

12-2025

ISSN 2734-9888

tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION



CÔNG TY CỔ PHẦN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG & THƯƠNG MẠI CHIẾN THẮNG

CHIEN THANG TRADING AND CONSTRUCTION INVESTMENT JOINT STOCK COMPANY



MỘT SỐ LĨNH VỰC HOẠT ĐỘNG:

- Tư vấn thiết kế: Hoạt động tư vấn quản lý, kiến trúc và tư vấn kỹ thuật, thiết kế dân dụng, thủy lợi, cơ sở hạ tầng
- Xây dựng chuyên nghiệp: Xây dựng công trình dân dụng, công nghiệp, giao thông, thủy
- Công trình đường thủy: Dịch vụ hỗ trợ trực tiếp cho vận tải đường thủy, điều tiết bảo đảm an toàn hàng hải
- Cho thuê: Thiết bị máy móc, thiết bị xây dựng, thiết bị vận tải, phương tiện đường thủy

ĐỊA CHỈ: XÃ THANH TRÌ, HÀ NỘI

CÔNG TY CỔ PHẦN XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH THỦY HÀ NỘI

HOẠT ĐỘNG XÂY DỰNG CHUYÊN DỤNG

- Xây dựng các công trình dân dụng, công nghiệp, nông nghiệp, giao thông thủy lợi;
- Xây dựng công trình cửa như: đường thủy, bến cảng và các công trình trên sông, các cảng du lịch, cửa cống, cửa biển, đập và đê;
- Xây dựng hạ tầng khu công nghiệp, khu đô thị, nông thôn;
- Nạo vét sông biển.

MỤC LỤC CONTENT

12.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Lê Trung Thành - Thường trực Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Đoàn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thắng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:

Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dũng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:

37 LÊ ĐẠI HÀNH, P.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI

Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài):
024.39740744

Email: banbientap@tapchixaydung.vn

Văn phòng đại diện phía Nam:

17A Hồng Hà, phường Tân Sơn Hoà, TP.HCM.

Giấy phép xuất bản:

Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.

ISSN: 2734-9888

Tài khoản: 113000001172

Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương

Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội

Thiết kế: Thạc Cường

In tại: Công ty TNHH In Quang Minh

Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785 Trương Định, P. Hoàng Mai, TP Hà Nội.

Ảnh bìa 1: Hồ Núi Cốc (Thái Nguyên)

THANH NGA
TRẦN THU HẰNG
HUY THẢO
MINH THÀNH
BÌNH MINH
HUY LỘC
VĂN QUYẾT

CAO THANH
THU THẢO
THS LÊ TÙNG LÂM
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG
TS NGUYỄN QUANG

PGS.TS HOÀNG VĨNH HƯNG

PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG

PGS.TS.KTS HOÀNG MANH NGUYỄN, NCV DƯƠNG MAI HƯƠNG,
NCV TRẦN PHƯƠNG ANH, NCV VŨ THỊ THẢO

THU THỦY, NGỌC HÀ

KTS PHẠM THANH TÙNG
KTS THÀNH VINH
VĂN HÙNG

NGUYỄN HOÀNG LINH

AN NHIÊN

GS.TS.KTS ĐOÀN MINH KHÔI, KTS CAO THÀNH NGHIỆP
HOÀNG ANH TÚ, LÊ VĂN THƯƠNG, PHAN NHỰT DUY,
TRƯƠNG SONG TRƯỜNG
TS.KTS HOÀNG ANH TÚ, LÊ VĂN THƯƠNG

THS VƯƠNG THẾ HÙNG, PGS.TS NGÔ VĂN MINH

THS.KTS VŨ PHAN NINH

TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY
NGUYỄN HỒNG THÁI, PHẠM THUY HƯƠNG,
TRẦN QUANG PHÚ, ĐẶNG NGỌC THÀNH

PGS.TS LÊ QUANG HANH
THS BÙI DUY LONG, KS NGUYỄN HUY NGHĨA

THS NGUYỄN HỮU PHÚ

THS NGUYỄN THẾ LỬ

THS LÊ THU THỦY, KS LÊ PHƯƠNG ANH,
THS TRẦN HỒNG MINH
THS NGUYỄN THANH TRƯỜNG

THS NGUYỄN THÚY LIÊN, TS DƯƠNG THU HẰNG,
TS TRẦN HOÀI SƠN, TS VŨ ĐỨC CẢNH,
GS.TS TRẦN THỊ VIỆT NGA

QUẢN LÝ NGÀNH

- 6 Quốc hội thông qua Luật Xây dựng (sửa đổi): Chuyển trọng tâm sang cơ chế hậu kiểm
8 Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn: Phân định rõ mối quan hệ giữa các loại quy hoạch
10 Quy nhà ở quốc gia: Định hình lại chiến lược phát triển nhà ở
12 Bộ luật Hàng hải Việt Nam mới: Đột phá từ 6 chính sách lớn
14 Thách thức và định hướng phát triển đội tàu biển quốc gia
16 Định mức bảo trì đường thủy và những bất cập từ thực tiễn
18 Tạo cơ chế đột phá cho TP.HCM phát triển mạng lưới đường sắt đô thị

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

- 20 Chuyển dịch năng lượng giao thông xanh
22 Từ không gian xanh đến hạ tầng thông minh
24 Quản trị đúng để xây dựng mô hình "đô thị sống chung với nước"
28 Bảo tồn công trình di sản mùa mưa bão
32 Phát triển đô thị bền vững ở Việt Nam: Hướng tới những thành phố đáng sống, hiệu quả và bao trùm

- 38 Quy hoạch đô thị tích hợp để thích ứng với lũ lụt cực lớn

DIỄN ĐÀN KHOA HỌC

- 42 Lãnh thổ thông minh trong quy hoạch tích hợp và quản trị lưu vực sông Ba dưới tác động biến đổi khí hậu
48 Cải tạo không gian ven sông Ba - Tuy Hòa hướng tới phát triển bền vững và ứng phó lũ lụt từ kinh nghiệm quốc tế

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

- 54 Chống chịu mưa lũ phải bắt đầu từ tư duy quy hoạch thích ứng

PHÁT TRIỂN XANH

- 60 Kiến trúc vì sức khỏe - cốt lõi để kiến tạo kiến trúc xanh
62 Hồ Núi Cốc - Thành phố du lịch hồ tương lai
66 Bắc Ninh sau sáp nhập: Định hình cấu trúc đô thị hiện đại

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

- 68 Trắc trở điện mái nhà khu công nghiệp

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

- 70 Nghiên cứu thực nghiệm và kiểm định công trình xây dựng: Phương pháp thí nghiệm không phá hoại kết cấu bê tông cốt thép

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- 71 Bản sắc hình thái đô thị Đà Lạt và định hướng phát triển
76 Bài học kinh nghiệm quốc tế về phân vùng cảnh quan góp phần phát triển hệ sinh thái tự nhiên cho mục tiêu giảm ngập - Áp dụng cho TP.HCM
81 Temporary Landscape - giải pháp cảnh quan linh hoạt cho các đô thị đang phát triển: Trường hợp TP.HCM
86 Tổng quan kinh nghiệm quốc tế về quy hoạch giao thông đô thị đa tầng và gợi ý chính sách phát triển cho TP Hồ Chí Minh
90 Mối quan hệ giữa môi trường xây dựng và sức khỏe tinh thần cộng đồng: Đề xuất khung tiêu chí hướng dẫn thiết kế đô thị
94 Công tác quản lý dự án cho công trình nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp
97 Các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống đường sắt đô thị của người dân TP.HCM

- 102 ESG trong xây dựng hạ tầng giao thông đô thị tại Việt Nam

- 106 Nghiên cứu xây dựng khung tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình hầm đường sắt trong quá trình khai thác tại Việt Nam

- 110 Đề xuất một số giải pháp quản lý thoát nước mặt khu vực đô thị Đồng Hới theo mô hình Thành phố bọt biển

- 116 Đề xuất giải pháp dòng sông ngầm nhân tạo trong lòng đô thị (tunnel thấm sâu) nhằm hạn chế ngập lụt ở các đô thị Việt Nam

- 120 Sử dụng hiệu quả năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính tại các nhà máy xử lý nước thải: Thực trạng và giải pháp

- 126 Đánh giá hiệu quả gia cố nền đường bằng vật liệu địa kỹ thuật tổng hợp thông qua thí nghiệm CBR

- 131 Đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn của vật liệu lọc được phủ MOCIP chiết xuất từ hạt chùm ngây Việt Nam



INDUSTRY MANAGEMENT

- THANH NGA 6 National Assembly of Vietnam passes amended construction law: Shifting focus to post-inspection mechanism
- TRAN THU HANG 8 Law on Urban and Rural Planning: Clearly defining the relationship between different types of planning
- HUY THAO 10 National Housing fund: Reshaping housing development strategy
- MINH THANH 12 The new Vietnamese Maritime Code: A breakthrough stemming from 6 major policies.
- BINH MINH 14 Challenges and development directions for the national maritime fleet
- HUY LOC 16 Waterway maintenance standards and shortcomings from practice
- VAN QUYET 18 Creating a breakthrough mechanism for Ho Chi Minh City to develop its urban railway network

FROM POLICY TO LIFE

- CAO THANH 20 Green transportation energy transition
- THU THAO 22 From green spaces to smart infrastructure
- LE TUNG LAM 24 Proper governance is essential for building a model of "cities that coexist with water"
- PHAM HOANG PHUONG 28 Preserving heritage sites during the rainy and stormy season
- NGUYEN QUANG 32 Sustainable urban development in Vietnam: Towards livable, efficient, and inclusive cities.
- HOANG VINH HUNG 38 Integrated urban planning to adapt to extreme floods

SCIENCE FORUM

- NGUYEN VU PHUONG 42 Smart Territory in integrated planning and Governance of the Ba River basin under the impact of Climate Change
- HOANG MANH NGUYEN, DUONG MAI HUONG, 48 The renovation of the Ba River - Tuy Hoa riverside area aims for sustainable development and
TRAN PHUONG ANH, VU THI THAO flood response based on international experience

TALK WITH EXPERTS

- THU THUY, NGOC HA 54 Resilience to floods must begin with adaptive planning

GREEN MATERIALS

- PHAM THANH TUNG 60 Architecture for health - The core of creating green architecture
- THANH VINH 62 Nui Coc Lake - A future lakeside tourist city
- VAN HUNG 66 Bac Ninh after the merger: Shaping a modern urban structure

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

- NGUYEN HOANG LINH 68 Rooftop solar challenges in Industrial parks

ABOUT NEW BOOK

- AN NHIEU 70 Experimental research and testing of construction works: Non-destructive testing methods for reinforced concrete structures

SCIENTIFIC RESEARCH

- DOAN MINH KHOI, CAO THANH NGHIEP 71 Identity of Da Lat urban morphology and Development orientation
- HOANG ANH TU, LE VAN THUONG, PHAN NHUT DUY, 76 International lessons of landscape zoning to develop natural ecosystems for flood mitigation
TRUONG SONG TRUONG to be applied in Ho Chi Minh City
- HOANG ANH TU, LE VAN THUONG 81 Temporary landscape - a flexible landscape solution for developing cities: The case of Ho Chi Minh City
- VUONG THE HUNG, NGO VAN MINH 86 A review of international experiences in multilayer urban transport planning and policy implications for Ho Chi Minh City
- VO PHAN NINH 90 The relationship between the built environment and community mental health: Proposed criteria framework to guide Urban Design
- NGUYEN TRUONG HUY 94 Project management practices for Interior works in luxury Villas and high-End Hotels
- NGUYEN HONG THAI, PHAM THUY HUONG, 97 Factors influencing the intention to use the urban rail transit system among residents of Ho
TRAN QUANG PHU, DANG NGOC THANH Chi Minh City
- LE QUANG HANH 102 ESG for urban transport infrastructure development in Vietnam
- BUI DUY LONG, NGUYEN HUY NGHIA 106 Development of a standards framework for the safety assessment of railway tunnel structures during operation in Vietnam
- NGUYEN HUU PHU 110 Proposal some solutions for surface drainage management in Dong Hoi urban area according to the Sponge City model
- NGUYEN THE LU 116 Proposing a solution of artificial underground river in the heart of the city (deep infiltration tunnel) to limit flooding in Vietnamese cities
- LE THU THUY, LE PHUONG ANH, TRAN HONG MINH 120 Efficient energy use and Greenhouse gas emission reduction in Wastewater treatment plants: Current status and Solutions
- NGUYEN THANH TRUONG 126 Evaluation of roadbed reinforcement efficiency using geosynthetic materials through CBR testing
- NGUYEN THUY LIEN, DUONG THU HANG, 131 Evaluation of the Bacteria Removal Efficiency of Filtration Materials Coated with MOCF
TRAN HOAI SON, VU DUC CANH, TRAN THI VIET NGA Extracted from Vietnamese Moringa Seeds

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D

(Chairman of the Scientific Council)

Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D

(Permanent Council)

Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D

Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D

Dr. Le Van Cu

Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D

Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D

Dr. Nguyen Hong Hai

Dr. Le Quang Hung

Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D

Dr. Khuat Viet Hung

Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung

Prof. Pham Huy Khang, Ph.D

Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi

Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang

Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D

Prof. Phan Quang Minh, Ph.D

Dr. Phan Huu Duy Quoc

Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D

Prof. Pham Cao Thang, Ph.D

Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D

Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D

Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Thai Binh

DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Van Huong

Pham Van Dung

Nguyen Thanh Hoa

Ly Ngoc Thanh

OFFICE:

37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI

Editorial Board: 024.39740744

Email: banbientap@tapchixaydung.vn

Representative Office in Ho Chi Minh City:

17A Hong Ha, Tan Son Hoa, HCM City.

Publication:

No: 14/GP-BVHTTDL dated April 11, 2025.

ISSN: 2734-9888

Account: 113000001172

Joint Stock Commercial Bank of Vietnam

Industrial and Commercial Branch,

Hai Ba Trung, Hanoi

Designed by: Thac Cuong

Printed at Quang Minh Company Limited

Address: No. 27, Alley 785, Truong Dinh Street,

Hoang Mai, Hanoi City, Vietnam.

MỤC LỤC CONTENT

12.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Lê Trung Thành - Thường trực Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vinh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:

Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dũng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

- THS NGUYỄN QUANG ANH
TS NGUYỄN THỊ THÚY HẰNG, TS MAI HỒNG HÀ
TẠ THỊ YẾN, CHU CÔNG CẦN, NGUYỄN THỊ NỤ
NGUYỄN CÔNG THẮNG, LÊ MẠNH CƯỜNG,
NGUYỄN TRUNG HIẾU, LÊ QUANG HUY, ĐỖ TIẾN TRUNG,
NGUYỄN VIỆT HÙNG, NGUYỄN VĂN TUẤN
TS ĐẶNG HỒNG HẢI, THS CAO ĐỨC THANH
- THS LÃ MAI ANH, CN LƯU MẠNH ĐỨC,
KS PHẠM ĐỨC THẮNG, TS NGUYỄN VĂN TIẾN
TS VƯƠNG XUÂN CẦN, THS CAO QUANG KHẢI
- NGUYỄN KHÁNH CHÌ, LÃ MINH KHÁNH, THS NGUYỄN
ĐÌNH QUÝ, PGS. TS LÊ BÁ DANH, TRẦN MINH ĐỨC
NGUYỄN ĐÌNH CHỨC, NGUYỄN HỮU HUẾ,
NGUYỄN VĂN SƠN
THS LÊ TUẤN SƠN, THS NGUYỄN ANH TUẤN,
THS LÊ QUANG VINH
KS NGUYỄN HỮU LUÂN, TS NGUYỄN QUỐC TUẤN
KS NGUYỄN THỊ HỒNG TRANG,
PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT,
PGS.TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN, THS LÊ THỊ THÙY LINH
TS NGUYỄN XUÂN BÀNG, TS ĐÌNH VIỆT THANH,
VŨ QUỐC PHONG
TS NGUYỄN PHI LONG, TS NGUYỄN THỊ THU TRÀ
- LÊ NGỌC PHƯƠNG, TS NGUYỄN SỸ NAM
- LÊ TRUNG PHONG, NGUYỄN NGỌC THẮNG
- THS LÊ ANH CHIẾN, THS NGUYỄN QUANG CHUYÊN,
THS ĐẶNG QUỐC CHIẾN, THS TRẦN THU MINH
TS ĐỖ VĂN THUẬN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI
- TS NGUYỄN VĂN TUNG
- TS VƯƠNG THU GIANG
PGS.TS LƯU TRƯỜNG VẤN, THS NGUYỄN TÂN KHANH,
TS NGUYỄN THANH VIỆT
THS.NCS TRƯƠNG THỊ HUYỀN TRANG,
PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA
KS TRƯƠNG THỊ THU SANG, TS NGUYỄN THANH VIỆT,
PGS.TS LƯU TRƯỜNG VẤN
NGUYỄN LIÊN HƯƠNG, NGUYỄN QUỐC TOÀN,
NGUYỄN THỊ THÚY, NGUYỄN CHÍ CƯỜNG
TS NGUYỄN HOÀI NGHĨA, HÀ THỊ HOÀI THU,
PGS.TS LƯU TRƯỜNG VẤN
DIỆP TRƯƠNG MINH TRIỆU, LÊ TRUNG THÀNH
TS PHẠM THỊ LÝ, TS VÕ ĐỨC NHÃN,
THS NGUYỄN THỊ HỒNG HOA
TS NGUYỄN HOÀI NGHĨA, KS LƯU HOÀNG ẮN,
TS NGUYỄN THANH PHONG
NGUYỄN PHẠM ĐIỂM NHÌ, LÊ HOÀI LONG,
NGUYỄN VĂN MINH
- 136** Quản lý thoát nước khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng thích ứng với biến đổi khí hậu
- 141** Nghiên cứu sử dụng cát biển để thay thế cốt liệu nhỏ trong bê tông xi măng
- 146** Kiểm kê và phân tích nguồn phát thải khí nhà kính tại một nhà máy gạch ốp lát của Việt Nam
- 151** Nghiên cứu nâng cao cường độ sớm của vữa sử dụng tro bay bằng phụ gia hoạt hóa
- 156** Thiết kế điều khiển trượt cho bộ biến đổi DC/DC hai chiều đa pha chế độ Buck trong hệ thống điện phụ trợ của xe điện
- 160** Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong chẩn đoán sâu bệnh cây trồng
- 164** Bước đầu mô phỏng xung đột giữa xe và người đi bộ tại vị trí sang đường không có đèn tín hiệu bằng phần mềm VISSIM và SSAM
- 168** Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong xử lý hình ảnh để phát hiện các hư hỏng của tấm pin năng lượng mặt trời phục vụ công tác đánh giá chất lượng
- 174** Đánh giá rủi ro thi công kè biển bằng ANFIS: Nghiên cứu tại kè Xóm Rớ và Sa Huỳnh
- 178** Nghiên cứu thuật toán DUBINS trong khâu ra quyết định cho bài toán tự động tránh và tàu không người lái USV (Unmanned Surface vessels)
- 183** Nghiên cứu và xây dựng Chatbot tư vấn Luật Đất đai bằng Hybrid RAG và kiểm chứng pháp lý
- 188** Tối ưu hóa thiết kế vòm thép thông qua liên kết SAP2000-OAPI và thuật toán thông minh
- 192** Ứng dụng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận trong nhận dạng chiều sâu ngầm tương đương bằng tham số chuyển vị của kết cấu
- 196** Định hướng tiếp cận dựa trên hiệu suất và quản lý rủi ro trong đánh giá an toàn kết cấu công trình hàng không
- 202** Xác định tần số riêng và biên độ dao động của cabin thang máy có xét tới ảnh hưởng của khối lượng cáp bằng phương pháp phân đoạn phần tử
- 207** Một số vấn đề về đánh giá an toàn kết cấu công trình ở Việt Nam theo Nghị định 175/2024/NĐ-CP và Nghị định 06/2021/NĐ-CP
- 210** Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong quá trình khai thác
- 213** Đánh giá hiệu quả điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam
- 216** Giải pháp phát triển bền vững hoạt động logistics tại TP Hồ Chí Minh trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc Việt Nam
- 219** Đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng cảng biển khu vực Hải Phòng giai đoạn 2010 - 2024
- 222** Xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công
- 228** Tổng quan nghiên cứu về hoạt động logistics đô thị theo định hướng phát triển bền vững: Trường hợp tại vùng kinh tế trọng điểm phía Nam
- 231** Phân tích các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình nhà ở cho công nhân tại khu chế xuất và khu công nghiệp tại TP.HCM
- 236** Tăng cường công tác giám sát, đánh giá đầu tư công tại tỉnh Quảng Ninh trong giai đoạn 2021-2025
- 241** Các yếu tố an toàn phòng cháy chữa cháy ảnh hưởng đến lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh
- 246** Mối quan hệ ESG - Rủi ro - Hiệu quả: Bằng chứng từ ngành Xây dựng Việt Nam
- 252** Nghiên cứu ứng dụng phương pháp LightGBM để dự báo lưu lượng giao thông
- 256** Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo hướng phát triển bền vững
- 262** Các biện pháp bảo vệ sức khỏe tinh thần nơi làm việc trong ngành Xây dựng Việt Nam: Góc nhìn từ Mô hình sinh thái xã hội
- 267** Tổng mục lục năm 2025



NGUYEN QUANG ANH	136	Urban drainage management in the eastern area of Haiphong City adapts to climate change
NGUYEN THI THUY HANG, MAI HONG HA	141	Study on the use of sea sand as a replacement for fine aggregate in Cement concrete
TA THI YEN, CHU CONG CAN, NGUYEN THI NU	146	Inventory and Analysis of Greenhouse Gas Emissions from a Vietnamese Ceramic Tile Manufacturing Plant
NGUYEN CONG THANG, LE MANH CUONG,	151	Study on enhancing early-strength of mortar using fly ash by chemical activation
NGUYEN TRUNG HIEU, LE QUANG HUY,		
DO TIEN TRUNG, NGUYEN VIET HUNG, NGUYEN VAN TUAN		
DANG HONG HAI, CAO DUC THANH	156	Sliding mode control design for a multiphase bidirectional buck DC/DC converter in the auxiliary power system of electric vehicles
LA MAI ANH, LUU MANH DUC, PHAM DUC THANG,	160	A study on the application of artificial intelligence for plant pest and disease diagnosis
NGUYEN VAN TIEN		
VUONG XUAN CAN, CAO QUANG KHAI	164	Preliminary simulation of vehicle-pedestrian conflicts at unsignalized crosswalks using VISSIM and SSAM
NGUYEN KHANH CHI, LA MINH KHANH,	168	Research on application of artificial intelligence in image processing to detect damages of solar panels for quality assessment
NGUYEN DINH QUY, LE BA DANH, TRAN MINH DUC		
NGUYEN DINH CHUC, NGUYEN HUU HUE,	174	Risk assessment of seawall construction using ANFIS: a research at Xom Ro and Sa Huynh seawalls
NGUYEN VAN SON		
LE TUAN SON, THS NGUYEN ANH TUAN,	178	Research on the DUBINS Path for the decision-making stage in the automatic collision avoidance problem of Unmanned Surface Vessels (USVs)
LE QUANG VINH		
NGUYEN HUU LUAN, NGUYEN QUOC TUAN	183	Design and development of a Land Law consultation Chatbot using a Hybrid RAG framework with legal validity verification
NGUYEN THI HONG TRANG, TRUONG DINH NHAT,	188	Integrating SAP2000-OAPI with Intelligent algorithms for Steel dome optimization
NGUYEN HUU ANH TUAN, LE THI THUY LINH		
NGUYEN XUAN BANG, DINH VIET THANH,	192	Application of consecutive method of the forward problem in identifying equivalent fixed depth by displacement of structure
VU QUOC PHONG		
NGUYEN PHI LONG, NGUYEN THI THU TRA	196	Performance-based and risk-managed approach to Structural safety assessment of Aviation facilities
LE NGOC PHUONG, NGUYEN SY NAM	202	Determination of Natural frequency and vibration amplification of Elevator cabin considering the effect of Cable mass using finite segment method
LE TRUNG PHONG, NGUYEN NGOC THANG	207	Some issues regarding the structural safety assessment of constructions in Vietnam Under Decree 175/2024/NĐ-CP and Decree 06/2021/NĐ-CP
LE ANH CHIEN, NGUYEN QUANG CHUYEN,	210	Research on developing standards for assessing the safety of railway bridges during the operation process
DANG QUOC CHIEN, TRAN THU MINH		
DO VAN THUAN, NGUYEN LUONG HAI	213	Evaluating the effectiveness of public in-vestment capital plan management in transportation infrastructure construction in Vietnam
NGUYEN VAN TUNG	216	Solutions for sustainable development of logistics activities in Ho Chi Minh City in the era of the Vietnamese nation's rise
VUONG THU GIANG	219	Evaluation of the throughput performance in the Hai Phong seaport during the 2010 - 2024 period
LUU TRUONG VAN, NGUYEN TAN KHANH,	222	A Construction quality performance-based valuation Framework for Subcontractor selection
NGUYEN THANH VIET		
TRUONG THI HUYEN TRANG, HO THI THU HOA	228	Overview of research on urban logistics activities towards sustainable development: Case in Southern key economic zone
TRUONG THI THU SANG, NGUYEN THANH VIET,	231	Analysis of success factors for investment in the construction of worker housing projects in export processing and industrial zones in Ho Chi Minh City
LUU TRUONG VAN		
NGUYEN LIEN HUONG, NGUYEN QUOC TOAN,	236	Enhancing Public Investment Monitoring and Evaluation in Quang Ninh Province During the Period 2021-2025
NGUYEN THI THUY, NGUYEN CHI CUONG		
NGUYEN HOAI NGHIA, HA THI HOAI THU,	241	Fire-safety factors influencing the selection of preliminary design options for the renovation of town houses used to reside and trade
LUU TRUONG VAN		
DIEP TRUONG MINH TRIEU, LE TRUNG THANH	246	ESG-Risk-Performance Nexus: Evidence from Vietnam's Construction industry
PHAM THI LY, VO DUC NHAN, NGUYEN THI HONG HOA	252	A study on applying the LightGBM method for traffic flow prediction
NGUYEN HOAI NGHIA, LUU HOANG AN,	256	Analysis of the factors influencing the selection of sustainable Commercial - Service urban models
NGUYEN THANH PHONG		
NHI DIEM PHAM NGUYEN, LONG LE HOAI,	262	Workplace mental health interventions in the Vietnamese construction industry: A Social Ecological Model perspective
MINH VAN NGUYEN	267	Annual Table of Contents 2025

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D

(Chairman of the Scientific Council)

Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D

(Permanent Council)

Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D

Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D

Dr. Le Van Cu

Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D

Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D

Dr. Nguyen Hong Hai

Dr. Le Quang Hung

Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D

Dr. Khuat Viet Hung

Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung

Prof. Pham Huy Khang, Ph.D

Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi

Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang

Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D

Prof. Phan Quang Minh, Ph.D

Dr. Phan Huu Duy Quoc

Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D

Prof. Pham Cao Thang, Ph.D

Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D

Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D

Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Thai Binh

DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Van Huong

Pham Van Dung

Nguyen Thanh Hoa

Ly Ngoc Thanh

QUỐC HỘI THÔNG QUA LUẬT XÂY DỰNG (SỬA ĐỔI):

Chuyển trọng tâm sang cơ chế hậu kiểm

**THANH NGÀ**

Luật Xây dựng (sửa đổi) bãi bỏ thẩm định thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở và mở rộng miễn Giấy phép xây dựng, nhằm giảm thủ tục tiền kiểm và chuyển trọng tâm sang cơ chế hậu kiểm.

Chiều 10/12, tại Kỳ họp thứ 10, Quốc hội khoá XV, Quốc hội thông qua Luật Xây dựng (sửa đổi) với tỷ lệ tán thành 91,97%. Đây là một bước điều chỉnh pháp lý quan trọng, nhằm tháo gỡ các bất cập kéo dài trong thủ tục đầu tư xây dựng, đồng thời tái cấu trúc phương thức quản lý nhà nước theo hướng hiệu quả, minh bạch và phù hợp thực tiễn.

BẢO ĐẢM ĐỒNG BỘ CỦA HỆ THỐNG PHÁP LUẬT

Báo cáo tóm tắt tiếp thu, giải trình và chỉnh lý dự thảo Luật Xây dựng (sửa đổi), Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh khẳng định, nhiều ý kiến ĐBQH tán thành với sự cần thiết ban hành Luật, nhất trí với Tờ trình của Chính phủ và Báo cáo thẩm tra của Ủy ban Khoa học, Công nghệ và Môi trường (KH, CN & MT) cho rằng, dự thảo Luật đã đáp ứng yêu cầu về thể chế hóa chủ trương của Đảng và chính sách Nhà nước về đổi mới công tác xây dựng pháp luật, cải cách thủ tục hành chính, đáp ứng việc sắp xếp, tổ chức bộ máy theo mô hình chính quyền địa phương 2 cấp.

Tiếp thu ý kiến kết luận của Ủy ban Thường vụ Quốc hội, ý kiến thẩm tra của Ủy ban KH, CN & MT và các ý kiến ĐBQH, dự thảo Luật đã được rà soát toàn diện để bảo đảm tính đồng bộ với hệ thống pháp luật hiện hành. Việc rà soát được thực hiện theo từng nhóm Luật có liên quan trực tiếp đến hoạt động xây dựng, gồm: nhóm pháp luật về đầu tư và quản lý dự án (Luật Đầu tư công, Luật Đầu tư, Luật PPP); nhóm pháp luật về quy hoạch (Luật Quy hoạch, Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn); nhóm pháp luật về đất đai và môi trường (Luật Đất đai, Luật Bảo vệ môi trường); nhóm pháp luật về lựa chọn nhà thầu và an toàn công trình (Luật Đấu thầu, Luật Phòng chống chữa cháy và Cứu nạn cứu hộ); cùng với các Luật trong lĩnh vực dân sự - kinh doanh như Bộ luật Dân sự và Luật Kinh doanh bảo hiểm. Đồng thời, dự thảo Luật được chỉnh lý để

bảo đảm thống nhất với các dự án Luật đang trình Quốc hội tại Kỳ họp này, tránh phát sinh xung đột và bảo đảm tính thống nhất trong áp dụng.

KIỂM SOÁT SAU MIỄN GIẤY PHÉP XÂY DỰNG

Luật đã bãi bỏ thủ tục thẩm định thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở, giao trách nhiệm kiểm soát thiết kế xây dựng sau khi dự án được phê duyệt cho chủ đầu tư. Thực hiện nguyên tắc “từ giai đoạn chuẩn bị dự án đến khi khởi công xây dựng, mỗi công trình/dự án chỉ phải thực hiện 01 thủ tục”.

Mở rộng đối tượng được miễn Giấy phép xây dựng, theo đó, công trình xây dựng thuộc dự án đã thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi thì được miễn Giấy phép xây dựng.

Các thủ tục hành chính được Luật giao quy định chi tiết tại Nghị định theo định hướng: (i) đơn giản hóa hồ sơ thông qua sử dụng hệ thống cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, đất đai, dân cư; (ii) đơn giản các nội dung thẩm định/cấp phép xây dựng song vẫn đảm bảo mục tiêu quản lý nhà nước; (iii) rút ngắn thời gian, chi phí thực hiện thông qua thực hiện dịch vụ công trực tuyến, ứng dụng công nghệ thông tin, chuyển đổi số.

Các nội dung cải cách này nhận được nhiều ý kiến đồng thuận của ĐBQH, song cũng có ý kiến đề nghị làm rõ về các biện pháp kiểm soát chất lượng trong quá trình thực hiện để tránh lãng phí trong khắc phục hậu quả khi xảy ra vi phạm.

Theo đó, Luật đã nâng cao trách nhiệm cho các chủ thể thực hiện, tăng cường kiểm tra, giám sát để bảo đảm chất lượng công trình xây dựng và phát hiện, ngăn chặn và kịp thời xử lý khi phát sinh vi phạm, như: (i) phân định rõ nghĩa vụ, trách nhiệm của từng chủ thể theo giai đoạn thực hiện; (ii) quy định về thẩm tra bắt buộc đối với công trình ảnh hưởng lớn đến an toàn lợi ích cộng đồng, công trình thuộc

Đối với nguyên tắc hậu kiểm, dự thảo Luật đã bổ sung thêm một điều quy định về quản lý trật tự xây dựng theo hướng: việc quản lý trật tự xây dựng được thực hiện xuyên suốt từ khi thông báo khởi công đến khi công trình được nghiệm thu, đưa vào sử dụng, nhằm kịp thời phát hiện và xử lý vi phạm. Việc quản lý được áp dụng phù hợp với từng loại công trình có hoặc không có yêu cầu cấp phép xây dựng, tránh áp dụng một cách máy móc. UBND cấp tỉnh chịu trách nhiệm toàn diện đối với trật tự xây dựng trên địa bàn, còn UBND cấp xã thực hiện theo phân cấp của tỉnh. Khi phát hiện vi phạm, cơ quan quản lý phải yêu cầu dừng thi công và xử lý hoặc kiến nghị xử lý theo thẩm quyền. Chính phủ sẽ quy định chi tiết nội dung và phương thức thực hiện điều này trong Nghị định. Quy định này cho thấy tư duy quản lý chuyển từ “hậu xử lý vi phạm” sang “giám sát liên tục để phòng ngừa vi phạm từ đầu”. Việc xác định rõ trách nhiệm của UBND cấp tỉnh và cấp xã giúp tránh tình trạng đùn đẩy, né tránh hoặc quản lý hình thức, vốn là điểm yếu kéo dài trong thực tiễn trật tự xây dựng ở nhiều địa phương. Đồng thời, quy định tách bạch công trình có phép và không có phép là phù hợp, bởi cơ chế giám sát không thể cứng nhắc áp dụng cho mọi loại công trình.

Tại các phiên thảo luận Tổ, các ĐBQH tập trung vào 3 nhóm vấn đề chính: phạm vi thẩm định của cơ quan chuyên môn, cơ chế miễn Giấy phép xây dựng và yêu cầu hoàn thiện mô hình hậu kiểm. Nhiều ý kiến thống nhất rằng bãi bỏ thẩm định thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở là bước cải cách lớn, nhưng cần làm rõ trách nhiệm của chủ đầu tư và tiêu chí thẩm tra đối với công trình có yêu cầu an toàn cao. Các đại biểu cũng ủng hộ việc mở rộng đối tượng miễn Giấy phép xây dựng đối với công trình thuộc dự án đã thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi; tuy nhiên, phải bảo đảm năng lực giám sát thực chất của chính quyền địa phương, tránh buông lỏng quản lý trật tự xây dựng. Về hậu kiểm, các ý kiến đề nghị xây dựng cơ chế kiểm tra xuyên suốt, có trọng tâm và kiểm soát rủi ro, gắn trách nhiệm của tư vấn giám sát, nhà thầu và cơ quan quản lý với từng giai đoạn thi công, nhằm bảo đảm việc cắt giảm thủ tục không làm giảm chất lượng công trình và an toàn công cộng.

diện thẩm định về PCCC; (iii) bổ sung quy định về quản lý trật tự xây dựng được thực hiện từ lúc tiếp nhận thông báo khởi công, khởi công xây dựng cho đến khi công trình được nghiệm thu, bàn giao đưa vào khai thác, sử dụng.

SẼ CÓ 7 NGHỊ ĐỊNH QUY ĐỊNH CHI TIẾT THI HÀNH LUẬT

Theo tinh thần xây dựng Luật khung, Luật đã lược bỏ các nội dung quy định về trình tự, thủ tục, giao Chính phủ quy định chi tiết (khoảng 40 nội dung). Ủy ban KH, CN & MT đề nghị rà soát dự thảo Luật để bảo đảm đầy đủ các quy định về nguyên tắc trên Luật, nhất là các vấn đề cốt lõi; đồng thời một số ý kiến ĐBQH quan ngại về áp lực hoàn thành các Nghị

định để bảo đảm không có khoảng trống sau khi Luật có hiệu lực thi hành.

Theo đó, Luật bảo đảm đầy đủ các nội dung về nguyên tắc làm cơ sở quy định chi tiết tại văn bản dưới Luật. Đối với các nội dung Luật giao quy định chi tiết, Bộ Xây dựng dự kiến xây dựng 7 Nghị định quy định chi tiết thi hành Luật, trên cơ sở kế thừa các Nghị định hiện hành và chỉnh lý theo quy định của Luật mới ban hành.

Do các nội dung tại Nghị định đã và đang được nghiên cứu đồng thời với quá trình xây dựng dự án Luật, cơ quan soạn thảo cam kết trình Chính phủ ban hành kịp thời các Nghị định cùng với thời gian có hiệu lực của Luật Xây dựng (sửa đổi) từ ngày 1/7/2026.❖

LUẬT QUY HOẠCH ĐÔ THỊ VÀ NÔNG THÔN:

Phân định rõ mối quan hệ giữa các loại quy hoạch

**TRẦN THU HẰNG***

Việc Quốc hội thông qua Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn (ngày 11/12) cho thấy một lựa chọn chính sách rõ ràng: Thu hẹp đúng phạm vi điều chỉnh của Luật, phân định rành mạch mối quan hệ giữa các loại quy hoạch trong hệ thống pháp luật hiện hành.

Hai nội dung cốt lõi được xác định rõ là: (i) không đưa chỉ tiêu sử dụng đất vào Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn; (ii) làm rõ ranh giới giữa quy hoạch tỉnh với quy hoạch chung thành phố. Đây không chỉ là chỉnh sửa kỹ thuật lập pháp, mà phản ánh cách tiếp cận thận trọng, có tính hệ thống trong bối cảnh pháp luật về quy hoạch và đất đai vừa trải qua nhiều thay đổi lớn.

KHÔNG MỞ RỘNG PHẠM VI ĐIỀU CHỈNH SANG LĨNH VỰC ĐẤT ĐAI

Một trong những điểm được tranh luận nhiều trong quá trình xây dựng Luật là đề xuất đưa chỉ tiêu sử dụng đất vào kế hoạch thực hiện quy hoạch chung, coi đây là căn cứ cho các quyết định thu hồi đất, giao đất, cho thuê đất hoặc chuyển mục đích sử dụng đất. Tuy nhiên, Chính phủ và các cơ quan thẩm tra đã thống nhất không tiếp cận theo hướng này.

Về bản chất, chỉ tiêu sử dụng đất là công cụ quản lý đất đai, gắn trực tiếp với thẩm quyền, trình tự, điều kiện thu hồi và phân bổ đất đai, là những nội dung đã được Luật Đất đai điều chỉnh tương đối đầy đủ. Nếu tiếp tục “đưa ngược” các chỉ tiêu này vào Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn, hệ quả không chỉ là trùng lặp nội dung, mà còn tạo nguy cơ xung đột pháp lý khi áp dụng, nhất là ở cấp địa phương, nơi trực tiếp triển khai cả quy hoạch và quản lý đất đai.

Việc loại bỏ các quy định thuộc phạm vi điều chỉnh của pháp luật đất đai khỏi Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn vì vậy có thể coi là một quyết định mang tính “kỷ luật lập pháp”, bảo đảm mỗi luật điều chỉnh đúng đối tượng, đúng phạm vi. Cách tiếp cận này giúp làm gọn hệ thống pháp luật, giảm gánh nặng cho người thực

thi và hạn chế tình trạng phải “chọn luật để áp dụng” trong các tình huống cụ thể.

PHÂN ĐỊNH LẠI VAI TRÒ GIỮA QUY HOẠCH TỈNH VÀ QUY HOẠCH CHUNG THÀNH PHỐ

Bên cạnh phạm vi điều chỉnh, vấn đề tổ chức hệ thống quy hoạch, đặc biệt là mối quan hệ giữa quy hoạch tỉnh và quy hoạch chung đối với các thành phố trực thuộc Trung ương, tiếp tục là một điểm nghẽn lớn trong thực tiễn nhiều năm qua. Thực tế cho thấy, sự chồng lấn về nội dung giữa hai loại quy hoạch này không chỉ làm kéo dài thời gian lập và phê duyệt, mà còn gây khó khăn trong triển khai các dự án đầu tư và quản lý phát triển đô thị.

Trong quá trình sửa Luật, hai hướng tiếp cận đã được đặt ra: hợp nhất quy hoạch tỉnh và quy hoạch chung thành phố, hoặc tiếp tục duy trì hai loại quy hoạch nhưng phân định rõ ranh giới nội dung. Việc lựa chọn phương án thứ hai cho thấy Chính phủ ưu tiên ổn định hệ thống quy hoạch, tránh những xáo trộn lớn trong bối cảnh Luật Quy hoạch (sửa đổi) và Luật Đất đai 2024 vừa có hiệu lực.

Theo cách thiết kế mới, quy hoạch tỉnh đối với thành phố trực thuộc Trung ương chỉ đóng vai trò định hướng chiến lược, xác định các phương hướng phát triển lớn, không can thiệp sâu vào tổ chức không gian đô thị. Ngược lại, quy hoạch chung thành phố được xác định là công cụ trung tâm để định hướng phát triển không gian đô thị - nông thôn, bố trí hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội và phát triển nhà ở, đồng thời làm căn cứ lập quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết.

Sự phân định này có ý nghĩa quan trọng trong thực tiễn, bởi nó giúp xác lập lại trật tự trong hệ thống quy hoạch, tránh tình

(*) Vụ trưởng Vụ Quy hoạch - Kiến trúc, Bộ Xây dựng.



trạng một nội dung phải “xin ý kiến” hoặc “đối chiếu” ở nhiều cấp quy hoạch khác nhau.

Đồng thời, cách tiếp cận này cũng phù hợp với Luật Đất đai năm 2024, theo đó việc lập kế hoạch sử dụng đất tại các thành phố trực thuộc Trung ương được thực hiện trên cơ sở quy hoạch chung và các quy hoạch đô thị liên quan, thay vì thông qua một quy hoạch sử dụng đất cấp tỉnh riêng biệt.

CẢI CÁCH DỰA TRÊN THỰC TIỄN

Một điểm đáng chú ý khác trong quá trình sửa Luật là yêu cầu tổng kết, đánh giá thực tiễn các cơ chế thí điểm về quy hoạch tại Hà Nội, TP.HCM và một số đô thị đặc thù trước khi xem xét mở rộng. Điều này cho thấy cách tiếp cận cải cách có cơ sở, dựa trên kết quả thực chứng thay vì áp dụng đồng loạt các mô hình mới khi chưa được kiểm nghiệm đầy đủ.

Trong bối cảnh các đô thị lớn đang chịu áp lực rất lớn về hạ tầng, dân số và môi trường, việc sửa Luật theo hướng “đi từng bước chắc chắn” có thể giúp giảm rủi ro chính sách, đồng thời tạo dư địa điều chỉnh linh hoạt khi thực tiễn phát sinh vấn đề mới.

Từ góc độ chính sách, việc sửa đổi Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn không nhằm mở rộng phạm vi điều chỉnh, mà tập trung hoàn thiện khuôn khổ pháp lý để bảo đảm sự phù hợp của hệ thống quy hoạch với mô hình chính quyền địa phương hai cấp. Cách tiếp cận này thể hiện sự thận trọng cần thiết trong bối cảnh hệ thống pháp luật về quy hoạch, đất đai và đầu tư đang trong quá trình tái cấu trúc mạnh mẽ. Đây là một lựa chọn hợp lý trong bối cảnh hệ thống pháp luật về quy hoạch, đất đai và đầu tư đang được tái cấu trúc mạnh mẽ.

Việc giữ Luật “đúng vai”, phân định rõ giữa quy hoạch không gian và quản lý đất đai, đồng thời làm rõ mối quan hệ giữa các cấp độ quy hoạch, có thể coi là điều kiện cần để nâng cao hiệu quả quản lý phát triển đô thị trong giai đoạn tới. Tuy nhiên, hiệu quả thực tế của những điều chỉnh này vẫn phụ thuộc lớn vào chất lượng các văn bản hướng dẫn và năng lực tổ chức thực hiện tại địa phương, yếu tố sẽ tiếp tục cần được theo dõi và đánh giá một cách nghiêm túc.❖

(i) Luật sửa đổi, bổ sung Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn đã làm rõ ranh giới giữa quy hoạch đô thị - nông thôn và quản lý đất đai, theo hướng không đưa các nội dung thuộc phạm vi điều chỉnh của pháp luật đất đai vào Luật này. Nguyên tắc này đã được quán triệt tại Điều 2 Nghị quyết số 66.1/2025/NQ-CP ngày 18/7/2025 của Chính phủ về xử lý khó khăn, vướng mắc trong việc lập mới, điều chỉnh và phê duyệt quy hoạch phân khu đối với khu vực hình thành đô thị khi thực hiện sắp xếp đơn vị hành chính các cấp và tổ chức chính quyền địa phương hai cấp. Theo đó, điểm d khoản 2 Điều 3 Luật sửa đổi Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn quy định: trường hợp việc lập quy hoạch phân khu làm thay đổi vượt quá chỉ tiêu sử dụng đất cấp tỉnh thì UBND cấp tỉnh phải báo cáo HĐND cùng cấp xem xét, quyết định theo quy định của pháp luật đất đai trước khi phê duyệt quy hoạch.

(ii) Luật sửa đổi, bổ sung Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn làm rõ mối quan hệ và thứ bậc giữa quy hoạch tỉnh và quy hoạch chung, qua đó thiết lập lại trật tự của hệ thống quy hoạch theo hướng phân vai rành mạch. Theo khoản 7 Điều 1 (sửa đổi, bổ sung khoản 2 Điều 15), quy hoạch chung phải được lập phù hợp với chiến lược phát triển và một trong các quy hoạch cấp quốc gia, quy hoạch vùng hoặc quy hoạch tỉnh (điểm a); quy hoạch phân khu được lập căn cứ vào quy hoạch chung hoặc trong một số trường hợp căn cứ vào quy hoạch tỉnh, quy hoạch vùng (điểm b); còn quy hoạch chi tiết được lập căn cứ vào quy hoạch phân khu hoặc quy hoạch chung (điểm c). Đồng thời, khoản 2 Điều 1 (sửa đổi, bổ sung khoản 4 Điều 3) xác định rõ đối tượng phải lập quy hoạch chung và trường hợp chỉ lập khi cần thiết, đặc biệt đối với đô thị thuộc thành phố.

QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA:

Định hình lại chiến lược phát triển nhà ở



HUY THẢO

Nghị định 302/2025/NĐ-CP là bước ngoặt định hình lại chiến lược phát triển nhà ở, chuyển dịch vai trò phát triển nhà ở xã hội (NOXH) từ phụ thuộc vào doanh nghiệp sang sự chủ động hoàn toàn của Nhà nước thông qua Quỹ Nhà ở quốc gia.

GIÁ NHÀ “LẬP ĐÌNH” VÀ BỨC TRANH NGUỒN CUNG

Ngày 19/11/2025 Chính phủ đã ban hành Nghị định số 302/2025/NĐ-CP quy định chi tiết về Quỹ Nhà ở quốc gia và biện pháp thi hành Nghị quyết số 201/2025/QH15 ngày 29/5/2025 của Quốc hội thí điểm về một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NOXH.

Đây là văn bản pháp lý quan trọng, được giới chuyên môn và dư luận đặc biệt quan tâm. Nghị định gồm 7 Chương, 27 Điều quy định toàn diện việc thành lập, địa vị pháp lý, hoạt động, quản lý tài chính của Quỹ Nhà ở quốc gia. Đồng thời, văn bản cũng quy định chi tiết về cơ chế tiếp nhận, quản lý và sử dụng các khoản hỗ trợ, đóng góp của tổ chức, cá nhân trong và ngoài nước; hoạt động đầu tư, tạo lập, quản lý vận hành cho thuê nhà ở cũng như trách nhiệm cụ thể của các bộ, ngành, địa phương.

Đặc biệt, thời gian qua, câu chuyện an cư lạc nghiệp của người dân trở thành chủ đề nóng trên các diễn đàn xã hội và nghị trường Quốc hội khi giá bất động sản (BDS) liên tục leo thang. Thị trường đang chứng kiến một nghịch lý đáng lo ngại khi tiền tiết kiệm luôn “đuối” không kịp giá nhà, khiến cơ hội sở hữu nhà của người lao động ngày càng trở nên xa vời.

Dữ liệu nghiên cứu mới nhất từ Viện nghiên cứu đánh giá thị trường BĐS Việt Nam (VARS IRE) đã phác họa một bức tranh thực tế đầy thách thức. Tính đến cuối quý III/2025, chỉ số giá căn hộ chung cư tại các đô thị lớn đã tăng phi mã so với năm 2019: Hà Nội tăng kỷ lục 96,2%, Đà Nẵng tăng 72,6% và TP.HCM tăng 56,9%. Giá bán trung bình tại các dự án trong tập mẫu nghiên cứu đã chạm ngưỡng 78,9 triệu đ/m² ở Hà Nội; 67,4 triệu đ/m² ở Đà Nẵng và lên tới 81,6 triệu đ/m² tại TP.HCM.

Đáng chú ý, trong khi giá căn hộ tại TP.HCM (khu vực cũ) đang tiến tới mức cao hơn sau thời gian dài tích lũy, thì tại Hà Nội và Đà Nẵng, giá bắt đầu có xu hướng đi ngang nhưng vẫn neo ở mức rất cao do nhà đầu tư chưa chịu nhiều áp lực tài chính và kỳ vọng tăng giá vẫn được duy trì. Sự chênh lệch giữa giá nhà và

thu nhập ngày càng nổi trội. Với mức thu nhập bình quân của người lao động chỉ khoảng 15 triệu đ/tháng, một cặp vợ chồng trẻ phải mất tới 10 năm tích lũy mới đủ một phần vốn mua nhà.

Trong khi nhu cầu thực rất lớn, nguồn cung NOXH lại chưa đáp ứng được kỳ vọng. Nguyên nhân cốt lõi khiến doanh nghiệp thiếu mặn mà tham gia phân khúc này nằm ở biên lợi nhuận thấp, thủ tục phức tạp, thiếu quỹ đất sạch và cơ chế ưu đãi chưa đủ hấp dẫn, thiếu ổn định. Thực trạng này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải có một “bàn tay kiến tạo” đủ mạnh từ phía Nhà nước để cân bằng lại thị trường.

Mặc dù Nhà nước đã có nhiều chính sách thúc đẩy, nhưng tính đến quý III/2025 theo số liệu thống kê mới nhất từ Bộ Xây dựng, lũy kế đến nay cả nước có 696 dự án NOXH đang được triển khai với quy mô 637.048 căn. Trong đó, 191 dự án đã hoàn thành 128.648 căn; 195 dự án đã khởi công 123.057 căn và 310 dự án được chấp thuận chủ trương đầu tư 385.343 căn. Con số này cho thấy, tổng số dự án đã hoàn thành, khởi công và được chấp thuận chủ trương đầu tư đã đạt 60% so với chỉ tiêu Đề án.

Xét riêng năm 2025, tính đến nay cả nước đã hoàn thành 61.893/100.275 căn, đạt 62% kế hoạch năm. Dự kiến đến hết năm 2025, tổng số căn hoàn thành là 91.585 căn, đạt 91% chỉ tiêu năm. Đáng chú ý, có 17/34 địa phương dự kiến hoàn thành và vượt chỉ tiêu, bao gồm các đầu tàu kinh tế như: Hà Nội (102%), TP.HCM (100%), Hải Phòng (101%), Bắc Ninh (102%), Đồng Nai (110%).

QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA: KIẾN TẠO NGUỒN CUNG VÀ QUỸ NHÀ “CHO THUÊ”

Trước bối cảnh mô hình phát triển NOXH dựa vào doanh nghiệp tư nhân gặp khó, việc Chính phủ ban hành Nghị định 302/2025/NĐ-CP thành lập Quỹ Nhà ở quốc gia là sự thay đổi mang tính hệ thống. Theo đó, Quỹ hoạt động theo hai cấp: Quỹ trung ương trực thuộc Bộ Xây dựng và Quỹ địa phương do

Quỹ nhà ở quốc gia là đơn vị sự nghiệp công lập. Chính phủ thành lập Quỹ nhà ở trung ương trực thuộc Bộ Xây dựng, giao Bộ Xây dựng quản lý; UBND cấp tỉnh thành lập và quản lý Quỹ nhà ở địa phương.

Quỹ nhà ở quốc gia để đầu tư xây dựng nhà ở xã hội, đầu tư xây dựng hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội của dự án đầu tư xây dựng nhà ở xã hội, tạo lập nhà ở xã hội để cho thuê, nhà ở cho cán bộ, công chức, viên chức, người lao động thuê.

UBND cấp tỉnh thành lập và quản lý.

Điểm nhấn quan trọng nhất của Nghị định này nằm ở cơ chế tạo lập nguồn vốn và định hướng sử dụng. Nguồn vốn hoạt động của Quỹ được đa dạng hóa tối đa, bao gồm ngân sách Nhà nước, vốn từ nguồn hỗ trợ tự nguyện, đóng góp của tổ chức, cá nhân và các nguồn huy động hợp pháp khác.

Đặc biệt, đối với Quỹ trung ương, vốn điều lệ do ngân sách trung ương cấp từ nguồn vốn đầu tư công lần đầu tối thiểu là 5.000 tỷ đồng và sẽ được nâng lên tối thiểu 10.000 tỷ đồng trong 03 năm tiếp theo. Đối với Quỹ địa phương, nguồn vốn còn được trích từ tiền sử dụng đất, tiền bán nhà thuộc tài sản công và tiền đấu giá quyền sử dụng đất.

Sự ra đời của Quỹ Nhà ở quốc gia không chỉ giải quyết bài toán về vốn mà còn định hình lại chiến lược phát triển nhà ở: Chuyển từ mua - bán sang chú trọng cho thuê. Mục tiêu trọng tâm của Quỹ là đầu tư xây dựng, tạo lập NOXH để cho thuê; đồng thời Quỹ được phép mua nhà ở thương mại để cho cán bộ, công chức, viên chức và người lao động thuê. Bằng việc tập trung kiến tạo nguồn cung nhà ở cho thuê và trực tiếp điều tiết thị trường, chính sách này không chỉ tháo gỡ "nút thắt" thiếu hụt nguồn cung trầm trọng mà còn là công cụ vĩ mô hữu hiệu để giảm thiểu đầu cơ và hạ nhiệt giá nhà.

Cơ chế này cho phép Nhà nước chủ động tạo lập nguồn cung mà không phụ thuộc hoàn toàn vào tiến độ hay lợi nhuận của doanh nghiệp. Theo quy định tại Điều 18 của Nghị định, Quỹ có thể mua NOXH của chủ đầu tư, mua nhà ở thương mại theo cơ chế thị trường hoặc đặt hàng doanh nghiệp do Nhà nước nắm giữ 100% vốn để tạo lập quỹ nhà cho thuê. Đây là công cụ hữu hiệu để Nhà nước điều tiết nguồn cung ngay lập tức tại các khu vực "nóng" về nhu cầu nhà ở.

HƯỚNG TỚI SỰ ỔN ĐỊNH BỀN VỮNG CỦA THỊ TRƯỜNG

Dưới góc nhìn chuyên gia, VARS IRE nhận định việc Nhà

nước trực tiếp tham gia tạo lập NOXH, đặc biệt là phân khúc cho thuê thông qua Quỹ Nhà ở quốc gia, là giải pháp an cư chiến lược, phù hợp với xu hướng quốc tế.

Thực tế thế giới đã chứng minh tính hiệu quả của mô hình này. Điển hình như Singapore với hơn 80% dân số sống trong nhà do Cục Nhà ở và Phát triển (HDB) phát triển; hay Đức với chính sách cam kết cho thuê giá thấp hơn thị trường trong 15 - 25 năm. Tại Hàn Quốc, các doanh nghiệp nhà nước cũng đóng vai trò chuyên trách trong việc phát triển nhà ở.

Tại Việt Nam, phát triển thị trường nhà ở cho thuê là bước đi tất yếu. Khi giá NOXH để bán cũng đang tăng cao, mô hình chỉ cho thuê, không bán do Quỹ Nhà ở quốc gia thực hiện sẽ giúp đảm bảo nguồn cung ổn định, hạn chế tối đa tình trạng đầu cơ, trực lợi chính sách và duy trì chi phí ở mức hợp lý.

Để giải pháp này thực sự đi vào cuộc sống, các chuyên gia cho rằng, cần thúc đẩy mạnh mẽ mô hình hợp tác công - tư (PPP). Trong đó, doanh nghiệp đóng vai trò xây dựng dự án với chuyên môn và kỹ thuật cao, sau đó Nhà nước sẽ mua lại hoặc thuê lại để vận hành thông qua Quỹ. Bên cạnh đó, các cơ quan chức năng cần tiếp tục nghiên cứu quy định chi tiết về tiêu chuẩn nhà cho thuê, giới hạn mức tăng giá hàng năm và minh bạch hóa các hợp đồng thuê dài hạn để bảo vệ quyền lợi người dân.

Trong dài hạn, sự vận hành của Quỹ Nhà ở quốc gia theo Nghị định 302/2025/NĐ-CP sẽ giúp cải thiện đáng kể cán cân cung - cầu. Khi một phần nhu cầu sở hữu nhà vốn đang quá sức với nhiều người được chuyển dịch sang nhu cầu thuê nhà chất lượng cao, ổn định từ Nhà nước, áp lực tăng giá lên thị trường BĐS thương mại sẽ giảm. Điều này không chỉ mở ra cơ hội an cư thực sự cho hàng triệu lao động, công chức, viên chức mà còn tạo tiền đề cho một thị trường bất động sản Việt Nam vận hành minh bạch, lành mạnh và bền vững hơn.❖

BỘ LUẬT HÀNG HẢI VIỆT NAM MỚI:

Đột phá từ 6 chính sách lớn

**MINH THÀNH**

Việc xây dựng chính sách Bộ luật Hàng hải Việt Nam mới (thay thế Bộ luật Hàng hải Việt Nam 2015, Luật Giao thông đường thủy nội địa 2004 và các sửa đổi, bổ sung) nhằm thể chế hóa chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước, tiếp tục hoàn thiện cơ chế, chính sách trong lĩnh vực hàng hải, giao thông đường thủy nội địa, thực hiện cam kết của Việt Nam với cộng đồng quốc tế...

CẢI CÁCH THỦ TỤC, TĂNG CƯỜNG PHÂN CẤP, ĐỘT PHÁ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

Theo Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, dự thảo Bộ luật Hàng hải Việt Nam mới đang tiếp tục được lấy ý kiến, tiếp thu và dự kiến trình Quốc hội tại kỳ họp tháng 10/2026. Tại dự thảo Tờ trình của Chính phủ, Bộ Xây dựng (cơ quan chủ trì soạn thảo Bộ luật Hàng hải Việt Nam mới) đề xuất 6 chính sách nhằm hoàn thiện khung pháp lý, gồm: Hoàn thiện khung pháp lý về công tác quản lý nhà nước chuyên ngành hàng hải, giao thông đường thủy nội địa; Hoàn thiện khung pháp lý về kết cấu hạ tầng hàng hải, đường thủy nội địa; Hoàn thiện khung pháp lý về quản lý tàu biển, tàu sông, tàu ven biển và các loại phương tiện nổi khác; Hoàn thiện khung pháp lý về thuyền bộ, thuyền viên và người lái; Hoàn thiện khung pháp lý về hoạt động vận tải; Hoàn thiện khung pháp lý về an toàn, an ninh, tìm kiếm cứu nạn, ứng phó sự cố khẩn cấp trong hoạt động hàng hải, đường thủy nội địa.

Với mỗi chính sách được đề xuất, Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam đều đưa ra các đánh giá tác động, gợi mở giải pháp và từ đó đề xuất giải pháp tối ưu được lựa chọn và lý do lựa chọn giải pháp.

"Các chính sách đã được phân tích, đánh giá cụ thể, trong đó có một số chính sách sẽ được cắt bỏ, đơn giản hóa thủ tục hành chính, điều kiện kinh doanh không cần thiết hoặc trùng lặp, có một số ít chính sách có khả năng phát sinh chi phí cho người dân và doanh nghiệp, nhà nước. Trường hợp phát sinh chi phí từ các chính sách này (nếu có) là không lớn, ảnh hưởng không đáng kể đến chi ngân sách nhà nước so với hiệu quả kinh tế - xã hội và các lợi ích từ tiêu chí bảo đảm hiệu lực, hiệu quả công tác quản lý chuyên ngành hàng hải, giao thông đường thủy nội địa mang lại, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế đất nước", Bộ Xây dựng cho hay.

Theo Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Xuân Sang, với cơ sở pháp lý là Bộ luật Hàng hải năm 2015 cùng hệ thống các văn bản quy phạm pháp luật được thực hiện đồng bộ, ngành Hàng hải đã có những bước phát triển vượt bậc. "Chúng ta đã

có hành lang pháp lý khá ổn cho việc phát triển và khai thác kết cấu hạ tầng hàng hải, vận tải hành khách, hàng hoá xuất nhập khẩu, góp phần đảm bảo an toàn, an ninh hàng hải, đóng góp quan trọng cho sự phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, trước nhu cầu hội nhập, phát triển kinh tế và bối cảnh tình hình xã hội mới, nhu cầu sửa đổi, bổ sung Bộ luật Hàng hải Việt Nam trở nên cấp thiết để giải quyết các bất cập còn tồn tại trong hệ thống pháp luật", Thứ trưởng Nguyễn Xuân Sang đánh giá và cho biết, hiện nay, Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam được Bộ Xây dựng giao nghiên cứu hướng tới xây dựng Bộ luật Hàng hải Việt Nam mới trên nền tảng kế thừa những tinh hoa của Bộ luật Hàng hải Việt Nam 2015 và Luật Giao thông đường thủy nội địa 2004, bổ sung các quy định mới phù hợp với xu thế phát triển. Đồng thời, tiếp tục trao đổi, tiếp thu các ý kiến của các đơn vị, chuyên gia, các cơ sở ban ngành để nắm bắt, chất lọc, rà soát nhằm hoàn thiện Bộ luật.

ĐÁNH THỨC TIỀM NĂNG ĐỂ VIỆT NAM MẠNH VỀ BIỂN, GIÀU TỪ BIỂN

Theo Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, sau 8 năm triển khai thực hiện, Bộ luật Hàng hải Việt Nam 2015 đã thực sự khẳng định được vai trò là văn bản pháp lý trung tâm của hệ thống pháp luật hàng hải, giữ vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý nhà nước về hàng hải; góp phần thúc đẩy tiến trình phát triển, hội nhập của lĩnh vực hàng hải Việt Nam, ngành giao thông vận tải nói riêng và nền kinh tế quốc dân nói chung trong tình hình mới.

Đặc biệt, kể từ khi Nghị quyết 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 về chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 được ban hành, Việt Nam đã xác định rõ mục tiêu trở thành quốc gia mạnh về biển, giàu lên từ biển, trong đó ngành hàng hải là một trong 6 lĩnh vực kinh tế biển mũi nhọn. Điều này tạo ra một động lực chính sách lớn thúc đẩy đầu tư vào kết cấu hạ tầng, luật pháp và logistics hàng hải. Hệ thống cảng biển phát triển đồng bộ,



Tàu biển lưu thông trên luồng hàng hải Hải Phòng.

Theo Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, hệ thống cảng biển Việt Nam được phân chia thành 5 nhóm cảng biển với 36 cảng biển (trong đó: 2 cảng biển đặc biệt; 15 cảng biển loại I; 6 cảng biển loại II và 13 cảng biển loại III). Cả nước hiện có 296 bến cảng/chiều dài khoảng 97,5 km cầu cảng, 14 cảng dầu khí ngoài khơi.

Mục tiêu đến năm 2030: hệ thống cảng biển đáp ứng thông qua lượng hàng hóa từ 1.140 - 1.423 triệu tấn (trong đó hàng container từ 38 - 47 triệu TEU); hành khách từ 10,1 - 10,3 triệu lượt khách.

Theo quy hoạch thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Việt Nam có 55 tuyến chính đường thủy nội địa, 9 tuyến hành lang vận tải (trong đó tuyến hành lang vận tải thủy ven biển Quảng Ninh đến Kiên Giang mới được bổ sung).

Mục tiêu đến năm 2030, khối lượng vận chuyển hàng hóa bằng đường thủy đạt khoảng 715 triệu tấn; hành khách đạt khoảng 397 triệu lượt; khối lượng luân chuyển hàng hóa đạt khoảng 150 tỷ tấn.km; khối lượng luân chuyển hành khách đạt khoảng 7,7 tỷ khách.km.

tổng sản lượng hàng hoá thông qua hàng năm đạt từ 750 - 780 triệu tấn/năm; Một số cảng biển như Lạch Huyện, Cái Mép - Thị Vải đã đón được tàu container lớn nhất thế giới, đáp ứng nhu cầu vận tải biển xa. Có những cảng chuyên dùng còn đón được tàu tới 350.000 tấn; Đội tàu Việt Nam cơ bản đáp ứng gần 100% nhu cầu vận tải hàng hoá nội địa. Thị phần vận tải quốc tế của đội tàu Việt Nam ngày càng tăng, vận tải đa phương thức được ưu tiên phát triển.

Tuy nhiên, cùng với sự phát triển nhanh, mạnh của nền kinh tế - xã hội, cũng như xu thế mở rộng quan hệ quốc tế, đến nay, Bộ luật Hàng hải Việt Nam đã xuất hiện những tồn tại, bất cập cần nghiên cứu, điều chỉnh cho phù hợp với tình hình phát triển của đất nước.

Trong khi đó, những năm gần đây, sản lượng vận tải thủy nội địa cũng liên tục tăng, chiếm khoảng 18% tổng sản lượng hàng hóa vận tải toàn quốc. Nhiều hành lang vận tải thủy quan trọng được khai thác hiệu quả, như tuyến TP.HCM - Cái Mép - Bình Dương, Hải Phòng - Hà Nội - Bắc Ninh. Dù vậy, sự phát triển của giao thông đường thủy nội địa vẫn chưa tương xứng với tiềm năng do tồn tại nhiều rào cản về hạ tầng, chính sách và nguồn vốn đầu tư.

Trong bối cảnh đó, việc xây dựng chính sách Bộ luật Hàng hải Việt Nam nhằm thể chế hóa chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước, tiếp tục hoàn thiện cơ chế, chính sách trong lĩnh vực hàng hải, giao thông đường thủy nội địa, thực hiện cam kết của Việt Nam với cộng đồng quốc tế, khắc phục những vướng mắc, bất cập để xuất các giải pháp để giải quyết các vấn đề mới, khơi thông các điểm nghẽn, tạo ra động lực mới cho sự phát triển kinh tế - xã hội, hội nhập quốc tế, đảm bảo quốc phòng - an ninh.... là cần thiết và cấp thiết.

Theo Cục trưởng Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam Lê Đỗ Mười, 6 khung chính sách hoàn thiện khung pháp lý Bộ luật Hàng hải mới mà cơ quan soạn thảo đề xuất trên cơ sở kế thừa có chọn lọc, phát triển theo hướng đẩy mạnh cải cách thủ tục hành chính, tăng cường phân cấp phân quyền, đột phá khoa học công nghệ, chuyển đổi xanh, đáp ứng nhu cầu

hội nhập quốc tế và nhu cầu phát triển kinh tế xã hội.

Đồng tình với các chính sách được đưa ra, bà Đinh Thị Phương Lan - Phó chủ tịch Hội đồng Dân tộc của Quốc hội đề nghị cơ quan soạn thảo cần làm rõ các nội hàm được đề cập trong luật như về phương tiện, cảng. Đặc biệt, xem xét, nghiên cứu tên gọi của Bộ luật này vì bản chất là hợp nhất Bộ luật Hàng hải Việt Nam 2015, Luật Giao thông đường thủy nội địa 2004.

"Trong quá trình thẩm tra, Hội đồng dân tộc tiếp tục có ý kiến tham góp để hoàn thiện dự thảo Bộ luật trước khi trình Quốc hội. Từ nay đến tháng 10/2026 (thời điểm dự thảo Bộ luật dự kiến trình Quốc hội), cơ quan soạn thảo cũng cần cập nhật các quy định đã và đang được bổ sung và sửa đổi, đặc biệt các luật có liên quan như Luật Đầu tư, Luật Quản lý thuế, Luật Thuế thu nhập cá nhân, các nghị quyết về quy hoạch để hoàn thiện chính sách, các quy định trong lĩnh vực hàng hải, đường thủy", bà Lan nêu ý kiến và đề nghị Bộ Xây dựng chủ động phối hợp với các bộ, ngành, tiếp cận các quy định sửa đổi để đề xuất các chính sách phù hợp nhất.❖

Thách thức và định hướng phát triển đội tàu biển quốc gia

> BÌNH MINH

Cùng với những biến động của thị trường vận tải quốc tế, yêu cầu đặt ra là phải tiếp tục cụ thể hóa và hoàn thiện chính sách phát triển vận tải biển Việt Nam phù hợp với xu thế hội nhập, chuyển đổi xanh và chuyển đổi số. Hạt nhân trong phát triển vận tải biển là đội tàu biển quốc gia.

NHIỀU TÀU BIỂN VIỆT NAM TUỔI ĐỜI CAO, TIÊU HAO NHIÊN LIỆU LỚN

Trong Bộ luật Hàng hải Việt Nam năm 2015, việc đăng ký tàu biển, sở hữu, khai thác, cũng như chính sách phát triển đội tàu biển Việt Nam được quy định rõ (Chương II, Chương III) nhưng sau gần một thập kỷ thi hành, cùng với những biến động của thị trường vận tải quốc tế, yêu cầu đặt ra là phải tiếp tục cụ thể hóa và hoàn thiện chính sách phát triển vận tải biển Việt Nam, phù hợp với xu thế hội nhập, chuyển đổi xanh và chuyển đổi số.

Đội tàu Việt Nam hiện có khoảng trên 1.490 chiếc với tổng dung tích gần 11,4 triệu DWT, trong đó chủ yếu là tàu hàng khô, tàu container và tàu chở dầu. Tuy nhiên, tỷ trọng vận tải quốc tế của đội tàu Việt Nam mới chỉ chiếm khoảng 6 - 8% thị phần hàng hóa xuất nhập khẩu. Đây là một con số còn rất khiêm tốn so với tiềm năng và nhu cầu vận tải, với một quốc gia ven biển như Việt Nam.

Đáng chú ý, nhiều tàu biển có tuổi đời trên 15 - 20 năm, tiêu hao nhiên liệu lớn, không đáp ứng tiêu chuẩn xanh (EEXI, CII). Cấu trúc đội tàu thiếu cân đối: đội tàu container nhỏ, tàu chuyên dụng ít, tàu cỡ lớn hầu như không có. Điều này làm giảm khả năng cạnh tranh và khả năng tham gia sâu vào chuỗi logistics toàn cầu.

Theo các chuyên gia trong lĩnh vực vận tải biển, việc phát triển đội tàu biển quốc gia trong những năm qua gặp một số rào cản chính. Chẳng hạn như: các quy định về ưu đãi thuế, tín dụng cho đầu tư đội tàu chưa đủ mạnh để khuyến khích doanh nghiệp đầu tư tàu mới; Lĩnh vực vận tải biển đòi hỏi vốn lớn, rủi ro cao, song cơ chế bảo lãnh vay vốn, tín dụng thuê mua tàu còn hạn chế; Mối liên kết giữa vận tải biển - cảng biển - logistics còn yếu, khiến đội tàu quốc gia chưa tận dụng được nguồn hàng nội địa.

Trong khi đó, dù Việt Nam có nguồn thuyền viên dồi dào nhưng đội ngũ quản trị tàu, quản lý khai thác theo chuẩn quốc tế vẫn còn hạn chế. Ngoài ra, đứng trước xu thế chuyển đổi xanh và chuyển đổi số đang diễn ra sâu rộng trên thế giới, đội tàu Việt

Nam mới ở giai đoạn đầu của quá trình số hóa quản lý tàu, chưa có cơ chế khuyến khích sử dụng nhiên liệu sạch.

LÀM GÌ ĐỂ PHÁT TRIỂN ĐỘI TÀU BIỂN QUỐC GIA?

Ngành hàng hải Việt Nam, với vai trò là huyết mạch quan trọng trong nền kinh tế quốc dân, đang đứng trước yêu cầu cấp thiết phải đổi mới mạnh mẽ để hội nhập sâu rộng vào chuỗi vận tải toàn cầu. Trong đó, phát triển đội tàu biển quốc gia - lực lượng vận tải chủ lực của nền kinh tế biển - được xem là trụ cột để khẳng định năng lực cạnh tranh, chủ quyền vận tải và vị thế của Việt Nam trên trường quốc tế.

Điều 7 Bộ luật Hàng hải năm 2015 khẳng định: "Nhà nước có chính sách phát triển hàng hải phục vụ phát triển kinh tế biển và bảo vệ Tổ quốc; Ưu tiên phát triển đội tàu vận tải biển thông qua chính sách ưu đãi về thuế, lãi suất vay vốn trong đầu tư phát triển đội tàu và trong hoạt động vận tải biển; Ưu tiên phát triển nguồn nhân lực hàng hải; phát triển đội ngũ thuyền viên đáp ứng nhu cầu trong nước và quốc tế thông qua các chính sách về đào tạo, huấn luyện thuyền viên; tiêu chuẩn, chế độ lao động của thuyền viên,... và một số chính sách cụ thể quan trọng khác". Đây là những cơ sở pháp lý cho việc ban hành các chính sách ưu đãi về tài chính, thuế, đăng ký, và đầu tư đội tàu, đồng thời là định hướng cho quy hoạch phát triển ngành Hàng hải đến năm 2030, tầm nhìn 2050.

Tại Hội nghị tham vấn chính sách Bộ luật Hàng hải Việt Nam do Bộ Xây dựng tổ chức mới đây, nhiều ý kiến của chuyên gia, nhà quản lý cho rằng, Nhà nước cần cụ thể hóa các chính sách khuyến khích đầu tư, phát triển đội tàu biển Việt Nam hiện đại, thân thiện môi trường. Trong đó, đầu tiên là vấn đề hỗ trợ tín dụng dài hạn, tín dụng xanh. Theo đó, Chính phủ (có thể thông qua Ngân hàng Phát triển Việt Nam hoặc các ngân hàng thương mại được chỉ định) cung cấp các gói tín dụng với lãi suất ưu đãi, thời gian ân hạn dài, và yêu cầu tài sản bảo đảm linh hoạt cho các dự án: Đóng mới tàu sử dụng nhiên liệu sạch (LNG, Methanol,



Tàu Haian Zeta của Công ty CP Vận tải và Xếp dỡ Hải An cập cảng New York - một trong những cảng biển lớn và sôi động nhất Bờ Đông nước Mỹ, ngày 17/05/2025.

Amoniac, Hydro); Lắp đặt các thiết bị tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải; Hoán cải, nâng cấp tàu hiện có để đáp ứng các chỉ số tiêu chuẩn xanh (EEXI, CII) của IMO... Mục đích là giảm tải rào cản tài chính khổng lồ cho doanh nghiệp, bởi chi phí đầu tư cho một "tàu xanh" cao hơn 20 - 30% so với tàu thông thường.

Cùng với ưu đãi về thuế, cần có ưu đãi về phí hàng hải (phí trọng tải, phí bảo đảm hàng hải, phí hoa tiêu...) đối với các tàu được cấp "chứng nhận tàu xanh" khi hoạt động tại cảng biển Việt Nam.

Theo ông Đỗ Tiến Đức - Thành viên HĐQT Tổng công ty Hàng hải Việt Nam, một giải pháp nữa là phát triển mô hình doanh nghiệp vận tải biển quốc gia chủ lực. Trong đó, Nhà nước cần xác định rõ vai trò của các doanh nghiệp chủ lực như Tổng công ty Hàng hải Việt Nam, Công ty CP Vận tải biển Việt Nam (Vosco), Gemadept, Hải An... làm nòng cốt hình thành "hạm đội tàu biển thương mại quốc gia" có năng lực cạnh tranh khu vực.

Ngoài ra, Chính phủ cần ban hành chính sách hỗ trợ liên kết đội tàu giữa doanh nghiệp lớn và doanh nghiệp nhỏ, theo mô hình "liên minh đội tàu Việt Nam", nhằm chia sẻ chi phí, tối ưu hoá lịch trình, tận dụng nguồn hàng nội địa và quốc tế.

Một giải pháp quan trọng khác cũng không thể không nhắc tới là phát triển nguồn nhân lực hàng hải chất lượng cao và trong giai đoạn mới, cần chính sách đột phá như: Liên kết với các trường, học viện hàng hải quốc tế để đào tạo quản lý đội tàu theo chuẩn IMO; Đào tạo kép (dual-training) giữa trường, học viện và doanh nghiệp vận tải biển; Ứng dụng công nghệ mô phỏng, AI và dữ liệu lớn trong đào tạo điều động tàu, vận hành và quản lý rủi ro; Cập nhật chương trình đào tạo tại các trường đại học, cao đẳng hàng hải; tổ chức các khóa huấn luyện bắt buộc cho sĩ quan, thuyền viên về vận hành an toàn các loại máy móc và nhiên liệu mới nhằm đảm bảo Việt Nam có đủ nguồn nhân lực chất lượng cao để vận hành đội tàu thế hệ mới.

Hiện dự án Bộ luật Hàng hải mới (thay thế Bộ luật Hàng

hải Việt Nam 2015, Luật Giao thông đường thủy nội địa 2004 và các sửa đổi, bổ sung) đã được đưa vào chương trình xây dựng pháp luật năm 2026, dự kiến trình Quốc hội tháng 10/2026. Việc sửa đổi, thay thế Bộ luật Hàng hải mới là rất cần thiết, nhưng theo đại diện Tổng công ty Hàng hải Việt Nam, quá trình sửa đổi, bổ sung cần lưu ý tách bạch rõ chính sách phát triển đội tàu quốc gia (mang quốc tịch Việt Nam) và đội tàu hoạt động theo mô hình thuê quản lý quốc tế; Hoàn thiện cơ chế đăng ký tàu biển Việt Nam thuận lợi (Vietnam Open Registry) nhằm thu hút tàu mang cờ Việt Nam; Xây dựng Chiến lược đội tàu biển quốc gia giai đoạn 2026 - 2035 gắn với mục tiêu giảm phát thải và số hóa quản lý vận tải.

"Phát triển đội tàu không thể tách rời chuỗi logistics quốc gia. Do đó, cần chính sách đồng bộ hóa đầu tư cảng biển, trung tâm logistics và tuyến vận tải nội Á, tạo nguồn hàng ổn định cho đội tàu Việt Nam. Khuyến khích đầu tư công - tư (PPP) trong hạ tầng hậu cần hàng hải. Tạo cơ chế ưu tiên hàng hóa nội địa cho đội tàu Việt Nam vận chuyển, đặc biệt là hàng xuất nhập khẩu chiến lược (dầu, than, phân bón, xi măng, container)", ông Đỗ Tiến Đức cho hay.

Trên cơ sở đó, đại diện Tổng công ty Hàng hải Việt Nam kiến nghị một số chính sách mang tính đột phá gồm: Thành lập Quỹ phát triển đội tàu biển quốc gia do Nhà nước bảo trợ, hỗ trợ lãi suất vay vốn đầu tư tàu mới; Áp dụng cơ chế ưu đãi phí đăng kiểm, lệ phí cảng, bảo hiểm cho tàu mang cờ Việt Nam; Ban hành Nghị định riêng về phát triển đội tàu biển quốc gia, cụ thể hóa Điều 7 Bộ luật Hàng hải, xác định rõ trách nhiệm của Bộ Xây dựng, Bộ Tài chính và các doanh nghiệp chủ lực; Thúc đẩy chuyển đổi số ngành vận tải biển thông qua cơ sở dữ liệu tập trung quốc gia về tàu biển, hàng hóa, hành trình, hỗ trợ kết nối quốc tế; Chính sách hỗ trợ thuế và phí cảng biển nội địa cho đội tàu Việt Nam để tăng năng lực cạnh tranh với tàu nước ngoài; Chiến lược phát triển thuyền viên số, đảm bảo đủ nhân lực đáp ứng yêu cầu quốc tế về vận hành tàu xanh và tự động.❖

Định mức bảo trì đường thủy và những bất cập từ thực tiễn



HUY LỘC

Theo đơn vị bảo trì đường thủy, trong định mức kinh tế - kỹ thuật quản lý, bảo dưỡng thường xuyên đường thủy hiện không có một số hạng mục công việc, gây khó khăn và ảnh hưởng đến hiệu quả bảo trì, bảo đảm an toàn giao thông đường thủy.

ĐỊNH MỨC CÔNG TÁC BẢO DƯỠNG THƯỜNG XUYỀN ĐƯỜNG THỦY

Một số đơn vị bảo trì các tuyến đường thủy nội địa quốc gia phía Bắc cho biết, ngày 22/6/2023 của Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) ban hành Thông tư số 10/2023/TT-BGTVT quy định định mức kinh tế - kỹ thuật quản lý, bảo trì đường thủy nội địa được sửa đổi, bổ sung tại Thông tư số 01/2025/TT-BGTVT ngày 06/01/2025. Định mức là cơ sở để lập, duyệt dự toán và giá dịch vụ sự nghiệp công quản lý, bảo trì đường thủy nội địa quốc gia. Trong đó, tại phần IV, V của chương I quy định nội dung và khối lượng công tác quản lý, bảo dưỡng thường xuyên đường thủy nội địa, gồm 3 phần chính: công tác quản lý, công tác bảo dưỡng thường xuyên và công tác đặc thù trong quản lý, bảo dưỡng thường xuyên đường thủy.

Cụ thể, nội dung công tác quản lý đường thủy: Hành trình kiểm tra, đánh giá chất lượng công tác bảo dưỡng thường xuyên của nhà thầu; hành trình kiểm tra, đánh giá thiệt hại kết cấu hạ tầng đường thủy đột xuất sau thiên tai; hành trình kiểm tra giao thông đường thủy khi xảy ra tai nạn giao thông, sự cố đường thủy để lập phương án xử lý. Công tác bảo dưỡng thường xuyên đường thủy: Hành trình kiểm tra tuyến luồng thực hiện công tác bảo dưỡng thường xuyên (để ghi nhận trạng thái báo hiệu và kết cấu hạ tầng, tình hình tuyến, sự thay đổi trên tuyến luồng... nhằm xây dựng phương án đảm bảo giao thông đường thủy); Bảo dưỡng thường xuyên báo hiệu (với các hạng mục công việc như thả phao, điều chỉnh phao, chống bùn đất bồi lấp vào xích neo, rùa; trục phao để bảo dưỡng hoặc đưa vào vị trí an toàn khi có thiên tai; bảo dưỡng, sơn màu phao, phụ kiện của phao và tiêu thị trên phao; Bảo dưỡng cột, biển báo hiệu; Điều chỉnh, dịch chuyển cột và biển báo hiệu (loại không đổ bê tông chân cột); kiểm tra, vệ sinh

đèn năng lượng mặt trời; Bảo dưỡng thiết bị hệ thống thông tin (trạm đo mực nước tự động; trạm thu tín hiệu, truyền dữ liệu, trung tâm dữ liệu); kiểm tra công trình kè, kè chân báo hiệu, âu đập. Công tác đặc thù trong quản lý, bảo dưỡng thường xuyên đường thủy: Trục đảm bảo giao thông thủy; đo, cập nhật dữ liệu mực nước; trục phòng chống thiên tai; làm việc với UBND cấp xã ven sông, lực lượng chức năng, chủ công trình trên đường thủy để phối hợp bảo vệ kết cấu hạ tầng giao thông đường thủy; phát quang cây che khuất báo hiệu đường thủy; đo dò sơ khảo bãi cạn bằng máy đo hồi âm cầm tay để phục vụ công tác đảm bảo giao thông; đảm bảo thông tin liên lạc (trạm đo mực nước tự động; trạm thu tín hiệu, truyền dữ liệu; trung tâm dữ liệu) và duy trì gói cước viễn thông; vớt các vật nổi, rác thải gây cản trở phương tiện lưu thông trên luồng chạy tàu.

Nhằm cụ thể hóa từng nội dung công tác trên, tại mục V quy định chi tiết các hạng mục, khối lượng công việc và đơn vị tính theo số lần thực hiện theo năm hoặc giờ, ngày). Ví dụ, hành trình kiểm tra đột xuất sau thiên tai có định mức 3 lần/năm; trục phòng chống thiên tai có định mức 18 ngày/năm; đo mực nước sông vùng lũ 3 lần/ngày; điều chỉnh phao 9 lần/năm/quả...

BẤT CẬP BẢO TRÌ ĐƯỜNG THỦY TRONG BẢO LỮ

Trong hai năm 2024 - 2025, khu vực phía Bắc xảy ra một số cơn bão, mưa lũ lịch sử (điển hình là bão Yagi) khiến nhiều tuyến đường thủy quốc gia (như sông Hồng, Lô, Thương, Thái Bình...) phải tạm thời đóng luồng, cấm phương tiện thủy lưu thông để bảo đảm an toàn giao thông đường thủy. Một số đơn vị bảo trì đường thủy quốc gia phía Bắc cho biết, đơn vị phải huy động tối đa nhân lực, phương tiện thủy để triển khai các



Hoạt động bảo trì đường thủy trên tuyến đường thủy quốc gia sông Lô.

phương án đảm bảo an toàn giao thông đường thủy, bảo vệ kết cấu hạ tầng đường thủy. Tuy nhiên, bão lũ khiến hàng loạt phao dẫn luồng bị trôi mất/hỏng, cột báo hiệu, biển báo bị gãy đổ, hư hỏng; rọ đá, kè chân cột báo hiệu sạt lở... Và theo hợp đồng với Chi cục Hàng hải và Đường thủy phía Bắc (hoặc Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, chủ đầu tư), đơn vị bảo trì phải khắc phục bằng phao, báo hiệu tạm thời trong vòng 03 ngày. Tuy nhiên, do một số tuyến cùng lúc có hàng chục quả phao, cột, báo hiệu đường thủy phải thay thế nên khiến cho đơn vị bảo trì gặp khó khăn. Nguyên nhân do chủ đầu tư không có nguồn phao, báo hiệu đường thủy dự phòng, cũng như trong định mức kinh tế - kỹ thuật không có hạng mục công việc này.

Để cập vấn đề trên, ông Trần Xuân Khơi - Chủ tịch HĐQT Công ty CP Quản lý bảo trì đường thủy nội địa số 1 cho biết, phao, cột, báo hiệu trên các tuyến đường thủy là tài sản của nhà nước. Trước đây, chủ đầu tư có nguồn phao, báo hiệu dự phòng để thay thế sau khi xảy ra thiên tai, bão lũ. Tuy nhiên, khi các đơn vị bảo trì chuyển sang mô hình doanh nghiệp cổ phần hóa thì không có nguồn dự phòng này, mà khi cần khắc phục bằng phao, báo hiệu tạm đều lấy từ nguồn của đơn vị bảo trì (tài sản doanh nghiệp). Trong khi đó, thông thường phải một năm sau mới chủ đầu tư mới lựa chọn được nhà thầu để khắc phục, thay thế báo hiệu, hạ tầng bị mất, hỏng do bão lũ. "Hầu hết đơn vị bảo trì không thể thu xếp để dự phòng được số lượng lớn phao, báo hiệu nên sẽ ảnh hưởng đến việc thay thế ngay toàn bộ báo hiệu bị mất, hỏng. Chủ đầu tư (ngân sách) nên có nguồn phao, báo hiệu, vật tư dự phòng để thay thế, khắc phục khi xảy ra thiên tai, bão lũ. này giúp khắc phục kịp thời các báo hiệu đường thủy bị mất, hỏng do thiên tai và tháo gỡ khó khăn cho đơn vị bảo trì", ông Khơi đề xuất.



Theo đơn vị bảo trì đường thủy, một trong bất cập hiện nay là cơ quan quản lý không có nguồn dự phòng báo hiệu đường thủy để thay thế ngay khi xảy ra thiên tai, bão lũ.

Đồng quan điểm, ông Phạm Hồng Minh - Chủ tịch Công ty CP Quản lý đường sông số 4 cho biết thêm, hiện lĩnh vực hàng hải có dự phòng (từ nguồn ngân sách) và quy trình, định mức thay thế từ nguồn phao, báo hiệu này. Do đó, cơ quan quản lý cần nghiên cứu, sửa đổi, bổ sung định mức kinh tế - kỹ thuật bảo trì đường thủy cho phù hợp với thực tế. Bên cạnh đó, bất cập khác là trong công tác đặc thù quản lý, bảo dưỡng thường xuyên mùa lũ không có hạng mục công việc trực bảo lũ tại cầu vượt sông; không có định mức nhân công cho mục đọc, thống kê phương tiện vận tải... gây ảnh hưởng đến công tác bảo đảm an toàn giao thông thủy, phòng chống thiên tai theo phương châm "4 tại chỗ". "Vừa qua, khi xảy ra bão lũ lớn uy hiếp an toàn một số cầu vượt sông, cơ quan chức năng địa phương yêu cầu đơn vị báo cáo số liệu về số lượng, chủng loại phương tiện ở thượng lưu cầu để lên phương án phòng ngừa tàu thuyền va trôi. Thế nhưng, trong định mức không có hạng mục trên nên đơn vị không có dữ liệu, thông tin cập nhật để báo cáo. Do đó, cần bổ sung vào định mức kinh tế - kỹ thuật quản lý, bảo trì đường thủy các hạng mục công việc trên để phù hợp với tình hình thực tế", ông Minh kiến nghị.❖

Tạo cơ chế đột phá cho TP.HCM phát triển mạng lưới đường sắt đô thị



Ông Phan Công Bằng -
Trưởng BQL ĐSDT TP.HCM.



VĂN QUYẾT (thực hiện)

Nghị quyết số 188/2025/QH15 (Nghị quyết 188) của Quốc hội về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù đã giải quyết các "điểm nghẽn" về thể chế, thủ tục và rút ngắn thời gian để phát triển mạng lưới hệ thống đường sắt đô thị (ĐSDT) tại Hà Nội và TP.HCM. Hiện TP.HCM đang khẩn trương triển khai nghị quyết này để từng bước hoàn thành mạng lưới ĐSDT theo quy hoạch, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội thành phố. Phóng viên Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trao đổi với ông Phan Công Bằng - Trưởng BQL ĐSDT TP.HCM (MAUR) về cơ chế đặc thù cũng như đề án triển khai xây dựng hệ thống đường sắt trên địa bàn.

♦ Với kinh nghiệm thực tiễn, ông đánh giá thế nào về thực trạng hệ thống ĐSDT hiện nay của TP.HCM?

- Điểm sáng lớn nhất là việc tuyến metro số 1 (Bến Thành - Suối Tiên) đã chính thức đi vào vận hành thương mại từ ngày 22/12/2024. Hiệu quả ban đầu tuyến metro đầu tiên đang phát huy hiệu quả tốt. Tính đến nay (sau hơn 10 tháng vận hành), tuyến đã phục vụ trên 14 triệu lượt hành khách. Ngoài ra, về tác động xã hội đã tạo ra một bước ngoặt cho giao thông công cộng thành phố, hình thành thói quen di chuyển mới, hiện đại và "xanh" hơn cho người dân, đặc biệt là kết nối trung tâm TP.HCM với cửa ngõ phía Đông.

Tuy nhiên, việc mới chỉ có một tuyến metro được đưa vào khai thác khiến hệ thống chưa thể phát huy hiệu quả trong vận hành giao thông đô thị. Sức mạnh thật sự của metro không nằm ở một tuyến đơn lẻ, mà ở khả năng kết nối và trung chuyển linh hoạt giữa các tuyến, hình thành mạng lưới giao thông công cộng đồng bộ và thuận tiện cho người dân.

Sau khi triển khai sáp nhập tỉnh, mạng lưới đường sắt của TP.HCM dự kiến gồm 27 tuyến với tổng chiều dài khoảng 1.012 km, tổng mức đầu tư ước tính khoảng 100 tỷ USD. Nhu cầu vốn để hoàn thiện hệ thống đường sắt đô thị quy mô lớn này là rất cao, trong khi nguồn vốn đầu tư công khó có thể đáp ứng đầy đủ. Vì vậy, việc huy động nguồn lực

xã hội, đặc biệt là khu vực tư nhân tham gia đầu tư và phát triển hệ thống đường sắt đô thị TP.HCM là hết sức cần thiết và cấp bách.

Hiện nay, hệ thống metro TP.HCM đang đứng trước cơ hội bứt phá mạnh mẽ khi hàng loạt "rào cản" về thể chế và tư duy quản lý được tháo gỡ. Việc Quốc hội ban hành Nghị quyết 188 cùng với Luật Đường sắt (sửa đổi) và các cơ chế phân cấp, phân quyền mạnh mẽ từ Trung ương cho địa phương đã tạo nền tảng pháp lý quan trọng cho sự phát triển. Bên cạnh đó, các Nghị quyết của Trung ương về phát triển kinh tế tư nhân và làm chủ khoa học - công nghệ cũng mở ra cơ hội lớn để doanh nghiệp tư nhân tham gia sâu rộng hơn, đồng hành cùng Nhà nước trong đầu tư và phát triển kết cấu hạ tầng, đặc biệt là hệ thống ĐSDT.

♦ Nghị quyết 188 trao cho TP.HCM quyền chủ động lớn trong việc triển khai các dự án. Theo ông, Thành phố sẽ cụ thể hóa việc thực hiện nghị quyết này ra sao?

- Ngay sau khi Quốc hội thông qua Nghị quyết 188, Thành ủy TP.HCM đã thành lập Ban Chỉ đạo phát triển hệ thống mạng lưới ĐSDT do Bí thư Thành ủy làm Trưởng ban. Tháng 5/2025, Ban Chỉ đạo tổ chức phiên họp đầu tiên, thống nhất triển khai 10 nhiệm vụ trọng tâm nhằm đẩy nhanh tiến độ

thực hiện các dự án.

Cụ thể, TP.HCM đã phối hợp với Bộ Xây dựng trình Chính phủ ban hành Nghị định số 123/2025/NĐ-CP quy định chi tiết về thiết kế kỹ thuật tổng thể và cơ chế đặc thù cho một số dự án đường sắt. Đây là cơ sở pháp lý quan trọng để thành phố tổ chức lập, thẩm định, phê duyệt phương án tuyến và vị trí công trình trên các tuyến ĐSĐT.

Tiếp đó, HĐND TP.HCM ban hành Nghị quyết số 38/2025/NQ-HĐND quy định việc lập, thẩm định, phê duyệt và điều chỉnh quy hoạch khu vực phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD). UBND TP.HCM cũng đã ban hành Kế hoạch triển khai (Quyết định số 1151/QĐ-UBND ngày 26/3/2025, điều chỉnh tại Quyết định số 671/QĐ-UBND ngày 15/8/2025), xác định 7 nhóm công việc với hơn 60 đầu việc cụ thể, giao rõ trách nhiệm cho từng đơn vị theo phương châm “6 rõ”: Rõ người, rõ việc, rõ thời gian, rõ trách nhiệm, rõ sản phẩm, rõ thẩm quyền.

Thành phố đã bố trí vốn, giao nhiệm vụ chuẩn bị đầu tư các dự án ĐSĐT theo danh mục kèm theo Nghị quyết 188 (từ tuyến số 1 đến tuyến số 7), cùng hai tuyến ĐSĐT số 1 và số 2 trên địa phận tỉnh Bình Dương (trước sáp nhập) cho MAUR tổ chức thực hiện. Đồng thời, Thành phố thành lập Tổ giúp việc Ban Chỉ đạo và Tổ chuyên gia tư vấn triển khai mạng lưới ĐSĐT.

Nhờ vận dụng cơ chế, chính sách đặc thù của Nghị quyết 188, tiến độ triển khai các dự án đã được rút ngắn đáng kể, nhiều thủ tục hành chính được tinh gọn, góp phần thúc đẩy tiến độ thực hiện. Đáng chú ý, các vướng mắc của dự án tuyến metro số 2 (Bến Thành - Tham Lương) cơ bản đã được tháo gỡ. MAUR đã hoàn thành công tác tuyển chọn tư vấn, dự kiến hoàn tất phê duyệt dự án đầu tư và thiết kế FEED điều chỉnh, phấn đấu khởi công tuyến tàu điện ngầm số 2 trong tháng 01/2026.

Cùng với đó, Sở Xây dựng và MAUR đang phối hợp nghiên cứu, rà soát tổng thể quy hoạch mạng lưới ĐSĐT nhằm bảo đảm phù hợp với không gian phát triển mới sau khi sáp nhập, đồng thời xây dựng bộ khung tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất áp dụng cho toàn mạng lưới ĐSĐT TP.HCM. Sở Tài chính cũng đang xây dựng phương án, đề án huy động vốn đầu tư cho hệ thống này.

