tồn và phát triển kinh tế - xã hội; phát huy các tiềm năng, lợi thế của biển và hải đảo, tạo động lực phát triển kinh tế cho đất nước (GS Vũ Minh Cát và nnk, 2022). Đồng thời, tăng cường quản lý tổng hợp tài nguyên vùng bờ; bảo tồn, phục hồi đa dạng sinh học, các hệ sinh thái biển tự nhiên, bảo đảm quyền tham gia, trách nhiệm đối với bảo vệ môi trường biển, hải đảo và phát triển bền vững kinh tế biển.

2. MỐI QUAN HỆ GIỮA QUẢN LÝ TỔNG HỢP VÙNG BỜ TRONG QUY HOẠCH KHÔNG GIAN BIỂN

Mục tiêu chung của quy hoạch không gian biển (QHKGB) và quản lý tổng hợp vùng bờ (QLTHVB) là phát triển và bảo vệ các vùng biển và ven biển trong phạm vi không gian quản lý (GS Vũ Minh Cát và nnk, 2022). Cả hai đều bị chi phối bởi các chính sách với mục tiêu chung để phát triển mạnh kinh tế và bảo tồn, bảo vệ môi trường biển, ven biển. QHKGB ở cấp quốc gia xem xét tác động từ các hoạt động của con người trong các vùng, định hướng bố trí, sắp xếp không gian phù hợp cho các ngành các bên sử dụng.

QLTHVB rất quan trọng đối với việc khai thác/ phát triển và bảo vệ vùng đất ven biển và biển ven bờ,



nơi tập trung nhiều loại tài nguyên và hoạt động sử dụng đa mục đích (Bộ TN&MT, Quản lý tổng hợp đới bờ: Kinh nghiệm thực tiễn ở Việt Nam, 2018). Vấn đề quan trọng nhất đối với cả QHKGB và QLTHVB là việc xây dựng và thực hiện hiệu quả, thành công các chính sách, hệ thống quy hoạch cho phép khai thác, sử dụng phù hợp, bền vững các vùng biển và ven biển.

Nội dung thể hiện mối liên quan mật thiết nhất giữa QHKGB và quy hoạch vùng bờ với QLTHVB chính là phân vùng sử dụng biển vùng bờ (Nguyễn Thế Tường và nnk, 2010). Vì mục đích quan trọng của phân vùng là giải quyết xung đột sử dụng và cân bằng lợi ích giữa các bên, một vấn đề mang tính đa ngành, cần có thông tin và đánh giá đa lĩnh vực và cần thảo luận, điều đình, thương thảo giữa các ngành, các bên, nên phải có cơ chế hợp tác, điều phối và sự tham gia của các bên liên quan. Đó chính là điều mà QLTHVB có thể cung cấp.

Ngoài ra, QLTHVB luôn coi việc phát triển và quản lý thông tin, dữ liệu về vùng bờ, tăng cường năng lực và nhận thức của các bên liên quan là then chốt; điều này hỗ trợ hiệu quả cho hoạt động phân vùng và QHKGB (Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, 2019).

Cuối cùng, QLTHVB thiết lập cơ chế điều phối, hợp tác liên ngành, trong đó có sự tham gia của các nhà quản lý và các chuyên gia tư vấn kỹ thuật, đảm bảo đầy đủ nguồn nhân lực để xây dựng và triển khai phân vùng, cũng như triển khai QHKGB (Nguyễn Minh Sơn và nnk, 2025).

Tại nhiều quốc gia trên thế giới, đặc biệt là trong Khu vực Đông Á, các kế hoạch phân vùng sử dụng vùng bờ, một trong các nội dung chính của QHKGB ở quy mô cấp địa phương, được xây dựng và thực hiện trong khuôn khổ của dự án/chương trình QLTHVB (Hoàng Trường, Bùi Thị Thủy, 2022).

Về nhiều mặt, QHKGB tương tự như QLTHVB (GS Vũ Minh Cát và nnk, 2022); cả hai đều có tính tổng hợp, chiến lược và có sự tham gia của các bên; đều nhằm mục đích tối đa hóa sự tương thích giữa các hoạt động của con người với nhau và với môi trường. QHKGB và quy hoạch vùng bờ (QHVB) đều dựa trên nguyên tắc quản lý tổng hợp, quản lý dựa trên HST và quản lý thích ứng, là những nguyên tắc chính của QLTHVB.

Có thể thấy, QLTHVB và QHKGB có mối liên hệ chặt chẽ với nhau, đặc biệt trong các lĩnh vực sau (PEMSEA, Guidebook on the State of the Coasts Reporting for Local Governments Implementing Integrated Coastal Management in the East Asian Seas Region, 2011):

(1) *Điều phối liên ngành*: áp dụng cách tiếp cận tổng hợp, để giải quyết những vấn đề liên ngành, nên cơ chế điều phối liên ngành là bắt buộc đối với cả hai.

(2) *Giải quyết mâu thuẫn sử dụng*: trong khai thác, sử dụng tài nguyên, không gian là vấn đề nổi cộm tại các

vùng biển và ven biển mà cả QLTHVB và QHKGB đều đặt mục tiêu giảm thiểu, loại trừ. Trong đó, nội dung phân vùng sử dụng đều được coi là tiên quyết, mặc dù phạm vi không gian và mối quan tâm về bố trí không gian cho các mục đích sử dụng có khác nhau.