Song song, UBND TP.HCM tiếp tục chỉ đạo các sở, ngành liên quan rà soát, rút ngắn tối đa thời gian phê duyệt dự án đầu tư, đồng thời tăng cường kết nối, tích hợp hiệu quả giữa các loại hình giao thông như đường bộ, đường thủy, xe buýt... nhằm hình thành mạng lưới giao thông đô thị đồng bộ, hiện đại.

♦ Một trong những điểm mới nổi bật của Nghị quyết 188 là cơ chế huy động vốn linh hoạt từ nhiều nguồn, rút ngắn quy trình chuẩn bị đầu tư. Ông nhìn nhận thế nào về tác động của cơ chế này đối với tiến độ và hiệu quả triển khai các dự án ĐSĐT?

- Các cơ chế mới về nguồn vốn và rút ngắn quy trình chuẩn bị đầu tư đang tạo ra tác động trực tiếp, mang tính đột phá đối với tiến độ và hiệu quả triển khai các dự án ĐSĐT. Đây là bước chuyển quan trọng trong tư duy quản lý đầu tư công,

từ cơ chế “kiểm soát từng bước” sang “phân quyền toàn diện, giao mục tiêu và hậu kiểm”, gắn với phương châm “6 rõ”.

Nghị quyết 188 cho phép các dự án ĐSĐT không phải thực hiện các thủ tục lập, thẩm định và quyết định chủ trương đầu tư, mà được tiến hành ngay việc lập, thẩm định và quyết định đầu tư theo trình tự của dự án nhóm A do địa phương quản lý. Cơ chế này giúp rút ngắn từ 1 - 2 năm trong quy trình phê duyệt, góp phần đẩy nhanh tiến độ thực hiện dự án.

Cùng với đó, Nghị quyết 188 cũng mở rộng quyền huy động các nguồn vốn hợp pháp khác để đầu tư xây dựng ĐSĐT. Chủ trương này phù hợp với tinh thần Nghị quyết 68-NQ/TW của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân, khuyến khích doanh nghiệp ngoài ngân sách tham gia các dự án quan trọng quốc gia, trong đó có lĩnh vực ĐSĐT. Hiện nay, TP.HCM đã nhận được đề xuất nghiên cứu và đầu tư từ một số tập đoàn lớn như Vinspeed, Sovico, Trường Hải... cho thấy sức hút mạnh mẽ của cơ chế mới này.

♦ Việc phát triển ĐSĐT chắc chắn cần gắn kết với các dự án hạ tầng giao thông lớn cũng như tái thiết đô thị. Theo ông, TP.HCM sẽ tích hợp các tuyến ĐSĐT với quy hoạch đô thị như thế nào để phát huy tối đa hiệu quả?

- Hiện nay, MAUR đang kiến nghị được tổ chức rà soát tổng thể quy hoạch mạng lưới ĐSĐT nhằm phù hợp với không gian phát triển mới của thành phố sau sáp nhập. Nội dung rà soát bao gồm việc nghiên cứu phương án tuyến, vị trí công trình trên tuyến ĐSĐT, quy hoạch khu vực phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD), quy hoạch các khu vực nhà ga và các hình thức kết nối với các loại hình giao thông công cộng khác. Đây là những yếu tố có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, thể hiện tầm nhìn chiến lược mà TP.HCM luôn đặt lên hàng đầu.

Phát triển ĐSĐT không chỉ là việc xây dựng các tuyến tàu hay nhà ga, mà còn là quá trình tái thiết và định hình lại không gian đô thị, tạo động lực thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội và nâng cao chất lượng sống của người dân.

♦ Hiện nay, phát triển mô hình TOD được xem là giải pháp bền vững cho ĐSĐT. TP.HCM dự kiến triển khai mô hình TOD ra sao để vừa tối ưu tuyến, vị trí công trình, vừa gắn kết với quy hoạch các khu vực dọc tuyến?

- Hiện nay, phát triển mô hình TOD xung quanh các nhà ga metro được xem là ưu tiên hàng đầu trong quy hoạch mạng lưới ĐSĐT TP.HCM. Mục tiêu của mô hình này là hình thành các trung tâm đô thị nén tại khu vực nhà ga, khuyến khích người dân sinh sống, làm việc và sử dụng dịch vụ trong phạm vi đi bộ, qua đó gia tăng tối đa lượng hành khách sử dụng metro và nâng cao hiệu quả đầu tư hạ tầng giao thông công cộng.

Theo Nghị quyết số 38/2025/NQ-HĐND ngày 28/8/2025 của HĐND TP.HCM, việc lập, thẩm định, phê duyệt và điều chỉnh quy hoạch khu vực phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng được giao cho MAUR chủ trì thực hiện.♦

♦ Trân trọng cảm ơn ông!

Việc mở rộng mạng lưới trạm sạc là điều kiện kỹ thuật then chốt để thúc đẩy điện khí hóa giao thông đô thị và giảm phát thải bền vững.

Chuyển dịch năng lượng giao thông xanh

> CAO THANH

Thúc đẩy xe điện, nhiên liệu SAF và ethanol, cùng cơ chế tài chính phù hợp sẽ tạo bước chuyển mạnh mẽ trong chuyển dịch năng lượng giao thông xanh, bảo đảm lộ trình giảm phát thải bền vững.

GIAO THÔNG PHẢI TRỞ THÀNH “ĐIỂM ĐỘT PHÁ TIỀN PHONG”

Theo phân tích của UNDP, giao thông vận tải hiện là lĩnh vực phát thải lớn nhất trong ngành năng lượng tại Việt Nam, chiếm khoảng 36% tổng phát thải CO₂ quy đổi năm 2023. Sự gia tăng nhanh chóng phương tiện cơ giới, nhu cầu đi lại và vận chuyển hàng hóa trong bối cảnh đô thị hóa mạnh mẽ khiến lượng tiêu thụ xăng dầu liên tục tăng cao, trở thành nguồn phát thải khí nhà kính đáng kể.

Ngoài phát thải khí nhà kính, hoạt động giao thông còn là nguồn gây ô nhiễm không khí nghiêm trọng tại các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM và Đà Nẵng, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng.

UNDP cảnh báo, nếu Việt Nam vẫn duy trì mô hình phát triển giao thông dựa chủ yếu vào phương tiện cá nhân sử dụng nhiên liệu hóa thạch, không có các biện pháp đổi mới về công nghệ và mô hình vận tải, thì phát thải của ngành giao thông có thể tăng gấp 3 lần vào năm 2030, tạo ra áp lực rất lớn đối với mục tiêu giảm phát thải trong Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC 3.0) mà trong đó lĩnh vực giao thông buộc phải đóng góp tỷ lệ giảm sâu từ giai đoạn 2030 - 2050 để đảm bảo lộ trình hướng tới phát thải ròng bằng “0”.

Theo bà Trịnh Thị Bích Thủy - cán bộ chương trình Giao thông điện (UNDP Việt Nam), giao thông không chỉ là ngành phát thải cao, mà còn là lĩnh vực có hiệu ứng lan tỏa mạnh mẽ

nhất đến hành vi tiêu dùng xanh của xã hội. Quyết định chuyển dịch sang phương tiện xanh, năng lượng sạch trong giao thông sẽ dẫn dắt người dân thay đổi thói quen tiêu dùng năng lượng bền vững. Vì vậy, giao thông phải trở thành “điểm đột phá tiên phong” trong chiến lược giảm phát thải quốc gia. Việc đẩy nhanh triển khai giao thông xanh sẽ giúp Việt Nam vừa hoàn thành nghĩa vụ giảm phát thải quốc gia, vừa thúc đẩy thị trường công nghệ xanh trong nước, từ sản xuất pin, trạm sạc, đến các mô hình kinh tế tuần hoàn trong năng lượng giao thông.

Cũng theo UNDP, một thách thức quan trọng hiện nay là khoảng cách giữa cam kết và hành động thực tiễn. Mặc dù chiến lược, chính sách về chuyển dịch năng lượng trong giao thông dần được hình thành, nhưng tốc độ triển khai còn chậm, đặc biệt trong các yếu tố nền tảng như hạ tầng sạc và cơ chế tài chính hỗ trợ phương tiện không phát thải. Bà Trịnh Thị Bích Thủy cảnh báo, nếu không có các giải pháp đột phá về chính sách và huy động nguồn lực, Việt Nam sẽ khó kiểm soát được mức tăng phát thải và đối diện với nguy cơ chậm tiến độ mục tiêu Net Zero. Việc chuyển đổi mạnh mẽ và quyết đoán trong giai đoạn 2025-2030 được xem là “khoảng thời gian vàng” để Việt Nam nắm bắt cơ hội phát triển mới, tránh bẫy chi phí cao và phụ thuộc công nghệ trong tương lai.

TỪ XE ĐIỆN ĐẾN NHIÊN LIỆU XANH - LỘ TRÌNH GIẢM PHÁT THẢI THỰC CHẤT

Chuyển dịch năng lượng giao thông đang trở thành yêu cầu bắt buộc để giảm phát thải và bảo đảm an ninh năng lượng, trong đó điện khí hóa phương tiện được nhìn nhận là hướng đi chính. Theo phân tích của Huawei Digital Power, nhu cầu xe điện tại các đô thị tăng rất nhanh, đặc biệt là xe máy điện và taxi điện, nhưng hạ tầng sạc phát triển không theo kịp. Dự báo đến năm 2040, Việt Nam cần thêm từ 100.000 - 350.000 trạm sạc mới, con số quá lớn so với hiện nay. Nếu không có kế hoạch đầu tư phù hợp và kịp thời, Việt Nam có thể chậm nhịp chuyển đổi.

Các mô phỏng của Huawei Digital Power cũng chỉ ra hiệu quả kinh tế rõ ràng: xe tải điện hạng nhẹ có thể tiết kiệm khoảng 5.500 đ/km so với xe chạy xăng dầu nhờ giảm chi phí nhiên liệu và bảo trì. Tuy nhiên, ông Nguyễn Quang Tú - Trưởng phòng Giải pháp, Huawei Việt Nam cảnh báo, điểm nghẽn lớn nhất hiện nay là thiếu đồng bộ tiêu chuẩn kỹ thuật. Mô hình trạm sạc cần gắn với lưu trữ năng lượng (ESS) và điện mặt trời để giảm áp lực lên lưới điện. Giai đoạn 2025-2030 được coi là “cửa sổ cơ hội vàng” để mở rộng hệ thống sạc trước tiên tại Hà Nội, TP.HCM và các trung tâm logistics.

Trong khi đó, nhiên liệu sinh học, đặc biệt ethanol, được xem là giải pháp chuyển tiếp chi phí thấp trong giai đoạn xe điện chưa thể phổ cập rộng. Hiện Việt Nam chủ yếu sử dụng xăng E5 RON92 với 5% ethanol pha trộn, nên hiệu quả giảm phát thải chưa rõ và giá bán không chênh lệch nhiều so với xăng RON95, khiến người dân chưa thay đổi hành vi sử dụng. E10 RON92 có 10% ethanol nên có thể thay thế nhiên liệu hóa thạch nhiều hơn và giảm phát thải tốt hơn mà vẫn dùng được hạ tầng xăng dầu hiện có.

Theo ông Chris Markey - Phó giám đốc khu vực châu Á - Thái Bình Dương của U.S. Grains & BioProducts Council, mở rộng E10 toàn quốc từ năm 2026 sẽ mang lại 3 lợi ích trực tiếp: (i) tăng giá trị cây sản và thu nhập nông dân; (ii) mở rộng hợp tác thương mại ethanol với giá trị có thể đạt 500 triệu USD/năm; (iii) giảm phát thải CO₂ mà không cần đầu tư lớn vào hệ thống kho vận. Tuy nhiên, chính sách thuế và giá phải đủ mạnh để E10 rẻ và dễ tiếp cận hơn, đồng thời cần truyền thông rõ về chất lượng và an toàn để người dân yên tâm sử dụng.

Ở lĩnh vực hàng hải, theo đánh giá của Hội đồng Quốc tế về Giao thông Sạch (ICCT), nếu chậm triển khai các giải pháp giảm phát thải, Việt Nam có thể phải đối mặt với hơn 1.400 ca tử vong sớm mỗi năm do ô nhiễm từ tàu biển. Trong khi đó, 90% giảm phát thải toàn cầu của ngành hàng hải đến năm 2050 sẽ phụ thuộc vào chuyển đổi sang nhiên liệu xanh như ammonia, methanol và hydrogen. Nếu Việt Nam không đi sớm, hàng xuất khẩu có thể phải gánh chi phí carbon cao hơn khi tiếp cận thị trường quốc tế. Ông Zhihang Meng - đại diện ICCT tại Việt Nam cho rằng, Việt Nam có cơ hội trở thành trung tâm cung ứng nhiên liệu xanh của khu vực nhờ vị trí chiến lược và tiềm năng năng lượng tái tạo, nếu sớm triển khai thí điểm các khu cảng phát thải thấp tại Hải Phòng, Cái Mép - Thị Vải và Cần Thơ.

Trong hàng không, dữ liệu của ICCT cho thấy Việt Nam hiện đứng thứ 25 thế giới về phát thải của ngành này. Điện hóa hàng không chưa khả thi trong nhiều thập kỷ tới, vì vậy

nhiên liệu hàng không bền vững (SAF) được xem là giải pháp duy nhất để giảm phát thải ở quy mô thương mại. Theo bà Kirs Fan - Chuyên gia ICCT, SAF có giá thành cao hơn nhiều so với nhiên liệu Jet A1 thông thường; nếu không có hỗ trợ tài chính và cơ chế thị trường carbon, các hãng bay khó có thể chuyển đổi.

Việt Nam đang tham gia cơ chế CORSIA của ICAO, tập trung vào việc bù trừ lượng phát thải tăng thêm của các chuyến bay quốc tế. Nhưng nếu chỉ dừng ở mức “đủ điều kiện CORSIA”, các hãng hàng không vẫn sẽ gặp khó khăn về chi phí chuyển đổi. Chuyên gia của ICCT khuyến nghị Việt Nam không chỉ bù trừ phát thải mà tự bổ sung thêm các chính sách hỗ trợ trong nước như: hỗ trợ chênh lệch chi phí khi sử dụng SAF trên một số đường bay trọng điểm; đầu tư hạ tầng tiếp nhận và phối trộn SAF tại các sân bay quốc tế lớn, giúp Việt Nam chủ động hơn khi các tiêu chuẩn môi trường toàn cầu ngày càng chặt chẽ, tạo điều kiện thu hút đầu tư phát triển SAF trong nước từ nguồn sinh khối và chất thải.

CẦN LUẬT HÓA RÕ RÀNG

Những phân tích trên cho thấy, công nghệ, mô hình, giải pháp cho giao thông xanh đã cơ bản rõ ràng: xe điện cho đô thị và logistics, ethanol làm cầu nối trong giai đoạn chuyển tiếp, nhiên liệu xanh cho hàng hải, SAF cho hàng không. Tuy nhiên, nếu không có khung pháp lý và tài chính đủ mạnh, tất cả sẽ dừng lại ở thí điểm và cam kết.

Chuyển dịch năng lượng trong giao thông phải được luật hóa rõ ràng, với mục tiêu, lộ trình và trách nhiệm cụ thể giữa các Bộ, ngành và địa phương. Hiện Việt Nam chưa có cơ chế định giá carbon đủ mạnh để tạo động lực chuyển đổi. Khi chi phí môi trường của xăng dầu chưa được tính đúng, nhiên liệu hóa thạch vẫn rẻ hơn giải pháp sạch, doanh nghiệp chưa muốn đầu tư vào xe điện, SAF hay nhiên liệu xanh.

Hạ tầng còn thiếu và thiếu đồng bộ, từ trạm sạc, lưới điện đến hệ thống tiếp nhận, phối trộn SAF. Năng lực công nghiệp xanh trong nước còn yếu, phải nhập khẩu công nghệ và nhiên liệu. Tâm lý người tiêu dùng vẫn nghiêng về phương tiện xăng dầu vì quen thuộc và sợ rủi ro. Nguồn vốn dành cho chuyển dịch xanh chưa nhiều, trong khi chi phí đầu tư ban đầu là rất lớn.

Để gỡ các nút thắt này, cần hình thành Quỹ Chuyển đổi xanh giao thông vận tải, từ ETS trong nước, tín chỉ carbon quốc tế, ODA khí hậu và vốn tư nhân. Quỹ sẽ hỗ trợ lãi suất, trợ giá và bảo lãnh tín dụng cho hạ tầng sạc, đội xe điện và nhiên liệu sạch.

Một giải pháp có thể làm ngay là áp dụng E10 toàn quốc từ năm 2026 đi cùng kiểm soát chất lượng và truyền thông minh bạch để tạo niềm tin thị trường. Với hàng hải và hàng không, thí điểm trước ở vị trí trọng điểm: cảng phát thải thấp tại Hải Phòng, Cái Mép - Thị Vải, Cần Thơ; cơ chế ETS nội địa để hỗ trợ SAF trên một số đường bay.

Khi khung pháp lý - tài chính - hạ tầng - hành vi được thúc đẩy đồng bộ, giao thông mới thật sự trở thành đột phá tiên phong trong quá trình hướng tới phát thải ròng bằng “0” của Việt Nam. ❖

Từ không gian xanh đến hạ tầng thông minh



THU THẢO

Trong bối cảnh các đô thị lớn đang chịu sức ép từ biến đổi khí hậu, ô nhiễm và quá tải hạ tầng, xây dựng hệ sinh thái đô thị xanh phát thải thấp đã trở thành yêu cầu cấp bách.

KHÔNG GIAN XANH - “LÁ PHỔI” CỦA HỆ SINH THÁI ĐÔ THỊ BỀN VỮNG

Trong cấu trúc hệ sinh thái đô thị xanh, không gian xanh bao gồm công viên, cây xanh đường phố, mặt nước và vùng đệm sinh thái chính là nền tảng tạo lập môi trường sống chất lượng. Đây cũng là yếu tố đầu tiên phản ánh mức độ phát triển bền vững của một thành phố. Tuy nhiên, các đô thị Việt Nam vẫn đang đối mặt với thực tế tỷ lệ diện tích cây xanh thấp hơn nhiều so với khuyến nghị của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), trong khi mật độ xây dựng lại liên tục gia tăng.

Tại Hà Nội, diện tích cây xanh bình quân chỉ dao động quanh mức 6 - 7 m²/người ở khu vực nội thành, thấp hơn khoảng 3 - 4 lần so với mức tiêu chuẩn 20 m²/người. Tương tự, TP.HCM cũng đang thiếu hụt nghiêm trọng các không gian công cộng xanh, khi nhiều khu vực có tỷ lệ bê tông hóa cao, khả năng thấm nước hạn chế và hiện tượng đảo nhiệt đô thị ngày càng rõ rệt.

Trong bối cảnh đó, phục hồi và mở rộng hệ thống không gian xanh được xem là bước khởi đầu quan trọng. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, những thành phố bền vững hàng đầu như Singapore, Zurich hay Vancouver đều ưu tiên quy hoạch cây xanh ở cấp chiến lược, từ hệ thống công viên liên hoàn đến hành lang sinh thái kết nối các khu dân cư. Singapore thậm chí đã biến “đảo quốc không tài nguyên” thành “thành phố trong vườn” với tỷ lệ phủ xanh lên tới hơn 47%.

Đối với Việt Nam, việc tái thiết và phát triển không gian xanh đòi hỏi tầm nhìn dài hạn gắn với quy hoạch chung, đảm bảo không gian mặt nước, cây xanh và công viên đô thị không bị thu hẹp trước sức ép phát triển dự án. Nhiều chuyên gia kiến trúc cho rằng, giữ lại hệ thống hồ tự nhiên, khơi thông các dòng thoát nước và tích hợp cây xanh vào công trình là một trong những hướng đi giúp giảm nhiệt độ khu vực, tăng khả năng chống chịu trước biến đổi khí hậu và nâng cao chất lượng không khí.

CÔNG TRÌNH XANH - ĐỘNG LỰC GIẢM TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG VÀ PHÁT THẢI

Bên cạnh không gian xanh, công trình xanh giữ vai trò trọng tâm trong quá trình chuyển đổi đô thị phát thải thấp. Ngành Xây dựng hiện đóng góp khoảng 40% tổng lượng phát thải khí nhà kính toàn cầu và tiêu thụ hơn một nửa lượng nguyên vật liệu khai thác hằng năm. Điều này khiến việc áp dụng các tiêu chuẩn công trình xanh trở thành yêu cầu tất yếu trong chiến lược giảm phát thải và tiết kiệm năng lượng tại các đô thị lớn.

Trong những năm gần đây, nhiều dự án tại Việt Nam đã đạt chứng nhận LOTUS, EDGE hoặc LEED, thể hiện xu hướng chuyển dịch mạnh mẽ sang mô hình xây dựng bền vững. Những tòa nhà thương mại sử dụng hệ thống điều hòa hiệu suất cao, mặt đứng tiết kiệm năng lượng (low-E glazing), đèn LED thông minh hay các dự án nhà ở sử dụng năng lượng mặt trời đã giúp cắt giảm từ 20-30% lượng điện tiêu thụ mỗi năm.

Tuy vậy, tỷ lệ công trình xanh vẫn khiêm tốn. Nhiều doanh nghiệp lo ngại chi phí đầu tư ban đầu cao hơn 5-10%, mặc dù thực tế cho thấy chi phí vận hành công trình xanh thấp hơn đáng kể trong suốt vòng đời công trình. Việt Nam hiện đã ban hành QCVN 09:2023/BXD quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hiệu quả năng lượng công trình được coi là bước tiến quan trọng nhưng vẫn cần được triển khai sâu rộng hơn, đặc biệt đối với các công trình công cộng, chung cư cao tầng và khu đô thị mới.

Một trong những giải pháp được nhiều quốc gia áp dụng là cơ chế khuyến khích: ưu đãi tín dụng xanh, giảm thuế, tăng hệ số sử dụng đất hoặc quy định bắt buộc cho các công trình quy mô lớn. Bài học từ Hàn Quốc và Singapore cho thấy việc kết hợp chính sách khuyến khích với quy định bắt buộc sẽ tạo ra cơ chế chuyển đổi hiệu quả hơn, thúc đẩy thị trường vật liệu xanh và công nghệ xanh phát triển mạnh mẽ.

GIAO THÔNG XANH - TRỤ CỘT GIẢM PHÁT THẢI VÀ TẠO ĐỘNG LỰC TÁI CẤU TRÚC ĐÔ THỊ

Giao thông là một trong những nguồn phát thải lớn nhất tại các đô thị Việt Nam, chiếm gần 20% tổng lượng phát thải quốc gia và là nguyên nhân hàng đầu gây ô nhiễm không khí

tại Hà Nội và TP.HCM. Sự gia tăng nhanh chóng của xe máy, ô tô cá nhân và hạ tầng giao thông thiếu đồng bộ đã khiến việc chuyển đổi sang giao thông xanh trở nên cấp thiết.

Trong những năm gần đây, việc đưa vào vận hành xe buýt điện, taxi điện hay các tuyến metro đầu tiên đã tạo động lực tích cực. Dù vậy, tỷ lệ người dân sử dụng giao thông công cộng vẫn chỉ quanh mức 9-15%, thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn 50-60% của các đô thị bền vững trên thế giới.

Nguyên nhân nằm ở sự thiếu đồng bộ giữa giao thông công cộng và quy hoạch đô thị. Việc phát triển giao thông xanh không chỉ là thay đổi phương tiện, mà phải tái cấu trúc đô thị theo mô hình TOD - phát triển theo định hướng giao thông công cộng. Đây là mô hình mà nhiều quốc gia như Nhật Bản, Đức hay Singapore đã áp dụng thành công, giúp giảm đáng kể nhu cầu sử dụng phương tiện cá nhân và nâng cao hiệu quả sử dụng đất đô thị.

Với Việt Nam, việc thúc đẩy giao thông xanh phải đi kèm định hướng hạn chế xe cá nhân, phát triển hạ tầng đi bộ, xe đạp, bố trí bãi đỗ phương tiện và đặc biệt là xây dựng hệ thống giao thông công cộng chất lượng cao, giá thành hợp lý. Quy hoạch đô thị mới phải tính đến yếu tố giao thông xanh ngay từ giai đoạn thiết kế tổng thể, thay vì bổ sung thụ động khi hạ tầng đã quá tải.

KINH TẾ TUẦN HOÀN - MÀNH GHÉP QUAN TRỌNG TRONG GIẢM PHÁT THẢI ĐÔ THỊ

Kinh tế tuần hoàn đang trở thành một trong những trụ cột của đô thị phát thải thấp, đặc biệt trong lĩnh vực xây dựng và quản lý chất thải. Thực tế cho thấy, chất thải xây dựng chiếm tới 30 - 40% tổng lượng chất thải rắn đô thị, nhưng tỷ lệ tái chế tại Việt Nam vẫn còn rất thấp.

Trong khi đó, tại các quốc gia Bắc Âu, tỷ lệ tái chế chất thải xây dựng đạt tới 80-90%, biến cốt liệu tái chế, đất đào, bê tông nghiền trở thành nguồn vật liệu đầu vào quan trọng cho các công trình mới. Điều này không chỉ giúp giảm phát thải CO₂ mà còn giảm áp lực lên tài nguyên thiên nhiên.

Kinh tế tuần hoàn còn thể hiện rõ trong lĩnh vực giao thông xanh: tái chế pin xe điện, tái sử dụng vật liệu đường giao thông, tích hợp năng lượng tái tạo vào hạ tầng giao thông. Các mô hình như nhà máy tái chế pin ở Trung Quốc hay hệ thống tái sử dụng nhựa đường ở Nhật Bản đang mở ra hướng đi thực tế cho Việt Nam trong giai đoạn phát triển xe điện.

Để thúc đẩy kinh tế tuần hoàn, Việt Nam cần xây dựng hệ thống phân loại rác tại nguồn, phát triển ngành công nghiệp tái chế và hoàn thiện các tiêu chuẩn sử dụng vật liệu tái chế trong xây dựng. Đây cũng là hướng đi phù hợp với Chiến lược Tăng trưởng xanh và cam kết Net Zero vào năm 2050.

HẠ TẦNG THÔNG MINH - NỀN TẢNG QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ PHÁT THẢI THẤP

Một hệ sinh thái đô thị xanh không thể vận hành hiệu quả nếu thiếu nền tảng hạ tầng thông minh. Công nghệ và dữ liệu đóng vai trò quan trọng trong quản lý chất lượng không khí, giám sát giao thông, điều hành năng lượng và tối ưu quy trình xử lý rác thải, nước thải.

Các mô hình thành phố thông minh như Seoul, Copenhagen hay Amsterdam đã chứng minh rằng ứng dụng IoT, trí tuệ nhân tạo và dữ liệu lớn giúp giảm đáng kể lượng khí thải, cải thiện khả năng dự báo và nâng cao hiệu quả vận hành đô thị. Tại Việt Nam, nhiều thành phố đã xây dựng Trung tâm điều hành đô thị thông minh, song việc tích hợp dữ liệu liên ngành vẫn còn hạn chế.

Để tiến tới đô thị phát thải thấp, Việt Nam cần mở rộng hệ thống giám sát môi trường tự động, triển khai lưới điện thông minh, hoàn thiện các nền tảng dữ liệu dùng chung và đẩy mạnh số hóa trong lĩnh vực quy hoạch, xây dựng. Việc quản lý dựa trên dữ liệu thời gian thực sẽ giúp chính quyền đô thị đưa ra quyết định hiệu quả hơn, đồng thời tăng tính minh bạch và khả năng phản ứng trước rủi ro khí hậu.

CỘNG ĐỒNG - YẾU TỐ THEN CHỐT TRONG VẬN HÀNH HỆ SINH THÁI ĐÔ THỊ XANH

Tất cả các cấu phần của hệ sinh thái đô thị xanh chỉ có thể hoạt động bền vững khi người dân trở thành trung tâm của quá trình chuyển đổi. Lối sống xanh, thói quen tiết kiệm năng lượng, hạn chế sử dụng phương tiện cá nhân và phân loại rác tại nguồn là những yếu tố trực tiếp quyết định hiệu quả của các chính sách đô thị.

Kinh nghiệm từ Nhật Bản, Đức và Singapore cho thấy, thay đổi hành vi người dân là nhiệm vụ quan trọng không kém gì đầu tư công nghệ hay hạ tầng. Các chiến dịch truyền thông dài hạn, tích hợp giáo dục môi trường trong trường học và xây dựng cộng đồng xanh tại các khu dân cư đã tạo nên hiệu ứng lan tỏa mạnh mẽ, giúp hình thành thói quen mới trong toàn xã hội.

Tại Việt Nam, nhiều địa phương đã bước đầu triển khai mô hình cộng đồng xanh, tuyến phố xanh hay khu dân cư phát thải thấp, song vẫn cần chiến lược dài hạn cùng sự đồng hành của doanh nghiệp và tổ chức xã hội.

THÁCH THỨC VÀ CƠ HỘI TRONG QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỔI XANH TẠI VIỆT NAM

Việt Nam đang có cơ hội lớn để định hình mô hình đô thị xanh phát thải thấp nhờ cam kết Net Zero 2050, sự quan tâm của nhà đầu tư quốc tế và sự phát triển nhanh của các công nghệ xanh. Tuy nhiên, quá trình chuyển đổi cũng đối mặt nhiều thách thức.

Khó khăn lớn nhất là chi phí đầu tư ban đầu, hệ thống chính sách chưa đồng bộ và năng lực quản lý đô thị còn hạn chế. Bên cạnh đó, thói quen tiêu dùng và sử dụng phương tiện cá nhân của người dân, cùng với thị trường vật liệu xanh chưa phát triển mạnh, khiến tốc độ chuyển đổi còn chậm so với yêu cầu.

Song song, cơ hội lại mở ra từ các nguồn vốn khí hậu quốc tế như JETP, từ sự phát triển của thị trường năng lượng tái tạo và đặc biệt là nhu cầu về không gian sống xanh đang tăng nhanh tại các đô thị lớn. Nếu tận dụng tốt nguồn lực này, Việt Nam hoàn toàn có thể rút ngắn quá trình chuyển đổi, tiến thẳng tới mô hình đô thị phát thải thấp như các quốc gia đi trước.❖

Quản trị đúng để xây dựng mô hình “đô thị sống chung với nước”



THS LÊ TÙNG LÂM*

Đô thị sống chung với nước không chỉ là một giải pháp công trình, mà là một chiến lược phát triển đô thị hiện đại. Chiến lược này đòi hỏi sự thay đổi toàn diện từ tư duy đến thể chế, từ quy hoạch đến tiêu chuẩn kỹ thuật, từ công nghệ đến dữ liệu và từ vận hành đến cộng đồng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong suốt lịch sử hình thành và phát triển của các nền văn minh, nước luôn đóng vai trò là yếu tố nền tảng, vừa nuôi dưỡng vừa thử thách mọi không gian con người kiến tạo. Tuy nhiên, bước vào thế kỷ 21, sự hiện diện của nước trong đô thị trở nên phức tạp hơn bất kỳ giai đoạn nào trước đây. Mưa cực đoan, nước biển dâng, thay đổi lưu vực, đô thị hóa nhanh và suy giảm hệ sinh thái đã tạo nên một trạng thái thủy văn mới, nơi những giả định truyền thống về thoát nước và kiểm soát lũ không còn phù hợp. Các thành phố, đô thị được thiết kế, xây dựng cách đây nhiều thập kỷ nay phải đối mặt với những điều kiện thủy văn mà chúng không hề được chuẩn bị để chịu đựng. Trước bối cảnh đó, câu hỏi đặt ra không chỉ là “Làm thế nào để giảm ngập?”, mà sâu xa hơn, là “Làm thế nào để đô thị tồn tại, phát triển và thích ứng khi nước trở thành yếu tố rất khó dự đoán và ngày càng mạnh mẽ?”. Đây không còn là bài toán kỹ thuật đơn thuần, mà là thách thức mang tính hệ thống - nơi tư duy, thể chế, công nghệ và văn hóa đô thị phải cùng được xem xét như một chỉnh thể.

Nhiều kinh nghiệm quốc tế cho thấy, các đô thị không thể tiếp tục đối xử với nước như một kẻ thù phải bị ngăn cản, bóp nghẹt hoặc đẩy đi thật nhanh. Nước cần được nhìn nhận như một phần của không gian đô thị - một cấu phần động, có logic tự nhiên riêng, và có khả năng hỗ trợ đô thị nếu được hiểu đúng, quản trị đúng và thiết kế đúng. Việt Nam - một quốc gia ven biển, với mật độ đô thị hóa nhanh, chịu tác động mạnh của biến đổi khí hậu - đang đứng trước yêu cầu tương tự. Mỗi trận ngập không chỉ là một sự cố mà còn là lời nhắc nhở về những giới hạn của tư duy cũ, là minh chứng cho sự thiếu hụt của không gian cho nước và là cảnh báo về tính dễ tổn thương của đô thị nếu không có những đổi mới căn bản trong quản trị và quy hoạch. Ngập không phải là thất bại của riêng hệ thống thoát nước; đó là kết quả tích tụ của những quyết định không đồng bộ về tổ chức không gian, thể chế, công nghệ và dữ liệu.

(*) Trưởng Ban Đô thị HDND TP Đà Nẵng

Bởi vậy, việc xây dựng mô hình “đô thị sống chung với nước” không chỉ là sự lựa chọn kỹ thuật - đó là sự lựa chọn chiến lược, là bước chuyển từ tư duy kiểm soát sang tư duy thích ứng, từ phản ứng thụ động sang chủ động dựa trên mô phỏng - dữ liệu - dự báo. Đó cũng là cơ hội để tái cấu trúc hệ thống quản trị đô thị, tăng cường năng lực chống chịu, khai thác giá trị sinh thái - cảnh quan của nước và định hình bản sắc đô thị trong kỷ nguyên mới. Khi đô thị thay đổi cách nhìn về nước, toàn bộ hệ thống pháp luật, quy hoạch, công nghệ và tổ chức vận hành sẽ chuyển động theo. Và chính sự chuyển động này sẽ quyết định mức độ an toàn, bền vững và khả năng phục hồi của đô thị trong những thập niên tới.

2. TƯ DUY VÀ QUAN ĐIỂM NỀN TẢNG

2.1. Chuyển đổi tư duy từ “chống nước” sang “sống chung với nước”

Trong nhiều thập kỷ, quy hoạch và quản lý đô thị ở các quốc gia đang phát triển vận hành trên giả định nền tảng rằng nước là yếu tố gây cản trở, cần được điều khiển bằng việc thu gom và tổng thoát càng nhanh càng tốt. Tuy nhiên, sự gia tăng của mưa cực đoan, nước biển dâng và đô thị hóa làm mất diện tích thấm khiến mô hình “chống nước” bộc lộ những giới hạn cấu trúc. Thực tiễn quốc tế chứng minh rằng cách tiếp cận bền vững hơn nằm ở tư duy “sống chung với nước”, vốn coi nước như một thành tố của hệ sinh thái đô thị và phải được đối xử như một quy luật tự nhiên chứ không phải một trở ngại kỹ thuật. Theo tư duy này, ngập không còn được xem như thất bại của hạ tầng, mà là tín hiệu phản ánh giới hạn của hệ thống; còn việc thoát nước không chỉ là nhiệm vụ của cống và bơm mà là quá trình quản trị tổng hợp dựa trên hiểu biết về động học nước. Tư duy “sống chung với nước”, vì vậy, là sự chuyển đổi từ phản ứng bị động sang chủ động thích ứng dựa trên khoa học - dữ liệu - mô phỏng và quản trị thống nhất.

2.2. Nước là yếu tố cấu trúc của không gian đô thị

Lý thuyết đô thị đương đại coi nước như một yếu tố cấu trúc,

có khả năng định hình hình thái, chức năng và tính bền vững của đô thị. Các vùng trũng, kênh rạch, hồ điều tiết và bề mặt thấm không đơn thuần là “hạ tầng phụ trợ”, mà là những cấu phần mang tính chiến lược của “hệ sinh thái nước đô thị”. Việc tổ chức đô thị theo hướng này đòi hỏi tôn trọng hình thái tự nhiên của nước: Dòng chảy phải được ghi nhận trong cấu trúc quy hoạch; Vùng trũng phải được bảo tồn hoặc tái lập như “túi chứa nước”; Hệ thống hồ - ao - kênh phải được duy trì như hạ tầng xanh - nước; Không gian nước phải trở thành bộ phận của cảnh quan, nơi tăng giá trị kinh tế - sinh thái - bản sắc. Một đô thị bỏ qua nước trong cấu trúc không gian là một đô thị dễ tổn thương.

2.3. Đô thị phải vận hành như một hệ thống nước tích hợp

Nước trong đô thị tồn tại như một chuỗi liên thông gồm: mưa - bề mặt - cống - hồ - sông - biển - triều. Mỗi mắt xích chỉ phát huy chức năng khi toàn bộ chuỗi hoạt động đồng bộ. Tuy nhiên, trong nhiều mô hình quản lý truyền thống, chuỗi này lại chịu sự quản lý phân mảnh bởi các cơ quan khác nhau, dẫn đến xung đột chức năng, thiếu thông tin thời gian thực và ra quyết định không tối ưu. Mô hình đô thị sống chung với nước đòi hỏi áp dụng nguyên tắc quản trị tích hợp (IUWG- Integrated Urban Water Governance), trong đó: Dòng chảy được mô tả như một hệ thống thống nhất; Mọi quyết định phải dựa trên dữ liệu và mô phỏng; Trách nhiệm vận hành phải liên thông giữa ngành nước - môi trường - xây dựng - giao thông - thủy lợi - thủy điện - phòng chống thiên tai...; Thời gian thực (real-time) trở thành tiêu chuẩn vận hành, thay thế cơ chế “xin - chờ - xử lý”. Chỉ khi toàn bộ hệ thống nước được nhìn nhận và vận hành đồng bộ, đô thị mới có khả năng chống chịu và thích ứng hiệu quả.

2.4. Năm nguyên tắc nền tảng của đô thị sống chung với nước

Lý luận và thực tiễn đã chỉ ra 5 nguyên tắc sau:

Nguyên tắc 1 (Không gian cho nước): Không gian chứa nước, hành lang thoát nước, mặt nước tự nhiên và vùng ngập tạm là cấu phần thiết yếu của cấu trúc đô thị.

Nguyên tắc 2 (Vận hành thông minh): Hạ tầng nước phải vận hành dựa trên dữ liệu thời gian thực, dự báo mưa, mực nước và mô phỏng động.

Nguyên tắc 3 (Hạ tầng đa tầng): Sự kết hợp của hạ tầng xám (cống - bơm), hạ tầng xanh (cây - vùng thấm), hạ tầng mềm (vùng ngập tạm) và hạ tầng số (IoT- Digital Twin- AI).

Nguyên tắc 4 (Thiết kế thích ứng): Công trình - đường phố - khu đô thị phải được thiết kế theo kịch bản rủi ro 50 -100 năm, không dựa trên số liệu lịch sử.

Nguyên tắc 5 (Thể chế thống nhất - dữ liệu chuẩn hóa): Một đô thị không thể sống chung với nước nếu thể chế phân mảnh và dữ liệu không tương thích.

2.5. Tư duy “đi trước” bằng mô phỏng và dự báo

Khả năng dự báo là khác biệt quyết định giữa đô thị truyền thống và đô thị thích ứng. Trong mô hình sống chung với nước: Mô hình thủy văn - thủy lực dự báo tác động mưa trong 15 phút - 3 giờ; Đánh giá tác động ngập trước khi phê duyệt dự án; Mô hình Digital Twin mô phỏng trạng thái tương lai của hệ thống cống - hồ - sông - triều; AI hỗ trợ tối ưu vận hành trong bối cảnh biến động khó dự đoán. Dự báo không còn là phụ trợ, mà trở thành chức năng cốt lõi của đô thị hiện đại, giúp chuyển từ ứng

phó sang chủ động.

3. THỂ CHẾ, QUY CHUẨN, TIÊU CHUẨN

3.1. Mô hình tổ chức và quản lý

Một đặc trưng phổ quát của các đô thị dễ tổn thương trước ngập lụt là thể chế phân mảnh: nước mưa do ngành xây dựng quản lý, hồ do ngành tài nguyên nước điều hành, còn ứng phó sự cố lại thuộc phòng chống thiên tai. Mô hình phân mảnh này khiến chuỗi nước đô thị không thể vận hành như một hệ thống. Để chuyển sang mô hình “sống chung với nước”, yêu cầu tiên quyết là hình thành Cơ quan quản trị nước đô thị thống nhất (Urban Water Authority-UWA). Cơ quan này là đầu mối duy nhất chịu trách nhiệm quản lý chuỗi nước đô thị, bao gồm: dữ liệu mưa - triều - hồ - cống; vận hành van - bơm - hồ điều tiết; tích hợp dữ liệu liên ngành; dự báo và ra quyết định thời gian thực. Mô hình thể chế này phù hợp với lý thuyết Integrated Urban Water Management (IUWM) và thực tiễn ở Singapore (PUB), Hà Lan (Rijkswaterstaat), giúp khắc phục xung đột chức năng và tối ưu vận hành đô thị.

3.2. Khung pháp luật và chính sách

Hệ thống pháp luật liên quan đến nước đô thị hiện nay trải rộng trong nhiều đạo luật độc lập. Để đô thị vận hành theo động học nước, cần cơ chế đồng bộ hóa pháp lý theo hướng tích hợp.

3.2.1. Luật Quy hoạch, Luật Xây dựng (đưa mô phỏng thủy văn vào trung tâm của quyết định)

Quy hoạch đô thị là nơi quyết định hình thái chịu nước của cả không gian đô thị. Vì vậy, 3 yêu cầu mang tính nền tảng phải được bổ sung: (1) Bắt buộc mô phỏng thủy văn - thủy lực trong mọi bước quy hoạch và phê duyệt dự án. (2) Xác lập tỷ lệ thẩm tối thiểu cho từng khu vực nhằm giảm bê tông hóa. (3) Đưa UFIA (Urban Flood Impact Assessment) vào hệ thống thủ tục bắt buộc, tương tự ĐTM. Các công cụ này dựa trên thông lệ quốc tế như Úc (WSUD), Singapore (ABC Waters), Trung Quốc (Sponge City).

3.2.2. Luật Tài nguyên nước - Luật Phòng chống thiên tai (vận hành hồ chứa theo mô hình đa mục tiêu)

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, các hồ chứa thượng nguồn không thể chỉ vận hành theo mục tiêu thủy điện hoặc tưới tiêu. Để hỗ trợ an toàn đô thị, vận hành hồ phải chuyển sang logic đa mục tiêu: vừa cấp nước, vừa giảm lũ, vừa điều tiết đô thị. Cơ sở pháp lý cần quy định: cơ chế phối hợp liên tỉnh - liên lưu vực; chia sẻ dữ liệu vận hành hồ theo thời gian thực; tích hợp mô hình hồ vào mô hình Digital Twin đô thị. Đây là điều kiện để thành phố phía hạ du chủ động trước các tình huống mưa lớn kéo dài hoặc tổ hợp mưa - lũ - triều.

3.2.3. Luật Nhà ở, Luật Kinh doanh BĐS (công trình phải có năng lực chịu nước)

Biến đổi khí hậu làm gia tăng ngập đô thị buộc pháp luật về xây dựng và bất động sản phải áp dụng các tiêu chuẩn mới: Thiết kế công trình chịu nước, chống ẩm, chống xâm nhập qua tầng hầm/ =trệt; Sử dụng vật liệu và cấu kiện có khả năng phục hồi nhanh sau ngập; Yêu cầu công khai rủi ro ngập khi bán, cho thuê hoặc chuyển nhượng bất động sản... Đây là một bước tiến tới minh bạch rủi ro và bảo vệ người dân trước các sự cố ngập đô thị.

3.2.4. Chính sách không gian cho nước (bảo vệ cấu trúc thủy văn tự nhiên)

Không gian cho nước là điều kiện tiên quyết để giảm ngập. Hệ thống luật và chính sách cần: bảo vệ hành lang sông - kênh - hồ; kiểm soát nghiêm san lấp trũng và lấn chiếm dòng chảy; giữ lại và khôi phục các vùng ngập tạm; xác định diện tích xanh - nước tối thiểu trong dự án mới. Chính sách này dựa trên tinh thần của chương trình Room for the River (Hà Lan), theo đó nước cần không gian để vận động tự nhiên.

3.3. Quy chuẩn - tiêu chuẩn (khung kỹ thuật cho đô thị thích ứng)

Quy chuẩn và tiêu chuẩn là công cụ biến tư duy - pháp luật thành thực hành kỹ thuật. Ba nhóm thay đổi cốt lõi cần được áp dụng:

3.3.1. QCVN 01 - Quy hoạch đô thị: Bổ sung chỉ tiêu nước vào cấu trúc quy hoạch: Không gian dành cho nước (vùng trũng, hồ điều tiết, hành lang thoát nước); Tỷ lệ thấm tối thiểu theo khu chức năng; Bản đồ rủi ro ngập 50 - 100 năm là thành phần bắt buộc của đồ án.

3.3.2. QCVN 07-2 - Hệ thống thoát nước: Thay đổi triết lý thiết kế: Chuyển từ mô hình “thu gom - dẫn - xả nhanh” sang mô hình “giữ - chậm - thấm - thoát”. Các yêu cầu gồm: mô phỏng tổ hợp mưa cục đoạn 400 - 500 mm/ngày; thiết kế hệ thống kết hợp cống - hồ - kênh; chuẩn hóa vận hành theo dữ liệu thời gian thực. Định hướng này tương thích với triết lý Sponge City.

3.3.3. Tiêu chuẩn công trình chịu nước: Cần lưu ý các yếu tố/quy định: Cao độ nền an toàn; Vật liệu chống nước; Bố trí kỹ thuật hạn chế thiệt hại; Thời gian phục hồi tối đa 24 - 72 giờ sau ngập.

3.3.4. Tiêu chuẩn dữ liệu và mô hình (hạ tầng mềm của đô thị số): Cần chuẩn hóa dữ liệu theo WaterML, DCAT-AP, ISO 19115; Chuẩn mô hình theo ISO 19650 cho BIM - Digital Twin; Thiết lập cơ chế dữ liệu dùng chung giữa các ngành. Tiêu chuẩn dữ liệu là nền tảng để vận hành thông minh.

4. CÁC CÔNG NGHỆ CƠ BẢN CẦN THIẾT

4.1. Công nghệ dữ liệu và mô hình

Trong mô hình đô thị sống chung với nước, dữ liệu và mô hình đóng vai trò “hệ thần kinh cảm biến” giúp đô thị hiểu được trạng thái hiện tại và trạng thái tương lai của hệ thống nước. Để đạt được điều này, yêu cầu trọng tâm là: (1) Dữ liệu địa hình độ phân giải cao; (2) Mô hình thủy văn - thủy lực đa chiều (1D-2D-3D); (3) Digital Twin hệ thống nước đô thị; (4) Radar thời tiết - Nowcasting...

4.2. Công nghệ IoT và cảm biến

Để đô thị vận hành theo thời gian thực, cần hệ thống cảm biến phân tán và liên thông. Các công nghệ chủ chốt gồm: (1) Cảm biến cống, cảm biến ngập, cảm biến chất lượng nước; (2) Camera AI nhận dạng độ sâu ngập; (3) Cảm biến triều, sông, hồ...

4.3. Công nghệ vận hành thông minh

Vận hành thông minh là bước chuyển từ “cống - bơm - hồ” vận hành thủ công sang hệ thống tự động tối ưu bằng dữ liệu. Ba nhóm công nghệ chính: (1) Van thông minh - bơm thông minh; (2) SCADA + mô hình dự báo; (3) Smart Reservoir - hồ điều tiết thông minh...

4.4. Công nghệ hạ tầng đa tầng

Hạ tầng đô thị bền vững không chỉ phụ thuộc vào hệ thống cống và hồ mà đòi hỏi sự kết hợp đa tầng: (1) Hạ tầng xanh - tự nhiên; (2) Hạ tầng xám - công trình; (3) Hạ tầng mềm - chính sách

vận hành; (4) Hạ tầng số - dữ liệu, mô hình, AI...

4.5. Công nghệ phục hồi sau ngập

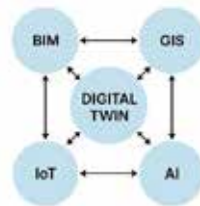
Bao gồm: (1) Radar InSAR theo dõi sụt lún; (2) Drone LiDAR hậu thiên tai; (3) AI tối ưu phục hồi...

4.6. Công nghệ phục vụ cộng đồng

Đô thị sống chung với nước không thể thiếu vai trò của cộng đồng. Các công nghệ chủ chốt gồm: (1) Bản đồ ngập 3D; (2) Ứng dụng cảnh báo 30 phút - 2 giờ; (3) City Command App...

5. BỘ NGŨ CÔNG NGHỆ “BIM - GIS - DIGITAL TWIN - IOT - AI”

Để có thể hiểu và dự báo được nước, các thành phố không thể chỉ dựa vào con người hay mô hình phân tích thủ công. Đô thị của kỷ nguyên mới đòi hỏi một “não bộ số” - một hạ tầng tính toán đa lớp được thiết kế từ nền tảng dữ liệu đến mô phỏng vận hành động. Đó chính là Bộ Ngũ công nghệ: BIM để số hóa công trình; GIS để hiểu không gian; IoT để thu nhận dữ liệu thời gian thực; Digital Twin để mô phỏng và dự báo và AI để tư duy - phân tích - ra quyết định tối ưu. Khi được tích hợp, Bộ Ngũ trở thành hệ thần kinh trung tâm của đô thị, cho phép thành phố nhìn thấy - hiểu - dự báo - vận hành nước một cách chủ động, chính xác và thích ứng.



1). BIM - Hạ tầng dữ liệu kỹ thuật của hệ thống nước đô thị

Trong đô thị sống chung với nước, BIM (Building Information Modeling) đóng vai trò là hạ tầng dữ liệu kỹ thuật, cung cấp thông tin chính xác về hình học, tính chất vật liệu và thông số vận hành của từng công trình trong thành phố. Điểm mạnh của BIM không chỉ nằm ở mô hình 3D mà ở Metadata - thông tin có cấu trúc, theo chuẩn ISO 19650. Trong quản trị nước đô thị, BIM cho phép: mô tả cao độ sàn, cao độ nền, độ dốc mái, kết nối thoát nước của từng công trình; quản lý dữ liệu cống, rãnh, kênh, hồ, bờ kè dưới dạng mô hình kỹ thuật; tính toán khả năng thấm, thoát, trữ nước của từng đối tượng; kết nối trực tiếp với GIS và Digital Twin.

Nhờ đó, BIM trở thành lớp dữ liệu nền tảng giúp đô thị hiểu được “cấu trúc kỹ thuật” chịu nước của toàn hệ thống.

2). GIS - Khung không gian cho phân tích nước đô thị

Nếu BIM là dữ liệu kỹ thuật vi mô, GIS (Geographic Information System) là khung đồ không gian vĩ mô, mô tả mối quan hệ của nước với toàn bộ cấu trúc đô thị. GIS chứa các lớp dữ liệu thiết yếu cho phân tích dòng chảy và đánh giá rủi ro. Các lớp dữ liệu quan trọng gồm: địa hình (DEM), địa chất, độ dốc; cống - kênh - hồ - ao - lưu vực; mưa, triều, mực nước sông; bản đồ rủi ro ngập 50 - 100 năm; vật liệu mặt đất, khả năng thấm; phân vùng chức năng đô thị.

GIS cho phép tích hợp nhiều nguồn dữ liệu khó liên kết vào một hệ thống, từ đó tạo nền tảng cho mô hình thủy văn - thủy lực và Digital Twin. Ở cấp chiến lược, GIS giúp chính quyền nhìn thấy nước trong không gian đô thị và đưa ra quyết định quy hoạch - đầu tư - vận hành dựa trên bằng chứng (Evidence-Based

Planning).

3). Digital Twin - Bản sao số động của hệ thống nước đô thị

Digital Twin (DT) là bước phát triển cao nhất của mô hình số đô thị, nơi dữ liệu thời gian thực, mô hình thủy văn - thủy lực, GIS và BIM được tích hợp vào một hệ thống duy nhất. DT không chỉ mô phỏng mà còn dự báo và tối ưu. Trong đô thị sống chung với nước, Digital Twin cho phép: mô phỏng mưa → dòng chảy mặt → cống → hồ → sông → biển theo thời gian thực; dự báo ngập 15 phút - 3 giờ dựa trên Radar và dữ liệu cảm biến; đánh giá tác động của các hành động (xả hồ, đóng van, vận hành bơm); kiểm thử các kịch bản 50 - 100 năm trước khi đầu tư hạ tầng; tạo bảng điều khiển cho cấp vận hành và lãnh đạo.

Digital Twin biến đô thị từ trạng thái phản ứng sang chủ động thích ứng và là công cụ trung tâm của mô hình quản trị nước hiện đại.

4). IoT - Lớp cảm biến và dữ liệu thời gian thực

IoT là “giác quan” của đô thị. Không có IoT, Digital Twin chỉ là mô hình tĩnh; GIS chỉ là bản đồ; và BIM chỉ là mô hình thiết kế. IoT cung cấp dữ liệu sống: Cảm biến mưa (Rain Gauge); Mức nước sông, kênh, hồ, cống ngầm; Tốc độ dòng chảy; Áp lực và lưu lượng trong đường ống; Camera AI tại các điểm đen ngập hoặc các cống xả; Drone giám sát lưu vực. IoT giúp hệ thống “nhìn thấy” đô thị theo từng phút, từng giây.

Hai thành phần quan trọng nhất: Lớp kết nối (5G - NB-IoT - MQTT); Lớp dữ liệu (Real-time Data Stream). IoT đảm bảo rằng mô hình số luôn phản ánh trạng thái thực của đô thị, từ đó Digital Twin và AI có thể vận hành chính xác.

5). AI - Năng lực dự báo và tối ưu của hệ thống nước đô thị

AI (Artificial Intelligence) là yếu tố tạo ra bước nhảy vọt từ mô phỏng truyền thống sang vận hành thông minh. Trong ngữ cảnh đô thị thích ứng nước, AI can thiệp vào 4 nhóm chức năng cốt lõi:

(1) AI Nowcasting: Dự báo mưa cục ngắn hạn (1 - 30 phút), đặc biệt quan trọng với các hiện tượng mưa cục bộ, mưa giông nhiệt.

(2) AI Flood Prediction: Dự báo mức độ - độ sâu - phạm vi ngập theo thời gian thực dựa trên mô hình học máy kết hợp dữ liệu cảm biến và radar.

(3) AI Vision: Phân tích hình ảnh từ camera để nhận dạng ngập, đo độ sâu, phân loại điểm rủi ro.

(4) AI Optimizer: Tối ưu vận hành hồ, cống, bơm, trạm điều tiết theo mục tiêu giảm ngập, giảm tổn thất và tăng khả năng phục hồi.

AI giúp đô thị đạt được năng lực “tự tổ chức” (Self-Organizing Capability), một đặc trưng của các hệ thống thích ứng phức tạp.

6. KẾT LUẬN CHUNG

Đô thị sống chung với nước không phải là một mô hình kỹ thuật đơn lẻ, mà là một hệ tư duy và khung quản trị tổng hợp nhằm tái cấu trúc cách đô thị nhận thức, tổ chức và vận hành trước sự vận động tự nhiên của nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị hóa nhanh và các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng. Cốt lõi của mô hình này nằm ở sự dịch chuyển từ tư duy đối kháng sang tư duy thích ứng, từ “chống nước” bằng biện pháp cứng sang “sống chung với nước” bằng tổng hợp hạ tầng xanh - xám - mềm - số. Nước được nhìn nhận không phải như một tác nhân gây cản trở, mà như một thành tố cấu trúc đô thị, tham

gia vào cả quy hoạch không gian, thiết kế hạ tầng, quản trị rủi ro và xây dựng bản sắc đô thị.

Sự thành công của mô hình phụ thuộc vào 3 trụ cột then chốt: (1) Thể chế thống nhất và pháp luật đồng bộ, đặc biệt là sự hình thành một đầu mối quản trị nước đô thị UWA (Urban Water Authority), đưa mô phỏng thủy văn - thủy lực vào quy hoạch và dự án, thiết lập các tiêu chuẩn mới về không gian cho nước, tỷ lệ thấm, hạ tầng chịu nước và dữ liệu dùng chung. (2) Hệ thống công nghệ toàn diện, bao gồm dữ liệu địa hình độ phân giải cao, mô hình thủy văn - thủy lực đa chiều, IoT - cảm biến, radar thời tiết, hạ tầng xanh - xám - mềm và các công nghệ phục hồi sau ngập. Công nghệ không chỉ hỗ trợ giám sát mà còn định hình phương thức vận hành chủ động và tối ưu. (3) Kiến trúc số thống nhất dựa trên Bộ Ngũ: “BIM - GIS - Digital Twin - IoT - AI”, chuỗi liên thông này biến đô thị thành một hệ thống “biết trước để hành động”, khác biệt hoàn toàn so với mô hình vận hành truyền thống.

Từ sự kết hợp của ba trụ cột trên, năng lực chống chịu và thích ứng của đô thị được nâng lên mức mới. Đô thị không còn chỉ phản ứng trước các sự kiện thời tiết cực đoan, mà có khả năng chủ động dự báo - điều chỉnh - hấp thụ - phục hồi. Điều này phù hợp với các lý thuyết quốc tế như Water-Sensitive Urban Design (Úc), Room for the River (Hà Lan), ABC Waters (Singapore), Sponge City (Trung Quốc), cũng như khung Urban Resilience của UNDRR và IUWM của OECD/World Bank.

Cuối cùng, đô thị sống chung với nước không chỉ là một giải pháp công trình, mà là một chiến lược phát triển đô thị hiện đại. Chiến lược này đòi hỏi sự thay đổi toàn diện từ tư duy đến thể chế, từ quy hoạch đến tiêu chuẩn kỹ thuật, từ công nghệ đến dữ liệu và từ vận hành đến cộng đồng. Mục tiêu cuối cùng không phải là loại bỏ hoàn toàn ngập - điều không thể đạt được trong điều kiện khí hậu hiện nay - mà là bảo đảm đô thị an toàn, linh hoạt, dự báo được, tối ưu hóa vận hành và phục hồi nhanh sau mọi cú sốc liên quan đến nước. Đây cũng chính là con đường giúp đô thị Việt Nam bước vào kỷ nguyên phát triển bền vững, thích ứng khí hậu và quản trị thông minh - nơi nước không còn là mối đe dọa, mà trở thành nguồn lực trong kiến tạo một đô thị kiên cường, xanh và đáng sống. ❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2020). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd ed.).
- ESRI. (2022). GIS for Urban Flood Management. ESRI Press.
- Jha, A., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management.
- National University of Singapore – NUS Delta-NTU. (2024). Digital Twin for Water Systems in Tropical Cities.
- International Telecommunication Union (ITU). (2021). IoT Guidelines for Smart Sustainable Cities.
- IBM Research. (2023). AI for Water and Climate Resilience.
- PUB Singapore. (2022). ABC Waters Design Guidelines.
- Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management. (2020). Room for the River: Programme Evaluation.
- Tokyo Metropolitan Government. (2021). Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel Report.

Bảo tồn công trình di sản mùa mưa bão



THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG*

Trong những năm gần đây, nhiều tỉnh thành trên phạm vi cả nước đang phải gánh chịu các đợt thiên tai với mức độ thiệt hại cho nhà ở và công trình công cộng ngày càng tăng. Giống như các công trình kiến trúc thông thường khác, trong các đợt thiên tai và mưa bão, hệ thống các công trình di tích lịch sử văn hoá và công trình kiến trúc có giá trị cũng phải chịu ảnh hưởng rất nặng nề. Điều này đặt ra những vấn đề lớn trong công tác bảo tồn di sản và công trình kiến trúc có giá trị trước các tác động lớn của mưa bão và thiên tai.

CÔNG TRÌNH DI SẢN TRƯỚC TÁC ĐỘNG TIÊU CỰC CỦA THIÊN TAI

Về mặt khái niệm, theo Luật Di sản văn hoá, di tích lịch sử - văn hóa (thường gọi tắt là công trình di sản) là công trình kiến trúc, nghệ thuật, cụm công trình xây dựng, địa điểm, di chỉ khảo cổ hoặc cấu trúc có tính chất khảo cổ học; di vật, cổ vật, bảo vật quốc gia thuộc công trình, cụm công trình, địa điểm, di chỉ hoặc cấu trúc đó, có giá trị lịch sử, văn hóa, khoa học đã được công nhận và cấp bằng công nhận theo đúng các tiêu chí đánh giá của Luật Di sản văn hoá. Cùng với đó, khái niệm “công trình kiến trúc có giá trị” theo Luật Kiến trúc 2019 có thể được hiểu là công trình kiến trúc tiêu biểu, có giá trị về kiến trúc, lịch sử, văn hóa, nghệ thuật được cấp có thẩm quyền phê duyệt theo các nhóm tiêu chí đánh giá của Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP.

Về cơ bản chung, theo định hướng quy định chung của pháp luật, các công trình di tích lịch sử văn hoá hay công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị là những công trình có vai trò rất quan trọng trong việc lưu giữ các giá trị bản sắc kiến trúc truyền thống của các vùng miền, là cơ sở để tạo lập bản sắc kiến trúc, cảnh quan cho các đô thị, vùng miền, cũng như là động lực quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội. Do đó, công tác bảo tồn và phát huy giá trị các công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị cần được chú trọng triển khai một cách khoa học, bài bản theo

đúng quy định của pháp luật, tránh được các thiệt hại, hao tổn không đáng có trước tác động của quá trình đô thị hoá hay khai thác quá mức.

Tuy công tác bảo tồn công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị trên phạm vi cả nước trong thời gian qua đã có rất nhiều chuyển biến tích cực, tuy nhiên trên thực tế cũng vẫn còn khá nhiều công trình loại này bị ảnh hưởng dẫn đến bị xuống cấp và hư hỏng. Bên cạnh một số nguyên nhân chủ quan và khách quan thông thường, thì trong giai đoạn vừa qua, một nguyên nhân cần đặc biệt quan tâm chính là do công tác bảo tồn công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị trước các tác động của thiên tai. Cụ thể:

Tại TP Huế - một đô thị di sản “độc nhất vô nhị” tại Việt Nam, đợt mưa lũ gây ngập lụt lịch sử cuối tháng 10 và đầu tháng 11/2025 vừa qua cũng làm xói lở nền móng khiến tường thành Đại Nội bị sập. Nhiều hạng mục công trình di sản rất có giá trị trong khu vực Đại Nội bị ảnh hưởng ngập sâu nghiêm trọng. Thành phố cũng phải công bố tình huống thiên tai khẩn cấp nhằm kịp thời tổ chức bảo vệ, khoanh vùng và gia cố khu vực có nguy cơ mất an toàn. Cũng trong giai đoạn đó, ngày 22/11, UBND TP Huế cho biết, địa phương đã ban hành quyết định công bố tình huống khẩn cấp đối với sự cố sập đổ một đoạn tường thành thuộc di tích Đại Nội. Vị trí xảy ra sự cố nằm ở mặt Bắc, giáp đường Đặng Thái Thân, cách cửa Hòa Bình khoảng 180 m về phía Đông.

() Viện Kiến trúc Quốc gia (Bộ Xây dựng)*



Cùng với đó, trận lụt lịch sử vừa qua vào tháng 10/2025 tại Hội An đã chứng kiến mực nước dâng cao kỷ lục, có thời điểm lên đến 3,5 m, cao hơn cả đỉnh lũ lịch sử năm 1964. Hơn 1.100 công trình nhà cổ và di tích trong khu vực bảo vệ di sản thế giới Hội An bị chìm trong nước lũ nhiều ngày.

Hai ví dụ điển hình về công trình như tại Huế và Hội An trong trận bão lịch sử cuối tháng 10 vừa qua cho thấy tình trạng khó khăn chung về bảo tồn công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị của nhiều địa phương trên toàn quốc trong mùa mưa bão.

Các chuyên gia về bảo tồn di sản và công trình kiến trúc có giá trị tại Việt Nam cũng chỉ rõ tác động gây hư hại nhiều mặt thiên tai mùa mưa bão đối với công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị như:

(1) Tác động gây nên tình trạng hư hỏng mái và thân công trình, hay làm đổ sập công trình do gió mạnh, dòng lốc.

(2) Tác động gây nên tình trạng hư hỏng, đổ sập công trình do ngập nước. Các đợt mưa bão tại Việt Nam trong thời gian qua thường kéo theo các đợt ngập úng kéo dài với mức nước ngập cao. Các công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị với niên đại khá lớn, kết cấu và vật liệu xây dựng chủ yếu là tự nhiên như liên kết khớp mộng và cột gỗ, mái lợp ngói... vốn đã "mong manh", sau nhiều ngày ngâm trong nước lũ trở nên sẽ bị trương nở, gây phá hủy kết cấu và vật liệu. Sau cơn lũ ngập, nếu không bị thiệt hại

thì tình trạng ẩm mốc đối với các vật liệu tự nhiên xây dựng công trình. (Hình 1)

(3) Tác động gây nên tình trạng hư hỏng xô lệch kết cấu, đổ sập công trình khi nước ngập rút. Khi nước lũ rút nhanh, áp lực nước thay đổi đột ngột có thể gây ra tình trạng "xô giat", dẫn đến nguy cơ ngã đổ tường nhà trong khu phố cổ, vốn đã bị nước làm yếu phần móng và kết cấu. (Hình 2)

ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU THIẾT HẠI CHO CÔNG TRÌNH DI SẢN

Trước các hiện tượng thiên tai có nhiều diễn biến như trên, thực tế đánh giá cũng cho thấy các cơ quan quản lý chức năng cũng đã có nhiều nỗ lực để bảo đảm an toàn cho công trình, nhưng hầu hết mới chỉ dừng lại với các giải pháp thông thường mang tính giải quyết sự vụ như chằng chống, di dời các hiện vật quý và kê cao tài sản trước lũ. Với đặc thù tính bất thường về thời điểm xảy ra, cường độ của thiên tai tăng đều qua các năm, cần sớm có các giải pháp khoa học đồng bộ nên các giải pháp thông thường như trên có vẻ còn quá đơn giản và thiếu hiệu quả.

Thiên tai tại Huế và Hội An đã xảy ra vừa qua cũng cho thấy rõ những khó khăn đối với việc bảo tồn di sản và công trình kiến trúc có giá trị mùa mưa bão đối với nhóm các công trình thuộc sở hữu ngoài nhà nước. Cụ thể, khi trận lụt xảy ra, nhiều di tích kiến trúc thuộc sở hữu nhà nước tại Huế và Hội An đang được trùng tu đã phải tạm dừng để tổ



Hình 1: Hình ảnh nhiều công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị của đô thị cổ Hội An đứng trước nguy cơ ảnh hưởng và thiệt hại lớn do bị nhấn chìm trong biển nước do mưa bão tháng 10/2025. (nguồn ảnh: sưu tầm)



Hình 2: Hình ảnh khu vực Đại Nội Huế - Di sản văn hoá thế giới được UNESCO công nhận - bị nhấn chìm trong biển nước và đoạn tường thành cổ bị đổ sập do mưa bão cuối tháng 10/2025. (nguồn ảnh: sưu tầm)

chức chống đỡ. Tuy nhiên, các công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị thuộc sở hữu trong dân do những hạn chế về nguồn lực để ứng phó với thiên nhiên, lại thiếu sự duy tu bảo trì thường xuyên nên luôn trong tình trạng xuống cấp sẽ chịu nhiều thiệt hại lớn khi thiên tai, bão lũ, ngập lụt xảy ra.

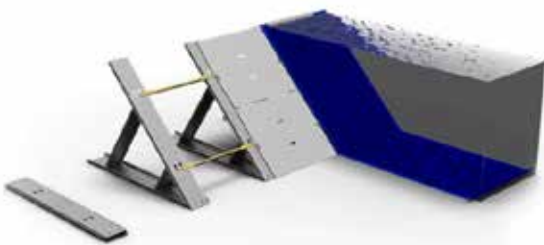
Cụ thể, như được báo chí phản ánh, trong trận lụt lịch sử đầu tháng 11/2025 vừa qua tại Hội An, số liệu thống kê cũng đã cho thấy có hơn 100 di tích của tư nhân đã xuống cấp, đang trong tình trạng hư hại nghiêm trọng nhưng cũng chỉ được chằng chống tạm thời bằng bạt nhựa để hứng nước mưa, trong khi cột nhà đã bị mối mọt đục rỗng. Điều này tiềm ẩn nhiều rủi ro lớn cho hệ thống các công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị loại này.

Kinh nghiệm từ nhiều quốc gia trên thế giới, ngay từ giai đoạn những năm 2019, Tổ chức chuyên ngành quốc tế về bảo tồn di sản ICOMOS (Hội đồng Di tích và di chỉ khảo cổ quốc tế) đã công bố một báo cáo tóm tắt, trong đó nêu bật các yếu tố chính của khí hậu có tác động với di sản văn hóa vật thể và phi vật thể. Trong báo cáo cũng nhấn mạnh rõ, quá trình xuống cấp của công trình có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khí hậu như bức xạ nhiệt, độ ẩm, gió, bức xạ mặt trời... và sẽ tiếp tục trở nên trầm trọng thêm do điều kiện khắc nghiệt và diễn biến ngày càng phức tạp của thiên tai tại nhiều quốc gia trên thế giới. Cùng với đó cũng là các khía cạnh về tài chính phục vụ cho công tác bảo đảm an

toàn, cũng như bảo tồn và tu bổ di tích trước và sau thiên tai cho công trình. Những nội dung này đặt ra một thách thức cho các cơ quan quản lý và xã hội trong việc xác định các định hướng để bảo tồn các công trình di sản văn hoá và công trình kiến trúc có giá trị màu mưa bão.

Về giải pháp định hướng, tổ chức ICOMOS cũng khuyến cáo các quốc gia có công trình di sản cần thay đổi phương pháp “Bảo tồn không ngừng nghỉ” truyền thống có nghĩa là tiến hành trùng tu liên tục ngay sau khi công trình bị hư hại hiện đang áp dụng khá phổ biến bằng các giải pháp mới có tính thích ứng dự phòng từ xa, từ sớm. Báo cáo cũng chỉ rõ dù các giải pháp mới này có yêu cầu nguồn lực tài chính lớn hơn, nhưng hiệu quả bảo tồn các công trình di sản trước thiên tai là rất lớn và có thể bù đắp các chi phí về lâu dài bằng cách giảm thiểu đáng kể tác động của các yếu tố khí hậu lên kết cấu và vật liệu. Cụ thể:

- Tuỳ theo tình hình cụ thể ở từng địa phương, cần xây dựng các kế hoạch kịch bản giảm thiểu thiệt hại cho công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị ở các cấp độ khác nhau như: công trình, nhóm công trình, khu vực có nhiều công trình... Về tài chính, các địa phương cần xây dựng các quỹ tài chính dự phòng phục vụ công tác bảo tồn, tu bổ và phòng chống thiệt hại tác động của thiên tai, bão lụt phù hợp với các kế hoạch kịch bản giảm thiểu thiệt hại đã được phê duyệt. Ưu tiên sử dụng các nguồn lực xã hội hoá thông qua các loại hình thuế, phí gián thu cũng như sự



Hình 3: Cầu trúc hàng rào di động có khả năng ngăn nước lũ ngập ảnh hưởng tiêu cực tới các công trình di sản cổ tại Australia. (nguồn ảnh: sưu tầm)



Hình 4: Hệ thống cấu trúc vách kính chống gió bão được lắp đặt để bảo tồn các di tích kiến trúc cổ có giá trị tại châu Âu và Bắc Mỹ ở các cấp độ một phần hạng mục trong công trình và toàn bộ công trình. (nguồn ảnh: sưu tầm)

đóng góp của các tổ chức, cá nhân.

- Đối với việc giảm thiểu thiệt hại do lũ lụt và ngập nước, mục tiêu chính là sự giảm tiếp xúc của công trình trực tiếp với nước để ngăn ngừa thiệt hại cho cả vật liệu và kết cấu, cũng như bất kỳ thiệt hại vật lý nào do lũ lụt gây ra thông qua việc tăng cường hệ thống thoát nước và thấm nước trong khuôn viên (hệ thống cống có máy bơm cưỡng bức) và hệ kết cấu kín nước bao quanh (như hệ rào chắn vĩnh viễn hoặc tạm thời, rào chắn cố định hoặc di động và chất bịt kín).

Trong trường hợp các biện pháp bảo vệ như trên không có hiệu quả, có thể xem xét cân nhắc lựa chọn giải pháp nâng cao toàn bộ kết cấu hoặc di dời công trình. Các giải pháp nâng cao thích ứng, chẳng hạn như hệ thống nâng và neo thủy lực và móng nổi (còn gọi là "kiến trúc lưỡng cư") cho phép công trình duy trì ở độ cao móng hiện tại hoặc nổi trong trường hợp lũ lụt. (Hình 3)

- Đối với việc giảm thiểu thiệt hại do mưa bão, đối với những công trình di tích có giá trị cao, có thể xem xét bổ sung hệ thống mái che phụ có khả năng chống gió bão như: hệ mái kính bên ngoài hoặc lớp kính tự làm sạch thứ hai, kính chống gió bão (còn được gọi là Cầu trúc kính bảo vệ bên ngoài). (Hình 4)

- Sau cùng, điều quan trọng cần lưu ý là việc thường xuyên tu bổ các công trình di sản và công trình kiến trúc có giá trị đảm bảo chất lượng của tổng thể kết cấu và từng

hạng mục của công trình (như sử dụng lớp phủ bảo vệ chống oxy hóa cho kim loại, lớp phủ chống thấm trong suốt cho đá, sơn chống gỉ đối với các cấu trúc kim loại, có thể đóng vai trò quan trọng trong việc ngăn ngừa sự ăn mòn và xuống cấp của các bề mặt vật liệu của công trình di tích lịch sử và công trình kiến trúc có giá trị.

THAY LỜI KẾT

Dù đã có nhiều nội dung đánh giá về ảnh hưởng tiêu cực và thiệt hại của thiên tai, mưa bão, ngập lụt đối với các công trình di tích lịch sử văn hóa và công trình kiến trúc có giá trị, tuy nhiên, trước tình hình thiên tai như động đất, mưa bão, ngập lụt, có nhiều diễn biến rất phức tạp tại nhiều tỉnh thành địa phương thời gian qua, rất cần sớm có các giải pháp định hướng để bảo tồn và giảm thiểu tác động của thiên tai mùa mưa bão đối với các công trình loại này.

Tin vui, thông theo tin tại Hội nghị tổng kết quá trình triển khai quy hoạch tổng thể đầu tư bảo tồn, tôn tạo và phát huy giá trị Di sản văn hóa thế giới đô thị cổ Hội An gắn với phát triển TP Hội An và du lịch bền vững giai đoạn 2012 - 2025, trong thời gian tới Hội An sẽ xây dựng các kế hoạch bảo tồn phát huy giá trị của hệ thống các công trình di tích lịch sử văn hóa một cách bài bản, nguồn lực xã hội hóa cũng sẽ được thiết lập đa dạng để phục vụ đồng bộ cho công tác bảo tồn và phát huy giá trị di sản văn hóa trên quy mô toàn đô thị.❖

PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ BỀN VỮNG Ở VIỆT NAM:

Hướng tới những thành phố đáng sống, hiệu quả và bao trùm

**TS NGUYỄN QUANG***

Để các đô thị thực sự trở thành “đầu tàu dẫn dắt quốc gia”, Việt Nam cần một cách tiếp cận đột phá: Phát triển đô thị bền vững dựa trên quản trị hiệu quả - quy hoạch tích hợp - hạ tầng thông minh - không gian bao trùm - kinh tế sáng tạo.

1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

Trong gần bốn thập niên đổi mới, Việt Nam đã chuyển mình mạnh mẽ thành một quốc gia đô thị hóa nhanh, năng động và đầy khát vọng. Từ một hệ thống đô thị nhỏ bé, đất nước hôm nay đã có hơn 870 đô thị (theo phân loại đô thị cũ), đóng góp 60 - 70% GDP quốc gia. Những đại đô thị như Hà Nội và TP.HCM trở thành động lực tăng trưởng, cửa ngõ hội nhập, trung tâm của sáng tạo, đổi mới và văn hóa.

Song hành với thành công, các thành phố Việt Nam phải đối mặt với những thách thức ngày càng phức tạp: Phát triển lan tỏa và thiếu kiểm soát, áp lực hạ tầng, biến đổi khí hậu, bất bình đẳng đô thị, ô nhiễm môi trường, hạn chế về quản trị và phân cấp. Để các đô thị thực sự trở thành “đầu tàu dẫn dắt quốc gia”, Việt Nam cần một cách tiếp cận đột phá: Phát triển đô thị bền vững dựa trên quản trị hiệu quả - quy hoạch tích hợp - hạ tầng thông minh - không gian bao trùm - kinh tế sáng tạo.

Việt Nam đang trong giai đoạn chuyển đổi mô hình phát triển với trọng tâm là quá trình đô thị hóa nhanh, công nghiệp hóa theo chiều sâu, và chuyển dịch sang nền kinh tế tri thức - số - carbon thấp. Đô thị không chỉ là nơi tập trung dân cư mà là không gian kinh tế - chính trị - văn hóa quan trọng, nơi định hình năng lực cạnh tranh quốc gia mà còn cung cấp dịch vụ công, bảo vệ môi trường và khả năng chống chịu.

Tính đến 2024, tỷ lệ dân số đô thị đạt 40,19% (40,6 triệu người), dự kiến tăng lên 45% năm 2025 và 50% năm 2030. Quá trình này đặt ra những yêu cầu mới về quy hoạch, quản trị đô thị, Bài viết dưới đây hệ thống hóa các luận điểm chính, làm rõ hướng đi và gợi mở mô hình phát triển đô thị bền

vững cho Việt Nam, với những minh chứng sinh động từ Hà Nội và TP.HCM - hai thành phố đang đi đầu trong hành trình chuyển đổi.

2. THỰC TRẠNG ĐÔ THỊ VIỆT NAM

Đô thị hóa Việt Nam diễn ra nhanh chóng với tốc độ trung bình 0,53% mỗi năm. Mỗi thành phố là một cực tăng trưởng, nơi hội tụ lao động, tri thức, vốn, sản xuất và sáng tạo. Tuy nhiên, mặt trái cũng đi kèm: Phát triển phi chính thức và lan tỏa tự phát; Thiếu cơ sở hạ tầng và dịch vụ cơ bản; Nhà ở không đáp ứng được nhu cầu và khả năng chi trả; Ô nhiễm không khí, ô nhiễm nguồn nước, ngập lụt đô thị; Tắc nghẽn giao thông và quá tải dịch vụ công; Chênh lệch phát triển giữa trung tâm - ngoại vi; Thiếu phối hợp liên ngành và liên cấp trong quản trị đô thị. Rõ ràng, đô thị hóa không thể chỉ là mở rộng ranh giới hay xây dựng các khu đô thị mới rời rạc. Nó phải là quá trình chuyển đổi chất lượng sống, năng suất và tính bền vững, đặt con người ở vị trí trung tâm. (Bảng 1)

3. ĐÔ THỊ HOÁ - CÔNG NGHIỆP HOÁ: QUY LUẬT PHÁT TRIỂN VÀ BÀI HỌC CHO VIỆT NAM

Việt Nam đã bước vào giai đoạn đô thị hóa nhanh cùng lúc với công nghiệp hóa, tạo nên sự cộng hưởng mạnh mẽ trong tăng trưởng kinh tế. Trên thế giới, không một quốc gia nào trở thành nước công nghiệp mà không có hệ thống đô thị mạnh. Việt Nam cũng đang đi theo quy luật này.

3.1. Đô thị hóa thúc đẩy công nghiệp hóa

Đô thị là nơi tập trung hạ tầng, lao động và dịch vụ công cộng - những yếu tố thiết yếu cho sản xuất quy mô lớn và công nghiệp hiện đại. Khi đô thị mở rộng: Hạ tầng giao thông - logistics được đầu tư, giúp doanh nghiệp giảm chi phí và

() Nguyên Giám đốc Chương trình Định cư LHQ (UN-Habitat) Việt Nam*

Bảng 1. Tổng quan các vấn đề đô thị Việt Nam

Nhóm nội dung	Chỉ số /Hiện trạng	Tình trạng /Nhận xét
1. Dân số & cấu trúc đô thị	• Tỷ lệ dân số đô thị hiện đạt 40–41%, hướng tới 50% vào năm 2030	Tốc độ đô thị hóa tăng nhanh, tạo áp lực lên hạ tầng
	• Gia tăng dân số đô thị khoảng 1–1,3 triệu người/năm	Nhu cầu dịch vụ, nhà ở và giao thông tăng mạnh
	• Hệ thống khoảng 870 đô thị, (phân loại cũ)	Mạng lưới đô thị mở rộng nhưng chưa đồng đều, thiếu phân cấp chức năng
2. Thế mạnh hiện hữu	• Khu vực đô thị đóng góp tỷ trọng lớn trong GDP quốc gia	Vai trò hạt nhân tăng trưởng kinh tế
	• Khả năng thu hút FDI mạnh	Tập trung vào các trung tâm kinh tế vùng
	• Khu vực dịch vụ phát triển nhanh	Chuyển dịch cơ cấu kinh tế theo hướng tri thức
	• Hệ sinh thái đổi mới sáng tạo đang hình thành	Tại Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng và một số đô thị khác
3. Hạn chế & thách thức	• Diện tích không gian xanh chỉ 2-3 m ² /người	Thấp hơn đáng kể so với chuẩn quốc tế $\geq 9-10$ m ² /người
	• Hệ thống giao thông công cộng chưa đáp ứng nhu cầu	Tỷ lệ sử dụng thấp, phụ thuộc phương tiện cá nhân
	• Tình trạng mở rộng đô thị theo mô hình lan tỏa, chưa kiểm soát	Thiếu mô hình phát triển theo đa trung tâm/TOD
	• Ô nhiễm không khí nghiêm trọng	Tập trung ở Hà Nội, TP.HCM và các khu công nghiệp
	• Ngập úng xuất hiện ngày càng thường xuyên	Hạ tầng thoát nước chưa đáp ứng tốc độ bê tông hóa
	• Nguồn cung nhà ở xã hội thiếu trầm trọng	Cầu lớn - cung thấp, mất cân đối thị trường nhà ở
	• Khoảng 10-12% diện tích đô thị có nguy cơ bị ngập	Đô thị vùng trũng và lưu vực sông chịu ảnh hưởng lớn
4. Tác động của biến đổi khí hậu	• Khoảng 20 triệu người có nguy cơ chịu tác động bởi nước biển dâng	Tiềm ẩn rủi ro xã hội, kinh tế và dịch chuyển dân cư
	• Các đô thị ven biển đối mặt rủi ro khí hậu cao	Cần tích hợp quy hoạch thích ứng và quản trị rủi ro

tăng năng suất. Nguồn lao động dồi dào từ nông thôn đổ về thành phố, tạo điều kiện hình thành ngành sản xuất mới. Dịch vụ hỗ trợ phát triển như tài chính, thương mại, giáo dục, logistics, công nghệ thông tin... trở thành “hậu cần mềm” cho công nghiệp.

Chính Hà Nội và TP.HCM là minh chứng rõ rệt khi 80 - 85% doanh nghiệp công nghệ cao, doanh nghiệp dịch vụ chất lượng cao tập trung ở hai đại đô thị này. Minh chứng sự phát triển của Khu công nghệ cao Hòa Lạc và Khu công nghệ cao TP.HCM (SHTP) cho thấy, đô thị hóa chất lượng cao tác động trực tiếp đến khả năng thu hút FDI và hình thành chuỗi sản xuất công nghệ.

3.2. Công nghiệp hóa dẫn dắt đô thị hóa

Ở chiều ngược lại, công nghiệp hóa tạo động lực công ăn việc làm, thu hút dân cư, thúc đẩy hình thành các khu đô thị mới, khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ. Ví dụ: Bình Dương (cũ), Đồng Nai, Bắc Ninh và Hải Phòng là những tỉnh thành “tăng tốc đô thị” nhờ dòng vốn FDI và các khu công nghiệp quy mô lớn. Tại Hà Nội, sự phát triển của các cụm công nghiệp như Đông Anh, Long Biên, Gia Lâm kéo theo các khu đô thị mới, dịch vụ xã hội, thương mại và nhà ở. TP.HCM với vai trò trung tâm công nghiệp - dịch vụ quốc gia tạo động lực phát triển

cho cả vùng Đông Nam Bộ.

Đây chính là mô hình “đô thị - công nghiệp - dịch vụ” đang chứng minh hiệu quả ở nhiều quốc gia châu Á và có thể trở thành cấu trúc bền vững của Việt Nam đến năm 2045.

3.3. Vì sao phải gắn kết đô thị hóa với công nghiệp hóa?

Một quốc gia chỉ đạt hiệu quả tối đa khi quy hoạch đô thị - quy hoạch công nghiệp - quy hoạch giao thông - quy hoạch đất đai được tích hợp đồng bộ. Nếu không, sẽ xuất hiện: Đô thị phát triển nhưng thiếu nền tảng kinh tế; Khu công nghiệp phát triển nhưng không có nhà ở, dịch vụ cho công nhân; Kẹt xe, thiếu dịch vụ công cộng, phát triển nóng thiếu kiểm soát; Phân mảnh không gian, chi phí đầu tư công tăng cao.

Việt Nam hiện đang gặp nhiều bất cập do hai quá trình này chưa thực sự liên kết chặt chẽ. Do đó, giai đoạn tới phải coi liên kết đô thị - công nghiệp là chiến lược trung tâm của phát triển quốc gia.

4. QUY HOẠCH TÍCH HỢP - NỀN TẢNG CỦA ĐÔ THỊ BỀN VỮNG

Luật Quy hoạch 2017 đã tạo bước tiến quan trọng, nhưng còn nhiều vướng mắc khi triển khai. Nhìn từ Hà Nội

và TP.HCM, những hạn chế trong quy hoạch cho thấy rõ: Mô hình quy hoạch tổng thể cứng nhắc; Thiếu khung kiểm soát phát triển; Quy hoạch không theo thị trường và không dựa trên hành động; Đô thị hóa không gắn với việc làm và hạ tầng dịch vụ; Phát triển lan tỏa, “nhảy cóc”, làm suy giảm hiệu quả sử dụng đất.

Những hạn chế hiện nay cho thấy, Việt Nam cần chuyển từ tư duy “quy hoạch không gian” sang quy hoạch chiến lược hành động, với trọng tâm là ba nguyên tắc cốt lõi: lựa chọn đúng các ưu tiên phát triển, bảo đảm tích hợp đa ngành và đa cấp, và duy trì tính linh hoạt để thích ứng và triển khai hiệu quả.

Một hệ thống quy hoạch hiện đại phải xác định rành mạch các lớp không gian gồm: Khu vực cần bảo tồn; khu vực hạn chế phát triển; khu vực phát triển có điều kiện; và các khu vực được khuyến khích phát triển. Điều này đặc biệt phù hợp với Hà Nội - đô thị có mật độ di sản và hệ sinh thái tự nhiên quý giá, từ khu phố cổ, khu phố Pháp đến Sóc Sơn, các làng nghề và mạng lưới sông hồ - những tài sản văn hóa và môi trường đang chịu sức ép lớn từ tốc độ phát triển.

Nếu không có định hướng chiến lược và để đô thị hóa diễn ra tự phát, hệ quả sẽ là chi phí logistics tăng cao, tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm môi trường và bất bình đẳng trong tiếp cận cơ hội phát triển. Việt Nam cần chuyển từ mô hình đô thị hóa thụ động sang đô thị hóa dẫn dắt phát triển quốc gia.

5. QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ: HIỆN TRẠNG, HẠN CHẾ VÀ GIẢI PHÁP

Việt Nam đang chuyển đổi mô hình chính quyền địa phương từ ba cấp sang hai cấp ở nhiều nơi, hướng đến bộ máy tinh gọn, minh bạch và vận hành nhanh hơn. Tuy vậy, còn những tồn tại: Pháp lý phân tán, thiếu tích hợp, đặc biệt giữa quy hoạch đô thị - nông thôn - hạ tầng - đất đai. Năng lực cấp cơ sở còn hạn chế, nhất là về quy hoạch, dữ liệu đô thị, kinh tế và hạ tầng. Thiếu cơ chế điều phối - hợp tác vùng hiệu quả, khiến Hà Nội - Bắc Ninh - Hưng Yên hay TP.HCM - Đồng Nai khó phát huy hiệu quả liên kết. Thiếu công cụ tài chính đô thị, bao gồm thuế đất, PPP, trái phiếu đô thị phù hợp. Chưa rõ ràng trong phân quyền - phân cấp, khiến địa phương thiếu chủ động.

Để khắc phục, cần trao quyền mạnh mẽ hơn cho chính quyền địa phương, đi kèm trách nhiệm giải trình và khung kiểm soát minh bạch, đồng thời sử dụng phương pháp quy hoạch tích hợp đa ngành và tiếp cận dựa trên quyền con người.

Hiện nay, hệ thống quản trị đô thị còn một số hạn chế như chồng chéo chức năng, phân bổ nguồn lực chưa hiệu quả, phối hợp liên ngành còn yếu và thiếu minh bạch dữ liệu. Để khắc phục, cần triển khai ba nhóm giải pháp trọng tâm: Thứ nhất, tăng phân quyền cho chính quyền đô thị, cho phép địa phương chủ động phê duyệt quy hoạch chi tiết, quyết định các dự án hạ tầng và thực hiện cơ chế tài chính đô thị linh hoạt hơn. Thứ hai, tăng cường điều phối vùng thông qua việc thành lập hội đồng vùng, tích hợp quy hoạch ba

cấp (vùng - tỉnh - đô thị) và phát triển các hành lang kinh tế liên đô thị nhằm tối ưu hóa nguồn lực và kết nối phát triển. Thứ ba, thúc đẩy chuyển đổi số trong quản trị, bao gồm xây dựng nền tảng dữ liệu đô thị thống nhất, GIS hóa toàn bộ quy hoạch và ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong quản lý giao thông, môi trường và dịch vụ công.

6. ESG - KHUNG TIẾP CẬN MỚI CHO PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ BỀN VỮNG Ở VIỆT NAM

Trong bối cảnh Việt Nam bước vào giai đoạn đô thị hóa nhanh, nhu cầu nâng cấp hạ tầng, cải thiện môi trường sống và xây dựng mô hình phát triển bao trùm trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. ESG (Environmental - Social - Governance) đang nổi lên như một phương pháp tiếp cận toàn diện giúp các đô thị không chỉ phát triển nhanh mà còn bền vững, công bằng và có khả năng chống chịu tốt hơn trước các cú sốc kinh tế - xã hội - khí hậu.

Với Việt Nam, ESG không chỉ là một bộ tiêu chí đánh giá dự án, mà là cách tiếp cận chiến lược giúp tích hợp môi trường - xã hội - quản trị vào từng bước của quy hoạch, đầu tư và vận hành đô thị. Đây chính là thời điểm để Việt Nam tiếp cận ESG không như một bộ tiêu chuẩn quốc tế, mà như một khung hành động giúp đô thị phát triển bền vững, có trách nhiệm và có khả năng chống chịu trước các biến động tương lai.

Về môi trường, nhiều đô thị đang đối mặt với ô nhiễm không khí và nước, thiếu không gian xanh, rác thải gia tăng và tình trạng ngập úng ngày càng nghiêm trọng. Bê tông hóa khiến nhiệt độ đô thị tăng rõ rệt. Điều này đòi hỏi một chiến lược thích ứng mới dựa trên bảo tồn sinh thái, phục hồi sông hồ và kênh rạch, tăng diện tích cây xanh và thúc đẩy giao thông bền vững. Đồng thời, phát triển đô thị cần gắn với mục tiêu phát thải thấp, khuyến khích công trình xanh, năng lượng sạch và quản lý rủi ro thiên tai dựa trên dữ liệu.

Về xã hội, chênh lệch tiếp cận dịch vụ, thiếu hụt nhà ở giá hợp lý và sự xuống cấp của các khu dân cư cũ đặt ra yêu cầu xây dựng đô thị bao trùm - nơi mọi cư dân, từ công nhân đến lao động tri thức, đều có cơ hội tiếp cận dịch vụ công, không gian công cộng và hạ tầng chất lượng. Một đô thị bền vững phải bảo đảm nhà ở xã hội, nâng cấp khu dân cư hiện hữu mà không đẩy người dân ra ngoài hệ thống, đồng thời phát triển mô hình đô thị 15 phút để rút ngắn khoảng cách tiếp cận giáo dục, y tế và dịch vụ.

Về quản trị, thách thức lớn nhất là quy hoạch phân mảnh, thiếu tích hợp và thiếu dữ liệu minh bạch để ra quyết định. ESG cung cấp cách tiếp cận quản trị dựa trên minh bạch, trách nhiệm giải trình và chuyển đổi số. Việc xây dựng cơ sở dữ liệu đô thị thống nhất, công khai quy hoạch và ứng dụng công nghệ như GIS, IoT và AI sẽ giúp đô thị vận hành hiệu quả hơn. Song song đó, cải cách thể chế và tăng cường phối hợp vùng là chìa khóa để phát triển đồng bộ, đặc biệt tại Hà Nội và TP.HCM - hai cực tăng trưởng quốc gia.

Áp dụng ESG vào quy hoạch, đầu tư và vận hành đô thị sẽ giúp Việt Nam ưu tiên dự án xanh, phân bổ nguồn lực hiệu

Bảng 2

Trục nội dung	Thực trạng	Chiến lược ưu tiên	Hướng phát triển dài hạn
Không gian xanh & môi trường đô thị	- Không gian xanh bình quân rất thấp. - Suy thoái môi trường sinh thái. - Hệ sinh thái đô thị bị chia cắt.	- Tăng diện tích cây xanh $\geq 10 \text{ m}^2/\text{người}$. - Phát triển hành lang xanh đô thị. - Công viên ven sông – hồ, dải xanh cộng đồng. - Tích hợp hạ tầng xanh – xám.	- Hệ sinh thái xanh – nước – không khí liên thông toàn đô thị. - Phục hồi và bảo vệ hồ, sông, vùng tự nhiên.
Thoát nước & chống ngập	- Ngập lụt gia tăng. - Hệ thống thoát nước quá tải.	- Hồ điều hoà, bể mặt thấm nước. - Hạ tầng thoát nước tích hợp không gian công cộng.	Mô hình “đô thị bọt biển” – Sponge City.
Không gian công cộng	Thiếu công viên, quảng trường, phố đi bộ.	Không gian mở đa chức năng kết nối cộng đồng.	Không gian công cộng tiếp cận trong 5–10 phút đi bộ.
Giao thông	- Phụ thuộc xe máy. - Tắc nghẽn giao thông.	- Metro, BRT, buýt điện. - TOD – đô thị nén.	Giao thông bền vững, đa phương thức.
Quản lý khí hậu & rủi ro	Nguy cơ lũ – sạt lở – biến đổi khí hậu.	Dữ liệu số hóa, bản đồ rủi ro.	Quy hoạch thích ứng dài hạn dựa trên dữ liệu.

quả và tạo môi trường phát triển minh bạch, dựa trên dữ liệu. Đây không chỉ là xu thế toàn cầu mà còn phù hợp với chiến lược tăng trưởng xanh quốc gia, tạo lợi thế trong thu hút đầu tư quốc tế và nâng cao năng lực cạnh tranh đô thị trong tương lai.

ESG mang lại một khung tiếp cận rõ ràng, hiện đại và thực tiễn để Việt Nam phát triển các đô thị bền vững, bao trùm và có khả năng cạnh tranh cao. Khi được lồng ghép vào quy hoạch, đầu tư và quản trị, ESG không chỉ giảm rủi ro mà còn mở ra cơ hội đổi mới mô hình tăng trưởng đô thị, hướng tới những thành phố đáng sống - hiệu quả - nhân văn.

Áp dụng ESG trong quy hoạch, đầu tư và vận hành đô thị sẽ: Hỗ trợ ưu tiên dự án xanh và phân bổ nguồn lực hiệu quả. Góp phần thực hiện mục tiêu tăng trưởng xanh quốc gia. Tăng năng lực cạnh tranh đô thị và khả năng thu hút vốn quốc tế. Tạo môi trường phát triển bền vững, minh bạch và dựa trên dữ liệu.