(3) *Phát triển, quản lý thông tin dữ liệu*: đều sử dụng nguồn thông tin, dữ liệu lớn và đa ngành, đòi hỏi phải xây dựng một cơ sở dữ liệu và hệ thống quản lý thông tin tổng hợp, có khả năng xử lý tốt dữ liệu đầu vào, tạo ra các nguồn dữ liệu thứ cấp cần thiết, trích xuất tốt dữ liệu đầu ra và chia sẻ cho nhiều ngành, nhiều bên sử dụng, cũng như hỗ trợ việc đưa ra các quyết định mang tính liên ngành một cách hiệu quả.

(4) *Phát triển năng lực*: là những cách tiếp cận đa ngành, đa lĩnh vực, mới và khó trong quản lý vùng biển và ven biển, trong khi kiến thức của đội ngũ cán bộ quản lý và kỹ thuật của Việt Nam còn hạn chế, đặc biệt là về khía cạnh chuyên môn liên quan đến biển và khía cạnh quản lý mang tính liên ngành. Do vậy, phát triển nguồn nhân lực là ưu tiên của trong hoạt động của cả QLTHVB và QHKGB.

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ QUẢN LÝ TỔNG HỢP VÙNG BỜ TRONG QUY HOẠCH KHÔNG GIAN BIỂN

QLTHVB thực sự bắt đầu vào năm 1965 với việc thành lập Ủy ban bảo tồn và phát triển vịnh San Francisco. Hoa Kỳ là nước tiên phong trong việc hiện thực hóa QLTHVB, lần đầu tiên ban hành Đạo luật quản lý vùng ven biển vào năm 1972. Từ năm 1983, thông qua Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) (Nguyễn Thế Tường và nnk, 2010).

QLTHVB đã được áp dụng ở nhiều nước Mỹ Latinh và Đông Nam Á. Năm 1992, tại Hội nghị thượng đỉnh thế giới về PTBV, phương pháp QLTHVB được khuyến nghị áp dụng cho các nước ven biển. Đến năm 1993, trên thế giới, QLTHVB đã được triển khai tại 217 địa điểm; con số này đã gấp đôi sau 9 năm (700 điểm vào năm 2002) (Sorensen, 2002). Đến năm 2000, đã có khoảng 150 dự án/chương trình QLTHVB, được thực hiện tại 50 quốc gia trên thế giới (Nguyễn Thế Tường và nnk, 2010).

Khu vực Đông Á đã được giới thiệu về các mô hình quản lý vùng bờ ngay sau sáng kiến năm 1972 của Hoa Kỳ (Nguyễn Lê Tuấn, 2011). Tổ chức Đối tác về quản lý môi trường các biển Đông Á - PEMSEA là một cơ chế hợp tác quốc tế, được thành lập năm 1994 dựa trên thỏa thuận giữa các bên liên quan trong vùng biển Đông Á, bao gồm một số quốc gia và địa phương, xã hội dân sự, khu vực tư nhân, một số viện nghiên cứu và giáo dục, các cộng đồng, tổ chức quốc tế, các tổ chức tài chính và các nhà tài trợ. PEMSEA cũng là một cơ chế điều phối trong khu vực để thực hiện Chiến lược phát triển bền vững biển Đông Á (SDS-SEA) (Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, 2019).



Chú trọng công tác bảo tồn kết hợp với sinh kế cộng đồng trong quản lý tổng hợp vùng bờ và quy hoạch không gian biển

Từ kinh nghiệm của các nước trong Quản lý tổng hợp vùng bờ cho thấy, tích hợp yêu cầu của các bên đóng vai trò rất quan trọng đối với QHKGB, điều này đòi hỏi phải xem xét tổng thể. Một số bài học được rút ra như sau:

(1) Sự tham gia của các bên có liên quan

Quy hoạch không gian biển chính là nhằm tác động đến hành vi của con người và hoạt động của con người đối với môi trường. Để thực hiện quy hoạch và quản lý tổng hợp vùng bờ một cách hiệu quả, các bên liên quan trong đó có cộng đồng người dân địa phương cần phải hiểu được và ủng hộ các quy hoạch và kế hoạch này.

Quy hoạch không gian biển nhằm giảm các xung đột ở khu vực biển và gắn kết các ngành. Do đó, khuyến khích hợp tác, trao đổi thông tin và dữ liệu về phát triển bền vững biển và vùng bờ. QHKGB giúp các ngành đạt được sự cân bằng trong các mục tiêu về kinh tế, môi trường, và xã hội trong ngành của mình và có cơ sở để minh chứng cho các kế hoạch này.

(2) Tích hợp liên ngành

Việc phân chia ranh giới khu vực pháp lý một phần ứng với các lưu vực, trên cơ sở hệ sinh thái nước ngọt/nước mặn và sự kết nối đất liền với biển khảo (Bộ TN&MT, Quản lý tổng hợp đối bờ: Kinh nghiệm thực tiễn ở Việt Nam, 2018). Do đó, việc phân bổ trách nhiệm đối với cả môi trường trên đất liền và biển cho các hội đồng khu vực là một ví dụ điển hình về quản lý tổng hợp (QLTH) vùng ven biển và Đạo luật quản lý tài nguyên năm được ca ngợi là mô hình cho các quy định pháp luật về QLTH tài nguyên vùng bờ (ICZM) trên toàn cầu.

Như vậy, tích hợp liên ngành là chìa khóa cho thành công của QHKGB. Để quản lý tổng hợp biển và vùng bờ một cách hiệu quả, cần tiến hành trên cơ sở các khu vực hệ sinh thái, chức năng và tính kết nối của các khu vực này thay vì dựa vào các ranh giới hành chính. Cần xây dựng các kế hoạch chi tiết cấp vùng và tỉnh.

(3) Tích hợp không gian

Việc sử dụng các phương pháp tiếp cận không gian và các công cụ trong QHKGB để làm rõ sự kết nối trong không gian, thời gian giữa các hệ thống tự nhiên và việc sử dụng các hệ thống đó cho các mục đích kinh tế - xã hội, tối ưu hóa lợi ích của phát triển bền vững và sử dụng tài nguyên thiên nhiên (Nguyễn Thế Tường và nnk, 2010).

QHKGB là một quá trình lặp đi lặp lại, nên không nhất thiết phải chờ đến lúc có đầy đủ và toàn diện các hiểu biết khoa học về khu vực để tiến hành phân vùng (Bộ TN&MT, Dự thảo Quy hoạch không gian biển quốc gia thời kỳ 2021-2030, 2024). Có thể với một nền tảng dữ liệu sinh thái, sử dụng tốt nhất thông tin hiện có đã được coi là phù hợp để tiến hành (Trịnh Thanh Tùng, 2024).

(4) Cân bằng các yếu tố khác nhau để đạt được sự kết hợp tốt nhất

Tiếp cận quản lý theo khu vực hay không gian thay vì quản lý theo ngành (Nguyễn Minh Sơn và nnk, 2025). Đặc biệt là các thông số về khu vực và không gian đó cần phải dựa trên các minh chứng khoa học và hệ sinh thái. Điều này giúp quản lý tổng hợp hiệu quả nhiều hoạt động liên ngành trong không gian biển.

Các kế hoạch là một tập hợp của các mục tiêu, chính sách, hành động cụ thể và mô tả các phân định không



gian. Việc xác định các hệ sinh thái, đa dạng sinh học và hoạt động của các ngành là nền tảng quan trọng để phân vùng, chi tiết hóa ở cấp địa phương. QHKGB quốc gia với các các vùng được phân mang tính chỉ dẫn sẽ cần phải tiến hành chi tiết hóa ở cấp địa phương thông qua các kế hoạch vùng và tỉnh để đảm bảo các thực tế và nhu cầu của địa phương được xem xét.

(5) Quản lý và tích hợp dữ liệu khoa học

Dữ liệu khoa học là một phần quan trọng của quá trình lập quy hoạch và việc thu thập thông tin hiện có rất hữu ích trong việc xác định những hạn chế. Trong quá trình xây dựng quy hoạch thường thành lập các đơn vị tư vấn khoa học chính thống và tiến hành các nghiên cứu cần thiết để có thêm thông tin và các căn cứ khoa học (GS Vũ Minh Cát và nnk, 2022). Thông qua trang thông tin tham vấn (ví dụ website) nhân được các ý kiến phản hồi là không thể thiếu trong quá trình lập quy hoạch (Nguyễn Lê Tuấn, 2011).

4. THỰC TRẠNG KHAI THÁC, SỬ DỤNG KHÔNG GIAN VÙNG BỜ TẠI VIỆT NAM

QLTHVB được giới thiệu vào Việt Nam từ thập kỷ 90 thế kỷ trước, nhưng các hoạt động tác nghiệp thực sự bắt đầu được triển khai từ 2000 thông qua Dự án UNDP/IMO/PEMSEA. Trong những năm qua, vùng bờ Việt Nam đã trở thành khu vực động lực quan trọng, tập trung nhiều hoạt động khai thác, sử dụng tài nguyên đa dạng nhằm phục vụ phát triển kinh tế biển, gắn với các mục tiêu quốc gia về tăng trưởng xanh và hội nhập quốc tế. Có thể khái quát theo các lĩnh vực chủ yếu như sau:

- *Lĩnh vực du lịch biển*: 93 khu/điểm du lịch ven biển; lượng khách nội địa và quốc tế tăng nhanh; cùng với đó sẽ gây ô nhiễm rác thải, xung đột sử dụng đất, suy giảm cảnh quan và hệ sinh thái.

- *Lĩnh vực hàng hải*: Với 37 cảng nước sâu, 49 luồng lạch, 19 tuyến hàng hải quốc tế; đóng vai trò then chốt trong xuất nhập khẩu. Việc khai thác cảng biển, luồng hàng hải có khả năng gây nhiễm nước biển do dầu tràn, hóa chất; gia tăng rủi ro tai nạn hàng hải; áp lực lên môi trường ven biển.

- *Nông, lâm, diêm nghiệp, thủy sản*: Với 1,5 triệu ha đất nông nghiệp, 27 nghìn ha diêm nghiệp; diện tích nuôi trồng thủy sản lớn. Việc phát triển nuôi trồng, đánh bắt thủy sản dẫn đến nguy cơ làm giảm nguồn lợi hải sản; mất sinh kế cộng đồng ven biển; nhiều loài quý hiếm bị đe dọa tuyệt chủng.

- *Khai thác khoáng sản trên biển*: Dầu khí tại các bể Sông Hồng, Cửu Long, Nam Côn Sơn; >500 mỏ khoáng sản, titan và cát thủy tinh trữ lượng lớn. Khai thác dầu khí ngoài khơi có thể gây ô nhiễm nước, đất và không khí, đặc biệt là do sự cố tràn dầu, phát thải hóa chất độc hại, ô nhiễm tiếng ồn và tạo ra khí nhà

kính, dẫn đến suy giảm đa dạng sinh học, ảnh hưởng hệ sinh thái biển và gây hại cho sức khỏe con người.