7. KHÔNG GIAN CÔNG CỘNG, MÔI TRƯỜNG, HẠ TẦNG VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG CHỊU

Phát triển bền vững không thể thiếu “xương sống sinh thái đô thị”: Công viên, hồ, sông, không gian xanh; Hệ thống giao thông xanh; Mặt nước điều hòa, chống ngập; Các không gian công cộng phục vụ cộng đồng; Nhà ở bền vững và khả năng chống chịu.

Hà Nội và TP.HCM đều đang trải qua những sức ép môi trường lớn: Hà Nội nằm trong nhóm thành phố ô nhiễm nhất thế giới về PM2.5; TP.HCM chịu rủi ro ngập lụt ngày càng tăng do biến đổi khí hậu và sụt lún đất.

7.1 Định hướng phát triển đô thị bền vững

Một đô thị bền vững không chỉ đo bằng các công trình lớn hay tốc độ tăng trưởng kinh tế, mà được đánh giá bởi chất lượng môi trường sống, khả năng thích ứng với biến đổi

khí hậu và cách cư dân tiếp cận không gian công cộng, thiên nhiên và hạ tầng dịch vụ. Hiện nay, nhiều đô thị tại Việt Nam đang đối mặt với tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng không gian xanh, ngập lụt gia tăng, hạ tầng kỹ thuật quá tải, cùng với áp lực từ giao thông cá nhân và mở rộng đô thị theo chiều ngang. Điều này dẫn đến suy giảm chất lượng môi trường, gia tăng rủi ro thiên tai, và làm hạn chế khả năng hình thành cộng đồng đô thị văn minh, tiện đi lại, đáng sống.

7.2 Khung đánh giá phát triển đô thị bền vững (Bảng 2)

Khung chiến lược trên xác định các ưu tiên theo từng lĩnh vực nhằm hướng đến một mô hình đô thị xanh - thông minh - thích ứng. Trọng tâm không chỉ là bổ sung công viên hay mở rộng đường giao thông, mà là thiết lập một hệ sinh thái đô thị: liên kết giữa không gian xanh, mặt nước, không khí sạch; giao thông công cộng hiệu quả; quản trị rủi ro dựa trên dữ liệu; và không gian công cộng mang tính bao trùm, phục vụ mọi nhóm cư dân.

Mục tiêu cuối cùng là tạo ra đô thị có khả năng tự cân bằng: nơi nước mưa được hấp thụ và lưu trữ thay vì gây ngập; nơi người dân có thể đến trường, đi làm bằng metro hoặc xe buýt điện; và nơi các không gian xanh, công viên ven sông, quảng trường, phố đi bộ trở thành trung tâm đời sống đô thị. Đây không chỉ là giải pháp kỹ thuật, mà là định hướng phát triển dài hạn để xây dựng đô thị đáng sống, thích ứng (resilient) và cạnh tranh trong khu vực.

8. NHÀ Ở VÀ NÂNG CẤP ĐÔ THỊ - NỀN TẢNG CỦA SỰ BAO TRÙM

8.1 Khung giải pháp phát triển nhà ở và nâng cấp đô thị (Bảng 3)

Nhà ở là một trụ cột quan trọng của phát triển đô thị bền vững. Nhiều đô thị lớn tại Việt Nam như Hà Nội và TP.HCM đang bước vào giai đoạn “quá tải cấu trúc”, khi tốc độ đô thị hóa nhanh hơn nhiều so với năng lực phát triển hạ tầng nhà

ở. Tình trạng thiếu nhà ở xã hội, thiếu nhà ở công nhân, cùng với hàng loạt chung cư cũ xuống cấp đang tạo ra bất bình đẳng không gian, giảm chất lượng sống và làm gia tăng rủi ro an toàn đô thị.

Giải pháp không chỉ dừng ở xây mới, mà cần một chương trình tổng hợp dựa trên hợp tác công - tư, quy hoạch quỹ đất chiến lược, nâng cấp đồng bộ hạ tầng, cải tạo khu dân cư cũ và đảm bảo khả năng tiếp cận dịch vụ xã hội thiết yếu. Kinh nghiệm từ các mô hình thành công quốc tế như Medellín (Colombia), Thượng Hải (Trung Quốc), hay Dương Châu (Trung Quốc) cho thấy nâng cấp đô thị hiệu quả phải gắn với tái thiết cộng đồng: cải thiện cơ hội việc làm, tăng chất lượng không gian công cộng, tham gia của người dân và bảo đảm quyền cư trú ổn định.

Nếu được triển khai quy mô lớn, chương trình này sẽ góp phần giảm áp lực dân số đô thị trung tâm, hạn chế phát triển nhà ở tự phát vùng ven, cải thiện môi trường sống và nâng cao năng lực chống chịu trước thiên tai và biến đổi khí hậu. Đây là bước đi chiến lược giúp đô thị Việt Nam chuyển từ “tăng trưởng số lượng” sang “tăng trưởng chất lượng”.

9. KINH TẾ SÁNG TẠO VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ - ĐỘNG LỰC MỚI CHO ĐÔ THỊ VIỆT NAM

9.1 Khung phát triển đô thị dựa trên kinh tế tri thức (Bảng 4)

9.2. Kinh tế tri thức - động cơ tăng trưởng mới của đô thị Việt Nam

Đô thị Việt Nam đang bước vào giai đoạn phát triển mà tăng trưởng dựa trên mở rộng không gian và đầu tư hạ tầng không còn đủ sức tạo đột phá. Thay vào đó, mô hình kinh tế tri thức - dựa trên sáng tạo, công nghệ, đổi mới và văn hóa - sẽ quyết định năng lực cạnh tranh của các thành phố trong 20 năm tới.

Hà Nội và TP.HCM đang cho thấy hai hướng tiếp cận bổ trợ nhau. Hà Nội nổi bật với công nghiệp văn hóa, mạng lưới không gian sáng tạo và nguồn nhân lực tri thức lớn; riêng năm 2018, ngành văn hóa đã đóng góp hơn 1,49 tỷ USD vào GRDP và tiếp tục gia tăng. Trong khi đó, TP.HCM dẫn đầu cả nước về chuyển đổi số, fintech, thương mại điện tử, khởi nghiệp và đầu tư mạo hiểm.

Nếu được định hướng chiến lược, kinh tế sáng tạo và công nghệ sẽ tạo việc làm giá trị cao, hỗ trợ tái thiết đô thị theo hướng thông minh và nén, tăng năng suất lao động, thu hút đầu tư quốc tế và đồng thời làm giàu bản sắc văn hóa. Đây chính là “động cơ thứ hai” giúp đô thị Việt Nam phát triển bền vững - sau động cơ truyền thống dựa trên công nghiệp và bất động sản.

10. 6 TRỤ CỘT CHIẾN LƯỢC HƯỚNG TỚI MÔ HÌNH ĐÔ THỊ BỀN VỮNG Ở VIỆT NAM (ĐẾN NĂM 2030 TẦM NHÌN 2045)

Từ các phân tích và tài liệu, có thể định hình mô hình đô thị bền vững cho Việt Nam qua 6 trụ cột chiến lược:

10.1. Quy hoạch tích hợp và quản trị thông minh

Quy hoạch dựa trên hành động và ưu tiên; Khung kiểm

soát phát triển; Chính quyền đô thị linh hoạt, phân quyền mạnh; Điều phối vùng và chia sẻ dữ liệu.

10.2. Hạ tầng hiện đại và giao thông công cộng

Metro, BRT, hạ tầng xanh; Hành lang logistic - giao thông vùng; Hạ tầng số và dữ liệu đô thị.

10.3. Phát triển không gian xanh - mặt nước - chống chịu khí hậu

Hệ sinh thái sông hồ; Không gian xanh liên kết; Chống ngập - chống ô nhiễm

10.4. Nhà ở và nâng cấp đô thị bao trùm

Nhà ở xã hội - nhà ở công nhân; Nâng cấp khu dân cư hiện hữu; Chính trang di sản - bảo tồn văn hóa.

10.5. Năng lực địa phương và tài chính đô thị

Trái phiếu đô thị, PPP, thuế đất; Mô hình “quản trị kiến tạo”; Tự chủ tài chính - trách nhiệm giải trình.

10.6. Kinh tế sáng tạo - đổi mới - tri thức

Không gian sáng tạo; Công nghiệp văn hóa; Khởi nghiệp - công nghệ số.

Việt Nam đứng trước cơ hội lớn để kiến tạo các thành phố bền vững, bao trùm và thịnh vượng hơn. Với tốc độ đô thị hóa nhanh và cải cách mạnh mẽ, đất nước hoàn toàn có thể: Tạo ra các đô thị đáng sống hơn, nơi mỗi người dân hưởng lợi từ hạ tầng tốt, môi trường trong lành và dịch vụ hiệu quả; Tăng năng suất và cạnh tranh quốc gia, thông qua mô hình đô thị nén, kết nối vùng và kinh tế sáng tạo; Xây dựng bản sắc đô thị riêng, dựa trên di sản, văn hóa và sáng tạo - đặc biệt ở Hà Nội; Vận hành đô thị thông minh, nơi dữ liệu số và quản trị đa cấp hiệu quả trở thành nền tảng phát triển.

Chính vì thế, tương lai của đô thị Việt Nam phải là tương lai bền vững - bao trùm - hiện đại - nhân văn.

11. BÀI HỌC QUỐC TẾ CÓ THỂ ÁP DỤNG

Bài học 1: Mô hình “đô thị nén - giao thông công cộng - công nghiệp công nghệ cao” (Nhật Bản, Hàn Quốc)

Tokyo, Seoul và Yokohama thành công vì họ: Tập trung công nghiệp, trường đại học và khu dân cư quanh các tuyến metro; Ưu tiên đô thị nén để rút ngắn quãng đường đi lại; Giảm phụ thuộc xe cá nhân, giải phóng không gian đô thị; Thu hút doanh nghiệp công nghệ và hộ dân cư vào các “vùng lõi sản xuất - đổi mới”

Việt Nam có thể áp dụng: Hà Nội và TP.HCM đang phát triển metro - đây là cơ hội vàng để hình thành các hành lang phát triển công nghiệp - công nghệ - đô thị theo mô hình TOD.

Bài học 2: “Đô thị hóa dựa trên năng suất” (Trung Quốc)

Các thành phố như Thượng Hải, Thâm Quyển, Hàng Châu, Quảng Châu phát triển nhanh nhờ: Liên tục nâng cấp chuỗi giá trị công nghiệp; Đô thị hóa đi kèm hạ tầng xuyên khu công nghiệp - đô thị; Quy hoạch sử dụng đất linh hoạt: vừa mở rộng đô thị, vừa phát triển công nghệ cao; Tập trung vào “cụm công nghiệp - đổi mới sáng tạo - logistics - đô thị vệ tinh”.

Việt Nam có thể áp dụng: Gắn khu công nghệ cao Hòa

Bảng 3

Trục nội dung	Hiện trạng	Giải pháp ưu tiên	Hướng tiếp cận theo kinh nghiệm quốc tế
Nhà ở xã hội & công nhân	- Thiếu nguồn cung. - Giá cao vượt khả năng chi trả.	- Quy hoạch quỹ đất riêng cho nhà ở xã hội. - PPP phát triển nhà ở giá rẻ.	Mô hình Singapore – nhà ở công cộng chất lượng cao, vận hành bền vững.
Chung cư cũ & khu dân cư xuống cấp	- Nhiều khu nhà tập thể nguy hiểm. - Dân cư đông, thiếu dịch vụ.	- Cải tạo – tái thiết theo tiêu chuẩn xanh, an toàn. - Xã hội hóa hạ tầng đi kèm.	Medellín – nâng cấp gắn với giao thông công cộng và dịch vụ xã hội.
Hạ tầng đô thị	- Hạ tầng nước, vệ sinh, thoát nước, giao thông nhỏ hẹp. - Thiếu tiện ích.	- Nâng cấp hệ thống giao thông, chiếu sáng, thoát nước. - Tích hợp không gian công cộng.	Thượng Hải – tái thiết từng khu theo mô hình “đô thị đáng sống”.
An sinh & cộng đồng	- Bất bình đẳng không gian. - Môi trường sống kém an toàn.	- Bảo đảm quyền sử dụng đất ổn định. - Dịch vụ giáo dục – y tế tiếp cận dễ dàng.	Dương Châu – gìn giữ bản sắc văn hóa trong chỉnh trang khu dân cư.
Phát triển dài hạn	- Phát triển tự phát vùng ven. - Dễ tổn thương trước biến đổi khí hậu.	- Quản trị đô thị dựa trên dữ liệu. - Cơ chế tài chính linh hoạt, dài hạn.	Các mô hình “đô thị bao trùm” (inclusive cities).

Bảng 4

Trụ cột	Nội dung then chốt	Hà Nội	TP.HCM	Lợi ích kỳ vọng
Cụm sáng tạo	Các bán đảo sáng tạo, khu R&D, trung tâm thiết kế	Mạng lưới không gian sáng tạo, làng nghề nâng cấp theo mô hình CNVH	Trung tâm startup và đổi mới Thủ Đức	Tạo hệ sinh thái đổi mới mạnh mẽ
Không gian khởi nghiệp & đổi mới	Vườn ươm, trung tâm công nghệ, coworking	Đang mở rộng trong đô thị văn hóa	Dẫn đầu quốc gia về khởi nghiệp, fintech	Thu hút nhân tài và vốn đầu tư
Chuyển đổi số quản trị	Dịch vụ công số, dữ liệu mở, đô thị thông minh	Tăng trưởng nhưng phân tán	Đi đầu về chính quyền số, thí điểm mô hình mới	Quy hoạch và quản lý hiệu quả, minh bạch
Kinh tế văn hóa	Nội dung sáng tạo, nghệ thuật, di sản, du lịch	Công nghiệp văn hóa là thế mạnh (1,49 tỷ USD, 2018)	Phát triển song song dịch vụ – giải trí – thương mại	Tạo bản sắc, tăng sức hút đô thị, kích thích tiêu dùng

Lạc với các trung tâm đổi mới của Hà Nội; Kết nối TP Thủ Đức thành trung tâm AI - bán dẫn – start-up, giống mô hình Thâm Quyển thuở ban đầu.

Bài học 3: “Nâng cấp đô thị dựa vào cộng đồng” (Medellín, Colombia)

Từ một thành phố từng bị tội phạm hoành hành, Medellín đã hồi sinh nhờ: Nâng cấp khu dân cư nghèo bằng giao thông công cộng (cáp treo, đường bộ); Đầu tư không gian công cộng chất lượng cao; Phân cấp và để cộng đồng tham gia quy hoạch; Tích hợp phát triển kinh tế - xã hội - an ninh.

Việt Nam có thể áp dụng: Hà Nội có thể áp dụng mô hình này cho các khu dân cư cũ, đặc biệt tại Thanh Xuân, Đống Đa, Hai Bà Trưng; TP.HCM có thể áp dụng trong chỉnh trang kênh rạch, ven đô và các khu nhà trọ công nhân.

Bài học 4: “Hành lang kinh tế liên kết đa đô thị” (Hà Lan, Đức, Nhật Bản)

Các quốc gia này không phát triển từng thành phố đơn lẻ,

mà phát triển cụm đô thị vùng, kết nối bằng giao thông tốc độ cao và logistics: Randstad (Amsterdam - Rotterdam - The Hague - Utrecht); Vùng đô thị Ruhr ở Đức; Hành lang Tokyo - Yokohama - Chiba - Saitama.

Việt Nam có thể áp dụng: Vùng Thủ đô (Hà Nội - Hưng Yên - Bắc Ninh - Vĩnh Phúc - Hà Nam); Vùng TP.HCM (TP.HCM - Bình Dương - Đồng Nai - Long An - Bà Rịa Vũng Tàu)

Những cụm vùng này sẽ: Chia sẻ hạ tầng và logistics; Giảm áp lực dân số trung tâm; Thu hút đầu tư quy mô lớn; Phân bổ công nghiệp - đô thị hợp lý.

Bài học 5: “Kinh tế sáng tạo làm động cơ đô thị” (London, Seoul, Singapore)

Các thủ đô này đều đặt “công nghiệp sáng tạo và văn hóa” là trụ cột chiến lược của phát triển đô thị.

Việt Nam có thể áp dụng: Hà Nội trở thành Thủ đô sáng tạo của ASEAN, tận dụng di sản và môi trường học thuật; TP.HCM trở thành trung tâm khởi nghiệp - công nghệ - tài chính của Đông Nam Á.❖

Quy hoạch đô thị tích hợp để thích ứng với lũ lụt cực lớn



PGS.TS HOÀNG VĨNH HƯNG*

Thực trạng và xu hướng đô thị hoá nhanh ở các vùng đồng bằng cộng với tác động ngày càng phức tạp của biến đổi khí hậu sẽ làm tăng rủi ro do lũ lụt cực lớn đến các đô thị. Để tránh các thiệt hại khổng lồ đến con người và nền kinh tế các đô thị cũng như cả quốc gia, các đô thị, điểm dân cư nên được chuẩn bị cho kịch bản những trận lũ lụt cực lớn sẽ tái diễn rất sớm.

DẪN NHẬP

Trong những thập kỷ gần đây, rủi ro lũ lụt đô thị đang gia tăng trên phạm vi toàn cầu. Số người và tài sản bị ảnh hưởng bởi lũ lụt cũng tăng lên do các khu vực đô thị đã chiếm khoảng 55% dân số thế giới. Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu đang tạo ra nhiều thay đổi bất thường về lượng mưa, gây ra lũ lụt ngày càng thường xuyên. Những nơi có lượng mưa trung bình năm lớn, như ở châu Á và châu Phi, giờ đây sẽ gia tăng về cường độ và thay đổi về tần suất xuất hiện. Những trận mưa cực lớn, trước kia được phân loại theo chu kỳ lặp lại khoảng 100 - 200 năm, hiện nay xuất hiện với tần suất cao hơn: chỉ 20 - 40 năm đã xảy ra. Điều này có nghĩa là nhiều đô thị, nhất là các đô thị ở vùng mưa nhiều, sẽ phải chuẩn bị để đối phó với những trận lũ lụt cực lớn (catastrophic flood) trong tương lai gần.

LŨ LỤT CỰC LỚN VÀ SỰ GIA TĂNG VỀ TẦN SUẤT XUẤT HIỆN

Tháng 9/1999 các lưu vực sông ở miền Nam nước Đức và miền Tây nước Áo trải qua một sự kiện khí tượng hiếm gặp, đó là trận mưa với lượng mưa gần 200 mm trong 24 giờ gây ra lũ lụt lớn. Trận mưa này được phân loại theo chu kỳ lặp lại khoảng 100 - 150 năm. Tháng 8/2002 một trận lũ lụt rất lớn khác xảy ra ở Áo do hậu quả của trận mưa với lượng mưa trong 24 giờ là 312 mm, được phân loại có chu kỳ lặp lại khoảng 500 năm [4]. Tại Việt Nam, đêm 14/12/2022, TP Huế và TP Đà Nẵng trải qua một trận mưa có lượng mưa rất lớn

(500 - 600 mm) dẫn đến lũ lụt nghiêm trọng. Trận mưa này được đánh giá có chu kỳ lặp lại khoảng 100 năm. Tuy nhiên, từ ngày 16/10 đến ngày 09/12/2025, mưa lớn dài ngày gây lũ lụt nặng tại các tỉnh từ Quảng Trị đến Khánh Hòa. Trong đợt mưa này tại đỉnh Bạch Mã (TP Huế) ghi nhận lượng mưa kỷ lục trong 24 giờ là 1.739 mm. Lũ lụt rất lớn cũng đã xảy ra tại hầu hết các đô thị miền Trung như tại các phường của Nha Trang, Tuy Hòa, Phan Thiết (cũ)... , gây thiệt hại rất lớn về người và tài sản [3].

Nhận thức chung của nhiều người là trận mưa hay trận lũ được phân loại theo chu kỳ lặp lại 100 năm sẽ chỉ diễn ra 1 lần trong 100 năm; có nghĩa là hôm nay xảy ra thì sẽ không xảy ra trong 100 năm nữa. Đây một sự hiểu lầm về ý nghĩa của 'chu kỳ lặp lại 100 năm'. Sự hiểu lầm này có thể dẫn đến đánh mất ý chí, sự sẵn sàng ứng phó với các sự kiện thiên tai cực đoan trong tương lai. Mặc dù thuật ngữ 'chu kỳ lặp lại 100 năm' dễ bị hiểu nhầm nhưng hiện nay việc sử dụng thuật ngữ này đã quá phổ biến. Vì vậy, gần đây các nhà khí tượng khuyến là nên tránh sử dụng cụm từ này. Theo các nhà khí tượng, đây là một sự kiện thiên tai cực đoan có quy mô bằng hoặc vượt quá trung bình của sự kiện 100 năm 1 lần. Điều này có nghĩa là trong khoảng thời gian 1.000 năm sự kiện có 'chu kỳ lặp lại 100 năm' sẽ xảy ra bằng hoặc nhiều hơn 10 lần. Nhưng vài sự kiện trong số 10 lần đó có thể xảy ra trong vòng vài năm liên tiếp và sẽ không xảy ra trong một thời gian dài sau đó. Nói cách khác, sự kiện có 'chu kỳ lặp lại 100 năm' là sự kiện có 1% xác suất xảy ra trong một thời điểm nào đó bất kỳ [4]. Mặc dù xác suất 1% nghe có vẻ khá hiếm và khó xảy ra, nhưng thực tế nó phổ biến hơn chúng ta nghĩ.

^(*) Viện trưởng Viện Quy hoạch đô thị - nông thôn quốc gia, Bộ Xây dựng



Ngập lụt ở Huế tháng 10/2025.

Các trận mưa giống như các sự kiện có xác suất vượt mức 1% hàng năm này thường tạo ra các trận lũ lụt có mức nước ngập được gọi là “mực nước lũ lớn nhất” hoặc “mực nước lũ lịch sử”, vì chúng thường được sử dụng cho một loạt các ứng dụng quy hoạch phòng chống thiên tai, quy hoạch thủy lợi, quy hoạch đô thị - nông thôn và thiết kế hạ tầng kỹ thuật. Điều này đặt trên giả định rằng chúng ta đã xác định chính xác quy mô của sự kiện 1%. Nhưng thực tế không đơn giản như vậy. Trước hết, người ta sử dụng dữ liệu lịch sử để ước tính quy mô của sự kiện xảy ra trong 100 năm. Nhưng Việt Nam chỉ có khoảng 75 năm gần đây là có số liệu khí tượng, thủy văn. Vì vậy, chúng ta chưa biết chính xác “trường hợp xấu nhất” của sự kiện 1% trong 100 năm qua.

Thứ hai, ước tính ‘sự kiện có chu kỳ lặp lại 100 năm’ bằng cách sử dụng dữ liệu lịch sử theo giả định là các điều kiện cơ bản không thay đổi. Nhưng ở nhiều nơi, lượng mưa và dòng chảy đang thay đổi nhanh dẫn đến nguy cơ lũ lụt thay đổi theo. Hơn nữa, ngay cả khi không có thay đổi về lượng mưa, rủi ro lũ lụt có thể gia tăng do một loạt các yếu tố khác: sự thay đổi của thảm thực vật hoặc những thay đổi trong quản lý lưu vực sông, mức độ đô thị hóa trong khu vực lưu vực sông. Việc gia tăng rủi ro lũ lụt cũng có thể do các quyết định sai khi quy hoạch xác định vị trí các khu dân cư, khu đô thị trên vùng có thể ngập lụt. Điều này có nghĩa là một sự kiện ‘có chu kỳ lặp lại 100 năm’ đã được ước tính từ các số liệu trước đây, thì hiện nay mức độ rủi ro và tần suất xuất hiện sẽ tăng lên rất nhiều.

Nguyên nhân thứ ba ảnh hưởng đến tần suất xảy ra lũ lụt là biến đổi khí hậu. Các trận mưa đang trở nên cực đoan hơn

trên rất nhiều vùng trên thế giới và khắp Việt Nam. Việc trái đất đã ấm lên trung bình gần $1,5^{\circ}\text{C}$, có nghĩa là lượng mưa cường độ cao đã và sẽ tăng thêm hơn 10%. Mặc dù 10% nghe có vẻ không quá lớn, nhưng nếu một thành phố có hạ tầng được thiết kế để chống chọi với lượng mưa 100 mm/ngày và khi bị ảnh hưởng bởi trận mưa 110 mm thì sẽ có thêm một số lớn ngôi nhà bị ngập.

Không nên cho rằng những sự kiện như trận mưa ngày 14/10/2022 hay đợt mưa trong các tháng cuối năm 2025 vừa qua gây ra lũ lụt ở TP Huế và các đô thị miền Trung sẽ không xảy ra nữa trong 100 - 200 năm tới. Tốt nhất là các đô thị, điểm dân cư nên được chuẩn bị cho kịch bản những trận lũ lụt cực lớn như vậy sẽ tái diễn rất sớm.

THIỆT HẠI DO LŨ LỤT CỰC LỚN

Lũ lụt đô thị nói chung và lũ lụt cực lớn gây ra thiệt hại to lớn và lâu dài, bao gồm thiệt hại về con người, môi trường và kinh tế - xã hội. Những mất mát về con người, phá hủy nhà cửa, hạ tầng thiết yếu và cơ sở doanh nghiệp sẽ làm gián đoạn các hoạt động kinh tế trên diện rộng; gây ra các vấn đề sức khỏe lâu dài do ô nhiễm môi trường nghiêm trọng; việc phục hồi đòi hỏi đầu tư tài chính và thời gian khổng lồ. Các thiệt hại này có thể kéo lùi sự phát triển của một vùng lãnh thổ, một đô thị về quá khứ nhiều chục năm [1][4].

Tác động của lũ lụt cực lớn đến con người bao gồm: chết đuối, thương tích do mảnh vỡ và bệnh tật lâu dài. Rủi ro sức khỏe do nước và môi trường bị ô nhiễm và chấn thương tâm lý. Thiệt hại về tài sản và hạ tầng cũng rất lớn: Nhà cửa sụp đổ, đồ đạc và phương tiện giao thông bị phá hủy, hỏng hóc với

chi phí sửa chữa tốn kém. Cơ sở hạ tầng (đường sá, cầu cống, đường sắt và đường điện, đường nước, đường ống khí đốt) bị cuốn trôi. Hoạt động của nhiều doanh nghiệp bị gián đoạn, mất hàng trong kho có thể dẫn đến phá sản.

Chi phí kinh tế và xã hội: Thiệt hại tài chính, chi phí khổng lồ cho việc dọn dẹp, sửa chữa, xây dựng lại và trợ cấp cho người mất thu nhập. Sự gián đoạn hoạt động kinh tế - xã hội: Giao thông bị tắc nghẽn, thiếu tiếp cận các dịch vụ (bệnh viện, thực phẩm) và thời gian phục hồi kéo dài. Cộng đồng bị ảnh hưởng sẽ chịu tác động và khó khăn kéo dài. Hậu quả môi trường: Xói mòn và sạt lở đất, mất đất, hư hại lòng sông và sườn dốc không ổn định. Ô nhiễm từ nước thải, hóa chất, phù sa, đất đá, rác thải lắng đọng. Phá hủy môi trường sống, gây thiệt hại lâu dài cho hệ sinh thái, thực vật và động vật.

NGUYÊN NHÂN GIA TĂNG TÍNH DỄ BỊ TỔN THƯƠNG

Bên cạnh tác động của biến đổi khí hậu, các can thiệp của con người vào chu trình nước ở quy mô lưu vực cũng là nguyên nhân chính gia tăng rủi ro lũ lụt đô thị. Các can thiệp của con người rất đa dạng, bao gồm việc nắn chỉnh dòng sông, làm mất đi vùng ngập lũ có khả năng giữ nước; xây dựng các đập thủy điện nhưng thiếu phối hợp tham gia cắt lũ. Một nguyên nhân quan trọng khác là do đô thị hoá với sự gia tăng nhanh chóng của các khu định cư, khu đô thị và các công trình hạ tầng ở các khu vực dễ bị lũ lụt. Kết quả của những thay đổi tham vọng (đến liều lĩnh) trong quy hoạch đô thị này đã làm tăng diện tích bề mặt không thấm nước, làm mất đi nhiều diện tích chậm lũ, trữ lũ. Chính việc mở rộng các khu đô thị, khu định cư trên vùng đồng bằng ngập lũ trước đây và sự phát triển cơ sở hạ tầng đã làm tăng đáng kể tiềm năng thiệt hại, và đây có lẽ là lý do chính khiến thiệt hại do lũ lụt gia tăng ngày một nhanh ở nhiều đô thị [1][4].

TÍCH HỢP QUY HOẠCH ĐÔ THỊ VÀ QUẢN LÝ RỦI RO LŨ LỤT ĐỂ NÂNG CAO KHẢ NĂNG TỰ PHỤC HỒI

Quy hoạch đô thị là một hoạt động chuyên nghiệp đưa ra cách thức tổ chức không gian để đạt được nhiều mục tiêu, dựa trên một tập hợp các yếu tố - đặc điểm sinh thái và vật thể, đặc điểm kinh tế xã hội và cộng đồng, năng lực trình độ kỹ thuật của một khu vực lãnh thổ - để hình thành và hoàn thiện cấu trúc đô thị. Cấu trúc đô thị, ngược lại, sẽ ảnh hưởng đến các tác nhân xã hội, cấu trúc xã hội, phương thức tập hợp, huy động các nguồn lực cần thiết để tạo ra những chuyển đổi kinh tế - xã hội với các biểu hiện không gian.

Trong quy hoạch đô thị và quản lý rủi ro lũ lụt đô thị đương đại trên thế giới, có 3 cách tiếp cận khác nhau để nâng cao khả năng phục hồi (resilience) của đô thị: khả năng phục hồi kỹ thuật, khả năng phục hồi sinh thái tự nhiên và khả năng phục hồi sinh thái xã hội. Các cách tiếp cận về khả năng phục hồi kỹ thuật, sinh thái và sinh thái xã hội cung cấp các phương pháp tiếp cận khác biệt và quy định các vai trò khác nhau cho các nhà quy hoạch.

Cách tiếp cận về khả năng phục hồi kỹ thuật thúc đẩy các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nước như xây dựng đập và hệ thống thoát nước để giảm thiểu rủi ro lũ lụt. Tuy nhiên, các

phương pháp tiếp cận này đã bị chỉ trích vì gây hại cho hệ sinh thái sông ngòi và lưu vực sông và làm tăng nguy cơ lũ lụt trong dài hạn. Hơn nữa, vì các cơ sở hạ tầng này chỉ có thể chịu được mức độ lũ lụt mà chúng được chuẩn bị, chúng đặt các thành phố vào tình trạng chuẩn bị không đầy đủ do sự không chắc chắn về mức độ lượng mưa trong bối cảnh biến đổi khí hậu [1].

Ngược lại, khả năng phục hồi sinh thái đưa ra các biện pháp thích ứng để ngăn chặn sự mở rộng đô thị ở vùng đồng bằng ngập lũ và thậm chí loại bỏ cơ sở hạ tầng đô thị khỏi các địa điểm có nguy cơ lũ lụt, cho phép các khu vực này thực hiện các chức năng của vùng đồng bằng ngập lũ như vận chuyển và lưu trữ nước, bổ sung nước ngầm, lọc trầm tích và chất gây ô nhiễm, vận chuyển chất dinh dưỡng và duy trì môi trường sống cho động thực vật trên cạn và dưới nước [1].

Cách tiếp cận khả năng phục hồi sinh thái xã hội đề cao việc chuẩn bị và tăng năng lực thích ứng cho cộng đồng dân cư để cho phép phát triển thông qua sự tương tác có hệ thống và tích hợp giữa nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội và sinh thái. Công cụ hữu ích để xây dựng khả năng phục hồi trong các hệ thống sinh thái xã hội là xây dựng các kịch bản có cấu trúc và lập quy hoạch theo kịch bản. Cả chính quyền, người dân và doanh nghiệp cùng sử dụng các kịch bản này để hình dung ra tương lai và đưa ra các giải pháp khả thi khi quy hoạch đô thị. Do đó, khả năng phục hồi từ quan điểm sinh thái xã hội ủng hộ việc lập quy hoạch đô thị theo cách con người có thể thực hiện và hành động một cách hệ thống để đạt được các mục tiêu mong muốn, trong khi xem xét sự tương tác giữa các yếu tố xã hội và sinh thái [1].

Các nghiên cứu về quản lý rủi ro lũ lụt và xây dựng khả năng phục hồi thông qua công tác quy hoạch đô thị trên thế giới cho thấy việc quản lý nước mưa đô thị hiện nay nhấn mạnh vào việc kiểm soát nguồn, phân bổ trên lưu vực để giảm thiểu những thay đổi trong chu trình nước đô thị bằng cách đề xuất các giải pháp tích hợp. Tuy nhiên, môi trường kinh tế - xã hội, chính trị và khoa học mà trong đó các phương pháp tiếp cận tăng khả năng phục hồi lũ lụt đô thị được nghiên cứu và ứng dụng hiệu quả là ở các nước phát triển, nơi phương pháp tiếp cận được lồng ghép vào quy hoạch và quản lý đô thị với sự phân bổ các nguồn lực cho thích ứng. Điều này giúp định hình cấu trúc xã hội theo thời gian, phát triển một môi trường đô thị có khả năng chống chịu lũ lụt bằng cách xem xét các khía cạnh nhân khẩu học cũng như nhà ở, hạ tầng giao thông, thông tin liên lạc, y tế và các lĩnh vực hỗ trợ phúc lợi của cư dân tại các khu vực có nguy cơ lũ lụt, trái ngược với những gì xảy ra ở các đô thị tại các nước đang phát triển.

Vì vậy, định hướng giải pháp cho Việt Nam là phải làm rõ mối quan hệ và tìm kiếm sự kết hợp hợp lý của 3 cách tiếp cận nói trên khi lập quy hoạch đô thị. Quan điểm này nên được lựa chọn bởi vì các vùng đồng bằng ngập lũ đô thị hóa là các hệ thống sinh thái xã hội đô thị hoặc các hệ thống tự nhiên - con người, nơi khí hậu, xu hướng kinh tế - xã hội, hệ thống hạ tầng và nhà ở và các chu trình chuyển động của

nước trên hệ thống sông ngòi ảnh hưởng đến nguy cơ lũ lụt và thảm họa tiếp theo. Trong một hệ thống sinh thái xã hội, khả năng phục hồi trước lũ lụt đô thị bắt đầu từ cú sốc do sự kiện lũ lụt cực lớn gây ra, và tiếp tục thông qua công tác giảm thiểu tính dễ bị tổn thương; ứng phó khi lũ lụt xảy ra; phục hồi, học hỏi và thích ứng được hỗ trợ bởi một quá trình quy hoạch đô thị, dù ở cấp tỉnh hay cấp đô thị (phường, xã).

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

Từ bài học từ các thiệt hại do thiên tai, nhất là lũ lụt cực lớn xảy ra ở Việt Nam trong năm 2025, có thể đề xuất các giải pháp nâng cao khả năng phục hồi sau đây. Các giải pháp này có thể coi là một sự kết hợp hợp lý của ba cách tiếp cận khả năng phục hồi kỹ thuật, khả năng phục hồi sinh thái tự nhiên và khả năng phục hồi sinh thái xã hội:

1. Giảm đỉnh lũ bằng cách bảo tồn và khôi phục các vùng đồng bằng ngập lũ và khả năng giữ nước trong lưu vực sông. Việc này cũng bao gồm yêu cầu bảo tồn và mở rộng các mặt cắt ngang đủ rộng cho dòng chảy, nhất là ở các con sông lớn (như sông Hồng, sông Cửu Long, sông Đồng Nai, sông Mã, sông Cầu).

2. Giảm thiểu thiệt hại tiềm tàng (giảm tính dễ bị tổn thương) bằng cách sử dụng phương pháp tiêu chuẩn hóa để phân định các khu vực ngập lụt cho một chu kỳ lặp lại nhất định dựa trên dữ liệu lượng mưa, địa hình, dân số, sử dụng đất đáng tin cậy và cập nhật. Việc đề xuất phương án quy hoạch sử dụng đất cho tương lai phải căn cứ vào bản đồ rủi ro lũ lụt và kiểm soát việc thực hiện quy hoạch một cách nghiêm túc.

3. Sử dụng bản đồ ngập lụt và mô hình hoá sự lan truyền của nước lũ ở vùng đồng bằng ngập lũ trước đây để đưa ra giải pháp tăng hiệu quả thoát nước cho khu vực bị ngập lụt trong giai đoạn lập quy hoạch đô thị và nông thôn. Đồng thời, cần áp đặt các hạn chế đối với việc phát triển dự án khu đô thị, khu định cư ở các khu vực dễ bị tổn thương (dễ bị ngập lụt).

4. Tăng cường phối hợp hiệu quả vận hành các đập thủy điện để tham gia cắt lũ. Xây dựng cơ sở dữ liệu tin cậy (đúng, đủ, sạch, sống) về lịch sử lượng mưa và lũ lụt, sử dụng đất, hạ tầng, dân cư để mô hình hóa được việc ngập lụt ở lưu vực một cách chính xác, đáng tin cậy hơn. Hình thành hệ thống xả lũ tích hợp để tránh sự sụp đổ của các cấu trúc bảo vệ đơn lẻ ngay cả khi hệ thống bị quá tải. Biện pháp này có thể giảm thiểu ngay các rủi ro cho những cư dân sống phía sau, phía dưới các đập thủy điện.

5. Khi xây dựng đường giao thông Bắc - Nam qua khu vực miền Trung, cần dành những khoảng trống có mặt cắt ngang đủ rộng cho việc thoát lũ.

6. Củng cố, cải thiện, nâng cao hiệu quả hệ thống dự báo, cảnh báo sớm ở cấp trung ương, cấp tỉnh, bao gồm cả việc thiết lập các kênh thông tin và liên lạc thông suốt ở mọi thời điểm. Xây dựng kế hoạch và năng lực ứng phó khẩn cấp ở cấp phường xã.

7. Thiếu sót dễ nhận thấy vừa qua là sự bị động của người dân do thiếu sự tham gia của cộng đồng vào công tác quy

Nhận thức chung của nhiều người là trận mưa được phân loại theo chu kỳ lặp lại 100 năm sẽ chỉ diễn ra 1 lần trong 100 năm; có nghĩa là hôm nay xảy ra thì sẽ không xảy ra trong 100 năm nữa. Đây một sự hiểu lầm về ý nghĩa của 'chu kỳ lặp lại 100 năm'. Sự hiểu lầm này có thể dẫn đến đánh mất ý chí, sự sẵn sàng ứng phó với các sự kiện thiên tai cực đoan trong tương lai.

hoạch, quản lý rủi ro lũ lụt tích hợp. Các giải pháp quy hoạch, các kế hoạch ứng phó, kế hoạch sơ tán khẩn cấp cần được thông báo trước cho người dân. Do đó, cần nâng cao hiệu quả sự tham gia của cộng đồng vào quá trình ra quyết định quy hoạch.

8. Nghiên cứu, đưa ra thêm các hình thức bảo hiểm thiên tai đa dạng hơn từ các công ty tư nhân, các doanh nghiệp nhà nước để cung cấp thêm hình thức bảo hiểm cho nhà cửa, tài sản, phương tiện sản xuất kinh doanh của người dân và doanh nghiệp.

KẾT LUẬN

Thực trạng và xu hướng đô thị hoá nhanh ở các vùng đồng bằng cộng với tác động ngày càng phức tạp của biến đổi khí hậu sẽ làm tăng rủi ro do lũ lụt cực lớn đến các đô thị. Để tránh các thiệt hại khổng lồ đến con người và nền kinh tế các đô thị cũng như cả quốc gia, các đô thị, điểm dân cư nên được chuẩn bị cho kịch bản những trận lũ lụt cực lớn sẽ tái diễn rất sớm.

Với mục tiêu chính là giảm thiểu tính dễ tổn thương và tăng khả năng tự phục hồi của đô thị, bài báo này đề xuất các giải pháp tích hợp quy hoạch đô thị - nông thôn với quản lý rủi ro lũ lụt. Đây là các giải pháp tạo được sự cân bằng hợp lý của 3 cách tiếp cận khác nhau để nâng cao khả năng phục hồi (resilience) của đô thị.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Liao K. A theory on urban resilience to floods-a basis for alternative planning practices. Ecol Soc 2012;17(4):48. <https://doi.org/10.5751/ES-05231-170448>.
2. Vinh-Hung Hoang, Rajib Shaw, Masami Kobayashi, 2010. Flood risk management for the riverside urban areas of Hanoi: The need for synergy in urban development and risk management policies. Disaster Prevention and Management An International Journal 19(1):103-118.
3. Tuyển tập các bài báo, tin tức của VTV1, Đài Tiếng nói Việt Nam, các báo điện tử VNExpress, VietNamNet, Thanh Niên, Tuổi Trẻ về thiên tai trong năm 2022, 2024, 2025.
4. Wamsler C, Brink E. (2014). Planning for climatic extremes and variability: a review of municipalities' Adaptation Responses. Sustainability. 2014, 6, 1359-1385; Doi: 10.3390/su6031359.

Lãnh thổ thông minh trong quy hoạch tích hợp và quản trị lưu vực sông Ba dưới tác động biến đổi khí hậu



PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG*

TÓM TẮT

Miền Trung Việt Nam đang chịu tác động ngày càng nghiêm trọng của bão và mưa cực đoan; dưới ảnh hưởng biến đổi khí hậu, lũ quét, lũ ống và ngập sâu, kéo dài có xu hướng gia tăng. Trong bối cảnh đó, lưu vực sông Ba giữ vai trò quan trọng đối với phát triển kinh tế - xã hội của Đắk Lắk, còn vùng hạ lưu là trọng điểm nông nghiệp, đô thị, giao thông và sinh thái.

Cùng với đô thị hóa ven sông, phát triển giao thông, đề kè và chuỗi công trình thủy điện - thủy lợi, chế độ lũ sông Ba ngày càng phản ánh tác động tổng hợp của quy hoạch, sử dụng đất, quản lý nước và vận hành công trình ở quy mô lưu vực. Trong bài viết, khái niệm "lãnh thổ thông minh" được hiểu là mô hình tổ chức không gian và quản trị lưu vực sông (LVS) dựa trên dữ liệu; "quy hoạch tích hợp" là lồng ghép đất đai, đô thị và nông thôn, giao thông, tài nguyên nước và phòng chống thiên tai trong một khung quy hoạch theo lưu vực. Trên nền đó, quản trị LVS thông minh kết hợp quy hoạch tích hợp với IoT, GIS, Digital Twin để hỗ trợ vận hành liên hồ theo dự báo, giảm rủi ro lũ cho hạ du.

Bài viết phân tích lịch sử lũ, các khoảng trống thể chế và kinh nghiệm quốc tế về LVS có hệ thống hồ bậc thang, từ đó đề xuất khung quản trị LVS thông minh cho hạ lưu sông Ba, nhằm chuyển từ ứng phó bị động sang kiểm soát lũ chủ động.

Từ khóa: Lãnh thổ thông minh; Quản trị lưu vực sông; Quy hoạch tích hợp; Hành lang thoát lũ; Thủy điện bậc thang; Rủi ro lũ lụt; Biến đổi khí hậu.

() PGD Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng (Bộ Xây dựng)*

1. LỊCH SỬ BIẾN ĐỘNG LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG BA TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

1.1. Đặc điểm tự nhiên và mức độ dễ tổn thương

Miền Trung Việt Nam có địa hình hẹp ngang, sườn núi dốc, sông ngắn và mưa tập trung theo mùa, thường xuyên chịu tác động trực tiếp của bão, áp thấp nhiệt đới; vì vậy nguy cơ lũ quét, lũ ống ở thượng lưu kèm ngập sâu, ngập kéo dài ở vùng châu thổ hạ du luôn thường trực. Lưu vực sông Ba trải dài từ Tây Nguyên xuống đồng bằng Tuy Hòa, chịu ảnh hưởng khí hậu Đông - Tây Trường Sơn, là LVS lớn nhất miền Trung, vừa bảo đảm an ninh nước vừa là trục sinh thái quan trọng; khu vực hạ lưu và vùng phụ cận (sông Bàn Thạch...) tập trung đô thị, dân cư, vùng trồng lúa và hoa màu, nuôi trồng thủy sản cùng các trục giao thông cao tốc - liên tỉnh, cảng biển và khu công nghiệp.

Trong bối cảnh BĐKH làm ấm lên bề mặt các đại dương, nhiều nghiên cứu ghi nhận xu hướng gia tăng các trận mưa cực đoan và mưa kéo dài ở Nam Trung Bộ; đồng thời, sự biến động về quỹ đạo và cường độ bão cũng có thể làm gia tăng rủi ro mưa lũ. Các đợt lũ lớn các năm 1993, 2002, 2009, 2020, 2021, 2022 và đặc biệt là năm 2025 cho thấy diễn biến ngày càng bất thường và khó dự báo. Bên cạnh đó, việc chuyển đổi đất ven sông, suy giảm rừng đầu nguồn, quá trình đô thị hóa - công nghiệp hóa, phát triển hạ tầng giao thông, mở rộng hệ thống đề kè và chuỗi hồ chứa thủy điện - thủy lợi bậc thang đã làm biến đổi chế độ dòng chảy, thu hẹp không gian thoát lũ và gia tăng rủi ro đối với các cộng đồng hạ du - theo ông Lê Văn Thứng, Chủ tịch Hội Bảo vệ Thiên nhiên và Môi trường Phú Yên. (Hình 1a,b)

Do vậy, quản lý lũ cần được đặt trong khung quản trị LVS và quản trị lãnh thổ, nơi quy hoạch, sử dụng đất - quản lý nước, quản lý tài nguyên nước, phát triển hạ tầng và vận hành công trình cùng quyết định mức độ rủi ro của mỗi trận lũ.



Hình 1a: Nước lũ từ thượng nguồn sông Ba đổ về các ngày 19 đến 21-11-2025.



Hình 1b: Lũ khoét thủng vào bờ sông Ba rộng 100m, dài 1,5km (11/2025).



Hình 2.a: Xây dựng đập Đồng Cam trên sông Ba vào cuối thập niên 1920.



Hình 2.b: "Hệ thống công trình công cộng Đông Dương", A.A.Pouyanne 1926.

1.2. Hình thành hệ thống công trình thủy lợi - thủy điện trên sông Ba

Từ cuối thế kỷ 19, người Pháp đã tiến hành khảo sát khả năng phát triển thủy nông trên sông Ba; đập Đồng Cam được khởi công năm 1923 và hoàn thành năm 1932. Công trình này đã trở thành một trong những đập tràn thủy nông tiêu biểu ở Đông Dương, mở rộng đáng kể diện tích tưới cho đồng bằng Tuy Hòa và góp phần định hình không gian nông nghiệp, cư trú ở hạ lưu sông Ba.

Các tư liệu nghiên cứu thời Pháp (A.A. Pouyanne, 1926) cho thấy bài toán thủy nông trên sông Ba và yêu cầu bảo đảm an toàn tuyến đường sắt Bắc - Nam đã được đặt trong mối liên hệ chặt chẽ với địa hình, địa chất, thủy văn và rừng đầu nguồn. Các chỉ dẫn kỹ thuật thời kỳ này nhấn mạnh việc lựa chọn vị trí đập phù hợp, xác định cao độ và giải pháp công trình bảo đảm xả - thoát lũ an toàn, hạn chế bồi lắng, duy trì vai trò của rừng và hành lang thoát lũ, đồng thời cảnh báo nguy cơ phá vỡ cân bằng tự nhiên nếu phát triển thiếu kiểm soát môi trường. Có thể thấy tư duy tiếp cận theo hướng "quản trị lưu vực sông" đã manh nha từ đầu thế kỷ 20, dù công cụ thể chế và kỹ thuật khi đó còn rất hạn chế. (Hình 2a,b)

Hiện nay, lưu vực sông Ba đã hình thành hệ thống hồ chứa thủy lợi - thủy điện bậc thang (An Khê - Ka Nak, Ayun Hạ, Đăk Srông, Krông H'nh, Sông Hinh, Sông Ba Hạ...), tạo chuỗi điều tiết trên trục chính và một số phụ lưu. Về lý thuyết, hệ thống này có thể cắt giảm đỉnh lũ, điều hòa quá trình truyền lũ và bổ sung dòng chảy mùa kiệt; tuy nhiên, nếu quy trình vận hành không được cập nhật theo bối cảnh BĐKH, không gắn với dự báo mưa - dòng chảy và thiếu cơ chế điều phối thống nhất, rủi ro lũ cho vùng hạ du có thể gia tăng.

1.3. Các trận lũ lớn và xu thế biến đổi

Tài liệu lịch sử địa phương ghi nhận trận lũ năm Giáp Tý 1924 ở Phú Yên là một trong những đợt lũ lớn nhất nửa đầu thế kỷ 20. Về mặt thủy văn, năm 1993 thường được chọn làm "mốc chuẩn" do có hệ thống số liệu tương đối đầy đủ để so sánh với các trận lũ về sau. Theo Báo Phú Yên, các trận lũ lớn năm 1993, 2002, 2009, 2013, 2021, 2022 và đặc biệt là trận lũ lịch sử tháng 11/2025 cho thấy tần suất xuất hiện lũ lớn có xu hướng gia tăng, phạm vi ngập mở rộng và thiệt hại về người, tài sản, hạ tầng ngày càng nghiêm trọng.

Trong giai đoạn 1953-1975, khi hệ thống công trình còn ít, dân cư ven sông và trong đô thị còn thưa, thiệt hại do lũ chủ yếu

gắn với các yếu tố tự nhiên. Từ 1975–2000, việc mở rộng sản xuất nông nghiệp, khai thác rừng, phát triển đô thị Tuy Hòa và lấn dần vào hành lang thoát lũ đã làm hiệu ứng lũ gia tăng rõ rệt. Theo TS. Lê Đức Thường, từ sau năm 2000, cùng với sự xuất hiện chuỗi thủy điện bậc thang An Khê–Ka Nak, Sông Hinh, Sông Ba Hạ, Krông H’ năng..., quá trình bê tông hóa nhanh và suy giảm diện tích bề mặt thấm nước, cộng hưởng với biến đổi khí hậu làm tăng tần suất mưa cực đoan, đã dẫn tới cơ chế lũ phức tạp hơn với hiện tượng lũ lên nhanh, lũ chống lũ, ngập sâu kéo dài, lũ quét và sạt lở diễn biến ngày càng khó dự báo. (Hình 3a,b)

Nhìn lại toàn bộ quá trình cho thấy một xu thế dịch chuyển rõ rệt: từ trạng thái “lũ chủ yếu do tự nhiên chi phối” sang “lũ chịu tác động ngày càng mạnh của hoạt động phát triển”. Cấu trúc sử dụng đất, mật độ dân cư - đô thị hóa và cách thức vận hành hệ thống hồ chứa ngày càng trở thành những yếu tố quyết định mức độ rủi ro trên hạ lưu sông Ba.

2. KHOẢNG TRỐNG THỂ CHẾ VÀ QUẢN TRỊ LƯU VỰC SÔNG

2.1. Khoảng trống pháp lý về hành lang thoát lũ và quy hoạch lưu vực sông

Hệ thống pháp luật hiện hành gồm Luật Phòng, chống thiên tai (2013); Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng, chống thiên tai và Luật Đê điều (2020); Luật Tài nguyên nước (2012 và 2023); Luật Quy hoạch (2017); Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn (2024) đều có đề cập đến bảo vệ không gian thoát lũ, song các quy định vẫn còn thiếu ràng buộc thực thi ở quy mô lưu vực sông.

Luật Đê điều (Điều 26, 27) chủ yếu áp dụng cho các sông có đê, trong khi sông Ba hầu như không có đê nên hành lang thoát lũ chưa được luật hóa rõ ràng. Luật Phòng, chống thiên tai và Luật Tài nguyên nước 2023 (Điều 14, 18) về quy hoạch tổng hợp lưu vực sông liên tỉnh, đã đặt ra yêu cầu khoanh vùng nguy cơ, xác định hành lang thoát lũ trong quy hoạch thủy lợi - tài nguyên nước, nhưng chưa quy định việc gắn kết bắt buộc với quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch đô thị và nông thôn. Đồng thời, vận hành liên hồ chứa hiện do Bộ Công Thương quyết định (theo QĐ số 360/QĐ-BCT ngày 03/02/2021) với vai trò bảo đảm an ninh năng lượng, thay vì do Bộ TN&MT (nay là Bộ NN&MT) - cơ quan quản lý cơ sở dữ liệu khí tượng thủy văn và tài nguyên nước, chủ trì điều phối.

Luật Quy hoạch (2017) mới dừng ở nguyên tắc chung về “tích hợp quy hoạch và sử dụng tài nguyên”, trong khi Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn (2024) cũng mới dừng ở các nguyên tắc “phát triển xanh, bền vững, thích ứng BĐKH” (Điều 6), mà chưa coi hành lang thoát lũ là một nội dung phải khoanh định, bảo vệ bắt buộc. Điều này tiềm ẩn nguy cơ thu hẹp không gian thoát lũ và gia tăng rủi ro ngập lụt, đặc biệt tại các đô thị miền Trung và trên lưu vực sông Ba.

Những khoảng trống trên cho thấy cần sớm rà soát, điều chỉnh cơ chế và tăng cường thẩm quyền điều phối theo lưu vực sông, theo hướng có đủ năng lực và quyền hạn ở cả cấp trung ương và địa phương, đồng thời quy định bắt buộc việc lồng ghép, khoanh định và bảo vệ hành lang thoát lũ trong hệ thống quy hoạch không gian.



Hình 3.a. Bản đồ lưu vực sông Ba và mạng lưới sông suối chính.

Ghi chú: Bản đồ thể hiện ranh giới lưu vực, cấu trúc thủy hệ và phân bố các điểm dân cư trong không gian lưu vực, làm cơ sở cho phân tích rủi ro lũ và quản trị lưu vực thông minh.



Hình 3.b. Sơ đồ liên hồ chứa trên lưu vực sông Ba (tỉnh Dak Lak).

Ghi chú: Lũ hạ lưu sông Ba là kết quả vận hành liên hồ, nên cần quản trị lưu vực thông minh: phối hợp đa cấp, chia sẻ dữ liệu gần thời gian thực, mô phỏng GIS/IoT/Digital Twin và rõ trách nhiệm chủ hồ - hạ du.

2.2. Hạn chế trong quy trình vận hành liên hồ và điều phối lưu vực sông

Về vận hành hồ chứa, lưu vực sông Ba đã có Quy trình vận hành liên hồ do Thủ tướng Chính phủ ban hành theo Quyết định số 878/QĐ-TTg năm 2018, quy định chế độ vận hành mùa lũ và mùa kiệt cho các hồ An Khê - Ka Nak, Sông Hinh, Sông Ba Hạ và Krông H' năng. Tuy nhiên, quy trình hiện hành vẫn sử dụng các dải lưu lượng xả tương đối rộng (ví dụ 0 - 5.000 m³/s), tạo ra không gian diễn giải lớn và khó kiểm soát tác động cụ thể tới hạ du. Trên thực tế, một số nhà máy thủy điện vẫn dựa nhiều vào các quy tắc vận hành truyền thống được xây dựng từ dữ liệu khí hậu quá khứ, chưa cập nhật đầy đủ theo bối cảnh BĐKH và chưa gắn với dự báo thời tiết - thủy văn theo thời gian thực.

Bên cạnh đó, Việt Nam hiện chưa có một cơ quan điều phối LVS đủ thẩm quyền tương tự các “ủy ban lưu vực sông” mạnh ở một số quốc gia. Việc vận hành hồ vẫn chủ yếu dựa trên quyết định của Trưởng ban Chỉ huy phòng, chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn cấp tỉnh với thành phần liên ngành trong tỉnh, thiếu sự tham gia của các tỉnh có lưu vực liên kế và cơ quan trung ương. Hiện cũng chưa có một đầu mối điều hành thống nhất, có quyền ra quyết định vận hành liên hồ và chịu trách nhiệm tổng thể về an ninh nước, an toàn lũ hạ du trên cơ sở sử dụng đầy đủ các công cụ khoa học như mô hình toán, bản đồ ngập lũ... (Hình 4a,b)

Ngay từ đầu thế kỷ XX, khi xây dựng tuyến đường sắt qua Phú Yên, người Pháp đã tính toán cao trình nền và mặt cầu dựa trên các mực nước lũ lịch sử nhằm bảo đảm an toàn trong mùa mưa lũ. Tuy nhiên, trận lũ tháng 11/2025 đã vượt các ngưỡng này từ khoảng 0,5 đến hơn 1 m trên cả ba lưu vực chính của tỉnh Phú Yên cũ; tại cầu đường sắt Cây Cam, mực nước dâng gần sát mặt cầu,

cao hơn đỉnh lũ năm 2021 khoảng 1,5 m (Hình 4a và 4b). Đây là chỉ dấu rõ ràng cho thấy cần cập nhật cả tiêu chuẩn thiết kế hạ tầng lẫn mô hình quản trị rủi ro lũ theo các kịch bản cực đoan trong bối cảnh biến đổi khí hậu.



Hình 4a, 4b. Cầu đường sắt Cây Cam (xã An Định, Tuy An) năm 2021 và 2025.

3. BÀI HỌC QUỐC TẾ CHO QUẢN TRỊ LƯU VỰC SÔNG CÓ HỒ CHỨA BẠC THANG

3.1. Trung Quốc: Quy hoạch phòng lũ lưu vực sông và điều hành tập trung

Tại Trung Quốc, Luật Phòng, chống lũ (2016) coi quy hoạch phòng lũ lưu vực là nền tảng pháp lý bắt buộc, phải được lập và phê duyệt trước khi xem xét các dự án phát triển trong lưu vực (Điều 10 - 17). Công tác quản lý lũ được tổ chức theo mô hình quản trị lưu vực, trong đó Ủy ban Quản lý lưu vực (Điều 8) có quyền điều phối thực chất: lập quy hoạch phòng lũ, giám sát thực thi, chỉ huy vận hành hồ chứa và điều tiết dòng chảy trong mùa lũ. (Hình 5a,b)

Luật quy định tuyệt đối tuân thủ “mức nước giới hạn phòng lũ”; các hồ chứa lớn như đập Tam Hiệp buộc phải hạ xuống mức 145 m trong mùa lũ, thấp hơn 30 m so với mức nước dâng bình thường 175 m. Mọi hành vi tích nước vượt ngưỡng, vận hành trái quy trình hoặc trái mệnh lệnh phòng lũ đều có thể bị xử lý hành chính hoặc hình sự nếu gây hậu quả nghiêm trọng (Điều 44, 53 - 64). Đồng thời, hành lang thoát lũ, vùng chứa lũ và vùng dự trữ lũ được luật hóa chặt chẽ, cấm lấn chiếm, san lấp hoặc xây dựng cản lũ (Điều 22 - 23). Mô hình này hình thành một chuỗi kiểm soát lũ thống nhất: quy hoạch lưu vực → xác lập hành lang thoát lũ → vận hành hồ theo lệnh bắt buộc → chế tài mạnh nếu vi phạm.

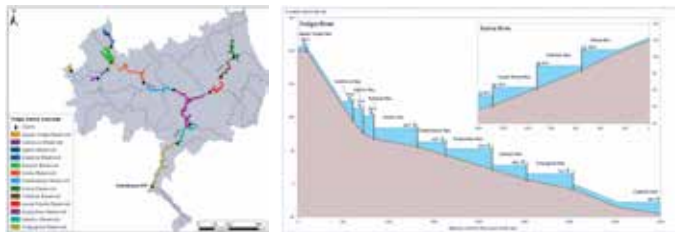
3.2. Nga: Điều phối liên hồ Volga - Kama (VKC) bằng lệnh vận hành cụ thể

Ở Nga, khung pháp lý kiểm soát lũ được xây dựng trên cơ sở Bộ luật Nước năm 2006 và các “Quy tắc sử dụng tài nguyên nước hồ chứa” ban hành riêng cho từng hệ thống. Các quy tắc này quy định rõ mục tiêu phát điện, giao thông, cấp nước và cất lũ của Volga-Kama Cascade (VKC), chuỗi hồ chứa lớn nhất châu Âu. Trên lưu vực sông Volga, VKC gồm 11 hồ dọc trục Volga - Kama, được vận hành theo phân bậc mức nước từ thượng nguồn xuống biển Caspi dưới sự điều phối thống nhất của Cục Tài nguyên nước Liên bang (Rosvodresursy).

Trong các chỉ thị vận hành, lưu lượng xả và mức nước thường được ấn định bằng các giá trị cụ thể với biên độ hẹp; chẳng hạn, chỉ thị ngày 11/7/2024 quy định hồ Kuibyshev xả với lưu lượng trung bình ngày $6.000 \pm 200 \text{ m}^3/\text{s}$, thay cho dải 5.500 - 6.000 m^3/s trước đó, kèm lộ trình hạ mức nước khoảng 1 - 1,5 cm/ngày trong giai đoạn nắng nóng, nhu cầu điện tăng cao. Mô hình này cho



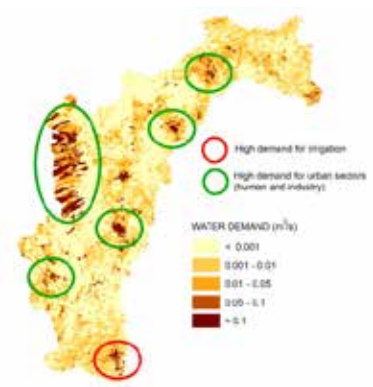
Hình 5a, 5b: Đập Tam Hiệp và hệ thống hồ chứa trên sông Tam Giang
Ghi chú: Đập Tam Hiệp là hệ thống điều tiết đa chức năng, dài 2.309 m, cao 185 m, với khả năng chịu được lũ 70.000 m^3/s .



Hình 6a, 6b: Cấu trúc và cơ chế điều tiết của hệ thống hồ chứa bậc thang VKC.



Hình 7.a Vùng lưu vực sông São Francisco và dòng chảy nước.



Hình 7.b. Phân bố nhu cầu nước theo nhu cầu nông nghiệp, đô thị tại lưu vực sông São Francisco (2018).

thấy sự gắn kết chặt chẽ giữa quy hoạch sử dụng nước, quy tắc vận hành bậc thang và lệnh xả lũ cụ thể theo từng giai đoạn, qua đó thu hẹp tối đa không gian “diễn giải” của từng chủ hồ và nâng cao khả năng kiểm soát lũ trên toàn lưu vực. (Hình 6a,b)

3.3. Brazil: Quản trị tài nguyên nước gắn với vận hành thủy điện

Ở Brazil, hệ thống điện quốc gia phụ thuộc lớn vào thủy điện, với nhiều hồ chứa bậc thang được vận hành chung trong hệ thống điện quốc gia. Khung quản lý dựa trên Luật Tài nguyên nước 9.433/1997, coi lưu vực sông là đơn vị quản lý, nước là tài sản công có giá trị kinh tế và mọi cấp phép cho thủy điện phải phù hợp quy hoạch tài nguyên nước. (Hình 7a,b)

Cục Nước quốc gia (ANA) cấp “giấy phép sử dụng nước” (DRDH) cho từng hồ, quy định dung lượng khai thác và điều kiện vận hành; Trung tâm Điều độ Hệ thống điện quốc gia (ONS) xây

Bảng 1: Sáu nguyên tắc cốt lõi quản trị nước của OECD áp dụng cho LVS Ba

STT	NGUYÊN TẮC OECD	NỘI DUNG CHÍNH	ÁP DỤNG CHO LƯU VỰC SÔNG BA
1	Phối hợp liên ngành / liên cấp (Principle 3)	Gắn kết chính sách nước với đất đai, năng lượng, nông nghiệp, đô thị, khí hậu.	Tích hợp quản lý lũ với quy hoạch sử dụng đất, phát triển thủy điện, đô thị hóa vùng hạ du và chiến lược ĐCKH.
2	Quản trị đa cấp (Principle 4)	Phối hợp giữa trung ương - tỉnh - địa phương - lưu vực, phân định rõ thẩm quyền.	Thiết lập cơ chế điều phối thống nhất giữa bộ ngành, các tỉnh trong lưu vực và chủ hồ chứa khi dự báo, xả lũ.
3	Dữ liệu & thông tin (Principle 6)	Dữ liệu nước phải đầy đủ, tin cậy, minh bạch, dễ chia sẻ.	Công khai theo thời gian thực các số liệu mưa, mực nước, quy trình xả lũ qua hệ thống GIS, IoT, CSDL dùng chung.
4	Đổi mới & học hỏi (Principle 8)	Khuyến khích công nghệ mới, mô hình quản trị mới, đánh giá - điều chỉnh thường xuyên.	Thử nghiệm và nhân rộng mô hình lãnh thổ thông minh, Digital Twin cho sông Ba; cập nhật quy trình vận hành liên hồ theo kết quả mô phỏng.
5	Tham gia của các bên liên quan (Principle 10)	Đảm bảo người dân, DN, tổ chức xã hội được tham gia thực chất.	Lồng ghép cộng đồng hạ du vào quy trình cảnh báo, lập phương án sơ tán, góp ý quy hoạch vùng ngập lụt.
6	Trách nhiệm giải trình (Principle 12)	Làm rõ trách nhiệm từng chủ thể, có cơ chế giám sát và xử lý khi sai phạm.	Quy định rõ trách nhiệm chủ hồ, cơ quan quản lý khi xả lũ gây thiệt hại; thiết lập cơ chế kiểm toán vận hành và bồi thường minh bạch.

dụng, cập nhật quy tắc vận hành liên hồ, tối ưu phát điện nhưng vẫn tuân thủ thứ tự ưu tiên nước (sinh hoạt - tưới - môi trường - điện). Trong các đợt hạn hán nghiêm trọng (như 2014 - 2015 trên lưu vực Paraíba do Sul và São Francisco), ANA và ONS buộc phải giảm phát điện, điều chỉnh quy tắc vận hành, ưu tiên nước cho đô thị và duy trì dòng chảy môi trường, cho thấy thủy điện bị ràng buộc trong khuôn khổ quy hoạch và điều hành tài nguyên nước, chứ không được tự quyết trên toàn bộ dòng chảy.

3.4. Khung Quản trị nước của OECD

Các nghiên cứu của OECD cung cấp một khung quan trọng cho quản lý lũ thích ứng ĐCKH, dựa trên 12 Nguyên tắc Quản trị nước và bộ Checklist tự đánh giá dành cho chính quyền trung ương, địa phương và cơ quan quản lý lưu vực sông. Từ 27 nghiên cứu điển hình trên nhiều quốc gia, OECD chỉ ra các thách thức phổ biến trong quản trị rủi ro lũ: phân mảnh thể chế, thiếu phối hợp giữa chính sách nước - đất - khí hậu, chồng chéo thẩm quyền, thiếu dữ liệu và nguồn lực tài chính, cùng hạn chế trong việc tham vấn và bảo vệ các nhóm dễ tổn thương. (Bảng 1)

OECD khuyến nghị thúc đẩy quản trị đa cấp, tăng cường điều phối liên ngành, chia sẻ dữ liệu mở, đa dạng hóa nguồn lực và mở rộng tham gia của cộng đồng. Báo cáo nhấn mạnh việc kết hợp hài hòa giữa giải pháp “xám” (đê, đập, hồ chứa, thoát nước) và giải pháp “xanh” dựa vào thiên nhiên; đồng thời dịch chuyển từ ứng phó khẩn cấp sang giảm nhẹ rủi ro và chuẩn bị chủ động theo hướng dài hạn, dựa trên đánh giá chi phí - lợi ích toàn diện.

4. ĐỊNH HÌNH LÃNH THỔ THÔNG MINH CHO HẠ LƯU SÔNG BA

4.1. Bài học quốc tế về quản trị lưu vực sông có hồ chứa bậc thang

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy ba điều kiện cốt lõi để giảm rủi ro lũ trên các lưu vực có hệ thống hồ chứa bậc thang là: (i) một cơ chế điều phối lưu vực đủ thẩm quyền, (ii) quy trình vận hành liên hồ được chuẩn hóa và giám sát chặt chẽ, và (iii) nền tảng dữ liệu - mô hình - dự báo phục vụ điều hành thời gian thực được vận hành thường xuyên. Ở nhiều quốc gia có đơn vị tư vấn/kỹ thuật chuyên trách vận hành hệ thống mô hình và bản đồ ngập như một công cụ quản trị thông minh, hỗ trợ cơ quan ra quyết định.

Đây là cơ sở để Việt Nam chuyển từ quản lý lũ bị động sang quản trị LVS thông minh, gọt mở một số ưu tiên cho sông Ba:

1. Chuyển từ quản lý theo địa giới hành chính sang quản trị theo LVS: Xây dựng quy hoạch phòng lũ lưu vực sông Ba như một khung tích hợp giữa tài nguyên nước - thủy điện - thủy lợi, sử dụng đất, giao thông, đê kè, quy hoạch đô thị và nông thôn bền vững,

2. Luật hóa và bảo vệ hành lang thoát lũ: Quy định bắt buộc khoanh định hành lang thoát lũ và vùng chứa lũ trong quy hoạch tỉnh, quy hoạch đô thị và nông thôn, hạ tầng giao thông, đê kè sông, đặc biệt đối với các đoạn sông Ba không có đê.

3. Thiết lập đầu mối điều phối liên hồ: Hình thành một cơ quan đủ thẩm quyền, tương tự các mô hình quốc tế, đứng trên lợi ích riêng của từng chủ hồ, điều hành liên hồ dựa trên dữ liệu mưa - dòng chảy và ưu tiên an ninh nước cho tưới tiêu, sinh hoạt và an toàn hạ du.

4. Cụ thể hóa quy trình vận hành: Quy định rõ các ngưỡng đón lũ đầu - giữa - cuối mùa mưa trên toàn lưu vực, cùng các dải lưu lượng xả với biên độ hẹp, thay cho các khoảng quá rộng khó kiểm soát; đồng thời liên thông với hệ thống cảnh báo sớm và bản đồ rủi ro ngập lũ vùng hạ du.

Đối với sông Ba, nơi có hai chế độ mưa và những năm như 2025 xuất hiện mưa diện rộng phủ trùm cả lưu vực gây lượng nước lớn, ngập sâu, việc chuyển từ ứng phó bị động sang điều tiết chủ động theo LVS càng trở nên cấp thiết, nhằm giảm rủi ro cho vùng hạ du có mật độ dân cư và tốc độ đô thị hóa ngày càng cao.

4.2. Hệ thống quản trị lưu vực sông thông minh và mô hình vận hành liên hồ dựa trên dữ liệu thời gian thực

Nghị định số 269/2025/NĐ-CP ngày 14/10/2025 về phát triển đô thị thông minh tạo cơ sở để các địa phương nghiên cứu, xây dựng hệ thống quản trị rủi ro lũ dựa trên dữ liệu theo thời gian thực. Tuy nhiên, nếu “thông minh hóa” chỉ tập trung vào hạt nhân đô thị, khoảng cách số giữa các vùng, đặc biệt khu vực nông thôn có thể gia tăng. Vì vậy, khái niệm “lãnh thổ thông minh” được đặt ra như sự mở rộng và cũng là cách tiếp cận điều chỉnh tính đô thị trung tâm của “đô thị thông minh” (Gil-Garcia et al., 2015).

Trong bối cảnh ĐCKH làm gia tăng mưa cực đoan, các lưu vực như sông Ba cần kiến trúc ba lớp IoT - GIS - Digital Twin:

- IoT cung cấp mạng cảm biến mưa, mực nước, cửa van,

camera giám sát;

- GIS cập nhật, phân tích không gian và hiển thị bản đồ ngập;
- Digital Twin mô phỏng các kịch bản lũ - xả - triều, giúp chính quyền thử trước phương án ứng phó để tối ưu cảnh báo, sơ tán và vận hành cắt lũ.

Chu trình hoạt động được khép kín: IoT → GIS → Digital Twin → Cảnh báo sớm → Ứng phó của chính quyền và cộng đồng, tạo nền tảng cho một lãnh thổ “biết lắng nghe” dữ liệu và phản ứng kịp thời với rủi ro.

Lưu vực sông Ba cần một mô hình vận hành liên hồ dựa trên bốn trụ cột:

(i) Trung tâm chỉ huy điều hành thống nhất điều phối các hồ An Khê, Ka Nak, Đăk Srông, Ayun Hạ, Sông Hinh, Sông Ba Hạ, Krông H'nh; (ii) Quy tắc vận hành dựa trên dự báo, thay cho các dải xả rộng; (iii) Vận hành đa mục tiêu, ưu tiên an toàn đập, dòng chảy môi trường, cấp nước, rồi mới đến phát điện; (iv) Liên thông cảnh báo – ứng phó – sơ tán: kết nối vận hành hồ với hệ thống cảnh báo sớm tới cấp xã ở lưu vực sông. Theo ông Thứng - Thủy điện Đăk Srông tuy không lớn nhưng nằm chính dòng Ea Pa (tại Krông Chro) số liệu quan trắc rất quan trọng, hồ Ayun Hạ có trữ lượng lớn, có tác động về xả lũ.

4.3. Tích hợp quy hoạch và quản trị lãnh thổ

Để mô hình lãnh thổ thông minh có thể vận hành hiệu quả trong thực tiễn, cần lồng ghép đầy đủ thông tin về rủi ro lũ và hành lang thoát lũ vào cả hệ thống quy hoạch không gian lẫn cơ chế quản trị lưu vực sông. Trọng tâm bao gồm:

- Tích hợp dữ liệu lũ vào quy hoạch không gian: Lồng ghép bản đồ rủi ro lũ, hành lang thoát lũ và các vùng trũng ngập sâu vào quy hoạch tỉnh, quy hoạch đô thị và quy hoạch nông thôn trên cơ sở các kịch bản biến đổi khí hậu; đồng thời bảo đảm tính đồng bộ với quy hoạch giao thông, hệ thống kè sông, thủy lợi, phòng chống thiên tai, sử dụng đất và tài nguyên nước.

- Áp dụng nguyên tắc phát triển lãnh thổ an toàn với lũ: Mở rộng “không gian cho nước” thông qua bảo vệ các vùng trũng, phát triển hồ điều hòa, vùng chứa lũ, mô hình “công viên bọt biển” và các bề mặt thấm nước; đồng thời hạn chế bố trí mới đô thị, khu công nghiệp, khu tái định cư tại các khu vực ngập sâu, rủi ro cao.

- Tăng cường liên kết đa ngành trong quản trị lưu vực: Hình thành Trung tâm điều hành lưu vực sông Ba làm đầu mối tích hợp, chia sẻ dữ liệu và ra quyết định liên ngành, kết nối các lĩnh vực tài nguyên nước, khí tượng thủy văn, điện lực, xây dựng, nông nghiệp và chính quyền địa phương hai cấp.

Hiện nay, nhiều hồ thủy điện, thủy lợi trên lưu vực Đông – Tây sông Ba vẫn vận hành theo quy tắc dựa vào số liệu khí hậu quá khứ, dễ dẫn tới tích nước cao trước mùa mưa rồi xả gấp gây ngập hạ du, hoặc xả thiếu hợp lý làm suy giảm an ninh nước. Trong bối cảnh BĐKH làm gia tăng mưa cực đoan, cần chuyển sang vận hành theo dự báo mưa – dòng chảy, khai thác dữ liệu radar, vệ tinh và mô hình khí tượng thủy văn để điều tiết chủ động, vừa giảm rủi ro lũ hạ du, vừa bảo đảm nguồn nước cho nông nghiệp, dân sinh và phát điện.

5. KẾT LUẬN

Lũ trên sông Ba ngày càng chịu tác động đồng thời của thời tiết cực đoan do BĐKH và những biến đổi mạnh về sử dụng đất,

khai thác tài nguyên nước, đô thị hóa và vận hành chuỗi hồ chứa bậc thang, trong bối cảnh lưu vực nằm dưới hai chế độ khí hậu Đông – Tây Trường Sơn. Vì vậy, kiểm soát lũ không thể chỉ tiếp cận theo từng sự kiện thiên tai riêng lẻ, mà cần chuyển sang quản trị rủi ro theo đơn vị lưu vực, đặt trong khung quy hoạch tích hợp và quản trị lãnh thổ.

Trên cơ sở quản lý tổng hợp lưu vực sông (IRBM - Integrated River Basin Management) và các nguyên tắc quản trị nước của OECD, bài viết đề xuất định hướng “lãnh thổ thông minh” cho hạ lưu sông Ba với ba trụ cột công nghệ IoT - GIS - Digital Twin và bốn trụ cột vận hành liên hồ: (i) điều phối thống nhất, (ii) vận hành dựa trên dự báo, (iii) ưu tiên đa mục tiêu theo thứ tự an toàn đập - dòng chảy môi trường - cấp nước - phát điện, và (iv) liên thông cảnh báo đến cấp cơ sở. Hoàn thiện pháp lý về hành lang thoát lũ, thiết lập cơ quan điều phối lưu vực đủ thẩm quyền và hiện đại hóa quy trình vận hành dựa trên dữ liệu gần thời gian thực là những chìa khóa để nâng cao năng lực chống chịu khí hậu và bảo đảm phát triển bền vững cho vùng hạ du sông Ba. ♦

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chính phủ. (2025). Nghị định số 269/2025/NĐ-CP ngày 14/10/2025 về phát triển đô thị thông minh.
2. Quốc hội. (2020). Luật Đề điều.
3. Quốc hội. (2013). Luật Phòng, chống thiên tai, Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Phòng, chống thiên tai và Luật Đề điều (2020);
4. Quốc hội. (2023). Luật Tài nguyên nước;
5. Quốc hội. (2017). Luật Quy hoạch;
6. Quốc hội (2024) Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn
7. Thủ tướng Chính phủ. (2018). Quyết định số 878/QĐ-TTg về Quy trình vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Ba.
8. State Council of the People's Republic of China. (2016). Order No. 48: Flood Control Law of the People's Republic of China.
9. Guo, S., Chen, J., Li, Y., Liu, P., & Li, T. MDPI (2011). Joint operation of the multi-reservoir system of the Three Gorges and the Qingjiang cascade reservoirs.
10. Gil-Garcia, J. R. , SAGE Publications. (2012). Towards a smart State? Inter-agency collaboration, information integration, and beyond.
11. Global Water Partnership – Technical Advisory Committee (GWP-TAC). (2000). Integrated Water Resources Management.
12. Huỳnh Thị Lan Hương, & Lê Đức Thường. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. (2013). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt lưu vực sông Ba.
13. Navio-Marco, J, Rodrigo-Moya, B., & Gerli, P. Land Use Policy (2020), The rising importance of the “smart territory” concept: Definition and implications.
14. OECD. (n.d.). Applying the OECD Principles on Water Governance to Floods: A Checklist for Action. OECD Studies on Water.
15. Shaporenko, S. I. (2020). Water management load on water resources of the Volga reservoirs. IOP Conference Series.
16. Terskii, P. N., Ermakova, G. S., & Gorelits, O. V. (2021). Hydropower in Russia: Case study on hydrological management of the Volga–Kama Cascade.
17. Teixeira, A. L. F., Bhaduri, A., Bunn, S. E., & Ayrimorae, S. R. (2021). Operationalizing water security concept in water investment planning: Case study of São Francisco River Basin. MDPI.
18. VUSTA. (2010). Công trình thủy lợi ở Bắc kỳ thời Pháp thuộc.
19. Nguyễn Vũ Phương. Tạp chí Xây dựng (2/2022). Quy hoạch kiến trúc nông thôn phục vụ xây dựng nông thôn mới ứng phó với thiên tai, BĐKH tại các tỉnh Miền Trung giai đoạn 2021–2025.
20. Nguyễn Vũ Phương. Tạp chí Xây dựng (11/2025). Đô thị thông minh và nông thôn thông minh trong bối cảnh chính quyền hai cấp: Tiếp cận tích hợp và chuyển đổi số lãnh thổ.
21. Nguyễn Vũ Phương. Tạp chí Xây dựng Online (4/2025). Hệ thống thủy nông Đồng Cam: Giá trị phổ quát và tiềm năng ghi danh di sản nông nghiệp quan trọng toàn cầu.
22. Pouyenne, A.A. (1926). Les travaux publics de l'Indochine.
23. TAC Background Papers No4 (2000), Integrated Water Resources Management

Cải tạo không gian ven sông Ba - Tuy Hòa hướng tới phát triển bền vững và ứng phó lũ lụt từ kinh nghiệm quốc tế



PGS.TS.KTS HOÀNG MẠNH NGUYÊN

> NCV DƯƠNG MAI HƯƠNG, NCV TRẦN PHƯƠNG ANH, NCV VŨ THỊ THẢO

Các trận lũ gần đây tại Tuy Hòa cho thấy, khu vực ven sông Ba đang ngày càng dễ tổn thương trước hiện tượng lũ ngang khi nước lan tràn nhanh trên bề mặt đô thị và vượt quá khả năng tiêu thoát của hệ thống kênh, cống truyền thống. Tình trạng bê tông hóa và làm cứng bờ trong nhiều năm qua đã thu hẹp không gian dòng chảy, gia tăng xói lở và làm suy giảm khả năng điều tiết tự nhiên của sông. Dựa trên tổng hợp có hệ thống các kinh nghiệm quốc tế từ Singapore, Vancouver, Hà Lan và Đức nghiên cứu để xuất mô hình cải tạo không gian ven sông Ba dựa trên hạ tầng xanh-lam (BGI) và giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS). Khung tích hợp này bao gồm: (i) kè mềm và bờ thoải sinh thái; (ii) vùng ngập tạm và đất ngập nước đô thị; (iii) tuyến greenway kết nối liên tục; (iv) hệ thống quan trắc thủy văn, sinh thái hỗ trợ ra quyết định. Kết quả cho thấy mô hình tiếp cận mềm, linh hoạt có khả năng giảm đỉnh lũ, tăng khả năng chống chịu khí hậu đồng thời nâng cao chất lượng không gian cộng đồng. Nghiên cứu cung cấp luận cứ khoa học cho định hướng cải tạo sông Ba theo hướng bền vững, hạn chế làm cứng bờ và tăng cường khả năng thích ứng của đô thị Tuy Hòa trước thiên tai lũ lụt cực đoan.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang làm gia tăng tần suất và cường độ của các trận mưa cực đoan tại khu vực duyên hải Nam Trung Bộ trong đó TP Tuy Hòa cũ và lưu vực sông Ba là một trong những vùng chịu tác động rõ rệt nhất[1]. Các sự kiện lũ gần đây cho thấy sự xuất hiện ngày càng

phổ biến của lũ ngang - hiện tượng nước lan tràn nhanh trên bề mặt đô thị do mưa lớn cục bộ làm quá tải hệ thống thoát nước và gây ngập sâu trong thời gian ngắn[4, 5]. Khác với lũ sông truyền thống có hệ thống cảnh báo và chu kỳ tương đối rõ, lũ ngang có đặc điểm bất ngờ, lan nhanh và khó dự đoán khiến các khu vực ven sông Ba trở nên đặc biệt dễ tổn thương.

Trong nhiều thập kỷ, chính quyền địa phương và các đô thị ven sông tại Việt Nam vẫn chủ yếu áp dụng mô hình kè cứng, bê tông hóa tương tự nhiều quốc gia từng theo đuổi tư duy kiểm soát bằng kỹ thuật cứng trong thế kỷ 20[6]. Tuy nhiên bằng chứng thực nghiệm từ châu Âu cho thấy các biện pháp này làm gia tăng rủi ro lũ vì thu hẹp vùng thoát nước, gia tăng vận tốc dòng chảy và triệt tiêu vùng đệm sinh thái tự nhiên vốn đóng vai trò hấp thụ, làm chậm và phân tán nước[7, 8]. Tại Ba Lan, kè cứng toàn tuyến gây xói lở ngược và tăng mức độ thiệt hại buộc chính quyền phải chuyển hướng sang mô hình thích ứng không gian thay vì kiểm soát bằng bê tông[5].

Ngược lại, xu hướng quốc tế trong hai thập kỷ gần đây chuyển mạnh sang hạ tầng xanh-lam (Blue-Green Infrastructure (BGI)) và giải pháp dựa vào thiên nhiên (NbS) [9] nhấn mạnh việc khôi phục vùng bờ sông, tạo bờ thoải sinh thái, vùng ngập tạm, đất ngập nước, vườn mưa và các không gian đa chức năng có khả năng vừa chứa nước vừa phục vụ cộng đồng[10, 11]. Các mô hình nổi bật như Bishan-Ang Mo Kio Park (Singapore)[12] hay Rotterdam's Water Squares (Hà Lan) cho thấy tiếp cận mềm và linh hoạt không những giảm rủi ro lũ mà còn cải thiện cảnh quan và tăng chất lượng sống đô thị.

Trong bối cảnh đó, Tuy Hòa đang đối mặt với hai thách

(*) Viện Khoa học công nghệ đô thị xanh



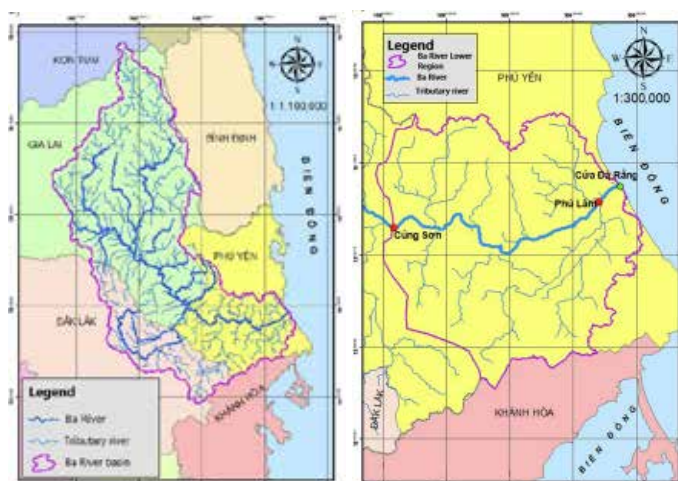
thức kép: (i) rủi ro lũ ngang tăng nhanh đặc biệt tại các khu dân cư ven lưu vực sông Ba vào mùa mưa và (ii) áp lực phát triển đô thị dẫn đến ngày càng nhiều đoạn bờ bị bê tông hóa và thu hẹp vùng thoát nước[2]. Hiện nay vẫn thiếu vắng các nghiên cứu tích hợp giữa thủy văn đô thị, sinh thái bờ sông, thiết kế không gian, và quản lý rủi ro thiên tai để định hướng cải tạo hành lang sông Ba một cách bền vững.

Do đó, nghiên cứu này tổng hợp một cách hệ thống các bài học kinh nghiệm từ Singapore, Vancouver, Hà Lan nhằm xây dựng khung cải tạo ven sông Ba dựa trên tiếp cận mềm, linh hoạt và dựa vào thiên nhiên. Mục tiêu là thiết lập một nền tảng khoa học và thực tiễn cho việc thiết kế lại không gian ven sông Ba vừa giảm thiểu tác động lũ ngang, vừa phát huy các giá trị sinh thái cảnh quan, tăng tính cộng đồng xã hội hướng tới phát triển bền vững cho Tuy Hòa. (Hình 1,2)

2. PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG VÀ HẠ TẦNG XANH-LAM TRONG CẢI TẠO VEN SÔNG

2.1. Khung hạ tầng xanh-lam

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu gia tăng và đặc biệt là các sự kiện lũ ngang xuất hiện với tần suất cao tại Tuy Hòa, việc định hướng cải tạo ven sông Ba theo mô hình hạ tầng xanh-lam (Blue-Green Infrastructure (BGI)) trở thành một yêu cầu trung tâm của phát triển đô thị bền vững. Hạ tầng xanh-lam được hiểu như một mạng lưới không gian tự nhiên và bán tự nhiên bao gồm: Cây xanh, đất ngập nước, bãi bồi, hành lang sông, hệ thống mương sinh học có chức năng hỗ trợ điều tiết nước, cải thiện vi khí hậu, phục hồi hệ sinh thái và nâng cao chất lượng không gian



a. Lưu vực sông Ba

b. Hạ lưu sông Ba

Hình 1: Vị trí địa lý lưu vực sông Ba (Nguồn:[20]).

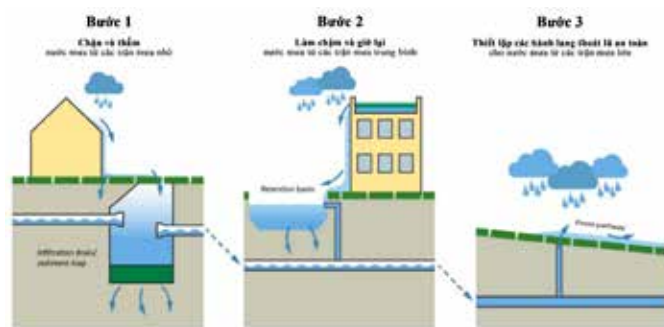
công cộng[11, 13]. Khung hạ tầng này đặc biệt phù hợp với lưu vực sông Ba nơi cần đồng thời giải quyết bài toán tiêu thoát lũ, chống xói lở và phát triển cảnh quan đô thị trong điều kiện nền địa hình thấp trũng và hệ thống thoát nước hiện hữu còn hạn chế.

2.2. Hệ thống thoát nước đô thị bền vững SuDS

Tiếp cận nguyên tắc SuDS (Sustainable Drainage Systems) dựa trên nguyên tắc “giữ - chậm - thấm - lọc” nước mưa được xem là giải pháp cốt lõi cho các đô thị chịu rủi ro lũ bề mặt[14]. SuDS khuyến nghị ưu tiên các cấu phần phân tán như bề mặt thấm và mái xanh để tăng khả năng lưu giữ nước tại nguồn; vườn mưa và mương sinh



Hình 2: Bờ kè bị nước lũ đánh sập của sông Ba, tỉnh Đắk Lắk trong trận lũ tháng 11/2025(Nguồn: [3]).



Hình 3: Chiến lược ba bước của Na Uy về quản lý nước mưa (Nguồn: [15])



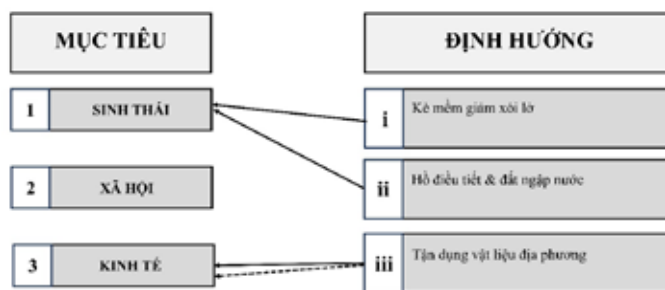
Hình 4: Định hướng vận dụng bài học kinh nghiệm của Singapore cho sông Ba (TP Tuy Hòa) (Nguồn: Nhóm nghiên cứu).

học (bioswales) nhằm giảm dòng chảy tràn và lọc chất ô nhiễm; đất ngập nước (wetlands) ven sông để làm chậm, làm sạch và lưu trữ nước trong các trận mưa lớn và khu vực chứa nước tạm giúp cắt đỉnh lũ trước khi nước đổ vào sông Ba. Các giải pháp này đã chứng minh hiệu quả tại nhiều đô thị như Singapore, Rotterdam và Vancouver nơi SuDS đóng vai trò thay thế quan trọng cho hạ tầng cứng truyền thống. (Hình 3)

2.3. Tác động đến tính sinh thái, xã hội và kinh tế trong phát triển bền vững của khu vực

Hạ tầng xanh-lam và SuDS không chỉ mang lại lợi ích thủy văn mà còn tạo ra tác động tích cực đa chiều về sinh thái, xã hội và kinh tế[16, 17]. Thứ nhất về sinh thái, các cấu phần của hạ tầng xanh-lam giúp giảm đỉnh lũ, giảm tốc độ dòng chảy và hạn chế xói lở bờ sông vốn đang là vấn đề nổi cộm tại nhiều đoạn ven sông Ba. Thứ hai về xã hội, không gian của hạ tầng xanh-lam liên tục tạo điều kiện cho hoạt động công cộng tăng cường tiếp cận với thiên nhiên và cải thiện sức khỏe cộng đồng. Thứ ba về kinh tế, hành lang ven sông được tái thiết theo hướng sinh thái cảnh quan với ý nghĩa như vậy không chỉ giảm mức độ thiệt hại do lũ mà còn thúc đẩy phát triển du lịch, thương mại ven sông, góp phần ổn định sinh kế và gia tăng giá trị đất đai[16, 17].

Tổng hợp các luận cứ trên cho thấy việc ứng dụng hạ tầng xanh-lam và SuDS tại Tuy Hòa không chỉ là một lựa



chọn kỹ thuật mà còn là một chiến lược phát triển đô thị bền vững có khả năng giúp sông Ba trở lại theo cơ chế tự nhiên của nó đồng thời nâng cao năng lực chống chịu khí hậu và chất lượng sống của cộng đồng địa phương.

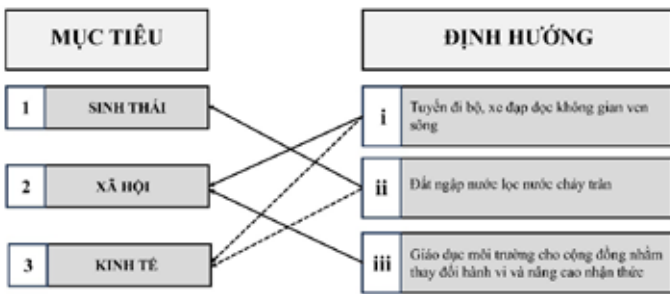
3. BÀI HỌC KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VÀ ĐỊNH HƯỚNG VẬN DỤNG CHO SÔNG BA (TUY HÒA)

3.1. Trường hợp nghiên cứu điển hình 1 - Singapore: Bishan-Ang Mo Kio Park

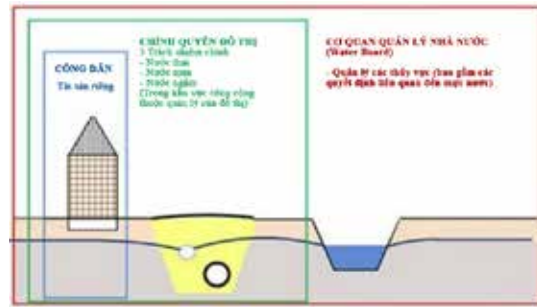
Bài học quan trọng

Dự án Bishan-Ang Mo Kio Park là một trong những mô hình thành công nhất của Singapore trong việc chuyển đổi một con kênh bê tông hóa thành dòng sông tự nhiên linh hoạt. Thay vì làm cứng bờ dự án áp dụng kè mềm và kỹ thuật soil bio-engineering kết hợp thảm thực vật bản địa để ổn định bờ và cho phép nước lan tự nhiên khi mưa lớn[12]. Việc tạo bờ thoải hay vùng ngập tạm giúp dòng sông có không gian để mở rộng trong các sự kiện mưa cực đoan đồng thời tăng khả năng hấp thụ lũ. Toàn bộ tuyến được tổ chức thành tuyến xanh liên tục (greenway) trở thành công viên, đường dạo không gian ven sông có chức năng vừa là cảnh quan vừa phòng chống lũ. Mô hình này chứng minh rằng thiết kế đa chức năng kết hợp giữa yếu sinh thái, xã hội giúp giảm thiểu rủi ro có thể tạo ra một hành lang sông an toàn và hấp dẫn cho cộng đồng[11].

Khả năng vận dụng cho không gian ven sông Ba - Tuy Hòa



Hình 5: Định hướng vận dụng bài học kinh nghiệm của Canada cho sông Ba (TP Tuy Hòa) (Nguồn: Nhóm nghiên cứu)



Hình 6: Minh họa trách nhiệm liên quan đến việc phòng ngừa ứng ngập trong dự án Room for the River tại Hà Lan (Nguồn:[19])

Bài học từ Singapore đặc biệt phù hợp với sông Ba, nơi nhiều đoạn bờ đang bị bê tông hóa quá mức. Có thể áp dụng các biện pháp sau:

(i) Chuyển các đoạn bờ ít xung yếu (hay bờ kè ít chịu tác động của sóng lớn) từ kè bê tông sang bờ thoải có gia cố mềm nhằm giảm tốc độ dòng chảy và hạn chế xói lở.

(ii) Tạo hồ điều tiết nhỏ và vùng đất ngập nước hai bên bờ sông Ba để giữ - làm chậm - thấm nước khi có mưa lớn.

(iii) Tận dụng vật liệu cũ, đá tự nhiên hoặc tre, gỗ bản địa để tái thiết kè mềm tạo cảnh quan phù hợp với điều kiện Tuy Hòa. (Hình 4)

3.2. Trường hợp nghiên cứu điển hình 2 - Vancouver: Khu vực Southeast False Creek (Canada)

Bài học quan trọng

Khu vực Southeast False Creek (Canada) là ví dụ tiêu biểu về cách sử dụng hạ tầng xanh-lam tích hợp để xử lý nước mưa và phục hồi sinh thái đô thị[18]. Thành phố Vancouver thiết lập một hành lang ven sông liên tục đóng vai trò xương sống cho hoạt động cộng đồng đồng thời hình thành kết nối sinh thái giữa đất liền và thủy vực. Tại đây các vùng đất ngập đô thị được thiết kế như hệ thống lọc nước mưa tại nguồn giúp cải thiện chất lượng nước và giảm áp lực cho hệ thống cống. Không gian công cộng ven nước được ưu tiên bố trí ở các công trình an toàn cho phép cư dân tiếp cận nước mà không làm tăng rủi ro lũ.

Khả năng vận dụng cho không gian ven sông Ba - Tuy Hòa

Những bài học này có thể được áp dụng theo hướng:

(i) Tạo tuyến đi bộ, xe đạp liên tục ven sông Ba kết nối các không gian công cộng tăng trải nghiệm cảnh quan và tạo trục giao thông phi cơ giới.

(ii) Bố trí vùng đất ngập nước nhỏ dọc các nhánh thoát nước và cửa xả nhằm lọc nước chảy tràn từ khu dân cư trước khi đổ vào sông Ba.

(iii) Giáo dục môi trường thông qua bảng thông tin hoặc điểm quan sát sinh thái để nâng cao nhận thức cộng đồng về vai trò của sông trong giảm ngập và duy trì hệ sinh thái. (Hình 5)

3.3. Trường hợp nghiên cứu điển hình 3 - Hà Lan: Multi-Layer Safety & Quản trị linh hoạt

Bài học quan trọng

Hà Lan là quốc gia tiên phong trong chuyển đổi chiến lược quản lý lũ chuyển từ tư duy kiểm soát bằng hạ tầng cứng sang mô hình đa tầng, linh hoạt trong đó thiết kế không gian và quản trị cộng đồng giữ vai trò quan trọng như các giải pháp kỹ thuật. Tại Hà Lan, mô hình Multi-Layer Safety (MLS) được xem là nền tảng mới cho quản lý rủi ro kết hợp đồng thời ba lớp phòng ngừa thông qua: (1) hệ thống đê, hồ điều tiết và vùng thoát lũ; (2) thích ứng không gian bằng cách mở rộng lòng sông, tạo bờ thoải và (3) bố trí các vùng ngập linh hoạt và quản lý khẩn cấp với cơ chế ứng phó nhanh và cảnh báo sớm. Dự án Room for the River là minh chứng rõ ràng cho cách tiếp cận này thay vì tiếp tục nâng cao đê, Hà Lan chủ động di dời một số đoạn đê, mở rộng mặt cắt lũ và khôi phục bãi bồi tự nhiên, từ đó giảm đỉnh lũ bền vững và phục hồi hệ sinh thái sông[7, 8, 19]. (Hình 6)

Từ trường hợp trên có thể thấy rằng khả năng chống chịu của hành lang sông không chỉ phụ thuộc vào các giải pháp kỹ thuật mà còn vào không gian mà dòng sông được phép chiếm giữ và sự linh hoạt của thể chế. Mở rộng không gian cho nước thay vì ép dòng vào một khuôn cứng kết hợp với sự tham gia của cộng đồng là điều kiện then chốt để xây dựng một hệ thống chống chịu lũ bền vững.

Khả năng vận dụng cho không gian ven sông Ba - Tuy Hòa

Đối với Tuy Hòa bài học từ Hà Lan cho thấy cần chuyển trọng tâm từ các biện pháp kiểm soát cứng sang chiến lược mở rộng không gian cho dòng chảy và tăng tính linh hoạt thể chế. Trước hết, việc quy hoạch vùng thoát lũ đa tầng dọc hai bờ sông Ba là cần thiết nhằm cho phép nước lan tạm thời tại các khu vực được kiểm soát, giảm áp lực đột ngột lên hệ thống thoát lũ và hạn chế ngập sâu trong các trận mưa lớn. Song song với đó, các đoạn bờ ít xung yếu có thể được chuyển đổi từ kè cứng sang kè mềm, kết hợp thảm thực vật và cấu kiện sinh thái để giảm vận tốc dòng chảy, ổn định bờ và hạn chế xói lở.

Đặc biệt, để bảo đảm khả năng phản ứng nhanh trước các hiện tượng thời tiết cực đoan một cơ chế phối hợp liên ngành giữa phòng chống thiên tai, giao thông, xây dựng và tài nguyên, môi trường cần được thiết lập giúp tăng tốc độ chia sẻ thông tin và ra quyết định. Cuối cùng, năng lực

chống chịu của cộng đồng chỉ thực sự bền vững khi người dân được tham gia vào quá trình quản lý rủi ro thông qua việc xây dựng bản đồ rủi ro dễ hiểu, tổ chức diễn tập ứng phó và chia sẻ dữ liệu thủy văn thời gian thực từ đó nâng cao nhận thức và chủ động trước các sự kiện lũ. (Hình 7)

4. ĐỀ XUẤT KHUNG CẢI TẠO VEN SÔNG BA (TUY HÒA)

4.1. Nguyên tắc tổng thể

Dựa trên các bài học quốc tế và phân tích điều kiện tự nhiên của Tuy Hòa khung cải tạo ven sông Ba cần tuân theo một số nguyên tắc cốt lõi nhằm bảo đảm vừa giảm rủi ro lũ vừa cải thiện chất lượng không gian đô thị. Trước hết, việc tránh bê tông hóa toàn bộ tuyến bờ là yêu cầu quan trọng để khôi phục chức năng sinh thái vốn có của sông Ba. Chính vì vậy, các đoạn bờ phù hợp nên được chuyển đổi sang kè mềm với cấu trúc thân thiện sinh thái giúp ổn định bờ mà không triệt tiêu khả năng trao đổi nước với vùng ven sông. Đồng thời, cần khôi phục không gian mở cho dòng chảy cho phép nước lan vào các vùng được kiểm soát khi có lũ nhằm giảm áp lực lên hệ thống cống và hạn chế ngập sâu. Một nguyên tắc quan trọng khác là gia tăng diện tích thấm và trữ nước thông qua các bề mặt thấm, vùng ngập tạm và hệ thống thảm thực vật bản địa. Cuối cùng, mọi giải pháp kỹ thuật và thiết kế phải hướng đến đảm bảo an toàn cho cộng đồng trong các sự kiện mưa lớn nhưng không tạo ra rào cản vật lý tách con người khỏi dòng sông thay vào đó cần duy trì mối liên kết thị giác và chức năng giữa cư dân và mặt nước như một phần bản sắc đô thị.

4.2. Bộ giải pháp thiết kế và kỹ thuật

Thứ nhất, hệ thống giải pháp tổng hợp được đề xuất để hiện thực hóa các nguyên tắc trên kết hợp kỹ thuật thủy văn, thiết kế đô thị và công nghệ quan trắc. Trọng tâm đầu tiên là bờ thoải, kè mềm áp dụng các kỹ thuật soil bio-engineering. Các lớp thảm thực vật, rọ đá mềm, cọc tre hoặc vật liệu tự nhiên được bố trí dọc bờ nhằm giảm xói lở, ổn định mặt cắt và cho phép dòng nước dâng tràn một cách an toàn trong các đợt lũ. Khác với kè cứng, cấu trúc mềm giúp giảm vận tốc dòng chảy, tăng khả năng hấp thụ của đất và duy trì cảnh quan tự nhiên của sông Ba.

Thứ hai, việc hình thành không gian đệm sinh thái bao gồm bãi bồi và các vùng ngập tạm nằm ở công trình thấp hơn mặt bằng đô thị. Đây là những khu vực có khả năng tiếp nhận nước tạm thời đồng thời là môi trường sống của hệ thực vật chịu ngập như dừa nước, sù, vet. Không gian đệm này đóng vai trò như lá phổi sinh thái, điều tiết nước, tăng đa dạng sinh học và tạo cảnh quan mềm mại cho hành lang sông.

Bên cạnh đó, việc xây dựng hành lang xanh ven sông liên tục sẽ tạo một trục cảnh quan sinh thái kết nối toàn tuyến bờ của không gian ven sông Ba. Tuyến đường dạo và xe đạp không chỉ khuyến khích lối sống lành mạnh mà còn mở rộng không gian cộng đồng tạo ra các điểm ngắm cảnh, khu sinh hoạt giao lưu và vùng quan sát thiên nhiên.

Hành lang xanh ven sông cũng đóng vai trò như một lớp đệm an toàn giữa khu dân cư và bờ sông.

Hệ thống SuDS (Sustainable Drainage Systems) là thành phần kỹ thuật hỗ trợ quan trọng của khung cải tạo. Các vườn mưa, mương sinh học và bề mặt thấm được bố trí tại các điểm thu nước nhằm giữ và thấm nước mưa ngay tại nguồn giảm tải cho hệ thống thoát nước hiện hữu. SuDS còn có tác dụng lọc chất ô nhiễm trước khi nước chảy vào sông Ba góp phần cải thiện chất lượng nước và giảm xói mòn bề mặt.

Cuối cùng, không thể thiếu hệ thống quan trắc thủy văn để cung cấp dữ liệu phục vụ điều hành và cảnh báo sớm. Các cảm biến đo DO, TSS, mực nước và xói lở được lắp dọc tuyến sông kết nối với nền tảng dữ liệu mở để cộng đồng dễ dàng tiếp cận. Điều này tăng tính minh bạch, hỗ trợ ra quyết định nhanh trong các tình huống mưa lớn và nâng cao năng lực tự ứng phó của cư dân Tuy Hòa. (Hình 8)

5. KẾT LUẬN

Sông Ba là thành phần sinh thái trọng yếu của Tuy Hòa, đồng thời đóng vai trò như một hệ thống phòng vệ tự nhiên giúp giảm nhẹ rủi ro lũ. Tuy nhiên, các đợt ngập nghiêm trọng gần đây cho thấy mô hình làm cứng bờ sông bằng kết cấu bê tông không còn phù hợp trong bối cảnh khí hậu cực đoan, thậm chí có thể làm tăng rủi ro thông qua việc gia tốc dòng chảy, suy giảm diện tích trữ nước và phá vỡ cấu trúc cảnh quan. Ngược lại, kinh nghiệm quốc tế từ Singapore, Hà Lan, Đức và nhiều đô thị châu Á khẳng định rằng các tiếp cận dựa vào thiên nhiên mềm, linh hoạt và thích ứng mang lại hiệu quả bền vững hơn trong quản lý lũ và cải tạo không gian ven sông.

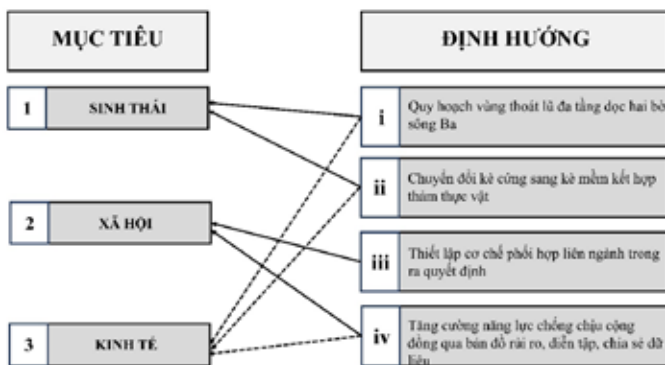
Đối với Tuy Hòa, việc chuyển đổi sang mô hình hạ tầng xanh-lam dọc sông Ba có thể tạo ra ba nhóm lợi ích chính: (i) giảm nguy cơ ngập và xói lở nhờ tăng diện tích thấm, mở rộng không gian dòng chảy và khôi phục bãi bồi tự nhiên; (ii) nâng cao giá trị cảnh quan-du lịch và hình thành những không gian công cộng đặc trưng; (iii) củng cố khả năng chống chịu của đô thị trước các hiện tượng thời tiết cực đoan. Các giải pháp như kè mềm, bờ thoải sinh thái, vùng ngập tạm, hệ thống SuDS và quan trắc thủy văn, sinh thái thời gian thực có thể được triển khai thí điểm trên phạm vi 1-2 km bờ sông trước khi mở rộng cho toàn tuyến.

Kết quả nghiên cứu cho thấy cải tạo ven sông Ba không chỉ là bài toán kỹ thuật mà còn là chiến lược phát triển đô thị dài hạn. Một hành lang ven sông mang tính sinh thái, cộng đồng sẽ giúp Tuy Hòa thích ứng tốt hơn với biến đổi khí hậu đồng thời tạo dựng bản sắc đô thị mới, hài hòa giữa phát triển kinh tế và bền vững môi trường.

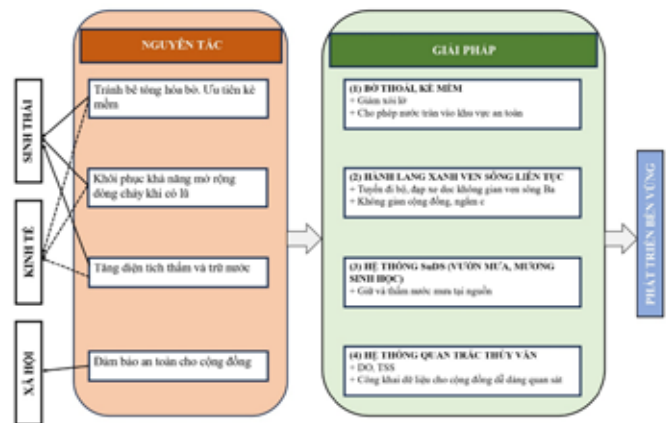
TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trần Thực and Trần Thanh Thủy, "Biến đổi khí hậu và sự gia tăng mưa lớn trong bão khu vực ven biển miền Trung Trung Bộ" (in Vietnam), doi: <https://doi.org/10.55659/2525-2496/30.99533>.

[2] Huỳnh Thị Lan Hương, "Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Ba," (in Vietnam), Tạp chí Khoa học và Công



Hình 7: Định hướng vận dụng bài học kinh nghiệm của Hà Lan cho sông Ba (TP Tuy Hòa) (Nguồn: Nhóm nghiên cứu)



Hình 8: Khung chiến lược cải tạo lưu vực sông Ba nhằm ứng phó với thiên tai lũ lụt hướng tới phát triển bền vững (Nguồn: Nhóm nghiên cứu).

nghe Thủy lợi, Số, vol. 13, p. 2013, 2013.

[3] Cao Nguyên, "Hình ảnh lũ dữ xé bờ kè, tạo dòng chảy mới bên bờ sông Ba," (in Vietnam), Báo mới, 02/12/2025. [Online]. Available: <https://baomoi.com/hinh-anh-lu-du-xe-bo-ke-tao-dong-chay-moi-ben-bo-song-ba-c53907433.epi>.

[4] Annegret H. Thieken et al., "Review of the flood risk management system in Germany after the major flood in 2013," (in English), Ecology and Society, vol. 21, no. 2, 2016. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/26270411>.

[5] Maria Kaufmann, Jakub Lewandowski, Adam Choryński, and Mark Wiering, "Shock events and flood risk management: a media analysis of the institutional long-term effects of flood events in the Netherlands and Poland," (in English), Ecology and society, vol. 21, no. 4, 2016.

[6] Christine Wamsler and Ebba Brink, "Moving beyond short-term coping and adaptation," (in English), Environment and Urbanization, vol. 26, no. 1, pp. 86-111, 2014.

[7] Dries LT Hegger et al., "Toward more flood resilience: Is a diversification of flood risk management strategies the way forward?," (in English), Ecology and Society, vol. 21, no. 4, 2016.

[8] Sebastiaan Van Herk, Chris Zevenbergen, Berry Gersonius, Hans Waals, and Ellen Kelder, "Process design and management for integrated flood risk management: exploring the multi-layer safety approach for Dordrecht, The Netherlands," (in English), Journal of Water and Climate Change, vol. 5, no. 1, pp. 100-115, 2014.

[9] Xuening Fang, Jingwei Li, and Qun Ma, "Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review," (in English), Sustainable Cities and Society, vol. 98, p. 104843, 08/01 2023, doi: 10.1016/j.scs.2023.104843.

[10] Aljosja Hooijer, Frans Klijn, G Bas M Pedrol, and Ad G Van Os, "Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: synopsis of the findings of IRMA-SPONGE," (in English), River research and applications, vol. 20, no. 3, pp. 343-357, 2004.

[11] Christine Wamsler et al., "Beyond participation: when citizen engagement leads to undesirable outcomes for nature-based solutions and climate change adaptation," (in English), Climatic Change, vol. 158, no. 2, pp.

235-254, 2020.

[12] Zhongfang An, Qingchang Chen, and Jian Li, "Ecological strategies of urban ecological parks—A case of Bishan Ang Mo Kio Park and Kallang River in Singapore," in E3S Web of Conferences, 2020, vol. 194: EDP Sciences, p. 05060.

[13] Kilian Perrelet, Marco Moretti, Andreas Dietzel, Florian Altermatt, and Lauren M. Cook, "Engineering blue-green infrastructure for and with biodiversity in cities," (in English), npj Urban Sustainability, vol. 4, no. 1, p. 27, 2024/04/24 2024, doi: 10.1038/s42949-024-00163-y.

[14] B Horton, CJ Digman, RM Ashley, and E Gill, "BeST (Benefits of SuDS Tool) Technical Guidance," (in English), CIRIA W045c RP993© CIRIA, 2015.

[15] Erlend Andenæs, Berit Time, Olav Torp, Tore Kvande, and Jardar Lohne, "Risk Management in Procurement of Blue-Green Roofs—Supplier Perspective," in Collaboration and Integration in Construction, Engineering, Management and Technology, Cham, Syed M. Ahmed, Paul Hampton, Salman Azhar, and Amelia D. Saul, Eds., 2021/ 2021: Springer International Publishing, pp. 111-115.

[16] Fatemeh Khalaji, Jianhua Zhang, and Ashok K Sharma, "Social and Economic Impacts of Water Sensitive Urban Design: A Review," (in English), Water, vol. 17, no. 1, p. 16, 2024.

[17] Luis Valença Pinto, Miguel Inácio, and Paulo Pereira, "Green and blue infrastructure (GBI) and urban nature-based solutions (Nbs) contribution to human and ecological well-being and health," (in English), Oxford Open Infrastructure and Health, vol. 1, p. ouad004, 2023, doi: 10.1093/oih/ouad004.

[18] Elena Lacilla and José María Ordeig, "Waterfront public realm design: Towards a sustainable identity urban projects in Vancouver and Portland," (in English), Journal of Sustainable Development, vol. 9, no. 2, p. 169, 2016.

[19] Maria Kaufmann, WJ van Doorn-Hoekveld, Herman-Kasper Gilissen, and HF Marleen W Van Rijswijk, "Analysing and evaluating flood risk governance in the Netherlands: Drowning in safety? STAR-FLOOD Consortium (in English), 2016.

[20] Luc Anh Tuan et al., "Flood modeling in the Ba River basin using a coupled hydrodynamic model-MIKE FLOOD," (in English), River, vol. 3, no. 2, pp. 199-207, 2024.

PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN:

Chống chịu mưa lũ phải bắt đầu từ tư duy quy hoạch thích ứng



THU THỦY



NGỌC HÀ (thực hiện)

Những năm gần đây, “đô thị chống chịu” trở thành chủ đề nổi bật khi các hiện tượng thời tiết cực đoan xuất hiện dồn dập: Mưa vượt chuẩn lịch sử, triều cường bất thường, bão đối hưởng khó lường. Hệ thống hạ tầng ở nhiều đô thị đã chạm ngưỡng chịu tải. Cuộc trao đổi với PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - nguyên Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật (nay là Cục Kết cấu hạ tầng - Bộ Xây dựng), được thực hiện ngay sau đợt mưa lũ bất thường ở miền Trung nhằm làm rõ các vấn đề đặt ra cho khả năng chống chịu của đô thị hiện nay.

PHÉP THỬ CHO HẠ TẦNG ĐÔ THỊ

♦ *Thưa PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến, đất nước vừa trải qua một đợt thiên tai vô cùng khốc liệt. Tâm trạng ông thế nào khi chứng kiến nhiều làng mạc, đô thị ngập sâu?*

- Không phải riêng tôi, mà tất cả đồng bào đều đau xót trước những khung cảnh bày ra trong và sau bão lũ. Thật sự, thiên tai ngày càng trở nên khốc liệt với đất nước mình. Điều này càng cho thấy, chúng ta phải làm tốt hơn nữa công tác dự báo, cảnh báo, cứu nạn, ứng phó với thiên tai, và đặc biệt là tạo dựng một hạ tầng tốt để có thể chống chịu và thích nghi hơn với các hiện tượng thời tiết ngày càng tiêu cực và phức tạp.

Trong lĩnh vực hạ tầng đô thị mà ông đã gắn bó, những tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu (BĐKH), trong đó, sự gia tăng của mưa cực đoan ảnh hưởng thế nào đến khả năng tiêu thoát nước của các đô thị ở Việt Nam?

- Đợt mưa cực đoan vừa qua cho thấy rõ mức độ mong manh của hệ thống thoát nước đô thị trước thời tiết bất thường. Chỉ trong vài giờ, lượng mưa vượt xa ngưỡng thiết kế, khiến nhiều khu vực “vỡ trận”, ngập sâu và kéo dài.

Tại Hà Nội, chỉ 2 - 3 ngày đã ghi nhận 250 - 350 mm mưa,

cao hơn khả năng thiết kế của phần lớn tuyến cống. Hệ quả là nhiều khu vực ngập 0,8-1 m do hệ thống thoát nước thiếu đồng bộ, xuống cấp.

Miền Trung chịu tác động nặng nề hơn, nhiều nơi mưa 400 - 650 mm, một số điểm như Nam Đông, A Lưới, Bạch Mã vượt 1.000 mm/24 giờ. Lũ lên rất nhanh, chỉ trong 12-18 giờ, mực nước hạ du đã tăng 2 - 3 m, khiến Huế, Đà Nẵng, Nha Trang ngập 1 - 2,5 m và nhiều khu dân cư bị cô lập.

So với năm 2020, năm 2025 ghi nhận mưa cực đoan mang tính “đột ngột, dồn dập”. Khi lượng mưa tập trung lớn trong vài giờ, đô thị không còn khả năng chống chịu và ngập úng là tất yếu.

Tác động chính mà chúng ta có thể nhìn thấy rõ ở 3 khía cạnh:

Thứ nhất, ngập lụt trên diện rộng, lượng mưa lên tới 300 - 400 mm trong vài giờ hoặc một ngày hoàn toàn vượt ngưỡng thiết kế của hệ thống thoát nước. Khi vượt ngưỡng, nước không kịp thoát và lập tức gây ngập.

Thứ hai, hệ thống thoát nước bị quá tải nghiêm trọng, phần lớn hạ tầng thoát nước ở các đô thị đã cũ, chưa được đầu tư nâng cấp tương xứng với tốc độ đô thị hóa. Cùng với đó là các vấn đề tồn tại từ lâu, như san lấp vùng trũng, ao hồ



Mưa cực đoan tháng 10-11/2025 là phép thử cho thấy hệ thống thoát nước đô thị mong manh đến mức nào”.

PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến



bị lấp để làm dự án, kênh rạch bị thu hẹp hoặc bị cống hóa. Bên cạnh đó là các công trình ven biển, nhà cao tầng, thậm chí đường giao thông vô tình chặn ngang các tuyến thoát lũ. Tất cả đã khiến năng lực điều tiết và trữ nước tự nhiên của đô thị giảm mạnh.

Thứ ba, thiên tai “vượt mốc lịch sử” làm lộ rõ tính dễ tổn thương của đô thị. Mưa lớn, bão mạnh, lũ cao bất thường cho thấy phần lớn đô thị vẫn chưa chủ động với BĐKH. Công tác quản lý rủi ro thiên tai và thích ứng chưa được lồng ghép đầy đủ vào các cấp độ quy hoạch đô thị; các kịch bản khí hậu chưa trở thành cơ sở bắt buộc trong thiết kế, xây dựng hạ tầng. Vì vậy, khi các hiện tượng cực đoan xảy ra, đô thị phản ứng chậm, thiếu phương án đồng bộ và dễ tổn thương.

❖ Các đô thị Việt Nam, đặc biệt là những khu vực ven sông, ven biển và các vùng trũng thấp, có đặc điểm địa hình tự nhiên nào làm gia tăng nguy cơ ngập lụt? Và trong bối cảnh BĐKH, nước biển dâng, những rủi ro này đang được cảnh báo ra sao đối với các đô thị ven biển?

- Khi phân tích nguy cơ ngập của các đô thị Việt Nam, chúng ta thấy đa phần các đô thị lớn đều phát triển trên những cấu trúc địa hình nhạy cảm trước nước. Địa hình tự nhiên vốn dĩ đã “bất lợi”, cộng với tốc độ đô thị hóa nhanh và áp lực của BĐKH, khiến nhiều đô thị dễ bị ngập hơn và khó phục hồi hơn sau mỗi đợt mưa bão hay triều cường.

Trước hết, đó là địa hình thấp, bằng phẳng. Nhiều đô thị lớn của Việt Nam nằm trên các vùng đất thấp, bằng phẳng, nhiều nơi có địa hình thấp hơn so với mực nước biển.

Thứ hai, hệ thống sông ngòi phức tạp. Nhiều đô thị nằm

vùng đồng bằng ven biển có hệ thống sông ngòi, kênh rạch dày đặc đã tạo điều kiện cho nước dễ dàng thâm nhập sâu vào nội địa và lan rộng đã góp phần gia tăng ngập úng.

Thứ ba, nhiều khu vực đô thị có địa hình trũng tự nhiên, thấp hơn so với các khu vực xung quanh, dễ bị tích tụ nước và ngập úng cục bộ khi mưa lớn hoặc triều cường.

Thứ tư, đất lún. Nhiều đô thị do quá trình đô thị hóa nhanh đã chất tải lên nền đất làm tăng tải trọng hoặc do khai thác nước ngầm không kiểm soát là một trong những nguyên nhân trực tiếp góp phần gây hiện tượng sụt lún nền đất, “biến dạng” mặt đất, khiến tình trạng ngập ngày càng trầm trọng và khó khắc phục hơn.

Trong bối cảnh đó, nước biển dâng trở thành yếu tố gia tăng nguy cơ ngập lụt theo cách “kép” và liên tục. Khi mực nước biển dâng lên, kể cả chỉ 10 - 20 cm, khả năng tự nhiên để tiêu thoát nước ra biển đã bị giảm đáng kể. Triều cường dâng cao hơn, tần suất xuất hiện nhiều hơn, khiến nước sông bị “nén lại”, không thể thoát xuống hạ lưu. Hiện tượng này gọi là “ngập do xung đột nguồn nước”. Nước mưa từ trên xuống cần thoát ra, nhưng nước triều từ dưới lên lại dâng cao, cản trở dòng chảy.

Điều đáng lo ngại hơn là khi nước biển dâng kết hợp bão mạnh, mưa cực đoan và lũ thượng nguồn, đô thị bị tấn công đồng thời từ nhiều phía: trên trời, dưới đất, trong sông và từ phía biển. Khi đó, ngập úng không chỉ nặng hơn mà còn kéo dài, gây thiệt hại lớn cho kinh tế - xã hội và hạ tầng.

Điều đó cho thấy, khi địa hình bất lợi, hệ thống thủy văn phức tạp, quá trình đô thị hóa làm mất không gian chứa nước, cộng với nước biển dâng và các hiện tượng khí hậu cực đoan



Nút giao Trần Duy Hưng - Đại lộ Thăng Long bị ngập trong trận mưa lớn hôm 7/10. Ảnh: Giang Trịnh.



Phố trung tâm Thái Nguyên chìm trong biển nước, có nơi ngập gần nóc nhà.

đang tạo nên “tổ hợp rủi ro” rất cao cho các đô thị Việt Nam.

HOẠT ĐỘNG CỦA CON NGƯỜI LÀ YẾU TỐ “KHUẾCH ĐẠI RỦI RO”

❖ **Có những ý kiến cho rằng, do quy hoạch phát triển đô thị thiếu bền vững, quy hoạch thoát nước tại các đô thị lớn chưa theo kịp tốc độ đô thị hóa và các kịch bản BĐKH; hệ thống thoát nước mưa mất khả năng chịu tải trước các trận mưa lịch sử, tiêu chuẩn thiết kế thoát nước chưa cập nhật. Ông đánh giá các vấn đề này như thế nào?**

- Đây là một thực trạng kéo dài nhiều năm và cũng là điểm nghẽn lớn nhất khiến các đô thị Việt Nam dễ bị tổn thương trước các hiện tượng thời tiết cực đoan. Có thể nói rằng, việc lồng ghép quản lý rủi ro thiên tai và thích ứng BĐKH vào quy hoạch phát triển đô thị tuy đã được đề cập trong nhiều văn bản, nhưng trên thực tế vẫn chưa được triển khai một cách thực chất. Nhiều đồ án quy hoạch có đề cập tới BĐKH, nhưng chỉ dừng ở mức định tính, không có các thông số cụ thể hay giải pháp mang tính khả thi, dẫn tới việc quy hoạch không đủ “sức đề kháng” trước những biến đổi nhanh và bất thường của khí hậu hiện nay. Điều này thể hiện ở 3 nhóm tác động lớn:

Tăng nguy cơ ngập lụt đô thị: Việc phát triển đô thị mặc dù có quy hoạch nhưng mất kiểm soát, mất dần không gian thấm và trữ nước tự nhiên gây quá tải hệ thống thoát nước khiến nhiều khu vực đô thị lớn dễ dàng bị ngập lụt nghiêm trọng khi có mưa lớn hoặc lũ lụt.

Mất khả năng thích ứng với BĐKH: Vì quy hoạch hiện tại chưa dự báo và chưa có các giải pháp giải quyết các tác động của BĐKH, ví dụ như các cơn mưa lớn, bão, lũ và mực nước biển dâng, khiến các đô thị trở nên dễ bị tổn thương trước các hiện tượng thời tiết cực đoan.

Tác động tiêu cực đến chất lượng sống: Hoạt động của hệ thống thoát nước kém hiệu quả dẫn đến ngập úng đô thị thường xuyên, nước thải không được xử lý gây ô nhiễm nguồn nước, ảnh hưởng xấu đến sức khỏe cộng đồng.

❖ **Còn về quy hoạch thoát nước và thiết kế hệ thống thoát nước, thưa ông?**

- Có thể nói, chúng ta đang chạy sau thực tế. Quy hoạch thoát nước ở nhiều địa phương chưa theo kịp tốc độ đô thị hóa và chưa đồng bộ với quy hoạch sử dụng đất, giao thông, thủy lợi, dẫn đến sự rời rạc và thiếu hiệu quả trong tổ chức không gian thoát nước.

Về cơ sở dữ liệu phục vụ tính toán, đặc biệt là số liệu khí tượng thủy văn, vẫn còn thiếu và chưa được cập nhật thường xuyên, khiến việc thiết kế hệ thống dựa trên nền tảng dữ liệu chưa đủ tin cậy.

Phương pháp tính toán chưa đổi mới, các thông số thiết kế theo quy hoạch có thể không còn phù hợp với giai đoạn hiện nay, đặc biệt các số liệu liên quan đến mưa, chưa dự báo được lượng mưa cực đoan, bất thường. Vì vậy, nếu gặp mưa vượt tần suất thiết kế là ngập hoặc một số tuyến thoát nước mặc dù mới được đầu tư cũng trở nên quá tải. Bên cạnh đó, việc xác định cao độ nền đô thị ở nhiều nơi còn quá cứng nhắc, thiếu đánh giá tổng thể theo lưu vực khiến tình trạng nâng nền nơi này lại gây ngập cho nơi khác.

Đặc biệt, hệ thống tiêu chuẩn - quy chuẩn thiết kế thoát nước cần được rà soát và điều chỉnh toàn diện. Hiện nay, các tiêu chuẩn này chưa tính đến đầy đủ yếu tố BĐKH, nhất là sự gia tăng cường độ mưa, thời gian mưa, tần suất mưa cực đoan hay các tổ hợp giữa mưa, lũ và triều cường, vì vậy cần phải được xem xét, sửa đổi, bổ sung cập nhật. Trong quy chuẩn cần xem xét lại chu kỳ lặp lại mực nước ngập tính toán và chu kỳ lặp lại trận mưa gây tràn cống.

❖ **Thực tiễn trong cuộc sống hiện nay, tình trạng xả rác bừa bãi vào cống rãnh, kênh rạch và cửa xả là vấn đề dai dẳng ở hầu hết các đô thị. Rác thải sinh hoạt, bùn đất, vật liệu xây dựng đổ xuống kênh mương không chỉ làm thu hẹp đáng kể tiết diện dòng chảy mà còn gây tắc nghẽn hồ ga, cửa thu nước, khiến hệ thống cống mất chức năng**



Khánh Hòa cảnh báo tình trạng ngập lụt gần như tại tất cả địa phương trong tỉnh.

dẫn nước vào thời điểm cần nhất. Nhiều tuyến kênh vốn là dòng thoát lũ tự nhiên, nhưng vì bị đổ rác, bồi lắng và không được duy tu trong thời gian dài nên khả năng thoát nước giảm mạnh, thậm chí trở nên vô tác dụng. Ông đánh giá tác hại của chúng như thế nào?

- Đây thực sự là những nguyên nhân trực tiếp và mang tính tích lũy lâu dài khiến hệ thống tiêu thoát nước ở các đô thị Việt Nam trở nên ngày càng dễ tổn thương. Nếu nói mưa lớn là tác nhân khởi phát, thì chính các hoạt động của con người mới là những yếu tố “khuếch đại rủi ro”, khiến đô thị rơi vào tình trạng ngập nặng chỉ sau một thời gian mưa tương đối ngắn.

Không chỉ vậy, việc san lấp ao hồ, lấn chiếm kênh rạch để xây dựng nhà cửa, quán xá, khu thương mại... diễn ra phổ biến tại nhiều đô thị lớn. Các không gian mặt nước này vốn là “túi chứa” giúp điều tiết nước mưa và giảm áp lực cho hệ thống thoát nước; nhưng khi bị thu hẹp hoặc biến mất hoàn toàn, đô thị mất đi cơ chế tự nhiên để giảm đỉnh lũ và cắt dòng chảy. Ở nhiều nơi, các đoạn sông rạch vốn tồn tại hàng chục năm bỗng bị thu hẹp hoặc bị lấp kín, dòng chảy bị chia cắt, dẫn đến tình trạng nước dồn ứ tại các điểm thắt cổ chai, gây ngập cục bộ nhanh và rút chậm. Việc nạo vét kênh rạch không được thực hiện thường xuyên càng khiến tình trạng bồi lắng diễn ra mạnh hơn, làm suy giảm năng lực thoát nước qua từng năm.

Một yếu tố nữa là quá trình đô thị hóa và bê tông hóa tràn lan đã làm mất đáng kể các bề mặt thấm nước; con người chiếm chỗ của nước và đẩy dòng chảy tự nhiên đi nơi khác. Đô thị hóa cũng làm biến mất nhiều dòng chảy tự nhiên và chia cắt lưu vực, hình thành các lưu vực mới thiếu liên kết. Việc bê tông hóa và cống hóa sông, kênh, rạch càng làm suy giảm khả năng thấm, trữ nước, tạo ra lượng dòng chảy tràn lớn hơn nhiều so với trước đây và gia tăng nguy cơ ngập úng.

Nếu trước kia, phần lớn lượng nước mưa có thể thấm vào đất, bổ cập nước ngầm hoặc lan tỏa qua các bề mặt tự nhiên, thì nay hầu như toàn bộ lượng mưa đều trở thành dòng chảy



Lũ thượng nguồn đổ về gây ngập quốc lộ 1 và dân cư xã Hồng Sơn. Ảnh: Việt Quốc



Ngập úng diện rộng sau mưa lớn không chỉ là vấn đề thoát nước, mà phản ánh những bất cập mang tính hệ thống: không gian trữ nước bị thu hẹp, hạ tầng thiếu đồng bộ, dự án xây dựng lấn kênh rạch, và quản lý vận hành chưa linh hoạt trước diễn biến thời tiết. Khi một mắt xích yếu, toàn bộ hệ thống đô thị dễ dàng rơi vào trạng thái quá tải và mất khả năng tự phục hồi”.

PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến

mặt, khiến lưu lượng đổ vào hệ thống thoát nước tăng gấp nhiều lần. Điều này tạo ra một “cú sốc dòng chảy” đối với mạng lưới cống vốn không được thiết kế để tiếp nhận lượng nước lớn trong thời gian ngắn.

Đáng lo ngại hơn, đô thị hóa không chỉ làm mất mặt thấm mà còn làm biến dạng cấu trúc lưu vực. Nhiều dòng chảy tự nhiên bị lấp, chuyển hướng hoặc chia cắt bởi đường sá và khu dân cư mới, tạo thành các lưu vực nhỏ rời rạc, thiếu liên thông. Thay vì được dẫn theo hệ thống tự nhiên ra sông lớn hoặc biển, nước mưa bị dồn ứ lại trong các “bẫy ngập” nhân tạo.

Tổng hợp các yếu tố trên cho thấy khả năng thấm, giữ, trữ nước tự nhiên của đô thị đã suy giảm nghiêm trọng. Nhiều nơi gần như đánh mất “hệ sinh thái nước” vốn giúp duy trì cân bằng thủy văn. Khi nước không còn chỗ chứa, dòng chảy bị chặn và đường thoát bị thu hẹp, chỉ một trận mưa lớn bất thường cũng đủ làm hệ thống quá tải. Vì vậy, nhiều khu vực trước kia hiếm khi ngập nay lại ngập sâu, ngập nhanh và kéo dài.



Phố cổ Hội An chìm trong biển nước.



Nếu nói mưa lớn là tác nhân khởi phát thì chính các hoạt động của con người mới là những yếu tố “khuếch đại rủi ro”, khiến đô thị rơi vào tình trạng ngập nặng chỉ sau một thời gian mưa tương đối ngắn”.

PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến

TĂNG SỨC CHỐNG ĐỔ CỦA ĐÔ THỊ BẰNG QUY HOẠCH THÍCH ỨNG

◆ Khi chứng kiến những đợt mưa lũ cực đoan gây ngập sâu, thiệt hại nặng nề trong thời gian vừa qua, phải chăng có một câu hỏi lớn đặt ra là: Đô thị Việt Nam có thể làm gì để tăng khả năng chống chịu?

- Đây là câu hỏi không chỉ cho hiện tại mà còn cho cả định hướng dài hạn của quá trình phát triển đô thị. Để các đô thị đứng vững trước các hiện tượng cực đoan ngày càng khó lường, hệ thống giải pháp bắt buộc phải mang tính tổng hợp và liên ngành. Muốn đô thị chống chịu tốt, phải bắt đầu từ tư duy quy hoạch thích ứng.

Thứ nhất là quy hoạch thích ứng. Các kịch bản BĐKH và quản lý rủi ro thiên tai phải được tích hợp vào mọi cấp độ quy hoạch đô thị, đặc biệt là quy hoạch chung và quy hoạch phân khu, để bảo đảm phát triển đô thị phù hợp với điều kiện khí hậu tương lai.

Thứ hai là áp dụng các giải pháp thoát nước tiên tiến. Hiện nay mô hình thoát nước bền vững hay “đô thị bọt biển” đang được quan tâm rộng rãi, với trọng tâm là tăng cường không gian xanh, mặt nước, bề mặt thấm kết hợp đồng bộ với hệ thống thoát nước hiện hữu nhằm quản lý nước mưa hiệu quả hơn.

Thứ ba là xây dựng hệ thống cảnh báo sớm. Việc tăng cường quan trắc, giám sát khí tượng thủy văn và ứng dụng công nghệ dự báo hiện đại sẽ giúp cảnh báo kịp thời các hiện tượng thời tiết cực đoan để người dân và chính quyền chủ động ứng phó.

Thứ tư là bảo vệ môi trường tự nhiên. Trồng cây xanh, bảo vệ rừng đầu nguồn, rừng ngập mặn và các vùng đệm tự nhiên có vai trò quan trọng trong điều hòa khí hậu và giảm thiểu tác động thiên tai.

Thứ năm là nâng cao năng lực quản lý. Cần tăng cường năng lực cho chính quyền các cấp và cơ quan chuyên môn để thực thi hiệu quả các giải pháp chống chịu với BĐKH.

◆ Trong bối cảnh bão, mưa, lũ diễn biến bất thường và khó dự báo; mưa kết hợp lũ, triều cường vượt khả năng chống đỡ của các công trình hiện có... đã có nhiều ý kiến đưa ra đã đến lúc phải nghiên cứu xây dựng một chiến lược “sống chung với lũ”... Quan điểm của ông về đề xuất này như thế nào?

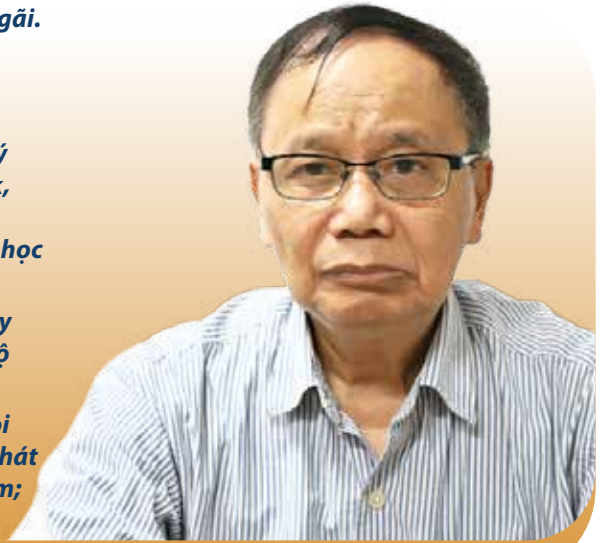
- Tôi biết vẫn có những ý kiến băn khoăn, cho rằng “sống chung với lũ” chỉ phù hợp với một số khu vực đặc thù như ĐBSCL. Tuy nhiên với thực tế hiện nay, khi BĐKH đã và đang diễn ra rõ rệt, các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng khó lường, mưa bão, lũ liên tiếp vượt qua các mốc lịch sử và vượt ra ngoài khả năng kiểm soát của con người, thì theo tôi, chúng ta buộc phải tiếp cận vấn đề một cách chủ động hơn. Đã đến lúc cần xây dựng một chiến lược phòng chống ngập

PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến sinh năm 1957, quê quán: Quảng Ngãi. Tốt nghiệp Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội năm 1979, chuyên ngành Kỹ thuật đô thị.

Sau đại học chuyên ngành Quản lý vùng, Đại học Tổng hợp Dortmund, CHLB Đức, 1994 (PG); Thạc sĩ chuyên ngành Quản lý vùng và nông thôn, Học viện Công nghệ châu Á (AIT) Bangkok, Thailand, 1995 (M.Sc.); Bảo vệ bằng Tiến sĩ năm 2004, chuyên ngành Quy hoạch Không gian và xây dựng đô thị, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; được phong hàm PGS năm 2010.

Ông từng tham gia công tác quản lý: Phó viện trưởng Viện Quy hoạch đô thị - nông thôn, Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật (Bộ Xây dựng).

Hiện ông là Chủ tịch Hội Chiếu sáng Việt Nam; Phó chủ tịch Hội Cấp thoát nước Việt Nam, Ủy viên thường vụ Hội Quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam; Ủy viên BCH Tổng hội Xây dựng Việt Nam; Ủy viên Hội đồng Khoa học Tạp chí Xây dựng.



ứng bài bản, trong đó “sống chung với lũ” là một cấu phần quan trọng.

Nói “sống chung với lũ” tức là chủ động xây dựng trước các phương án phòng tránh, ứng phó ở mức độ cực đoan nhất; đồng thời phát triển các cơ chế thích ứng có kiểm soát đối với các nguy cơ có thể xảy ra. Tinh thần cốt lõi của chiến lược này là bảo vệ tính mạng con người lên hàng đầu, đặc biệt trong những tình huống bất khả kháng mà thiên tai vượt ngưỡng thiết kế hoặc vượt năng lực chống chịu của hệ thống hạ tầng.

Tuy nhiên, tôi muốn nhấn mạnh rằng “sống chung với lũ” hoàn toàn không có nghĩa là chấp nhận những thiệt hại do các yếu tố chủ quan gây ra, đặc biệt là do sự buông lỏng quản lý hay phát triển đô thị thiếu kiểm soát. Chúng ta không được phép xem đó là cái có để bỏ qua các sai sót trong quy hoạch, hoặc để đô thị tiếp tục bị ngập do hệ thống thoát nước yếu kém hay do can thiệp sai vào tự nhiên.

Về nguyên tắc, ưu tiên số một vẫn phải là đầu tư đồng bộ, bài bản hệ thống thoát nước đô thị, bảo đảm hạ tầng có đủ năng lực đáp ứng các kịch bản mưa, lũ ngày càng khắc nghiệt. Chỉ trong những trường hợp đặc biệt, hoặc ở các vùng có điều kiện tự nhiên đặc thù, chiến lược “sống chung với lũ” mới được xem như giải pháp hỗ trợ nhằm giảm thiểu rủi ro và bảo đảm an toàn cho người dân.

❖ Vậy là, đã đến lúc chúng ta cần hoàn thiện khung pháp lý và cơ chế quản lý là yếu tố then chốt để đảm bảo các giải pháp kỹ thuật được thực hiện hiệu quả và bền vững?

- Đúng vậy, khung thể chế và cơ chế quản lý là then chốt, bởi nếu không có hành lang pháp lý rõ ràng và cơ chế vận hành chặt chẽ thì mọi giải pháp kỹ thuật dù tốt cũng khó đạt hiệu quả lâu dài. Tôi cho rằng chúng ta cần làm những việc sau:

Khẩn trương rà soát, điều chỉnh các quy trình vận hành liên hồ, đơn hồ chứa thủy điện, thủy lợi, trong đó phải ưu tiên dành dung tích hữu ích của hồ để cắt lũ cho hạ du. Trước mắt tập trung đẩy nhanh tiến độ sửa đổi quy trình vận hành liên hồ chứa trên 5 lưu vực sông của khu vực miền Trung theo hướng linh hoạt hơn với mục tiêu là gia tăng dung tích phòng lũ, giảm nguy cơ ngập lụt diện rộng cho hạ du trong bối cảnh ngày càng xuất hiện nhiều đợt mưa lớn, lũ kép và các hiện tượng thời tiết bất thường.

Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia, chỉ tiêu thiết kế đối với hệ thống kết cấu hạ tầng kỹ thuật nói chung và đối với các công trình thoát lũ, hệ thống thoát nước đô thị nói riêng bảo đảm đủ năng lực chống chịu với BĐKH và các thiên tai cực đoan.

Bổ sung, cập nhật nội dung quy hoạch vùng, quy hoạch tỉnh và quy hoạch đô thị đặc biệt quy hoạch thoát nước các yếu tố liên quan đến BĐKH, phòng, chống thiên tai và các giải pháp thích ứng với BĐKH. Mỗi đô thị phải có bản đồ ngập ứng, cập nhật theo thời gian thực.

Tập trung đầu tư cho nghiên cứu các loại hình thiên tai, các mô hình dự báo tiên tiến; hiện đại hoá hệ thống quan trắc, giám sát đa tầng, đẩy mạnh ứng dụng công nghệ viễn thám, ảnh vệ tinh, máy bay không người lái (UAV), mô hình trí tuệ nhân tạo (AI) và khoa học máy tính phân tích dữ liệu lớn trong dự báo, cảnh báo, theo dõi, giám sát, quản lý rủi ro thiên tai.

Đánh giá lại kịch bản BĐKH 2020 và xây dựng kịch bản BĐKH mới phù hợp với diễn biến hiện nay, chỉ khi kịch bản, tiêu chuẩn, quy hoạch và vận hành được cập nhật đồng bộ thì các giải pháp kỹ thuật mới phát huy tác dụng thực sự.❖

❖ Trân trọng cảm ơn ông về cuộc trò chuyện!

Kiến trúc vì sức khỏe - cốt lõi để kiến tạo kiến trúc xanh



KTS PHẠM THANH TÙNG*

1 Thế giới hôm nay đang đứng trước những thay đổi có tính lịch sử, tác động sâu sắc đến sự phát triển của nhân loại khi bước vào kỷ nguyên số, kỷ nguyên sinh thái với cuộc cách mạng khoa học công nghệ lần thứ tư và sự phát triển vượt bậc của trí tuệ nhân tạo AI.

Kỷ nguyên số đã làm thay đổi cấu trúc văn hóa truyền thống. Không gian số đã xóa nhòa không gian địa lý của các quốc gia với mạng xã hội như Tik Tok, Netflix, Game online, Zalo... Văn hóa sáng tạo lên ngôi, trở thành quyền lực mềm của nhiều quốc gia (như Hàn Quốc, Singapore, Anh, Mỹ), trở thành ngành kinh tế mũi nhọn, có khả năng chiếm khoảng 3% GDP toàn cầu và sẽ còn hơn nữa.

Kiến trúc đô thị bước vào kỷ nguyên sinh thái với kiến trúc xanh, đô thị xanh, đô thị thông minh, đô thị các-bon thấp để đối phó và thích ứng với thiên tai lũ lụt, ngập úng, ô nhiễm môi trường và sự tăng nhiệt ở đô thị bởi biến đổi khí hậu diễn ra ngày càng phức tạp trên phạm vi toàn cầu. Kỷ nguyên sinh thái cũng sẽ làm thay đổi tư duy của các nhà lập quy hoạch truyền thống với tầm nhìn ngắn hạn chỉ từ 20 - 30 hay 40 năm, mà thay vào đó là các bản quy hoạch bền vững, thông minh có tầm nhìn đến 100 năm hay hơn nữa với sự tham gia của AI, IoT và dữ liệu lớn, để có nhiều kịch bản thích ứng trước biến đổi khí hậu, vì cuộc sống bền vững, an toàn của con người, của cộng đồng. Kỷ nguyên sinh thái cũng đặt ra cho kiến trúc sư những vấn đề phải giải quyết trong quá trình kiến tạo một ngôi nhà, một quần cư ở đô thị, nông thôn... nơi trú ngụ của con người, của cộng đồng. Đó không phải là

kiến trúc trên bản vẽ với sự trợ giúp của công nghệ số đầy sắc màu, lãng mạn, bay bổng, mà đây phải là kiến trúc chạm đến trái tim của người sống trong đó, chở che những phận đời mỏng manh, dễ bị tổn thương cũng như làm cho họ dịu nỗi đau, thấp lên niềm tin và hy vọng vào cuộc sống.

Mối quan hệ giữa kiến trúc và sức khỏe là mối quan hệ mật thiết. Một công trình được xây dựng bao gồm thiết kế, bố cục không gian và vật liệu sử dụng đều có ảnh hưởng trực tiếp hay gián tiếp đến sức khỏe thể chất và sức khỏe tinh thần của con người. Một ngôi nhà có kiến trúc tốt, vị trí đặt đúng hướng (lấy vợ hiền hòa, làm nhà hướng Nam), có nhiều cây xanh, cửa sổ vừa đủ để ánh sáng chan hòa (không tối hay sáng gắt, nắng chiếu chói chang), không ẩm thấp, bí bách, thoáng mát sẽ đem đến một không gian trong lành, tươi sáng, thoải mái, nhiều năng lượng cho người ở. Với một quần cư ở đô thị hay nông thôn cũng thế. Bởi bản chất kiến trúc sinh ra là để phục vụ con người, vì con người và đó là sứ mệnh của kiến trúc, của kiến trúc sư.

Trong một thế giới đầy biến động phức tạp, kiến trúc cũng phải chịu nhiều tác động của địa chính trị, của biến đổi khí hậu. Kiến trúc vùng núi phía Bắc, miền Trung - Tây Nguyên khó có thể bền vững trước sức tàn phá kinh hoàng của lũ lụt khi mà rừng phòng hộ đầu nguồn bị con người tàn phá không thương tiếc; khi mà hàng trăm thủy điện nhỏ được xây dựng bởi một giai đoạn quản trị thiếu tầm nhìn, thiếu kiểm soát; khi mà các ngôi nhà ở riêng lẻ, hay quần cư được xây cất với kiến trúc truyền thống, thiếu khả năng chống chịu trước thiên tai, nằm ở các vị trí

() Chánh văn phòng Trung ương Hội KTS Việt Nam*

không an toàn, dễ bị sạt lở, bị lũ cuốn hay ngập lụt. Kiến trúc đô thị với những tòa nhà cao tầng, bọc kính, đồ sộ, tiện nghi; một hệ thống giao thông hiện đại, với đường trên cao đầy đặc, uốn lượn như những con rắn bằng bê tông và thép khổng lồ, nhưng lúc nào cũng chật cứng phương tiện giao thông cơ giới, ngày ngày thải vào bầu không khí vô vàn tấn khí thải, CO₂ cùng tiếng còi xe, tiếng động cơ ô tô, xe máy rền rĩ, chói tai và đường phố luôn úng ngập mỗi khi có mưa to kéo dài.

Và khi đó, một câu hỏi đặt ra không phải là “Kiến trúc ấy, đô thị ấy có đẹp không?” mà là “Kiến trúc ấy, đô thị ấy có lành mạnh không, có an toàn không?”. Nói cách khác “Kiến trúc ấy, đô thị ấy có đáng sống không?”

2 Mỗi quan hệ giữa kiến trúc và sức khỏe không phải là mới, nhưng ngày càng được khẳng định bởi các luận cứ khoa học và thực tiễn. Một kiến trúc được thiết kế theo hướng sinh thái không chỉ tiết kiệm năng lượng hay đạt hiệu quả thẩm mỹ, mà kiến trúc đó phải tạo ra môi trường sống lành mạnh cho con người. Mỗi quan hệ này đã trở thành hướng tiếp cận cốt lõi của kiến trúc đương đại, nơi không gian sống được nhìn nhận như cơ thể thứ hai của con người, nơi có thể nuôi dưỡng thể chất, tinh thần và các mối quan hệ xã hội, sự tương tác giữa cá nhân với cá nhân, giữa cá nhân với cộng đồng và cá nhân với thiên nhiên. Nói cách khác, kiến trúc không chỉ tạo ra công trình vật chất mà còn kiến tạo môi trường sống, nơi con người được bảo vệ, phát triển và giao tiếp xã hội. Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO) thì “Sức khỏe là trạng thái thoải mái hoàn toàn về thể chất, tinh thần và xã hội, chứ không chỉ là không có bệnh tật hay thương tật”. Như vậy, khái niệm sức khỏe ngày nay không còn giới hạn trong phạm vi y học, mà mở rộng thành một hệ giá trị, bao gồm: Sức khỏe thể chất; sức khỏe tinh thần và sức khỏe xã hội. Với cách hiểu như thế, thì kiến trúc không chỉ là sản phẩm có tính nghệ thuật cao, mà kiến trúc còn là phương tiện quan trọng góp phần định hình chất lượng sống, trạng thái sức khỏe toàn diện và ở một chừng mực nào đó tạo nên nhân cách của con người.

Mối liên hệ giữa kiến trúc và sức khỏe được thể hiện rất rõ ở một số yếu tố sau:

+ Kiến trúc tác động trực tiếp đến sức khỏe: Thiết kế thông gió tốt giúp lưu thông không khí, giảm thiểu các chất gây ô nhiễm trong nhà (như nấm mốc, bụi) từ đó giảm nguy cơ mắc các bệnh về đường hô hấp và dị ứng. Thiết kế đảm bảo ánh sáng tự nhiên sẽ giúp cơ thể điều chỉnh đồng hồ sinh học, cải thiện chất lượng giấc ngủ, tăng cường hệ miễn dịch. Vật liệu sử dụng trong kiến trúc ít phát thải độc hại, không trơn trượt sẽ giúp ngăn ngừa các vấn đề sức khỏe do phơi nhiễm hóa chất, chấn thương khi hoạt động.

+ Kiến trúc tác động đến sức khỏe tinh thần và cảm xúc con người: Yếu tố này thể hiện rất rõ khi công trình có không gian xanh, hay cửa sổ lớn, tầm nhìn khoáng đạt ra thiên nhiên sẽ làm giảm mức độ căng thẳng (stress),

hạ huyết áp và tăng cảm xúc thư thái. Màu sắc công trình cũng tạo cảm giác thân thiện, ấm áp (màu vàng, cam), hay tạo cảm giác tĩnh lặng, thư thái (màu xanh dương, xanh lá). Kiến trúc có khả năng cách âm tốt, kiểm soát được tiếng ồn xung quanh sẽ làm tăng khả năng tập trung, hiệu suất làm việc, học tập, giảm mệt mỏi tinh thần (nhà ở, trường học, công sở, y tế).

+ Kiến trúc đô thị và sức khỏe cộng đồng: Ở quy mô lớn hơn, quy hoạch đô thị với không gian công cộng, không gian xanh có ảnh hưởng rộng lớn đến sức khỏe cộng đồng. Một đô thị có nhiều công viên, hồ nước, quảng trường, phố đi bộ, không gian công cộng nơi con người dễ tương tác với nhau, tương tác với cộng đồng, với thiên nhiên bằng các hoạt động vui chơi, giải trí... chống lại sự cô độc, thúc đẩy sức khỏe tinh thần, nuôi dưỡng niềm tin vào cuộc sống. Quy hoạch đô thị tốt, lấy con người làm trung tâm sẽ đảm bảo cho người dân quyền tiếp cận dễ dàng các dịch vụ thiết yếu của đời sống (như y tế, giáo dục, chợ, trung tâm thương mại...) thông qua hệ thống giao thông công cộng thuận tiện, giảm thiểu phương tiện cá nhân (ô tô, xe máy), thúc đẩy lối sống năng động (đi bộ, đi xe đạp). Đô thị sẽ không bị ngập lụt kéo dài khi mưa bão lớn. Giao thông đường phố không bị ùn tắc, kẹt xe. Vía hè thông thoáng, thuận tiện cho người đi bộ. Đường phố nhiều cây xanh, tạo bóng mát, giảm nhiệt độ thị vào mùa hè, hấp thụ CO₂, tăng cường ô-xi.

Và như thế, một đô thị không chỉ đẹp về kiến trúc, về thẩm mỹ không gian mà còn phải là một môi trường sống, làm việc, học tập tối ưu cho sức khỏe, hạnh phúc của cư dân.

3 Nước ta đã và đang hứng chịu những trận bão lũ kinh hoàng xảy ra ở nhiều tỉnh miền núi phía Bắc, Đồng bằng Bắc bộ (tháng 9 - 10) và hiện nay là ở nhiều tỉnh miền Trung - Tây Nguyên như Huế, Đà Nẵng, Gia Lai, Đắk Lắk, Lâm Đồng, Quảng Trị... để lại thiệt hại vô cùng lớn về người và của cho nhà nước và nhân dân. Lũ cuốn, ngập lụt đã tàn phá, làm hư hỏng nặng hàng chục ngàn ngôi nhà ở, hàng trăm trường học, cơ sở y tế, giáo dục. Nhiều làng, bản bị lũ cuốn trôi, hay bị vùi lấp do sạt lở đất. Hậu quả do thiên tai gây ra vô cùng thảm khốc, nhưng cũng cho chúng ta những bài học lớn về công tác lập quy hoạch điểm dân cư nông thôn, quy hoạch đô thị, trong thiết kế kiến trúc công trình. Khi phải gồng mình chống chịu với bão lũ, công tác cứu hộ, cứu nạn đảm bảo an toàn cho người dân là nhiệm vụ cao nhất, tối thượng của chính phủ, chính quyền địa phương, lực lượng vũ trang và cộng đồng.

Với kiến trúc sư, thiết kế bền vững để ứng phó và thích ứng với biến đổi khí hậu là yêu cầu cấp thiết. Bởi trước khi nói đến kiến trúc có bản sắc, kiến trúc vì sức khỏe con người, thì trước tiên con người phải được sống trong những ngôi nhà bền vững, những cụm dân cư bền vững, những đô thị bền vững.

Và kiến trúc xanh, kiến trúc sinh thái là kiến trúc của kỷ nguyên chúng ta đang hướng đến.

Hồ Núi Cốc - Thành phố du lịch

> KTS THÀNH VINH

Thế giới đã có Balaton, Como, Tahoe, Sun Moon Lake. Việt Nam sắp có thêm một cái tên xứng tầm trên bản đồ du lịch: Thành phố Hồ Núi Cốc, điều đó đang dần trở thành định hướng phát triển rõ ràng cho cả một vùng đô thị mặt nước phía Bắc.

Trên bản đồ du lịch thế giới, những thành phố phát triển bên hồ luôn nắm giữ sức hút đặc biệt. Tại châu Âu, hồ Balaton của Hungary từ lâu đã được xem như hình mẫu về một “đô thị du lịch hồ” đúng nghĩa. Ở Italia, hồ Como trở thành biểu tượng sang trọng của khu vực Lombardy với hàng tỷ euro doanh thu du lịch mỗi năm. Bên kia bờ Thái Bình Dương, hồ Tahoe, nằm ở biên giới hai bang California và Nevada, là “cỗ máy” kinh tế trị giá hơn 5 tỷ USD, tạo nên hệ thống dịch vụ giải trí quy mô lớn. Ở châu Á, Sun Moon Lake (Nhật Nguyệt Đàm) của Đài Loan là một trong những hồ nổi tiếng nhất, thu hút hàng triệu du khách quốc tế hằng năm.

Những thành phố hồ ấy có một điểm chung: khi mặt nước được đặt vào vị trí trung tâm của quy hoạch đô thị, toàn bộ không gian kiến trúc, cảnh quan và dịch vụ sẽ xoay quanh hồ. Điều này không chỉ đem lại giá trị kinh tế vượt trội mà còn tạo nên một hệ sinh thái đô thị bền vững, thấm đẫm bản sắc.

Trong nhiều thập niên, Hồ Núi Cốc của Việt Nam chỉ được nhắc đến như một khu du lịch cuối tuần, với một số điểm tham quan trải rộng ven hồ. Tuy nhiên, vị thế của Hồ Núi Cốc trên bản đồ phát triển quốc gia đang thay đổi nhanh chóng. Định hướng quy hoạch mới của tỉnh Thái Nguyên đã đưa nơi này lên một tầm nhìn hoàn toàn khác: trở thành trung tâm của một đô thị du lịch hồ trong tương lai gần. Đó là quá trình chuyển đổi từ mô hình khai thác nhỏ lẻ sang quy hoạch hệ thống; từ du lịch đơn chức năng sang đô thị đa trải nghiệm; từ cảnh quan tĩnh sang hạ tầng động của một thành phố du lịch hồ đúng nghĩa.

Đây không chỉ là kỳ vọng, mà sẽ trở thành một định hướng phát triển từ góc độ quy hoạch không gian, cấu trúc địa hình, chiến lược kinh tế - xã hội và xu hướng du lịch quốc tế.

HỒ LÀ TRUNG TÂM - ĐÔ THỊ LÀ KHUNG: TẦM NHÌN QUY HOẠCH CỦA TƯƠNG LAI

Bài học xuyên suốt từ các đô thị ven hồ trên thế giới cho thấy

hồ tương lai



Bài học xuyên suốt từ các đô thị ven hồ trên thế giới cho thấy một nguyên tắc bất biến: hồ phải là trung tâm của quy hoạch, chứ không bao giờ là phần nền thứ yếu. Khi mặt nước trở thành trục định vị, mọi cấu phần đô thị, từ kiến trúc, hạ tầng, không gian công cộng đến hoạt động du lịch đều xoay quanh hồ, tạo nên một hệ thống không gian liên hoàn, giàu bản sắc và bền vững về môi trường.

một nguyên tắc bất biến: hồ phải là trung tâm của quy hoạch, chứ không bao giờ là phần nền thứ yếu. Khi mặt nước trở thành trục định vị, mọi cấu phần đô thị; từ kiến trúc, hạ tầng, không gian công cộng đến hoạt động du lịch đều xoay quanh hồ, tạo nên một hệ thống không gian liên hoàn, giàu bản sắc và bền vững về môi trường.

Hồ Balaton đã phát triển dải đô thị trải dài quanh hơn 200 km bờ hồ, nơi bến du thuyền, bãi tắm, công viên, tuyến đường đi bộ, xe đạp và các thị trấn nghỉ dưỡng đan cài vào nhau. Lake Como cũng xây dựng mô hình tương tự, với chuỗi làng du lịch ven hồ kết nối bởi giao thông mặt nước và mặt đất. Sun Moon Lake trở thành điểm đến quốc gia nhờ chiến lược bảo tồn cảnh quan hồ song song với phát triển sản phẩm nghỉ dưỡng.

Hồ Núi Cốc, với những vịnh nhỏ, đảo, bán đảo và mặt nước rộng hơn 25 km², là một “bản vẽ tự nhiên” thuận lợi để phát triển mô hình đô thị du lịch hồ theo chuẩn quốc tế. Vấn đề đặt ra không phải là “làm du lịch ven hồ”, mà là xây dựng một cấu trúc

đô thị xoay quanh mặt nước. Điều này đòi hỏi tư duy quy hoạch hoàn toàn mới: lấy hồ làm trung tâm, và để không gian đô thị đóng vai trò khung, nâng đỡ và định hình trải nghiệm cho cư dân lẫn du khách.

Trong bối cảnh đó, vành đai ven hồ phải được xem là trục không gian công cộng quan trọng nhất. Đó không phải chỉ là đường giao thông, mà phải trở thành một không gian liên hoàn với công viên, quảng trường, sân khấu ngoài trời, đường đi bộ, đường xe đạp, bến du thuyền và các điểm ngắm cảnh. Đây cũng là nơi kết nối cảm xúc trực tiếp giữa con người và mặt nước, yếu tố quyết định tạo nên “linh hồn” của một thành phố du lịch hồ.

Khác với nhiều hồ ở châu Âu đã bị xây dựng dày đặc từ thập niên 1960, vùng Hồ Núi Cốc hiện vẫn giữ được phần lớn cấu trúc tự nhiên với các dải đồi thấp, thảm rừng trung du và hệ sinh thái bản địa, thuận lợi để hình thành một thành phố du lịch hồ kiểu mẫu trong thế kỷ 21, nơi quá trình quy hoạch có thể bắt đầu từ



Cảnh quan hồ Tahoe, nằm ở biên giới hai bang California và Nevada, Mỹ



Cảnh quan Sun Moon Lake (Nhật Nguyệt Đàm) tại Đài Loan.

nền tảng sạch, tránh được những sai lầm mà các đô thị hồ lâu đời đang phải nỗ lực chỉnh sửa.

ĐÔ THỊ THẤP TẦNG VÀ ĐƯỜNG CHÂN TRỜI XANH: LỢI THẾ VƯỢT BALATON

Một đô thị hồ chỉ thực sự thành công khi hội tụ được những nguyên tắc cơ bản về cảnh quan: mật độ thấp, công trình thấp tầng, đường chân trời thoáng mở, dải cây xanh và mặt nước liên tục và hành lang ven hồ được bảo vệ tuyệt đối. Balaton hay Como luôn hướng đến tỷ lệ không gian xanh cao, hạn chế phát triển cao tầng sát mặt nước, bởi họ hiểu rằng một khi đường chân trời bị phá vỡ, bản sắc hồ sẽ mất đi vĩnh viễn.

Trong khi đó, thành phố Hồ Núi Cốc sở hữu một lợi thế mà nhiều thành phố du lịch lâu đời không còn: dư địa quy hoạch rộng và chưa bị bê tông hóa. Khi hành lang mặt nước được bảo vệ nghiêm ngặt, khi đô thị không đè nặng lên cảnh quan bằng những khối bê tông cao tầng, và khi dải ven hồ được dành cho công viên, quảng trường, lối dạo, hệ sinh thái tự nhiên và hạ tầng giải trí cộng đồng, đô thị hồ sẽ có không gian để thở, để mở rộng giá trị du lịch, môi trường và xã hội một cách bền vững.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy: thành phố du lịch hồ chỉ sống được bằng chất lượng cảnh quan, và chất lượng cảnh quan chỉ tồn tại khi quy hoạch được tuân thủ kỷ luật. Nhìn sang Lake Tahoe, mỗi công trình đều được kiểm soát chặt chẽ về chiều cao, mật độ và tác động môi trường. Những bài học ấy hoàn toàn phù hợp với miền đất này, nơi bản sắc tự nhiên còn nguyên vẹn và xứng đáng được bảo vệ ở mức cao nhất.

Nếu Balaton được xem là chuẩn mực của thế kỷ trước, thành phố Hồ Núi Cốc có đủ điều kiện để trở thành chuẩn mực của thế kỷ 21: một đô thị hồ thông minh, xanh, bền vững, nơi lợi thế tự nhiên và vị thế kinh tế chiến lược được phát huy tối đa.

10 NĂM ĐỂ KHẮNG ĐỊNH VỊ THẾ THÀNH PHỐ DU LỊCH HỒ HÀNG ĐẦU

Trong quy hoạch phát triển dài hạn, giai đoạn 2025 - 2035 được xem là thời điểm mang tính quyết định. Đây là 10 năm để thành phố Hồ Núi Cốc chứng minh khả năng vươn lên trở thành trung tâm du lịch hồ hàng đầu Việt Nam, đủ sức cạnh tranh



Hồ Núi Cốc với những vịnh nhỏ, đảo, bán đảo và mặt nước rộng hơn 25 km², là một “bản vẽ tự nhiên” thuận lợi để phát triển mô hình đô thị du lịch hồ theo chuẩn quốc tế. Vấn đề đặt ra không phải là “làm du lịch ven hồ”, mà là xây dựng một cấu trúc đô thị xoay quanh mặt nước. Điều này đòi hỏi tư duy quy hoạch hoàn toàn mới: lấy hồ làm trung tâm, và để không gian đô thị đóng vai trò khung, nâng đỡ và định hình trải nghiệm cho cư dân lẫn du khách.

trong khu vực và tiệm cận tiêu chuẩn quốc tế.

Từ góc độ kinh tế - xã hội, thành phố Hồ Núi Cốc không đứng độc lập, mà đang trở thành cực tăng trưởng của toàn khu vực. Nằm cách Hà Nội khoảng 1 giờ di chuyển, gần sân bay Nội Bài và kết nối với các tuyến du lịch ATK Định Hóa - Tân Trào - Ba Bể - Cao Bằng, Hồ Núi Cốc có tiềm năng trở thành trung tâm khởi hành của các hành trình khám phá văn hoá, thiên nhiên Đông Bắc.

Khoảng thời gian mười năm tới vì vậy được xem là giai đoạn bản lề. Đây là thời gian để thành phố Hồ Núi Cốc xác lập vị thế “đô thị du lịch hồ” của mình không chỉ trong phạm vi tỉnh mà trong cả mạng lưới đô thị du lịch của miền Bắc, trở thành trung tâm du lịch hồ kiểu mẫu của Việt Nam, đứng ngang hàng với những địa danh nổi tiếng của châu Á về chất lượng trải nghiệm và không gian đô thị.

Từ góc độ phát triển vùng, sự xuất hiện của một đô thị hồ tâm cỡ sẽ góp phần tạo nên sự cân bằng trong mạng lưới đô thị phía Bắc. Nếu Hòa Bình xác lập vai trò vùng sinh thái của Thủ đô, Vĩnh Phúc phát triển du lịch Tam Đảo, Đại Lải, thì thành phố Hồ Núi Cốc hoàn toàn có thể trở thành mảnh ghép còn lại, nâng tầm cho chuỗi đô thị du lịch gắn với tự nhiên tại miền Bắc Việt Nam.



Một phần cảnh quan hồ Balaton, Hungary.



Cảnh quan hồ Como, Italia.



Hồ Núi Cốc có hệ sinh thái đồi, rừng, hồ đặc trưng và xu hướng đô thị xanh thông minh.

HỌC HỎI NHƯNG KHÔNG SAO CHÉP

Vùng Hồ Núi Cốc có đủ điều kiện để tạo ra một bản sắc riêng biệt, kết hợp giữa tính mềm mại của cảnh quan trung du, văn hóa trà Thái Nguyên, hệ sinh thái đồi, rừng, hồ đặc trưng và xu hướng đô thị xanh thông minh.

Điều làm nên thành phố du lịch hồ không chỉ là mặt nước, mà là phong cách sống gắn liền với thiên nhiên. Khi không gian công cộng đủ rộng và thân thiện, khi cư dân có thể đi bộ quanh hồ, chèo thuyền, đạp xe, ngắm cảnh hoàng hôn hoặc tham gia các hoạt động văn hóa nghệ thuật trên mặt nước, khi du khách cảm nhận được sự tĩnh lặng và chiều sâu sinh thái, khi mặt nước trở thành “linh hồn” của đô thị, lúc ấy nơi đây sẽ định hình một

bản sắc vượt mọi so sánh, trở thành đô thị hồ mang dấu ấn Việt Nam, trẻ trung, xanh, bền vững, hiện đại và nhân văn.

Với tiềm năng tự nhiên hiếm có, vị trí chiến lược trong mạng lưới đô thị, tầm nhìn quy hoạch đúng hướng, Hồ Núi Cốc đang đứng trước 10 năm lịch sử để trở thành biểu tượng du lịch của Việt Nam. Con đường phía trước không dễ dàng, nhưng rõ ràng. Mỗi quyết định hôm nay về cao độ công trình, mật độ, hành lang ven hồ, không gian công cộng... sẽ là những nét bút tạo nên thành phố này. Và khi những hình khối đầu tiên hiện lên, thành phố Hồ Núi Cốc sẽ đứng vững bằng chính bản sắc của mình, trở thành đô thị du lịch xứng tầm điểm đến quốc gia.❖

BẮC NINH SAU SÁP NHẬP:

Định hình cấu trúc đô thị hiện đại

**VĂN HÙNG**

Sau sáp nhập, Bắc Ninh đứng trước yêu cầu tái cấu trúc không gian đô thị theo mô hình đa trung tâm, gắn với quy hoạch đồng bộ và hạ tầng hiện đại. Việc hoàn thiện hệ thống quy hoạch và tổ chức lại các phân khu chức năng mở ra dư địa phát triển mới, tạo nền tảng để tinh hương tới đô thị thông minh, bền vững và đạt tiêu chí thành phố trực thuộc Trung ương.

CƠ HỘI TÁI THIẾT KHÔNG GIAN ĐÔ THỊ

Việc mở rộng quy mô và sắp xếp lại đơn vị hành chính đã tạo cho Bắc Ninh một không gian phát triển liên tục và có tính kết nối cao hơn. Nếu trước đây, các đô thị trong tỉnh phát triển tương đối độc lập, thì nay cấu trúc mới cho phép tổ chức lại không gian theo mô hình đa trung tâm - phù hợp với yêu cầu của một tỉnh công nghiệp đang trên đà đô thị hóa mạnh.

Theo định hướng đang được tỉnh nghiên cứu, phường Bắc Giang và phường Kinh Bắc tiếp tục giữ vai trò trung tâm hành chính - chính trị; Phường Từ Sơn trở thành động lực thương mại - dịch vụ và công nghiệp làng nghề; trong khi Quế Võ, Yên Phong, Thuận Thành, Lạng Giang, Yên Dũng... định vị là các cực tăng trưởng công nghiệp - công nghệ cao. Sự phân bổ chức năng này nhằm hạn chế tình trạng phát triển dồn nén, giảm áp lực lên hạ tầng đô thị trung tâm và tạo sự cân bằng trong phát triển giữa các khu vực.

Hệ thống hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng xã hội của Bắc Ninh đang được nâng cấp theo hướng hiện đại và đồng bộ. Những tuyến giao thông huyết mạch như Quốc lộ 1A, 1B, vành đai 4, đường nối từ sân bay Gia Bình đến Hà Nội, đường sắt Hà Nội - Lạng Sơn, và tiến tới là đường sắt Lào Cai - Hải Phòng, các cảng cạn (Quế Võ, Tiên Du, Gia Bình)... đặc biệt Cảng hàng không sân bay Gia Bình (hoàn thành năm 2026) là sân bay đa năng, lưỡng dụng, có chức năng sân bay chuyên dùng tương đương cấp 4E.

Nằm ở cửa ngõ phía Đông Bắc thủ đô Hà Nội, Bắc Ninh được ví như "viên ngọc quý" của vùng Đồng bằng sông Hồng, đóng vai trò là mắt xích quan trọng trong tam giác kinh tế trọng điểm Hà Nội - Hải Phòng - Quảng Ninh, góp phần thúc

đẩy sự phát triển của khu vực và vùng Đông Bắc Tổ quốc. Vị trí địa lý đặc địa đã mang lại cho tỉnh Bắc Ninh lợi thế vượt trội khi nằm trên hai hành lang kinh tế chiến lược: Côn Minh - Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng và Nam Ninh - Lạng Sơn - Hà Nội - Phú Lý (Ninh Bình mới); một trong các cực tăng trưởng của vùng đồng bằng Sông Hồng, giữ vai trò là một trong những trung tâm công nghiệp lớn của vùng, là địa phương kết nối trên tuyến hành lang công nghiệp QL 18, giúp tỉnh giữ vị thế là trung tâm tổng hợp cấp quốc gia về kinh tế, đồng thời là đầu mối giao thông, giao lưu trong nước và quốc tế.

Hệ thống các quy hoạch tỉnh Bắc Ninh được hoàn thiện, dư địa phát triển mới (Sân bay Gia Bình, đường Vành đai 4, các hạ tầng giao thông kết nối nội vùng, liên vùng như QL 279, QL17, Cao tốc Bắc Ninh - Lạng Sơn, TL295C, 285B, 277B, ĐT276, 287; khu công nghiệp tập trung, khu thương mại phi thuế quan...) cùng với chỉ đạo định hướng của Tổng Bí thư Tô Lâm tại buổi làm việc với Ban Chấp hành Đảng bộ tỉnh Bắc Ninh vào ngày 13/01/2025 là những thời cơ tạo điều kiện cho Bắc Ninh phát triển; truyền thống văn hóa, lịch sử, tinh thần đoàn kết, nỗ lực, quyết tâm cao với sự vào cuộc đồng bộ, quyết liệt của các cấp ủy, chính quyền, hệ thống chính trị và Nhân dân trong tỉnh sẽ tiếp tục được phát huy và lan tỏa; hợp tác quốc tế ngày càng sâu rộng.

PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ XANH - THÔNG MINH - GIÀU BÀN SẮC VĂN HÓA KINH BẮC

Song song với quá trình phát triển công nghiệp, Bắc Ninh đã xác định mục tiêu hướng đến mô hình đô thị xanh và thông minh. Đây không chỉ là xu thế tất yếu, mà còn là yêu



Khu công nghiệp Yên Phong, tỉnh Bắc Ninh.

cầu để đảm bảo chất lượng sống trong một đô thị có mật độ dân cư và công nghiệp cao. Một điểm nhấn đáng chú ý là nỗ lực cải thiện môi trường đô thị thông qua các dự án xử lý nước thải, thu gom rác thải, nạo vét hệ thống thoát nước và kiểm soát ô nhiễm công nghiệp.

Một số nội dung trọng tâm đang được triển khai gồm: Phát triển các vành đai cây xanh, công viên và mặt nước nhằm mở rộng không gian xanh cho đô thị. Ứng dụng công nghệ GIS, bản đồ quy hoạch số và cơ sở dữ liệu đất đai để tăng tính minh bạch và hiệu quả trong quản lý. Phát triển hệ thống chiếu sáng thông minh, giám sát giao thông, giám sát môi trường và quản lý đô thị qua nền tảng số. Tăng cường sử dụng vật liệu xây dựng thân thiện môi trường trong các dự án hạ tầng và nhà ở. Những định hướng này cho thấy Bắc Ninh đang tiếp cận đô thị hóa theo hướng “chất lượng hóa”, coi sự bền vững là tiêu chí cốt lõi.

Trong tiến trình đô thị hóa, việc bảo tồn bản sắc văn hóa truyền thống là yếu tố quan trọng giúp Bắc Ninh tạo nên lợi thế khác biệt. Không gian văn hóa Quan họ, các làng nghề truyền thống và hệ thống đền chùa đặc trưng của vùng Kinh Bắc được tích hợp vào quy hoạch như một cấu phần của cảnh quan đô thị.

Tỉnh định hướng phát triển các tuyến phố văn hóa, cụm cảnh quan gắn với lễ hội, trung tâm trình diễn Quan họ và không gian du lịch cộng đồng. Đây là cách tiếp cận hài hòa



Một góc đô thị mới xã Lạng Giang, tỉnh Bắc Ninh.

giữa bảo tồn và khai thác di sản, góp phần xây dựng hình ảnh đô thị Bắc Ninh vừa hiện đại, vừa đậm chất văn hóa.

Với những lợi thế trên, Bắc Ninh trở thành một trong 10 tỉnh, thành năng động nhất của Vùng Thủ đô Hà Nội. Sự gắn gũi với trung tâm chính trị và kinh tế của cả nước đã tạo điều kiện lý tưởng cho Bắc Ninh phát triển vượt bậc, thu hút mạnh mẽ đầu tư trong và ngoài nước, đồng thời mở rộng giao lưu văn hóa và hợp tác quốc tế. Tỉnh Bắc Ninh đã và đang khẳng định vai trò là động lực tăng trưởng quan trọng, góp phần vào sự thịnh vượng chung của Vùng Thủ đô và cả nước...❖

Trắc trở điện mái nhà khu công nghiệp



NGUYỄN HOÀNG LINH

Theo các chuyên gia năng lượng, điện mặt trời mái nhà tại các khu công nghiệp là nguồn cung điện sạch tiềm năng và dồi dào, ước tính tới 50 GW (cỡ khoảng công suất của 20 nhà máy thủy điện Sơn La). Vậy mà khi muốn huy động nguồn lực này vào công cuộc phát triển đất nước vẫn đang còn ngón ngàng những bàn cãi...

THỨC BÁCH TỪ “TÍN CHỈ XANH”

Theo Đề án thành lập và phát triển thị trường carbon của Chính phủ, các doanh nghiệp Việt Nam bắt buộc phải phát triển nền kinh tế carbon thấp và chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, hướng tới đạt mức phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050.

Đó là nhìn về dài hạn, còn ngay trước mắt, từ năm 2026, Liên minh Châu Âu (EU) sẽ thực hiện đầy đủ Cơ chế điều chỉnh biên giới carbon (CBAM) với hàng hóa xuất khẩu của Việt Nam vào thị trường này. Theo đó, CBAM yêu cầu các nhà nhập khẩu hàng hóa vào EU phải đáp ứng một mức thuế phát thải carbon tương ứng như các nhà sản xuất của EU bị áp, căn cứ vào lượng khí thải carbon trong quá trình sản xuất. Cơ chế này nhằm giữ thị trường cạnh tranh công bằng và đảm bảo lộ trình giảm phát thải của EU.

Khoản “thuế phát thải carbon” sẽ trở thành gánh nặng đối với các doanh nghiệp Việt Nam. Một trong những giải pháp cứu cánh là sử dụng năng lượng tái tạo trong dây chuyền sản xuất. Thế nhưng việc đưa điện mặt trời mái nhà tại các khu công nghiệp ở Việt Nam vẫn còn nhiều trắc trở.

Chẳng hạn như ngành hàng dệt may, số liệu 10 tháng năm 2025 cho thấy, xuất khẩu đang tăng trưởng dương với 46 tỷ USD, xuất siêu đạt 21 tỷ USD, tiếp tục là ngành đóng góp lớn vào cán cân thương mại quốc gia, tỷ lệ nội địa hóa

đạt khoảng 52%, là bước tiến đáng kể trong chủ động nguồn nguyên phụ liệu. Tuy nhiên, các nhãn hàng thời trang hàng đầu thế giới nay yêu cầu sản phẩm phải có “tín chỉ xanh”, một chứng chỉ liên quan đến các hoạt động bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. Nếu có hệ thống điện từ năng lượng mặt trời áp mái ngay trong nhà máy dệt thì sẽ giải quyết được vấn đề này.

TS Lê Xuân Nghĩa có nhận xét, vấn đề đầu tiên của doanh nghiệp Việt Nam hiện nay là làm thế nào tập trung hoạt động theo nhu cầu của thị trường. Trong đó, thị trường đang đặt ra vấn đề “xanh” là số 1, chất lượng là số 2, giá cả là số 3. Lâu nay, doanh nghiệp chú ý nhiều đến vấn đề chất lượng, cạnh tranh về chất lượng và giá cả. Bây giờ nếu không “xanh” thì chất lượng và giá cả không giải quyết được vấn đề thị trường.

THÁCH THỨC Ở TẦM QUỐC GIA

Đầu tháng 11/2025, Bộ Công thương và Hiệp hội Năng lượng Việt Nam (VEA) đã phối hợp tổ chức Diễn đàn Năng lượng sạch Việt Nam lần thứ 5 với chủ đề “Giải pháp chính sách, công nghệ phát triển hệ thống lưu trữ năng lượng và điện mặt trời khu công nghiệp tại Việt Nam”.

Tại diễn đàn, các cụm từ “chưa được nghiên cứu đầy đủ”, “chưa đủ hấp dẫn”... trong chính sách vĩ mô được thường xuyên được nhắc đến. Theo Ban tổ chức diễn đàn, quy hoạch



XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC

điện VIII điều chỉnh quy định vào năm 2030 phát triển lưu trữ năng lượng bằng thủy điện tích năng với quy mô công suất khoảng 2.400 - 6.000 MW và hệ thống pin lưu trữ cho các trung tâm điện gió, điện mặt trời, hoặc trên hệ thống điện phải đạt công suất 10.000 - 16.300 MW. Tổng công suất lưu trữ năng lượng nêu trên đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn, nhưng ảnh hưởng chi phí đầu tư này đến giá điện còn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Các cơ chế hiện tại về giá điện mua và bán cho hệ thống lưu trữ có thể chưa đủ hấp dẫn. Cùng với đó là những thay đổi trong công nghệ hệ thống pin lưu trữ, cũng như xu hướng lưu trữ khác trên toàn cầu và nhu cầu nội địa hóa công nghệ, tái chế, thực hiện kinh tế tuần hoàn của Việt Nam để tự chủ chuỗi cung ứng hệ thống pin lưu trữ đang đặt ra những cơ hội, thách thức lớn, đòi hỏi phải có các cơ chế, chính sách thúc đẩy từ cơ quan quản lý nhà nước về năng lượng...

Tại Nghị định số 58/2025/NĐ-CP của Chính phủ, nhiều quy định chi tiết thi hành Luật Điện lực về phát triển điện năng lượng tái tạo (điện mặt trời, gió) và điện năng lượng mới (hydrogen xanh, amoniac xanh) đã được ban hành, bao gồm các ưu đãi về đất đai, biển, cam kết sản lượng, và hỗ trợ công nghệ, nhằm thúc đẩy năng lượng sạch, đảm bảo an ninh năng lượng và hướng tới mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050.

Tuy nhiên, theo các chuyên gia, muốn phát triển bền vững điện mặt trời khu công nghiệp, Việt Nam rất cần có một nền công nghệ phát triển hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS). Công ty Vận hành hệ thống điện và thị trường điện Quốc gia (NSMO) cho biết, BESS không chỉ là giải pháp dự phòng, mà còn là công cụ điều độ, giúp cân bằng tần số, công suất, ổn định điện áp và giảm áp lực cho lưới truyền tải, đặc biệt có tác dụng đối với sự thiếu ổn định của điện mặt trời.

6 KIẾN NGHỊ GIẢI PHÁP TỪ CÁC CHUYÊN GIA

Điều đáng quan tâm là sau Diễn đàn Năng lượng sạch Việt Nam lần thứ 5, theo Tạp chí Năng lượng Việt Nam, 6 giải pháp đã được các chuyên gia đúc kết và đề xuất kiến nghị.

Thứ nhất, ưu tiên hoàn thiện khung pháp lý cho BESS: Khẩn trương hoàn thiện và công bố khung pháp lý và cơ chế giá điện cụ thể cho các dự án lưu trữ năng lượng, bao gồm phân loại dự án theo công năng. Cơ chế khuyến khích giá: Xây dựng biểu giá khuyến khích cho lưu trữ năng lượng theo biểu đồ phụ tải ngày đêm (peak/off-peak). Mở rộng thị trường: Nghiên cứu và sớm áp dụng cơ chế cho phép các đơn vị lưu trữ năng lượng được tham gia thị trường điện (thị trường giao ngay chu kỳ ngắn hơn, dịch vụ phụ trợ) và mở rộng khung giá điện (bao gồm cả giá sàn âm) để tạo động lực đầu tư tư nhân.

Thứ hai, tháo gỡ rào cản hành chính cho điện mặt trời mái nhà khu công nghiệp và hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS): Trong Kế hoạch thực hiện Quy hoạch điện VIII điều chỉnh, cần bổ sung nội dung phân bổ quy mô công suất BESS cho một số địa phương - nơi thích hợp để xây dựng các trạm BESS kết nối trực tiếp vào lưới điện. Ban hành bổ sung

loại hình và phân cấp công trình BESS trong quy định pháp lý về hoạt động xây dựng. Đơn giản hóa thủ tục: Có hướng dẫn cụ thể, đơn giản hóa và thống nhất trên toàn quốc về thủ tục bổ sung quy hoạch, chủ trương đầu tư, quyết định đầu tư, thẩm định, cấp phép đầu tư BESS và điện mặt trời mái nhà (bao gồm thủ tục giao đất, kiểm tra nghiệm thu xây dựng, phê duyệt phòng cháy, chữa cháy), hướng tới mô hình "một cửa" chịu trách nhiệm xử lý hồ sơ. Linh hoạt hóa cơ chế chia sẻ điện: Ban hành quy định cho phép các doanh nghiệp trong khu công nghiệp có thể liên kết, chia sẻ công suất điện mặt trời mái nhà và BESS với nhau để tối ưu hóa việc sử dụng nội bộ (tích năng ở thời gian thấp điểm và phát điện vào giờ cao điểm). Đặc biệt là hỗ trợ các doanh nghiệp nhỏ không đủ điều kiện tham gia cơ chế mua bán điện trực tiếp (DPPA).

Thứ ba, hỗ trợ tài chính và tiêu chuẩn kỹ thuật: Cơ chế tài chính: Xây dựng hành lang pháp lý vững chắc để các ngân hàng có cơ sở cung cấp tài chính cho các dự án BESS, đi kèm với các chính sách tín dụng xanh. Tiêu chuẩn an toàn và độ bền: Yêu cầu các chuyên gia và cơ quan quản lý đưa ra tiêu chuẩn rõ ràng về tính an toàn của hệ thống BESS tại khu công nghiệp; thường xuyên cập nhật các bộ thông số và tiêu chuẩn kỹ thuật, có phương pháp kiểm chứng độc lập về hệ số suy hao, tuổi thọ pin (ví dụ tuổi thọ 20 - 25 năm) để tăng cường niềm tin cho nhà đầu tư và người sử dụng.

Thứ tư, khuyến khích phát triển công nghiệp nội địa: Tiếp tục hoàn thiện quy định chính sách ưu tiên công nghiệp hỗ trợ cho công nghiệp công nghệ cao như BESS. Khuyến khích đầu tư sản xuất thiết bị, linh kiện và hệ thống pin lưu trữ trong nước (BESS) theo hướng tăng tỷ lệ nội địa hóa để giảm chi phí nhập khẩu và tăng cường năng lực công nghệ.

Thứ năm, thúc đẩy các dự án thí điểm và ứng dụng công nghệ: Thúc đẩy các dự án đầu tư xây dựng BESS của các doanh nghiệp nhà nước đã được giao và đang triển khai trên lưới điện, đề nghị cho phép thực hiện như là dự án thí điểm BESS để làm cơ sở hoàn thiện các cơ chế, chính sách và công nghệ. Thúc đẩy triển khai các dự án thí điểm BESS kết hợp điện mặt trời mái nhà tại các khu công nghiệp; đồng thời khuyến khích ứng dụng các hệ thống quản lý năng lượng thông minh (EMS), sử dụng AI để tối ưu hóa vận hành và doanh thu.

Thứ sáu, xây dựng lộ trình phát triển BESS: Song song với các đề xuất trên, để phát triển BESS một cách có định hướng, bài bản, cần đề xuất một lộ trình phát triển hệ thống BESS thông qua 2 mô hình kinh doanh cụ thể (BESS trước công tơ và BESS sau công tơ), xác định nhiệm vụ, vai trò, lợi ích cụ thể và mức độ đầu tư phát triển các loại hình BESS tương ứng với ba giai đoạn phát triển của thị trường điện.

Theo ước tính, điện mặt trời mái nhà tại các khu công nghiệp là nguồn cung điện sạch tiềm năng và dồi dào, ước tính tới 50 GW (cỡ khoảng công suất của 20 nhà máy thủy điện Sơn La).

Với 6 đề xuất kiến nghị trên đây sẽ đem lại hy vọng làm giảm bớt thời gian bàn cãi, tăng khả năng thực thi nhằm sớm huy động nguồn lực này vào công cuộc phát triển đất nước.❖

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ KIỂM ĐỊNH CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG:

Phương pháp thí nghiệm không phá hoại kết cấu bê tông cốt thép

> AN NHIÊN

Đây là một cuốn tài liệu kỹ thuật có cấu trúc đầy đủ, cung cấp chuỗi kiến thức theo đúng trình tự của công tác kiểm định - đánh giá - sửa chữa kết cấu bê tông cốt thép.

Sách được biên soạn bởi nhóm tác giả: PGS.TS Nguyễn Hoàng Giang (Chủ biên), PGS.TS Nguyễn Ngọc Tân, do Nhà xuất bản Xây dựng ấn hành.

Giáo trình được biên soạn nhằm cung cấp hệ thống kiến thức nền tảng và kỹ thuật thực hành trong lĩnh vực kiểm định công trình xây dựng, đặc biệt là kết cấu bê tông cốt thép, loại kết cấu chiếm tỷ trọng lớn trong các công trình dân dụng, công nghiệp và hạ tầng ở Việt Nam. Nội dung giáo trình được tổ chức theo trình tự hợp lý phản ánh đầy đủ quy trình kiểm định: từ lý thuyết ban đầu, khảo sát hiện trường, phân tích hư hỏng, thí nghiệm, đến đánh giá khả năng chịu lực và đề xuất phương án xử lý.

Phần mở đầu giới thiệu khái niệm, lịch sử phát triển và ý nghĩa thực tiễn của công tác kiểm định trong bối cảnh nhu cầu đánh giá an toàn công trình ngày càng tăng. Các bước khảo sát và thu thập dữ liệu hiện trường được trình bày ở Chương 2, tạo nền tảng để phân tích kỹ thuật ở các chương sau.

Chương 3 tập trung vào các dạng hư hỏng điển hình của kết cấu bê tông cốt thép và nguyên nhân gây suy giảm khả năng làm việc, bao gồm nứt, bong tróc, ăn mòn cốt thép và tác động của môi trường. Chương 4 mô tả các phương pháp thí nghiệm hiện trường, cả phá hủy và không phá hủy, theo tiêu chuẩn Việt Nam và quốc tế.

Tiếp đó, Chương 5 cung cấp các phương pháp phân tích kết quả thí nghiệm, đánh giá trạng thái làm việc và xác định mức độ an toàn của kết cấu. Chương 7 giới thiệu một số ví dụ kiểm định công trình điển hình nhằm minh họa quá trình áp dụng lý thuyết vào thực tiễn khảo sát và đánh giá công trình.

Tổng thể, giáo trình bao quát các nội dung cốt lõi của kiểm định kết cấu bê tông cốt thép theo hướng hệ thống,

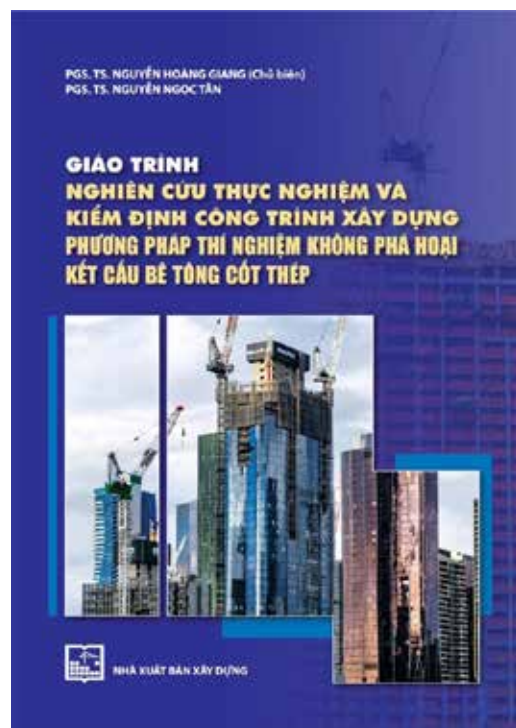
phù hợp với nhu cầu đào tạo kỹ sư, cán bộ kiểm định và tư vấn thiết kế.