- *Công nghiệp ven biển*: với 18 khu kinh tế, 34 khu công nghiệp tập trung ven biển. Công nghiệp ven biển có thể gây ô nhiễm môi trường biển bởi chất thải công nghiệp, dầu mỡ, rác thải rắn (đặc biệt là nhựa) và trầm tích nhiễm kim loại nặng. Nước thải chưa qua xử lý từ các nhà máy, sự cố tràn dầu từ tàu thuyền và hoạt động khai thác, cùng với rác thải từ các khu du lịch và hoạt động thủy sản, làm gia tăng ô nhiễm.

- *Năng lượng tái tạo và ngành mới*: Nước ta có tiềm năng lớn về điện gió, mặt trời, sóng; bước đầu có dự án thử nghiệm. Việc khai thác loại năng lượng này sẽ ảnh hưởng cảnh quan, xung đột sử dụng không gian biển; nhưng nếu phát triển hợp lý sẽ giảm phát thải.

- *Đô thị hóa ven biển*: Các tỉnh/thành phố ven biển có tốc độ đô thị hóa nhanh; nhiều khu đô thị ven biển mới. Việc đô thị hóa ven biển sẽ gia tăng ngập úng, sụt lún, mất đất; ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống dân cư.

- *Bảo tồn thiên nhiên*: Với 10/16 khu bảo tồn biển được thành lập; nhiều khu dự trữ sinh quyển và Vườn quốc gia ven biển.

Có thể thấy, vùng bờ Việt Nam là khu vực có tiềm năng tài nguyên to lớn, đóng góp quyết định cho phát triển kinh tế biển và quốc phòng - an ninh. Tuy nhiên, tình trạng khai thác quá mức, suy giảm tài nguyên, ô nhiễm và tác động của biến đổi khí hậu đang đặt ra thách thức cấp bách.

Hiện nay, Việt Nam đang tiếp tục nỗ lực hoàn thiện cơ chế, chính sách, pháp luật và tổ chức để đưa QLTHVB vào thực tế một cách hiệu quả đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững kinh tế biển theo tinh thần Nghị quyết số 36-NQ/TW về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Hầu hết các tỉnh ven biển Việt Nam đã triển khai các dự án, hoạt động QLTHVB thông qua các cơ quan quản lý biển, hải đảo cấp tỉnh (Bộ TN&MT, Báo cáo tổng kết Đề án tổng thể về điều tra cơ bản và quản lý tài nguyên, môi trường biển đến năm 2010, tầm nhìn đến 2020, 2019). Do đó, việc quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ là cần thiết nhằm đảm bảo phát triển kinh tế - xã hội đi đôi với bảo tồn môi trường và sinh thái biển.

5. ĐỀ XUẤT ĐỊNH HƯỚNG BỐ TRÍ SỬ DỤNG KHÔNG GIAN VÙNG BỜ TRONG THỰC HIỆN QUY HOẠCH KHÔNG GIAN BIỂN

Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ được xây dựng trên cơ sở tiếp cận hệ sinh thái và quản lý tổng hợp, gắn kết chặt chẽ phát triển kinh tế biển với bảo tồn tài nguyên và bảo vệ môi trường (Diji Chandrasekharan Behr, Nguyễn Thị Lê Thu, 2021). Quy hoạch nhấn mạnh nguyên tắc phát



Bảng 1. Ma trận phân vùng sử dụng vùng bờ theo tiêu chí quản lý

Loại vùng	Mục tiêu quản lý	Hoạt động ưu tiên	Hoạt động hạn chế/kiểm soát
A. Vùng ưu tiên phát triển - quan tâm bảo tồn	Tập trung phát triển các trung tâm kinh tế biển, cảng biển, khu công nghiệp và đô thị ven biển, đồng thời lồng ghép biện pháp giảm thiểu tác động môi trường.	Phát triển cảng biển, logistics và công nghiệp ven biển. Du lịch biển quy mô lớn gắn với đô thị hóa. Năng lượng tái tạo (điện gió, điện mặt trời).	Khai thác khoáng sản ngoài quy hoạch. Nuôi trồng thủy sản tự phát, gây ô nhiễm. Phát triển đô thị không có hạ tầng chống ngập, sạt lở.
B. Vùng chú trọng bảo tồn - kết hợp bảo tồn và sinh kế cộng đồng	Phát triển có chọn lọc các ngành kinh tế xanh, giảm thiểu xung đột với hệ sinh thái, kết hợp bảo tồn và sinh kế cộng đồng.	Nuôi biển công nghệ cao, áp dụng mô hình IMTA. Du lịch sinh thái, du lịch cộng đồng. Năng lượng tái tạo quy mô vừa và nhỏ.	Công nghiệp nặng và hạ tầng cảng quy mô lớn. Khai thác khoáng sản làm biến đổi địa hình, xói lở bờ biển. Các hoạt động làm suy thoái rừng ngập mặn, rạn san hô, thảm cỏ biển.
C. Vùng chú trọng bảo tồn	Bảo vệ nghiêm ngặt hệ sinh thái và đa dạng sinh học có giá trị cao, duy trì dịch vụ hệ sinh thái và khả năng chống chịu trước biến đổi khí hậu.	Hoạt động nghiên cứu khoa học, giáo dục môi trường. Bảo tồn, phục hồi RNM, rạn san hô, thảm cỏ biển. Du lịch sinh thái quy mô nhỏ, kiểm soát chặt chẽ.	Khai thác thủy sản thương mại quy mô lớn. Khai thác khoáng sản và dầu khí. Xây dựng công nghiệp, đô thị và hạ tầng nặng.

triển bền vững, hài hòa giữa lợi ích kinh tế - xã hội, quốc phòng - an ninh và bảo vệ hệ sinh thái vùng bờ; đồng thời bảo đảm quyền lợi, sinh kế của cộng đồng ven biển. Đây là bước đi quan trọng trong triển khai Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến 2045.

(1) Đề xuất phân vùng sử dụng vùng bờ:

Căn cứ giá trị sinh thái - tài nguyên và nhu cầu phát triển, vùng bờ được chia thành 3 loại vùng chính:

Vùng ưu tiên phát triển - quan tâm bảo tồn (Loại A): Trung tâm kinh tế, công nghiệp, cảng biển lớn, có yêu cầu tích hợp giải pháp giảm thiểu tác động môi trường.

Vùng chú trọng bảo tồn - khuyến khích phát triển (Loại B): Vùng nuôi trồng thủy sản công nghệ cao, du lịch sinh thái, phát triển năng lượng tái tạo gắn với bảo vệ hệ sinh thái.

Vùng chú trọng bảo tồn (Loại C): Hệ sinh thái rừng ngập mặn, rạn san hô, thảm cỏ biển, khu bảo tồn biển và khu dự trữ sinh quyển - ưu tiên cho bảo tồn và nghiên cứu khoa học (Bảng 1).

(2) Định hướng bố trí khai thác, sử dụng không gian vùng bờ:

Định hướng khai thác, sử dụng tài nguyên vùng bờ Việt Nam thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn 2045 được xây dựng trên cơ sở kết hợp phát triển kinh tế với bảo vệ hệ sinh thái. Cụ thể:

- *Du lịch biển và dịch vụ ven bờ:* Tập trung phát triển tại các vùng có tiềm năng cảnh quan và hạ tầng thuận lợi như Hạ Long - Cát Bà, Đà Nẵng - Hội An, Nha Trang - Cam Ranh, Phú Quốc - Nam Du. Hình thành các khu du lịch sinh thái biển đảo, hạn chế phát triển

du lịch đại trà gây áp lực lên môi trường (Bộ TN&MT, Dự thảo Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2030, 2022).

- *Kinh tế hàng hải và logistics:* Phát triển hệ thống cảng biển theo các cụm trung tâm (Bắc bộ, Bắc Trung bộ, Nam Trung bộ, Đông Nam bộ, Tây Nam bộ). Bố trí hợp lý vùng neo đậu, khu tránh trú bão và tuyến hàng hải quốc tế, đồng thời áp dụng công nghệ xanh giảm thiểu ô nhiễm.

- *Nuôi trồng thủy sản và nông nghiệp ven biển:* Mở rộng nuôi biển công nghệ cao ở các vùng có điều kiện thủy văn thích hợp như vịnh Vân Phong, Phú Yên, Ninh Thuận, Bình Thuận, Kiên Giang (Bộ TN&MT, Dự thảo Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2030, 2022). Khuyến khích mô hình kết hợp (IMTA - Integrated Multi-Trophic Aquaculture) để giảm áp lực môi trường.

- *Công nghiệp ven biển và khai thác khoáng sản:* Phân bố tập trung trong các khu kinh tế ven biển (Vũng Áng, Dung Quất, Nghi Sơn, Vân Phong) và hạn chế mở rộng ra ngoài quy hoạch. Đối với titan, cát thủy tinh, than và dầu khí, chỉ khai thác trong khu vực đã được thăm dò, kèm theo các biện pháp hoàn nguyên và giám sát môi trường.

- *Năng lượng tái tạo:* Quy hoạch các cụm điện gió ngoài khơi Lâm Đồng, Khánh Hòa, Cà Mau và Vĩnh Long; mở rộng điện mặt trời nổi trên các đầm phá ven biển miền Trung và đồng bằng sông Cửu Long.

- *Bảo tồn và sinh thái:* Ưu tiên bố trí các vùng bảo tồn tại khu vực có giá trị sinh thái cao (rạn san hô, rừng



ngập mặn, thâm cỏ biển). Mở rộng mạng lưới khu bảo tồn biển và khu Ramsar ven biển, kết nối với du lịch sinh thái.

- *Đô thị và hạ tầng ven biển*: Phát triển đô thị ven biển theo hướng “xanh - thông minh - thích ứng” (resilient coastal cities), kết hợp hạ tầng chống ngập, kè biển mềm, phục hồi rừng ngập mặn để bảo vệ bờ.

- *Quốc phòng - an ninh*: Kết hợp chặt chẽ bố trí không gian vùng bờ với nhiệm vụ bảo vệ chủ quyền biển đảo, củng cố hệ thống khu kinh tế - quốc phòng ở các vị trí chiến lược (Trường Sa, Côn Đảo, Phú Quốc) (Bộ TN&MT, Dự thảo Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2030, 2022).

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng vùng bờ Việt Nam là khu vực có tiềm năng tài nguyên to lớn và đóng vai trò chiến lược trong phát triển kinh tế biển, bảo tồn sinh thái và bảo đảm quốc phòng - an ninh. Tuy nhiên, tình trạng khai thác quá mức, suy giảm tài nguyên, ô nhiễm môi trường và tác động ngày càng nghiêm trọng của biến đổi khí hậu đang đặt ra nhiều thách thức.