Đặc biệt, Chương 6 là phần có tính ứng dụng cao, trình bày tương đối đầy đủ các nhóm giải pháp sửa chữa và gia cường kết cấu bê tông cốt thép trên cơ sở đánh giá mức độ hư hỏng và yêu cầu phục hồi khả năng chịu lực của công trình. Nhóm giải pháp sửa chữa bao gồm phục hồi lớp bê tông bảo vệ, xử lý chống thấm, sử dụng chất ức chế ăn mòn và kỹ thuật bê tông phun để tái tạo bề mặt hư hỏng diện rộng. Một số công nghệ chuyên sâu, như xử lý điện hóa để giảm ion gây ăn mòn hoặc bảo vệ catốt, cũng được trình bày nhằm giúp công trình cải thiện độ bền lâu trong môi trường xâm thực.

Các phương pháp gia cường được chia thành 3 nhóm chính: (i) Phương pháp mở rộng tiết diện chịu lực bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép cho phép tăng độ cứng và nâng cao khả năng chịu tải của cột, dầm; (ii) Phương pháp bọc ngoài bằng bản thép giúp tăng khả năng chịu lực tổng thể và hạn chế phát triển vết nứt, phù hợp với các kết cấu cần gia cường nhanh; (iii) Phương pháp sử dụng vật liệu composite cốt sợi FRP (như CFRP, GFRP, AFRP), nhấn mạnh ưu điểm thi công nhẹ, nhanh và cường độ cao, phù hợp với nhiều dạng kết cấu trong điều kiện thi công hạn chế.

Phần trình bày kèm theo hình ảnh minh họa hiện trường giúp người đọc hình dung cách thức áp dụng từng phương pháp. Đây là nội dung hữu ích đối với các kỹ sư kiểm định, tư vấn thiết kế và đơn vị thi công sửa chữa, đặc biệt trong bối cảnh nhiều công trình hiện nay cần đánh giá và gia cường để bảo đảm an toàn và kéo dài tuổi thọ.

Sách được phát hành dưới dạng bản in và bản điện tử (ebook) tại địa chỉ: <https://nxbxaydung.com.vn/> ❖



Bản sắc hình thái đô thị Đà Lạt và định hướng phát triển

Identity of Da Lat urban morphology and Development orientation

> GS.TS.KTS DOÃN MINH KHÔI¹, KTS CAO THÀNH NGHIỆP²

¹Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM

TÓM TẮT

Đà Lạt - thành phố của ngàn thông, ngàn hoa, của những con dốc quanh co và chuỗi hồ, thành phố của tình yêu và nỗi nhớ, có khí hậu mát mẻ quanh năm và một hình thái không gian chọn lọc tinh tế. Bằng phương pháp phân tích so sánh, tổng hợp, bài viết này hướng tới việc “đọc và hiểu” hơn 130 năm hình thành và phát triển của Đà Lạt, nhận diện không gian đô thị. Để hiểu rằng Đà Lạt đã từng vận hành như một “thành phố bọt biển tự nhiên” (Sponge City) hấp thu, điều hòa và tự thoát nước qua địa hình đồi dốc, rừng và hệ hồ - suối tự nhiên, đồng thời là một đô thị “biết thở”, sống hòa hợp cùng thiên nhiên.

Mục tiêu của bài viết nhằm phân tích bản sắc hình thái không gian đô thị Đà Lạt (1893 - 2025); đồng thời nhận diện sự biến đổi của cấu trúc thiên nhiên, kiến trúc và không gian đô thị trong quá trình phát triển. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất định hướng phát triển giai đoạn 2025 - 2045 như một đô thị di sản một thành phố vườn thích ứng với biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Bản sắc, hình thái đô thị Đà Lạt, tiến trình phát triển, thành phố vườn, đô thị di sản, thích ứng với biến đổi khí hậu.

ABSTRACT

Da Lat - the city of thousands of pine trees, thousands of flowers, winding slopes and a chain of lakes, the city of love and nostalgia, with a cool climate all year round and a delicately selected spatial form. By using the method of comparative analysis and synthesis, this article aims to “read and understand” more than 130 years of formation and development of Da Lat, identify urban space, to understand that Da Lat once operated as a “natural sponge city” (Sponge City) absorbing, regulating and self-draining water through the terrain of steep hills, forests and natural lake-stream systems; a “breathing” city, living with nature.

The aim of the article is to analyze the identity of Da Lat urban space morphology (1893 - 2025); Identify the transformation of natural structure, architecture and urban space during the development process, and propose development orientation for the period 2025 - 2045 as a heritage urban area, a garden city adapting to climate change.

Keywords: Identity, Urban morphology of Da Lat, development process, garden city, heritage city, adaptation to climate change.

1. MỞ ĐẦU

Khác với những đô thị Việt Nam được hình thành từ thương cảng hay làng cổ, Đà Lạt là đô thị được quy hoạch bài bản và định hình chức năng ngay từ buổi đầu với cách tiếp cận của khoa học quy hoạch và khí hậu của người Pháp [8]. Trong tiến trình hơn 130 năm (1893- 2025), Đà Lạt đã trải qua nhiều giai đoạn biến đổi: từ đô thị nghỉ dưỡng thuộc địa kiểu châu Âu, đến thành phố mở rộng sau 1975 và đối mặt với khủng hoảng hình thái đầu thế kỷ XXI. Mỗi giai đoạn không chỉ phản ánh điều kiện lịch sử - chính trị, mà còn bộc lộ sự chuyển dịch của tổ hợp không gian kiến trúc - đô thị trong mối tương tác giữa con người và thiên nhiên. Từ tầm nhìn của Paul Doumer đến bàn tay của các kiến trúc sư quy hoạch người Pháp, Đà Lạt bước vào giai đoạn kiến tạo hình thái. Các đồ án quy hoạch của Champoudry (1905), Jean O'Neill (1919), Ernest Hébrard (1923) và Louis-Georges Pineau (1932), Larisquet (1943) [13], minh chứng cho hai quan điểm khác biệt: Một là muốn kiến tạo Đà Lạt như một “Paris vùng nhiệt đới” với trục kỷ hà, khu biệt thự đồng dạng kiểu Pháp theo quan điểm của He'brard [5]; Hai là tôn trọng địa hình, khí hậu,

thảm thực vật và sự đa dạng hình thái theo quan điểm của Pineau, người cho rằng “Đà Lạt chỉ đẹp khi được sinh ra từ chính Đà Lạt” [10]. Cả 2 quan điểm này chính là hạt nhân hình thành bản sắc hình thái đô thị Đà Lạt về sau.

Giai đoạn đầu, Đà Lạt vận hành như một “thành phố bọt biển” (Sponge City) tự nhiên, nơi đất rừng và hồ suối điều hòa vi khí hậu, thấm nước và nuôi dưỡng cảnh quan [4]. Nhưng từ cuối thế kỷ XX, khi bê tông hóa lan rộng và nông nghiệp nhà kính phủ kín triển đổi, cấu trúc sinh thái đô thị bị phá vỡ. Đà Lạt không còn như xưa, nước bắt đầu tràn vào đô thị. Trong bối cảnh đó, việc đọc và hiểu hình thái không gian kiến trúc của đô thị Đà Lạt, cũng như nhận diện cấu trúc di truyền hình thái (morphological DNA) của nó như một đô thị sinh thái nhiệt đới (Tropical Urbanism), trở nên hết sức quan trọng [3]. Đồng thời, với việc chỉ ra những biến đổi tích cực và tiêu cực trong quá trình phát triển, bài viết đề xuất định hướng phát triển cho Đà Lạt như một đô thị di sản, khí hậu và phát thải thấp, khôi phục cấu trúc “đô thị vườn - thành phố xanh - bọt biển tái sinh”.

2. Quá trình hình thành, biến đổi và phát triển hình thái không gian Đà Lạt

a. Giai đoạn tiền quy hoạch: Dòng suối Cam Ly và những ngôi nhà của người Lạch (trước 1893 - 1900)

Trước khi người Pháp đặt chân lên cao nguyên Lâm Viên, vùng đất này là nơi cư trú của cộng đồng người Lạch - một nhóm cư dân bản địa thuộc dân tộc C'Ho. Họ sống ven theo các dòng suối, đặc biệt là suối Cam Ly, nơi hội tụ nguồn nước từ các triền đồi phía bắc chảy về thung lũng trung tâm. Không gian cư trú của người Lạch gắn bó với địa hình đồi thấp, nhà sàn gỗ và sinh hoạt cộng đồng hướng ra suối [7]. Chính cấu trúc cư trú tuyến tính dọc theo dòng nước và triền đồi đã đặt nền móng sơ khai cho mô hình tổ chức không gian của Đà Lạt sau này, một đô thị phát triển theo trục thủy, địa hình tự nhiên.



Hình 1. Nhà người C'ho trên cao nguyên Langbian. [9]

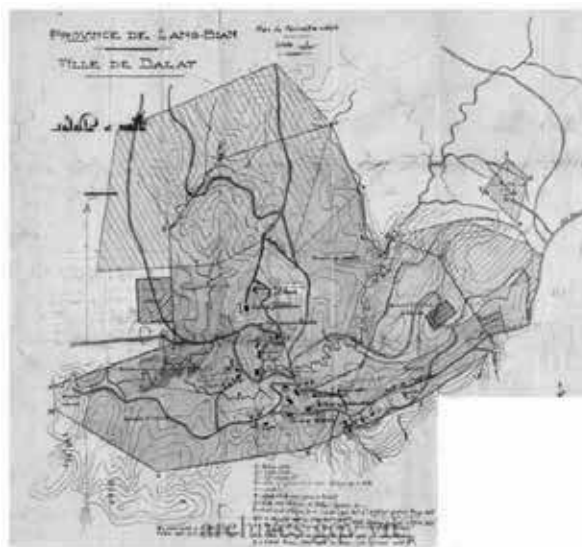
b. Giai đoạn hình thành trạm nghỉ dưỡng: Những ngôi nhà gỗ và trại lính (1900 - 1923)

Sau khi bác sĩ Alexandre Yersin phát hiện cao nguyên Langbian năm 1893, cuối tháng 3/1899, đích thân Toàn quyền Paul Doumer cùng bác sĩ Yersin đã đến cao nguyên Lâm Viên để khảo sát và quyết định triển khai thực hiện dự án xây dựng trạm nghỉ dưỡng đầu tiên [4]. Thị trưởng đầu tiên của Đà Lạt là Champoudry đã tập trung tất cả các khu vực có chức năng dịch vụ đô thị vào một khu. Đó là doanh trại, bệnh xá và nhà hành chính phục vụ sĩ quan, những công trình ban đầu là nhà gỗ kiểu chalet vùng Alps, với mạng lưới đường được mở từ khu vực Dinh I - Dinh II, kết nối theo suối Cam Ly (dựa theo đường mòn của người Lạch) [10]. Tuy nhiên dự án xây dựng trạm nghỉ dưỡng trên cao nguyên đó đã bị gián đoạn khi Toàn quyền Paul Doumer hết nhiệm kỳ trở về Pháp. Và hơn 10 năm sau, vào lúc Chiến tranh thế giới lần thứ nhất bùng nổ, nhiều người Pháp không thể trở về châu Âu trong những kỳ nghỉ thì Đà Lạt mới lại được nhớ đến. Từ giữa thập niên 1910, công cuộc kiến thiết thành phố mới thực sự bắt đầu.



Hình 2. Bản đồ phân vùng Đà Lạt của Champoudry 1906. Nguồn: [12]

Năm 1919, Jean O'Neill, tác giả quy hoạch tổng thể tiếp theo của Đà Lạt dự định xây dựng các công trình công cộng ban đầu với các trại lính, khách sạn Langbian Palace, khu thể thao và đập ngăn nước Hồ Xuân Hương [10]. Từ những dự án đó, đô thị Đà Lạt bắt đầu định hình. Hình thái không gian đô thị thời kỳ này hoàn toàn phụ thuộc vào địa hình tự nhiên với các tuyến đường men theo sườn đồi, các khu nhà nằm trên điểm cao để tạo nên một mô hình "đô thị phát triển theo các đường đồng mức". Sự kết hợp giữa kiến trúc gỗ và cảnh quan rừng thông hình thành nên diện mạo đầu tiên của Đà Lạt - "thành phố giữa rừng thông"[6].



Hình 3. Bản đồ quy hoạch phân khu Đà Lạt 1919 của J. O'Neill. Nguồn: [12]

c. Giai đoạn quy hoạch khu nghỉ dưỡng và định hình đô thị với chuỗi hồ (1923 - 1932)

Năm 1919, kiến trúc sư Ernest Hébrard (sau là kiến trúc sư trưởng Đông Dương) được Toàn quyền giao nhiệm vụ lập đồ án quy hoạch tổng thể cho Đà Lạt, đánh dấu bước ngoặt quan trọng trong tiến trình đô thị hóa [10]. Hébrard xây dựng quy hoạch dựa trên hệ thống địa hình đồi - thung lũng - hồ nước, lấy Hồ Xuân Hương làm trung tâm điều hòa khí hậu và cảnh quan. Tư tưởng quy hoạch của Hébrard đã tạo nên bộ khung đô thị hiện đại đầu tiên cho Đà Lạt: hệ thống trục kỷ hà, quảng trường trung tâm, khu biệt thự nghỉ dưỡng, và hồ cảnh lớn - rừng cây - đồi thông đan xen như một "cấu trúc đô thị - cảnh quan tích hợp". Ông quy hoạch phân khu người Pháp ở phía Đông Nam và khu người Việt ở phía Tây Bắc dòng suối Cam Ly với các lô biệt thự bố trí xen kẽ trong không gian xanh. Ý tưởng quy hoạch của ông ảnh hưởng nhiều bởi tư tưởng quy hoạch cải tạo Paris của Haussman [6].



Hình 4. Quy hoạch khu vực trung tâm Đà Lạt. Nguồn: [12]



Hình 5. Bản đồ quy hoạch Đà Lạt 1923 của E. Hébrard. Nguồn: [12]



Hình 6. Khu biệt thự giống nhau gần hồ lớn theo đồ án quy hoạch Đà Lạt 1923 của E. Hébrard. Nguồn: [12]

d. Giai đoạn quy hoạch đô thị và thành phố vườn (1932 - 1945)

Trong bối cảnh dân số Đà Lạt tăng nhanh, áp lực lên hạ tầng và không gian đô thị ngày càng lớn, kiến trúc sư Louis-Georges Pineau được giao lập đồ án quy hoạch mở rộng và chỉnh trang Đà Lạt năm 1932, đánh dấu một bước ngoặt quan trọng trong tiến trình hình thành bản sắc hình thái đô thị Đà Lạt [6]. Ông chủ trương quy hoạch Đà Lạt như một thành phố vườn - nghỉ dưỡng Không gian đô thị được tổ chức bán tập trung quanh Hồ Lớn (Hồ Xuân Hương), với hệ thống đường cong mềm mại ôm sườn đồi, mở ra các tầm nhìn rộng về phía mặt nước và đỉnh Langbian. Ông đề xuất thiết lập “vùng bất kiến tạo” (zone non aedificandi), những khu vực cấm xây dựng dọc theo các thung lũng tự thủy, ven hồ và trên các triền dốc nhạy cảm, nhằm bảo vệ cảnh quan và giảm rủi ro thiên tai. Đây là tư duy quy hoạch mang màu sắc sinh thái học đô thị rất sớm so với thời điểm đó. Về kiến trúc, Pineau chủ trương phản đối sự đồng dạng mà Hébrard từng áp dụng cho các lô biệt thự lớn. Ông khuyến khích đa dạng hình thức, tỷ lệ và vật liệu, chấp nhận nhiều phong cách kiến trúc khác nhau như Normandie, Art Deco, Indochine và chalet núi. Nhờ đó, số lượng biệt thự tư nhân tăng nhanh trong thập niên 1930, tạo nên “bộ sưu tập” kiến trúc độc đáo, góp phần hình thành diện mạo Đà Lạt ngày nay. Pineau còn tổ chức lại khu chợ và khu cư trú người Việt theo địa hình thấp, mở các khoảng trống công cộng, đồng thời giữ gìn đồi Cù và vành đai rừng thông.



Hình 7. Quy hoạch mở rộng Đà Lạt 1932 của Pineau. Nguồn: [12]

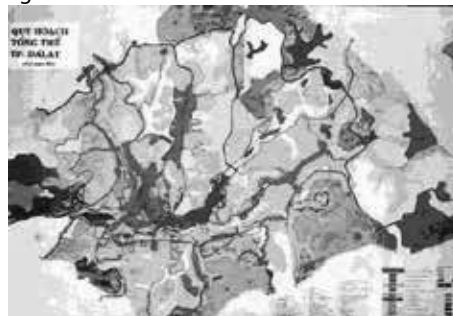
Trong giai đoạn Chiến tranh thế giới thứ hai, khi người Pháp không thể hồi hương và dân số Đà Lạt tăng nhanh, kiến trúc sư François Lagisquet được Toàn quyền Decoux giao lập “Chương trình chỉnh trang và phát triển Đà Lạt”, ban hành ngày 27/4/1943. Đồ án này xác lập mô hình “thủ đô liên bang Đông Dương” một đô thị có chức năng hành chính, văn hóa và nghỉ dưỡng, phát triển theo hai trục khung sườn chính, mở rộng về phía nam, tây và tây-bắc, hạ lưu Hồ Lớn (Hồ Xuân Hương) [4].



Hình 8. Bản đồ quy hoạch Đà Lạt năm 1942 của François Lagisquet. Nguồn: [12]

Chiến tranh Đông Dương và Việt Nam khiến quá trình phát triển Đà Lạt gián đoạn trong giai đoạn từ 1945-1975. Tuy nhiên, sự gián đoạn này lại vô tình giúp bảo tồn cấu trúc sinh thái tự nhiên, khi quá trình đô thị hóa chưa kịp lan rộng. Giai đoạn này nhiều làng ấp mới cũng được thành lập (Đa Thành, Đa Thiện, Xuân Trường, Hà Đông, Nghệ Tĩnh,...)

Sau 1975, Đà Lạt trở thành trung tâm nông nghiệp và du lịch của tỉnh Lâm Đồng. Tuy nhiên, do thiếu quy hoạch tổng thể, đô thị phát triển lan tỏa không kiểm soát làm đứt gãy bố cục đô thị vườn cổ điển. Nhà kính trồng rau, hoa xuất hiện từ giữa thập niên 1980 - 1990, phủ kín triển đồi, chiếm dần rừng và mặt nước. Hệ thống biệt thự Pháp xuống cấp, nhiều công trình bị phá bỏ hoặc cải tạo tùy tiện. Cấu trúc tầng bậc mềm mại bị thay thế bởi chia nhỏ không gian, khiến đô thị mất dần sự cân bằng tự nhiên và thẩm mỹ cảnh quan. Các đồ án quy hoạch của Trung ương (1977) và địa phương (1983) chưa đủ sức thuyết phục để được phê duyệt. Đến năm 1994, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 620/TTg ngày 27/10/1994 phê duyệt Quy hoạch tổng thể xây dựng TP Đà Lạt và Vùng phụ cận đến năm 2010. Như vậy Đà Lạt đã kết thúc gần 20 năm phát triển đô thị và quản lý xây dựng thiếu định hướng quy hoạch chung.



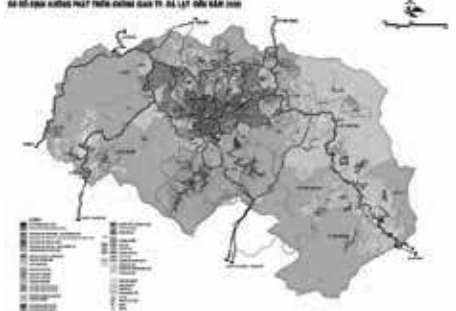
Hình 9. Quy hoạch Đà Lạt theo quyết định phê duyệt 620/1994/TTg [3]

e. Định hướng phát triển đô thị Đà Lạt thông qua các Đồ án Quy hoạch

Sau khi được công nhận là đô thị loại II (1999), năm 2002, điều chỉnh quy hoạch chung TP Đà Lạt và Vùng phụ cận đến năm 2020 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 409/2002/QĐ-TTg ngày 27/5/2002, Đà Lạt trở thành trung tâm hành chính - chính trị, du lịch nghỉ dưỡng, nghiên cứu khoa học, sản xuất rau hoa chất lượng cao của vùng Nam Tây Nguyên [3].



Hình 10. Quy hoạch Đà Lạt theo quyết định phê duyệt 409/2002/TTg [3]



Hình 11. Quy hoạch Đà Lạt theo quyết định 704/2014/TTg [3]

Theo định hướng mở rộng không gian vùng bằng đồ án Quy hoạch điều chỉnh đến năm 2030, tầm nhìn 2050 (năm 2014) mở rộng phạm vi lên 335.930 ha, bao gồm Đà Lạt và các huyện Lạc Dương, Đơn Dương, Đức Trọng, một phần Lâm Hà. Dân số dự kiến 700.000 - 750.000 người, khách du lịch 9-10 triệu lượt/năm. Đà Lạt được xác lập theo *Mô hình phát triển chuỗi đô thị liên kết* với 6 đô thị vệ tinh, trong đó Đà Lạt hiện hữu là trung tâm hành chính - du lịch - văn hóa, Cấu trúc không gian được tổ chức theo tuyến vành đai và trục hướng tâm nan quạt, kết nối các vùng rừng - hồ - thung lũng - nông nghiệp, hướng đến phát triển đô thị xanh, bền vững và bản sắc cao nguyên. [3]



Hình 12. Quảng trường trung tâm Đà Lạt hiện nay [3]

Đà Lạt cần chuyển hướng từ hạ tầng xám sang Hạ tầng xanh (green infrastructure) và Hạ tầng nước (blue infrastructure). Hạ tầng Xanh bao gồm mạng lưới công viên, hành lang cây xanh, vườn mưa và mái xanh, kết nối liền mạch từ khu trung tâm ra vùng đối ven hồ. Hạ tầng nước bao gồm mạng lưới hồ, suối tự nhiên, được phục hồi và tích hợp vào hệ thống thoát nước đô thị, giúp lưu trữ, lọc và điều tiết dòng chảy. Cách tiếp cận này không chỉ giúp giảm ngập úng và sạt lở, mà còn tái tạo lại "cấu trúc bọt biển" (Sponge Structure) vốn là bản chất nguyên thủy của Đà Lạt, thành phố hấp thụ, thở, và sống cùng thiên nhiên. Về lâu dài, hướng quy hoạch hạ tầng xanh, nước sẽ là nền tảng cho mô hình đô thị phát thải thấp (Low-Carbon City), nơi năng lượng tái tạo, giao thông phi cơ giới và cảnh quan rừng - hồ - suối được tái kết nối trong một chỉnh thể.

3. BÀN LUẬN VỀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐÀ LẠT

a. Từ "đô thị nghỉ dưỡng" thành "đô thị khí hậu - di sản"

Đà Lạt cần vượt qua định nghĩa cũ là "thành phố du lịch", để trở thành một đô thị khí hậu và di sản (Climate-Heritage City) nơi sự phát triển gắn liền với hệ sinh thái, văn hóa và ký ức không gian. Cần xem không khí mát lành, gió, nước và ánh sáng là tài nguyên chiến lược; mọi quy hoạch mới phải dựa trên "vật liệu khí hậu", không làm tổn thương hệ sinh thái đặc trưng. Cần bảo tồn cấu trúc địa hình - hồ - đồi thông - biệt thự như một "ký ức hình thái".

Đà Lạt cần vượt qua định nghĩa cũ là "thành phố du lịch" để trở thành một đô thị khí hậu và di sản (Climate-Heritage City), nơi sự phát triển gắn liền với hệ sinh thái, văn hóa và ký ức không gian. Không khí mát lành, gió, nước và ánh sáng cần được coi là tài nguyên chiến lược, và mọi quy hoạch mới phải dựa trên "vật liệu khí hậu" mà không làm tổn thương hệ sinh thái đặc trưng. Đồng thời, cấu trúc địa hình - hồ - đồi thông - biệt thự cần được bảo tồn như một "ký ức hình thái". Các khu phố cũ, biệt thự Pháp, nhà ruộng cao nguyên, hệ thống suối Cam Ly - Hồ Xuân Hương - Tuyền Lâm cần được xem như di sản không gian sống, tái hiện hình thái "vườn trong rừng, rừng trong phố" và các tuyến sinh thái kết nối trung tâm ven đô [11].

b. Kiến tạo Hình thái đô thị sinh thái (Eco-Morphological City)

Hạ tầng xanh và nước (Blue-Green Infrastructure):

- Tái kết nối hồ - suối - rừng thông - thung lũng thành một hệ tuần hoàn nước tự nhiên, phục hồi "chuỗi hồ nhân tạo" của đồ án 1923 (Dankia, Đa Thiện - Cam Ly - Xuân Hương - Chiến Thắng - Tuyền Lâm).
- Các không gian này không chỉ là cảnh quan, mà là xương sống hạ tầng sinh thái, giữ ẩm, điều hòa khí hậu và ngăn xói mòn.

Đô thị biết thấm (Urban Porosity):

- Giảm bê tông hóa, mở bề mặt thấm nước, tăng diện tích phủ xanh đô thị.
- Tồng con đường, mái nhà, quảng trường trở thành "bề mặt hấp thụ mưa" trong cấu trúc Sponge City tự nhiên.
- Các dự án mới phải tuân thủ tiêu chuẩn sinh thái về độ thấm và độ phản xạ nhiệt.

Đô thị sống bền vững (Compact-Low-Carbon Form):

- Kiểm soát phát triển theo chiều ngang, giới hạn khu dân cư ở vùng lõi, không san đồi phá rừng thông.
- Khuyến khích khu ở mật độ thấp, sử dụng năng lượng tái tạo, vật liệu thân thiện, và giao thông xanh.
- Tăng không gian công cộng, giảm tỷ lệ mặt đường nhựa, và phục hồi cấu trúc địa hình tự nhiên như trước đây, via hè xanh.

Tái sinh di sản (Dalat Recycling Heritage):

- Tái sử dụng các công trình cũ - biệt thự, trường học, nhà ga, bệnh viện cho mục đích văn hóa, sáng tạo, giáo dục và nghệ thuật.
- Giữ lại "cảm xúc vật chất" của Đà Lạt: những bậc đá, tường vôi, lối nhỏ quanh hồ, như ký ức đô thị được tái hiện trong đời sống đương đại.

c. Hướng tới đô thị phát thải thấp - đô thị biết thấm và biết thở

Với cam kết phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050, Đà Lạt có thể trở thành điểm tiên phong của Việt Nam trong mô hình đô thị phát thải thấp và bền vững.

- Giao thông xanh: phát triển mạng lưới xe điện, xe đạp, xe buýt nhỏ, đường bộ; hạn chế xe cá nhân trong khu trung tâm.
- Năng lượng tái tạo: khai thác điện mặt trời, gió nhẹ, kết hợp hệ thống pin mái nhà và pin lưu trữ ở khu du lịch sinh thái.

- Quản lý nước mưa và nước thải: thực hiện mô hình “thấm - giữ - tái sử dụng”, khôi phục ao hồ nhỏ, vườn mưa và hệ thống lọc sinh học ven suối.

- Kinh tế phát thải thấp: khuyến khích doanh nghiệp xanh, vật liệu địa phương (đá bazan, gỗ tái chế, tre, đất nén), và sản phẩm carbon-neutral “Made in Dalat”.

Đà Lạt tương lai không chỉ là thành phố xanh, mà là thành phố biết thở, nơi vi khí hậu tự nhiên được tôn trọng, và hơi sương, độ ẩm, ánh sáng trở thành “hạ tầng mềm” của sự sống.

d. Đô thị sáng tạo - di sản sống và con người bản địa

Khi con người được đặt trở lại trung tâm của mối quan hệ với thiên nhiên, quy hoạch không còn là kỹ thuật, mà là một nghệ thuật sống. Bên cạnh sinh thái, yếu tố con người và văn hóa là hạt nhân của phát triển bền vững. Đà Lạt cần hướng tới mô hình đô thị học tập và sáng tạo (City of Learning & Culture) gắn kết giữa tri thức, nghệ thuật và thiên nhiên. Phát triển mạng lưới văn hóa - học thuật với các trung tâm nghiên cứu, bảo tàng, viện thiết kế xanh.

Giữ gìn di sản bản địa bằng các dự án khôi phục văn hóa Lạch - C’Ho, thông qua không gian lễ hội, âm nhạc, ẩm thực, kiến trúc, mô hình cộng đồng.

Thúc đẩy sáng tạo: biến biệt thự cũ, các công trình di sản bị bỏ quên thành xưởng sáng tạo, khu lưu trú học thuật, studio, thư viện mở.

Phát triển sản phẩm địa phương (cà phê, hoa, rau, trà, dâu tây, rượu vang) như biểu tượng “Made in Dalat”, mang triết lý hài hòa tự nhiên.

e. Kết luận

Đà Lạt, hơn 130 năm tuổi, chưa bao giờ đơn thuần là một đô thị nghỉ dưỡng. Từ những bản quy hoạch đầu tiên của Hébrard và Pineau đến các định hướng hiện đại ngày nay. Thành phố này luôn là nơi thử nghiệm giữa kỹ thuật đô thị phương Tây và tinh thần địa lý - văn hóa bản địa. Chính mối hòa quyện này đã tạo nên một bản sắc hình thái đô thị vừa Âu vừa Á, vừa nhân tạo vừa tự nhiên. Vì lý do đó, Đà Lạt không chỉ là một “thành phố trong rừng”, mà còn là một “thành phố của hơi thở”, nơi nhịp sống chậm và những ký ức đang dần hóa thành di sản.

Trong bối cảnh thế giới đô thị hóa nhanh, khủng hoảng môi trường, và khát vọng Net Zero ngày càng trở nên cấp thiết trên thế giới, Đà Lạt mang trong mình một giá trị đặc biệt, như một “phòng thí nghiệm tự nhiên” cho mô hình đô thị sinh thái - khí hậu. Từ cấu trúc tự nhiên của rừng - hồ - suối - thung lũng, đến lớp văn hóa bản địa Lạch - C’Ho, rồi những biệt thự Pháp, công viên, đường dốc và mái ngói cổ kính, tất cả hòa lại thành một tổng thể vừa cân bằng vừa mong manh. Mỗi sự can thiệp, mỗi quy hoạch, mỗi công trình tại Đà Lạt, nếu thiếu tìm hiểu kỹ hệ sinh thái mà can thiệp vội vã đều có thể phá vỡ cân bằng đó. Chính vì vậy, bài học quan trọng nhất rút ra từ hệ thống đồ án quy hoạch Đà Lạt là: Đô thị phát triển phải dựa vào thiên nhiên; phát triển chỉ có ý nghĩa khi thiên nhiên vẫn còn là trung tâm của sự sống.

Tầm nhìn cho Đà Lạt trong tương lai không phải là mở rộng quy mô hay tăng mật độ, mà là tái tạo sự cân bằng đã mất: phục hồi mạch nước, lớp rừng, vi khí hậu và tinh thần sống hài hòa với thiên nhiên. Mô hình đô thị sinh thái (Eco-Morphological City) nhấn mạnh ba yếu tố cốt lõi:

- Hình thái - Địa hình: quy hoạch tuân theo đường đồng mức, giữ nguyên cấu trúc đồi dốc tự nhiên, không san phẳng đất rừng trên diện rộng để tạo mặt bằng nhân tạo.

- Sinh thái - Hạ tầng xanh - nước: tái lập chuỗi hồ - suối - thung lũng, phục hồi khả năng hấp thụ và tuần hoàn của đất, hình thành hệ thống “đô thị biết thấm - biết thở”.

- Văn hóa - Cộng đồng: tái kết nối con người với môi trường sống, phục hồi các không gian cộng đồng, vườn cộng đồng, nếp sống gắn với cây - nước - gió - sương.

Đà Lạt cũng cần chuyển mình từ một “thành phố du lịch” sang “thành phố khí hậu và di sản”, nơi mỗi khu phố, biệt thự, hồ nước đều được nhìn nhận như một phần ký ức hình thái. Di sản không chỉ nằm ở vật thể, mà còn ở cách sống. Bảo tồn không phải là đóng băng bảo tàng, mà là tái sinh trong dòng chảy mới của thời đại, bằng cách dùng công nghệ xanh, năng lượng tái tạo, vật liệu địa phương, kinh tế tuần hoàn để phục hồi các giá trị cũ bằng hình thức hiện đại.

Ở góc độ Quy hoạch vùng, Đà Lạt cần giữ vai trò là “thành phố mẹ” trung tâm văn hóa - chính trị, giáo dục, khí hậu của vùng Nam Tây Nguyên, với vai trò kết nối các đô thị vệ tinh như Đức Trọng, Lạc Dương, Đơn Dương, Bảo Lộc, Lâm Hà, thông qua hệ thống giao thông xanh và vành đai sinh thái. Mỗi đô thị vệ tinh một chức năng riêng: nông nghiệp sinh thái, du lịch nghỉ dưỡng, công nghiệp sáng tạo, dịch vụ giáo dục... Tất cả cùng tạo nên một vùng đô thị bền vững, nơi phát triển không đánh đổi thiên nhiên.

Với các định hướng trên, từ bảo tồn di sản, phục hồi khí hậu, tái cấu trúc hình thái đến phát triển con người, tất cả đều hướng đến một mục tiêu duy nhất: giữ gìn bản sắc hình thái Đà Lạt. Thành phố này không cần một diện mạo mới, mà cần đánh thức những giá trị đã ngủ quên. Hơn tám mươi năm trước, P. Munier (1941) đã cảnh báo: “Nếu Đà Lạt trở thành một thành phố như mọi thành phố khác, đó sẽ là bi kịch.” Lời cảnh báo ấy vẫn đúng cho đến hôm nay. Trong cơn lốc đô thị hóa hiện nay, Đà Lạt chính là phép thử cho khả năng điều hòa giữa kỹ thuật và tự nhiên, giữa bảo tồn và phát triển, giữa con người và thiên nhiên. Nếu thành công, Đà Lạt sẽ không chỉ là biểu tượng của Việt Nam, mà còn trở thành hình mẫu quốc tế về đô thị sinh thái - di sản - nhân văn, nơi hội tụ quy hoạch trở lại với nghĩa nguyên thủy của nó: nghệ thuật kiến tạo nơi chốn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Thủ tướng Chính phủ (2002), Quyết định số 409/2002/QĐ-TTg ngày 27/5/2002 về việc phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch chung TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng và vùng phụ cận đến năm 2020.
- [2]. Thủ tướng Chính phủ (2014), Quyết định số 704/QĐ-TTg ngày 12/5/2014 phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch chung TP Đà Lạt và vùng phụ cận đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [4]. Sở Xây dựng tỉnh Lâm đồng. Hội thảo “Đà Lạt - Đà Lạt - Đô thị di sản với công tác quy hoạch và Quản lý phát triển, UBND tỉnh Lâm Đồng, 2020].
- [5]. UBND TP Đà Lạt. Địa chí Đà Lạt. NXB tổng hợp TP.HCM. 2008
- [6]. Ebenezer Howard (1902), Garden Cities of To-morrow, S. Sonnenschein & Co., London.
- [7]. Eric T. Jennings (2011), Imperial Heights: Dalat and the Making and Undoing of French Indochina, University of California Press, Berkeley.
- [8]. Dalat, ville d'altitude: Architecture et urbanisme d'une ville des hauts plateaux du Việt Nam (1993), Service Municipal de l'Architecture et de l'Urbanisme de Dalat.
- [9]. Doãn Minh Khôi (2016), Hình thái học đô thị, NXB Xây dựng,
- [10]. Nhiều tác giả (2017), Quy hoạch đô thị và kiến trúc ở Đồng Dương, NXB Mỹ Thuật.
- [11]. Nhiều tác giả (2019), Việt Nam qua tuần san L'Indochine (1941-1944), NXB Thế giới, Hà Nội.
- [12]. Trần Văn Việt, Cao Thành Nghiệp, ... (2010). Xây dựng Tiêu chí bảo tồn các công trình di sản kiến trúc tại Đà Lạt.
- [13]. Trung tâm lưu trữ Quốc gia I, IV. Bản đồ và hình ảnh về Đà Lạt.
- [14]. Trần Công Hoà. Quy hoạch Đà Lạt. Dalatarchi online.

Bài học kinh nghiệm quốc tế về phân vùng cảnh quan góp phần phát triển hệ sinh thái tự nhiên cho mục tiêu giảm ngập - Áp dụng cho TP.HCM

International lessons of landscape zoning to develop natural ecosystems for flood mitigation to be applied in Ho Chi Minh City

> **HOÀNG ANH TÚ, LÊ VĂN THƯƠNG***, PHAN NHỰT DUY, TRƯƠNG SONG TRƯƠNG
Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; *Tác giả liên hệ: Email: Thuong.levan@uah.edu.vn

TÓM TẮT

Cùng với quá trình đô thị hóa, những diện tích có hệ sinh thái tự nhiên hình thành lâu năm có xu hướng bị thay thế bởi các khu vực xây dựng với các bề mặt bê tông hóa, gây ra sự mất cân bằng môi trường tại nhiều thành phố trên thế giới. Việc bảo tồn và phát triển các hệ sinh thái tự nhiên gắn liền với các khu vực đô thị có mật độ xây dựng cao là cần thiết, tuy nhiên đòi hỏi cách tiếp cận phù hợp và hiệu quả trong công tác quy hoạch và quản lý, nhằm đảm bảo không gian đô thị có thể phát triển và mở rộng với sự phân cấp quản lý, kiểm soát các mảng xanh và mặt nước tự nhiên. Bài viết giới thiệu và nhấn mạnh giá trị của các giải pháp quy hoạch vùng cảnh quan (LAP - Landscape Area Planning) với các mục tiêu: i) tạo ra các kết nối liên tục giữa các khu vực trong đô thị; ii) xây dựng hệ thống phân cấp tầng bậc; và iii) đảm bảo duy trì tính đặc thù của các hệ sinh thái bản địa ở các khu vực khác nhau. Kinh nghiệm thực tiễn tại một số thành phố như Paris (Pháp) và Montréal (Canada) cho thấy, các giải pháp này không những giúp tăng tỷ lệ mảng xanh và mặt nước mà còn là cơ sở cho việc duy trì, phát triển các hệ sinh thái tự nhiên, đồng thời nâng cao khả năng hấp thụ nước, góp phần giảm nguy cơ ngập úng cho đô thị.

Từ khóa: Phân vùng cảnh quan, hệ sinh thái trong đô thị, giảm thiểu rủi ro ngập.

ABSTRACT

Along with the urbanization process, lands for natural ecosystems tend to be replaced by built-up areas with concreted surfaces, potentially causing environmental imbalances in many cities worldwide. The preservation and development of natural ecosystems associated with high-density urbanized areas is necessary, but this needs an appropriate and effective approach in both planning and management to ensure that urban spaces need to be developed with the effectiveness of decentralized management and control of green areas and natural water surfaces. This paper emphasises the value of landscape area planning (LAP) that is expected to: i) create continuous connections between areas in urban areas, ii) have a systematic - hierarchical level; and iii) ensure the maintenance of the characteristics of native ecosystems in different areas. Practical experience applied in some cities such as Paris (France) and Montreal (Canada) has shown that such an approach not only helps to improve the proportion of green areas and water surfaces as the basis for maintaining and developing natural ecosystems, but also contributes to maintaining the ability to absorb water, contributing to reducing the risk of flooding in urban areas.

Keywords: Landscape area planning, urban ecology, urban flood.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Bối cảnh toàn cầu: Phát triển đô thị và yếu tố dẫn đến nguy cơ ngập

Trong những thập kỷ gần đây, quá trình đô thị hóa đã nổi lên cùng với sự phát triển kinh tế và dân số thế giới ngày càng tăng,

với xu hướng ngày càng tập trung vào các khu vực đô thị. Số liệu thống kê cho thấy hầu hết các thành phố lớn trên thế giới đều có mức tăng dân số gấp 10 đến 20 lần trong giai đoạn 50 năm kể từ những năm 1960 [1]. Trong tương lai, các kết quả dự báo ước tính khoảng 68% dân số thế giới sẽ tập trung ở các khu vực đô

thị vào năm 2050 [1]. Những thành phố này cần cải tạo và phát triển môi trường xây dựng trong đô thị để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của các hoạt động kinh tế, xã hội, dẫn đến xu hướng mở rộng diện tích đô thị hóa diễn ra liên tục; và ngược lại diện tích đất cho hệ sinh thái tự nhiên ngày càng sụt giảm. Một số số kết quả nghiên cứu dự báo, thế giới sẽ có hơn 5,87 triệu km² đất được chuyển đổi thành khu vực đô thị, trong đó 20% trong số này (1,2 triệu km²) có xác suất cao (>75%) góp phần mở rộng diện tích đô thị vào năm 2030 [2]. Xu hướng này dự kiến sẽ có tác động đáng kể đến diện tích đất đảm bảo sự tồn tại của các hệ sinh thái tự nhiên nằm trong hoặc xung quanh các khu vực đô thị, và đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng các yếu tố môi trường như nước mặt, không khí, nhiệt độ và độ ẩm. Chiếm tỷ trọng lớn trong các diện tích này, các khu vực có khả năng hấp thụ nước tốt có xu hướng bị thu hẹp và thay thế bằng các khu vực phát triển đô thị mới với các bề mặt không thấm nước như mái nhà, mặt đường, sân gạch... để phục vụ các hoạt động của con người như nhà ở, thương mại và dịch vụ. Số liệu từ các báo cáo ước tính rằng khoảng 1% đất trũng gần biển bị mất mỗi năm trong cuối thế kỷ 20 [3, 4]. Xu hướng này thực tế đã tăng tốc vào đầu thế kỷ, khi hơn 67% đất ngập nước ven biển trên thế giới đã bị mất [5, 6, 7, 8, 9]. Tình trạng càng trở nên nghiêm trọng ở các thành phố lớn, nơi quá trình đô thị hóa nhanh chóng thường diễn ra cùng với sự phát triển kinh tế, nhưng đi kèm với nguy cơ xảy ra thiên tai như lũ lụt. Các dự án cải tạo hoặc phát triển các khu đô thị thường có các tiêu chí và mục tiêu riêng, có thể không hoàn toàn kết thừa và triển khai các mục tiêu chiến lược liên quan đến các yếu tố như cảnh quan và thoát nước mặt. Điều này đặc biệt rõ ràng ở các thành phố lớn hoặc rất lớn có quá trình đô thị hóa nhanh chóng và đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế khó kiểm soát. Tình trạng này có thể ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững của môi trường đô thị, trong đó hệ sinh thái tự nhiên đóng vai trò thiết yếu trong việc duy trì môi trường sống tốt và giúp cân bằng nước mặt, nhưng dễ dàng bị thay thế bởi các môi trường nhân tạo tập trung đáp ứng nhu cầu về kinh tế xã hội của con người, thay vì tuân thủ các nguyên tắc tự nhiên như dòng chảy hoặc lưu trữ nước. Điều này đòi hỏi các nhà quy hoạch và quản lý cần có những giải pháp hiệu quả trong việc tổ chức quy hoạch và quản lý không gian cảnh quan tạo điều kiện phát triển cho các hệ sinh thái tự nhiên góp phần tạo sự cân bằng về tuần hoàn nước mặt cho toàn đô thị.

1.2. TP.HCM: Quá trình đô thị hóa và nguy cơ ngập liên quan đến xu hướng sụt giảm khả năng trữ và thấm thấu nước

TP.HCM là một thành phố ven biển lớn (kéo dài khoảng 50 km từ trung tâm hiện tại) đến cửa sông và có dân số hơn 10 triệu người (trước khi sáp nhập). Tuy được xem là một đầu tàu về kinh tế, thành phố đang phải đối mặt với nguy cơ từ các ảnh hưởng bởi hậu quả của biến đổi khí hậu có liên quan đến ngập lụt [4, 10], đặc biệt là mối quan hệ với quá trình đô thị hóa và mở rộng phần diện tích đô thị [11, 12, 13]. Báo cáo của Ủy ban nhân dân TP.HCM (2020) cho thấy thành phố đã có chiến lược và triển khai các dự án phát triển mảng xanh đô thị trong những năm gần đây, nhưng kết quả chưa đạt được như mong đợi, chỉ tăng nhẹ khoảng 107,59 ha từ năm 2012 đến năm 2019; trong khi đó, thành phố cần ít nhất 510 ha mảng xanh vào năm 2025 để phần nào đáp ứng các theo quy định của bộ tiêu chí xanh tại Việt Nam. Trong quá trình phát triển, các khu đô thị mới như Phú Mỹ Hưng và Thủ Thiêm cùng với nhiều dự án phát triển đô thị khác đã được triển khai theo với các kế hoạch tổng thể đang được thiết lập. Tuy nhiên, các dự án này có thể được phát triển riêng lẻ, thiếu sự tuân thủ các mục tiêu của quy hoạch tổng thể phát triển, chẳng hạn như đất cây

xanh và mặt nước, vốn được kỳ vọng sẽ góp phần hấp thụ nước, giảm thiểu rủi ro ngập lụt đô thị. Ví dụ, việc tăng diện tích xây dựng và cao độ nền một cách thiếu kiểm soát nhằm tránh ngập lụt tại một số khu vực cục bộ có thể ảnh hưởng đến quy hoạch tổng thể thoát nước mặt của toàn khu vực đô thị. Theo đó, các diện tích cho cảnh quan - sinh thái tự nhiên, vốn được coi là một thành phần không thể thiếu đang phải đối mặt với những thách thức về bảo tồn liên quan đến các động lực phát triển kinh tế đô thị. Kết quả là, các khu vực cảnh quan tự nhiên vốn có trước đây đã dần bị thay thế bởi các khu đô thị mới; dù hiện đại và đáp ứng nhu cầu thực tiễn, nhưng cũng không mang đặc điểm bản địa của từng khu vực.

Do đó, bài viết này tổng hợp một số lý thuyết có liên quan đến đặc điểm phát triển về hệ sinh thái tự nhiên tại các khu vực đô thị của TP.HCM trước các hệ quả của quá trình đô thị hóa và biến đổi khí hậu có liên quan đến diện tích mảng xanh và mặt nước. Theo đó, bằng cách xem xét các bài học kinh nghiệm từ các thành phố lớn như Paris (Pháp) và Montreal (Canada) và Singapore, bài viết giới thiệu phương pháp tiếp cận quy hoạch vùng cảnh quan (LAP) cùng các tiêu chí cơ bản với kỳ vọng sẽ trở thành cơ sở khoa học quan trọng trong quá trình điều chỉnh quy hoạch chung TP.HCM sau khi sáp nhập. Điều này có thể giúp tìm ra các giải pháp tích hợp các mục tiêu bảo tồn tính đặc thù của các hệ sinh thái trong khu vực đô thị, đồng thời phát huy vai trò của các hệ sinh thái của một thành phố ven sông góp phần giảm thiểu nguy cơ ngập lụt trong tương lai.

2. HỆ SINH THÁI TẠI CÁC KHU VỰC ĐÔ THỊ: TỰ NHIÊN VÀ NHÂN TẠO

Khái niệm hệ sinh thái đã trải qua một quá trình phát triển lâu dài, và được cho là bắt nguồn từ các tác phẩm của các triết gia Hy Lạp cổ đại như Aristotle và Theophrastus, những người quan tâm đến việc nghiên cứu thực vật và động vật. Trong thời kỳ hiện đại, thuật ngữ "sinh thái học" lần đầu tiên được Haeckel đặt ra vào năm 1869, khi ông nghiên cứu mối quan hệ giữa sinh vật và môi trường của chúng. Thuật ngữ "*hệ sinh thái*" định nghĩa nó là "*toàn bộ hệ thống, bao gồm không chỉ phức hợp sinh vật mà còn là toàn bộ phức hợp các yếu tố vật lý tạo nên cái mà chúng ta gọi là môi trường*"; và quan điểm này đã nhấn mạnh tầm quan trọng của sự trao đổi vật chất giữa sinh vật và môi trường của chúng trong một hệ thống ổn định. Trong sinh thái học, hệ sinh thái tự nhiên được coi là nơi mà sinh vật và môi trường của chúng có mối quan hệ chặt chẽ [14]. Đa dạng sinh học đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sự ổn định và chức năng của chúng. Các hệ sinh thái như vậy có tính năng động nhưng dễ bị xáo trộn do bị các yếu tố tác động trong quá trình phát triển [15]; theo đó khả năng phục hồi nhanh được Holling C. S đề cập như cách một hệ sinh thái "tiếp nhận" các xáo trộn và tự tổ chức lại cấu trúc trong khi vẫn duy trì sự tồn tại và các chức năng thiết yếu [16]. Tất cả các thành phần trong hệ sinh thái tự nhiên tương tác với nhau như một thể thống nhất thông qua các quá trình vật lý, hóa học và sinh học. Các đặc điểm chính của hệ sinh thái tự nhiên bao gồm [17, 18]:

- *Hệ thống động và liên kết mở*: Hệ sinh thái tự nhiên không phải là hệ thống khép kín về mặt vật lý, cũng không duy trì trạng thái cân bằng tĩnh. Thay vào đó, chúng liên tục trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh và các hệ sinh thái khác;

- *Tập trung vào các chi tiết cấu trúc và sự đa dạng của các quá trình diễn ra trong ranh giới hệ thống*: Các nghiên cứu hiện đại về hệ sinh thái tập trung vào các thành phần cấu trúc và các quá trình phức tạp diễn ra bên trong;

- *Xem xét vai trò của từng cá nhân và sự tương tác trong cộng đồng*: Mỗi cá nhân đều đóng góp vào chức năng chung của hệ sinh thái;

- *Biến thiên quy mô*: Hệ sinh thái tự nhiên có thể rất đa dạng về kích thước, từ những vùng nước nhỏ đến những khu rừng nhiệt đới

và đại dương rộng lớn. Bất kể kích thước nào, chúng đều được coi là tự nhiên nếu đáp ứng một số tiêu chí nhất định;

- *Nhận biết dòng chảy giữa các vùng:* Hệ sinh thái tự nhiên thường bao gồm nhiều vùng khác nhau, trong đó sự di chuyển của vật chất, năng lượng và sinh vật giữa các vùng là một đặc điểm quan trọng;

- *Hiểu được cơ sở của các quá trình hiện tại trong các sự kiện lịch sử:* Sự phát triển lịch sử của một hệ sinh thái có ảnh hưởng sâu sắc đến cấu trúc và chức năng của nó ở thời điểm hiện tại.

Cùng với sự tồn tại của các hệ sinh thái tự nhiên, sự xuất hiện các hoạt động của con người và môi trường nhân tạo để đáp ứng nhu cầu hoạt động liên quan đã dẫn thay thế các hệ sinh thái tự nhiên và hình thành các hệ sinh thái nhân tạo, hay hệ sinh thái do con người tạo ra, có một số điểm khác với hệ sinh thái tự nhiên, như sau [19]:

- *Nguồn gốc:* Hệ sinh thái tự nhiên phát triển theo thời gian mà không có sự can thiệp trực tiếp của con người; ngược lại, hệ sinh thái nhân tạo được con người thiết kế và xây dựng cho các mục đích cụ thể.

- *Thành phần:* Hệ sinh thái tự nhiên thường có sự đa dạng cao về các loài bản địa (thành phần sinh học) thích nghi với môi trường địa phương, với các thành phần phi sinh học bao gồm các yếu tố tự nhiên như đất, nước, ánh sáng mặt trời và không khí. Trong khi đó, hệ sinh thái nhân tạo thường có sự đa dạng loài thấp hơn, với các loài được lựa chọn dựa trên giá trị sử dụng hoặc thẩm mỹ; các thành phần phi sinh học có thể được kiểm soát hoặc bổ sung nhân tạo (ví dụ: phân bón, nhiệt độ được kiểm soát trong bể cá).

- *Tự duy trì:* Hệ sinh thái tự nhiên sở hữu các cơ chế tự điều chỉnh tự nhiên (ví dụ, mối quan hệ giữa động vật ăn thịt và con mồi, chu trình dinh dưỡng) cho phép chúng duy trì một mức độ ổn định nhất định mà không cần sự can thiệp liên tục từ bên ngoài; ngược lại, hệ sinh thái nhân tạo thường đòi hỏi sự can thiệp liên tục của con người để tồn tại, chẳng hạn như cung cấp thức ăn và nước uống, xử lý chất thải và kiểm soát quần thể;

- *Tác động của con người:* Các hệ sinh thái tự nhiên hoạt động với sự ảnh hưởng trực tiếp của con người đến các quá trình của chúng, trong khi các hệ sinh thái nhân tạo được con người chủ động tạo ra và quản lý; do đó, các hoạt động của con người là không thể thiếu đối với sự tồn tại của chúng.

Nhìn chung, hệ sinh thái tự nhiên và nhân tạo có những khác biệt cơ bản về nguồn gốc, khả năng tự duy trì, đa dạng sinh học và vai trò của con người. Trong khi hệ sinh thái tự nhiên phát triển độc lập và duy trì sự cân bằng thông qua các quá trình phức tạp, hệ sinh thái nhân tạo phụ thuộc vào sự can thiệp liên tục của con người để tồn tại và phục vụ các mục đích cụ thể. Một điểm khác biệt quan trọng liên quan đến khả năng hấp thụ nước: hệ sinh thái tự nhiên, đặc biệt là các hệ sinh thái như rừng và đồng cỏ, có khả năng thấm và giữ nước tốt hơn nhờ thảm thực vật phong phú và cấu trúc đất tự nhiên. Ngược lại, hệ sinh thái nhân tạo, đặc biệt là các khu vực đô thị có tỷ lệ bề mặt không thấm nước như đường xá và nhà cửa, thường có khả năng hấp thụ nước kém, dẫn đến dòng chảy bề mặt lớn hơn. Sự nén chặt đất trong quá trình xây dựng ở các hệ sinh thái nhân tạo cũng làm giảm khả năng thấm của đất.

3. LAP (LANDSCAPE AREA PLANNING) VỚI GIÁ TRỊ VÀ LỢI ÍCH KHI ÁP DỤNG VÀO QUÁ TRÌNH BẢO TỒN HỆ SINH THÁI VÀ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC: MỘT SỐ BÀI HỌC KINH NGHIỆM TỪ MỘT SỐ THÀNH PHỐ PARIS (PHÁP) VÀ MONTREAL (CANADA)

3.1. Khái niệm và tiêu chí quy hoạch vùng cảnh quan (LAP)

Khái niệm vùng cảnh quan (*Landscape Area - LA*) rất quan trọng trong lĩnh vực quy hoạch, quy hoạch cảnh quan và quản lý môi trường. Nó nhằm mục đích xác định và phân loại các khu vực dựa trên đặc điểm cảnh quan tự nhiên và nhân tạo của chúng. LA là một khu vực được phân biệt bởi các đặc điểm tự nhiên hoặc nhân tạo độc đáo,

tạo nên một hình ảnh tổng thể hài hòa với các giá trị riêng biệt. Nó được xác định về mặt địa lý, bao gồm một hoặc nhiều đơn vị cảnh quan lớn/nhỏ [20]; được kết nối với nhau bởi các yếu tố tự nhiên và con người, được gọi là các thực thể cảnh quan [21]

Khu vực cảnh quan (LA) tích hợp các khái niệm về đơn vị cảnh quan và thực thể cảnh quan. Nó không chỉ giúp nhận diện các đơn vị riêng lẻ (các yếu tố cơ bản và sự kết hợp của chúng tạo nên một tổng thể), mà còn giúp nhận diện các thực thể - những đơn vị có thể được nhận diện thông qua ranh giới, đặc điểm trung tâm, tính đồng nhất, và các đặc điểm cảnh quan và lịch sử riêng biệt, thường được phản ánh trong tên gọi.

Quy hoạch vùng cảnh quan (*Landscape Area Planning - LAP*) là một phương pháp tiếp cận tổng hợp trong quản lý và phát triển không gian, tập trung vào việc bảo tồn và nâng cao chất lượng của môi trường cảnh quan, cũng như các giá trị sinh thái và văn hóa của một khu vực. Theo Hội đồng Châu Âu, cảnh quan được định nghĩa là "một khu vực được con người cảm nhận, có đặc điểm là kết quả của tác động của các yếu tố tự nhiên và con người cùng với sự tương tác giữa chúng" (ELC) [22]. Theo nghĩa này, cảnh quan không chỉ đơn thuần là một phần của môi trường tự nhiên, mà là một hệ thống phức hợp phản ánh lịch sử, văn hóa và các mô hình phát triển đô thị.

Tiêu chí chính của LAP bao gồm:

• *Bảo tồn đa dạng sinh học:* Đảm bảo sự tồn tại và phát triển của các loài và hệ sinh thái tự nhiên.

• *Duy trì chức năng sinh thái:* Bảo vệ các quá trình sinh thái thiết yếu như chu trình nước, chu trình dinh dưỡng và sự phát tán của các loài

• *Tôn trọng các giá trị văn hóa và lịch sử:* Bảo tồn di sản văn hóa và lịch sử trong khi vẫn duy trì mối quan hệ giữa con người và cảnh quan

• *Phát triển bền vững:* Đảm bảo các hoạt động kinh tế và xã hội không gây hại cho môi trường và có thể duy trì lâu dài.

Nhìn chung, LAP được nhiều chuyên gia đánh giá cao về mặt quy hoạch do có thể mang lại các giá trị với những ưu điểm nổi bật như sau:

Cấu trúc phân chia quản lý theo thứ bậc:

i) phân chia theo đơn vị để quản lý (đơn vị nhỏ, đơn vị lớn hơn và đơn vị khu vực/quận);

ii) phân chia theo chức năng: đất ngập nước, rừng, nông nghiệp, khu vực đô thị hóa, sử dụng hỗn hợp hoặc không gian mở đô thị, bề mặt công nghiệp và nhân tạo;

Khả năng liên kết các đơn vị cảnh quan về mặt không gian và quản lý;

Khả năng kiểm soát sự phát triển để điều chỉnh bổ sung với một số chỉ số đánh giá định lượng.

3.2. Vai trò của LAP trong bảo tồn hệ sinh thái và đất tự nhiên

LAP đóng vai trò quan trọng trong việc bảo tồn hệ sinh thái và duy trì tính toàn vẹn của đất đai tự nhiên. Một phương pháp tiếp cận khoa học và có hệ thống đối với LAP không chỉ bảo vệ tài nguyên thiên nhiên mà còn đảm bảo sự phát triển bền vững của môi trường đô thị và nông thôn. Các đặc điểm chính của nó bao gồm:

i) *Bảo vệ và phục hồi đa dạng sinh học:* LAP thiết lập các cơ chế nhằm bảo vệ và phục hồi hệ sinh thái tự nhiên, duy trì các hành lang sinh thái, và đảm bảo kết nối giữa các khu vực bảo tồn. Các khu vực cảnh quan này nếu được quy hoạch và quản lý tốt giúp sẽ giảm tình trạng phân mảnh sinh cảnh, tăng cường khả năng di cư và sinh sản của các loài, cũng như duy trì đa dạng sinh học [23]. Cách tiếp cận này cũng góp phần giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu lên các hệ sinh thái tự nhiên.

ii) *Duy trì và tối ưu hóa các dịch vụ hệ sinh thái.* Hệ sinh thái tự nhiên cung cấp các dịch vụ thiết yếu [24], bao gồm:

• *Dịch vụ điều tiết:* Điều hòa khí hậu, quản lý nước mưa, và ngăn ngừa xói mòn đất.

- **Dịch vụ cung ứng:** Cung cấp nước sạch, thực phẩm, và vật liệu sinh học.

- **Dịch vụ hỗ trợ:** Duy trì chu trình dinh dưỡng và hệ sinh thái đất.

- **Dịch vụ văn hóa:** Tạo ra không gian xanh phục vụ vui chơi, thư giãn, và giáo dục môi trường.

Thông qua LAP, các dịch vụ này có thể được bảo tồn và tối ưu hóa, góp phần cải thiện chất lượng sống của con người và cân bằng sinh thái.

iii) **Cải thiện chất lượng môi trường và thúc đẩy phát triển bền vững.** LAP có thể giúp quản lý chặt chẽ hơn môi trường sinh thái nhằm nâng cao chất lượng môi trường, giảm ô nhiễm, và tăng cường khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu. Các thành phố triển khai hiệu quả LAP có thể giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, tăng khả năng hấp thụ carbon, và tạo ra các không gian xanh chức năng cho cộng đồng [25].

3.3. Vai trò của LAP trong quá trình quản lý tài nguyên nước đô thị

LAP đóng vai trò thiết yếu trong quản lý tài nguyên nước đô thị, giúp tăng khả năng thấm và lưu trữ nước, đồng thời giảm thiểu các tác động tiêu cực của quá trình đô thị hóa lên chu trình thủy văn. Quy hoạch hiệu quả không chỉ bảo vệ nguồn nước mà còn tăng cường khả năng thích ứng của đô thị trước biến đổi khí hậu và các hiện tượng cực đoan như ngập lụt.

i. Tăng cường khả năng thấm nước.

Tỷ lệ bề mặt thấm nước ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng kiểm soát nước mưa và rủi ro ngập lụt đô thị. Việc giảm diện tích bề mặt thấm nước từ 50% xuống 10% có thể làm lượng nước chảy tràn bề mặt tăng gấp năm lần [26]. Do đó, việc bảo tồn và mở rộng các không gian xanh thấm nước như công viên và khu cảnh quan giúp:

- Hạn chế dòng chảy bề mặt và giảm áp lực lên hệ thống thoát nước đô thị

- Giảm xói mòn đất và ô nhiễm nguồn nước do dòng chảy không kiểm soát

- Tăng cường bổ cập nước ngầm.

ii. Bảo vệ và bổ cập nguồn nước ngầm.

LAP tích hợp các giải pháp bền vững như bể lọc sinh học (biofiltration), ao sinh thái, và mặt lát thấm nước để tăng cường khả năng bổ cập nước ngầm. Các khu vực đô thị có tỷ lệ bề mặt thấm nước cao (>30%) có thể đạt tỷ lệ bổ cập nước ngầm từ 10-20% lượng mưa hàng năm, trong khi các khu vực xây dựng dày đặc có tỷ lệ này thấp hơn 5% [27].

iii. Điều tiết vi khí hậu và giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.

Không gian xanh và mặt nước trong đô thị giúp làm mát khu vực, cải thiện chất lượng môi trường. Những khu vực có độ che phủ cây cao có thể giảm nhiệt độ trung bình từ 2°C đến 4°C so với khu vực bị bê tông hóa hoàn toàn [25]. Việc tích hợp cảnh quan với các hồ điều tiết và dòng chảy tự nhiên không chỉ hỗ trợ quản lý nước mà còn giúp giảm nhiệt độ đô thị và nâng cao sức khỏe cộng đồng.

Tóm lại, việc áp dụng và triển khai LAP không chỉ là một công cụ bảo tồn hệ sinh thái mà còn là chiến lược then chốt trong phát triển bền vững, nhằm cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường. Mối liên hệ giữa LAP và khả năng thấm - lưu trữ nước trong đô thị là yếu tố cốt lõi trong quy hoạch đô thị bền vững. Việc mở rộng các bề mặt thấm nước không chỉ giúp kiểm soát ngập lụt và bảo vệ tài nguyên nước, mà còn tác động tích cực đến vi khí hậu và chất lượng môi trường tổng thể. Do đó, các thành phố cần tích hợp chiến lược LAP vào quy hoạch đô thị tổng thể để đảm bảo hài hòa giữa phát triển đô thị và bảo tồn tài nguyên nước.

3.5. Giá trị thực tiễn của LAP qua một số minh chứng định lượng

Kinh nghiệm từ Île-de-France (Pháp), Singapore và Montréal (Canada) cho thấy việc triển khai LAP không chỉ định hướng cho bảo tồn hệ sinh thái mà còn mang lại những cải thiện đo lường được cho môi trường đô thị. Cụ thể:

• Bảo tồn và phục hồi không gian xanh:

- Tại Île-de-France, LAP giúp duy trì 24% đất tự nhiên và nông nghiệp, đồng thời tăng 15% hành lang xanh (IAU Île-de-France, 2010). Dự án “Ceinture Verte” chuyển đổi 1.500 ha đất công nghiệp thành công viên - tương đương 5% diện tích đô thị

- Montréal đặt mục tiêu bảo vệ 30% vùng đất ngập nước và không gian xanh vào năm 2030, và đến năm 2020 đã đạt 17%. Dự án phục hồi sông Saint-Pierre đã tái tạo 200 ha đất ngập nước, giúp tăng 20% đa dạng sinh học [30].

• Tăng cường khả năng thấm nước:

- Ở Île-de-France, tỷ lệ bổ cập nước ngầm tăng từ 5% lên 12% lượng mưa nhờ mở rộng bề mặt thấm nước [3].

- Singapore (với 47% diện tích xanh) đã giảm 50% dòng chảy bề mặt nhờ hệ thống ABC Waters, đồng thời hạ nhiệt độ đô thị từ 2-4°C [29].

- **Giảm tác động của quá trình đô thị hóa:** Montréal đã giảm 8% diện tích bề mặt không thấm nước trong giai đoạn 2012-2022 nhờ quy định mới về thấm nước [31].

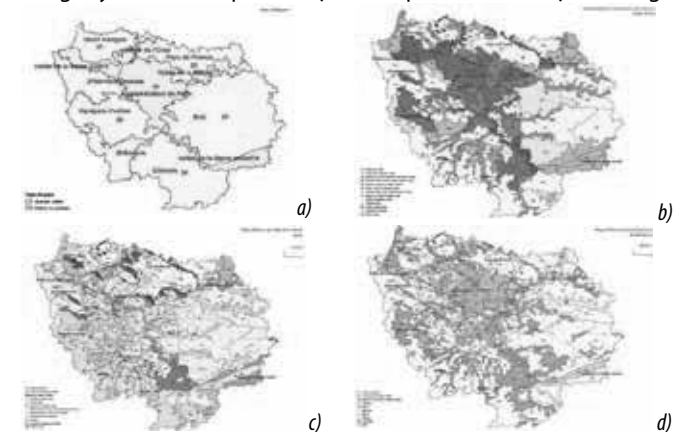
Do đó, LAP đã chứng minh là một công cụ hiệu quả trong việc cân bằng phát triển đô thị với bảo tồn thiên nhiên, với tiềm năng phục hồi 10-20% hệ sinh thái đã mất và tăng khả năng thấm nước thêm 5-12%. Để đạt được những kết quả tương tự, các thành phố cần lưu ý:

- Tích hợp LAP vào quy hoạch tổng thể với các mục tiêu rõ ràng (ví dụ: 20-30% diện tích cho không gian xanh);

- Áp dụng công nghệ sinh thái (như mái xanh, mặt lát thấm nước) tương tự Singapore;

- Khuyến khích sự tham gia của cộng đồng trong giám sát và thực thi.

Dữ liệu trên cho thấy vai trò của LAP trong việc đảo ngược xu hướng suy thoái cảnh quan và định hình phát triển đô thị bền vững.



Hình 4. Minh họa các sản phẩm đầu ra - bản đồ từ việc ứng dụng LAP

a. Bản đồ các đơn vị vùng (Regional Units)

b. Bản đồ địa hình và hình thái sử dụng phổ biến đạo của các đơn vị lớn (Relief and Dominant Land Use for Major Units)

c. Bản đồ sử dụng đất của các đơn vị nhỏ (Dominant Land Use for Small Units)

d. Bản đồ địa hình chủ đạo của các đơn vị nhỏ (Dominant Relief for Small Units)

Nguồn: Unités Paysagères de la région d'Ile de France - Méthodologie, notice d'utilisation de la base de données et d'Atlas - IUA [28]

5. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Theo xu hướng toàn cầu hiện nay, quá trình đô thị hóa và tập trung dân cư vẫn tiếp tục diễn ra tại nhiều thành phố lớn đã góp phần vào sự giảm sút về diện tích các mảng xanh và mặt nước là không gian cần thiết cho các hệ sinh thái tự nhiên tại các khu vực đô thị. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến môi trường cảnh quan mà còn làm giảm khả năng hấp thụ nước, gây ra mất cân bằng nước mặt dẫn đến nguy cơ ngập lụt cao khi nhiều nhiều yếu tố tác động đồng thời (triều cường, mưa lớn và xả lũ...) dẫn đến nhiều thành phố ngày càng dễ bị tổn thương. Thực tiễn cho thấy, mục tiêu bảo tồn và phát triển các hệ sinh thái tự nhiên thường gặp phải những thách thức và trở ngại trước các mục tiêu kinh tế liên quan đến nhu cầu phát triển môi trường xây dựng cho các hoạt động đô thị, chẳng hạn như các tòa nhà dân cư và thương mại, thông qua các dự án bất động sản. Thực trạng này đã làm cho các thành phố dần mất đi các hệ sinh thái tự nhiên, dẫn đến sự thiếu kết nối trong toàn bộ hệ thống các khu vực cảnh quan mang tính đặc thù theo quy luật tự nhiên, và bị thay thế bởi các môi trường sinh thái nhân tạo mang tính cục bộ, thiếu tính kết nối và thiếu sự tôn trọng đối với các yếu tố tự nhiên sẵn có, chẳng hạn như địa hình, dòng chảy, hoặc các loài sinh vật phù hợp với thời tiết, khí hậu và thổ nhưỡng địa phương. Các bài học kinh nghiệm từ một số thành phố đã được trình bày bài viết này (Paris tại Pháp và Montreal tại Canada và Singapore), quy hoạch vùng cảnh quan - LAP đã cho thấy những giá trị đóng góp, mang lại hiệu quả trong công tác lập và quản lý quy hoạch góp phần kiểm soát và duy trì sự tồn tại, phát triển của các hệ sinh thái tự nhiên nhờ vào một số đặc điểm nổi bật như:

i) Cấu trúc phân chia quản lý theo thứ bậc;

ii) Khả năng liên kết các đơn vị cảnh quan về mặt không gian và quản lý;

iii) Khả năng kiểm soát sự phát triển để điều chỉnh bổ sung với một số chỉ số đánh giá định lượng (chẳng hạn khôi phục 10-20% hệ sinh thái đã mất và tăng khả năng thấm nước từ 5-12%).

Từ những ưu điểm trên, LAP có thể được tham khảo để áp dụng cho TP.HCM nhằm duy trì các diện tích cho phát triển hệ sinh thái tự nhiên. Những mục tiêu này có thể khả thi nếu được lồng ghép vào các đồ án Quy hoạch chung cho TP.HCM sau khi sáp nhập, đặc biệt là đối với các khu vực cảnh quan ven sông Sài Gòn. Đây được xem là động lực để chính quyền địa phương có thể cân bằng áp lực lợi ích kinh tế, giúp môi trường đô thị phát triển ngày càng bền vững. Tuy nhiên, cách tiếp cận này cần được triển khai cụ thể theo từng khía cạnh, với các chỉ số định lượng rõ ràng, áp dụng riêng cho TP.HCM, làm tiền đề cho các nghiên cứu trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. United Nations - UN. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2013).
- [2]. K. C. Seto, B. Guneralp, and L. R. Hutya. Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *PNAS*, **109** (2012) 16083-16088.
- [3]. R. J. Nicholls. Coastal Flooding and Wetland Loss in the 21st Century: Changes Under the SRES Climate and Socio-economic Scenarios, *Global Environmental Change*, **14** (1), (2004), 69-86.
- [4]. F. M. J. Hoozemans, M. J. F. Stive and L. Bijlsma. A Global Vulnerability Assessment: Vulnerability of Coastal Areas to Sea-Level Rise, Coastal Zone '93, American Society of Civil Engineers (1993).
- [5]. E. B. Barbier, S. D. Hacker, C. Kennedy, E. W. Koch, A. C. Stier, and B. R. Silliman. The Value of Estuarine and Coastal Ecosystem Services. *Ecol. Monogr.*, **81** (2011) 169-193.
- [6]. N. C. Davidson. How Much Wetland Has the World Lost? Long-term and recent trends in the global wetland area. *Mar. Freshw. Res.*, **65**, (2014), 934-941.
- [7]. X. Li, R. Bellerby, C. Craft, and S. E. Widney. Coastal Wetland Loss, Consequences, and Challenges for Restoration. *Anthr. Coasts*. **1** (2018), 1-15.
- [8]. Q. Y. Lin, S. Yu. Losses of Natural Coastal Wetlands by Land Conversion and Ecological Degradation in the Urbanising Chinese Coast. *Scientific Reports*, **8**, (2018).
- [9]. V. Novoa, O. Rojas, R. Ahumada-Rudolph, K. Sáez, P. Fierro, C. Rojas. Coastal Wetlands: Ecosystems Affected by Urbanization? *Water Quality and Contamination*, **12** (3) (2020). <https://doi.org/10.3390/w12030698>.
- [10]. R. J. Nicholls. A Global Ranking of Port Cities with High Exposure to Climate Extremes. *Climatic Change* **104** (2011), 89-111.
- [11]. H. Storch and N. K. Downes. A Scenario-based Approach to Assess Ho Chi Minh City's Urban Development Strategies against the Impact of Climate Change. *Cities*, **28** (2011), 517-526.
- [12]. H. L. Phi. Urban Flood in Ho Chi Minh City: Causes and Management Strategy (translated from Vietnamese). *Vietnamese Journal of Construction Planning*, **63** (2013), 26-29, Hanoi.
- [13]. P. N. Duy, L. Chapman, M. Tight, L. V. Thuong, and P. N. Linh. Increasing Vulnerability to Floods in New Development Areas: Evidence from Ho Chi Minh City. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, **10** (2017). DOI: 10.1108/IJCCSM-12-2016-0169.
- [14]. Tansley A.G. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*, **16** (1935) 284-307. *Progress in Physical Geography Earth and Environment* 31 (5): 517-522. DOI:10.1177/0309133307083297.
- [15]. F. S. Chapin, E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, and S. Diaz. Consequences of Changing Biodiversity. *Nature*, **405** (2000), 234-242.
- [16]. C. S. Holling, Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual review of Ecology and Systematic*, **4** (1973) 1-23. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.000245.
- [17]. K. S. Zimmerer. Human Geography and the New Ecology: The Prospect and Promise of Integration. *Annals of the Association of American Geographers*. **84** (1994), 108-125. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1994.tb01731.x>
- [18]. C. G. Jones and J.H. Lawton eds. *Linking Species and Ecosystems*. New York: Chapman & Hall (1995).
- [19]. S. T. A. Pickett, M. L. Cadenasso, J. M. Grove, C. H. Nilon, R. V. Pouyat, W. C. Zipperer and R. Costanza. Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **32** (2001), 127-57.
- [20]. D. E. Bowler, L. M. Buyung-Ali, T. M. Knight, and A. S. Pullin. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, **97** (2010), 147-155.
- [21]. Y. Luginbühl, J. Bontron, and Z. Cros. Méthode pour des Atlas de paysages - Identification et qualification. STRATES-CNRS, SEGESA. Commande de la Direction de l'architecture et de l'urbanisme, (1994), 80.
- [22]. Conseil de l'Europe. European Landscape Convention - Convention Européenne du Paysage, (2000).
- [23]. R. T. Forman. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, (1995).
- [24]. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, (2005).
- [25]. J. Wu. Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, **28** (2013), 999-1023.
- [26]. B. K. Ferguson. *Introduction to Stormwater: Concept, Purpose, Design*. Wiley (1998).
- [27]. D. N. Lerner. Identifying and Quantifying Urban Recharge: A Review. *Hydrogeology Journal*, vol. **10** (2002), 143-152.
- [28]. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Île-de-France. Unités paysagères de la région d'Île-de-France: Méthodologie, notice d'utilisation de la base de données et atlas. (2010).
- [29]. N. H. Wong and C. Yu. Study of Green Areas and Urban Heat Island Effect in Singapore. *Building and Environment*, **40** (2005), 681-690.
- [30]. C. Villeneuve, J. Dupras, and P. André. The Role of Ecosystem Services in Urban Planning: A Case Study of Montréal, Canada. *Ecosystem Services*, **1** (2012), 77-87.
- [31]. Communauté Métropolitaine de Montréal - CMM. Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement (PMAD). Montréal. (2012).

Temporary Landscape - giải pháp cảnh quan linh hoạt cho các đô thị đang phát triển: Trường hợp TP.HCM

Temporary landscape - a flexible landscape solution for developing cities: The case of Ho Chi Minh City

> TS.KTS HOÀNG ANH TÚ, LÊ VĂN THƯƠNG*

Khoa Quy hoạch, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM

Email: tu.hoanganh@uah.edu.vn; *Tác giả liên hệ: Thuong.levan@uah.edu.vn

TÓM TẮT

Khái niệm *Temporary Landscape* (cảnh quan tạm thời) đã và đang được nhiều học giả quốc tế nghiên cứu như một giải pháp linh hoạt nhằm đáp ứng nhu cầu đa dạng của cộng đồng trong bối cảnh đô thị hóa nhanh. Dù chỉ tồn tại trong thời gian ngắn, Temporary Landscape có khả năng tác động sâu rộng đến nhận thức, kỷ ức đô thị và chất lượng không gian. Bài báo tổng hợp lý thuyết từ Mayo (2009) và Cheshmehghasabani & Habib (2017), phân tích giá trị và cơ chế của Temporary Landscape, đồng thời đề xuất các ứng dụng tiềm năng tại TP.HCM. Kết quả cho thấy Temporary Landscape không chỉ giúp tối ưu hóa quỹ đất hạn chế mà còn góp phần tạo kỷ ức tập thể, khuyến khích tương tác xã hội, cải thiện môi trường sống và trở thành công cụ thử nghiệm quy hoạch sáng tạo.

Từ khóa: Temporary Landscape, cảnh quan tạm thời, đô thị đang phát triển, quy hoạch sáng tạo.

ABSTRACT

The concept of *Temporary Landscape* has been increasingly recognized as a flexible approach to address diverse community needs in the context of rapid urbanization. Although short-lived, temporary landscapes profoundly impact urban perception, collective memory, and spatial quality. This paper synthesizes theoretical frameworks from Mayo (2009) and Cheshmehghasabani & Habib (2017), analyzing the values and mechanisms of temporary landscapes, with a focus on potential applications in Ho Chi Minh City. Findings suggest that temporary landscapes not only optimize limited urban land but also foster collective memory, enhance social interactions, improve environmental quality, and serve as strategic pilot projects for innovative urban planning.

Keywords: Temporary Landscape, ephemeral urban space, developing cities, creative urban planning.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng, TP.HCM đang phải đối diện với nhiều thách thức về phát triển không gian công cộng. Sự gia tăng dân số, áp lực hạ tầng và quá trình tái cấu trúc đô thị khiến quỹ đất dành cho công viên, quảng trường và các không gian sinh hoạt cộng đồng ngày càng hạn hẹp. Bên cạnh đó, nhiều khu đất trống, đất dự án treo hoặc các công trường xây dựng trở thành những “vùng xám đô thị”, bỏ phí tiềm năng sử dụng và góp phần làm suy giảm chất lượng sống của cư dân. Trong khi đó, nhu cầu về những không gian mở, linh hoạt, nơi con người có thể trải nghiệm văn hóa, giải trí và kết nối cộng đồng lại ngày một gia tăng.

Trong bối cảnh ấy, khái niệm *Temporary Landscape* (cảnh quan tạm thời) nổi lên như một hướng tiếp cận mới mẻ và giàu tiềm năng. Trên thế giới, *Temporary Landscape* đã được triển khai dưới nhiều hình thức đa dạng: từ *parklets* ở San Francisco, vườn tạm tại Berlin đến các không gian văn hóa pop-up ở Seoul. Những mô hình này chứng minh rằng không gian tạm thời không chỉ đơn

thuần là giải pháp tình thế mà còn có thể trở thành phòng thí nghiệm đô thị - nơi thử nghiệm các ý tưởng quy hoạch, kiến tạo bản sắc văn hóa và tăng cường sự gắn kết cộng đồng.

Temporary Landscape mang lại giá trị đa chiều:

- **Kinh tế:** chi phí thấp, tận dụng hạ tầng sẵn có, thúc đẩy hoạt động thương mại sáng tạo và du lịch văn hóa.

- **Xã hội - Văn hóa:** tạo điều kiện cho cộng đồng tham gia trực tiếp vào quá trình thiết kế và sử dụng không gian, qua đó nâng cao tinh thần sở hữu và kết nối xã hội.

- **Môi trường - Sinh thái:** bổ sung mảng xanh, cải thiện vi khí hậu, góp phần ứng phó với các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu và đô thị hóa.

Đặc biệt, tại TP.HCM, Temporary Landscape vẫn còn là một khái niệm mới, ít được nghiên cứu và áp dụng trong thực tiễn quy hoạch. Việc hệ thống hóa cơ sở lý luận, đánh giá giá trị và đề xuất các mô hình cảnh quan tạm thời phù hợp với điều kiện địa phương sẽ không chỉ mang lại những lợi ích tức thời cho cộng đồng, mà

còn đặt nền móng cho một **chiến lược quy hoạch linh hoạt và sáng tạo**. Đây là cơ hội để TP.HCM khẳng định vai trò tiên phong trong việc thử nghiệm những mô hình cảnh quan đô thị mới mẻ ở khu vực Đông Nam Á, đồng thời bổ sung cho các kế hoạch phát triển dài hạn của thành phố.

Với mục tiêu đó, bài báo này tập trung làm rõ cơ sở lý luận về Temporary Landscape, phân tích giá trị và tính khả thi khi áp dụng vào TP.HCM, đồng thời đề xuất một số định hướng nhằm khai thác hiệu quả tiềm năng của các không gian tạm thời trong bối cảnh đô thị đang phát triển mạnh mẽ.

Hiện nay, ở Việt Nam nói chung và TP.HCM nói riêng, Temporary Landscape vẫn còn thiếu vắng cả về nghiên cứu học thuật lẫn thực hành quy hoạch. Các công trình hiện hữu chủ yếu mới dừng lại ở quy mô nhỏ, tự phát hoặc mang tính ngắn hạn mà chưa được tích hợp vào chiến lược phát triển đô thị. Khoảng trống này đặt ra yêu cầu cần có những nghiên cứu hệ thống nhằm: (1) *xác lập nền tảng lý luận và kinh nghiệm quốc tế*, (2) *đánh giá tính thích ứng với điều kiện xã hội - kinh tế - văn hóa của TP.HCM*, và (3) *đề xuất các mô hình khả thi có thể đóng góp cho định hướng quy hoạch đô thị sáng tạo*. Đây chính là giá trị mới và ý nghĩa thực tiễn mà bài báo này hướng đến.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ TEMPORARY LANDSCAPE

2.1. Khái niệm

Trong lĩnh vực nghiên cứu cảnh quan đô thị, khái niệm *Temporary Landscape* ngày càng được quan tâm như một giải pháp sáng tạo nhằm thích ứng với tốc độ đô thị hóa nhanh. James M. Mayo (2009) định nghĩa Temporary Landscape là những “*place events*” tức là các không gian gắn liền với sự kiện xã hội, nơi vừa có thể mang lại những trải nghiệm tích cực như lễ hội, nghi thức cộng đồng, vừa có thể phản ánh những trải nghiệm tiêu cực như thiên tai hay bạo loạn. Theo cách hiểu này, Temporary Landscape không chỉ là khung cảnh vật lý tạm thời, mà còn là nơi hình thành ký ức, cảm xúc và mối liên kết cộng đồng.

Cheshmehghasabani và Habib (2017) mở rộng khái niệm này bằng việc mô tả Temporary Landscape như một hiện tượng vừa khách quan vừa chủ quan, được cấu thành từ ba tầng tương tác: *Tầng cố định* bao gồm kiến trúc, quảng trường, hạ tầng đô thị; *tầng bán cố định* là những yếu tố có thể thay đổi như quầy hàng, sân khấu, cây xanh di động; còn *tầng phi cố định* là con người cùng các phương tiện đi kèm như âm nhạc, biểu ngữ, hoạt động cộng đồng. Cách phân tích này đặc biệt hữu ích khi nhìn vào thực tiễn TP.HCM, nơi sự thiếu hụt không gian công cộng và sự phổ biến của các “vùng đất chờ” khiến sự tương tác linh hoạt giữa hạ tầng, thiết kế và cộng đồng trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết.

2.2. Phân loại

Các công trình quốc tế đã phân loại Temporary Landscape theo nhiều hình thức. Mayo (2009) chỉ ra sự tồn tại của những *enriched landscapes* các không gian tích cực như lễ hội đường phố hay nghệ thuật công cộng, đồng thời đối lập với *corrosive landscapes* hình thành trong bối cảnh khủng hoảng như chiến tranh hoặc thiên tai. Yoshinobu (2012) nghiên cứu lễ hội hoa anh đào tại Nhật Bản cho thấy các không gian tạm thời theo mùa không chỉ tạo sức hút du lịch mà còn đóng vai trò gắn kết cộng đồng và củng cố bản sắc văn hóa. Trong khi đó, Gehl (2010) nhấn mạnh vai trò của những dự án thử nghiệm (*pilot projects*) như phố đi bộ tạm, chợ đêm hay *parklets* trong việc thử nghiệm mô hình không gian công cộng trước khi triển khai lâu dài.

Nhìn từ thực tiễn TP.HCM, có thể nhận thấy những biểu hiện tương đồng. Các tuyến phố đi bộ Nguyễn Huệ và Bùi Viện, dù đã được thể chế hóa, ban đầu cũng mang tính thử nghiệm

nhằm đánh giá sự thích ứng của cộng đồng với mô hình mới. Khu chợ đêm ở Bến Thành hay một số tuyến phố các khu vực trung tâm cũ của thành phố đã chứng minh khả năng khai thác không gian tạm để tạo sinh khí văn hóa - kinh tế. Ngược lại, còn nhiều khu đất với những dự án treo hoặc bỏ trống hàng chục năm như tại khu trung tâm thành phố, khu Nam Sài Gòn... là những “vùng xám” đô thị, hoàn toàn có thể trở thành đối tượng của các mô hình Temporary Landscape trước khi được thực hiện các dự án chính thức hoặc được đầu tư xây dựng theo những quy hoạch lâu dài. Ngoài ra, những không gian phụ hình thành trong hoặc sau quá trình đầu tư xây dựng các dự án hạ tầng kỹ thuật lớn như gầm cầu của các tuyến metro, khoảng không gian mở của đường giao thông đô thị cũng là cơ hội cho Temporary Landscape được ứng dụng hiệu quả. Trong bối cảnh này, việc triển khai các giải pháp cảnh quan tạm thời tại khu vực lân cận có thể giúp duy trì chức năng xã hội - sinh thái cho đến khi công trình hoàn thiện.

2.3. Cơ chế tác động

Mayo (2009) cùng với Cheshmehghasabani và Habib (2017) đề xuất chu trình ba giai đoạn cho Temporary Landscape: *i) tạo dựng*, *ii) trải nghiệm sự kiện*, và *iii) tái thiết*. Giai đoạn tạo dựng là khi hạ tầng cố định và bán cố định được huy động để hình thành không gian tạm thời. Giai đoạn trải nghiệm sự kiện là lúc con người trực tiếp tham gia, biến không gian thành nơi tương tác và kiến tạo ký ức tập thể. Cuối cùng, giai đoạn tái thiết là khi không gian được tháo dỡ hoặc chuyển đổi, nhưng giá trị biểu tượng và trải nghiệm xã hội vẫn được lưu giữ trong tâm thức cộng đồng.

Tại TP.HCM, cơ chế này có thể quan sát rõ nét qua các sự kiện thường niên như lễ hội Đường hoa Nguyễn Huệ vào dịp Tết Nguyên Đán. Không gian tuyến phố vốn dành cho giao thông được tạm thời chuyển đổi thành một “cảnh quan lễ hội” rực rỡ, thu hút hàng triệu lượt người tham quan. Sau khi lễ hội kết thúc, đường phố được hoàn trả chức năng cũ, song ký ức và hình ảnh về một “không gian công cộng tạm thời” vẫn tiếp tục lan tỏa trong cộng đồng. Điều này cho thấy Temporary Landscape không chỉ phục vụ nhu cầu trước mắt mà còn tạo ra tác động lâu dài đến nhận thức, tình cảm và mối liên kết xã hội đô thị.

Tóm lại, Temporary Landscape, với đặc trưng là tính tạm thời nhưng giàu khả năng thích ứng, có thể trở thành công cụ chiến lược trong quy hoạch TP.HCM. Thông qua việc tận dụng “vùng đất chờ”, các không gian bị thu hẹp tạm thời, hoặc các dự án quy hoạch chưa triển khai, Temporary Landscape mở ra một hướng tiếp cận sáng tạo nhằm vừa đáp ứng nhu cầu cộng đồng trước mắt, vừa góp phần hình thành bản sắc đô thị và hỗ trợ định hướng phát triển dài hạn.

3. GIÁ TRỊ VÀ VAI TRÒ CỦA TEMPORARY LANDSCAPE

3.1. Xã hội và văn hóa

Temporary Landscape mang lại giá trị đặc biệt trong lĩnh vực xã hội và văn hóa, bởi nó góp phần hình thành ký ức tập thể và củng cố sự gắn kết cộng đồng. Theo Mayo (2009), những không gian tạm thời gắn liền với các sự kiện xã hội - từ lễ hội, nghi thức cộng đồng, đến biểu tình hay tưởng niệm - thường trở thành điểm nhấn quan trọng trong ký ức đô thị. Tại TP.HCM, lễ hội Đường hoa Nguyễn Huệ là ví dụ điển hình. Chỉ diễn ra trong khoảng một tuần vào dịp Tết Nguyên Đán, tuyến phố này tạm thời được biến đổi thành một không gian công cộng giàu tính nghệ thuật, thu hút hàng triệu lượt khách tham quan mỗi năm (Sở Du lịch TP.HCM, 2023). Dù chỉ tồn tại trong thời gian ngắn, không gian lễ hội này đã in sâu trong tâm trí cư dân, góp phần hình thành ký ức tập thể gắn liền với bản sắc văn hóa đô thị.

Ngoài ra, Temporary Landscape còn khuyến khích sự tương tác xã hội và mở rộng các mối quan hệ cộng đồng. Jan Gehl (2010) nhấn mạnh rằng chất lượng đô thị không chỉ được đo bằng hạ tầng, mà còn ở khả năng khuyến khích người dân tương tác trực tiếp. Những không gian tạm thời như chợ đêm, phố đi bộ, hay các sự kiện văn hóa Ngoài Trời đã chứng minh vai trò quan trọng trong việc khơi dậy sinh hoạt cộng đồng. Chẳng hạn, phố đi bộ Bùi Viện và Nguyễn Huệ, trước khi được công nhận chính thức, đã khởi đầu như những thí điểm tạm thời để kiểm chứng mức độ hưởng ứng của cộng đồng. Sự thành công của chúng cho thấy Temporary Landscape có khả năng tái định nghĩa ý nghĩa của không gian đô thị - từ nơi đơn thuần phục vụ giao thông thành không gian trải nghiệm văn hóa và xã hội (Cheshmehghasabani & Habib, 2017).

3.2. Môi trường và sinh thái

Ở khía cạnh môi trường, Temporary Landscape góp phần cải thiện chất lượng vi khí hậu đô thị và mở rộng khả năng tiếp cận thiên nhiên cho cư dân. Carmona và cộng sự (2003) chỉ ra rằng các giải pháp như vườn container, bồn cây di động hay các mảng xanh linh hoạt có thể giảm nhiệt độ bề mặt, cải thiện vi khí hậu và tạo bóng mát tạm thời trong những khu vực mật độ xây dựng cao. Điều này đặc biệt có ý nghĩa với TP.HCM, nơi nhiều quận trung tâm đang thiếu hụt nghiêm trọng cây xanh công cộng.

Ví dụ, chương trình “Vườn cộng đồng” (Community Garden) là một dự án hợp tác giữa Goethe-Institut Hà Nội, Viện Pháp tại Hà Nội và Think Playgrounds nhằm thúc đẩy sự phát triển bền vững của các không gian công cộng và cảnh quan đô thị tại Hà Nội, thông qua việc ứng dụng sáng tạo nghệ thuật công cộng và thực hành tái chế. Dự án này cho thấy giải pháp cảnh quan tạm thời có thể giúp tăng tỷ lệ che phủ xanh và tạo không gian tiếp cận thiên nhiên ngay cả ở khu vực nội đô chật hẹp (Tạp chí Văn hóa Nghệ thuật, 2024). Tại TP.HCM, trong bối cảnh việc hình thành tuyến Metro số 1, những không gian phụ bên cạnh hoặc dưới gầm các cầu vượt được hình thành tạo nên những thách thức về mặt quản lý đô thị nhưng cũng là cơ hội cho những dự án Temporary Landscape được hình thành. Các không gian này dễ dàng được định hướng thành các không gian xanh tạm thời cho các khu vực lân cận và có thể góp phần giảm bớt tác động tiêu cực, duy trì chức năng sinh thái và tạo nơi nghỉ ngơi cho người dân trong giai đoạn chuyển tiếp. Như vậy, Temporary Landscape không chỉ là giải pháp xã hội - văn hóa, mà còn là công cụ sinh thái tạm thời giúp cân bằng môi trường đô thị.

3.3. Quy hoạch và quản lý đô thị

Temporary Landscape còn có giá trị lớn trong quy hoạch và quản lý đô thị. Trước hết, nó là công cụ thử nghiệm hữu hiệu cho các ý tưởng quy hoạch. Gehl (2010) đã chứng minh rằng các dự án tạm thời, như việc đóng một số tuyến phố ở Copenhagen để thử nghiệm phố đi bộ, giúp nhà quản lý thu thập dữ liệu, đánh giá phản hồi của cộng đồng, từ đó quyết định có nên triển khai lâu dài hay không. Tương tự, chương trình *Summer Streets* tại New York đã tạm thời chuyển đổi nhiều trục đường giao thông thành không gian cho người đi bộ và xe đạp, từ đó xây dựng cơ sở dữ liệu và chính sách hỗ trợ phát triển hạ tầng bền vững (New York City Department of Transportation, 2018).

Tại TP.HCM, Temporary Landscape có thể đóng vai trò tối ưu hóa sử dụng đất trống, công trường hoặc khu tái phát triển. Các khu đất dự án treo ở trung tâm thành phố hay khu vực bán đảo Thanh Đa kéo dài hàng chục năm là ví dụ rõ nét cho tiềm năng này. Thay vì bị bỏ hoang, các khu đất này có thể được khai thác làm công viên tạm, không gian triển lãm, hay khu sinh hoạt cộng đồng, vừa tạo giá trị sử dụng cho người dân, vừa duy trì sinh khí đô thị trong giai đoạn chờ quy hoạch chính thức. Không gian công viên

tạm tại khu vực dự án Công viên Văn hóa Gò Vấp là một minh chứng điển hình khi nó đã mang lại hiệu quả phục vụ cộng đồng hữu hiệu trong giai đoạn chưa có nguồn kinh phí đầu tư cho một dự án công viên quy mô.

Một điểm quan trọng khác là Temporary Landscape thúc đẩy cơ chế đồng quản trị đa tầng (*mosaic governance*) giữa chính quyền, cộng đồng và khu vực tư nhân. Thông qua việc khuyến khích cộng đồng tham gia thiết kế, vận hành và quản lý không gian tạm thời, chính quyền có thể tạo ra một mô hình hợp tác linh hoạt, giảm gánh nặng ngân sách công đồng thời tăng tính đồng thuận xã hội. Điều này đặc biệt phù hợp với bối cảnh TP.HCM, nơi áp lực phát triển hạ tầng và nhu cầu không gian công cộng vượt xa khả năng đáp ứng đơn thuần của bộ máy hành chính.

Tóm lại, Temporary Landscape mang giá trị đa chiều, không chỉ dừng lại ở việc tạo ra trải nghiệm ngắn hạn mà còn góp phần hình thành ký ức tập thể, cải thiện môi trường, và cung cấp công cụ linh hoạt cho quy hoạch và quản lý đô thị. Với TP.HCM, việc khai thác và phát triển Temporary Landscape có thể mở ra một chiến lược khả thi nhằm nâng cao chất lượng sống, duy trì sinh khí văn hóa - xã hội, và hướng đến một đô thị sáng tạo, bền vững.