Việc ứng dụng cách tiếp cận quản lý tổng hợp vùng bờ (ICZM) để triển khai với quy hoạch không gian biển (MSP) cho thấy tính phù hợp cao trong điều kiện Việt Nam, vì vừa đảm bảo phân bổ hợp lý không gian sử dụng, vừa duy trì các chức năng sinh thái. Kết quả tổng hợp nghiên cứu đã đề xuất khung phân vùng sử dụng vùng bờ (A-B-C), bao gồm: Vùng A (ưu tiên phát triển - quan tâm bảo tồn); Vùng B (chú trọng bảo tồn - kết hợp bảo tồn và sinh kế cộng đồng); Vùng C (chú trọng bảo tồn). Khung phân vùng này có thể trở thành công cụ định hướng quan trọng cho quy hoạch không gian biển và quản lý tài nguyên vùng bờ ở Việt Nam trong giai đoạn tới.

Việc lồng ghép khung phân vùng sử dụng vùng bờ vào quy hoạch không gian biển quốc gia sẽ góp phần tối ưu hóa sử dụng tài nguyên, giảm xung đột phát triển - bảo tồn, và tăng cường năng lực chống chịu của hệ sinh thái - xã hội trước biến đổi khí hậu. Đây là một định hướng quan trọng để Việt Nam tiến tới mục tiêu trở thành quốc gia biển mạnh vào năm 2045 ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ TN&MT. (2018). *Quản lý tổng hợp đối bờ: Kinh nghiệm thực tiễn ở Việt Nam*. Hanoi: Tài nguyên, Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
2. Bộ TN&MT. (2019). *Báo cáo tổng kết Đề án tổng thể về điều tra cơ bản và quản lý tài nguyên, môi trường biển đến năm 2010, tầm nhìn đến 2020*. Hà Nội: MONRE.
3. Bộ TN&MT. (2020). *Báo cáo về Thực hiện quản lý nhà nước về biển và hải đảo sau 10 năm thực hiện Nghị*

quyết 09 của BCHTW về Chiến lược biển Việt Nam đến năm 2020. Hà Nội: MONRE.

4. Bộ NN&MT. (2025). *Quy hoạch tổng thể khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên vùng bờ thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2030*. Hà Nội: VASI.

5. Bộ NN&MT. (2025). *Quy hoạch không gian biển quốc gia thời kỳ 2021-2030*. Hanoi: MONRE.

6. Diji Chandrasekharan Behr, Nguyễn Thị Lệ Thu. (2021). *Kinh nghiệm quốc tế trong sử dụng hiệu quả không gian biển*. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, 31-39.

7. GS Vũ Minh Cát và nnk. (2022). *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn xác định phạm vi vùng bờ phục vụ quản lý tổng hợp tài nguyên, môi trường vùng bờ tại Việt Nam*. Hà Nội: Báo cáo tổng hợp Đề tài TNMT.2018.06.07.

8. Hoàng Trường, Bùi Thị Thủy. (2022). *Tiêu chí xác định phạm vi vùng bờ - Kinh nghiệm quốc tế và đề xuất cho Việt Nam*. *Tạp chí Môi trường, Chuyên đề tiếng Việt II*, 25-32.

9. Nguyễn Chu Hồi. (2019b). *Tài nguyên môi trường và chủ quyền biển đảo*. Hà Nội: NXB Chính trị quốc gia Sự Thật.

10. Nguyễn Lê Tuấn. (2011). *Đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu luận cứ khoa học và thực tiễn xác định ranh giới và phân cấp quản lý biển và hải đảo*. Hà Nội: Báo cáo Đề tài TNMT.06.07.

11. Nguyễn Minh Sơn và nnk. (2025). *Tài liệu đào tạo về quy hoạch không gian biển và quản lý tổng hợp vùng bờ của Việt Nam*. Hanoi: UNDP, VASI.

12. Nguyễn Thế Tường và nnk. (2010). *Nghiên cứu cơ sở khoa học, pháp lý và phân vùng quản lý tổng hợp vùng ven bờ biển Việt Nam*. Hà Nội: Viện Tài nguyên và Môi trường, ĐHQGHN.

13. PEMSEA. (2011). *Guidebook on the State of the Coasts Reporting for Local Governments Implementing Integrated Coastal Management in the East Asian Seas Region*. Quezon City, Philippines: Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA).

14. PEMSEA. (2018). *Course 1: Understanding Integrated Coastal Management (ICM) - Model Course on ICM*. Ha Noi: Instructor’s Manual, PEMSEA.

15. *Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam*. (2019). *Báo cáo tổng hợp Dự án PEMSEA về quản lý tổng hợp vùng bờ*. Hà Nội: MONRE.

16. Trần Đức Thanh và nnk. (2011). *Định hướng quản lý tổng hợp vùng bờ biển Bắc Bộ*. Hà Nội: NXB KHTN&CN.

17. Trịnh Thanh Tùng. (2024). *Quy hoạch không gian biển quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050*. *Tạp chí Môi trường*, 8, 9-14.

18. VIFEP. (2021). *Dự thảo Báo cáo Quy hoạch bảo vệ và khai thác nguồn lợi thủy sản thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Hà Nội: MARD.

THỂ LỆ VIẾT VÀ ĐĂNG BÀI TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

Tạp chí Môi trường trực thuộc Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường có chức năng chính là giới thiệu, công bố các thông tin khoa học; công trình nghiên cứu khoa học về chiến lược, chính sách thuộc lĩnh vực nông nghiệp và môi trường. Hiện nay, Tạp chí được Hội đồng chức danh Giáo sư nhà nước công nhận tính điểm công trình cho 05 Hội đồng ngành, liên ngành (Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Xây dựng - kiến trúc; Sinh học; Thủy lợi; Nông nghiệp - Lâm nghiệp) tạo điều kiện xét công nhận đạt tiêu chuẩn Giáo sư, Phó Giáo sư, nghiên cứu sinh với số điểm quy đổi từ 0,25 - 0,5 điểm công trình.

I. YÊU CẦU CHUNG

Bài viết gửi đăng Tạp chí Môi trường phải là bài viết chưa từng được công bố trên bất kỳ tạp chí khoa học nào trước đó. Tác giả có trách nhiệm không gửi đăng bản thảo bài viết trên tạp chí khác khi chưa có quyết định từ chối của Ban biên tập Tạp chí. Tác giả phải chịu trách nhiệm về nội dung bài gửi đăng, tính chính xác của các trích dẫn trong bài viết, tính hợp pháp và bản quyền của bài viết.

Các bài viết gửi đăng phải được viết bằng ngôn ngữ tiếng Việt nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Việt và là ngôn ngữ tiếng Anh nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Anh. Bài viết phải được soạn thảo bằng phần mềm Microsoft Word, font chữ Times New Roman, cỡ chữ 13, giãn dòng 1.5; lề trên 2,5 cm; lề dưới 2,5 cm; lề trái 3 cm; lề phải 2 cm; có độ dài bài viết không quá 6.000 từ đối với bài nghiên cứu khoa học của bản tiếng Việt và tiếng Anh; không quá 3.000 từ đối với bài ở các mục Diễn đàn - Chính sách; Nhìn ra thế giới; Chính sách - Cuộc sống.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in, có thể gửi trực tiếp tại Tòa soạn hoặc gửi qua hộp thư điện tử. Cuối bài tác giả ghi rõ thông tin về tác giả gồm: Họ tên, học hàm, học vị, chức vụ, địa chỉ cơ quan làm việc, thông tin liên lạc của tác giả (điện thoại, email) để Tạp chí tiện liên hệ.

II. NỘI DUNG BÀI ĐĂNG TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

- Tóm tắt bài viết (Abstract): Tác giả viết ngắn gọn thành một đoạn văn (từ 100 đến 150 từ), phản ánh khái quát những nội dung chính trong bài viết và thể hiện đầy đủ các mặt: (i) Tầm quan trọng và mục đích của nghiên cứu; (ii) Phương pháp nghiên cứu sử dụng; (iii) Những kết quả chính của nghiên cứu. Đối với các bài viết tiếng Việt, tác giả cung cấp thêm tên bài và phần tóm tắt (bao gồm cả từ khóa) dịch sang tiếng Anh (yêu cầu không sử dụng công cụ dịch tự động) và được trình bày ngay dưới phần tóm tắt tiếng Việt.

- Từ khóa (Keywords): Tác giả cần đưa ra 3 đến 5 từ khóa của bài viết theo thứ tự alphabet và thể hiện đặc trưng cho chủ đề của bài viết.

- Giới thiệu hoặc đặt vấn đề (Introduction): Phần này cần thể hiện: (i) Lý do thực hiện nghiên cứu này và tầm quan trọng của chủ đề nghiên cứu (có ý nghĩa như thế nào về mặt lý luận và thực tiễn); (ii) Xác định vấn đề nghiên cứu, đặc biệt làm rõ tính mới của nghiên cứu; (iii) Nội dung chính mà bài viết sẽ tập trung giải quyết; (iv) Mục tiêu nghiên cứu.

- Đối tượng và phương pháp nghiên cứu (Theoretical framework and Methods): (i) Trình bày rõ tổng quan nghiên cứu và cơ sở lý thuyết liên quan; (ii) Khung lý thuyết hoặc khung phân tích sử dụng trong bài viết (nếu có); (iii) phương pháp nghiên cứu; (iv) mô tả địa điểm nghiên cứu (nếu có).

- Kết quả và thảo luận (Results and discussion): (i) Diễn giải, phân tích các kết quả phát hiện mới; (ii) Rút ra mối quan hệ chung, mối liên hệ giữa kết quả nghiên cứu của tác giả với những phát hiện khác trong các nghiên cứu trước đó.

Đối với một số bài viết mang tính chất tư vấn, phản biện chính sách, ý kiến chuyên gia cần tập trung đánh giá thực trạng vấn đề nghiên cứu (đánh giá thành tựu, hạn chế và nguyên nhân...).

- Kết luận hoặc (và) khuyến nghị giải pháp (Conclusions or/and policy implications): Tùy theo mục tiêu nghiên cứu, một kết luận tổng hợp cần phải đảm bảo các nội dung: (i) Kết quả nghiên cứu; (ii) Những mặt hạn chế của nghiên cứu; (iii) Mở ra hướng nghiên cứu mới; (iv) Đưa ra giải pháp hay khuyến nghị cho các nhà quản lý doanh nghiệp và/hoặc các nhà hoạch định chính sách xuất phát từ kết quả nghiên cứu.

- Lời cảm ơn (nếu có)....

- Tài liệu tham khảo (Reference): Việc thể hiện các trích dẫn tài liệu tham khảo có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá độ chuyên sâu và tính nghiêm túc của nghiên cứu. Vì vậy, trích dẫn tài liệu tham khảo phải được trình bày đúng quy chuẩn. Trích dẫn tài liệu tham khảo được chia làm 2 dạng chính: Trích dẫn trong bài (in-textreference) và Danh mục tài liệu tham khảo (reference list). Danh mục tài liệu tham khảo được đặt cuối cùng bài viết, mỗi trích dẫn trong bài viết (intextreference) nhất thiết phải tương ứng với danh mục nguồn tài liệu được liệt kê trong danh sách tài liệu tham khảo.