4. THÁCH THỨC VÀ CƠ HỘI

4.1. Thách thức

Việc triển khai Temporary Landscape tại TP.HCM phải đối diện với nhiều rào cản, trong đó đáng kể nhất là vấn đề hạn chế quỹ đất công cộng. Theo Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM (2022) trước đây, tỷ lệ diện tích cây xanh công cộng trên đầu người tại thành phố hiện chỉ đạt khoảng 0,55 m²/người, thấp hơn nhiều so với chuẩn quốc tế của Tổ chức Y tế Thế giới (9 m²/người). Trong bối cảnh quỹ đất công cộng khan hiếm, việc phân bổ không gian tạm thời để phục vụ cộng đồng trở nên khó khăn và thường xuyên bị cạnh tranh với các nhu cầu phát triển hạ tầng khác.

Một rào cản khác là thủ tục pháp lý còn rườm rà và chưa có cơ chế riêng dành cho các không gian tạm thời. Hiện nay, nhiều hoạt động như chợ đêm, phố đi bộ, hay lắp đặt cây xanh di động phải xin phép qua nhiều cấp quản lý khác nhau, dẫn đến thời gian chuẩn bị kéo dài và tính linh hoạt bị hạn chế. Điều này trái ngược với bản chất của Temporary Landscape, vốn cần sự nhanh chóng và dễ thích ứng.

Ngoài ra, rủi ro về an toàn và vệ sinh môi trường cũng là một vấn đề đáng quan ngại. Các không gian tạm thời thường thu hút lượng lớn người tham gia trong thời gian ngắn, dễ gây áp lực cho hệ thống thoát nước, thu gom rác thải, cũng như an toàn giao thông và phòng cháy chữa cháy. Ví dụ, trong thời gian tổ chức lễ hội Đường hoa Nguyễn Huệ, các phương tiện truyền thông đã nhiều lần phản ánh tình trạng quá tải về rác thải và mất trật tự giao thông xung quanh khu vực trung tâm (Báo Tuổi Trẻ, 2023). Đây là thách thức đòi hỏi phải có quy trình quản lý chuyên nghiệp và sự phối hợp liên ngành.

4.2. Cơ hội

Mặc dù tồn tại nhiều rào cản, Temporary Landscape lại mở ra những cơ hội đáng kể cho TP.HCM. Trước hết, lợi thế lớn nhất của mô hình này là chi phí thấp và khả năng triển khai linh hoạt. Các giải pháp như parklets, vườn container, hoặc sân khấu ngoài trời tạm thời không đòi hỏi đầu tư hạ tầng lâu dài, nhưng vẫn mang lại lợi ích xã hội - văn hóa rõ rệt. Thực tiễn ở nhiều thành phố, như Munich với dự án RISE City Lab, đã chứng minh rằng việc tận dụng hạ tầng sẵn có có thể biến không gian bỏ hoang thành nơi sinh hoạt cộng đồng với chi phí tối thiểu.

Thứ hai, Temporary Landscape tạo cơ hội thử nghiệm các ý tưởng sáng tạo và thích ứng trước khi triển khai chính thức. Điều

này đặc biệt có ý nghĩa trong bối cảnh TP.HCM đang hướng đến xây dựng đô thị sáng tạo và thích ứng với biến đổi khí hậu. Ví dụ, các tuyến phố đi bộ Nguyễn Huệ và Bùi Viện đã từng khởi đầu như những thí điểm, qua đó kiểm chứng hiệu quả và sự chấp nhận của cộng đồng trước khi được chính thức công nhận.

Cuối cùng, Temporary Landscape có thể góp phần quan trọng trong việc xây dựng bản sắc văn hóa đô thị. Những không gian tạm thời, dù chỉ tồn tại trong một giai đoạn ngắn, vẫn có khả năng tạo ra ký ức tập thể và lan tỏa hình ảnh tích cực về thành phố. Lễ hội Đường hoa Nguyễn Huệ, dù chỉ kéo dài vài ngày mỗi năm, đã trở thành biểu tượng của TP.HCM hiện đại và năng động, đồng thời củng cố vị thế thành phố như một trung tâm văn hóa - du lịch hàng đầu khu vực Đông Nam Á.

Tóm lại, Temporary Landscape ở TP.HCM vừa đối diện với những thách thức về quỹ đất, pháp lý và quản lý, vừa mở ra cơ hội để thành phố khai thác tính linh hoạt, sáng tạo và giá trị văn hóa - xã hội của các không gian tạm thời. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để cân bằng giữa rào cản và tiềm năng, nhằm biến Temporary Landscape trở thành một phần trong chiến lược quy hoạch đô thị bền vững và sáng tạo.

Bảng 1. Sơ đồ SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

Strengths (Điểm mạnh)	Weaknesses (Điểm yếu)
- Chi phí thấp, dễ triển khai - Linh hoạt, dễ thích ứng với nhu cầu cộng đồng - Có thể tận dụng đất trống, công trường - Khả năng tạo ký ức tập thể và hình ảnh tích cực cho thành phố.	- Hạn chế quỹ đất công cộng (0,55 m²/người - thấp hơn chuẩn WHO) - Thủ tục pháp lý phức tạp, thiếu cơ chế riêng cho không gian tạm thời - Quản lý vệ sinh, an toàn còn hạn chế - Nguy cơ trở thành giải pháp ngắn hạn, thiếu bền vững nếu không được tích hợp quy hoạch.
Opportunities (Cơ hội)	Threats (Thách thức)
- Cho phép thử nghiệm các ý tưởng quy hoạch trước khi áp phát triển hạ tầng, thương mại dụng lâu dài - Góp phần xây dựng bản sắc văn hóa đô thị. - Thúc đẩy đồng quản trị đa tầng (mosaic governance) - Tăng khả năng tiếp cận thiên nhiên và cải thiện vi khí hậu trong khu vực mật độ cao.	- Cạnh tranh gay gắt với nhu cầu phát triển hạ tầng, thương mại hóa, - Nguy cơ bị thương mại hóa, biến đổi khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan ảnh hưởng đến độ bền và tính an - Thiếu cơ chế duy trì lâu dài sau khi hết thời hạn tạm thời.

5. ỨNG DỤNG TIỀM NĂNG TẠI TP.HCM

5.1. Tận dụng khoảng trống đô thị

Trong bối cảnh tốc độ đô thị hóa nhanh, TP.HCM xuất hiện nhiều “khoảng trống đô thị” dưới dạng đất dự án treo, khu tái phát triển chậm tiến độ hoặc các công trường xây dựng. Đây là nguồn lực không gian quan trọng cho việc hình thành Temporary Landscape. Ví dụ, như đã nói các khu vực dưới gầm cầu tuyến Metro số 1 có thể được tổ chức thành các không gian cộng đồng tạm thời, nhằm bù đắp cho sự thiếu hụt không gian công cộng trong giai đoạn chuyển tiếp. Tương tự, những khu đất chưa khai thác tại Thủ Thiêm, Thanh Đa hay Nam Sài Gòn hoàn toàn có thể được sử dụng làm công viên tạm, vườn cộng đồng hoặc sân chơi trẻ em, giúp duy trì sinh khí đô thị và gắn kết cộng đồng trong khi chờ quy hoạch chính thức.

5.2. Lễ hội và sự kiện văn hóa

Temporary Landscape cũng đặc biệt phù hợp với việc phát triển các lễ hội và sự kiện văn hóa, vốn là thế mạnh của TP.HCM. Ngoài lễ hội Đường hoa Nguyễn Huệ đã trở thành biểu tượng, thành phố hoàn toàn có thể mở rộng quy mô lễ hội Áo dài, triển lãm nghệ thuật đường phố, hoặc liên hoan âm nhạc tại các không gian trung tâm như phố đi bộ Nguyễn Huệ. Những sự kiện này không chỉ làm giàu ký ức tập thể mà còn gia tăng sức hút du lịch, khẳng định bản sắc của TP.HCM như một đô thị năng động và sáng tạo. Kinh nghiệm từ các sự kiện *Summer Streets* tại New York hay lễ hội *Notting Hill Carnival* tại London cũng như các chương trình lễ hội mùa hè như *Montréal Complément Cirque, Festival de Jazz, Francos de Montréal...* tại Montréal cho thấy, các không gian tạm thời có thể trở thành điểm nhấn văn hóa toàn cầu nếu được tổ chức thường xuyên và chuyên nghiệp.

5.3. Không gian xanh di động

Trong bối cảnh mật độ dân cư cao và thiếu hụt diện tích cây xanh, các giải pháp xanh di động như vườn container, công viên lắp ghép hay vườn cộng đồng tạm thời là hướng đi tiềm năng. Carmona et al. (2003) đã chứng minh hiệu quả của giải pháp này trong cải thiện vi khí hậu và nâng cao chất lượng sống ở các khu vực trung tâm London. TP.HCM có thể học hỏi mô hình này để triển khai tại nhiều khu vực trong thành phố - nơi quỹ đất xanh hạn chế. Chẳng hạn, việc lắp đặt các cụm cây xanh di động trên các bãi đỗ xe tạm hoặc sân chung cư có thể tạo ra “ốc đảo xanh” cho cộng đồng mà không cần chờ đợi quy hoạch lâu dài.

5.4. Phản ứng khủng hoảng

Temporary Landscape còn có vai trò quan trọng trong phản ứng khủng hoảng đô thị. Với đặc tính linh hoạt, các không gian tạm thời có thể được chuyển đổi thành trạm cứu trợ, nơi trú ẩn hoặc không gian sinh hoạt cộng đồng trong bối cảnh khẩn cấp như ngập lụt hoặc dịch bệnh. Trong đại dịch COVID-19, TP.HCM đã từng chuyển đổi nhiều nhà thi đấu, trường học và sân vận động thành bệnh viện dã chiến hoặc điểm tiêm chủng. Nếu được tổ chức bài bản theo nguyên tắc Temporary Landscape, những không gian này có thể vừa đáp ứng nhu cầu y tế khẩn cấp, vừa duy trì chức năng xã hội cơ bản, giảm thiểu sự gián đoạn đời sống cộng đồng.

5.5. Thử nghiệm ý tưởng quy hoạch

Cuối cùng, Temporary Landscape là công cụ hữu hiệu để thử nghiệm các ý tưởng quy hoạch trước khi đưa vào triển khai lâu dài. Việc tổ chức phố đi bộ cuối tuần tại phường Bến Thành hoặc Tân Mỹ, chẳng hạn, có thể được coi là bước đi thí điểm nhằm đánh giá tác động đến giao thông, kinh tế và đời sống cộng đồng. Kinh nghiệm từ phố đi bộ Strøget tại Copenhagen cho thấy, những thử nghiệm ngắn hạn có thể trở thành nền tảng cho các quyết định quy hoạch mang tính bước ngoặt (Gehl, 2010). Với TP.HCM, mô hình thử nghiệm này sẽ giúp giảm thiểu rủi ro, tăng tính linh hoạt trong quản lý, và quan trọng hơn cả, tạo ra cơ hội để cộng đồng tham gia trực tiếp vào quá trình định hình không gian đô thị.

Tóm lại, việc ứng dụng Temporary Landscape tại TP.HCM không chỉ nhằm giải quyết nhu cầu ngắn hạn về không gian công cộng, mà còn đóng vai trò chiến lược trong việc xây dựng một đô thị năng động, thích ứng và sáng tạo. Thông qua việc tận dụng khoảng trống đô thị, tổ chức sự kiện văn hóa, bổ sung mảng xanh di động, phản ứng với khủng hoảng, và thử nghiệm ý tưởng quy hoạch, TP.HCM có thể biến Temporary Landscape thành một công cụ quan trọng trong quá trình phát triển bền vững.

6. ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN TEMPORARY LANDSCAPE TẠI TP.HCM

Để Temporary Landscape trở thành một phần hữu hiệu trong chiến lược phát triển đô thị TP.HCM, cần có một định hướng phát triển toàn diện, bao gồm chính sách, thiết kế, quản trị và bản sắc địa phương. Trước hết, về mặt chính sách, thành phố cần xây dựng cơ chế cấp phép nhanh và linh hoạt, phù hợp với bản chất tạm thời của loại hình không gian này. Hiện nay, nhiều hoạt động văn hóa - xã hội tại TP.HCM còn vướng thủ tục hành chính phức tạp, gây chậm trễ trong triển khai. Việc đơn giản hóa quy trình cấp phép, đồng thời ban hành chính sách khuyến khích doanh nghiệp và cộng đồng tham gia, sẽ tạo nền tảng vững chắc cho Temporary Landscape phát triển. Kinh nghiệm từ chương trình *Parklets* tại San Francisco cho thấy, sự hỗ trợ chính sách kịp thời là yếu tố quyết định thành công trong việc biến các bãi đỗ xe thành không gian công cộng mini được cộng đồng yêu thích.

Về thiết kế, Temporary Landscape tại TP.HCM cần tuân thủ nguyên tắc kết hợp ba lớp yếu tố mà Cheshmehghasabani và Habib (2017) đã đề xuất: (i) *lớp cố định (hạ tầng, kiến trúc)*, (ii) *lớp bán cố định (quầy hàng, sân khấu, cây xanh di động)*, và (iii) *lớp phi cố định (con người, hoạt động, âm nhạc)*. Sự kết hợp này cho phép không gian tạm thời vừa có cấu trúc đủ bền vững, vừa linh hoạt để thích ứng với nhiều loại hình sự kiện và nhu cầu cộng đồng khác nhau. Đặc biệt, việc ưu tiên sử dụng vật liệu tái chế, thân thiện môi trường không chỉ góp phần giảm thiểu chi phí, mà còn phù hợp với định hướng phát triển bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu mà TP.HCM đang theo đuổi.

Khía cạnh quản trị đóng vai trò then chốt trong việc vận hành Temporary Landscape. Thành phố cần áp dụng mô hình *mosaic governance* - tức là đồng quản trị đa tầng giữa chính quyền, cộng đồng và khu vực tư nhân. Thay vì chỉ dựa vào nguồn lực công, việc huy động các bên liên quan tham gia từ giai đoạn thiết kế đến quản lý sẽ giúp các không gian tạm thời phản ánh nhu cầu thực tế, đồng thời tăng tính đồng thuận và trách nhiệm cộng đồng. Hơn nữa, TP.HCM có thể xây dựng một mạng lưới Temporary Landscapes liên quận, đảm bảo sự phân bố đồng đều và kết nối các khu vực trung tâm với vùng ven, từ đó mở rộng cơ hội tiếp cận không gian công cộng cho mọi tầng lớp dân cư.

Cuối cùng, bản sắc địa phương cần được coi trọng để Temporary Landscape không trở thành “sao chép” từ các mô hình quốc tế mà thiếu tính gắn kết với cộng đồng. Việc tích hợp các yếu tố văn hóa đặc trưng của Sài Gòn, từ chợ phiên, ẩm thực đường phố, đến nghệ thuật graffiti và trình diễn âm nhạc sẽ giúp các không gian tạm thời vừa mang dấu ấn riêng, vừa trở thành công cụ bảo tồn và phát huy bản sắc đô thị. Chẳng hạn, một khu đất tạm tại khu trung tâm thành phố hoàn toàn có thể biến thành chợ đêm ẩm thực kết hợp triển lãm nghệ thuật đường phố, tạo sức hút cho cả người dân địa phương và du khách quốc tế.

Tóm lại, định hướng phát triển Temporary Landscape tại TP.HCM cần được xây dựng trên sự kết hợp hài hòa giữa chính sách hỗ trợ, thiết kế linh hoạt, quản trị đa tầng và bản sắc văn hóa địa phương. Khi những yếu tố này được đồng bộ hóa, Temporary Landscape không chỉ giải quyết nhu cầu không gian tạm thời mà còn góp phần vào chiến lược dài hạn nhằm xây dựng một TP.HCM năng động, sáng tạo và bền vững.

7. KẾT LUẬN

Temporary Landscape nổi lên như một công cụ chiến lược trong bối cảnh TP.HCM đang đối mặt với nhiều thách thức đô thị, từ thiếu hụt không gian công cộng, áp lực hạ tầng đến nhu cầu ngày càng cao về các trải nghiệm văn hóa - xã hội. Với đặc trưng

linh hoạt, chi phí thấp và khả năng thích ứng nhanh, Temporary Landscape không chỉ mang lại những giải pháp ngắn hạn mà còn góp phần định hình các chiến lược phát triển đô thị dài hạn. Những không gian tạm thời này có thể trở thành nơi kiến tạo ký ức tập thể, thúc đẩy tương tác cộng đồng, cải thiện môi trường sống và tạo nền tảng thử nghiệm cho các ý tưởng quy hoạch sáng tạo.

Hơn thế, Temporary Landscape không chỉ đáp ứng nhu cầu chức năng mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng bản sắc đô thị. Thông qua việc tích hợp các yếu tố văn hóa đặc trưng của Sài Gòn, từ ẩm thực đường phố, chợ phiên, đến nghệ thuật công cộng, những không gian này có thể trở thành biểu tượng nhận diện, gắn kết cộng đồng địa phương với du khách quốc tế.

Để hiện thực hóa tiềm năng đó, TP.HCM cần một chiến lược phát triển Temporary Landscape dựa trên bốn trụ cột: chính sách hỗ trợ linh hoạt, thiết kế sáng tạo và bền vững, mô hình quản trị đồng tham gia (*mosaic governance*), và sự gắn kết chặt chẽ với bản sắc địa phương. Khi được triển khai đồng bộ, Temporary Landscape sẽ không chỉ giải quyết bài toán cấp bách trước mắt mà còn góp phần xây dựng một đô thị năng động, sáng tạo và bền vững, xứng tầm với vai trò trung tâm kinh tế - văn hóa của Việt Nam và khu vực Đông Nam Á.

Lời cảm ơn: Bài viết được phát triển dựa trên cơ sở lý luận của Mayo (2009), Cheshmehghasabani & Habib (2017) và một số tài liệu quốc tế khác. Hình ảnh minh họa trích từ đề tài NCKH “Phát triển không gian dưới dạp cầu tuyến Metro số 1 TP. HCM theo hướng phát triển cảnh quan bền vững”. Tác giả xin chân thành cảm ơn các sinh viên Nguyễn Anh Tài, Hồ Thuận Thành và Phan Lê Cát Tường đã hỗ trợ và đóng góp ý tưởng trong quá trình thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bishop, P. (2012). *The Temporary City*. Routledge.
- [2]. Carmona, M., Heath, T., Oc, T., & Tiesdell, S. (2003). *Public Places – Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. Architectural Press.
- [3]. Cheshmehghasabani, M., Laghai, H., & Habib, F. (2017). Analyzing and Specifying the Mechanism of Temporary Landscape. *International Journal of Architecture and Urban Development*, 7(4), 33-40.
- [4]. Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press.
- [5]. Hall, E.T. (1966). *The Hidden Dimension*. Doubleday.
- [6]. Lawson, B. (2001). *The Language of Space*. Architectural Press.
- [7]. Mayo, J.M. (2009). Temporary Landscapes. *Journal of Architectural and Planning Research*, 26(2), 124-135.
- [8]. Ngô Hồng Vân. Dự án “Vườn cộng đồng” - Một giải pháp cho môi trường đô thị tại Hà Nội, *Tạp chí Văn hóa Nghệ thuật*, 2024 - <http://www.vanhoanghetuat.vn/du-an-vuon-cong-dong-mot-giai-phap-cho-moi-truong-do-thi-tai-ha-noi.htm>
- [9]. Rapoport, A. (1982). *The Meaning of the Built Environment: A Nonverbal Communication Approach*. Sage.
- [10]. Yoshinobu, A. (2012). *The Aesthetic Townscape*. Tehran Municipality ICT Organization Publication.

Tổng quan kinh nghiệm quốc tế về quy hoạch giao thông đô thị đa tầng và gợi ý chính sách phát triển cho TP Hồ Chí Minh

A review of international experiences in multilayer urban transport planning and policy implications for Ho Chi Minh City

> **THS VƯƠNG THẾ HÙNG¹, PGS.TS NGÔ VĂN MINH^{2,*}**

¹Trường Đại học Thủ Dầu Một

²Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: minhngovan83@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung phân tích kinh nghiệm quốc tế trong quy hoạch và quản lý hệ thống giao thông đô thị đa tầng, từ đó rút ra các định hướng chính sách phù hợp cho TP.HCM trong giai đoạn 2025 - 2045. Thông qua việc nghiên cứu năm mô hình tiêu biểu gồm Tokyo, Seoul, Singapore, Paris và Bangkok, nghiên cứu chỉ ra rằng yếu tố quyết định thành công không nằm ở mức độ công nghệ hay quy mô đầu tư mà ở năng lực điều phối thể chế, cơ chế tài chính và chính sách ưu tiên vận tải công cộng. Các đô thị tiên tiến đều hướng tới tích hợp theo chiều đứng giữa tầng ngầm, tầng mặt đất và tầng trên cao, gắn kết quy hoạch hạ tầng với phát triển không gian đô thị, đồng thời áp dụng các công cụ quản lý nhu cầu giao thông vận tải và cơ chế thu hồi giá trị đất để tái đầu tư cho hạ tầng công cộng. Trên cơ sở tổng hợp kinh nghiệm, nghiên cứu đề xuất năm nhóm giải pháp cho TP.HCM, những giải pháp này được kỳ vọng sẽ tạo nền tảng cho việc hình thành mạng lưới giao thông đa tầng hiệu quả, bền vững và thích ứng với đặc thù phát triển của đô thị lớn nhất Việt Nam.

Từ khóa: Quy hoạch giao thông đô thị đa tầng; vận tải công cộng; quản trị giao thông đô thị; tích hợp giao thông - sử dụng đất; thu hồi giá trị đất; TP.HCM.

ABSTRACT

This study examines international experiences in the planning and governance of multilayer urban transport systems, with the aim of deriving policy orientations suitable for Ho Chi Minh City in the period 2025 - 2045. By analyzing five representative cases - Tokyo, Seoul, Singapore, Paris and Bangkok - the paper argues that the key determinant of success lies not in technological advancement or investment scale, but in institutional coordination, financial mechanisms, and policies that prioritize public transportation. Advanced metropolitan areas tend to pursue vertical integration among underground, surface and elevated transport layers, linking infrastructure planning with urban spatial development while employing travel demand management tools and land value capture mechanisms to reinvest in public transport infrastructure. Building upon these international experiences, the study proposes five strategic directions for Ho Chi Minh City, expected to provide a foundation for developing an efficient, sustainable and adaptive multilayer transport network suited to the city's unique urban context.

Keywords: Multilayer urban transport planning; public transit; urban transport governance; transport-land use integration; land value capture (LVC); Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh các khu vực trung tâm chính trị, kinh tế trên thế giới đang đô thị hóa nhanh chóng, các siêu đô thị đặc biệt lớn tại châu Á như Seoul, Bangkok và Tokyo đang tạo ra áp lực khổng lồ lên

hệ thống hạ tầng giao thông. Việc đô thị hóa với tốc độ cao đang đặt ra rất nhiều thách thức như ùn tắc giao thông nghiêm trọng, không gian đô thị hạn chế cùng với xung đột giữa giao thông cao tầng và giao thông dưới mặt đất. Mật độ xây dựng cao ở những khu vực

trung tâm khiến việc giải phóng mặt bằng cho hạ tầng mới trở nên tốn kém và dẫn không khả thi dẫn tới tốc độ tăng trưởng phương tiện cá nhân đã vượt xa khả năng đáp ứng của hạ tầng giao thông dưới mặt đất. Đồng thời, xung đột giữa giao thông trên cao và dưới mặt đất xảy ra việc các luồng di chuyển tốc độ cao như đường sắt, đường cao tốc thường xảy ra xung đột với phân phối, quy hoạch giao thông và hoạt động đô thị ở tầng mặt đất, từ đó làm giảm tính độc lập của luồng và hiệu suất vận tải [1]. Các đô thị thành công đã giải quyết những thách thức này bằng cách áp dụng Quy hoạch Giao thông đa tầng (Multilayer Network), coi hệ thống giao thông như một tập hợp các lớp mạng vật lý được kết nối với nhau [2].

Nghiên cứu sẽ tập trung vào việc phân tích cấu trúc và chính sách điều phối của các hệ thống giao thông đa tầng hàng đầu thế giới, đồng thời sẽ hệ thống hóa các nguyên tắc thiết kế kỹ thuật và chính sách quản trị có khả năng chuyển giao cho tình hình thực tế tại Việt Nam thông qua các mô hình quy hoạch đa tầng của 5 đô thị lớn: Seoul, Bangkok, Singapore, Tokyo và Paris với các tiêu chí: (1) Kinh nghiệm sâu rộng về tích hợp vật lý và chính sách giữa các tầng giao thông (ngầm, trên cao, mặt đất); (2) Sử dụng các cơ chế quản lý nhu cầu (Demand Management) và các mô hình tài chính sáng tạo (Land Value Capture - LVC, PPP); (3) Đại diện cho các chiến lược quản trị và vận hành khác nhau (châu Á và châu Âu) [3, 4, 5].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Mạng lưới đa tầng là một khung lý thuyết mô tả hệ thống giao thông đô thị như một tập hợp các lớp mạng vật lý (ví dụ như đường xe đạp, tuyến xe buýt, và mạng lưới đường sắt), nơi các lớp này được kết nối với nhau tại các điểm chuyển tiếp (mobility hubs) [2]. Mục tiêu cốt lõi của quy hoạch mạng lưới đa tầng là đạt được sự phân tách luồng theo chiều dọc. Bằng cách phân tách các luồng giao thông có tốc độ và chức năng khác nhau ra các tầng độc lập (ngầm, mặt đất, trên cao), hệ thống có thể tối đa hóa công suất của mỗi tầng và loại bỏ các giao cắt cùng mức (grade crossings) vốn là nguyên nhân chính gây ra tắc nghẽn và giảm tính độc lập của luồng [6].

Sự phát triển giao thông đô thị đang dịch chuyển từ mở rộng theo chiều ngang sang phân tầng chức năng nhằm tối ưu hóa không gian và năng lực luân chuyển. Cách tiếp cận này đòi hỏi một khung nguyên tắc mang tính hệ thống, phối hợp giữa hạ tầng nhiều tầng với quy hoạch sử dụng đất, năng lượng và quản trị đô thị, thay vì đánh giá từng phương thức tách rời. Các nghiên cứu về tích hợp giao thông - đất đai và tiếp cận hệ thống cho thấy hiệu quả toàn mạng lưới phụ thuộc không chỉ vào năng lực vận chuyển, mà còn ở mức độ kết nối, bền vững và khả năng thích ứng dài hạn của hệ thống [7].

Từ tổng hợp kinh nghiệm quốc tế (Tokyo, Seoul, Singapore, Paris, Bangkok) và xu hướng học thuật gần đây, có thể xác lập 3 nhóm nguyên tắc cốt lõi cho quy hoạch mạng lưới giao thông đa tầng (Multilayer Transport Network - MLTN): (1) Tích hợp và kết nối, (2) Bền vững, (3) Thích ứng. Khung ba nguyên tắc này cho phép đánh giá quy hoạch không chỉ như một bài toán kỹ thuật, mà là chiến lược đô thị hướng tới hiệu quả, giảm phát thải và cải thiện năng lực phục hồi [8].

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ QUY HOẠCH GIAO THÔNG ĐA TẦNG

3.1. Tokyo: Tối ưu hóa không gian dọc

Mô hình phát triển giao thông đô thị của Tokyo thể hiện mức độ tích hợp cao giữa cấu trúc đa tầng và quy hoạch đất phục vụ hạ tầng giao thông. Đô thị này vận hành một mạng lưới giao thông đa tầng phức tạp, bao gồm hệ thống đường sắt ngầm công cộng và tư nhân kết hợp với mạng lưới cao tốc đô thị Tokyo (Metropolitan Expressway) - một hệ thống đường thu phí không dừng được bố trí dày đặc trong khu vực trung tâm có mật độ xây dựng cao. Việc

tận dụng hiệu quả quỹ đất công để quy hoạch, xây dựng hạ tầng trên cao giúp thành phố vừa giải quyết nhu cầu lưu thông tốc độ cao, vừa hạn chế mở rộng quỹ đất tầng mặt đất vốn đã quá tải. Các tuyến cao tốc này chủ yếu phục vụ phương tiện cá nhân, vận hành theo cơ chế kiểm soát truy cập, với tốc độ giới hạn phổ biến khoảng 60 km/h nhằm bảo đảm an toàn và ổn định lưu thông trong không gian đô thị chật hẹp.

Một đặc điểm đáng chú ý khác của Tokyo là thiết kế các trung tâm giao thông đa tầng (multilevel hubs) với các ga lớn như Shinjuku, Tokyo và Shibuya không chỉ đóng vai trò là điểm trung chuyển mà còn trở thành trung tâm đô thị đa chức năng với mật độ hoạt động thương mại, dịch vụ và văn phòng rất cao [9]. Các ga này được tổ chức theo nguyên lý tách dòng lưu thông theo tầng với mạng lưới lối đi bộ trên cao, hành lang ngầm và không gian thương mại xen kẽ sẽ giúp quản lý hiệu quả lượng hành khách khổng lồ trong giờ cao điểm và duy trì sự liên tục của luồng di chuyển giữa các phương thức vận tải [10].



Hình 1. Ga Shinjuku - Nhật Bản

3.2. Seoul: Tích hợp dịch vụ toàn diện

Mặc dù mạng lưới metro của Seoul được phát triển muộn hơn so với nhiều đô thị lớn ở châu Âu, thành phố đã tận dụng lợi thế “đi sau” để triển khai một hệ thống quy hoạch hiện đại với việc lấy sự tích hợp dịch vụ (soft integration) làm trọng tâm. Cách tiếp cận này không chỉ tập trung vào phát triển hạ tầng vật lý mà còn chú trọng tới việc điều phối chính sách, tài chính và công nghệ nhằm tạo nên một mạng lưới giao thông công cộng thống nhất và dễ tiếp cận.



Hình 2. Hệ thống thanh toán thông minh T-money (Hàn Quốc)

Một trong những thành tựu nổi bật của Seoul là hệ thống giá vé tích hợp dựa trên khoảng cách (integrated distance-based fare system) vận hành thông qua thẻ thông minh T-Money. Trước khi cải cách được áp dụng, hành khách phải thanh toán riêng biệt cho từng chặng khi chuyển giữa xe buýt và metro. Hệ thống mới cho phép người sử dụng thực hiện tới 5 lần chuyển tuyến mà không bị tính thêm chi phí, với giá vé được xác định dựa trên tổng quãng đường di chuyển. Cải cách này đã xóa bỏ rào cản chi phí giữa tầng ngầm (metro) và tầng mặt đất (bus), từ đó nâng cao tính tiện lợi, giảm thời gian hành trình và tăng đáng kể tỷ lệ sử dụng giao thông công cộng [11].

3.3. Singapore: Quản lý nhu cầu di chuyển bằng công nghệ số

Singapore là một trong những đô thị có hệ thống giao thông công cộng hiệu quả và an toàn hàng đầu thế giới với đặc trưng là thời gian chờ đợi ngắn, khả năng kết nối cao và mức độ tin cậy vượt trội. Thành công này đến từ sự phối hợp chặt chẽ giữa các tầng giao thông từ metro ngầm, đường bộ mặt đất đến hệ thống đường cao tầng và được dẫn dắt bởi chính sách kiểm soát nhu cầu sử dụng phương tiện cá nhân một cách chủ động và có hệ thống.



Hình 3. Hệ thống thu phí đường bộ điện tử (ERP) (Singapore)

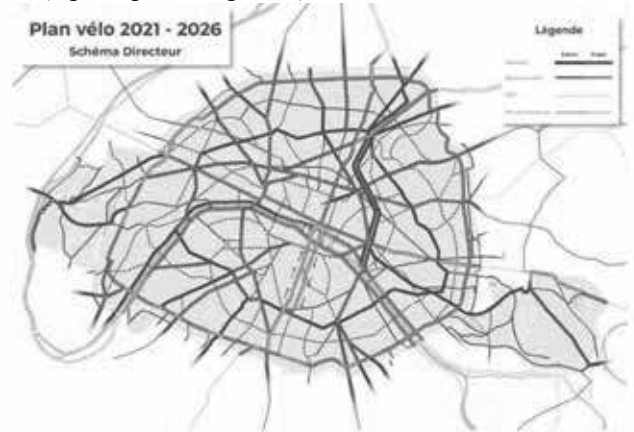
Bước ngoặt lớn trong chính sách quản lý giao thông của Singapore là việc triển khai hệ thống thu phí đường bộ điện tử (Electronic Road Pricing - ERP) vào năm 1998, thay thế cho cơ chế Cấp phép khu vực (Area Licensing Scheme - ALS) trước đó. ERP không chỉ đóng vai trò là một công cụ thu phí mà còn là một cơ chế điều tiết hành vi giao thông theo thời gian thực [12]. Mỗi khi phương tiện cá nhân di chuyển vào các khu vực được định danh, hệ thống tự động trừ phí dựa trên mức độ tắc nghẽn tại thời điểm đó. Các nghiên cứu đánh giá cho thấy việc áp dụng ERP giúp giảm khoảng 45% tình trạng ùn tắc ngay trong giai đoạn đầu và tiếp tục giảm thêm khoảng 15% sau đó, qua đó giúp thành phố duy trì ổn định tốc độ lưu thông tối ưu trong khu vực trung tâm đô thị [13].

3.4. Paris: Tái chiếm dụng không gian tầng mặt đất

Hệ thống giao thông đô thị của Paris được xem là một trong những mô hình phát triển sớm và bền vững nhất ở châu Âu, nổi bật với mạng lưới metro dày đặc trong khu vực lõi và hệ thống đường sắt tốc hành liên vùng mở rộng kết nối các đô thị vệ tinh. Khác với Tokyo hay Singapore, Paris hạn chế tối đa việc xây dựng các tuyến cao tốc trên cao cho phương tiện cá nhân để hướng tới bảo tồn cảnh quan đô thị lịch sử và giảm thiểu tác động môi trường [14].

Trong chiến lược hiện đại hóa, TP Paris áp dụng chính sách ưu tiên vận tải công cộng và giao thông phi cơ giới (Public

Transportation Priority - PTP) như là trọng tâm của phát triển. Chính quyền Thành phố đã chủ động tái phân bổ không gian tầng mặt đất bằng cách giảm làn xe cơ giới và mở rộng khu vực dành cho xe đạp, xe buýt, taxi và người đi bộ. Các tuyến đường trung tâm với điển hình là Rue de Rivoli đã được giới hạn hoặc cấm hoàn toàn phương tiện cá nhân. Cùng với việc chuyển đổi hơn 50 km đường phố thành hành lang đi bộ và xe đạp, Paris đã định hình lại chức năng của tầng mặt đất, giúp củng cố vai trò của metro và RER như trục xương sống của mạng lưới giao thông đô thị.



Hình 4. Bản đồ Kế hoạch xe đạp 2021 - 2026 ở Paris

3.5. Bangkok: Bài học về thách thức trong quản trị và tích hợp

Mô hình phát triển giao thông đô thị của Bangkok là một ví dụ điển hình cho thấy rủi ro của việc thiếu cam kết chính trị và năng lực quản trị yếu trong quy hoạch giao thông đa tầng. Dự án Hopewell khởi công vào đầu thập niên 1990, được thiết kế như một hệ thống tích hợp giữa đường sắt đô thị và cao tốc trên cao, với mục tiêu giảm tắc nghẽn và kết nối khu vực trung tâm với vùng ngoại vi. Tuy nhiên, do các bất cập trong quản lý hợp đồng cùng các xung đột pháp lý và thay đổi chính sách giữa các nhiệm kỳ chính phủ, dự án đã bị hủy bỏ vào năm 1998, để lại hàng trăm trụ bê tông dang dở - thường được người dân gọi là "Stonehenge của Thái Lan" [15].

Trong những năm gần đây, Bangkok đã triển khai một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả tầng mặt đất bao gồm áp dụng hệ thống điều khiển tín hiệu giao thông thích ứng (adaptive traffic control), cải tạo các nút giao phức tạp và tối ưu hóa dòng phương tiện tại các vị trí quay đầu xe, cầu vượt và hầm chui [16]. Tuy nhiên, hiệu quả tổng thể của mạng lưới vẫn bị hạn chế bởi các yếu tố xã hội và hành vi, điển hình như vi phạm đỗ xe, lấn làn và thiếu tuân thủ quy tắc giao thông. Thực tế này cho thấy, sự yếu kém trong quản lý tầng mặt đất có thể làm suy giảm đáng kể giá trị của các khoản đầu tư vào tầng trên cao và tầng ngầm, đồng thời khẳng định rằng quy hoạch đa tầng chỉ có thể đạt hiệu quả khi đi kèm với cải cách quản trị và văn hóa giao thông.

4. TỔNG HỢP KINH NGHIỆM VÀ GỢI Ý CHÍNH SÁCH CHO TP HỒ CHÍ MINH

4.1. Tổng hợp các mô hình thành công

Mô hình của Tokyo cho thấy sự kết hợp hiệu quả giữa đầu tư hạ tầng công cộng và phát triển đô thị tư nhân thông qua các cơ chế thu hồi giá trị đất và tích hợp dọc. Thành phố tận dụng tầng trên cao cho các tuyến cao tốc thu phí, tách biệt luồng phương tiện cá nhân tốc độ cao khỏi tầng giao thông đô thị, đồng thời khai thác nguồn thu từ bất động sản để tái đầu tư cho hệ thống metro và các không gian công cộng.

Seoul đạt được mức độ tích hợp hệ thống gần như hoàn hảo thông qua việc ứng dụng công nghệ thông tin và chính sách giá vé tích hợp dựa trên khoảng cách. Cải cách này đã xóa bỏ rào cản lớn

nhất giữa các phương thức vận tải - đặc biệt là giữa tầng ngầm và tầng mặt đất - tạo nên một mạng lưới đa tầng liên mạch và thuận tiện cho người sử dụng.

Trong khi đó, Singapore nổi bật với mô hình quản lý nhu cầu di chuyển được thể chế hóa thông qua cơ chế định giá điện tử (ERP). ERP không chỉ là công cụ điều tiết hành vi mà còn là cơ chế tài chính bền vững, giúp duy trì hiệu suất vận hành cao cho hệ thống metro và xe buýt, đồng thời tạo nguồn thu ổn định để tái đầu tư cho hạ tầng công cộng.

TP Paris với chiến lược ưu tiên không gian công cộng hiện đang triển khai một chương trình tái chiếm dụng tầng mặt đất quy mô lớn. Thành phố đã giới hạn hoặc cấm hoàn toàn phương tiện cá nhân trên nhiều tuyến phố trung tâm, chuyển đổi hơn 50 km đường thành hành lang dành cho xe buýt, xe đạp và người đi bộ, qua đó củng cố vai trò của metro và RER như trục xương sống của hệ thống vận tải đô thị.

4.2. Gợi ý chính sách, chiến lược cho TP.HCM đoạn 2025 - 2045

Từ kinh nghiệm của các đô thị đã được nghiên cứu, có thể xác định một số định hướng chính sách và nguyên tắc thiết kế quan trọng cho giai đoạn phát triển mạng lưới đa tầng của TP.HCM giai đoạn 2025 - 2045.

Thứ nhất, việc thiết lập cơ chế quản trị thống nhất ngay từ giai đoạn đầu là điều kiện tiên quyết. Việc hình thành một đơn vị sở hữu vai trò quản lý giao thông vận tải đô thị (Metropolitan Transport Authority - MTA) có thẩm quyền toàn diện về quy hoạch, đầu tư và vận hành là yêu cầu cấp thiết để tránh phân mảnh trách nhiệm - nguyên nhân chính dẫn đến thất bại của nhiều dự án quy mô lớn như trường hợp Hopewell tại Bangkok.

Thứ hai, thiết kế các nút giao thông đa tầng lấy người đi bộ làm trung tâm là giải pháp quan trọng để tăng khả năng kết nối giữa các phương thức vận tải. Các điểm chuyển tiếp cần được quy hoạch theo hướng "chuyển đổi vô hình" (seamless transfer), cho phép hành khách di chuyển tự nhiên giữa tầng ngầm, tầng mặt đất và tầng trên cao mà không gặp rào cản vật lý hay thời gian chờ đợi, tương tự mô hình các ga phức hợp ở Tokyo.

Thứ ba, áp dụng cơ chế tài chính dựa trên giá trị đất (LVC) sẽ là hướng đi phù hợp cho các dự án hạ tầng có chi phí đầu tư lớn. Việc kết hợp phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD) với khai thác "quyền không phận" (Air Rights) không chỉ tạo nguồn vốn bền vững mà còn gắn kết trực tiếp lợi ích kinh tế của khu vực phát triển với hạ tầng công cộng.

Thứ tư, xây dựng chính sách giá vé tích hợp dựa trên khoảng cách theo mô hình Seoul là công cụ khuyến khích hành khách sử dụng chuỗi chuyển đi liên phương thức, qua đó tăng hiệu suất của toàn mạng lưới. Khi chi phí chuyển đổi giữa các phương tiện được loại bỏ, xe buýt mặt đất sẽ thật sự trở thành tuyến cấp liệu (feeder) hiệu quả cho metro và các tuyến đường sắt đô thị.

Cuối cùng, thực thi chính sách kiểm soát phương tiện cá nhân một cách mạnh mẽ và kiên định là yếu tố tối cần thiết. Quy hoạch đa tầng chỉ phát huy hiệu quả khi đi kèm các công cụ quản lý cầu giao thông như thu phí tắc nghẽn điện tử (ERP) hoặc giới hạn không gian vật lý cho phương tiện cá nhân tương tự mô hình tại Singapore và Paris. Các biện pháp này không chỉ giúp giải phóng năng lực cho tầng vận tải công cộng và phi cơ giới, mà còn góp phần tăng tính kỷ luật và trật tự giao thông đô thị, từ đó tạo điều kiện nền tảng cho sự phát triển bền vững của mạng lưới đa tầng.

5. KẾT LUẬN

Phân tích kinh nghiệm quy hoạch giao thông đa tầng tại các đô thị lớn trên thế giới cho thấy rằng thành công của hệ thống giao thông không phụ thuộc chủ yếu vào công nghệ hay mức độ đầu tư, mà nằm ở sự phối hợp hiệu quả giữa các chính sách, thể chế quản lý và cơ chế tài chính. Các mô hình như Tokyo, Seoul, Singapore và

Paris đều chứng minh vai trò trung tâm của vận tải công cộng khối lượng lớn, được bảo đảm bằng khung quản trị thống nhất, chính sách ưu tiên rõ ràng và cơ chế tái đầu tư hợp lý. Tokyo cho thấy khả năng gắn kết giữa phát triển hạ tầng và giá trị đất đai, Seoul minh chứng cho sức mạnh của tích hợp công nghệ và chính sách, trong khi đó Singapore thể hiện tính kỷ luật và hiệu quả trong quản lý cầu giao thông, còn Paris khẳng định xu hướng tái chiếm dụng không gian mặt đất cho phương tiện xanh và người đi bộ. Ở phía đối nghịch, trường hợp Bangkok cho thấy sự thiếu ổn định thể chế và điều phối, quản trị yếu kém có thể khiến các dự án đa tầng thất bại dù có nguồn lực đầu tư lớn.

Đối với TP.HCM, bài học rút ra là cần định hướng phát triển giao thông đa tầng trên nền tảng thể chế và quản trị đồng bộ. Trước hết, cần sớm thành lập cơ quan điều phối giao thông đô thị có thẩm quyền toàn diện, chịu trách nhiệm quy hoạch, đầu tư và vận hành hệ thống. Bên cạnh đó, việc thiết kế các nút giao thông đa tầng phải đặt người đi bộ và khả năng kết nối giữa các phương thức lên hàng đầu, bảo đảm sự chuyển đổi liên mạch giữa metro, xe buýt và các phương tiện phi cơ giới. Thành phố cũng cần xây dựng cơ chế tài chính dựa trên giá trị đất và phát triển định hướng giao thông công cộng để huy động vốn xã hội hóa, đồng thời triển khai chính sách kiểm soát xe cá nhân kết hợp với mở rộng không gian công cộng. Nếu được thực hiện nhất quán, những giải pháp này sẽ tạo nền tảng cho một hệ thống giao thông đô thị đa tầng hiệu quả, bền vững và thích ứng, góp phần nâng cao chất lượng sống và năng lực cạnh tranh của TP Hồ Chí Minh trong giai đoạn phát triển mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. FHWA Urban Design Principles (2023), <https://highways.dot.gov/highway-history/interstate-system/designating-urban-interstates/urban-design-principles>.
- [2]. Korea's railway PPP(Public-Private Partnership) Projects (2014), https://centers.ibs.re.kr/html/living_en/transport/KSP%2011%20Korea%C2%B4s%20Railway%20PPP%20Projects.pdf.
- [3]. Chang Z. and Phang S.-Y. (2017), Urban rail transit PPPs: Lessons from East Asian cities, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 105, 106-122.
- [4]. Singapore: A pioneer in taming traffic, https://www.edf.org/sites/default/files/6116_SingaporeTraffic_Factsheet.pdf.
- [5]. Bangkok Elevated Road and Train System, https://en.wikipedia.org/wiki/Bangkok_Elevated_Road_and_Train_System#References.
- [6]. The Editors of Encyclopaedia Britannica (2018), expressway, <https://www.britannica.com/technology/expressway-road>.
- [7]. Bertolini L. (2012), Integrating Mobility and Urban Development Agendas: a Manifesto. *disP - The Planning Review*, 48(1), 16-26.
- [8]. Vukan R. Vuchic (2007), Urban Transit Systems and Technology.
- [9]. Yang C. and Yao M.-F. (2019), Ultra-high intensity redevelopment of the core area of Japanese rail transit hub station. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 14, 245-259.
- [10]. Ueno J., Nakazawa A. and Kishimoto T. (2009), An Analysis of Pedestrian Movement in Multilevel Complex by Space Syntax Theory - In the Case of Shibuya Station. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 6.
- [11]. Minju Koo (2014), Integrated Transfer and Distance-based Fare System, <https://www.seoulsolution.kr/en/content/2380>.
- [12]. Seik F. (2000), An advanced demand management instrument in urban transport: Electronic road pricing in Singapore. *Cities*, 17, 33-45.
- [13]. Luk J. and Olszewski P. (2003), Integrated public transport in Singapore and Hong Kong, *Road and Transport Research*, 12.
- [14]. France Presents a Bold Vision for its Historic Streets, *Sustainable Transport Magazine*, 2023.
- [15]. Low R., Luk J., Lieu G. and al. (2001), Hopewell Holdings Limited, *Asian Case Res J*, 05(01), 71-96.
- [16]. Bangkok reveals smart traffic signals reduce congestion by up to 41%, *Nation Thailand*, 2025.

Mối quan hệ giữa môi trường xây dựng và sức khỏe tinh thần cộng đồng: Đề xuất khung tiêu chí hướng dẫn thiết kế đô thị

The relationship between the built environment and community mental health: Proposed criteria framework to guide Urban Design

> THS.KTS VÕ PHAN NINH

Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM; Email: ninhphankts@gmail.com

TÓM TẮT

Sự gia tăng tỷ lệ rối loạn tâm thần tại các đô thị đang khẳng định mối liên hệ mật thiết giữa sức khỏe cộng đồng và chất lượng môi trường xây dựng. Tại Việt Nam, khoảng cách giữa các quy chuẩn quy hoạch hiện hành và nhu cầu thực tế về một môi trường sống phục hồi sức khỏe đang ngày càng lớn. Bài viết này phân tích những thiếu hụt trong các chỉ tiêu thiết kế hiện tại và đề xuất một khung đánh giá mới dựa trên các thuộc tính: Xanh, Năng động, Gắn kết xã hội và An toàn. Mục tiêu là cung cấp các định hướng quy hoạch cụ thể để giảm thiểu các tác nhân gây stress đô thị và thúc đẩy sức khỏe tinh thần cho cộng đồng.

Từ khóa: Môi trường xây dựng, thiết kế đô thị, sức khỏe tinh thần, sức khỏe cộng đồng.

ABSTRACT

The rise in mental health disorders in urban areas underscores the close relationship between public health and the quality of the built environment. In Vietnam, the gap between current planning standards and the actual need for a health-promoting living environment is growing. This article analyzes the shortcomings in current design criteria and proposes a new evaluation framework based on the following attributes: Green, Active, Socially Connected, and Safe. The goal is to provide specific planning guidelines to minimize urban stressors and promote mental health for the community.

Keywords: Built Environment, urban design, mental health, public health.

1. MỐI TƯƠNG QUAN GIỮA SỨC KHỎE TINH THẦN VÀ HÌNH THÁI ĐÔ THỊ

1.1. Bối cảnh sức khỏe tinh thần đô thị và thách thức toàn cầu

Sự bùng nổ của đô thị hóa toàn cầu, với dự báo 70% dân số sẽ tập trung tại các thành phố vào năm 2050 [1], đang đặt ra những thách thức chưa từng có đối với y tế công cộng. Môi trường đô thị mật độ cao hiện

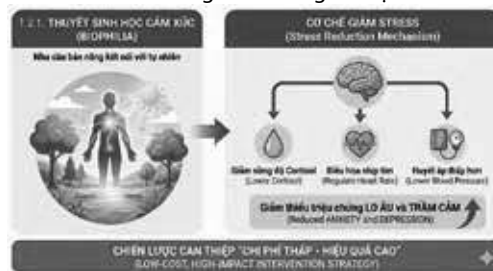
được xác định là tác nhân gia tăng rủi ro tâm lý, với các nghiên cứu chỉ ra rằng cư dân thành thị có nguy cơ mắc trầm cảm cao hơn 40%, lo âu cao hơn 20% và tâm thần phân liệt gấp đôi so với khu vực nông thôn. Trong bối cảnh rối loạn tâm thần chiếm tới 28% tổng số năm sống điều chỉnh theo khuyết tật (DALYs) toàn cầu, yêu cầu cấp thiết đặt ra là phải chuyển đổi sang mô hình "Thiết kế đô thị lành mạnh" (Healthy Urban Design) theo định nghĩa của WHO, nơi các quyết định quy hoạch được cân nhắc trực tiếp dựa trên tác động của chúng đối với phúc lợi con người.

1.2. Các mô hình lý thuyết về phục hồi môi trường (Restorative Environments)

Hiệu quả của thiết kế đô thị đối với sức khỏe tinh thần được củng cố bởi hai hệ thống lý thuyết nền tảng về khả năng phục hồi (restorativeness):

1.2.1. Thuyết sinh học cảm xúc (Biophilia) và cơ chế giảm stress

Thuyết Biophilia khẳng định con người có nhu cầu sinh học bản năng trong việc kết nối với tự nhiên. Các nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng việc tiếp xúc với không gian xanh, dù chỉ trong ngắn hạn (10 phút) có khả năng kích hoạt cơ chế đối kháng stress, biểu hiện qua việc giảm nồng độ cortisol, điều hòa nhịp tim và huyết áp. Đây được xem là chiến lược can thiệp "chi phí thấp - hiệu quả cao" để giảm thiểu các triệu chứng lo âu và trầm cảm trong môi trường đô thị.



Hình 1. Sinh học cảm xúc (Biophilia) và cơ chế giảm stress

1.2.2. Thuyết phục hồi chú ý (ART) và cân bằng kích thích

Thuyết Phục hồi chú ý (ART) giải thích vai trò của môi trường trong việc tái tạo năng lượng nhận thức (sự tập trung, trí nhớ) sau khi bị cạn kiệt bởi sự "chú ý có định hướng" kéo dài. Môi trường phục hồi cung cấp "sự thu hút nhẹ nhàng", giúp não bộ thư giãn.

Tuy nhiên, trong bối cảnh đô thị, phục hồi không đồng nghĩa với sự tĩnh lặng tuyệt đối. Một thiết kế thành công cần cân bằng giữa các "vùng yên tĩnh" để thư giãn sâu và các không gian sống động để cung

cấp kích thích tích cực, tránh tình trạng thiếu kích thích dẫn đến nhàm chán.

1.3. Khung khái niệm thiết kế đô thị vì sức khỏe tinh thần (Mind the GAPS Framework)

Tổng hợp từ các nghiên cứu, khung GAPS (Green, Active, Pro-Social, Safe) cung cấp một cơ sở hệ thống hóa cho các can thiệp thiết kế nhằm thúc đẩy sức khỏe tinh thần.

Thành phần GAPS	Mục tiêu sức khỏe tinh thần	Cơ chế tác động chính
G - Green Places	Giảm stress, giảm trầm cảm, cải thiện nhận thức. [5]	Cung cấp môi trường phục hồi (ART/SRT), tăng cường tương tác xã hội. [5]
A - Active Places	Cải thiện tâm trạng, giảm lo âu/trầm cảm, tăng lòng tự trọng. [5]	Tích hợp hoạt động thể chất thường xuyên (ví dụ: di chuyển chủ động) vào cuộc sống hàng ngày. [1]
P - Pro-Social Places	Xây dựng vốn xã hội, giảm cô lập, tăng cường cảm giác thuộc về. [10]	Tạo điều kiện cho các tương tác tích cực, tự nhiên, và an toàn giữa người dân, bao gồm cả các nhóm dễ bị tổn thương. [10]
S - Safe Places	Giảm lo lắng, tăng cảm giác an ninh và thoải mái cảm quan. [10]	Giảm thiểu phơi nhiễm các yếu tố gây căng thẳng môi trường như ô nhiễm không khí, tiếng ồn, và ánh sáng đêm. [1]

Khung GAPS hướng dẫn các nhà quy hoạch tập trung vào các đặc điểm môi trường vật lý và xã hội, thừa nhận rằng sức khỏe tinh thần là một phần không thể thiếu của sức khỏe tổng thể và là lĩnh vực mà thiết kế đô thị có thể can thiệp hiệu quả.

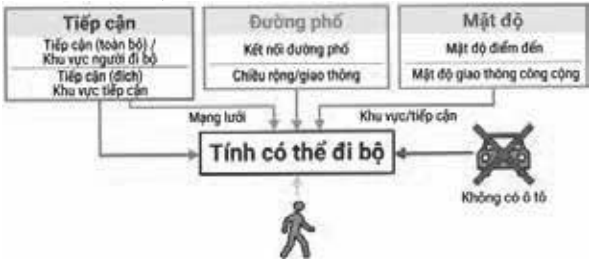
2. PHÂN TÍCH CƠ CHẾ TÁC ĐỘNG CỦA MÔI TRƯỜNG XÂY DỰNG ĐẾN SỨC KHỎE TINH THẦN

2.1. Tác động của kết cấu đô thị (Urban Fabric) và di chuyển chủ động

Cấu trúc hình thái đô thị đóng vai trò quyết định đối với sức khỏe tinh thần thông qua việc định hình hành vi vận động thể chất và khả năng tiếp cận nguồn lực xã hội.

2.1.1. Mật độ và khả năng đi bộ (Walkability)

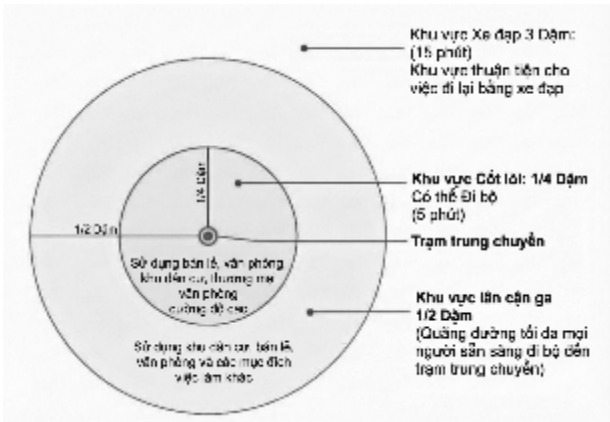
Các nghiên cứu chỉ ra rằng một môi trường có "khả năng đi bộ" cao, đặc trưng bởi mật độ dân cư nén và sự đa dạng sử dụng đất là yếu tố bảo vệ quan trọng chống lại các rối loạn tâm lý. Mật độ tối ưu giúp tập trung các tiện ích xã hội và y tế, khuyến khích đi bộ và tương tác cộng đồng. Tuy nhiên, mật độ cao cần đi kèm với chất lượng thiết kế (như độ che phủ cây xanh) để giảm thiểu cảm giác không gian bị áp bức. Thực trạng cấu trúc đô thị phân tán ví dụ tại khu vực phía Đông TP.HCM hiện nay là một rào cản lớn, khi khoảng cách di chuyển quá xa buộc cư dân phụ thuộc vào xe máy, triệt tiêu các cơ hội vận động tự nhiên.



Hình 2. Tính có thể đi bộ (Dovey and Pafka 2019)

2.1.2. Mạng lưới đường phố và định hướng TOD

Hình thái mạng lưới đường phố quyết định tính kết nối và khả năng tiếp cận. Hệ thống đường dạng lưới được chứng minh ưu việt hơn các mạng lưới ngoại ô thưa thớt trong việc thúc đẩy di chuyển chủ động và giảm sự cô lập. Đặc biệt, bán kính 400m quanh các điểm giao thông công cộng là "ngưỡng vàng" để kích thích hoạt động thể chất đi lại. Do đó, việc tái cấu trúc không gian đô thị xung quanh các tuyến Metro theo mô hình TOD không chỉ là giải pháp giao thông mà còn là chiến lược y tế dự phòng thiết yếu cho Thành phố.



Hình 3. Thiết kế khu vực TOD cơ bản

2.2. Tác động của môi trường cảm giác (Sensory Environment) và vi khí hậu

Môi trường cảm giác và vi khí hậu đô thị là các tác nhân gây căng thẳng trực tiếp, có khả năng làm suy giảm sức khỏe thần kinh, tâm lý thông qua các cơ chế sinh lý và tâm lý.

• **Ô nhiễm không khí:** Phơi nhiễm với các chất ô nhiễm không khí, đặc biệt là bụi mịn PM2.5, có mối liên hệ rõ ràng với tình trạng sức khỏe tâm thần kém hơn, bao gồm việc gia tăng các lần khám cấp cứu do rối loạn tâm thần.[2] Tác động này trở nên trầm trọng hơn ở các cộng đồng chịu nhiều thiệt thòi về kinh tế-xã hội (ví dụ: khu vực chịu ảnh hưởng lịch sử của phân biệt đối xử). [3] Việc giảm thiểu ô nhiễm không khí thông qua các chiến lược thiết kế (ví dụ: mô hình TOD giảm phương tiện cá nhân) là một can thiệp thiết yếu, hướng tới mục tiêu nồng độ PM2.5 trung bình hàng năm không vượt quá $\leq 5\mu g/m^3$ theo khuyến nghị của WHO. [5]

• **Ô nhiễm tiếng ồn:** Tiếng ồn đô thị quá mức là yếu tố gây căng thẳng môi trường lớn thứ hai. [1] Tiếng ồn giao thông đường bộ tăng 10 dBA làm tăng nguy cơ tăng động và thiếu chú ý ở trẻ em và thanh thiếu niên. [6] Tiếp xúc với tiếng ồn quá ngưỡng vào ban đêm gây rối loạn giấc ngủ, làm tăng nguy cơ cao huyết áp, bệnh tim mạch và trầm cảm. [7] WHO khuyến cáo mức tiếng ồn trung bình ban đêm không được vượt quá 40 dBA tại khu dân cư để bảo vệ sức khỏe. [1]

• **Ô nhiễm ánh sáng:** Ánh sáng xâm nhập quá mức vào ban đêm, đặc biệt là ánh sáng lam và bước sóng ngắn, ức chế quá trình sản xuất hormone Melatonin điều chỉnh nhịp sinh học. [8] Sự rối loạn nhịp sinh học này là nguyên nhân gây suy nhược cơ thể, tăng stress, rối loạn giấc ngủ và có thể làm tăng nguy cơ mắc các bệnh tim mạch và ung thư. [9]

2.3. Tác động của gắn kết xã hội và chất lượng thẩm mỹ

Sức khỏe tinh thần và phúc lợi của cư dân đô thị gắn liền mật thiết với chất lượng xã hội và cảm quan của môi trường xây dựng, được định hình bởi các yếu tố thẩm mỹ, an toàn và gắn kết cộng đồng.

• **Chất lượng thẩm mỹ:** Chất lượng thẩm mỹ và mức độ bảo trì của môi trường xây dựng đóng vai trò như một tín hiệu sinh học quan trọng về sự an toàn và sự quan tâm của cộng đồng. Môi trường được thiết kế và duy trì tốt củng cố sự gắn kết xã hội và lòng tự trọng, đồng thời tạo ra không gian phục hồi, làm giảm căng thẳng. Ngược lại, các dấu hiệu xuống cấp báo hiệu sự suy yếu của kiểm soát xã hội, dẫn đến sự sợ hãi, cô lập xã hội và giảm cảm giác tự nguyện can thiệp vì lợi ích chung, từ đó tác động tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng. Tính thẩm mỹ của cảnh quan có thể được định lượng thông qua các chỉ số đa dạng cảnh quan (ví dụ: Shannon Diversity Index - SHDI).

• **Thiết kế hướng đến xã hội:** Thiết kế đô thị phải tạo điều kiện cho các tương tác tích cực, tự nhiên và an toàn giữa người dân để xây dựng vốn xã hội và giảm cô đơn, vốn là yếu tố nguy cơ lớn đối với sức khỏe tinh thần. Các không gian công cộng hấp dẫn, linh hoạt

và dễ tiếp cận là thành phần cốt lõi để thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng, sự hòa nhập và cảm giác thuộc về.

• **Hòa nhập và sức khỏe nhóm dễ tổn thương:** Thiết kế cần áp dụng nguyên tắc liên thế hệ, ví dụ mô hình "8-80 Cities," để đảm bảo không gian phục vụ hiệu quả cho cả trẻ em và người cao tuổi. Sự cô lập và cô đơn là vấn đề lớn ở người lớn tuổi, do đó, việc tạo ra các không gian đa chức năng, dễ tiếp cận và trực quan (dễ hiểu, không rào cản) là cần thiết để thúc đẩy sự tương tác xã hội và giảm thiểu nguy cơ rối loạn tâm lý cho các nhóm dễ bị tổn thương.

3. KHUNG TIÊU CHÍ THIẾT KẾ ĐÔ THỊ VÌ SỨC KHỎE TINH THẦN (KHUNG GAPS)

Khung tiêu chí này được xây dựng để cung cấp các căn cứ thiết kế định tính và định lượng nhằm tối ưu hóa sức khỏe tinh thần:

3.1. G - Green Places (Không gian xanh và phục hồi sinh thái)

Thiết kế ưu tiên cả số lượng và chất lượng của không gian xanh để tối đa hóa khả năng phục hồi thần kinh tâm lý.

• Chỉ tiêu định lượng và phân bố:

○ **Diện tích cây xanh công cộng:** Đặt mục tiêu đạt $\geq 7.0 \text{ m}^2/\text{người}$ (đô thị đặc biệt) và $\geq 2.0 \text{ m}^2/\text{người}$ cho cấp đơn vị ở [1].

○ **Khả năng tiếp cận:** Đảm bảo 100% cư dân tiếp cận công viên/vườn hoa trong bán kính đi bộ tối ưu $\leq 300 \text{ m}$.

• Chất lượng và chức năng phục hồi:

○ **Tích hợp Xanh-Lam:** Sử dụng chỉ số BBGI để đánh giá sự kết hợp giữa mảng xanh và mặt nước, giúp tăng cường giá trị phục hồi và cải thiện vi khí hậu [3].

○ **Thẩm mỹ cảnh quan:** Áp dụng các chỉ số cảnh quan (như Chỉ số Đa dạng Shannon - SHDI, Mật độ Mảng) để định lượng tính tự nhiên và độ phức tạp sinh thái, yếu tố cốt lõi tạo ra cảm xúc tích cực [4].

○ **Đa dạng thảm thực vật:** Tận dụng thảm thực vật để giảm nhiệt độ (qua thoát hơi nước), lọc bụi và cung cấp bóng mát nhằm khuyến khích hoạt động ngoài trời [5].

3.2. A - Active Places (Thiết kế khuyến khích vận động chủ động)

Môi trường cần được thiết kế để việc đi bộ, đạp xe và sử dụng giao thông công cộng trở nên thuận tiện và an toàn hơn phương tiện cá nhân.

• **Khả năng tiếp cận:** Tối ưu hóa sự pha trộn sử dụng đất và mật độ để các tiện ích thiết yếu nằm trong khoảng cách đi bộ thoải mái [6].

• **Tính kết nối:** Mạng lưới đường phố cần có độ thấm cao, tạo ra các tuyến đường ngắn và trực tiếp [7].

• Thiết kế hướng người đi bộ:

○ Tăng cường bóng mát cây xanh vỉa hè để giảm căng thẳng nhiệt và khuyến khích đi bộ trong điều kiện khí hậu nhiệt đới [8].

○ Áp dụng biện pháp làm dịu giao thông như thu hẹp lòng đường, gờ giảm tốc để kiểm soát tốc độ và tăng cảm giác an toàn [9].

• **Tích hợp TOD:** Đảm bảo 100% khu dân cư trong bán kính 400 m quanh các ga tàu/trạm buýt có kết nối đi bộ an toàn và chất lượng cao [10].

3.3. P - Pro-Social Places (Tăng cường gắn kết xã hội và hòa nhập)

Không gian đô thị cần nuôi dưỡng cảm giác thuộc về và tạo điều kiện cho tương tác cộng đồng.

• **Thiết kế liên thế hệ:** Áp dụng nguyên tắc "8-80 Cities", tạo ra các khu vực đa chức năng phục vụ nhu cầu vật lý và sáng tạo của cả trẻ em lẫn người cao tuổi [11].

• **Tiện ích hỗ trợ:** Bố trí ghế nghỉ thường xuyên, lối đi rõ ràng và hệ thống thông tin trực quan để nhận biết cho người cao tuổi và người suy giảm nhận thức [12].

• **Không gian hòa nhập cảm giác:** Thiết kế các khu vực cân bằng kích thích, bao gồm "Vùng yên tĩnh" với vật liệu giảm âm và các khu vực kích thích tích cực (mặt nước, cây xanh) [13].

• **Tạo vốn xã hội:** Kiến tạo các quảng trường, vườn cộng đồng để thúc đẩy tương tác xã hội tự nhiên, giảm thiểu sự cô lập [14].

3.4. S - Safe Places (Giảm thiểu rủi ro môi trường và cảm quan)

Thiết lập các tiêu chuẩn kỹ thuật nghiêm ngặt để kiểm soát tác nhân gây stress.

• Quản lý tiếng ồn:

○ **Mục tiêu:** Giới hạn mức tiếng ồn trung bình ban đêm $\leq 40 \text{ dBA}$ tại khu dân cư [1].

○ **Chiến lược:** Sử dụng đệm cây xanh và đồi đất để cách ly tiếng ồn từ các nguồn phát lớn (giao thông, đường sắt) [13].

• Quản lý ánh sáng:

○ **Mục tiêu:** Hạn chế cường độ ánh sáng xâm nhập vào ban đêm ở mức $\leq 5 \text{ lux}$ [13].

○ **Chiến lược:** Sử dụng đèn có nhiệt độ màu $< 3000 \text{ K}$ và thiết kế hướng xuống để bảo vệ nhịp sinh học [13].

• Quản lý chất lượng không khí:

○ **Mục tiêu:** Hướng tới nồng độ bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ trung bình năm $\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ theo khuyến nghị WHO 2021 [5].

○ **Chiến lược:** Giảm phát thải giao thông qua mô hình TOD và tăng cường hạ tầng xanh hấp thụ ô nhiễm tại các khu vực nhạy cảm (bệnh viện, trường học) [14].

• **Giảm đảo nhiệt đô thị (UHI):** Tăng diện tích bề mặt thấm nước và mái nhà xanh để làm mát môi trường (giảm tới 15°C bề mặt), giảm căng thẳng nhiệt cho cư dân [15].



Hình 4. Khung tiêu chí thiết kế đô thị vì sức khỏe tinh thần (Khung GAPS)

4. TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT QUỐC TẾ SO SÁNH VỚI BỐI CẢNH VIỆT NAM

Phân tích cho thấy tồn tại khoảng cách giữa Quy chuẩn Xây dựng Việt Nam hiện hành (QCVN 01:2021/BXD) và các yêu cầu tối ưu của thiết kế đô thị vì sức khỏe tinh thần theo chuẩn mực quốc tế. QCVN tập trung vào việc xác định ngưỡng tối thiểu về số lượng (ví dụ: chỉ tiêu đất cây xanh tối thiểu $2 \text{ m}^2/\text{người}$ cho đơn vị ở) nhưng lại thiếu các định mức chi tiết về chất lượng và hiệu suất chức năng. Việc chỉ áp dụng các định mức tối thiểu đã dẫn đến hiện trạng không gian xanh kém chất lượng, phân bố không hiệu quả, không tạo ra giá trị phục hồi hoặc gắn kết cộng đồng, một khoảng trống lớn trong quy hoạch đô thị vì sức khỏe cộng đồng.

Để khắc phục hạn chế này, khung tiêu chí tối ưu hóa sức khỏe tinh thần cần chuyển đổi từ chỉ tiêu định lượng sang các tiêu chí **Hiệu suất và khả năng tiếp cận**. Điều này đòi hỏi:

1. **Nâng cấp tiêu chí chất lượng:** Áp dụng các chỉ số đo lường chất lượng không gian xanh (Green Space Quality Index - GSQI) và tích hợp yếu tố xanh-lam (Building Blue-Green Index - BBGI). Đồng thời, định lượng tính thẩm mỹ và đa dạng cảnh quan bằng các chỉ số như Shannon Diversity Index (SHDI), vốn là yếu tố quan trọng cho cảm xúc tích cực và sự phục hồi thần kinh tâm lý. Mục tiêu là đảm bảo cư dân

tiếp cận không gian xanh chất lượng trong bán kính đi bộ tối ưu từ nhà ở, theo khuyến nghị của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO).

2. Kiểm soát môi trường cảm giác: Một khoảng trống nghiêm trọng trong quy chuẩn hiện tại là sự thiếu vắng các tiêu chí định lượng về môi trường cảm giác, vốn là nguồn gây căng thẳng trực tiếp. Khung tiêu chí tối ưu cần áp dụng các ngưỡng quốc tế nghiêm ngặt như:

○ **Tiếng ồn:** Mức trung bình ban đêm tại khu dân cư không vượt quá để bảo vệ giấc ngủ và phục hồi tâm lý.

○ **Ánh sáng:** Kiểm soát ô nhiễm ánh sáng để tránh rối loạn nhịp sinh học, ví dụ, hạn chế cường độ ánh sáng chiếu xâm nhập vào khu dân cư về đêm ở mức và sử dụng ánh sáng có nhiệt độ màu tương quan (ánh sáng ấm) để giảm thiểu ức chế melatonin.

Việc lồng ghép các tiêu chí dựa trên hiệu suất và cảm giác này vào các quy định quy hoạch là thiết yếu để chuyển đổi môi trường xây dựng đô thị, bảo vệ sức khỏe tâm thần và đảm bảo công bằng sức khỏe cho mọi nhóm cư dân.

5. NGUYÊN TẮC THIẾT KẾ HOÀ NHẬP VÀ TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG PHỤC HỒI

Sức khỏe tinh thần của cộng đồng phụ thuộc vào mức độ hòa nhập của môi trường xây dựng, đảm bảo mọi thành viên, bất kể tuổi tác hay khả năng, đều có thể sử dụng và hưởng lợi.

5.1. Thiết kế liên thể hệ và vốn xã hội

Thiết kế liên thể hệ là cốt lõi để chống lại sự cô lập xã hội, một yếu tố nguy cơ lớn đối với sức khỏe tinh thần.

• **Không gian hòa nhập toàn diện:** Các không gian công cộng phải được thiết kế để phục vụ đa dạng nhu cầu của các nhóm tuổi, từ sân chơi cho trẻ em (kích thích vật lý, sáng tạo) đến khu vực nghỉ ngơi an toàn cho người cao tuổi. Sự hiện diện của các khu vực đa chức năng và các tiện ích hỗ trợ (ghế nghỉ, nhà vệ sinh) giúp gia tăng tần suất và thời gian sử dụng của mọi nhóm đối tượng.

• **Tính thẩm thấu và dễ tiếp cận:** Thiết kế cần đảm bảo tính trực quan, dễ hiểu và không có rào cản. Ví dụ, cung cấp các lối đi có độ dốc phù hợp và bề mặt tương đối chắc chắn cho người sử dụng xe lăn hoặc người cao tuổi có vấn đề về thăng bằng.

5.2. Quản lý môi trường cảm giác (Sensory Design)

Yếu tố cảm giác	Mục tiêu sức khỏe tinh thần	Tiêu chí thiết kế
Thính giác	Giảm stress do tiếng ồn, Tạo không gian yên tĩnh.	Thiết lập Khu vực yên tĩnh được cách ly vật lý, Tích hợp âm thanh tự nhiên (tiếng nước chảy). [1]
Thị giác	Hỗ trợ định hướng, Tránh quá tải và chói lóa.	Sử dụng màu sắc hài hòa, Tránh các nguồn sáng mạnh gây chói mắt, Đảm bảo tầm nhìn thoáng đãng và có các điểm mốc rõ ràng. [10]
Xúc giác/vận động	Khuyến khích vận động tự do	Tạo hình địa hình tự nhiên, Lối đi có kết cấu xúc giác, Sử dụng thực vật an toàn và đa dạng cảm giác.
An toàn nhận thức	Cải thiện tự chủ, giảm lo âu cho người có vấn đề nhận thức.	Sử dụng biển báo đa phương tiện, đảm bảo tầm nhìn rõ ràng và chiếu sáng đầy đủ.



Hình 5. Các yếu tố thiết kế cảm giác

Thiết kế cảm giác là một lĩnh vực chuyên sâu nhằm tạo ra các không gian phục hồi cho những người nhạy cảm với kích thích môi trường, như người mắc chứng tự kỷ hoặc rối loạn nhận thức.

Việc tích hợp thiết kế cảm giác vào quy hoạch công viên và không gian công cộng là cần thiết để tạo ra cơ sở hạ tầng nền tảng cho sự phục hồi tinh thần và tính linh hoạt sinh thái của đô thị.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả phân tích cho thấy mối liên hệ mật thiết giữa các thuộc tính thiết kế đô thị và sức khỏe tâm thần cộng đồng. Khung GAPs (Green - Active - Pro-Social - Safe) được xem là công cụ định hướng hiệu quả để kiến tạo các môi trường sống có khả năng chữa lành và gắn kết xã hội.

Để áp dụng thành công khung tiêu chí này trong bối cảnh TP.HCM, cần có sự phối hợp đồng bộ giữa các bên liên quan:

* **Về quản lý nhà nước:** Ban hành hướng dẫn kỹ thuật tối ưu so với Quy chuẩn VN. Ví dụ, cần xây dựng cơ chế "thường diện tích sàn" cho các dự án tích hợp không gian xanh phương đứng và mái nhà để bù đắp thiếu hụt quỹ đất tại đô thị nén. Thí điểm áp dụng khung GAPs tại các khu vực TOD quanh nhà ga Metro để tối ưu hóa khả năng đi bộ và giảm sự phụ thuộc vào xe máy.

* **Về thiết kế và đầu tư:** Cần ưu tiên các giải pháp thiết kế "Liên thể hệ" và quản lý môi trường cảm giác, coi không gian xanh chất lượng cao là hạ tầng thiết yếu thay vì tiện ích trang trí:

- Ưu tiên giải pháp "Hành lang vi khí hậu" với độ che phủ bóng mát cao và vật liệu thấm nước để giảm sốc nhiệt và ngập úng cục bộ.

- Thiết kế cần tôn trọng và khai thác "văn hóa hẻm", cải tạo các nút giao trong hẻm thành không gian gắn kết xã hội an toàn. Đồng thời, thiết kế vùng đệm cứng trên vỉa hè để phân tách an toàn giữa người đi bộ và dòng xe máy.

* **Về nghiên cứu:** Cần tiếp tục mở rộng việc sử dụng dữ liệu lớn (Big Data/GIS) để lượng hóa tác động của môi trường xây dựng lên chỉ số hạnh phúc chủ quan của cư dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. World Health Organization (WHO) & UN-Habitat. (n.d.). Healthy Urban Planning: Integrating Health in Urban and Territorial Planning (bao gồm dữ liệu về tiếng ồn và đô thị hóa).

[2]. Dinki, T. (2024). Air pollution harms mental health more in New York's historically redlined neighborhoods. University at Buffalo News.

[3]. Chen, T., Zhang, P., Li, J., & He, X. (2024). Evaluating Neighborhood Green-Space Quality Using a Building Blue-Green Index (BBGI) in Nanjing, China. ISPRS International Journal of Geo-Information, 11(3), 445.

[4]. Frank, S., First, C., et al. (2013). Assessment of landscape aesthetics-Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty. ResearchGate.

[5]. World Health Organization (WHO). (2021). WHO Global Air Quality Guidelines 2021. C40 Knowledge Hub.

[6]. Mels, E. (2019). Transportation noise and behavioral and emotional disorders in children and adolescents: a systematic review. Cochrane Database of Systematic Reviews.

[7]. World Health Organization (WHO). (n.d.). WHO guidelines for night noise.

[8]. Jefferson Health. (n.d.). How Does Nighttime Light Affect My Health?

[9]. American Psychiatric Association. (n.d.). Light, Sleep and Mental Health.

[10]. Urban Design Mental Health. (n.d.). Mind the GAPs Framework: The Impact of Urban Design and Mental Health and Wellbeing.

[11]. Williams, S. (2017). Age diversity for social cohesion. Child in the City.

[12]. UN-Habitat. (2025). Healthier Cities and Communities Through Public Spaces.

[13]. South Downs National Park Authority. (2021). Towards a Dark Sky Standard.

[14]. Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). Social Benefits of Green Infrastructure.

[15]. World Health Organization (WHO)/ UN-Habitat. (n.d.). Minimum Recommended Green Space per Capita. Sustainability Directory.

[16]. American Society of Landscape Architects (ASLA). (n.d.). Universal Design: Playgrounds.

[17]. Gatto, G., & Moramarco, T. (2025). Biophilic Design and Restorative Effects: A Neuropsychological Study of Healthy Indoor Workspaces in Urban Contexts. International Journal of Environmental Research and Public Health.

Công tác quản lý dự án cho công trình nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp

Project management practices for Interior works in luxury Villas and high-End Hotels

> TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: huynt@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích công tác quản lý dự án đối với các công trình nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp, nơi yêu cầu về thẩm mỹ, kỹ thuật và tiến độ ở mức độ cao nhất. Nghiên cứu tập trung vào vai trò của công tác lập kế hoạch, điều phối, giám sát chất lượng và ứng dụng công nghệ trong quản lý dự án, đồng thời đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả và giá trị công trình. Kết quả cho thấy năng lực quản lý dự án và yếu tố con người đóng vai trò quyết định đối với sự thành công của các dự án nội thất cao cấp.

Từ khóa: Quản lý dự án, công trình nội thất, biệt thự sang trọng, khách sạn cao cấp, quản lý dự án tích hợp, quản lý xây dựng.

ABSTRACT

The paper analyzes project management practices for interior construction works in luxury villas and high-end hotels, where the requirements for aesthetics, technical aspects, and schedule are at the highest level. The study focuses on the roles of planning, coordination, quality supervision, and technology application in project management, while also proposing solutions to enhance efficiency and value of the projects. The results indicate that project management capacity and human factors play a decisive role in the success of high-end interior projects.

Keywords: Project management, interior works, luxury Villas, high-End Hotels, integrated project delivery (IPD), construction management.

1. GIỚI THIỆU

Thị trường Xây dựng Việt Nam đạt tổng giá trị 69,20 tỷ USD vào năm 2024. Dự kiến sẽ tăng lên 102,20 tỷ USD vào năm 2028. Trong đó, thị phần ngành nội thất chiếm tỷ trọng đáng kể, giá trị ngày càng tăng.

Trong bối cảnh lĩnh vực xây dựng và nội thất phát triển mạnh mẽ với tốc độ tăng trưởng trung bình khoảng 8,1%/năm trong giai đoạn 2024-2028, các sản phẩm biệt thự, khách sạn và chung cư cao cấp được đầu tư ngày càng nhiều. Đây là các công trình đòi hỏi tiêu chuẩn cao về kỹ thuật, thẩm mỹ và tiến độ. Công tác quản lý dự án đóng vai trò trung tâm trong việc bảo đảm các yếu tố này được thực

hiện hiệu quả và đồng bộ. So với các công trình dân dụng thông thường, dự án nội thất cao cấp mang tính cá nhân hóa, đa dạng vật liệu, nhiều chi tiết kỹ thuật và yêu cầu phối hợp liên ngành.

Đối với các công trình xây dựng quy mô lớn, công tác quản lý dự án thường được thực hiện bài bản, dựa trên hệ thống tiêu chuẩn và quy định pháp lý rõ ràng. Tuy nhiên, đối với những dự án có hạng mục nội thất, vật liệu hoàn thiện, thiết bị nhập khẩu, cao cấp, đơn chiếc,... việc áp dụng các quy định hiện hành còn khó khăn do chưa có định mức tính toán chi phí của Nhà nước. Trong quá trình triển khai quản lý dự án nội thất cho biệt thự, khách sạn đang gặp nhiều khó khăn, mắc như: nhân sự thiếu tính chuyên nghiệp, ít được đào tạo, thường không có chứng chỉ hành nghề; chi phí quản lý dự án không có cơ sở tính toán; thiếu các đơn vị quản lý chuyên nghiệp, đa phần do cá nhân tự thực hiện,...

Bài báo sẽ làm rõ hơn các vấn đề trong quản lý dự án nội thất, đồng thời đề xuất phương án triển khai nhằm nâng cao hiệu quả và tính chuyên nghiệp đối với những công trình đặc thù như biệt thự và khách sạn cao cấp.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

Quản lý dự án (Project Management) trong ngành nội thất bao gồm việc lập kế hoạch, tổ chức, điều phối, giám sát và kiểm soát các hoạt động nhằm đạt được mục tiêu trong phạm vi, thời gian, chi phí và chất lượng xác định.

Theo hướng dẫn của PMI (PMBOK - Project Management Body of Knowledge, 7th Edition), quản lý dự án hiệu quả đòi hỏi tích hợp tám lĩnh vực: phạm vi, tiến độ, chi phí, chất lượng, nhân lực, truyền thông, rủi ro và mua sắm.

Đối với dự án nội thất cao cấp, việc áp dụng các mô hình như BIM (Building Information Modeling), IPD (Integrated Project Delivery) và QA/QC đa tầng là cần thiết để đảm bảo tính chính xác.

QA/QC là hai bộ phận trong hệ thống quản lý chất lượng, có mục tiêu khác nhau nhưng bổ trợ lẫn nhau. (i) QA (Quality Assurance - Đảm bảo chất lượng) tập trung vào việc ngăn ngừa lỗi thông qua xây dựng, thiết lập và cải thiện các quy trình sản xuất và tiêu chuẩn chất lượng; mục tiêu của QA là đảm bảo chất lượng bằng cách phòng ngừa sai sót ngay từ đầu. (ii) QC (Quality Control - Kiểm soát chất lượng) tập trung vào việc phát hiện và sửa lỗi bằng cách kiểm tra, thử nghiệm sản phẩm cuối cùng để bảo đảm sản phẩm đáp ứng các tiêu chuẩn đã đặt ra; mục tiêu của QC là phát hiện và khắc phục lỗi trong sản phẩm sau khi đã được tạo ra.

3. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đặc trưng của công trình nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp

Công trình nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp có giá trị đầu tư lớn, vật liệu nhập khẩu và yêu cầu hoàn thiện tinh xảo. Công tác quản lý dự án

được chia thành các giai đoạn: (1) Lập kế hoạch và khởi động, (2) Thiết kế chi tiết, (3) Ký hợp đồng thi công và mua sắm vật liệu, (4) Thi công - giám sát, (5) Nghiệm thu - bàn giao và (6) Bảo hành, bảo trì. Mỗi giai đoạn đều đòi hỏi quy trình quản lý chất lượng chặt chẽ và minh bạch.



Hình 1. Quy trình quản lý dự án đối với dự án nội thất

3.2. Nội dung quản lý dự án nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp

Nội dung quản lý dự án nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp bao gồm các bước từ tư vấn, khảo sát, thiết kế, báo giá, ký hợp đồng, đến thi công, sản xuất, lắp đặt, và cuối cùng là nghiệm thu, bàn giao và bảo hành. Quá trình này yêu cầu sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên để đảm bảo chất lượng công trình, đúng tiến độ và đạt yêu cầu của khách hàng.

Các bước quản lý dự án nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp:

- (i). Tiếp nhận thông tin và tư vấn: Gặp gỡ khách hàng để hiểu rõ nhu cầu, mong muốn và xem xét hồ sơ thiết kế ban đầu.
- (ii). Khảo sát hiện trạng: Đội ngũ kiến trúc sư và giám sát tiến hành khảo sát thực tế công trình để đánh giá các yếu tố như cấu trúc, không gian, hệ thống điện nước, ...
- (iii). Báo giá và ký hợp đồng: Dựa trên kết quả khảo sát và yêu cầu thiết kế, gửi hồ sơ báo giá chi tiết cho khách hàng và ký hợp đồng thi công chính thức.
- (iv). Triển khai thi công: Bắt đầu quá trình thi công, bao gồm các giai đoạn hoàn thiện thô và các hạng mục liên quan khác.
- (v). Sản xuất và lắp đặt nội thất: Tiến hành sản xuất các sản phẩm nội thất theo thiết kế và thực hiện lắp đặt tại công trình.
- (vi). Nghiệm thu và bàn giao: Giám sát dự án tiến hành nghiệm thu công trình cùng với khách hàng để bàn giao sản phẩm cuối cùng. Lập phiếu bảo hành và bảo trì sau khi hoàn thành.



Hình 2. Ảnh minh họa việc lựa chọn vật tư, vật liệu hoàn thiện cho dự án nội thất

3.3. Phương pháp nghiên cứu và sự cần thiết phối hợp trong quá trình quản lý dự án

- Phương pháp nghiên cứu được xây dựng dựa trên mô hình lý thuyết về quản lý dự án hiện đại, kết hợp phân tích trường hợp (case study) của các công trình nội thất biệt thự và khách sạn tại Việt Nam, từ đó xác định các yếu tố ảnh hưởng chính đến hiệu quả quản lý dự án.

- Để nâng cao hiệu quả phối hợp và chia sẻ trách nhiệm trong các dự án nội thất (như khách sạn 5 sao hoặc biệt thự cao cấp), nên hướng đến mô hình giao nhận dự án tích hợp (IPD). Mô hình IPD để cao hợp đồng đa bên, chia sẻ rủi ro - lợi ích, minh bạch chi phí, và

cộng tác sớm giữa thiết kế - thi công - chủ đầu tư. Khi kết hợp IPD với quy trình nội thất đặc thù, có thể hình thành mô hình "Integrated Interior Project Delivery" (IIPD) - định hướng giá trị thẩm mỹ, tối ưu chi phí và trải nghiệm người dùng.

3.4. Tổng hợp kết quả nghiên cứu quản lý dự án nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp

- Tổng hợp các nghiên cứu có thể rút ra 11 nhóm năng lực cốt lõi đòi hỏi chủ thể làm công tác quản lý dự án ngành nội thất cần có: (1) Kiến thức chuyên sâu về thiết kế và thi công nội thất; (2) Có năng lực lập kế hoạch và quản lý tiến độ; (3) Có khả năng lãnh đạo và thúc đẩy đội nhóm; (4) Có kỹ năng giao tiếp và thương lượng; (5) Có kỹ năng quản lý rủi ro và thay đổi; (6) Có tư duy sáng tạo và giải quyết vấn đề; (7) Quản lý ngân sách và chi phí hiệu quả; (8) Kiểm soát tốt chất lượng chi tiết từng sản phẩm; (9) Có tính kỷ luật và tỉ mỉ; (10) Có khả năng quản lý thời gian hiệu quả; (11) Tập trung vào khách hàng và giá trị thẩm mỹ.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy bốn nhóm yếu tố ảnh hưởng lớn đến hiệu quả quản lý dự án nội thất cao cấp gồm: (1) Lập kế hoạch và tiến độ; (2) Phối hợp và truyền thông; (3) Kiểm soát chất lượng và chi phí; (4) Năng lực lãnh đạo. Trong đó, yếu tố lập kế hoạch và điều phối tiến độ được xác định là có tác động mạnh nhất.

Các công trình áp dụng mô hình quản lý dự án số hóa và công cụ như MS Project, BIM hoặc ERP (Enterprise Resource Planning - Hoạch định nguồn lực doanh nghiệp) đạt hiệu quả tiến độ cao hơn trung bình 25 - 30%.

Ngoài ra, việc kiểm soát vật liệu nhập khẩu, phối hợp nhà cung cấp nước ngoài và quản lý QA/QC theo tiêu chuẩn quốc tế góp phần nâng cao chất lượng. Các nội dung trên chỉ được thực hiện tốt với nhân sự quản lý dự án được đào tạo chuyên sâu trong lĩnh vực nội thất.

4. GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

Để nâng cao hiệu quả công tác quản lý dự án nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp, đề xuất một số giải pháp sau:

1). Áp dụng mô hình quản lý dự án tích hợp (IPD) kết nối chặt chẽ giữa chủ đầu tư - thiết kế - thi công ngay từ đầu. Áp dụng mô hình IPD - quản lý dự án tích hợp mang lại nhiều lợi ích như đảm bảo dự án đạt mục tiêu, tối ưu hóa nguồn lực (nhân lực, tài chính), nâng cao hiệu suất và giảm thiểu rủi ro thông qua việc hài hòa các yếu tố khác nhau. Mô hình này cũng giúp tăng tính cạnh tranh, thúc đẩy sự hợp tác, và đảm bảo tầm nhìn chung cho tất cả các bên liên quan.

2). Ứng dụng công nghệ BIM và PMIS để theo dõi tiến độ, chi phí và kiểm soát chất lượng theo thời gian thực trong quản lý dự án nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp.

Công nghệ BIM là một quy trình quản lý dự án xây dựng thông qua mô hình 3D kỹ thuật số chứa đựng nhiều thông tin chi tiết, giúp nâng cao hiệu quả công tác, giảm thiểu sai sót và tối ưu hóa chi phí. Công nghệ cho phép các bên liên quan hình dung dự án một cách chân thực hơn từ thiết kế, thi công đến vận hành, đồng thời hỗ trợ quản lý tài nguyên, tiến độ và rủi ro.

PMIS (Hệ thống Thông tin Quản lý Dự án) là một nền tảng phần mềm hoặc một bộ công cụ kỹ thuật số giúp lập kế hoạch, giám sát, kiểm soát và báo cáo toàn bộ thông tin của một dự án, từ lịch trình, ngân sách đến nguồn lực và rủi ro. PMIS cung cấp một môi trường tập trung để quản lý dữ liệu dự án, từ đó giúp các nhóm làm việc hiệu quả hơn, đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu thực tế và tự động hóa các quy trình làm việc.

3). Chuẩn hóa quy trình QA/QC theo 05 cấp (vật liệu đầu vào, sản xuất, vận chuyển, lắp đặt, nghiệm thu) và 05 cấp độ: (i) Cấp độ 1- Kiểm tra chất lượng (QL): Thực hiện kiểm tra sản phẩm cuối cùng hoặc tại các điểm quan trọng trong quy trình để phát hiện lỗi; (ii) Cấp độ 2- Kiểm soát chất lượng (QC): Tập trung vào việc kiểm soát chất lượng tại các

khâu sản xuất, nguyên vật liệu đầu vào và đào tạo nhân sự, nhằm ngăn chặn lỗi xảy ra; (iii) Cấp độ 3- Đảm bảo chất lượng (QA): Xây dựng hệ thống quy trình, kế hoạch QA và các tiêu chuẩn chất lượng để đảm bảo sản phẩm đáp ứng các yêu cầu đề ra ngay từ đầu, bao gồm việc triển khai kiểm thử và đánh giá hiệu suất; (iv) Cấp độ 4- Kiểm soát chất lượng toàn diện (TQC - Total Quality Control): Mở rộng hoạt động kiểm soát chất lượng cho tất cả các bộ phận trong doanh nghiệp, không chỉ riêng sản xuất, và sử dụng các công cụ kiểm soát thống kê để theo dõi và đánh giá chất lượng; (v) Cấp độ 5- Quản lý chất lượng toàn diện (TQM - Total Quality Management): Đạt đến mức độ tối ưu hóa bằng cách xây dựng văn hóa chất lượng cho toàn bộ tổ chức, liên tục cải tiến quy trình và tập trung vào sự hài lòng của khách hàng.

4). Đào tạo nhân sự quản lý dự án nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp về kỹ năng điều phối, thẩm mỹ, và giao tiếp với khách hàng cao cấp. Cần tập trung vào các khóa đào tạo chuyên sâu và chương trình thực hành. Các chương trình này có thể bao gồm kỹ năng quản lý dự án, thẩm mỹ trong lĩnh vực liên quan, và kỹ năng mềm như giao tiếp, lắng nghe, xử lý tình huống với khách hàng VIP.

- Kỹ năng điều phối dự án: Xây dựng kế hoạch chi tiết, phân công nhiệm vụ, theo dõi tiến độ và đảm bảo dự án hoàn thành đúng hạn; Xác định, đánh giá và giải quyết các vấn đề phát sinh để đảm bảo dự án không bị gián đoạn; Hợp tác và điều phối nhịp nhàng giữa các bộ phận, các nhà cung cấp và các bên liên quan để đạt hiệu quả cao nhất.

- Kỹ năng thẩm mỹ: Cập nhật các xu hướng thẩm mỹ mới nhất, các phong cách thiết kế và vật liệu, hoặc các dịch vụ làm đẹp hiện đại tùy theo lĩnh vực dự án; Phát triển khả năng sáng tạo và đưa ra các giải pháp thẩm mỹ độc đáo, phù hợp với yêu cầu và ngân sách của dự án; Đảm bảo các yếu tố thẩm mỹ của sản phẩm cuối cùng đáp ứng các tiêu chuẩn chất lượng cao nhất.

- Kỹ năng giao tiếp và làm việc với khách hàng cao cấp: Lắng nghe tích cực để hiểu rõ nhu cầu, mong muốn và kỳ vọng của khách hàng cao cấp; Sử dụng ngôn ngữ và phong cách giao tiếp phù hợp, tạo dựng mối quan hệ tin cậy và chuyên nghiệp; Xử lý các khiếu nại hoặc phản hồi tiêu cực một cách chuyên nghiệp, biến chúng thành cơ hội cải thiện dịch vụ; Đặt lợi ích của khách hàng lên hàng đầu, cung cấp dịch vụ cá nhân hóa và vượt mong đợi.

5). Thiết lập hệ thống đánh giá KPI (Key Performance Indicator - chỉ số hiệu suất chính) cho từng giai đoạn quản lý dự án nội thất biệt thự, khách sạn cao cấp, gắn liền với thưởng - phạt minh bạch.

Để thiết lập hệ thống đánh giá KPI cho từng giai đoạn dự án, gắn liền với thưởng phạt minh bạch, cần xác định mục tiêu chung, sau đó chia nhỏ mục tiêu theo từng giai đoạn và thiết lập các chỉ số KPI cụ thể cho mỗi giai đoạn. Cuối cùng, cần xây dựng một hệ thống khen thưởng và xử phạt rõ ràng, kết nối trực tiếp với kết quả thực tế của KPI.

a. Các bước thiết lập hệ thống KPI: (i) Xác định mục tiêu chung của dự án - Bắt đầu bằng việc xác định rõ ràng mục tiêu cuối cùng của dự án để làm cơ sở cho việc xây dựng các KPI; (ii) Phân chia mục tiêu theo từng giai đoạn - Chia dự án thành các giai đoạn (ví dụ: Lên kế hoạch, thực thi, nghiệm thu) và đặt mục tiêu cụ thể cho từng giai đoạn; (iii) Thiết lập các yếu tố thành công then chốt (Key Success Factors - KSFs) - Xác định các yếu tố quan trọng quyết định sự thành công của từng giai đoạn dự án; (iv) Thiết lập KPI từ các yếu tố thành công - Chuyển các yếu tố thành công thành các chỉ số đo lường định lượng được (ví dụ: Số lượng công việc hoàn thành, thời gian hoàn thành, ngân sách sử dụng, tỷ lệ lỗi); (v) Thu thập và đo lường dữ liệu - Xây dựng quy trình thu thập dữ liệu một cách minh bạch và nhất quán để theo dõi tiến độ của các KPI theo từng giai đoạn; (vi) Đánh giá kết quả - Sử dụng dữ liệu đã thu thập để đánh giá mức độ đạt được của từng KPI và đối chiếu với mục tiêu đề ra.

b. Gắn kết với thưởng - phạt minh bạch: (i) Thiết lập chính sách khen thưởng và xử phạt rõ ràng - Xây dựng một quy tắc minh bạch về mức

thưởng hoặc hình thức kỷ luật khi không đạt KPI; (ii) Tỷ lệ thưởng/phạt minh bạch - Nên được xác định rõ ràng dựa trên mức độ hoàn thành KPI. Ví dụ: Hoàn thành vượt mục tiêu - Thưởng xứng đáng; Hoàn thành đúng mục tiêu - Thưởng theo quy định; Không hoàn thành mục tiêu - Phạt theo quy định; (iii) Truyền thông minh bạch - Truyền thông rõ ràng về hệ thống KPI và chính sách thưởng phạt đến tất cả các thành viên trong dự án để đảm bảo mọi người hiểu và nắm rõ; (iv) Đảm bảo tính khách quan - Sử dụng các công cụ, phần mềm quản lý KPI để đảm bảo tính khách quan và minh bạch trong việc đo lường và đánh giá.