☞ Địa chỉ: 16 Thụy Khuê - Tây Hồ - Hà Nội

☞ Email: vclcs@mae.gov.vn/vienclcsnmt@gmail.com

☞ Viện trưởng: TS. Trần Công Thắng

☞ Phó Viện trưởng: PGS.TS Nguyễn Đình Thọ, TS. Hoàng Vũ Quang, TS. Mai Thanh Dung,

TS. Nguyễn Trung Thắng, TS. Nguyễn Minh Trung, TS. Nguyễn Anh Phong, TS. Trương Thị Thu Trang

☞ Điện thoại: (84-4) 3972 2067

☞ Website: <https://ispae.vn>

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường được thành lập theo Quyết định số 305/QĐ-BNNMT ngày 01/3/2025 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Môi trường. Theo đó, Viện có vị trí và chức năng là đơn vị sự nghiệp khoa học và công nghệ công lập phục vụ công tác quản lý nhà nước, trực thuộc Bộ Nông nghiệp và Môi trường, có chức năng giúp Bộ trưởng nghiên cứu, đề xuất, xây dựng chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; thực hiện nghiên cứu khoa học, cung cấp các dịch vụ công, tư vấn, đào tạo trong các lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường (BVMT) và ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) theo quy định của pháp luật.

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường có tư cách pháp nhân, có con dấu và tài khoản riêng; có trụ sở tại Thành phố Hà Nội; hoạt động theo cơ chế của tổ chức khoa học và công nghệ công lập.

CƠ CẤU TỔ CHỨC

- ❖ Văn phòng
- ❖ Phòng Kế hoạch - Tài chính
- ❖ Phòng Khoa học và Hợp tác quốc tế
- ❖ Ban Thể chế nông thôn
- ❖ Ban Tổng hợp và Dự báo chiến lược
- ❖ Ban Kinh tế tài nguyên và môi trường
- ❖ Ban Thị trường và Ngành hàng
- ❖ Ban Môi trường và Phát triển bền vững
- ❖ Ban Biến đổi khí hậu
- ❖ Ban Tài nguyên thiên nhiên
- ❖ Trung tâm Thông tin và Dịch vụ nông nghiệp và môi trường
- ❖ Trung tâm Phát triển và Ứng dụng khoa học công nghệ về đất đai
- ❖ Trung tâm Phát triển nông thôn
- ❖ Trung tâm Tư vấn chính sách nông nghiệp
- ❖ Tạp chí Môi trường

NHIỆM VỤ VÀ QUYỀN HẠN

1. Chủ trì, tham gia xây dựng chiến lược, quy hoạch, kế hoạch, chương trình, đề án, dự án; đề xuất cơ chế, chính sách trong lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

2. Nghiên cứu cơ sở lý luận, tổng kết thực tiễn, kinh nghiệm trong nước và quốc tế về chiến lược, chính sách phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu và các vấn đề kinh tế, xã hội có liên quan phục vụ công tác xây dựng chiến lược, chính sách đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ.

3. Cập nhật các vấn đề mới, tổng kết, phát hiện các bất cập về chiến lược, chính sách liên quan đến phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

4. Đề xuất, xây dựng, thử nghiệm các cách tiếp cận mô hình, công cụ, cơ chế, chính sách mới trong phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu.

5. Đánh giá, phản biện chính sách, tổng kết thực tiễn phát triển ngành; dự báo xu hướng, diễn biến đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

6. Tổ chức thực hiện các chương trình, đề án, dự án, nhiệm vụ khoa học và công nghệ về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

7. Chủ trì hoặc tham gia xây dựng văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, định mức kinh tế - kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật về các lĩnh vực quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

8. Hoạt động tư vấn, đào tạo và dịch vụ khoa học và công nghệ

a) Thực hiện các hoạt động dịch vụ, sản xuất, kinh doanh theo quy định của pháp luật;

b) Liên doanh, liên kết với các tổ chức, triển khai các dịch vụ khoa học và chuyển giao công nghệ, đào tạo, bồi dưỡng về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo quy định của pháp luật;

c) Cung cấp các dịch vụ, tư vấn, thẩm định, đánh giá tác động, phản biện chiến lược, chính sách, kế hoạch, quy hoạch, chương trình, đề án, dự án theo quy định của pháp luật.

9. Thực hiện các hoạt động hợp tác quốc tế trong nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và đào tạo về chiến lược, chính sách theo các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; tiến hành hợp tác, đối thoại chính sách với các đối tác quốc tế và triển khai các chương trình, dự án hợp tác quốc tế theo phân công của Bộ trưởng.

10. Thu thập, tổng hợp, xử lý, xây dựng cơ sở dữ liệu, cung cấp thông tin về các lĩnh vực của ngành; thông tin về thị trường, thương mại, đầu tư, hội nhập kinh tế quốc tế và các hoạt động liên quan đến chuyển đổi số trong các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ.

11. Biên soạn, biên tập, phát hành các kết quả nghiên cứu của Viện, các ấn phẩm thông tin khoa học, các ấn phẩm liên quan đến chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo quy định của pháp luật.

12. Quản lý tổ chức, vị trí việc làm, số lượng người làm việc; viên chức, người lao động thuộc Viện theo quy định của pháp luật và theo phân cấp của Bộ; quản lý tài chính, tài sản; thực hiện trách nhiệm của đơn vị dự toán đối với các đơn vị trực thuộc Viện theo quy định của pháp luật; tổ chức sơ kết, tổng kết, thống kê, báo cáo định kỳ và đột xuất về tình hình thực hiện nhiệm vụ được giao.

13. Thực hiện các nhiệm vụ khác do Bộ trưởng giao.