Ngoài ra, cần đề xuất thêm với cơ quan quản lý nhà nước để ban hành các quy định cụ thể về phạm vi của thiết kế và thi công nội thất với kiến trúc xây dựng. Bổ sung các quy định về chứng chỉ hành nghề thiết kế nội thất, phí thiết kế nội thất cùng định mức dự toán các hạng mục nội thất.

5. KẾT LUẬN

Công tác quản lý dự án trong các công trình nội thất biệt thự và khách sạn cao cấp đòi hỏi sự chuyên nghiệp, tỉ mỉ và ứng dụng công nghệ hiện đại. Sự thành công của dự án phụ thuộc vào năng lực quản lý tổng thể, khả năng phối hợp giữa các bên và việc duy trì chất lượng - tiến độ - chi phí trong phạm vi kiểm soát. Việc chuyển đổi từ quản lý truyền thống sang mô hình quản lý dự án tích hợp, số hóa và minh bạch là xu hướng tất yếu giúp nâng cao năng suất, chất lượng và giá trị thương hiệu công trình.

Nhân sự tham gia công tác quản lý dự án nội thất đòi hỏi cao về năng lực chuyên môn và có kinh nghiệm. Ngoài chuyên môn về ngành nội thất còn phải được đào tạo các kỹ năng quản lý dự án và có nhiều trải nghiệm thực tế. Hiện nay, đã có một số đơn vị đào tạo chuyên sâu về lĩnh vực nội thất điển hình như Khoa Nội thất của Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, ngoài chuyên môn về ngành thiết kế nội thất còn đào tạo thêm kỹ năng về quản lý, điều hành thiết kế và thi công công trình nội thất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014; Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng (số 62/2020/QH14 ngày 17/6/2020).
- [2]. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.
- [3]. Bộ Xây dựng (2020). Thông tư 09/2019/TT-BXD - Hướng dẫn quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình.
- [4]. Nguyễn Hữu Dũng & Trần Thị Huyền (2023). Ứng dụng BIM trong quản lý dự án công trình dân dụng. Tạp chí Xây dựng Việt Nam.
- [5]. Nguyễn Văn Tâm, Nguyễn Quốc Toàn, Vũ Văn Phong, Trần Đức Giang (2025): Quản trị nhân sự quản lý dự án trong ngành Xây dựng: Thách thức và cơ hội của cách mạng công nghiệp 4.0. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng.
- [6]. Ngành xây dựng bước vào chu kỳ tăng trưởng có chọn lọc (2025). Trọng Nam - forbes.baovanhoa.vn.
- [7]. Chan, D. W. M. & Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. International Journal of Project Management.
- [8]. Le, T. Q. (2022). Application of Integrated Project Delivery in Small Residential Projects in Vietnam. Journal of Construction Management.
- [9]. PMI (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - 7th Edition.
- [10]. Rudhab S. Buk'hail, Ruqaya S. Al-Sabah (2024). Exploring the Barriers to Implementing the Integrated Project Delivery Method. Journal of King Saud University - Engineering Sciences.
- [11]. Zulkiflee Abdul-Samad, Kashini Mahenthiran, Hafez Salleh, Mahanim Hanid, Aimi Sara Ismail, Sharifah Mazlina Syed Khuzzan, Siti Suhana Judi, Norazian Mohd Yusuwan (2022). Interior design project management processes and its relationship with project success. New design ideas Jomard Publishing.

Các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống đường sắt đô thị của người dân TP.HCM

Factors influencing the intention to use the urban rail transit system among residents of Ho Chi Minh City

> NGUYỄN HỒNG THÁI¹, PHẠM THÚY HƯƠNG^{2,*}, TRẦN QUANG PHÚ², ĐẶNG NGỌC THÀNH²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải

²Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM

*Corresponding author, Email: huongpt@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh tuyến metro đầu tiên chính thức vận hành từ cuối năm 2024, việc hiểu rõ các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống đường sắt đô thị (ĐSĐT) của người dân trở thành yêu cầu cấp thiết. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về thực trạng nhu cầu sử dụng hệ thống metro tại TP.HCM và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống này, thông qua việc kết hợp mô hình lý thuyết hành vi dự định (TPB) và mô hình chấp nhận công nghệ (TAM). Dữ liệu khảo sát được thu thập từ 300 người dân trên địa bàn TP.HCM trong độ tuổi lao động và thường xuyên có nhu cầu di chuyển. Phân tích định lượng được thực hiện thông qua các bước kiểm định độ tin cậy (Cronbach's Alpha), phân tích nhân tố khám phá (EFA) và hồi quy tuyến tính. Kết quả cho thấy các yếu tố như chất lượng dịch vụ, nhận thức lợi ích cá nhân, ảnh hưởng xã hội và hạ tầng kết nối tác động đáng kể đến ý định sử dụng metro. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất một số giải pháp trọng tâm nhằm thúc đẩy hành vi chuyển đổi sang sử dụng metro: nâng cao chất lượng dịch vụ, truyền thông định hướng thay đổi nhận thức, và hoàn thiện kết nối đầu-cuối. Nghiên cứu góp phần cung cấp bằng chứng thực nghiệm, hỗ trợ hoạch định chính sách giao thông công cộng bền vững tại TP.HCM.

Từ khóa: Đường sắt đô thị, ý định sử dụng, hệ thống metro TP.HCM, hành vi người dùng, chất lượng dịch vụ.

ABSTRACT

In the context of Ho Chi Minh City's first metro line officially commencing operation in late 2024, understanding the factors influencing residents' intention to use the urban rail transit (URT) system has become an urgent priority. This paper presents research findings on the current demand for metro services in Ho Chi Minh City and analyzes the key determinants affecting usage intention, based on an integrated application of the Theory of Planned Behavior (TPB) and the Technology Acceptance Model (TAM). Survey data were collected from 300 working-age residents with frequent travel needs. Quantitative analysis was conducted through reliability testing (Cronbach's Alpha), exploratory factor analysis (EFA), and linear regression modeling. The results indicate that service quality, perceived personal benefits, social influence, and infrastructure connectivity significantly impact the intention to use the metro system. Based on these findings, the paper proposes several key solutions to promote behavioral transition toward metro usage, including enhancing service quality, implementing communication strategies to reshape public perception, and improving last-mile connectivity. The study provides empirical evidence to support the development of sustainable public transportation policies in Ho Chi Minh City.

Keywords: Urban rail transit Intention to use, Metro system Ho Chi Minh City, user behavior, service quality.

1. GIỚI THIỆU

TP.HCM hiện là đô thị đặc biệt, trung tâm kinh tế - văn hóa - khoa học lớn nhất cả nước, với dân số chính thức hơn 10 triệu người và tổng dân số thực tế dao động từ 13-14 triệu nếu tính cả cư dân tạm trú dài hạn (Tổng cục Thống kê, 2024). Quá trình đô thị hóa nhanh cùng với gia tăng dân số cơ học đã tạo áp lực nặng nề lên hệ thống giao thông đô thị. Tính đến năm 2024, toàn thành phố có hơn chín triệu phương tiện cá nhân đang lưu hành, trong đó xe máy chiếm hơn 85%, dẫn đến tình trạng ùn tắc nghiêm trọng tại nhiều tuyến đường chính và cửa ngõ (Sở

GTVT TP.HCM, 2024). Bên cạnh đó, ô nhiễm không khí, tiếng ồn và tai nạn giao thông vẫn là những vấn đề nhức nhối cần giải quyết.

Trước thực trạng trên, việc phát triển hệ thống giao thông công cộng hiện đại, hiệu quả và bền vững là yêu cầu cấp thiết. Đường sắt đô thị (metro) được kỳ vọng sẽ là lời giải chiến lược trong quy hoạch phát triển giao thông đô thị của TP.HCM. Theo Quyết định số 568/QĐ-TTg (2013) và cập nhật tại Quyết định số 1769/QĐ-TTg (2021) của Thủ tướng Chính phủ, thành phố đặt mục tiêu phát triển 10 tuyến metro với tổng chiều dài trên 510 km. Trong đó, tuyến số 1 (Bến Thành - Suối Tiên) là

dự án đầu tiên, đã hoàn thành và chính thức đưa vào vận hành thương mại từ ngày 22/12/2024.

Tuy nhiên, phát triển metro không chỉ là bài toán hạ tầng kỹ thuật mà còn là vấn đề thay đổi hành vi. Trong bối cảnh người dân đã hình thành thói quen sử dụng phương tiện cá nhân suốt nhiều thập kỷ, việc khuyến khích chuyển sang sử dụng metro đòi hỏi sự thay đổi về nhận thức, tâm lý và điều kiện tiếp cận dịch vụ. Do đó, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống metro của người dân TP.HCM là rất cần thiết nhằm đánh giá mức độ sẵn sàng chuyển đổi hành vi và đề xuất các chính sách hỗ trợ phù hợp.

Một số nghiên cứu trong và ngoài nước đã bước đầu đề cập đến các yếu tố như nhận thức lợi ích cá nhân, chất lượng dịch vụ, ảnh hưởng xã hội và hạ tầng kết nối (Chen & Chao, 2017). Tuy nhiên, tại TP.HCM nơi tuyến metro chỉ mới vận hành trong giai đoạn đầu vẫn còn thiếu các nghiên cứu chuyên sâu tiếp cận từ góc độ hành vi người tiêu dùng, với khung lý thuyết định lượng rõ ràng và thực chứng.

Từ khoảng trống đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) đánh giá thực trạng nhu cầu sử dụng metro tại TP.HCM; (2) xác định và lượng hóa các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng metro trên cơ sở kết hợp lý thuyết TPB và TAM; và (3) đề xuất các giải pháp khuyến khích hành vi chuyển đổi phương tiện giao thông nhằm thúc đẩy hiệu quả khai thác hệ thống metro trong thời gian tới.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Các lý thuyết về hành vi người tiêu dùng được xây dựng nhằm giải thích cách con người đưa ra quyết định sử dụng sản phẩm và dịch vụ, bao gồm cả giao thông công cộng. Trong đó, Lý thuyết hành vi có kế hoạch (TPB) của Ajzen (1991) và Mô hình chấp nhận công nghệ (TAM) của Davis (1986) là hai mô hình phổ biến, được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu hành vi sử dụng các hệ thống dịch vụ công nghệ mới, chẳng hạn như metro.

TPB cho rằng ý định hành vi là yếu tố trung tâm, chịu tác động bởi ba thành phần: thái độ đối với hành vi, chuẩn mực chủ quan và kiểm soát hành vi cảm nhận. Ngược lại, TAM tập trung vào hai yếu tố chính là nhận thức về tính hữu ích và nhận thức về tính dễ sử dụng, từ đó ảnh hưởng đến quyết định chấp nhận công nghệ của người dùng.

Việc kết hợp TPB và TAM giúp khắc họa toàn diện hơn các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống metro, khi không chỉ xem xét nhận thức cá nhân mà còn tính đến yếu tố xã hội, hạ tầng và đặc trưng công nghệ. Đây là hướng tiếp cận phù hợp với bối cảnh hệ thống metro tại TP.HCM, một loại hình mới, hiện đại, tích hợp nhiều yếu tố công nghệ số.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Mô hình nghiên cứu

Để tài sử dụng kết hợp phương pháp định tính và định lượng nhằm đảm bảo tính toàn diện.

Định tính: Phân tích lý thuyết và phỏng vấn bán cấu trúc với chuyên viên tại Ban Quản lý Đường sắt đô thị TP.HCM và chuyên gia trong lĩnh vực giao thông bền vững để xác định các nhóm yếu tố ảnh hưởng.

Định lượng: Khảo sát người dân đang sinh sống, học tập và làm việc tại TP.HCM bằng bảng hỏi, sau đó xử lý dữ liệu bằng phần mềm SPSS 20.0.

Từ cơ sở lý thuyết và tổng hợp định tính, mô hình nghiên cứu được xây dựng gồm 6 nhóm yếu tố độc lập và 1 biến phụ thuộc (ý định sử dụng):

H1 (+): Chất lượng dịch vụ càng cao, ý định sử dụng metro càng mạnh.

H2 (+): Nhận thức lợi ích cá nhân càng cao, ý định sử dụng càng cao.

H3 (+): Nhận thức môi trường - xã hội có ảnh hưởng cùng chiều với ý định sử dụng.

H4 (+): Hạ tầng - kết nối càng tốt, ý định sử dụng càng cao.

H5 (+): Rào cản được giảm thiểu sẽ làm tăng ý định sử dụng.

H6 (+): Chính sách khuyến khích tích cực góp phần nâng cao ý định sử dụng.

3.2. Thiết kế bảng hỏi gồm 2 phần chính

Bảng hỏi gồm 2 phần: Phần A là thông tin nhân khẩu học và hành vi di chuyển của người trả lời (giới tính, độ tuổi, nghề nghiệp, thu nhập, phương tiện sử dụng chính, tần suất di chuyển, v.v.). Phần B: Bao gồm 31 biến quan sát thuộc 7 nhóm yếu tố: Chất lượng dịch vụ, Nhận thức lợi ích cá nhân, Nhận thức xã hội - môi trường, Hạ tầng và kết nối, Rào cản và khó khăn, Chính sách khuyến khích, Ý định sử dụng. Các câu hỏi sử dụng thang đo Likert 5 điểm (1 Hoàn toàn không đồng ý, 5 - Hoàn toàn đồng ý).

3.3. Thu thập dữ liệu

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, dữ liệu khảo sát được thu thập từ 300 người dân sinh sống, làm việc và học tập tại TP.HCM thông qua hai hình thức trực tiếp (bảng giấy) và trực tuyến (Google Form). Sau quá trình rà soát và loại bỏ các bảng trả lời không hợp lệ, tổng cộng 296 bảng khảo sát đủ điều kiện đã được sử dụng để tiến hành phân tích thống kê định lượng bằng phần mềm SPSS 20.0.

3.4. Mô tả mẫu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp chọn mẫu phi xác suất thuận tiện với đối tượng khảo sát là người dân sinh sống, học tập hoặc làm việc tại TP.HCM1. Kích thước mẫu được xác định dựa trên yêu cầu của Phân tích Nhân tố Khám phá (EFA), yêu cầu tối thiểu $n=5$ mẫu cho mỗi biến quan sát. Với 31 biến quan sát, cỡ mẫu tối thiểu là $n=155$. Nghiên cứu đã thu thập được 296 mẫu hợp lệ, đáp ứng đầy đủ yêu cầu cho các phân tích định lượng tiếp theo (EFA, Cronbach's Alpha, ANOVA, Hồi quy tuyến tính). Mẫu khảo sát có tỷ lệ giới tính khá cân bằng (44% nam, 56% nữ), tập trung chủ yếu ở nhóm thanh niên/người trẻ trong độ tuổi lao động (18-25 tuổi chiếm 40.5%). Học sinh - sinh viên (43.6%) và lao động tự do (29.4%) là hai nhóm nghề nghiệp chính. Phương tiện di chuyển chính phổ biến nhất là xe máy (46.6%)6. Mục đích di chuyển chủ yếu là đi làm (68.2%). Các phương pháp phân tích chính được áp dụng gồm: Kiểm định Cronbach's Alpha (loại bỏ biến có hệ số tương quan biến - tổng < 0.3), Phân tích EFA (sử dụng Principal Component Analysis với phép xoay Varimax, tiêu chí hệ số tải < 0.5, Eigenvalue ≥ 1 , tổng phương sai trích $\geq 50\%$, và Hồi quy tuyến tính bội trên mức ý nghĩa 5% (sig. < 0.05).

Bảng 1. Thang đo và diễn giải các biến

1	2	3	4	5
Hoàn toàn không đồng ý	Không đồng ý	Trung lập	Đồng ý	Hoàn toàn đồng ý

TÊN NHÓM	BIẾN	DIỄN GIẢI BIẾN
CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ	CLDV1	Đội ngũ nhân viên chuyên nghiệp, phục vụ tận tình, chu đáo
	CLDV2	Đảm bảo hoạt động liên tục, nhanh chóng, lộ trình rõ ràng
	CLDV3	Đáp ứng được đầy đủ các nhu cầu thiết yếu của khách hàng
	CLDV4	Sẵn sàng hỗ trợ, giải đáp thắc mắc của khách hàng về các vấn đề liên quan đến dịch vụ mà khách hàng sử dụng
	CLDV5	Có sảnh chờ rộng rãi, thoáng mát, đầy đủ ghế ngồi
	LICA1	Sử dụng đường sắt đô thị giúp tiết kiệm thời gian di chuyển
	LICA2	Sử dụng đường sắt đô thị sẽ tiết kiệm chi phí hơn so với phương tiện cá nhân

NHẬN THỨC LỢI ÍCH CÁ NHÂN	LICA3	Thuận tiện khi di chuyển, có nhiều ga tàu giúp dễ dàng đi đến các tuyến đường trọng điểm theo nhu cầu
	LICA4	Quy trình đơn giản dễ hiểu, có thể mua vé thông qua quầy bán vé tự động hoặc online giúp tiết kiệm thời gian
NHẬN THỨC VỀ MÔI TRƯỜNG, XÃ HỘI	MTXH1	Sử dụng phương tiện đường sắt đô thị giúp bảo vệ môi trường, giảm thiểu khí thải
	MTXH2	Sử dụng phương tiện cá nhân nhiều gây ùn tắc giao thông
	MTXH3	Việc sử dụng phương tiện đường sắt giúp giảm thiểu được các rủi ro về tai nạn giao thông
	MTXH4	Phương tiện công cộng cần được ưu tiên và phát triển vì đây là phương tiện thân thiện với môi trường
HỆ THỐNG CƠ SỞ HẠ TẦNG, KẾT NỐI	HTKN1	Hệ thống cơ sở hạ tầng chất lượng, hiện đại
	HTKN2	Kết nối với nhiều tuyến đường trọng điểm quan trọng, thuận tiện cho các phương tiện giao thông khác (xe buýt, taxi, xe đạp công cộng).
	HTKN3	Có đủ bãi giữ xe để gửi các phương tiện cá nhân gần các trạm tàu điện.
	HTKN4	Có thể dễ dàng di chuyển từ nhà đến trạm tàu bằng phương tiện công cộng hoặc đi bộ.
RÀO CẢN VÀ KHÓ KHĂN KHI SỬ DỤNG	RCKK1	Phương tiện cá nhân đã quá thân thuộc nên rất khó để có thể thay đổi thói quen này để sử dụng phương tiện đường sắt
	RCKK2	Nhiều khách hàng tiềm năng vẫn chưa nắm bắt được thông tin, quy trình, lộ trình nên họ chưa thể tiếp cận được
	RCKK3	Phương tiện đường sắt di chuyển với tốc độ cao nên khách hàng vẫn còn lo lắng về mức độ an toàn khi sử dụng
	RCKK4	Khách hàng còn lo lắng về các yếu tố liên quan đến an ninh khi sử dụng phương tiện công cộng
CHÍNH SÁCH KHUYẾN KHÍCH VÀ CẢI THIỆN	CS1	Triển khai các chiến lược quảng bá rộng rãi để khách hàng có thể dễ dàng tiếp cận, sử dụng dịch vụ
	CS2	Việc giảm/giảm giá vé cho học sinh, sinh viên và người cao tuổi sẽ giúp tăng lượng sử dụng.
	CS3	Nâng cao nhận thức người dùng về lợi ích của phương tiện đường sắt đô thị
Ý ĐỊNH SỬ DỤNG HỆ THỐNG ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ CỦA NGƯỜI DÂN	YD1	Tôi sử dụng hệ thống đường sắt đô thị vì chất lượng dịch vụ tốt, đáp ứng được nhu cầu đi lại của mình
	YD2	Tôi lựa chọn phương tiện công cộng đường vì nó thuận tiện, tiết kiệm thời gian, chi phí
	YD3	Tôi sẽ ưu tiên sử dụng phương tiện thân thiện với môi trường và giảm thiểu rủi ro cho bản thân
	YD4	Với hệ thống hạ tầng hiện đại, kết nối được nhiều vị trí thiết yếu nên tôi sẽ sử dụng và khuyến khích người thân, bạn bè cùng sử dụng phương tiện đường sắt đô thị
	YD5	Tôi sẽ chọn phương tiện đường sắt đô thị nếu như đáp ứng được các tiêu chí về an ninh, an toàn và các khó khăn khi sử dụng
	YD6	Các chương trình, chính sách từ hệ thống tàu Metro cho đã tạo cho tôi hứng thú và có ý định sử dụng ngay khi hệ thống bắt đầu hoạt động

4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Phân tích thống kê mô tả

Tổng số 296 bảng khảo sát hợp lệ, tỷ lệ giới tính khá cân bằng với 44% nam và 56% nữ. Về độ tuổi, nhóm từ 18-25 tuổi chiếm tỷ lệ cao nhất (40.5%), tiếp theo là nhóm 26-35 tuổi (24.3%), cho thấy đối tượng khảo sát tập trung chủ yếu ở nhóm thanh niên và người trẻ đang trong độ tuổi lao động.

Xét theo nghề nghiệp, học sinh - sinh viên chiếm tỷ lệ cao nhất (43.6%), tiếp đến là lao động tự do (29.4%) và nhân viên văn phòng (20.6%), phản ánh đúng cơ cấu dân cư trẻ tại TP.HCM.

Về nơi sinh sống, cư dân đến từ Thủ Đức (20.6%) và Bình Thạnh (16.6%) chiếm ưu thế, bên cạnh các khu vực khác như Quận 1, 3, 7 (cũ)... và nhóm "khu vực khác" chiếm 26.4%.

Về phương tiện di chuyển chính, xe máy là phổ biến nhất (46.6%), tiếp theo là xe đạp/đi bộ (16.6%) và xe buýt (10.1%). Các phương tiện khác như taxi, ô tô cá nhân hay phương tiện công cộng khác chiếm tỷ lệ thấp hơn. Xét về thu nhập cá nhân, phần lớn người khảo sát có thu nhập từ 5 đến dưới 10 triệu đồng/tháng (36.5%), kể đến là nhóm trên 20 triệu đồng (31.8%) và từ 10 đến dưới 20 triệu (26.4%).

Về khoảng cách di chuyển, nhóm di chuyển trong phạm vi 10-20 km chiếm tỷ lệ cao nhất (35.5%), trong khi dưới 5 km chiếm 28.7% và trên 20 km là 14.9%.

Cuối cùng, mục đích di chuyển chính là đi làm (68.2%), tiếp theo là giải trí/vui chơi (9.8%), thăm người thân (9.5%) và các mục đích khác như học tập, mua sắm hoặc cá nhân.

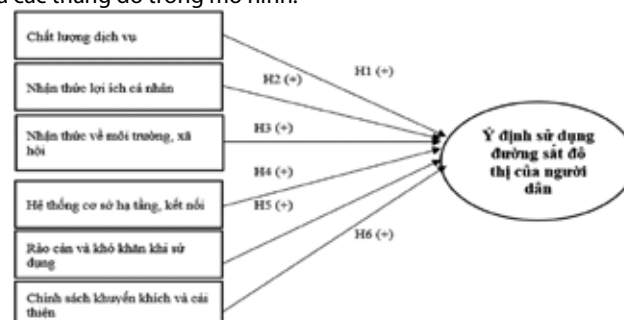
4.2. Phân tích yếu tố khám phá EFA

Phân tích nhân tố khám phá (EFA) được thực hiện nhằm kiểm định cấu trúc thang đo. Sau khi loại bỏ hai biến quan sát CLDV5 và HTKN3 do

hệ số tải yếu hoặc không hội tụ, kết quả cuối cùng cho thấy sáu yếu tố chính được rút trích. Mô hình thỏa mãn các tiêu chí thống kê: hệ số KMO đạt 0,898 (vượt ngưỡng tối thiểu 0,5) và kiểm định Bartlett cho thấy Sig. [cite_start] = 0,000, xác nhận dữ liệu phù hợp để tiến hành phân tích nhân tố. Tổng phương sai trích đạt 64,99%, vượt ngưỡng 50%, chứng tỏ mô hình giải thích tốt sự biến thiên của các biến. Tất cả các biến còn lại đều có hệ số tải nhân tố > 0,5, hình thành sáu nhóm yếu tố độc lập: Nhận thức môi trường - xã hội (MTXH), Chất lượng dịch vụ (CLDV), Rào cản và khó khăn khi sử dụng (RCKK), Chính sách khuyến khích (CS), Lợi ích cá nhân (LICA) và Hạ tầng - kết nối (HTKN).

4.3. Phân tích độ tin cậy của thang đo Cronbach's Alpha

Kết quả kiểm định độ tin cậy của các thang đo cho thấy tất cả 7 nhóm yếu tố (bao gồm 6 biến độc lập và 1 biến phụ thuộc) đều có hệ số Cronbach's Alpha đạt từ 0.678 đến 0.876, đều lớn hơn ngưỡng chấp nhận 0.6. Điều này khẳng định độ tin cậy và tính nhất quán cao của các thang đo trong mô hình.



Hình 1. Mô hình nghiên cứu hoàn chỉnh

Bảng 2. Ma trận tương quan các biến

Correlations		YD	CLDV	LICA	MTXH	HTKN	RCKK	CS
YD	Pearson Correlation	1	.672**	.671**	.881**	.315**	.461**	.697**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	292	292	292	292	292	292	292
CLDV	Pearson Correlation	.672**	1	.530**	.606**	.210**	.367**	.520**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	292	296	296	296	296	296	296
LICA	Pearson Correlation	.671**	.530**	1	.595**	.219**	.314**	.488**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000
	N	292	296	296	296	296	296	296
MTXH	Pearson Correlation	.881**	.606**	.595**	1	.223**	.382**	.602**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000
	N	292	296	296	296	296	296	296
HTKN	Pearson Correlation	.315**	.210**	.219**	.223**	1	.196**	.312**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.001	.000
	N	292	296	296	296	296	296	296
RCKK	Pearson Correlation	.461**	.367**	.314**	.382**	.196**	1	.374**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.001		.000
	N	292	296	296	296	296	296	296
CS	Pearson Correlation	.697**	.520**	.488**	.602**	.312**	.374**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	292	296	296	296	296	296	296

Mô hình hồi quy tuyến tính được đề xuất như sau:

$$YD = \beta_1 \cdot CLDV + \beta_2 \cdot LICA + \beta_3 \cdot MTXH + \beta_4 \cdot HTKN + \beta_5 \cdot RCKK + \beta_6 \cdot CS$$

Bảng 3. Diễn giải giá trị trung bình các biến trong nghiên cứu

Mã hóa	Biến phụ thuộc	Trung bình cộng các biến
YD	Ý định sử dụng đường sắt đô thị của người dân	YD1, YD2, YD3, YD4, YD5, YD6
CLDV	Chất lượng dịch vụ	CLDV1, CLDV2, CLDV3, CLDV4
LICA	Nhận thức lợi ích cá nhân	LICA1, LICA2, LICA3, LICA4
MTXH	Nhận thức về môi trường, xã hội	MTXH1, MTXH2, MTXH3, MTXH4
HTKN	Hệ thống cơ sở hạ tầng, kết nối	HTKN1, HTKN2, HTKN4
RCKK1	Rào cản và khó khăn khi sử dụng	RCKK1, RCKK2, RCKK3, RCKK4
CS	Chính sách khuyến khích và cải thiện	CS1, CS2, CS3

- Kiểm định Model summary 1

Biến độc lập: (Constant), CS, HTKN, RCKK, LICA, CLDV, MTXH

Biến phụ thuộc: YD

Sau khi xây dựng mô hình hồi quy tuyến tính bội với biến phụ thuộc là Ý định sử dụng metro (YD) và 6 biến độc lập, kết quả cho thấy mô hình có mối liên hệ rất chặt chẽ giữa các biến với hệ số tương quan $R = 0.924$. Hệ số xác định R^2 hiệu chỉnh đạt 0.850, nghĩa là mô hình giải thích được 85.0% sự biến động trong ý định sử dụng metro. Ngoài ra, hệ số Durbin-Watson = 1.843 (gần giá trị lý tưởng 2) xác nhận mô hình không có hiện tượng tự tương quan bậc nhất trong sai số, đảm bảo tính phù hợp và độ tin cậy về mặt thống kê

- Kết quả kiểm định Anova

Để đánh giá độ phù hợp của mô hình hồi quy, kiểm định ANOVA đã được thực hiện với biến phụ thuộc là Ý định sử dụng metro (YD) và 6 biến độc lập. Kết quả kiểm định cho thấy giá trị $F = 276.680$ với $Sig. = 0.000$ ($p < 0.05$), khẳng định mô hình hồi quy có ý nghĩa thống kê tổng thể. Kết quả này cho phép bác bỏ giả thuyết H_0 (mô hình không có ý nghĩa) và chấp nhận H_1 , tức là ít nhất một biến độc lập có tác động đến ý định sử dụng metro. Điều này là cơ sở vững chắc để tiếp tục phân tích mức độ ảnh hưởng cụ thể của từng biến độc lập trong bước tiếp theo.

- Kết quả kiểm định Coefficients

Biến phụ thuộc: YD

Thông qua các phép phân tích bên trên ta có được mô hình hồi quy sau:

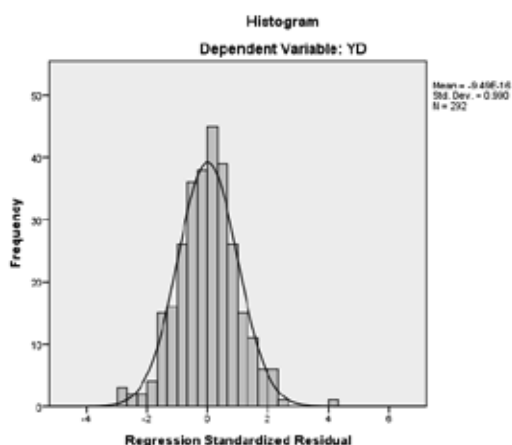
$$YD = 0.110 \cdot CLDV + 0.132 \cdot LICA + 0.589 \cdot MTXH + 0.055 \cdot HTKN + 0.080 \cdot RCKK + 0.169 \cdot CS$$

Sau khi xác lập mô hình hồi quy phù hợp, kết quả kiểm định hệ số hồi quy cho thấy tất cả các biến độc lập đều có $Sig. < 0.05$, khẳng định chúng đều có ý nghĩa thống kê và tác động cùng chiều đến Ý định sử dụng metro (YD). Dựa trên hệ số hồi quy chuẩn hóa (Beta), mức độ ảnh hưởng của các yếu tố được sắp xếp giảm dần như sau: Nhận thức Môi trường – Xã hội (MTXH) > Chính sách khuyến khích (CS) > Lợi ích cá nhân (LICA) > Chất lượng dịch vụ (CLDV) > Rào cản và khó khăn (RCKK) > Hạ tầng – kết nối (HTKN).

MTXH (Beta = 0.589) là yếu tố ảnh hưởng mạnh nhất, thể hiện sự quan tâm của người dân đến lợi ích cộng đồng.

CS (Beta = 0.169) và LICA (Beta = 0.132) là các yếu tố quan trọng tiếp theo, nhấn mạnh vai trò của ưu đãi và lợi ích thiết thực đối với cá nhân.

Về kiểm định đa cộng tuyến, các chỉ số VIF (dao động từ 1.128-2.201) đều dưới ngưỡng 10 và Tolerance đều trên 0.1, chứng tỏ không có hiện tượng đa cộng tuyến nghiêm trọng, đảm bảo tính ổn định của mô hình. Cuối cùng, kiểm định phần dư thông qua biểu đồ Histogram và P-P Plot xác nhận phần dư chuẩn hóa tuân theo phân phối chuẩn, đảm bảo mô hình hồi quy phù hợp về mặt giả định phân phối.

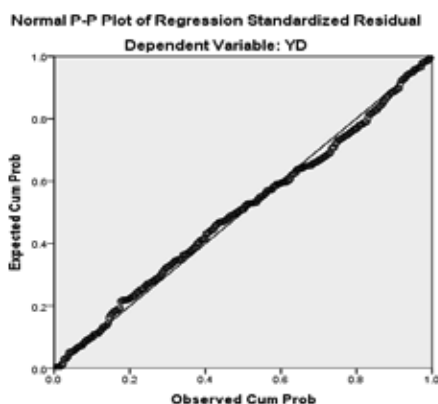


Hình 2. Kiểm định phần dư có phân phối chuẩn

Kết quả kiểm định (Hình 2) cho thấy đồ thị Histogram của phần dư chuẩn hóa có dạng xấp xỉ hình chuông, đối xứng quanh trục tung và tập trung gần giá trị trung bình. Giá trị Mean = 0 và độ lệch chuẩn = 0.990 ≈ 1 , cho thấy phần dư tuân theo phân phối chuẩn.

Điều này chứng minh mô hình hồi quy không vi phạm giả định về phần dư, đảm bảo các sai số có kỳ vọng bằng 0, phương sai không đổi và không có hiện tượng tự tương quan. Nhờ đó, các hệ số hồi quy, giá trị t và Sig. được xem là đáng tin cậy.

Kết quả kiểm định phân phối chuẩn củng cố độ tin cậy của mô hình, tạo cơ sở vững chắc cho việc sử dụng mô hình trong dự báo và xây dựng chính sách thực tiễn.



Hình 3. Mô hình phân bố các điểm phân vị

Bên cạnh biểu đồ Histogram, biểu đồ P-P Plot (được sử dụng để kiểm tra trực quan giả định phân phối chuẩn của phần dư trong mô hình hồi quy. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa xác suất cộng dồn quan sát và kỳ vọng của phần dư chuẩn hóa.

Kết quả quan sát cho thấy các điểm dữ liệu phân bố sát đường chéo 45 độ, không có điểm nào lệch xa hay tạo thành hình cong. Điều này chứng tỏ phần dư phân phối xấp xỉ chuẩn, không có dấu hiệu lệch phân phối hay phân tán mạnh ở hai đầu.

Việc phần dư chuẩn hóa phân bố đều quanh đường chéo khẳng định rằng sai số có kỳ vọng bằng 0 và phân phối chuẩn, đảm bảo các kiểm định thống kê (t, F, Beta) là đáng tin cậy.

Biểu đồ P-P Plot củng cố kết quả từ Histogram, khẳng định mô hình hồi quy không vi phạm giả định về phân phối chuẩn của phần dư và có thể sử dụng cho dự báo cũng như để xuất chính sách thực tiễn.

Một trong những giả định quan trọng trong hồi quy tuyến tính là mối quan hệ giữa biến phụ thuộc và các biến độc lập phải là tuyến tính. Để kiểm tra giả định này, biểu đồ phân tán (Scatterplot) giữa

phần dư chuẩn hóa và giá trị dự đoán chuẩn hóa của biến phụ thuộc (YD - ý định sử dụng metro) được sử dụng. Kết quả cho thấy các điểm dữ liệu phân bố ngẫu nhiên quanh trục hoành tại mức 0, không hình thành các đường cong hay cụm rõ ràng, chứng tỏ không tồn tại quan hệ phi tuyến. Điều này xác nhận rằng mô hình hồi quy không vi phạm giả định tuyến tính, đảm bảo tính chính xác cho các hệ số ước lượng và kết quả phân tích.

4.5. Kiểm định sự khác biệt giữa các biến định tính

Kiểm định sự khác biệt giữa các nhóm đối tượng nhân khẩu học cho thấy chỉ có giới tính ($p = 0.027$) và nơi sinh sống ($p = 0.013$) là hai yếu tố có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với ý định sử dụng metro. Cụ thể, nam giới có ý định sử dụng cao hơn nữ (trung bình 4.024 so với 3.865), và cư dân tại các khu vực có kết nối metro tốt hơn có xu hướng sử dụng cao hơn. Các yếu tố khác như độ tuổi, nghề nghiệp, phương tiện di chuyển chính, thu nhập, tần suất và mục đích di chuyển đều không có sự khác biệt đáng kể về mặt thống kê ($p > 0.05$).

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tích hợp hai mô hình TPB và TAM để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng hệ thống metro của người dân Thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn trước vận hành. Dựa trên khảo sát 296 đối tượng và phân tích định lượng, kết quả cho thấy sáu nhóm yếu tố có ảnh hưởng đáng kể, trong đó nhận thức về môi trường – xã hội, chính sách khuyến khích và lợi ích cá nhân là các yếu tố tác động mạnh nhất. Ngoài ra, giới tính và nơi sinh sống là hai biến nhân khẩu học có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở thực tiễn quan trọng giúp định hướng truyền thông, chính sách ưu đãi và hoàn thiện hạ tầng nhằm thúc đẩy ý định sử dụng metro. Tuy nhiên, do metro chưa vận hành thực tế, nghiên cứu mới chỉ dừng ở mức độ ý định; các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng sang đo lường hành vi sử dụng thực tiễn khi hệ thống đi vào hoạt động.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn các cá nhân đã nhiệt tình hỗ trợ trong quá trình phát phiếu và thu thập dữ liệu khảo sát, cũng như cảm ơn Ban Giám hiệu Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM đã tạo điều kiện thuận lợi để nghiên cứu được thực hiện và hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- [2]. Ajzen, I., & Fishbein, M. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [3]. Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.
- [4]. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson Education.
- [5]. Chen, C. F., & Chao, W. H. (2011). Habitual or reasoned? Using the theory of planned behavior, technology acceptance model, and habit to examineswitching intentions toward public transit. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(2), 128-137.
- [6]. Sở Giao thông vận tải TP.HCM. (2024). *Báo cáo tổng kết công tác năm 2024 và phương hướng nhiệm vụ năm 2025*. Báo cáo nội bộ, TP.HCM.
- [7]. Ban Quản lý Đường sắt đô thị TP.HCM (MAUR). (2024). *Thông cáo báo chí về việc vận hành thương mại tuyến metro số 1 (Bến Thành - Suối Tiên) từ ngày 22/12/2024*. TP.HCM.
- [8]. Báo Tuổi Trẻ. (2024, ngày 22/12). *Metro số 1 chính thức đưa vào vận hành thương mại*. Truy cập từ <https://tuoitre.vn>

ESG trong xây dựng hạ tầng giao thông đô thị tại Việt Nam

ESG for urban transport infrastructure development in Vietnam

> PGS.TS LÊ QUANG HANH

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: hanhlg@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Việt Nam đang định hướng ESG (Môi trường - Xã hội - Quản trị) rất mạnh mẽ với cam kết Net Zero 2050, Chiến lược tăng trưởng xanh 2021 - 2030 cùng Luật Bảo vệ môi trường (BVMT) 2020, Nghị định 06/2022/NĐ-CP và lộ trình ETS nội địa - Hệ thống giao dịch phát thải (thí điểm từ 2025), đồng thời thúc đẩy tài chính xanh và Vietnam Green Taxonomy để chuẩn hóa dự án hạ tầng đủ điều kiện vay vốn. Trên bình diện quốc tế, ESG đã trở thành điều kiện tiên đề của dòng vốn: Quỹ, ngân hàng phát triển, trái phiếu xanh và PPP yêu cầu KPI ESG, trong khi EU Taxonomy, CSRD, EUDR buộc truy xuất nguồn gốc và báo cáo giảm phát thải theo chuỗi cung ứng. Trước thực trạng này, doanh nghiệp xây dựng hạ tầng của Việt Nam cần chuyển từ việc tuân thủ thụ động sang chiến lược ESG chủ động - tích hợp LCA/LCC, đặt KPI xanh, xây hệ MRV để tiếp cận các nguồn vốn ưu đãi, giảm rủi ro dự án và gia tăng lợi thế cạnh tranh bền vững. Bài báo phân tích bối cảnh áp dụng ESG trong xây dựng hạ tầng giao thông từ cấp quốc gia tới xu thế toàn cầu sau đó, dựa trên phân tích này, đề xuất nội dung cốt lõi để xây dựng và triển khai ESG trong doanh nghiệp và cơ chế tham vấn các bên liên quan, giúp doanh nghiệp bắt kịp xu hướng phát triển bền vững.

Từ khóa: ESG; ETS; Net Zero 2050; hạ tầng đô thị; hạ tầng xanh.

ABSTRACT

Vietnam is advancing ESG (Environmental-Social-Governance) decisively through the Net Zero 2050 pledge, the Green Growth Strategy 2021 - 2030, the Environmental Protection Law 2020 and Decree 06/2022 and a domestic Emissions Trading System (ETS) roadmap-pilot from 2025-while promoting green finance and a Vietnam Green Taxonomy to standardize infrastructure projects eligible for financing. Globally, ESG has become a precondition for capital: Development funds, green bonds, banks and PPPs require ESG KPIs, while EU Taxonomy, CSRD and EUDR mandate supply-chain traceability and emissions-reduction reporting. In this context, Vietnamese infrastructure contractors must shift from passive compliance to a proactive ESG strategy - integrating LCA/LCC, setting green KPIs and building MRV systems-to access lower-cost capital, reduce project risk and strengthen sustainable competitive advantage. This paper analyzes ESG adoption in transport infrastructure from the national to global levels and, based on that analysis, proposes core content for building and implementing ESG within enterprises and stakeholder engagement mechanisms to help firms keep pace with sustainable development trends.

Keywords: ESG; ETS; Net Zero 2050; Urban Infrastructure; Green Infrastructure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam đang dẫn "khóa chặt" ESG bằng chiến lược quốc gia, cơ chế giảm phát thải, thị trường carbon và lộ trình tài chính xanh. Trong bối cảnh nhà đầu tư toàn cầu coi ESG là điều kiện tiên quyết, các chủ thể hạ tầng giao thông đô thị cần chuyển từ "tuân thủ thụ động" sang chiến lược ESG chủ động để tiếp cận vốn, giảm rủi ro dự án và tạo lợi thế cạnh tranh bền vững.

1.1. Định hướng của Việt Nam (khung chính sách - lộ trình)

Cam kết Net Zero 2050 & Chiến lược Tăng trưởng Xanh 2021 - 2030: Việt Nam đã khẳng định mục tiêu phát thải ròng "0" vào 2050;

Chiến lược 1658/QĐ-TTg là kim chỉ nam lồng ghép tăng trưởng xanh/ESG vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội, ngành hạ tầng, năng lượng và giao thông vận tải.

Thể chế hóa quản lý phát thải & thị trường carbon: Luật BVMT 2020 được cụ thể hóa bởi Nghị định 06/2022 (kiểm kê, giảm phát thải, lộ trình thị trường carbon nội địa). Năm 2025, Việt Nam khởi động giai đoạn thí điểm sàn giao dịch phát thải/ETS cho thép, xi măng, nhiệt điện... là bước then chốt để định giá carbon cho các chuỗi dự án hạ tầng.

Chương trình thực thi cam kết COP26 và chuyển dịch năng

lượng: Quyết định 888/QĐ-TTg đặt mục tiêu/giải pháp cho các ngành (giao thông, năng lượng, công trình) thúc đẩy điện hóa, nhiên liệu sạch, tiêu chuẩn phát thải. JETP (15,5 tỷ USD) và Kế hoạch huy động nguồn lực (RMP) định hướng tài chính cho điện sạch - cơ sở hạ tầng liên quan đến 2030/2050.

Tài chính xanh và hệ phân loại xanh (Taxonomy): Ngân hàng Nhà nước và khối ngân hàng triển khai kế hoạch thúc đẩy tín dụng xanh; Việt Nam cũng đang hoàn thiện Vietnam Green Taxonomy để chuẩn hóa dự án đủ điều kiện vốn xanh.

Sáng kiến ESG ở cấp doanh nghiệp: Chương trình Vietnam ESG Initiative (USAID & Bộ KH&ĐT) hỗ trợ doanh nghiệp áp dụng khung đánh giá ESG và thực hành bền vững, tạo nền tảng tiêu chuẩn cho nhà thầu/nhà vận hành hạ tầng [3].

1.2. Bối cảnh toàn cầu và áp lực từ nhà đầu tư

ESG đã và đang trở thành điều kiện tiên quyết cho vốn quốc tế: Quỹ, ngân hàng phát triển, trái phiếu xanh, PPP yêu cầu minh chứng ESG/KPI (khí nhà kính, công bằng môi trường, quản trị dữ liệu). Khảo sát 2025 của PwC Việt Nam cũng ghi nhận yêu cầu tăng tốc năng lực ESG để bám sát mục tiêu Net Zero/quy định công bố thông tin [1].

Chuẩn mực/lượt chơi mới đang được phổ biến lan tỏa: EU Taxonomy, CSRD, yêu cầu chuỗi cung ứng không phá rừng (EUDR) và tiêu chuẩn khí hậu đang kéo theo nghĩa vụ truy xuất - báo cáo cho các dự án hạ tầng, vật liệu xây dựng và vận tải.

1.3. Bối cảnh với các doanh nghiệp xây dựng hạ tầng giao thông đô thị

Các tập đoàn xây dựng hoặc phát triển hạ tầng giao thông quy mô lớn hiện nay cần phải chú ý khi các doanh nghiệp sản xuất và các tập đoàn sản xuất đồ tiêu dùng đã và đang quyết liệt triển khai các vấn đề liên quan đến "Môi trường, Xã hội và Quản trị" - (ESG). Hầu hết các công ty đại chúng trong các lĩnh vực này đều đang ở một giai đoạn nào đó trên hành trình xây dựng chương trình ESG và triển khai các cơ chế kế toán và các báo cáo liên quan.

Đặc biệt, các doanh nghiệp theo đuổi mô hình phát triển dự án đối tác công-tư (PPP) có thể gặp những kỳ vọng hoặc yêu cầu ESG đặc thù từ phía cơ quan nhà nước và các quỹ đầu tư quốc tế. Từ cam kết về tính bền vững và nguồn cung, các quy định về thực hành lao động cho đến kỳ vọng về công bằng môi trường, một công ty sở hữu chương trình ESG vững chắc sẽ có năng lực đáng tin cậy hơn để theo đuổi và thực hiện các dự án PPP.

Trong xây dựng công trình giao thông, dù số liệu khó tách bạch (do carbon ẩn trong hoạt động xây dựng thường được gộp chung với phát thải vận hành của công trình), nhưng hoạt động xây dựng trên toàn cầu chiếm một phần đáng kể lượng khí nhà kính (GHG). Chẳng hạn, riêng sản xuất và sử dụng bê tông được ước tính chiếm khoảng 4 - 8% phát thải GHG toàn cầu [2]. Ở khía cạnh tác động xã hội, các dự án hạ tầng lớn thường vướng tranh chấp về quyền sử dụng hoặc chuyển đổi mục đích sử dụng đất, làm dấy lên quan ngại về công bằng môi trường (ví dụ: đường ống hoặc đường truyền tải đi qua đất của người dân; các quyền sử dụng hoặc giải tỏa bắt buộc ở các khu phố đô thị khó khăn chật hẹp). Những dự án hạ tầng đô thị lớn có thể kéo theo chuyển đổi đất đai đáng kể và/hoặc di dời dân cư. Các công ty muốn chủ động quản lý những vấn đề này nên sớm bắt đầu hành trình ESG của mình.

Doanh nghiệp xây dựng hạ tầng giao thông không nên coi chương trình ESG như một bài tập "tích vào ô" để làm hài lòng cổ đông, hội đồng quản trị hay cộng đồng xã hội. Bất kỳ nỗ lực nào khởi đầu với mục tiêu như vậy đều là lãng phí nguồn lực và sẽ không mang lại giá trị bền vững cho tổ chức.

Tương tự như bất kỳ các "trào lưu thập kỷ" trước đây, ví dụ như các tiêu chuẩn ISO, Hệ thống quản lý môi trường..., việc chọn một thứ "lấy sẵn trên kệ" rồi làm cho xong là không hiệu quả.

Doanh nghiệp xây dựng hạ tầng giao thông cần xem xét chương trình ESG như một công cụ quản trị để nhận diện và quản lý các vấn đề gắn với một nhóm tác động hoặc rủi ro nhất định đối với tổ chức. Ví dụ, nếu được triển khai đúng cách, chương trình ESG có thể xác định các vùng dễ tổn thương đặc thù (như rủi ro môi trường hoặc xã hội gắn với việc triển khai thực hiện dự án của công ty). Đặc biệt các tập đoàn, doanh nghiệp hạ tầng đại chúng cần lưu ý bộ chỉ số mà các tổ chức xếp hạng sử dụng và bất kỳ yêu cầu công bố thông tin nào (chẳng hạn dự thảo quy định báo cáo của SEC tại Hoa Kỳ). Những cơ chế đó sẽ quyết định phạm vi chương trình và cách thức báo cáo, nhưng mọi tổ chức nên bước vào quá trình ESG với mục tiêu xử lý những rủi ro có thể đe dọa lớn nhất đối với chính tổ chức mình.

2. VÌ SAO ESG CẦN THIẾT CHO CÁC DOANH NGHIỆP XÂY DỰNG HẠ TẦNG

Việc áp dụng chỉ số ESG là nhu cầu thiết yếu đối với doanh nghiệp xây dựng hạ tầng đô thị vì chúng giúp giảm rủi ro dự án và pháp lý (vấn đề về đất đai, công tác tái định cư, bảo vệ và ổn định môi trường) ngay từ khâu chuẩn bị. Chỉ số ESG còn là điều kiện tiên quyết để có đủ điểm tín nhiệm cho doanh nghiệp tham gia đầu tư theo hình thức đối tác công tư - PPP và tiếp cận các dòng vốn ưu đãi từ quỹ, ngân hàng, trái phiếu xanh nhờ KPI ESG rõ ràng.

ESG còn giúp cho doanh nghiệp quản trị phát thải vòng đời với các vật liệu carbon cao (ví dụ như bê tông, xi măng...), tăng chấp nhận xã hội thông qua tham vấn minh bạch, qua đó hạn chế đình trệ. Đồng thời, ESG tạo lợi thế cạnh tranh dài hạn: Nâng an toàn - năng suất, minh bạch chuỗi cung ứng, chuẩn hóa lao động công bằng và giảm OPEX trong vận hành, giúp doanh nghiệp "bền vững hóa" mô hình kinh doanh và sẵn sàng trước các chuẩn mực toàn cầu. Những vấn đề này có thể được tóm tắt thành những yếu tố chính như sau:

a) Giảm rủi ro & pháp lý: ESG giúp nhận diện sớm rủi ro xã hội - môi trường:

E (Môi trường): Sàng lọc rủi ro sinh thái, tiếng ồn, bụi, ngập... ngay từ tiền khả thi (FS).

S (Xã hội): Đánh giá tác động xã hội (SIA), lập kế hoạch tái định cư công bằng, cơ chế khiếu nại, tham vấn cộng đồng sớm.

G (Quản trị): Minh bạch quy trình, nhật ký tham vấn, truy vết quyết định.

b) Điều kiện vào hợp đồng PPP: Cơ quan nhà nước sẽ yêu cầu yếu tố phát triển bền vững, chuẩn mực về lao động và đảm bảo an toàn môi trường; ESG bài bản tăng tín nhiệm trúng thầu, ví dụ như hồ sơ dự thầu có điều khoản về ESG (an toàn lao động, LCA/LCC, quản lý chất thải, tham vấn cộng đồng, giám sát độc lập). Tiếp theo là hợp đồng có điều khoản hiệu suất (bonus-malus) cho carbon, an toàn và chất lượng dịch vụ.

c) Tiếp cận được các dòng vốn ưu đãi: ESG giúp doanh nghiệp đưa mục tiêu và KPI ESG vào điều kiện tín dụng/giải ngân (sustainability-linked); chứng minh LCA (Life Cycle Assessment) giảm phát thải và LCC (Life Cycle Cost) giảm OPEX (Operation Expenditure). Tiếp theo là lập được báo cáo MRV (đánh giá-báo cáo-thẩm tra) minh bạch để thỏa tiêu chí ngân hàng/quỹ.

d) Quản trị phát thải và vật liệu carbon cao: Doanh nghiệp sẽ có LCA theo vòng đời: Chọn vật liệu thay thế (SCMs cho xi măng,

thép tái chế, RAP trong nhựa đường...), tối ưu thiết kế (mặt đường mỏng, vật liệu làm mát...). Sau đó là quản trị năng lượng thi công: Máy móc ít phát thải, lịch vận hành tối ưu, nhiên liệu sạch...

e) “Giấy phép xã hội để vận hành” (Social License to Operate - SLO) là mức độ chấp nhận và ủng hộ tự nguyện của cộng đồng, chính quyền địa phương và các bên liên quan đối với dự án. SLO - Giấy phép xã hội để vận hành không phải là văn bản pháp lý, nhưng nếu doanh nghiệp mà không có SLO thì thường bị kéo theo khiếu kiện, phong tỏa công trường, truyền thông tiêu cực, dẫn đến đình trệ và phát sinh chi phí. Trong ESG, SLO nằm ở S (Social) và được bảo đảm bởi G (Governance) thông qua quy trình minh bạch, trách nhiệm giải trình.

f) ESG sẽ giúp doanh nghiệp xây dựng hạ tầng đạt được lợi thế cạnh tranh và hiệu quả khi chương trình ESG sẽ nâng cao an toàn, năng suất, minh bạch chuỗi cung ứng, lao động công bằng và giảm OPEX dài hạn.

3. KHÓ KHĂN VÀ THÁCH THỨC KHI TRIỂN KHAI ESG

Các doanh nghiệp hạ tầng ở Việt Nam gặp nhiều trở ngại khi áp dụng ESG, ví dụ như khung pháp lý - chuẩn mực chưa ổn định; năng lực nội bộ hạn chế, chuỗi cung ứng chưa đồng bộ và chi phí đầu tư ban đầu cao... Bên cạnh đó, việc thiếu nền tảng số đồng bộ, rủi ro an ninh dữ liệu, mô hình hợp đồng chưa “giả hóa” được rủi ro ESG, cùng với các vấn đề xã hội (đền bù, tái định cư) dễ gây đình trệ và làm nghi ngại cho việc ứng dụng ESG. Dưới đây là bức tranh “vướng - khó - thách thức” điển hình khi doanh nghiệp xây dựng hạ tầng tại Việt Nam ứng dụng ESG.

3.1. Khung pháp lý và chuẩn mực

Khi các trụ cột pháp lý như lộ trình ETS (thị trường carbon), taxonomy xanh, quy định công bố thông tin ESG, tiêu chuẩn về vật liệu - phát thải vòng đời... vẫn trong quá trình hình thành, doanh nghiệp rơi vào thế không chắc mình sẽ phải tuân thủ chính xác điều gì trong 1 - 3 năm tới. Điều này gây ra ba khó khăn:

a) Chọn bộ chuẩn nào? GRI, SASB hay IFRS S2 phục vụ các mục đích khác nhau (bền vững tổng thể, đặc thù ngành, báo cáo tài chính liên quan khí hậu); thiếu hướng dẫn quốc gia thống nhất khiến báo cáo không “tương thích” giữa các dự án, khó so sánh, khó được ngân hàng/quỹ chấp nhận.

b) Xác định ranh giới và phạm vi báo cáo (project vs. portfolio, Scope 1-2-3) trở nên mơ hồ. Nếu khai quá rộng, chi phí đo lường tăng mạnh; nếu quá hẹp, báo cáo không đạt kỳ vọng nhà đầu tư/đối tác.

c) Rủi ro “đầu tư sai đích”: Doanh nghiệp có thể bỏ tiền xây hệ thống MRV, thu thập chỉ số theo một khung, nhưng vài quý sau quy định đối hưởng yêu cầu chỉ số khác, lãng phí nguồn lực và làm chậm quyết định.

3.2. Chấm đầu theo giá thấp nhất triệt tiêu động lực ESG

Trong nhiều gói thầu, tiêu chí chấm điểm vẫn ưu tiên giá và năng lực thi công truyền thống; ESG chỉ là tiêu chí cộng điểm nhẹ hoặc thậm chí không bắt buộc. Hệ quả là:

a) Không “giả hóa” được nỗ lực ESG: Chi phí cho vật liệu thấp carbon, quan trắc online, an toàn nâng cao... không được phản ánh trong cơ chế điểm/khoản thanh toán, nhà thầu khó đầu tư dài hạn.

b) Thiếu hợp đồng dựa trên hiệu suất (Performance-Based): không có KPI carbon - năng lượng - an toàn ràng buộc nên nhà thầu không được thưởng khi làm tốt, cũng không bị phạt khi làm kém; ESG trở thành “chi phí thêm” hơn là “lợi thế cạnh tranh”.

3.3. Dữ liệu, đo lường & kiểm chứng (MRV)

Doanh nghiệp xây dựng nói chung thường bị thiếu dữ liệu vòng đời và dữ liệu rời rạc - EPD thiếu/không đồng nhất ví dụ như số liệu nhiên liệu, điện/nước tạm, vận chuyển, chất thải thường ghi chép thủ công, khiến dự án không lập được đường cơ sở để đặt mục tiêu giảm phát thải.

Hệ quả là không so sánh được giữa các phương án, không định lượng hiệu quả giải pháp thấp carbon, báo cáo thiếu độ tin cậy làm kéo dài thẩm định hoặc mất ưu đãi lãi suất; đồng thời chi phí kiểm định/kiểm toán cao và thiếu đơn vị thẩm tra am hiểu công trường khiến MRV thành gánh nặng và có nguy cơ không đạt điều kiện giải ngân.

Đặc thù của các dự án hạ tầng càng khó hơn do môi trường công trường biến động, chuỗi cung ứng dài với nhiều nhà thầu phụ chưa số hóa/thiếu EPD và chênh lệch giữa định mức thiết kế với thực tế thi công khiến số liệu dễ sai lệch nếu không cập nhật kịp thời.

3.4. Năng lực nội bộ và thay đổi tổ chức

Bản chất ESG là lĩnh vực liên ngành (kết cấu - vật liệu - kinh tế - xã hội - pháp lý - CNTT), do vậy thường vượt ra ngoài phạm vi quen thuộc của đội ngũ kỹ sư thi công.

Hơn nữa, doanh nghiệp xây dựng hạ tầng chưa thể xây dựng được “khung năng lực” (competency framework) và mô-đun đào tạo chuẩn cho LCA (đánh giá vòng đời), LCC (chi phí vòng đời), MRV (đo - báo cáo - thẩm tra), EPD vật liệu, quản trị dữ liệu (data governance), tham vấn cộng đồng (SIA/GRM), an toàn - môi trường theo chuẩn quốc tế.

Điều này thường dẫn tới sự kháng cự thay đổi, do công trường thường quen cách làm “tiền độ-chi phí” trước mắt, chưa ưu tiên chỉ số bền vững.

3.5. Công nghệ số và an ninh dữ liệu

Thách thức “Công nghệ số và an ninh dữ liệu” nằm ở việc các hệ BIM/GIS, IoT quan trắc, ERP và ESG tách rời, mã dữ liệu không thống nhất, khiến MRV phải nhập tay, tốn kém và chậm, KPI không cập nhật kịp để điều hành. Song song, ITS/5G và thiết bị IoT ngoài hiện trường tiềm ẩn rủi ro rò rỉ dữ liệu vị trí - hình ảnh và tấn công mạng, làm suy giảm độ tin cậy báo cáo ESG và phát sinh rủi ro pháp lý.

3.6. Mô hình hợp đồng và phân bổ rủi ro

a) ESG không được “giả hóa”: Hợp đồng EPC/O&M chủ yếu xoay quanh giá - tiến độ - chất lượng kỹ thuật, hiếm khi gắn KPI hiệu suất ESG (carbon, năng lượng, an toàn, chất thải, khiếu nại cộng đồng) vào điều kiện thanh toán, thưởng - phạt.

b) Thiếu cơ chế chia lợi ích: Nếu nhà thầu đầu tư giải pháp “xanh” (vật liệu thấp carbon, máy móc tiết kiệm năng lượng, quy trình an toàn tốt hơn) thì tiết kiệm/giảm rủi ro chủ yếu về phía chủ đầu tư, còn nhà thầu không được chia, dẫn tới động lực ESG yếu.

c) Rủi ro quy định tương lai (ETS nội địa, taxonomy, yêu cầu công bố) không có “điều khoản thay đổi pháp luật” rõ ràng; nhà thầu sợ gánh chi phí phát sinh nên né giải pháp ESG.

4. ĐỀ XUẤT CÁCH THỨC TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG ESG

Mục tiêu của doanh nghiệp hạ tầng giao thông khi ứng dụng ESG là vừa giảm rủi ro dự án và rủi ro pháp lý, vừa tối ưu chi phí vòng đời (LCC) để nâng hiệu quả dài hạn; đồng thời mở rộng khả năng huy động vốn xanh và củng cố “giấy phép xã hội” thông qua minh bạch và đối thoại với cộng đồng.

Để đạt được điều này, doanh nghiệp cần bám theo 3 nguyên tắc: (1) Tập trung vào vấn đề trọng yếu (materiality), nhất là đối với

dự án và chuỗi cung ứng; (2) Thiết lập hệ đo lường - báo cáo - thẩm tra (MRV) với chỉ số đo được và kiểm chứng được và (3) “giả hóa” ESG bằng cách đưa KPI vào hợp đồng, mua sắm và điều kiện tài chính, tạo động lực kinh tế thực cho nhà thầu phụ nhà cung cấp và các bên liên quan.

Bài báo đề xuất giải pháp định hướng ban đầu theo từng bước để doanh nghiệp xây dựng hạ tầng tại Việt Nam tham khảo và xem xét ứng dụng chương trình ESG nhằm phát triển bền vững và đóng góp cho hạ tầng đô thị.

a) Về ngắn hạn: Doanh nghiệp khởi tạo chương trình bằng cách xác định những vấn đề ESG trọng yếu (materiality assessment), tức là các chủ đề môi trường, xã hội, quản trị có tác động lớn đến giá trị doanh nghiệp và/hoặc được các bên liên quan quan tâm nhất (cơ quan quản lý, nhà đầu tư, khách hàng, cộng đồng, nhân viên...). Sau đó thiết lập đường cơ sở (baseline) cho 5 - 7 KPI cốt lõi, ví dụ: gCO₂e/m³ bê tông, kWh/máy-giờ, % chất thải tái chế, LTI/triệu giờ, % khiếu nại xử lý ≤ SLA...).

Từ kết quả đó, sẽ thiết kế chương trình ESG với mục tiêu KPI - quy trình MRV, đồng thời xây dựng kế hoạch đào tạo 3 tầng (lãnh đạo/PM/hiện trường) và chuẩn hóa biểu mẫu - dữ liệu: EPD vật liệu, nhật ký năng lượng - chất thải, quy trình GRM và tham vấn cộng đồng.

b) Về trung hạn: Triển khai dự án thí điểm “ESG-ready” để kiểm chứng mô hình: Áp dụng vật liệu thay thế (SCMs, thép tái chế, RAP), đạt ≥90% phân loại chất thải, lắp quan trắc bụi/ôn trực tuyến và tổ chức tham vấn định kỳ. Song song việc này, kiểm soát chặt chẽ chuỗi cung ứng bằng Bộ Quy tắc ESG dành cho nhà cung cấp (Vendor ESG Code), đây là bộ quy tắc tập hợp các yêu cầu và chuẩn mực về Môi trường (E), Xã hội (S) và quản trị (G) mà doanh nghiệp đặt ra cho nhà cung cấp/nhà thầu phụ trong toàn bộ chuỗi cung ứng.

Mục tiêu: Đảm bảo vật liệu, dịch vụ và cách thức thi công tuân thủ bền vững, giảm rủi ro pháp lý - vận hành - danh tiếng và giúp doanh nghiệp đạt KPI ESG, ví dụ như ở cấp hợp đồng, “giả hóa” ESG bằng cách tích hợp KPI hiệu suất (carbon, năng lượng, an toàn, GRM) vào EPC/O&M với cơ chế thưởng phạt theo hiệu suất (bonus - malus) và chia sẻ lợi ích/chỉ phí (gainshare/painshare) với nhà cung cấp và thầu phụ, kèm Phụ lục MRV quy định phạm vi dữ liệu, nguồn hệ số/EPD, chứng từ, tần suất báo cáo và kiểm chứng độc lập; đồng thời, làm việc với một hoặc hai ngân hàng/quỹ để gắn KPI ESG vào điều kiện tín dụng hoặc trái phiếu liên kết bền vững.

c) Dài hạn: Tổng kết chi phí - lợi ích từ thí điểm để biên soạn ESG Playbook (quy trình, biểu mẫu, điều khoản mẫu) và nhân rộng sang nhiều dự án triển khai đồng thời. Xây dựng định hướng để có thể tích hợp tất cả dữ liệu kỹ thuật và quản trị của dự án (BIM/GIS, cảm biến IoT, chi phí - vật tư từ ERP và chỉ số ESG/MRV) vào một bảng điều khiển (dashboard) hợp nhất, rồi sau đó hiển thị - phân tích theo 3 chiều:

- Pha (Quy hoạch → Thiết kế → Thi công → Vận hành/O&M);
- Hàng mục (cầu, đường, cống, ga, trạm bơm... hoặc gói thầu A/B/C);
- Vị trí (tọa độ GIS, Km lý trình, ô lưới khu vực, tầng/khu trên mô hình BIM).

Duy trì cải tiến liên tục bằng việc rà soát mục tiêu mỗi 6 - 12 tháng, cập nhật chuẩn đo, nâng cấp đào tạo và điều chỉnh KPI để bảo đảm chương trình ESG gắn chặt với hiệu quả vận hành và mục tiêu phát triển bền vững.

5. KẾT LUẬN

ESG là yêu cầu tất yếu trong xây dựng hạ tầng đô thị vì giúp giảm rủi ro dự án (xung đột cộng đồng, chậm tiến độ), tiếp cận vốn rẻ hơn (trái phiếu xanh/PPP) và phù hợp mục tiêu Net Zero. Về môi trường, ESG cắt giảm phát thải vòng đời, ô nhiễm khí/tiếng ồn và tăng khả năng chống ngập, biến đổi khí hậu. Về xã hội, ESG nâng an toàn, khả năng tiếp cận và tính công bằng chi phí đi lại. Về quản trị, ESG tăng minh bạch đấu thầu, dữ liệu mở và trách nhiệm giải trình. Kết quả là tổng chi phí vòng đời thấp hơn, nhu cầu sử dụng cao hơn, tránh “tài sản mắc kẹt” và củng cố “giấy phép xã hội” cho dự án.

Với đặc thù rủi ro cao về môi trường, xã hội và quản trị, doanh nghiệp xây dựng hạ tầng giao thông không thể thiếu một chương trình ESG bài bản. Đây vừa là điều kiện cần để tham gia đấu tư theo hình thức đối tác công tư PPP, huy động vốn và đảm bảo tính tuân thủ, vừa là đòn bẩy nâng hiệu quả dài hạn, củng cố uy tín và giảm thiểu rủi ro dự án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PwC: Beyond Compliance (18th September, 2025), The ESG Reinvention for Business in Vietnam. Link: ESG Progress Tracker Survey Report 2025.
- [2]. ESG in Infrastructure Projects, Jon Bloomberg, 21st July, 2023. Link: <https://www.globalprojectsview.com/2023/07/21/esg-in-infrastructure-projects/>.
- [3]. Vietnam Briefing - Funding Vietnam's Green Growth (29th May, 2024), The ESG Initiative and Work of Credit Institutions, Vietnam's ESG Initiative and Green Funding Prospects.
- [4]. Cam Giang Nguyen Thi, Le Quyen Do, La Thi Thu Trang, Nhan Thanh Hoa (May-June, 2025), Enhancing ESG Performance in Vietnam's Construction Sector, Journal of Economic, Business and Management - ISR, ISSN: 2584-0916 (Online), Volume - III Issue -III.
- [5]. VIETESG For National Resilience, Pham Quoc Hung (02/2024), Thực trạng triển khai ESG trong ngành xây dựng tại Việt Nam. <https://vietesg.com/thuc-trang-trien-khai-esg-trong-nganh-xay-dung-tai-viet-nam/>.
- [6]. GRANITE - Granite Construction - Sustainability Report 2024, 02.2024: https://www.graniteconstruction.com/sites/default/files/Granite_2024_Sustainability_Report.pdf.
- [7]. SKANSKA - Annual and Sustainability Report 2024. <https://group.skanska.com/49490b/siteassets/investors/reports-publications/annual-reports/2024/annual-and-sustainability-report-2024.pdf>.
- [8]. COLLINS - Collins Construction - ESG Report 2024. <https://www.collins-construction.com/media/4727/esg-report-2024.pdf>.
- [9]. Vladimira Novakova (April, 2025), ESG implementation in the construction industry according to 2022-2024 surveys, Civil Engineering Journal.
- [10]. VBF - Vietnam Business Forum, Lộ trình hướng tới phục hồi kinh tế bền vững (VBF/AmCham) - Vai trò ESG trong môi trường đầu tư tại Việt Nam, khuyến nghị chính sách. https://www.amchamvietnam.com/wp-content/uploads/2024/03/VBF_ESG-Report_VIE_FINAL.pdf.
- [11]. SWITCH-Asia Publications, Briefs (2024), Sustainable Public Procurement of Construction and Infrastructure in Vietnam. <https://www.switch-asia.eu/resource/sustainable-public-procurement-of-construction-and-infrastructure-in-vietnam/>.
- [12]. Vietnam Green Building Outlook, Tổng quan thị trường công trình xanh và hạ tầng giao thông tại Việt Nam, xu thế và cơ hội. <https://www.trade.gov/market-intelligence/vietnam-green-building-outlook>.

Nghiên cứu xây dựng khung tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình hầm đường sắt trong quá trình khai thác tại Việt Nam

Development of a standards framework for the safety assessment of railway tunnel structures during operation in Vietnam

> THS BUI DUY LONG^{1,*}, KS NGUYỄN HUY NGHĨA²

¹Công ty CP Tư vấn Đầu tư và Xây dựng Đăng Minh

²Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: buiduylongtv@gmail.com

TÓM TẮT

Hệ thống hầm đường sắt quốc gia tại Việt Nam với nhiều công trình có tuổi thọ gần 100 năm đang đối mặt với những thách thức lớn về an toàn do sự xuống cấp theo thời gian và thiếu một bộ tiêu chuẩn đánh giá chuyên biệt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu từ đề tài cấp Bộ mã số DT24304, tập trung vào việc xây dựng một khung phương pháp luận toàn diện để đánh giá an toàn công trình hầm đường sắt đang khai thác. Dựa trên cơ sở tổng quan kinh nghiệm quốc tế và phân tích thực trạng pháp lý, kỹ thuật tại Việt Nam, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp đánh giá kết hợp hai hợp phần chính an toàn kết cấu chịu lực và an toàn vận hành khai thác. Các bộ tiêu chí chi tiết cùng hệ thống phân loại mức độ an toàn theo 4 cấp (A, B, C, D) cho kết cấu và 3 cấp (A, B, C) cho vận hành đã được xây dựng. Việc áp dụng thí điểm thành công tại một công trình hầm điển hình đã khẳng định tính khả thi và hiệu quả của khung phương pháp luận. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng, định hướng cho việc ban hành tiêu chuẩn quốc gia (TCVN), góp phần lấp đầy khoảng trống pháp lý và nâng cao hiệu quả quản lý, bảo trì hạ tầng hầm đường sắt dựa trên tiếp cận rủi ro.

Từ khóa: An toàn hầm đường sắt; đánh giá an toàn kết cấu; an toàn vận hành; tiêu chuẩn kỹ thuật; bảo trì công trình; quản lý hạ tầng đường sắt.

ABSTRACT

The national railway tunnel system in Vietnam, with quite a few structures approaching 100 years of service life, is facing significant safety challenges due to long-term degradation and the absence of specialized assessment standards. This paper presents the research outcomes of the ministerial-level project coded DT24304, focusing on the development of a comprehensive methodological framework for evaluating the safety of in-service railway tunnels. Based on a review of international practices and an analysis of Vietnam's current legal and technical context, the authors propose an assessment approach that integrates two key components: structural safety and operational safety. Detailed evaluation criteria and a safety classification system-with four levels (A, B, C, D) for structural conditions and three levels (A, B, C) for operational aspects-have been established. Successful pilot application in a representative tunnel demonstrates the feasibility and effectiveness of the proposed framework. The research results provide an essential scientific and practical foundation for formulating a national standard (TCVN), helping to fill existing legal gaps and enhance the management and maintenance of railway tunnel infrastructure through a risk-based approach.

Keywords: Railway tunnel safety; structural safety assessment; operational safety; technical standards; infrastructure maintenance; railway infrastructure management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình hầm đường sắt là hợp phần thiết yếu của hạ tầng giao thông hiện đại, giúp tối ưu hóa mạng lưới vận tải quốc gia bằng cách vượt qua các rào cản địa hình phức tạp [5]. Tuy nhiên, việc đảm bảo an toàn cho các công trình có vòng đời hàng trăm năm này là một thách thức kỹ thuật và quản lý to lớn. Các quốc gia tiên tiến đã chuyển dịch từ phương pháp bảo trì truyền thống sang cách tiếp cận dựa trên đánh giá rủi ro và triết lý thiết kế theo trạng thái giới hạn (Limit state design), thể hiện rõ trong các tiêu chuẩn của Hoa Kỳ (AASHTO LRFD) [6] và Trung Quốc (TB 10003-2016) [4].

Tại Việt Nam, thực trạng này trở nên đặc biệt cấp thiết. Hệ thống đường sắt quốc gia đang vận hành 39 hầm, phần lớn được xây dựng gần một thế kỷ trước với công nghệ thô sơ và đã gần hết tuổi thọ thiết kế [1]. Sự xuống cấp do điều kiện khí hậu khắc nghiệt và gia tăng tải trọng khai thác đang tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn. Mặc dù đã có các quy định chung về quản lý và bảo trì công trình như Nghị định 06/2021/NĐ-CP [2] cũng như QCVN 08:2018/BGTVT [3], Việt Nam vẫn đối mặt với một khoảng trống pháp lý và kỹ thuật nghiêm trọng: Thiếu một bộ tiêu chuẩn chuyên ngành để đánh giá an toàn hầm đường sắt một cách khoa học và định lượng. Điều này dẫn đến công tác quản lý hiện hữu còn bị động, chủ yếu dựa vào kinh nghiệm kiểm tra trực quan thay vì phòng ngừa chủ động [1], trái ngược hoàn toàn với thông lệ quốc tế vốn yêu cầu xem xét toàn diện các yếu tố rủi ro [4, 7] thông qua các phương pháp phân tích xác suất và hỗ trợ ra quyết định tiên tiến [8].

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm giải quyết khoảng trống đó bằng cách xây dựng một khung tiêu chuẩn toàn diện để đánh giá an toàn hầm đường sắt đang khai thác tại Việt Nam. Phương pháp luận đề xuất kết hợp các phương pháp định tính và định lượng, được “bản địa hóa” để phù hợp với điều kiện đặc thù về lịch sử công trình và hạn chế dữ liệu. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học quan trọng cho việc ban hành Tiêu chuẩn Quốc gia (TCVN), góp phần chuyển đổi phương thức quản lý hạ tầng hầm đường sắt sang cách tiếp cận chủ động dựa trên rủi ro, đảm bảo an toàn bền vững.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ TỔNG QUAN TÀI LIỆU

Phương pháp luận đánh giá an toàn hầm đường sắt trên thế giới đã tiến hóa rõ rệt từ cách tiếp cận định tính dựa trên kinh nghiệm chuyên gia sang các khung định lượng gắn kết chặt chẽ với các nguyên lý cơ học và xác suất. Các phương pháp hiện hành ưu tiên những khung đánh giá có khả năng lượng hóa độ tin cậy và hỗ trợ ra quyết định bảo trì. Phổ biến nhất là phương pháp đánh giá dựa trên rủi ro, với nguyên lý cốt lõi là nhận dạng, phân tích và định lượng các sự kiện không mong muốn để ưu tiên các biện pháp phòng ngừa. Về mặt kỹ thuật, khung này thường được tích hợp với triết lý thiết kế theo trạng thái giới hạn (LSD), vốn xác định các ngưỡng an toàn mà kết cấu không được vượt qua dưới các điều kiện tải trọng và suy giảm vật liệu thực tế. Triết lý này là nền tảng của các tiêu chuẩn quốc tế lớn như LRFD của AASHTO và TB 10003-2016 của Trung Quốc [4, 6]. Xu hướng nghiên cứu hiện nay còn mở rộng sang các phương pháp luận tính vi hơn như đánh giá dựa trên độ tin cậy và khả năng phục hồi của hệ thống sau sự cố [5]. Để triển khai các khung lý thuyết này, nhiều công cụ phân tích đã được phát triển, từ kỹ thuật ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) để tổng hợp nhiều yếu tố, phân tích kịch bản sự cố bằng sơ đồ cây lỗi đến các mô hình xác suất như mô phỏng Monte Carlo và mạng Bayes để lượng hóa rủi ro trong điều kiện không chắc chắn [8].

Tuy nhiên, việc áp dụng trực tiếp các phương pháp luận và tiêu chuẩn quốc tế này vào Việt Nam gặp nhiều hạn chế do các điều kiện đặc thù, tạo ra một khoảng trống nghiên cứu rõ rệt. Thứ nhất, về đặc điểm lịch sử và công nghệ thi công, nhiều hầm hiện hữu tại Việt Nam có tuổi đời lớn, được xây dựng bằng kỹ thuật truyền thống và vật liệu tại chỗ, cùng với hồ sơ hoàn công không đầy đủ, làm tăng sự không chắc chắn khi đánh giá khả năng chịu lực thực tế. Thứ hai,

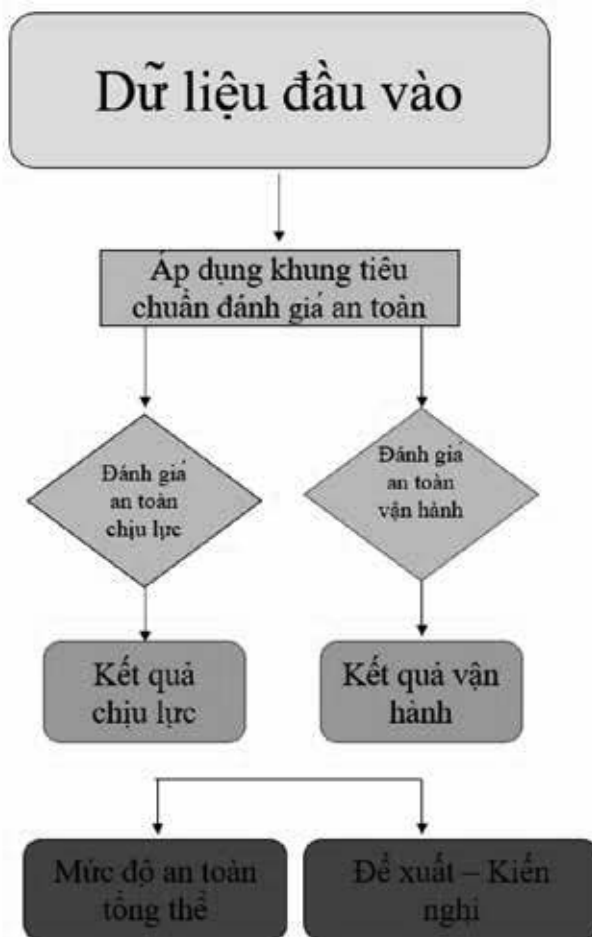
điều kiện môi trường địa phương với khí hậu nhiệt đới ẩm và lượng mưa lớn đã thúc đẩy quá trình suy thoái vật liệu, ăn mòn và xói mòn, làm tăng tốc độ suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Cuối cùng, sự hạn chế về dữ liệu và việc thiếu một cơ sở dữ liệu quốc gia tổng hợp về tình trạng, lịch sử bảo trì và quan trắc hệ thống đã khiến việc áp dụng các mô hình định lượng tiên tiến trở nên khó khả thi.

Từ những thực trạng trên, tồn tại nhu cầu cấp thiết phải phát triển một khung đánh giá an toàn được “bản địa hóa” một phương pháp luận linh hoạt có khả năng tích hợp thẩm định của chuyên gia, tận dụng dữ liệu hạn chế, đồng thời tương thích với các thông lệ quốc tế. Nghiên cứu này hướng tới lấp đầy khoảng trống đó bằng cách đề xuất một khung phương pháp kết hợp kỹ thuật định lượng dựa trên LSD và mô hình xác suất với các thủ tục MCDM để xử lý thông tin chuyên gia khi dữ liệu thiếu, đồng thời xây dựng lộ trình triển khai cơ sở dữ liệu có hệ thống cho hầm đường sắt tại Việt Nam.

3. KHUNG TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ AN TOÀN HẦM ĐƯỜNG SẮT ĐỀ XUẤT

3.1. Cấu trúc và nguyên tắc của khung đánh giá

Khung đánh giá tách thành hai hợp phần chính an toàn chịu lực kết cấu và an toàn vận hành/khai thác mỗi hợp phần được đánh giá bằng tập hợp các nhóm chỉ tiêu và các chỉ tiêu thành phần chi tiết. Mức độ an toàn của từng chỉ tiêu được lượng hóa trên thang điểm chuẩn rồi tổng hợp để sinh chỉ số an toàn tổng thể của công trình, từ đó hỗ trợ phân loại rủi ro và ưu tiên biện pháp bảo trì. Phương pháp này đã được thử nghiệm thành công tại hầm Bãi Gió, chứng minh tính khả thi và hiệu quả ứng dụng thực tế.



Hình 1. Sơ đồ đánh giá an toàn

3.2. Đánh giá an toàn chịu lực kết cấu

An toàn chịu lực được xác định từ khảo sát/kiểm định các bộ phận kết cấu chính và phân thành 4 cấp A-D theo mức độ nguy hiểm của khuyết tật, Bảng 1 sẽ định nghĩa chi tiết.

Bảng 1. Phân loại mức độ an toàn chịu lực

Mức độ	Tình trạng	Mô tả và hành động đề xuất
A	Tốt	Công trình đảm bảo an toàn, khai thác bình thường, không có khuyến cáo nào
B	Trung bình	Công trình đảm bảo an toàn nhưng có hư hỏng nhỏ, cần có khuyến cáo cụ thể về công tác bảo trì, theo dõi để tiếp tục khai thác
C	Yếu	Công trình vẫn đảm bảo an toàn khai thác nhưng cần thực hiện khảo sát, kiểm định chi tiết để có giải pháp sửa chữa, khắc phục
D	Nguy hiểm	Đề nghị cấp có thẩm quyền xem xét dừng khai thác để thực hiện ngay việc khảo sát, sửa chữa, gia cố nhằm đảm bảo an toàn

Các nội dung chính cần đánh giá bao gồm: Tuổi thọ công trình, tình trạng kết cấu vỏ hầm, ổn định nền đường trong hầm, kết cấu cửa hầm và mái ta-luy khu vực cửa hầm.

3.3. Đánh giá an toàn vận hành, khai thác

An toàn vận hành được đánh giá qua tính không, thoát nước, hệ thống tín hiệu và điều kiện môi trường trong hầm, được phân loại thành 3 cấp A-C theo Bảng 2.

Bảng 2. Phân loại mức độ an toàn vận hành khai thác

Mức độ	Tình trạng	Mô tả và hành động đề xuất
A	Tốt	Đảm bảo an toàn, khai thác bình thường, không có khuyến cáo nào
B	Chấp nhận được	Được phép khai thác nhưng có các khuyến cáo cụ thể (ví dụ: Hạn chế tốc độ, sửa chữa nhỏ hệ thống phụ trợ) để đảm bảo an toàn
C	Không đảm bảo	Không đảm bảo an toàn. Đề nghị dừng khai thác để thực hiện các biện pháp khắc phục ngay lập tức

Các nội dung chính cần đánh giá bao gồm: Khổ giới hạn tiếp giáp kiến trúc, các yếu tố kỹ thuật đường sắt (bình diện, trắc dọc, thủy bình, cự ly ray...), chất lượng kiến trúc tầng trên và tình trạng hoạt động của các hệ thống phụ trợ (thoát nước, chiếu sáng, thông tin tín hiệu, hàng tránh nạn...).

An toàn chịu lực

		A - Tốt	B - TB	C - Yếu	D - Nguy hiểm
An toàn vận hành khai thác	A - Tốt	Tốt	Khá	Trung bình	Nguy hiểm
	B - Khá	Khá	Khá	Trung bình	Nguy hiểm
	C - Kém	Nguy hiểm	Nguy hiểm	Nguy hiểm	Nguy hiểm

Hình 2. Ma trận xác định mức độ an toàn tổng thể của công trình hầm

3.4. Đánh giá mức độ an toàn tổng thể và chỉ số an toàn hầm

Để ra kết luận, nghiên cứu đề xuất kết hợp kết quả từ hai hợp phần theo nguyên tắc quản lý rủi ro mức độ an toàn tổng thể được xác định từ việc ghép mức an toàn của từng hợp phần độc lập. Ma trận đề xuất Bảng 3 xây dựng dựa trên logic kết hợp trực tiếp các cấp đã định nghĩa ở Bảng 1 và Bảng 2, theo đó công trình chỉ được xem là an toàn khi cả hai hợp phần đều ở trạng thái an toàn và sẽ bị xếp hạng theo mức nguy hiểm nhất nếu bất kỳ hợp phần nào ở trạng thái kém.

4. ÁP DỤNG KHUNG TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ AN TOÀN HẦM BÃI GIÓ

4.1. Hiện trạng công trình

Bảng 3. Tóm tắt các thông số cơ bản của công trình nghiên cứu

Tiêu chí	Thông tin
Tên công trình	Hầm Bãi Gió
Vị trí	Km1231+007,84 đến Km1231+410,42 tuyến Hà Nội - TP.HCM, tỉnh Khánh Hòa
Niên đại	Xây dựng 1923-1926
Chiều dài	402,58 m
Vật liệu vỏ hầm	Bê tông không cốt thép; một số đoạn là vách đá tự nhiên
Tốc độ khai thác	Hạn chế 30 km/h (so với tốc độ thiết kế khu gian 50 km/h)
Tình trạng khai thác	Tuổi gần 100 năm; vận tốc khai thác giới hạn 30 km/h (thiết kế khu gian 50 km/h)

4.2. Phương pháp và kết quả đánh giá

4.2.1. An toàn chịu lực của kết cấu

Bảng 4. Tổng hợp kết quả đánh giá an toàn chịu lực

Hạng mục	Kết quả khảo sát	Xếp loại	Nhận xét
Tuổi thọ công trình	Khai thác ≈ 100 năm	D	Vượt tuổi thiết kế, yếu tố tuổi tác ảnh hưởng lớn đến độ bền còn lại
Hiện trạng vỏ hầm bê tông		C	Hư hỏng cốt lõi tại vỏ hầm làm suy giảm khả năng chịu lực, cần can thiệp gia cố khẩn cấp ở các đoạn nguy hiểm
Cửa hầm và mái ta-luy		B	Các cấu kiện biên tương đối ổn, chưa là điểm suy giảm chịu lực chính

Kết luận hợp phần an toàn chịu lực ở mức C (Yếu), tức khả năng chịu lực của kết cấu ở trạng thái đáng quan ngại, có nguy cơ ảnh hưởng đến an toàn công trình nếu không xử lý.

4.2.2. An toàn vận hành khai thác
Bảng 5. Tổng hợp kết quả đánh giá an toàn vận hành

Hạng mục	Kết quả khảo sát	Xếp loại	Nhận xét
Khổ giới hạn kiến trúc	12/36 mặt cắt ngang vi phạm khổ	B	Mặc dù một số mặt cắt vi phạm, đầu máy/toa vẫn lưu thông khi giới hạn tốc độ; cần kiểm soát và khắc phục từng đoạn
Hệ thống thoát nước	Không đảm bảo; nước mưa tràn vào gây ngập bề mặt đá ballast	C	Khiếm khuyết nghiêm trọng, gây nguy cơ làm tăng quá trình hư hỏng kết cấu và tác động xấu đến an toàn vận hành
Hệ thống phụ trợ	Không có chiếu sáng/ thông gió theo tiêu chuẩn mới; hang tránh nạn còn chức năng cơ bản	B	Thiếu thiết bị hiện đại nhưng không gây dừng khai thác ngay lập tức để xuất cải tiến theo lộ trình

Kết luận hợp phần vận hành ở mức B (Chấp nhận được) công trình vẫn khai thác được dưới các điều kiện hạn chế.

4.3. Xác định mức độ an toàn tổng thể và phân tích

Việc tổng hợp hai hợp phần được thực hiện bằng ma trận tích hợp: An toàn chịu lực × An toàn vận hành → Mức độ an toàn tổng thể.

- An toàn chịu lực = C (Yếu)
- An toàn vận hành = B (Chấp nhận được)

Dựa vào ma trận đánh giá ở Hình 2, mức độ an toàn tổng thể được xác định là: Trung bình.

Kết quả cho thấy bức tranh đa chiều về mặt vận hành, hầm có thể tiếp tục phục vụ nhưng ở mức hạn chế. Ngược lại, năng lực chịu lực của kết cấu, vỏ hầm đang ở trạng thái yếu, là điểm nguy hiểm chủ yếu. Do đó, ưu tiên can thiệp khẩn cấp phải hướng vào việc gia cố, phục hồi khả năng chịu lực của kết cấu hơn là chỉ xử lý các vấn đề vận hành bề mặt. Kết quả cũng khẳng định tính ứng dụng của khung giúp phân tách rõ ràng các yếu tố rủi ro và hướng dẫn đưa ra thứ tự ưu tiên can thiệp dựa trên rủi ro.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã giải quyết một vấn đề cấp thiết trong hạ tầng đường sắt Việt Nam, đó là thiếu một phương pháp luận khoa học, chuẩn hóa để đánh giá an toàn hầm trong giai đoạn khai thác bằng cách hệ thống hóa các sở lý luận, tổng hợp kinh nghiệm quốc tế và phân tích có trọng tâm các điều kiện đặc thù của Việt Nam. Kết quả chính là một khung phương pháp luận toàn diện, có cấu trúc logic, phân tách rõ hai hợp phần trọng yếu, an toàn chịu lực và an toàn vận hành, cho phép lượng hóa trạng thái công trình một cách khách quan và khắc phục hạn chế của kiểm tra định tính truyền thống. Bộ tiêu chí chi tiết, hệ thang điểm và ma trận ghép mức an toàn được đề xuất vừa thể hiện tính khoa học vừa chứng tỏ tính khả thi cung cấp cảnh báo sớm, hỗ trợ ra quyết định có hệ thống và giúp ưu tiên công tác bảo trì, sửa chữa theo mức độ nguy hiểm thực tế. Việc triển khai thí điểm tại hầm Bãi Gió khẳng định giá trị thực tiễn của khung kết quả phân tích tương thích với hiện trạng khảo sát và cung cấp cơ sở kỹ thuật để đề xuất can thiệp khẩn cấp.

Tóm lại, nghiên cứu là một đóng góp tiên phong tại Việt Nam, tạo nền tảng khoa học quan trọng cho việc soạn thảo tiêu chuẩn

quốc gia và chuyển đổi quản lý hầm từ phản ứng sang quản lý chủ động, dựa trên đánh giá rủi ro.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ mã số DT24304, được tài trợ bởi Bộ Xây dựng. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cục Đường sắt Việt Nam, Bộ Xây dựng (2025), Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu định hướng xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình hầm đường sắt trong quá trình khai thác, mã số DT24304.
[2]. Chính phủ (2021), Nghị định số 06/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
[3]. Bộ Giao thông vận tải (2018), QCVN 08:2018/BGTVT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khai thác đường sắt.
[4]. Design of railway tunnel (TB10003-2016-Chinese), Cục Đường sắt Quốc gia Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa.
[5]. Kolymbas, D. (2005), Tunnelling and Tunnel Mechanics: A Rational Approach to Tunnelling. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
[6]. AASHTO (2017), LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide Specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
[7]. Ministry of Regional Development of the Russian Federation (2012), SP 122.13330.2012: Tunnels for Railways and Highways.
[8]. Sharafat, A., & Dolati, A. (2020), A state-of-the-art review on risk assessment and management of tunnels. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 7(5), 655-677.

Đề xuất một số giải pháp quản lý thoát nước mặt khu vực đô thị Đồng Hới theo mô hình Thành phố bọt biển

Proposal some solutions for surface drainage management in Dong Hoi urban area according to the Sponge City model

> THS NGUYỄN HỮU PHÚ

GV Khoa Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: phunh@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Khu vực đô thị Đồng Hới, tỉnh Quảng Trị (sau sáp nhập tỉnh) đang chịu áp lực ngập úng gia tăng do mưa lớn cực đoan, hạ tầng xuống cấp và các hạn chế trong quản lý như thiếu phối hợp liên ngành, quy hoạch chưa lồng ghép thoát nước bền vững và sự tham gia cộng đồng còn yếu. Xu hướng quản lý nước mưa trên thế giới đã chuyển từ “thoát nhanh” sang “giữ - thấm - điều tiết” qua các mô hình LID, SuDS, WSUD..., tạo nền tảng cho mô hình Thành phố bọt biển (SPC) với ưu thế tích hợp và định hướng quản lý. Trên cơ sở đánh giá điều kiện tự nhiên, hạ tầng và tổ chức quản lý hiện nay, bài báo đề xuất một giải pháp quản lý thoát nước mặt theo mô hình SPC nhằm góp phần giảm ngập và thúc đẩy phát triển đô thị bền vững cho khu vực đô thị Đồng Hới.

Từ khóa: Thoát nước mặt đô thị, quản lý thoát nước mặt, Thành phố bọt biển.

ABSTRACT

The Đồng Hới urban area in Quảng Trị Province (following the provincial merger) is increasingly exposed to flooding pressures caused by extreme rainfall events, deteriorating drainage infrastructure, and several management limitations, including inadequate inter-sectoral coordination, the lack of sustainable drainage integration in urban planning, and weak community participation. Globally, stormwater management has shifted from the traditional “rapid conveyance” approach to the principles of “retention – infiltration – regulation” through models such as Low Impact Development (LID), Sustainable Drainage Systems (SuDS), and Water Sensitive Urban Design (WSUD), which provide the conceptual foundation for the Sponge City (SPC) model with its integrative and management-oriented advantages. Based on an assessment of natural conditions, existing infrastructure, and the current governance structure, this paper proposes a stormwater management approach aligned with the Sponge City model to help mitigate urban flooding and promote sustainable urban development in the Đồng Hới urban area.

Keywords: Urban stormwater, drainage management, Sponge City.

I. TỔNG QUAN VỀ QUẢN LÝ THOÁT NƯỚC MẶT KHU VỰC ĐÔ THỊ ĐỒNG HỚI, TỈNH QUẢNG TRỊ

Khu vực đô thị Đồng Hới, gồm ba phường Đồng Hới, Đồng Thuận và Đồng Sơn của tỉnh Quảng Trị, chủ yếu thuộc phạm vi TP Đồng Hới trước khi sáp nhập tỉnh (Hình 1, Hình 2). Khu vực này nằm trên dải duyên hải hẹp Bắc Trung Bộ, với địa hình chuyển tiếp từ gò đồi - bán sơn địa sang đồng bằng thấp và dải cát ven biển, sông Nhật Lệ chảy qua trung tâm [1]. Đô thị thuộc dạng địa hình “lòng chảo” khép kín, chịu tác động mạnh của thủy triều và lũ từ hệ thống Long Đại - Kiến Giang, khiến nguy cơ ngập úng luôn hiện hữu [2]. Hệ thống thoát nước hiện nay dựa trên 5 lưu vực chính đổ ra sông Nhật Lệ và một lưu vực phía Bắc đổ về sông Dinh [3]. Mạng cống BTCT chủ yếu là thoát nước chung, nhiều đoạn đã xuống cấp, bồi lắng và bị lấn chiếm. Hồ điều hòa hiện có ít và phân tán, trong khi các khu vực phát triển mới thiếu mạng lưới thoát nước mưa riêng. Do đó, khi xuất hiện

mưa lớn 150-200 mm trong vài giờ vào năm 2023, hoặc tổng lượng mưa lũ vượt 1.500 mm như năm 2020, đô thị thường xuyên xảy ra ngập diện rộng [2].

Các dự án Vệ sinh môi trường Đồng Hới, Môi trường bền vững các thành phố duyên hải và Phát triển môi trường - hạ tầng ứng phó biến đổi khí hậu đều đặt mục tiêu cải thiện hệ thống thoát nước và tăng khả năng chống chịu cho đô thị. Tuy nhiên, quá trình triển khai kéo dài, nhiều hạng mục chậm tiến độ, thiếu tính liên kết giữa các hợp phần và chưa khắc phục triệt để các điểm nghẽn của hệ thống hiện hữu, như lấn chiếm dòng chảy, hồ điều hòa thu hẹp và năng lực tiếp nhận của mạng cống thấp. Do đó, kết quả giảm ngập chưa thật sự rõ rệt và phạm vi hưởng lợi vẫn hạn chế.

Ngoài ra ở địa phương, các mô hình EbA và SUDS trong khuôn khổ VN-SIPA, dù chỉ ở quy mô thí điểm, đã chứng minh khả năng cải thiện cục bộ dòng chảy mặt, giảm tải cho hệ

thống cống và nâng cao chất lượng không gian đô thị. Quan trọng hơn, sự xuất hiện của các dự án này cho thấy chính quyền địa phương không chỉ nhận thức được vai trò của hạ tầng xanh trong thoát nước bền vững mà còn sẵn sàng thử nghiệm các giải pháp mới, mở ra cơ hội chuyển dịch từ cách tiếp cận “công trình cứng” sang mô hình tích hợp hơn.



Hình 1. Vị trí tỉnh Quảng Trị trên bản đồ Việt Nam [4]



Hình 2. Khu vực đô thị Đồng Hới trên bản đồ tỉnh Quảng Trị [5]

Về quản lý nhà nước, hệ thống tổ chức sau sáp nhập hiện phân công theo hướng: Sở Xây dựng giữ vai trò chủ trì về quy hoạch, tiêu chuẩn kỹ thuật và quản lý dữ liệu; Phòng Kinh tế - Hạ tầng đô thị tại các phường trực tiếp quản lý hoạt động thoát nước trên địa bàn; trong khi Công ty Cổ phần Môi trường và Phát triển đô thị Quảng Bình đảm trách duy tu, nạo vét và vận

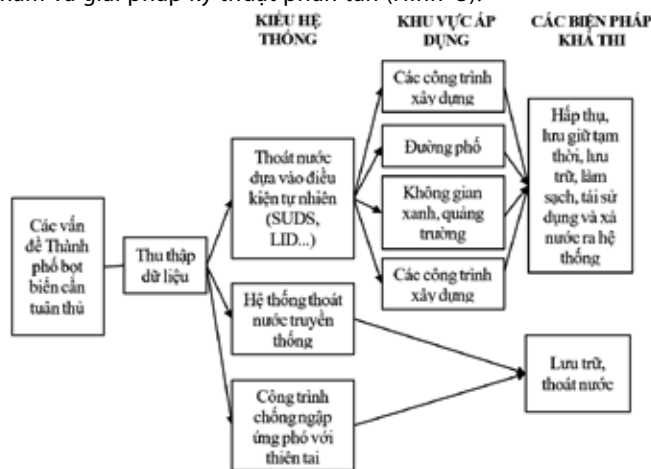
hành hệ thống cống - mương - trạm bơm và xử lý nước thải. Mặc dù mô hình này bảo đảm tính kế thừa và duy trì liên tục dịch vụ, nhân lực kỹ thuật ở cả cấp Sở và phường vẫn mỏng và thường kiêm nhiệm nhiều lĩnh vực. Cơ chế phối hợp liên ngành chưa rõ ràng, và cơ sở pháp lý cho mô hình chính quyền hai cấp vẫn đang hoàn thiện. Công tác vận hành hiện theo tư duy cung ứng dịch vụ công ích, chưa áp dụng quản lý lưu vực tích hợp, thiếu nền tảng dữ liệu thời gian thực và chưa gắn chặt với quy hoạch, sử dụng đất. Sự tham gia của cộng đồng còn hạn chế, trong khi tình trạng xả rác, che cửa thu nước vẫn diễn ra, gây tắc nghẽn cục bộ tại nhiều vị trí.

Các yếu tố hạ tầng, quy hoạch, quản lý và vận hành vẫn chưa được hoàn thiện để đối phó hiệu quả với nguy cơ ngập ứng gia tăng. Điều này đặt ra yêu cầu chuyển dịch sang mô hình quản lý thoát nước tích hợp, linh hoạt dựa trên định hướng Thành phố bọt biển.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC VỀ QUẢN LÝ THOÁT NƯỚC MẶT THEO MÔ HÌNH THÀNH PHỐ BỌT BIỂN

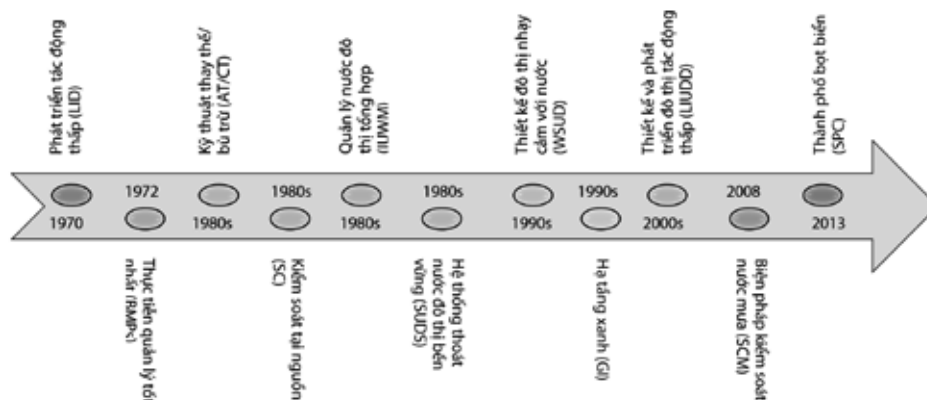
2.1. Khái quát về mô hình Thành phố bọt biển

Thành phố bọt biển (Sponge city, SPC) là mô hình quản lý thoát nước mặt dựa trên nguyên tắc tiếp cận có hệ thống về giảm thiểu nguồn, kiểm soát quá trình và xử lý có hệ thống. Đồng thời, áp dụng các biện pháp kỹ thuật toàn diện về hấp thụ, lưu giữ tạm thời, lưu trữ, làm sạch, tái sử dụng và xả nước ra hệ thống thoát nước nhằm đạt được mục tiêu giảm thiểu lũ lụt đô thị, kiểm soát ô nhiễm dòng chảy, cải thiện môi trường nước và phục hồi sinh thái nước đô thị [6]. Khác với hệ thống thoát nước truyền thống tập trung vào “thoát nhanh”, SPC khai thác năng lực điều tiết tự nhiên của đất, mặt nước và cây xanh, đồng thời kết hợp các giải pháp hạ tầng xanh, hạ tầng xám và giải pháp kỹ thuật phân tán (Hình 3).



Hình 3. Nguyên tắc của mô hình Thành phố bọt biển [7]

Mô hình Thành phố bọt biển được hình thành trên cơ sở kế thừa và chọn lọc từ nhiều chương trình, mô hình quản lý thoát nước mưa đã phát triển ở các quốc gia, như Low Impact Development (LID), Best Management Practices (BMPs) - Hoa Kỳ; Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) - Vương quốc Anh; Low Impact Urban Design & Development (LIUDD) - New Zealand; Water Sensitive Urban Design (WSUD) - Úc... (Hình 4). Đồng thời, SPC cũng dựa vào truyền thống lâu đời trong quản lý nước của Trung Quốc, gắn với triết lý hài hòa giữa con người và thiên nhiên, từ đó phát triển thành một mô hình đặc thù, phù hợp với bối cảnh đô thị hóa nhanh và thách thức biến đổi khí hậu tại quốc gia này.



Hình 4. Tổng hợp các mô hình quản lý thoát nước đô thị theo hướng bền vững

Theo GIZ, Mô hình Thành phố bọt biển mang lại bốn lợi ích nổi bật. Thứ nhất, giảm ngập và tăng khả năng thích ứng khí hậu thông qua hạ tầng xanh, bề mặt thấm và không gian trữ nước giúp đô thị ứng phó tốt hơn với mưa lớn, lũ và nước biển dâng. Thứ hai, tối ưu chi phí hạ tầng, nhờ giảm hệ số dòng chảy, qua đó thu nhỏ quy mô cống - kênh hạ lưu, giảm chi phí vận hành trạm bơm và hạn chế thiệt hại do ngập. Thứ ba, cải thiện chất lượng nước, hệ sinh thái và đa dạng sinh học thông qua các cấu phần xanh - xanh lam, góp phần an toàn nguồn nước và bảo tồn dịch vụ hệ sinh thái đô thị. Cuối cùng, SPC nâng cao chất lượng sống và giá trị kinh tế - xã hội, cải thiện cảnh quan, giảm ô nhiễm và căng thẳng nhiệt, tăng sức khỏe cộng đồng, đồng thời nâng giá trị bất động sản và sức hấp dẫn đầu tư của đô thị [8].

2.2. Cơ sở pháp lý liên quan và định hướng tiếp cận Thành phố bọt biển tại Việt Nam

Mặc dù Việt Nam chưa ban hành văn bản chuyên biệt về mô hình Thành phố bọt biển (SPC), nhiều quy định pháp luật hiện hành đã hàm chứa các nguyên lý cốt lõi của SPC như tăng cường thấm - trữ nước mưa, bảo vệ không gian mặt nước tự nhiên, kiểm soát xả thải và lồng ghép thích ứng khí hậu trong quy hoạch và quản lý hạ tầng đô thị.

Một số nhóm luật do Quốc hội ban hành tạo nền tảng quan trọng cho quản lý thoát nước mặt đô thị. Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn năm 2024 quy định quy hoạch thoát nước là nội dung bắt buộc của quy hoạch đô thị, đồng thời yêu cầu công bố công khai bản đồ hệ thống mặt nước và thoát nước, qua đó định vị vai trò của nước mưa trong cấu trúc không gian đô thị. Luật Tài nguyên nước năm 2023 quy định rõ việc kiểm soát xả thải vào nguồn nước, yêu cầu thu gom và xử lý nước thải đô thị, đồng thời khuyến khích các giải pháp thu trữ và tiêu thoát nước mưa đồng bộ để giảm ngập, hạn chế cống hóa sông suối và san lấp hồ ao. Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 yêu cầu tách nước thải khỏi hệ thống thoát nước mưa và kiểm soát chất lượng nước trước khi xả ra môi trường. Luật Thủy lợi năm 2017 nhấn mạnh vai trò điều tiết, tiêu thoát nước và giảm nhẹ thiên tai của các công trình thủy lợi, phù hợp với cách tiếp cận quản lý lưu vực trong mô hình SPC.

Trong nhóm nghị định, Nghị định 80/2014/NĐ-CP của Chính phủ (hợp nhất năm 2020) là văn bản chuyên ngành trực tiếp điều chỉnh hoạt động thoát nước và xử lý nước thải đô thị, quy định nội dung quy hoạch thoát nước, quản lý cao độ nền, tổ chức vận hành hệ thống và phân định trách nhiệm giữa các chủ thể quản lý. Nghị định 53/2024/NĐ-CP của Chính phủ về danh mục hồ, ao, đầm, phá không được san lấp góp phần bảo vệ các không gian mặt nước tự nhiên, một thành tố quan trọng đối với khả năng trữ nước trong đô thị. Các nghị định về phân quyền, phân cấp trong lập và phê duyệt

quy hoạch, như Nghị định 145/2025/NĐ-CP và 178/2025/NĐ-CP của Chính phủ, làm rõ trách nhiệm của các cấp chính quyền trong việc lồng ghép nội dung thoát nước vào đồ án quy hoạch, qua đó tạo điều kiện triển khai các giải pháp hạ tầng thích ứng với biến đổi khí hậu.

Các quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành thể hiện rõ nhất tinh thần của mô hình SPC. QCVN 01:2021/BXD của Bộ Xây dựng về quy hoạch xây dựng yêu cầu tăng diện tích bề mặt thấm, bảo tồn và cải tạo hệ thống hồ - kênh - sông hiện hữu, khai thác các vùng trũng làm không gian trữ nước, đồng thời bảo đảm quy hoạch khu vực mới không làm suy giảm khả năng thoát nước của khu vực hiện hữu. QCVN 07:2023/BXD về hạ tầng kỹ thuật quy định rõ chuỗi giải pháp “giữ - điều tiết - xả chậm” thông qua hệ thống hồ điều hòa và giếng tràn. TCVN 7957:2023 về thiết kế mạng lưới thoát nước khuyến khích áp dụng các giải pháp thấm - chứa - điều hòa tại nguồn, như bể trữ nước mưa, hồ điều hòa, công trình thấm tự nhiên hoặc nhân tạo, nhằm giảm lưu lượng đỉnh, tăng cường bổ cập nước ngầm và góp phần cải thiện cảnh quan đô thị.

Ngoài ra, các chính sách lớn về phát triển bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu như Quyết định 589/QĐ-TTg, Quyết định 681/QĐ-TTg và Quyết định 1055/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ đều nhấn mạnh bảo vệ tài nguyên nước, tăng cường tái sử dụng nước mưa, bảo tồn hệ sinh thái liên quan đến nước và phát triển các mô hình thích ứng dựa vào hệ sinh thái - những nội dung phù hợp với định hướng SPC.

Nhìn chung, dù chưa có chính sách SPC chính thức, hệ thống pháp luật và quy chuẩn hiện hành đã thể hiện xu hướng chuyển từ tư duy “thoát nước nhanh” sang “giữ - thấm - điều tiết”, tạo nền tảng pháp lý thuận lợi để lồng ghép các nguyên lý SPC trong quản lý thoát nước mặt đô thị tại Việt Nam.

2.3. Kinh nghiệm quốc tế và Việt Nam trong quản lý thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển

a. Kinh nghiệm quốc tế

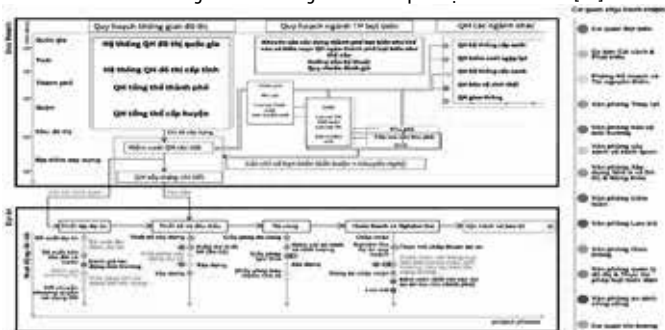
Trung Quốc và Đức là hai điển hình tiêu biểu trong triển khai mô hình Thành phố bọt biển (SPC), đại diện cho hai hướng tiếp cận khác nhau: Trung Quốc theo mô hình quản lý tập trung từ Trung ương, còn Đức phát triển Schwammstadt theo hướng phân quyền ở cấp đô thị. Cả hai đều cho thấy tầm quan trọng của nguyên lý giữ - thấm - trữ - điều tiết trong quản lý nước mưa và phát triển đô thị bền vững.

Trung Quốc đã thể chế hóa SPC thông qua chương trình thí điểm quốc gia và lồng ghép SPC vào hệ thống quy hoạch các cấp. Tại Vũ Hán “thành phố của trăm hồ” giảm sút diện tích hồ tự nhiên (gần 70% giai đoạn 1950–2013) [9] cùng áp lực đô thị hóa đã thúc đẩy thành phố ban hành Hướng dẫn SPC 2015 [10], đặt mục tiêu 20% diện tích đạt tiêu chí SPC vào năm 2020 và 80% vào năm 2030

[11] (Hình 5). Đến 2017, hơn 288 dự án vườn mưa, mái xanh, đường thấm và vùng ngập nước đã triển khai ở Qingshan và Sixin, giúp thành phố kiểm soát ngập hiệu quả trong đợt mưa lớn năm 2020 [12]. Tại Nam Kinh, SPC được tích hợp ngay từ giai đoạn quy hoạch, từ cấp thành phố đến cấp quận, liên thông với quy hoạch nước, kiểm soát lũ và bảo vệ sinh thái [13] (Hình 6).



Hình 5. Biểu đồ thời gian của Chương trình Thành phố bọt biển ở Vũ Hán [10]



Hình 6. Quy trình quy hoạch trong thực tiễn triển khai Thành phố bọt biển tại Nam Kinh [13]

Đức triển khai Schwammstadt theo hướng phân quyền, trong đó chính quyền thành phố ban hành quy định bắt buộc giữ lại tại chỗ một tỷ lệ lớn nước mưa. Berlin yêu cầu các dự án mới giữ lại tối thiểu 50% lượng nước mưa [14] và phổ biến các giải pháp như mái xanh, mặt đường thấm và hồ điều hòa phân tán. Các khu Rummelsburg và Marzahn-Hellersdorf là ví dụ điển hình, với hệ thống mái xanh (Hình 7) và công viên mưa giúp giảm tải cống và cải thiện vi khí hậu [15]. Hamburg cũng phát triển mô hình "đường phố bọt biển" qua dự án BlueGreenStreets và HafenCity, tích hợp rãnh sinh học, bồn cây thu nước và không gian trữ nước tạm thời trên bề mặt, tạo sự kết hợp giữa thoát nước, cảnh quan và thích ứng khí hậu [16].



Hình 7. Mái nhà xanh ở Rummelsburg [17]

Từ hai trường hợp trên có thể thấy, dù Trung Quốc áp dụng mô hình SPC mang tính tập trung còn Đức triển khai theo hướng phân quyền, cả hai đều khẳng định SPC là chiến lược quan trọng trong kiểm soát ngập, cải thiện chất lượng môi trường và nâng cao sức chống chịu đô thị.

b. Kinh nghiệm tại Việt Nam

Kinh nghiệm thực tiễn về quản lý thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển (SPC) ở Việt Nam hiện còn hạn chế, chủ yếu dừng ở mức hướng dẫn kỹ thuật và các dự án thí điểm quy mô nhỏ. Tài liệu quan trọng nhất hiện nay là "Hướng dẫn áp dụng thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững" (Bộ Xây dựng & GIZ, 2019) [18], trong đó lần đầu tiên hệ thống hóa các nhóm giải pháp SUDS và nguyên tắc lựa chọn theo quy mô (hộ gia đình, tiểu khu, toàn đô thị) và theo đặc trưng vùng miền. Tài liệu cũng nhấn mạnh các giải pháp làm chậm dòng chảy cho hệ thống hiện hữu như tăng diện tích thấm, bể chứa nước mưa ngầm, cải tạo hố, kênh đô thị và phủ xanh bề mặt, những nguyên lý phù hợp với tiếp cận SPC.

Một đóng góp quan trọng khác là phân định rõ trách nhiệm các bên liên quan trong suốt vòng đời dự án SUDS, giúp định hình cơ chế phối hợp giữa chủ đầu tư, cơ quan thẩm định, tư vấn thiết kế, chuyên gia và cộng đồng. Bảng này là tài liệu tham khảo có giá trị cho quá trình xây dựng mô hình quản lý SPC trong nghiên cứu.

Từ khung hướng dẫn này, một số đô thị Đồng bằng sông Cửu Long như Cà Mau, Sóc Trăng và Cần Thơ đã triển khai thí điểm vườn mưa, sân thấm và bãi cỏ sinh học, đồng thời lồng ghép các nguyên lý SPC vào quy hoạch [19]. Các chương trình hợp tác quốc tế tiếp tục bổ sung kinh nghiệm thực tiễn, tiêu biểu là VN-SIPA (2018–2023) với các giải pháp EbA tại Đồng Hới như công viên trữ nước sông Cầu Rào, mảng xanh đứng và vườn trên mái [20], cùng với đó các hướng dẫn kỹ thuật chuyên đề về tường xanh và khu vực trữ nước được ban hành.

3. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP QUẢN LÝ THOÁT NƯỚC MẶT KHU VỰC ĐÔ THỊ ĐỒNG HỚI THEO MÔ HÌNH THÀNH PHỐ BỌT BIỂN

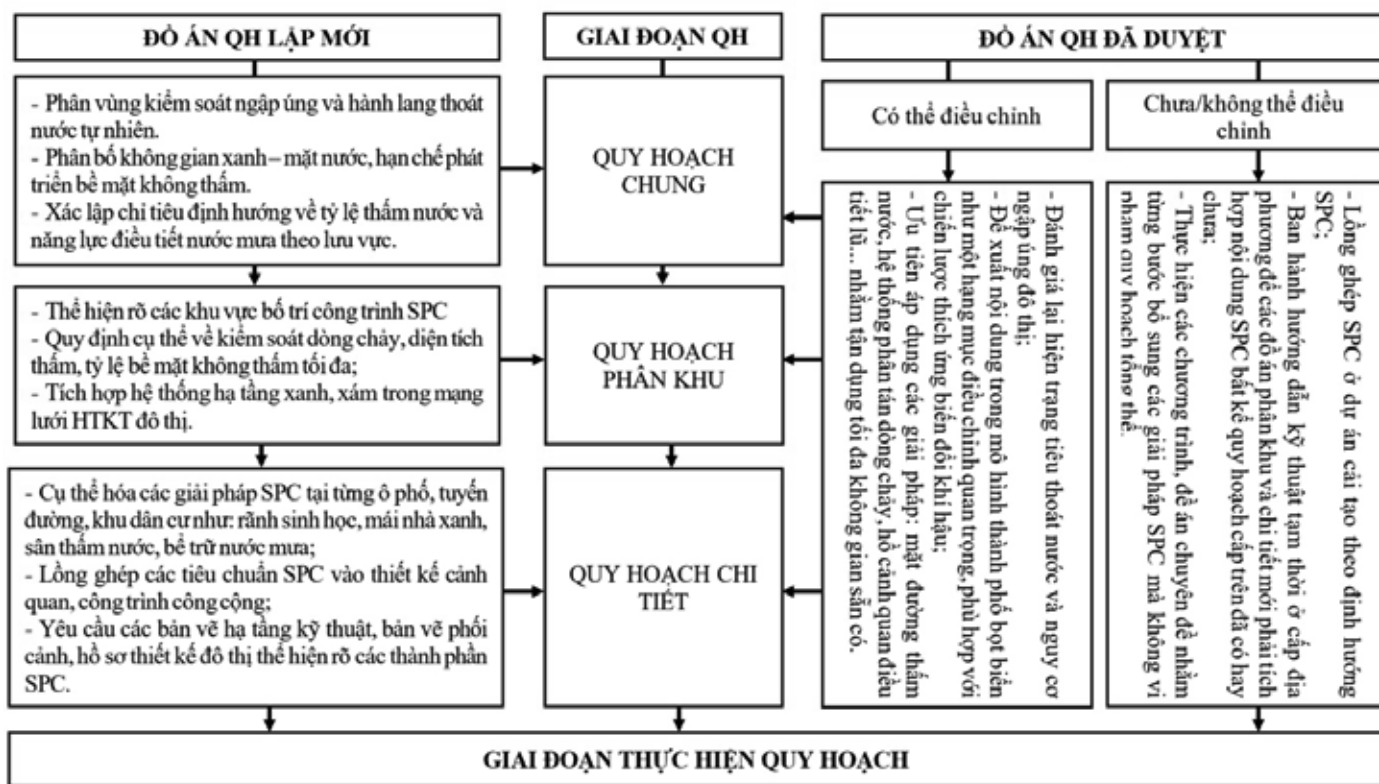
3.1. Đề xuất tích hợp nội dung thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển trong quy hoạch đô thị

Việc lồng ghép nội dung thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển (SPC) vào quy hoạch đô thị đòi hỏi một cách tiếp cận linh hoạt, phụ thuộc vào giai đoạn quy hoạch và tình trạng pháp lý của đồ án. Về tổng thể, có hai hướng triển khai chính: (1) tích hợp SPC ngay từ khi lập mới đồ án quy hoạch; và (2) bổ sung, điều chỉnh SPC đối với các đồ án đã được phê duyệt. Ở mỗi hướng tiếp cận, nội dung SPC cần được cụ thể hóa theo ba cấp độ quy hoạch gồm: Quy hoạch chung, Quy hoạch phân khu và Quy hoạch chi tiết.

Trong các đồ án lập mới, SPC phải được đưa vào từ giai đoạn đầu nhằm bảo đảm tính thống nhất giữa cấu trúc không gian, phân vùng kiểm soát ngập và chỉ tiêu kỹ thuật. Ở cấp Quy hoạch chung, trọng tâm là xác định hành lang thoát nước tự nhiên, phân bố không gian xanh - mặt nước và các chỉ tiêu thấm - điều tiết theo lưu vực. Quy hoạch phân khu tiếp tục chi tiết hóa các khu vực bố trí công trình SPC, quy định giới hạn bề mặt không thấm và tích hợp đồng bộ hạ tầng xanh - xám. Tại Quy hoạch chi tiết, các giải pháp như rãnh sinh học, sân thấm, mái nhà xanh hay bể trữ nước mưa được cụ thể hóa đến từng ô phố, kèm theo yêu cầu thể hiện trên bản vẽ hạ tầng và thiết kế đô thị.

Đối với các đồ án đã được phê duyệt, việc lồng ghép SPC được thực hiện theo hai tình huống. Nếu quy hoạch đủ điều kiện điều chỉnh, có thể bổ sung các giải pháp SPC vào các hạng mục điều chỉnh quan trọng sau khi đánh giá lại hiện trạng tiêu thoát nước và nguy cơ ngập. Ngược lại, nếu chưa thể điều chỉnh đồ án, SPC được lồng ghép ở cấp thiết kế hạ tầng kỹ thuật, cấp dự án cải tạo độc lập hoặc thông qua các hướng dẫn kỹ thuật tạm thời và chương trình chuyên đề nhằm từng bước hoàn thiện hệ thống thoát nước theo hướng "giữ - thấm - điều tiết".

Cách tiếp cận đa tầng nêu trên được minh họa trong Hình 8, thể hiện cấu trúc lồng ghép SPC tương ứng với từng giai đoạn và cấp độ quy hoạch đô thị.



Hình 8. Đề xuất quy trình lồng ghép nội dung thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển trong quy hoạch đô thị

3.2. Đề xuất các giải pháp về tổ chức quản lý nhà nước theo mô hình Thành phố bọt biển

3.2.1. Giải pháp kiện toàn tổ chức quản lý

Thiết lập cơ chế phối hợp liên ngành về SPC trên nền các đơn vị hiện có, trong đó Phòng Kinh tế hạ tầng & đô thị là đầu mối thường trực. Bổ sung chuyên viên phụ trách SPC tại Phòng Kinh tế hạ tầng & đô thị cấp phường để theo dõi tiêu chí, điều phối các dự án nhỏ và kết nối dữ liệu với Sở Xây dựng, Công ty CPMT & PTĐT.

Phân định, bổ sung nhiệm vụ cho các đơn vị:

- Sở Xây dựng: thẩm định đồ án/dự án SPC, ban hành hướng dẫn kỹ thuật và bộ tiêu chí - chỉ số, quản lý cơ sở dữ liệu GIS/BIM cấp tỉnh, chủ trì phối hợp liên ngành và đề xuất danh mục hồ, ao, đầm, phá bảo vệ lâu dài.
- Phòng Kinh tế hạ tầng & đô thị: tham mưu UBND phường về SPC, lồng ghép SPC vào kế hoạch hạ tầng - chính trang, quản lý dữ liệu SPC cấp phường, đề xuất công trình SPC quy mô nhỏ, giám sát tuân thủ xây dựng và làm đầu mối tham vấn cộng đồng.
- Công ty CPMT & PTĐT: vận hành hệ thống thoát nước theo SPC, giám sát kỹ thuật (GIS, IoT), cung cấp dữ liệu mô phỏng, đề xuất dự án ưu tiên và báo cáo hiệu quả vận hành.
- Ban QL dịch vụ công ích: duy tu các hạng mục SPC nhỏ (vườn mưa, rãnh thấm, hồ sinh học...), tổ chức truyền thông cộng đồng, tiếp nhận phản ánh qua đô thị thông minh và phối hợp bảo trì công trình gắn với dịch vụ công cộng.

Đào tạo, tập huấn nâng cao năng lực cho cán bộ quản lý, kỹ thuật (thoát nước bền vững, mô hình thủy văn - thủy lực, BIM, GIS, IoT, CDE...).

Lồng ghép tiêu chí SPC vào hệ thống chỉ tiêu quản lý xây dựng và hạ tầng kỹ thuật cấp tỉnh, phường, dựa trên bộ tiêu chí đã đề xuất trong luận án.

Xây dựng và áp dụng “Sổ tay quy trình vận hành thoát nước theo SPC”, kết hợp vận hành hệ thống cống - mương - trạm bơm hiện hữu với các công trình xanh (hồ điều hòa, rãnh sinh học, mái xanh...).

Số hóa và quản lý dữ liệu vận hành (thiết kế, duy tu, ngập, lưu lượng...) bằng GIS, CDE, phần mềm chuyên ngành; kết nối với nền tảng đô thị thông minh để hỗ trợ điều hành.

3.2.2. Nhóm giải pháp hoàn thiện cơ chế - chính sách

Rà soát, sửa đổi, bổ sung các văn bản hiện hành để đưa nội dung quản lý thoát nước theo SPC, gắn với mục tiêu thích ứng BĐKH và phát triển đô thị bền vững.

Ban hành hướng dẫn kỹ thuật áp dụng SPC tại địa phương, bám QCVN 01:2021/BXD, TCVN 7957:2023 và điều kiện đặc thù đô thị ven biển.

Xây dựng chính sách khuyến khích và xã hội hóa: hỗ trợ, ưu đãi cho các công trình nhỏ như vườn mưa, mái xanh, bãi đỗ xe thấm nước; hỗ trợ thiết kế mẫu, miễn giảm lệ phí cấp phép xây dựng, công nhận và ghi nhận đóng góp của cộng đồng.

Thiết kế cơ chế “đặt hàng công ích” dùng ngân sách sự nghiệp môi trường cho duy tu, bảo trì công trình SPC (hồ điều hòa, rãnh sinh học, vườn mưa...).

Áp dụng nguyên tắc “người gây ô nhiễm/tràn nước phải trả tiền” trong tính phí thoát nước, khuyến khích giảm dòng chảy mặt và đầu tư biện pháp thấm - giữ tại chỗ.

Phân định rõ trách nhiệm pháp lý giữa các cơ quan (Sở Xây dựng, Sở Nông nghiệp & Môi trường, chính quyền địa phương, đơn vị vận hành) trong quản lý, đầu tư, vận hành và giám sát SPC.

3.2.3. Đề xuất tăng cường sự tham gia của cộng đồng

Tăng cường tiếp cận thông tin, tham vấn và góp ý của cộng đồng trong các giai đoạn: lập - điều chỉnh quy hoạch, lựa chọn vị trí và hình thức các công trình SPC.

Thiết lập và vận hành hiệu quả các kênh phản ánh, giám sát của người dân (ứng dụng đô thị thông minh, đường dây nóng, hộp tổ dân phố) về ngập úng, tắc cống, chất lượng công trình SPC.

Triển khai chương trình truyền thông - giáo dục thay đổi hành vi: không xả rác, không che cửa thu nước, bảo vệ hồ điều hòa, rãnh thấm, vườn mưa...

Thí điểm mô hình “đồng quản lý” công trình SPC ở quy mô khu dân cư (vườn mưa, sân thấm, mái xanh hộ gia đình, tiểu công viên trữ nước), gắn với cơ chế giao khoán bảo trì, khen thưởng hoặc công nhận danh hiệu “tổ dân phố xanh - chống ngập”.

Huy động trường học, đoàn thể, tổ chức xã hội tham gia các hoạt động chăm sóc, giám sát và vận hành truyền về công trình SPC, giúp cộng đồng chuyển từ vị thế “người thụ hưởng” sang “đồng quản lý” hệ thống thoát nước mặt.

4. KẾT LUẬN

Tính từ đầu năm đến cuối tháng 11/2025, Việt Nam đã hứng chịu 15 cơn bão lớn nhỏ với quỹ đạo di chuyển khó lường. Lượng mưa sau bão ngày càng tăng, gây lũ lụt trên phạm vi rộng từ Bắc vào Nam, từ đồng bằng, trung du đến miền núi. Thực trạng này cho thấy mức độ dễ tổn thương ngày càng gia tăng của các đô thị, đặc biệt là các đô thị ven biển, trước tác động tổng hợp của các hiện tượng thời tiết cực đoan, trong đó có khu vực đô thị Đồng Hới.

Trên cơ sở phân tích điều kiện tự nhiên, hạ tầng và tổ chức quản lý hiện nay, phân tích của bài báo chỉ ra rằng việc chuyển đổi từ mô hình thoát nước truyền thống sang tiếp cận giữ - thấm - điều tiết theo Thành phố bọt biển là phù hợp với bối cảnh hiện nay. Tuy nhiên, để các giải pháp kỹ thuật phát huy hiệu quả, việc đổi mới tư duy và phương thức quản lý đóng vai trò quyết định: quản lý thoát nước cần chuyển từ cung ứng dịch vụ công ích sang quản lý lưu vực tích hợp, từ ứng phó sự cố sang quản trị dựa trên dữ liệu, và từ mô hình tập trung sang cơ chế phối hợp liên ngành, có sự tham gia thực chất của cộng đồng. Đây là điều kiện nền tảng để các giải pháp SPC vận hành bền vững và phù hợp với thực tiễn đô thị ven biển.

Dựa trên cơ sở khoa học, kinh nghiệm quốc tế, trong nước và đặc thù của địa phương, bài báo đã đề xuất hệ thống giải pháp lồng ghép SPC trong quy hoạch, kiện toàn tổ chức, chính sách, đổi mới vận hành và tăng cường sự tham gia cộng đồng. Những định hướng này góp phần xây dựng hệ thống quản lý thoát nước mặt tích hợp, linh hoạt và bền vững cho khu vực đô thị Đồng Hới, đồng thời có thể trở thành cơ sở tham khảo cho các đô thị ven biển khác đang đối mặt với thách thức tương tự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Tiến Dũng, et al., Đánh giá nguyên nhân gây ngập lụt và đề xuất các giải pháp xử lý cho TP Đồng Hới, B.c.t.h.k.q.đ.t.k.h.v.c.n.c. tỉnh, Editor. 2023, Chi cục Thủy lợi Quảng Bình.
- [2]. Trần Thanh Tùng, Báo cáo tổng kết nhiệm vụ Đánh giá nguyên nhân gây ngập lụt kéo dài do lũ và định hướng giải pháp thoát lũ cho vùng Lệ Thủy, Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình, in: Đề tài nghiên cứu Khoa học cấp Bộ. 2021.
- [3]. Công ty CP Kiến trúc đầu tư và TM Việt Nam, Thuyết minh tổng hợp Điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng thành phố Đồng Hới và vùng phụ cận đến năm 2045. 2023.
- [4]. Bộ Nông nghiệp và Môi trường, Bản đồ hành chính nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. 2025, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam.
- [5]. Hội Liên hiệp Thanh niên Việt Nam tỉnh Quảng Trị. Bản đồ tỉnh Quảng Trị mới kể từ ngày 01/7/2025, sau khi sáp nhập tỉnh Quảng Bình và tỉnh Quảng Trị. 2025.
- [6]. Nie, L., et al., Assessment standard for sponge city effects. 2020: IWA publishing.
- [7]. Peter Nicholson, Living with Water : The Sponge City Programme A focus on the city of Wuhan. ARCADIS, 2016.
- [8]. GIZ, Hướng dẫn kỹ thuật áp dụng mô hình Thành phố bọt biển trong thoát nước mưa đô thị ở Việt Nam. 2025.

[9]. WANG, F., Research on Evolution of Urban Lakes in Wuhan Based on RS/GIS. 2005, Wuhan University.

[10]. Yunyue Peng and Kate Reilly, Using Nature to Reshape Cities and Live with Water: An Overview of the Chinese Sponge City Programme and Its Implementation in Wuhan. Grow Green, 2021.

[11]. Wuhan Planning and Design Institute, Wuhan Sponge City Specialized Plan. 2016.

[12]. KANG Dan, Wuhan-Manchester Webinar: How to deepen further cooperation around Sponge City & GrowGreen project. Wuhan Urban and Rural Construction Bureau, 2020.

[13]. Chen, S., et al., Revisiting China's Sponge City planning approach: Lessons from a case study on Qinhua District, Nanjing. Frontiers in Environmental Science, 2021. 9: p. 748231.

[14]. Zhang, D., et al., Conventional and decentralized urban stormwater management: A comparison through case studies of Singapore and Berlin, Germany. Urban Water Journal, 2017. 14(2): p. 113-124.

[15]. Eckart, J., W. Dickhaut, and M. Richter. BlueGreenStreets—Adapting Urban Streets for Climate Change. in LET IT GROW, LET US PLAN, LET IT GROW. Nature-based Solutions for Sustainable Resilient Smart Green and Blue Cities. Proceedings of REAL CORP 2023, 28th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society. 2023. CORP-Competence Center of Urban and Regional Planning.

[16]. Bauer, M., et al., BlueGreenStreets Toolbox-Teil A & B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere. 2022.

[17]. Gloria Kurnik, Berlin is Becoming a Sponge City. 2017.

[18]. Thị, G.C.t.c.n.v.t.n.đ., Hướng dẫn áp dụng Thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững, Chương trình chống ngập và thoát nước đô thị. 2019, Hà Nội: NXB Xây dựng.

[19]. Tim, M. and Huỳnh Trọng Nhân, Triển khai mô hình thoát nước bền vững tại một số đô thị vùng ĐBSCL - Kinh nghiệm và bài học. Tạp chí Xây dựng, 2022.

[20]. Sở Xây dựng tỉnh Quảng Bình. Sử dụng thích ứng dựa vào hệ sinh thái để tăng cường khả năng phục hồi ở thành phố Đồng Hới. In: Hội thảo “Tăng cường khả năng chống chịu khí hậu cho cơ sở hạ tầng ở Đồng bằng sông Cửu Long. 2023. Cần Thơ.

Đề xuất giải pháp dòng sông ngầm nhân tạo trong lòng đô thị (tunnel thấm sâu) nhằm hạn chế ngập lụt ở các đô thị Việt Nam

Proposing a solution of artificial underground river in the heart of the city (deep infiltration tunnel) to limit flooding in Vietnamese cities

> **THS NGUYỄN THẾ LỮ**

Ban Quản lý các dự án đầu tư cơ sở hạ tầng ưu tiên TP Đà Nẵng; Email: nguyenthelu1@gmail.com

TÓM TẮT

Giải pháp dòng sông ngầm/tunnel thấm nước như một cấu phần quan trọng của hạ tầng thoát nước đô thị hiện đại, nhằm giảm ngập lụt do các trận mưa cực đoan ngày càng gia tăng ở các đô thị Việt Nam. Trong bối cảnh hệ thống cống truyền thống đã vượt giới hạn mở rộng, không gian đô thị bị thu hẹp và ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, việc tích hợp giải pháp ngầm sâu để trữ - dẫn - thấm nước trở thành yêu cầu cấp bách. Đề tài xây dựng khung khoa học và kỹ thuật cho việc thiết kế, bố trí và vận hành hệ thống tunnel thấm phù hợp điều kiện địa hình, địa chất - thủy văn và hiện trạng thoát nước tại Việt Nam. Giải pháp bao gồm: các tuyến tunnel sâu, các giếng thu kết nối bề mặt, các dòng tunnel chứa ngầm, các khoang thấm vào tầng chứa nước.

Phương pháp nghiên cứu phân tích hồ sơ kết hợp khảo sát thực địa, phân tích áp lực và ổn định địa kỹ thuật - đánh giá môi trường. Nghiên cứu các kịch bản mưa cực đoan (1/10, 1/50, 1/100 năm) và các kịch bản biến đổi khí hậu để đánh giá hiệu quả giảm đỉnh lũ, giảm thời gian ngập và giảm tải cho mạng cống hiện hữu. Kết quả bài báo bao gồm: bộ tiêu chí cơ sở lựa chọn vị trí và quy mô tuyến tunnel thấm; mô hình giải pháp bố trí không gian ngầm đô thị hệ thống tunnel thấm trong điều kiện đô thị Việt Nam; đánh giá hiệu quả thủy học, địa kỹ thuật và môi trường. Giải pháp tunnel thấm như những dòng sông ngầm được chứng minh có khả năng tăng năng lực trữ - tiêu thoát - phân tán nước mưa lớn, qua đó giảm đáng kể tình trạng ngập sâu, hỗ trợ chống ngập bền vững và mở ra hướng tiếp cận mới cho quy hoạch thoát nước đô thị Việt Nam.

Từ khóa: Dòng sông chống ngập đô thị, dòng sông ngầm nhân tạo đô thị, tunnel thấm sâu.

ABSTRACT

The underground river/permeable tunnel solution is an important component of modern urban drainage infrastructure, aiming to reduce flooding caused by increasingly extreme rainfall in urban areas of Vietnam. In the context of the traditional sewer system exceeding its expansion limit, the urban space being narrowed and the impact of climate change, the integration of deep underground solutions to store - conduct - permeate water has become an urgent requirement. The topic builds a scientific and technical framework for the design, arrangement and operation of permeable tunnel systems suitable for terrain, geological - hydrological conditions and current drainage status in Vietnam. The solution includes: deep tunnels, surface connection collection wells, underground storage tunnels, permeable chambers into the aquifer.

The research method is to analyze records combined with field surveys, pressure analysis and geotechnical stability - environmental assessment. Study extreme rainfall scenarios (1/10, 1/50, 1/100 years) and climate change scenarios to evaluate the effectiveness of reducing flood peaks, reducing flooding time and reducing the load on the existing sewer network. The results of the article include: a set of basic criteria for selecting the location and scale of the infiltration tunnel; a model of solutions for arranging underground urban space of the infiltration tunnel system in the urban conditions of Vietnam; evaluate the effectiveness of hydrology, geotechnical and environmental. Infiltration tunnel solutions like underground rivers are proven to have the ability to increase the capacity to store - drain - disperse heavy rainwater, thereby significantly reducing deep flooding, supporting sustainable flood prevention and opening up a new approach for urban drainage planning in Vietnam.

Keywords: Anti-flooding urban river, artificial underground urban river, deep infiltration tunnel.

1. GIỚI THIỆU [1]

Trong bối cảnh các đô thị Việt Nam ngày càng chịu áp lực lớn từ biến đổi khí hậu, mưa cực đoan và tốc độ đô thị hóa nhanh, tình trạng ngập lụt đã trở thành vấn đề nghiêm trọng, gây thiệt hại về kinh tế - xã hội và ảnh hưởng đến chất lượng sống của người dân. Một trong những nguyên nhân chính là hệ thống thoát nước mặt và cống ngầm hiện hữu không còn đủ khả năng tiếp nhận lượng nước mưa lớn trong thời gian ngắn. Bên cạnh đó, diện tích mặt phủ bê tông - nhựa gia tăng làm giảm khả năng thấm tự nhiên của đất.

Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn đó, đề tài “Đề xuất giải pháp các dòng sông ngầm trong lòng đô thị (tunnel thấm nước) nhằm hạn chế ngập lụt ở các đô thị Việt Nam”. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn cao, góp phần nâng cao năng lực chống ngập, tăng khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu, và hỗ trợ phát triển đô thị Việt Nam theo hướng bền vững, an toàn và giàu khả năng chống chịu.



Hình 1. Hình ảnh về thực trạng ngập lụt do mưa cực đoan tại các TP Hà Nội, TP.HCM và Đà Nẵng.

2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

2.1. Hệ thống tunnel điều tiết ngầm G-Cans của Tokyo (Nhật Bản) [3]

Đây là hệ thống cống/đường hầm và bể chứa ngầm khổng lồ, được xây dựng để hứng và thoát nước lũ/nước mưa lớn, nhằm bảo vệ Tokyo và vùng phụ cận khỏi nguy cơ ngập lụt do mưa, bão, tràn sông;

Thành phần chính: giếng chứa nước sâu khoảng 65 m và đường kính khoảng 32 m đủ rộng để chứa tương đương một chiếc tàu con thoi; mạng lưới đường hầm nối có khoảng 6,3 -6,5 km đường hầm ngầm, nằm khoảng 50 m dưới mặt đất, kết nối các giếng với bể chứa trung tâm; Hệ thống bơm và tunnel: Có nhiều máy bơm lớn để hút và bơm nước ra công suất lên đến $\approx 200 \text{ m}^3$ mỗi giây;

Vai trò: giúp Tokyo với mật độ đô thị cao, nhiều sông kênh và dễ bị ảnh hưởng bởi mưa bão, lũ lụt chống ngập hiệu quả và bảo vệ hạ tầng quan trọng; Thống kê cho thấy: mỗi năm hệ thống này được kích hoạt nhiều lần; trong các đợt mưa lớn, nó đã giúp thoát hàng triệu m^3 nước từ đó giảm thiệt hại về nhà cửa, giao thông, hạ tầng... rất đáng kể; Bên cạnh mục đích chống ngập, khi không hoạt động, phần không gian bể/tunnel của G-Cans với kiến trúc hoành tráng còn được mở cho khách tham quan như một công trình kỹ thuật du lịch đặc biệt.

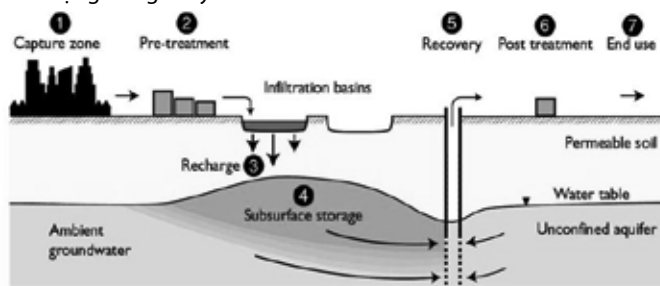


Hình 2. Sơ đồ tổng thể của hệ thống điều tiết ngầm G-Cans của Tokyo (Nhật Bản)

2.2. “Managed Aquifer Recharge - MAR” với tunnel thu gom nước sạch mùa mưa tại Hoa Kỳ [4]

Tăng khả năng chống hạn/bảo đảm nguồn nước: MAR giúp tích trữ nước dư (mùa mưa, cao lưu lượng) để dùng trong mùa khô đặc biệt hiệu quả ở các khu vực như California, Arizona bị hạn hán mạnh; Quản lý lũ & ngập: Bằng việc chuyển phần nước mặt dư thành nước ngầm, MAR giúp giảm đỉnh lũ, kiểm soát dòng chảy, giảm nguy cơ ngập lụt; Ổn định chống suy giảm nước ngầm: Với nhiều aquifer đang bị khai thác quá mức, MAR giúp tái tạo lại trữ lượng dưới đất, ngăn sụt mực nước, xâm nhập mặn ở vùng ven biển; Giảm lãng phí bốc hơi so với hồ chứa mặt nước: Nước lưu trữ ngầm không bị bốc hơi, mất mát do nhiệt hơn hẳn hồ chứa truyền thống; Linh hoạt đa dụng: MAR có thể kết hợp nhiều mục tiêu: cung cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu nông nghiệp, phục hồi hệ sinh thái, phòng chống biến đổi khí hậu/biến động tự nhiên.

MAR không chỉ “thu gom nước mùa mưa” mà còn tạo ra các kho chứa ngầm, giảm thất thoát do bốc hơi, giúp lưu trữ dài hạn - đặc biệt hữu ích ở khu vực khô hạn, nhu cầu nước cao, hoặc có biến động dòng chảy.



Hình 3. Mô hình MAR tại Hoa Kỳ

3. PHƯƠNG PHÁP

3.1. Phương pháp phân tích hồ sơ kết hợp khảo sát thực địa [5] [6]

a) Nguồn dữ liệu chủ yếu

Hồ sơ quy hoạch đô thị (QH chung, QH phân khu, chỉ giới thoát nước). Báo cáo thoát nước - chống ngập của Sở Xây dựng/Trung tâm chống ngập;

Bản đồ: địa chất - thủy văn, địa hình, hệ thống cống, kênh, mương, cửa xả, sông đô thị, hiện trạng thoát nước mưa - nước thải;

Dữ liệu mưa (Đài khí tượng thủy văn): mưa giờ, mưa cực trị, trận mưa lịch sử;

Dữ liệu ngập lụt: Vị trí, độ sâu, thời gian tiêu thoát, tần suất;

b) Khảo sát thực địa

Khảo sát địa chất - khả năng thấm: Thí nghiệm thấm tại chỗ; Khảo sát địa chất (để nhận diện lớp đất thấm tốt: cát, sỏi, đá phong hóa); Đo mực nước ngầm, hướng dòng chảy ngầm. Kết quả: xác định nơi thích hợp xây tunnel, nơi chỉ phù hợp làm tunnel điều tiết xả.

3.2. Phương pháp phân tích áp lực và ổn định địa kỹ thuật - đánh giá môi trường [7]

Thu thập dữ liệu đầu vào: Dữ liệu thủy văn - thủy lực (Mực nước ngầm mùa mưa - mùa khô; Mực nước kênh rạch/sông gần khu vực; Độ dốc thủy lực (hydraulic gradient); Độ sâu ngập và biến động mực nước theo trận mưa; Thẩm của đất: hệ số thấm K (cm/s hoặc m/day). Dữ liệu địa chất - cơ lý đất.

b) Phân tích ổn định địa kỹ thuật của tunnel

Ôn định kết cấu tunnel: Xác định ứng suất trước - sau đào tunnel;
 Tính phân bố áp lực nước lên vỏ tunnel; Kiểm tra ứng suất vòng; lực
 cắt; biến dạng đường hầm; rung chấn trong quá trình thi công.

c) Phân tích đánh giá môi trường:

Đánh giá tác động đến mực nước ngầm: Kiểm tra tăng mực nước ngầm có vượt quá giới hạn an toàn; Mực nước ngầm tăng → có nâng nền gây lún ngược; Rủi ro đưa nước mưa không xử lý thẩm vào tầng chứa nước ngầm;

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN [8] [9] [10] [2]

hệ thống tunnel kỹ thuật thẩm sâu tại các đô thị Việt Nam

Tiêu chí về địa chất và thủy văn: Lớp đất có khả năng thấm cao; Mực nước ngầm phù hợp; Ổn định địa kỹ thuật và kết cấu công trình lân cận; Khoảng cách an toàn với công trình ngầm hiện hữu.

Tiêu chí kinh tế và kỹ thuật: Khả năng thi công; Tối ưu chi phí đầu tư - vận hành; Vận hành & bảo trì.

Tiêu chí	Điểm trọng số (%)
Địa hình - Thủy văn	25%
Địa chất - Thẩm	25%
Thủy lực - Giảm ngập	20%
Quy hoạch đô thị - Xây dựng	15%
Môi trường - Bền vững	10%
Kinh tế - Kỹ thuật	5%

Dựa theo thực trạng ngập, địa hình và kênh rạch của trung tâm TP.HCM, 3 tuyến tiềm năng được đưa vào ma trận đánh giá điển hình (điểm từ 1- 5): 1= không phù hợp; 5 = rất phù hợp)

Tuyến	Điểm tổng hợp (max = 5)	Mức phù hợp
A - Rạch Chiếc - Xa Lộ Hà Nội	3.82	Khá phù hợp
B - Võ Văn Ngân - Tăng Nhơn Phú	3.33	Trung bình - không tối ưu
C - Tam Phú - Tam Bình - Rạch Gò Dưa	4.56	Rất phù hợp - Khuyến nghị lựa chọn

Hình 4. Mô hình điển hình dòng sông ngầm trong lòng đô thị (tunnel thấm) Tam Phú - Tam Bình - Rạch Gò Dưa.

4.2. Mô hình giải pháp bố trí không gian ngầm đô thị hệ thống tunnel thấm sâu trong điều kiện đô thị Việt Nam

Đây là hệ thống đường hầm ngầm kết hợp chức năng: Thu và trữ nước mưa - triều - nước mặt; Cho phép nước thấm dần vào tầng chứa nước ngầm; Tạo dòng chảy điều tiết bên dưới đô thị như "sông ngầm nhân tạo"; Giảm tải cho hệ thống cống hiện hữu. Giảm đỉnh lũ đô thị → giảm ngập nhanh; Giữ nước - hồi phục nước ngầm → giảm lún đất; Tăng khả năng điều tiết trong bối cảnh mưa cực đoan và biến đổi khí hậu.

a) Tổng thể mô hình tunnel thấm sâu

Đường hầm chính: Đặt sâu 15 m - 40 m, dưới các trục đường lớn. Vật liệu: bê tông cốt thép, lót trong bằng panel composite.

Tuyến nhánh thu gom: Nối với cống đô thị hiện hữu (D600-D2000); Thu nước từ mặt đường, kênh rạch, hồ ga khi mưa lớn; Có van một chiều để tránh trào ngược.

Giếng thấm và bể điều tiết: Dạng vertical infiltration shafts từ mặt đất xuống tunnel; Tầng lọc ở đáy giếng: sỏi + vải lọc để nước thấm xuống tầng chứa sâu; Kết hợp các bể điều tiết (storage chambers) gần khu vực trung.

Hệ thống điều khiển - giám sát (SCADA): Cảm biến mực nước, lưu lượng, độ thấm; Điều khiển van vào/ra, tự động phân phối nước giữa các đoạn tunnel; Dự báo ngập để chủ động tích/thoát.

Các tuyến thoát cuối: Nước sau khi điều tiết thấm xuống tầng chứa sâu hoặc xả ra sông với lưu lượng nhỏ khi an toàn; Có hệ thống lọc, tránh đưa chất ô nhiễm xuống nước ngầm.

b) Mô hình bố trí theo điều kiện đô thị Việt Nam

Đặc điểm Việt Nam cần lưu ý: Địa chất phức tạp (bùn, đất yếu, tầng nước ngầm nông). Ngập do mưa - triều - hệ thống cống nhỏ và cũ. Không gian đô thị chật hẹp.

Giải pháp phù hợp: Đặt tunnel dưới các hành lang dài (đường lớn: Quốc lộ, vành đai, metro). Thiết kế nhiều đoạn thấm cục bộ, tránh xói nền. Sử dụng TBM đào hầm loại Earth Pressure Balance (EPB) cho đất yếu.

c) Mô hình bố trí đề xuất đô thị Việt Nam

- Đối với tầng không gian ngầm nhiều lớp:

+ Tầng -10 m → -20 m: Cống thoát nước cũ và cải tạo.

+ Tầng -20 m → -40 m: Tunnel thấm chính, chạy dọc tuyến đường chính; Tuyến nhánh kết nối cống hiện hữu.

+ Tầng sâu -40 m trở xuống: Vùng thấm - tầng chứa nước. - Đối với mô hình vận hành trong mưa lớn: Mưa lớn cống mặt đường quá tải; Van mở nước chảy xuống giếng vào tunnel thấm; Tunnel chứa nước như "hồ ngầm dài"; Nước thấm dần xuống tầng chứa hoặc chuyển sang đoạn ít tải; Mực nước mặt giảm giảm ngập nhanh.

Ý nghĩa mô hình: Chống ngập có thể giảm 30 - 60% lượng nước chảy vào cống trong giờ cao điểm mưa; Bổ cập nước ngầm có thể tăng ~10 - 20% lượng thấm (tùy địa chất), giảm lún đô thị; Tạo "sông ngầm nhân tạo" dòng chảy điểm - tuyến - vùng và giảm áp lực thủy lực khi triều cao; Khai thác đa mục tiêu có thể kết hợp không gian kỹ thuật ngầm (cáp - ống) và tích hợp cảm biến quan trắc đô thị thông minh.



Hình 5. Mô hình điển hình đề xuất dòng sông ngầm nhân tạo cho đô thị Việt Nam

5. KẾT LUẬN [2]

Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp tunnel thấm sâu hoàn toàn khả thi trong điều kiện địa chất, địa hình và không gian ngầm của các đô thị Việt Nam, đặc biệt tại Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng và Cần Thơ. Giải pháp không chỉ mang lại hiệu quả chống ngập mà còn mở ra khả năng phát triển không gian ngầm đa mục tiêu (kỹ thuật, giao thông, cấp nước, quan trắc đô thị thông minh). Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc lựa chọn phương án quy hoạch hệ thống tunnel thấm sâu tại các đô thị. Đây là hướng tiếp cận phù hợp với xu hướng phát triển đô thị hiện đại, thông minh và bền vững. Lần đầu tiên tại Việt Nam, mô hình "tunnel thấm - sông ngầm đô thị" được đề xuất, tích hợp chức năng bổ cập nước ngầm và giảm ngập trong một hệ thống thống nhất.

Giải pháp "dòng sông ngầm nhân tạo - tunnel thấm sâu" mang tính đột phá, bền vững và định hướng tương lai cho các đô thị Việt Nam trong công tác phòng chống ngập lụt, thích ứng biến đổi khí hậu và phục hồi tài nguyên nước ngầm. Đây là hướng tiếp cận hiện đại, kết hợp hài hòa giữa công nghệ kỹ thuật và quy hoạch không gian ngầm, phù hợp với xu hướng của các thành phố tiên tiến trên thế giới như Tokyo, Singapore và Chicago. Việc triển khai giải pháp này không chỉ giải quyết ngập lụt mà còn góp phần tái cấu trúc toàn bộ hệ thống thoát nước đô thị, tạo nền tảng cho một đô thị an toàn, sinh thái và phát triển bền vững trong nhiều thập kỷ tới.

Các hướng nghiên cứu tiếp theo có thể thực hiện: tối ưu kỹ thuật địa chất; xây dựng công nghệ vật liệu mới; mô phỏng thông minh vận hành tự động; tích hợp quy hoạch đô thị tài chính an toàn. Thí điểm giải pháp này tại một số thành phố trọng điểm tại Hà Nội, TP.HCM... hoặc khu đô thị mới. Bổ sung và điều chỉnh các quy chuẩn xây dựng liên quan để phù hợp với các loại hình quy hoạch đô thị. Xây dựng cơ chế tổ chức quản lý chung hệ thống tunnel thấm sâu là chủ sở hữu các hạ tầng (điện, cấp nước, thoát nước, viễn thông...) trong khai thác hệ thống. Đây là nền tảng để đưa mô hình "dòng sông ngầm nhân tạo tunnel thấm sâu" từ ý tưởng thực tiễn, tạo ra một đột phá trong hệ thống thoát nước thể hệ mới của Việt Nam trong 20 - 50 năm tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nghị quyết 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 về Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2023, tầm nhìn đến năm 2045, Bộ Chính trị.
- [2]. ThS Nguyễn Thế Lữ "Nghiên cứu ứng dụng giải pháp tunnel thấm ngầm nước xuống lòng đất nhằm cải thiện và bổ cập nước ngầm trong các khu vực đô thị Việt Nam" Tạp chí Xây dựng số 9/2025.
- [3]. Truy cập website: <https://www.slideshare.net/slideshow/g-canslideshare/113028097>.
- [4]. ITRC Managed Aquifer Recharge Team "Managed Aquifer Recharge Guidance" December 2023.
- [5]. Lê Văn Lộc, Nguyễn Huy Cường, Huỳnh Phú Hào, Trần Văn Mom, Trương Văn An, Trần Văn Bình, Cao Hồng Hải, Trần Lý Trường Giang, Hồ Văn Pha, Tăng Phước Lộc, Lê Ngọc Đình, Hồ Trung Tinh "Nghiên cứu chế tạo bê tông rỗng"; Tạp chí Vật liệu và Xây dựng T. 14 S. 04 (2024).
- [6]. Đàm Ngọc Linh, Bùi Khánh Linh, Phí Thị Thu Thảo, Ngô Nhật Linh, Nguyễn Hữu Đức, Nguyễn Thị Thương, Lại Thị Hương Ly "Phương pháp nghiên cứu tài liệu". Truy cập: <https://www.scribd.com/presentation/>.
- [7]. Mary P.Anderson, William W.Woessner, Randall J.Hunt "Applied groundwater modeling Simulation of flow and advective transport", Elsevier- 2015.
- [8]. Jacob Zaidel, Bradley Markham, David Bleiker "Simulating Seepage into Mine Shafts and Tunnels with MODFLOW", Ground WATER- 2010.
- [9]. Davide Sartirana, Chiara Zanotti, Marco Rotiroti, Mattia De Amicis, Mariachiera Caschetto, Agnese Redaelli, Letizia Fumagalli and Tullia Bonomi "Quantifying Groundwater Infiltrations into Subway Lines and Underground Car Parks Using MODFLOW-USG"; WATER-2022; truy cập: <https://www.mdpi.com/journal/water>.
- [10]. Lifei Zheng, Xingwei Lian, Dan Huang, Xiaoqing Li, Jinzhou Zou "Research on Seepage of Jointed Rock Mass of Tunnel and Limited Discharge of Grouting"; WATER-2022; truy cập: <https://www.mdpi.com/journal/water>.

Sử dụng hiệu quả năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính tại các nhà máy xử lý nước thải: Thực trạng và giải pháp

Efficient energy use and Greenhouse gas emission reduction in Wastewater treatment plants: Current status and Solutions

> **THS LÊ THU THỦY¹, KS LÊ PHƯƠNG ANH², THS TRẦN HỒNG MINH³**

¹Cục Kết cấu hạ tầng xây dựng, Bộ Xây dựng; Email: thuylethu.bxd@gmail.com

²Khoa Kỹ thuật hóa học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Trường Đại học Tsukuba Nhật Bản

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh làm gia tăng nhu cầu tiêu thoát nước, thu gom và xử lý nước thải (XLNT), kéo theo mức tiêu thụ năng lượng trong toàn bộ hệ thống thoát nước ngày càng tăng. Trên phạm vi toàn cầu, ngành nước hiện chiếm khoảng 1-18% tổng nhu cầu điện của các đô thị; riêng tại Mỹ, con số này vào khoảng 3%. Nhiều quốc gia đã triển khai các phương pháp kiểm toán năng lượng nhằm tối ưu hóa quá trình vận hành. Thống kê cho thấy mức tiêu thụ năng lượng trung bình cho XLNT vào khoảng 0,47 kWh/m³, trong đó khoảng 55% dành cho khâu xử lý tại nhà máy, 10% cho hệ thống bơm - thu gom và 35% cho xử lý bùn. Tại Việt Nam, các nhà máy sử dụng công nghệ bùn hoạt tính Aerotank tiêu thụ khoảng 0,18-0,25 kWh/m³ và còn nhiều hạn chế trong việc thu hồi, tái sử dụng tài nguyên. Kinh nghiệm quốc tế và trong nước cho thấy việc áp dụng các giải pháp kiểm toán năng lượng và sử dụng hiệu quả năng lượng tại các nhà máy XLNT có thể giúp giảm 30-40% mức tiêu thụ năng lượng, thậm chí trên 70% tại một số quốc gia, hướng tới mục tiêu phát thải bằng 0. Nghiên cứu đã có những khảo sát, đo đạc, tính toán kiểm toán năng lượng và ứng dụng một số giải pháp cải tiến sử dụng tiết kiệm năng lượng (TKNL), tối ưu hóa vận hành cho Nhà máy XLNT Vinh Niệm (Hải Phòng). Đây là cơ hội mở ra tiềm năng nghiên cứu cho lĩnh vực thoát nước và XLNT, đóng góp cho mục tiêu phát thải bằng 0 đối với Việt Nam.

Từ khóa: Hiệu quả năng lượng trong XLNT, giảm phát thải khí nhà kính, kiểm toán năng lượng, tối ưu hóa vận hành, tiết kiệm năng lượng, sử dụng hiệu quả năng lượng, xử lý nước thải.

ABSTRACT

Rapid urbanization has intensified the demand for stormwater drainage, wastewater collection, and treatment, resulting in a continuous rise in energy consumption across the entire wastewater management system. Globally, the water sector accounts for approximately 1-18% of total urban electricity demand, with the United States averaging around 3%. Numerous countries have adopted structured energy audit methodologies to enhance operational efficiency. Existing statistics indicate that the average energy consumption for wastewater treatment is approximately 0.47 kWh/m³, of which 55% is attributed to treatment processes within the plant, 10% to pumping and collection systems, and 35% to sludge treatment. In Vietnam, wastewater treatment plants employing Aerotank activated sludge technology typically consume 0.18-0.25 kWh/m³, with limited potential for resource recovery and reuse. Both international and domestic evidence demonstrate that the implementation of energy audits and energy efficiency strategies in wastewater treatment plants (WWTPs) can reduce energy consumption by 30-40%, and in some countries by more than 70%, supporting progress toward net-zero emission targets. This study presents survey results, field measurements, energy audit calculations, and the application of energy-saving and operational optimization measures at the Vinh Niem WWTP in Hai Phong. The findings highlight opportunities for advancing research in the wastewater and drainage sector and contribute to Vietnam's broader objectives for achieving net-zero emissions.

Keywords: Energy efficiency in WWTPs, greenhouse gas mitigation, energy audit methods, operational optimization, energy saving, energy efficiency, wastewater treatment.

1. TỔNG QUAN

Đối với hệ thống thoát nước, tất cả các chu trình thu gom, XLNT, tiêu thoát nước chống ngập cho đô thị đều cần tiêu thụ năng lượng. Do vậy, nhu cầu tiêu thụ năng lượng (NL) cho ngành nước ngày một tăng cao. Lượng điện tiêu thụ cho ngành nước nói chung (gồm sản xuất và cung cấp nước sạch, thoát nước và XLNT) chiếm khoảng 1-18% lượng điện tiêu thụ của khu vực đô thị ở các nước [11]. Ở Mỹ, tỷ lệ này là 3% [11].

Bảng 1. Tỷ lệ tiêu thụ năng lượng từng quá trình của hệ thống thoát nước [13]

Phương thức	Quy trình	Tỷ lệ tiêu thụ	Ghi chú
Thu gom nước thải	Bơm	10%	Tùy thuộc vào việc phân chia lưu vực khả năng tự chảy
Nhà máy Xử lý	Xử lý sinh học Aeroten Quy trình xử lý khác Và khu nhà điều hành - dịch vụ	55%	Chủ yếu xử lý nước thải bằng công nghệ Aeroten
Xử lý bùn và xả bùn	- Máy ly tâm và quá trình tách nước - Bơm bùn, lưu chứa và bùn dư chôn lấp Khu nhà dịch vụ	35%	Năng lượng có thể tiêu thụ tuy nhiên giảm được trong quy trình bùn - thu hồi tuần hoàn..

Quá trình xử lý nước thải chiếm phần lớn năng lượng tiêu thụ và phụ thuộc vào nồng độ tính chất của nước thải và yêu cầu mức độ xử lý. Quá trình XLNT và các điều kiện tối ưu sẽ cho mức tiêu thụ

Tùy theo đặc điểm của từng hệ thống thoát nước (chung hoặc riêng), mức tiêu thụ năng lượng có sự khác biệt. Theo nghiên cứu đánh giá của Tổ chức Nước quốc tế (IWA), mức tiêu thụ năng lượng tại các nhà máy XLNT chiếm tỷ trọng lớn, khoảng 55%; hệ thống bơm và thu gom và vận chuyển chiếm khoảng 10%; quá trình xử lý, thu hồi bùn chiếm khoảng 35% [7]. Tỷ lệ tiêu thụ năng lượng này dao động tùy thuộc vào quy trình cụ thể, như thể hiện trong Bảng 1:

năng lượng và khả năng TKNL, góp phần giảm phát thải khí nhà kính (KNK) đáng kể tùy theo mức độ tối ưu hóa (thấp, trung bình, cao) được tổng hợp theo bảng dưới đây:

Bảng 2. Mức độ tiêu thụ năng lượng và phát thải KNK theo các quy trình XLNT [5]

Quá trình xử lý	Chỉ tiêu đầu ra đặc trưng	Mức tiêu thụ NL điển hình (kWh/m ³)	Mức tiêu thụ tối ưu (kWh/m ³)	Tỷ lệ giảm (%)	Phát thải KNK (kg CO ₂ e/m ³)		
					Thấp	Trung bình	Cao
Xử lý hiếu khí cơ bản	BOD < 10 mg/L TSS < 15 mg/L	0.37	0.26	30	0.22	0.27	0.31
Ni tơ rất hóa	NH ₃ < 2 mg/L TSS < 15 mg/L BOD < 10 mg/L	0.51	0.33	35	0.30	0.37	0.43
Quá trình loại bỏ ni tơ sinh học	NH ₃ < 2 mg/L TN < 10 mg/L TP < 2 mg/L	0.49	0.30	39	0.29	0.35	0.41
Ni tơ tăng cường	TN < 5 mg/L TP < 1 mg/L	0.52	0.32	38	0.31	0.37	0.43

2. PHƯƠNG PHÁP KIỂM TOÁN NĂNG LƯỢNG (KTNL)

Phân tích vòng đời (LCA), là phân tích dựa trên sản phẩm hoặc quy trình, là mô hình được sử dụng phổ biến, cho phép xác định mức tiêu thụ năng lượng của các quá trình khác nhau.

Phân tích đầu vào-đầu ra (IOA) thường được sử dụng để đánh giá năng lượng, phát thải môi trường, phân tích dòng vật chất, dấu chân sinh thái. Khung IOA có thể tích hợp một cách hiệu quả các khía cạnh khác nhau của mối quan hệ năng lượng-nước ở cấp độ toàn nền kinh tế từ một hệ thống rộng lớn.

Ngoài ra, các mô hình kết hợp dựa trên LCA hoặc IOA cho phép giải quyết những thiếu sót của các mô hình đơn lẻ.

Mỗi quốc gia áp dụng các mô hình và công cụ khác nhau như ENER WATER (các nước EU); EPA (Mỹ); và các công cụ hỗ trợ KTNL năng lượng

2.1. Tính toán tiêu thụ năng lượng trong KTNL

Các thông số điện được đo tại chỗ cho từng thiết bị EM và thiết bị ED hoạt động với nguồn điện xoay chiều hiện tại như sau :

+ Điện áp nguồn (V, tính bằng Vôn), là 220 V (đường dây một pha) hoặc 380 V(3- dòng pha) tùy theo đơn vị;

+ Cường độ dòng điện (I, tính bằng Ampe);

+ Hệ số công suất hoặc tải (cos φ, hệ số)

Công suất điện (P, tính bằng kW) được tính theo biểu thức sau:

P[kW] = V . I . cos φ / 1000 (điện một pha)

P[kW] = V . I . √3 . cos φ / 1000 (điện 3 pha)

Trong đó: cung cấp các giá trị tức thời của P, bởi vì dòng điện có thể thay đổi theo thời gian.

Đơn vị EM hoặc đơn vị ED có V và I không đổi; số đọc điện tức thời, thu được ở mỗi nhà máy trong chiến dịch một ngày, được coi là đủ để thu được giá trị P không đổi đủ chính xác (P không được cho là thay đổi theo thời gian);

Các đơn vị EM có V không đổi và I thay đổi theo thời gian: các phép đo I hoặc P được thực hiện liên tục với việc lắp đặt ampe kế hoặc oát mét trên bo mạch. Dữ liệu liên tục được thu thập cứ sau 5 phút và được lưu trữ với một giám sát từ xa.

Việc tính toán năng lượng điện (EE) được tiêu thụ bởi mỗi đơn vị EM hoặc đơn vị ED liên quan đến P và t (thời gian thiết bị đang chạy, tính bằng h/d), theo công thức sau:

$$EE [kWh / d] = P \cdot t$$

Trong nghiên cứu này, thời gian vận hành được đo liên tục bằng đồng hồ đo giờ trên hệ thống và chỉ đôi khi được ước tính bởi những người vận hành nhà máy trong trường hợp thiết bị rất nhỏ.

Xác nhận kiểm toán năng lượng thông qua tổng kiểm tra

Đầu tiên, năng lượng điện tiêu thụ của mỗi đơn vị (EE_i) được cộng lại để tính tổng mức tiêu thụ năng lượng “ước tính” trong Nhà máy XLNT (checksum):

$$EE_{checksum} = \sum_{i=1}^n EE_i$$

Trong đó: i là một biến được lập chỉ mục và n là tổng số đơn vị EM và đơn vị ED được xem xét trong TKNL.

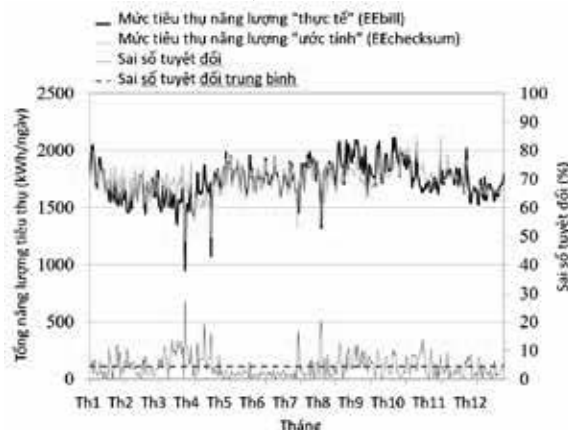
Thứ hai, tổng mức tiêu thụ năng lượng “thực tế” mỗi ngày trong WWTP (EEbill) được tính từ đồng hồ đo năng lượng trên hệ thống

được sử dụng bởi đơn vị quản lý điện để tính toán hóa đơn năng lượng.

Cuối cùng, hồ sơ thời gian của EE checksum trong một năm được so sánh với hồ sơ của EE bill (ví dụ về Nhà máy XLNT trong Hình 3) với mục đích phát hiện các lỗi có thể đã được đưa ra trong quá trình kiểm toán năng lượng.

$$sai\ số\ tuyệt\ đối = \frac{EE_{bill} - EE_{checksum}}{EE_{bill}} \cdot 100$$

Sai số tuyệt đối, được tính toán như sau, được sử dụng để so sánh chuỗi như hình dưới đây:



Hình 1. So sánh tổng tiêu thụ năng lượng (EE checksum và EEbill) giữa số liệu tính toán kiểm toán và hóa đơn điện đo thực tế [4]

Bảng 3. Các công cụ, phần mềm hỗ trợ KTNL áp dụng cho hệ thống nước [6]

Phần mềm	Nội dung
Simprosys	Phần mềm Simprosys rất hữu ích cho việc chuyển giao khối lượng lớn, dự án thiết kế, các khóa học về vận hành thiết bị, nhiệt, và tính toán cân bằng khối lượng. Nó không phải là phần mềm miễn phí
MATLAB	MATLAB là một phần mềm mô phỏng tiên tiến cho phép thực hiện bất kỳ công việc nào như tự động hóa, chiếu sáng, các chức năng bố trí, kỹ thuật và toán học có thể được thực hiện
Piping System Fluid Flow	Dòng chất lỏng của hệ thống đường ống có thể được sử dụng để mô phỏng chính xác hiệu suất mạng trước khi thiết kế mạng hoặc sửa đổi mạng
eQUEST	Phần mềm mô phỏng năng lượng nhanh (eQUEST) là một công cụ phần mềm miễn phí và thân thiện với người dùng, được sử dụng để dự đoán việc sử dụng năng lượng, bố trí tòa nhà, yêu cầu HVAC, dữ liệu thời tiết hàng giờ và năng lượng chi phí
DIALux	DIALux được sử dụng để nghiên cứu chiếu sáng tiên tiến và các biện pháp TKNL cho đường sá, khu vực, tòa nhà và văn phòng (áp dụng cho chiếu sáng nội bộ nhà máy)
Energy Analysis Software	Phần mềm phân tích năng lượng được hỗ trợ bởi một công ty khởi nghiệp ở Ý. Phần mềm này bao gồm 4 module độc lập
Easy Audit	Kiểm toán dễ dàng không yêu cầu truy cập internet. Nó được thiết kế để sử dụng trên máy tính bảng có bút stylus nhưng chạy trên bất kỳ máy tính hoặc thiết bị nào chạy MS Excel
SnapCount	Nó là một phần mềm trang bị thêm năng lượng và chiếu sáng
PSAT	Công cụ đánh giá hệ thống bơm (PSAT) được sử dụng để đo hiệu suất bơm và áp suất giảm

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu, đánh giá KTNL cho các nhà máy XLNT

Tại một số nước: Theo các nghiên cứu tổng hợp quá trình xử lý ban đầu (tiền xử lý) ít tiêu tốn năng lượng hơn so với các giai đoạn xử lý tiếp theo sau và tùy thuộc vào thiết kế và vận hành của hệ thống. Năng lượng sử dụng để XLNT thứ cấp phụ thuộc chủ yếu vào trình độ công nghệ và mức độ ô nhiễm. Có thể thấy, tại nhà máy mức tiêu thụ năng lượng theo quốc gia nằm trong khoảng 0,26–0,68 kWh/m³ với giá trị trung bình 0,47 kWh/m³ [14].

Tại Việt Nam: Khảo sát, đo đạc tính toán thực tế và thu thập dữ liệu thông qua phiếu khảo sát từ các nhà máy tại một số đô thị lớn từ loại 1 trở lên đang vận hành ổn định, có đánh giá so sánh theo nồng độ BOD đầu vào - ra được xử lý, cytó đòng công nghệ XLNT bùn hoạt tính tuần hoàn Aroten (CAS) bao gồm các kết quả thực như sau:

(1) Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm công suất 36.000 m³/ngđ, vận hành 33.000 m³/ngđ, mức tiêu thụ năng lượng là 0,179 kwh/m³;

(*) Việc đo công suất tại các thiết bị chính gồm bơm, máy thổi khí, máy ép bùn; thời gian đo tối thiểu 24 giờ; sai số cho phép giữa EEchecksum và EEbill $\leq 5\%$

Ngoài ra, nghiên cứu sẽ đối chiếu trên nước thải COD đầu vào thu thập từ số liệu vận hành và tính toán biến thiên mức tiêu thụ năng lượng theo nồng độ chất thải COD quy đổi, làm cơ sở tham chiếu các hệ số liên quan đến quá trình tiêu thụ NL để quy đổi tương đương theo công thức dưới đây

$$ECl_{m3}[kWh/m^3] = \frac{\text{Tiêu thụ năng lượng [kWh/d]}}{\text{Nước thải đã xử lý [m}^3/\text{d]}}$$

ECl_{COD} được định nghĩa là tỷ lệ giữa năng lượng tiêu thụ hàng ngày và khối lượng COD được loại bỏ hàng ngày trong nhà máy

$$= \frac{\text{Lượng tiêu thụ } [kWh/d]}{\text{Lượng COD bị loại bỏ } [kgCOD_{tem}/d]}$$

ECI_{PE} được định nghĩa là tỉ số giữa năng lượng tiêu thụ hàng năm và PE phục vụ trong nhà máy

$$ECI_{PE} [kWhPE^{-1} \text{ năm}^{-1}] = \frac{\text{Tiêu thụ năng lượng } [kWh/\text{năm}]}{\text{Dân số trong đòng } [PE]}$$

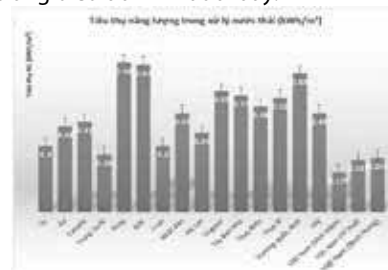
2.2. Các công cụ phần mềm được sử dụng để KTNL

Hiện nay việc KTNL đã áp dụng bắt buộc trong nhiều ngành tiêu thụ năng lượng lớn và phổ biến trên nhiều quốc gia. Nhiều công cụ hỗ trợ KTNL đã được nghiên cứu áp dụng hiệu quả cho công tác KTNL của các ngành. Một số công cụ phù hợp có thể áp dụng trong KTNL ngành nước như: Simprosys, MATLAB (tự động hóa chiếu sáng); eQUEST, PSAT công cụ đánh giá bơm.

(2) Nhà máy XLNT TP Huế công suất 30.000 m³/ngđ, vận hành 22.000 m³/ngđ, mức tiêu thụ năng lượng là khoảng 0,237 kwh/m³;

(3) Nhà máy XLNT Bình Hưng TP.HCM công suất 470.000m³/ngđ, vận hành 180.000 m³/ngđ, mức tiêu thụ năng lượng là 0,245 kwh/m³

Tổng hợp biểu đồ so sánh mức tiêu tại Việt Nam và một số quốc gia thể hiện trong biểu đồ hình dưới đây:

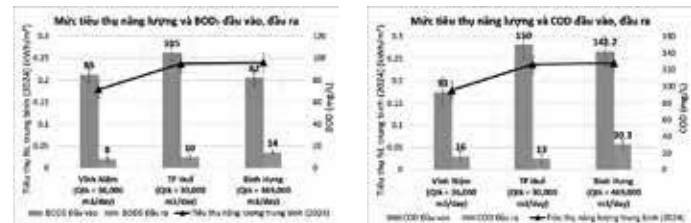


Hình 2. Tổng hợp so sánh mức tiêu thụ năng lượng trong XLNT (kWh/m^3)

So với các nước, mức tiêu thụ năng lượng xử lý 1m³ nước thải của Việt Nam dao động thấp hơn, do các nhà máy tại Việt Nam không thu hồi xử lý, bùn mà ép khô vận chuyển đến khu xử lý hoặc bãi chôn lấp bùn. Kết quả tổng hợp số liệu khảo sát thực tế và đo đạc hiện trường kết hợp thu thập số liệu tháng từ tháng 3/2024

Bảng 4. Tổng hợp các thông số chính của nhà máy XLNT đã khảo sát, đo đạc

TT	Nội dung	Hải Phòng/Vĩnh Niệm	Huế	TP HCM /Binh Hưng
1	Vị trí	Phường Vĩnh Niệm, quận Lê Chân (cũ), TP Hải Phòng	Phường An Đông, TP Huế	Xã Bình Hưng, huyện Bình Chánh, TP.HCM
2	Công suất thiết kế	36,000 m ³ /day	30,000 m ³ /day	469,000 m ³ /day (nâng CS GĐ2)
3	Công suất vận hành thực tế	32,000 m ³ /day	23.000 m ³ /ng (mùa mưa)	180,000 m ³ /ngđ
4	Công nghệ XLNT	CAS-Xử lý sinh học bùn hoạt tính truyền thống	AO-Xử lý sinh học Aeroten cải tiến	Aeration-Xử lý sinh học bùn hoạt tính tuần hoàn có thổi khí
5	Công nghệ xử lý bùn	Bể nén bùn-máy ép bùn- đổ thải hoặc tận dụng để trồng cây	Bể nén bùn - máy ép bùn-bãi chôn lấp đổ thải	Bể nén bùn- máy ép bùn - đổ thải
6	Diện tích nhà máy	17.5 ha	9.6 ha	14 ha
7	Tiêu thụ năng lượng trung bình (2024) kwh/m ³	0,179	0,237	0,24
8	Chất lượng nước sau xử lý	Cột B QCVN40:2011/BTNMT	Cột B QCVN40:2011/BTNMT	Cột B QCVN14:2008/BTNMT
9	BOD5 đầu vào/ra (mg/l)	85/8	105/10	82/14



Hình 3. Mức tiêu thụ năng lượng theo BOD và COD đầu vào - đầu ra

Thực tế khảo sát, thu thập gần đây từ tháng 3-4/2025 và tháng 10/2025 tại Nhà máy Vĩnh Niệm và kiểm đếm năng lượng tiêu thụ trong quá trình vận hành trên hệ thống SCADA giám sát vận hành online. Một số hình ảnh khảo sát, đo đạc thực tế nhà máy. Tổng hợp danh mục các thiết bị đo xác định mức tiêu thụ năng lượng liệt kê trong Bảng 5.

Bảng 5. Danh mục thiết bị cần xác định mức tiêu thụ năng lượng liên tục tại Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm từ SCADA

Hạng mục thiết bị chính đo đạc KTNL	Giá trị đo	Nhận xét
Bơm tuần hoàn	785-803 m ³ /h	2 bơm chạy, ổn định
Bùn dư	Dao động 0.11 m ³ /h-0.13 m ³ /h	Tiêu thụ điện không đáng kể
SEC bơm tuần hoàn	~0.030 kWh/m ³	Hiệu quả, thấp
Máy thổi khí	1.8 Nm ³ /min (45 kPa, 50 Hz)	Công suất lớn, chiếm nhiều điện
DO trong bể Aerotank	1.7 - 4.5 mg/L	Đạt yêu cầu, có thể tối ưu

Đánh giá kết quả KTNL: hệ thống vận hành ổn định, an toàn. Trạm bơm bùn tuần hoàn hiệu quả và tiết kiệm điện. Máy thổi khí chiếm tỷ trọng điện năng lớn nhất, có tiềm năng tiết kiệm điện bằng tối ưu phân phối khí.

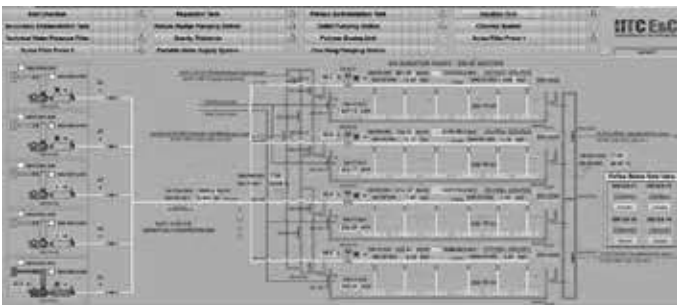


Phòng điều khiển giám sát thu thập dữ liệu online (10/2025)



Mặt bằng nhà máy XLNT Vĩnh Niệm (Hải Phòng)

đến tháng 8/2025 tại một số nhà máy tại 3 miền Bắc - Trung - Nam để phân tích so sánh theo giá trị trung bình được tổng hợp dưới đây cho kết quả theo bảng dưới đây:



Hình 4. Các hình ảnh khảo sát thu thập thực tế tại nhà máy XLNT Vĩnh Niệm

3.2. Thảo luận và đề xuất giải pháp

Các kết quả khảo sát và tính toán vận hành Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm cho thấy máy thổi khí chiếm tỷ trọng tiêu thụ điện năng lớn nhất. Máy thổi khí và bể Aeroten là khu vực có tiềm năng đưa ra các giải pháp tiết kiệm và sử dụng hiệu quả năng lượng. Nhiều giải pháp áp dụng trong các quy trình, thiết bị (hệ thống bơm, hệ thống điều khiển, máy thổi khí, hệ thống hóa chất, sử dụng năng lượng tái tạo..) áp dụng đồng bộ sẽ nâng cao hiệu quả hoạt động, TKNL, giảm chi phí vận hành.

Theo báo cáo của REN21, năng lượng tái tạo đã ghi nhận những bước phát triển tích cực trong những năm gần đây, đạt công suất khoảng 33,94 × 10¹² MJ/năm vào năm 2017. Ngày càng có nhiều quốc gia tham gia vào cuộc đua hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng 0 (net-zero). Đến năm 2021, Global Water Intelligence ghi nhận có tới 65 đơn vị cấp nước và XLNT cam kết đạt mức phát thải bằng 0 hoặc trung hòa khí hậu; trong đó 26 công ty thuộc các quốc gia như Anh, Úc, Singapore, Đan Mạch, Tây Ban Nha, Chile, Trung Quốc và Ireland đã chính thức tham gia sáng kiến này. Các đơn vị tiên phong gồm Bristol Water, Welsh Water, PUB Singapore, Sydney Water, Aarhus Vand và Canal de Isabel II. Đây là nhóm Công ty dẫn đầu trong việc hướng tới mô hình vận hành phát thải thấp và trung hòa carbon.

(1). Giải pháp hệ thống tự động hóa quản lý và giám sát điện năng PMS (Power Management System)

PMS là hệ thống tự động hóa, với chức năng quản lý và giám sát toàn bộ hệ thống điện của nhà máy, dây chuyền sản xuất.. giúp nâng cao hiệu quả công trình, hiện đại hoá, tiết kiệm điện năng tiêu thụ, bảo vệ môi trường; việc giám sát hệ thống điện qua thiết bị theo dõi các

thông số kỹ thuật chính của nguồn điện như: kW; kVA; kVar... Đây là những thông số cần được giám sát chặt chẽ vì có ảnh hưởng rất lớn tới việc vận hành tất cả thiết bị sử dụng điện của hệ thống.

Các tham số đều được đo bằng bộ đo đếm điện năng kỹ thuật số nối mạng, thể hiện thông số trên màn hình máy tính và lưu trữ dữ liệu, việc đầu tư PMS giúp cho toàn bộ hệ thống điện vận hành một cách hiệu quả nhất: sử dụng năng lượng như thế nào, chi phí vận hành ra sao, độ an toàn, tin cậy của nguồn điện.



Hình 5. Cấu trúc hệ thống PMS giám sát năng lượng tiêu thụ thực tế

(2). Giải pháp tiết kiệm hiệu quả năng lượng sạch khí bề mặt:

Sục khí được sử dụng trong quá trình XLNT cấp 2 và cấp 3 để loại bỏ BOD và các chất dinh dưỡng. Có nhiều loại hệ thống sục khí, chẳng hạn như sục khí khuếch tán, phun tia hoặc sục khí bề mặt.

(3) Giải pháp tiết kiệm hiệu quả năng lượng về điều chỉnh chế độ bơm:

Hiệu suất của máy bơm có thể thay đổi đáng kể tùy thuộc vào hiệu suất của từng bơm, bộ truyền động và động cơ được lựa chọn. Hiệu suất tổng của hệ thống là tích của hiệu suất các thành phần riêng lẻ, nghĩa là hiệu suất của ba thành phần trên được nhân với nhau để xác định hiệu suất tổng thể. Tương tự, việc thay thế một động cơ cũ có hiệu suất thấp bằng động cơ hiệu suất cao có thể cải thiện đáng kể hiệu suất vận hành của hệ thống hiện tại.

(4). Ứng dụng các giải pháp thông minh:

Triển khai SCADA (Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu) để giám sát DO, lưu lượng, áp suất theo thời gian thực. Áp dụng **AI-based control** (điều khiển bằng trí tuệ nhân tạo) để tối ưu sục khí theo tải N.

(5). Giải pháp sử dụng năng lượng tái tạo:

Sử dụng, lắp đặt các thiết bị năng lượng tái tạo tùy theo đặc điểm địa lý thời tiết của từng khu vực (VD: Lắp đặt điện mặt trời áp mái 200-300 kWp, tiết kiệm từ 10-15% nhu cầu điện).

Lắp đặt hệ thống tiêu hủy kỵ khí (anaerobic digestion). Sử dụng CHP để phát điện (~4.000-5.000 kWh/ngày, đáp ứng 15-20% nhu cầu điện).

(6). Đề xuất nghiên cứu các giải pháp thí điểm cho nhà máy XLNT Vĩnh Niệm

Từ nghiên cứu thực tế và dữ liệu thu thập khảo sát (3/2023-3/2025), đề xuất lựa chọn một số giải pháp và tính toán thử nghiệm cho nhà máy XLNT Vĩnh Niệm (Hải Phòng) theo các trường hợp phân tích thực tế và giả định các trường hợp hiệu suất tối ưu thông qua điều chỉnh chế độ vận hành ứng dụng công cụ hỗ trợ EPA Sewer (Mỹ) để áp dụng bao gồm: Tối ưu hóa vận hành; lắp đặt điều khiển giám sát thông minh; thu hồi năng lượng từ bùn; tận dụng nguồn NL mặt trời; bảo trì cải tạo bơm thiết bị, thay thế thiết bị chiếu sáng; kiểm toán năng lượng định kỳ. Việc nghiên cứu giải pháp sử dụng hiệu quả, TKNL đóng góp đáng kể cho giảm phát thải khí nhà kính: hiệu quả tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính:

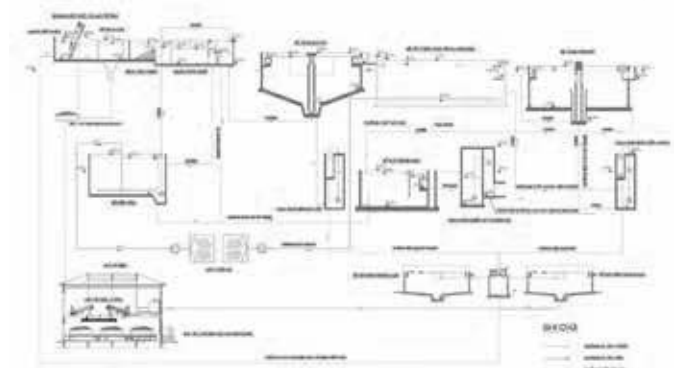
- Mục tiêu giảm tổng điện năng tiêu thụ: 15-25% (giai đoạn 2025-2030)

- Tăng tỷ lệ tự cung cấp năng lượng dự kiến: tới 30-35% (nhờ biogas + điện mặt trời).

- Giảm phát thải CO₂: quy đổi từ lượng điện kiểm toán và lượng điện cắt giảm, xác định lượng điện quy đổi theo CO₂ tương đương, ước tính ~1.000-1.200 tấn CO₂eq/năm (hệ số phát thải điện tính toán theo hướng dẫn Nghị định 06/2022/NĐ-CP cho nhiệt điện Việt Nam và ước tính ~ 0,799 tấn CO₂/MWh (theo các văn bản hướng dẫn của Bộ TN&MT, 2022)

- Các giá trị được tính dựa trên mô phỏng phần mềm kiểm toán năng lượng EPA Sewer, dữ liệu vận hành thu thập năm 2022-2024.

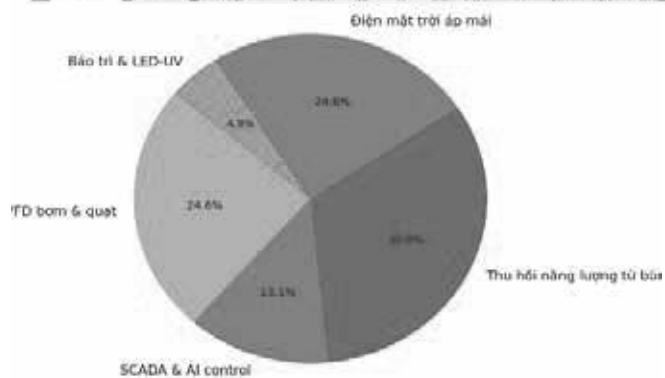
- Dây chuyền công nghệ và danh mục các thiết bị chính tiêu thụ năng lượng Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm được thể hiện theo sơ đồ dưới đây:



Hình 6. Sơ đồ dây chuyền công nghệ và thiết bị tiêu thụ NL tại Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm
Tổng hợp đề xuất nhóm giải pháp TKNL thí điểm cho Nhà máy XLNT Vĩnh Niệm thể hiện trong Bảng 6 và Hình 7.

Bảng 6. Tổng hợp các giải pháp TKNL để xuất nghiên cứu thí điểm tại Hải Phòng

Nhóm giải pháp	Biện pháp cụ thể	Tiết kiệm điện ước tính	Chi phí dự kiến (đồng)
1. Tối ưu hóa vận hành và điều khiển thông minh	- Cài đặt biến tần (VFD) cho bơm và quạt sục khí. - Điều chỉnh DO tối ưu (2,0-2,5 mg/L). - Vận hành linh hoạt điều chỉnh theo lưu lượng thực tế.	10-15%	Trung bình (0,5-1 tỷ VNĐ)
	- Triển khai SCADA để giám sát DO, lưu lượng, áp suất theo thời gian thực. - Áp dụng AI-based control để tối ưu sục khí theo tải N.	5-8%	Cao (3-5 tỷ VNĐ)
2. Thu hồi năng lượng từ bùn	- Lắp đặt hệ thống tiêu hủy kỵ khí (anaerobic digestion) . - Sử dụng CHP để phát điện (~4.000-5.000 kWh/ngày, đáp ứng 15-20% nhu cầu điện).	15-20%	Cao (20-30 tỷ VNĐ)
3. Sử dụng năng lượng tái tạo	- Lắp đặt điện mặt trời áp mái 200-300 kWp (10-15% nhu cầu điện) hoặc các năng lượng sạch khác	10-15%	Cao (3-4 tỷ VNĐ)
4. Bảo trì & cải tạo thiết bị	- Bảo trì định kỳ bơm/quạt để duy trì hiệu suất tối ưu (hệ thống bơm gióm bơm bùn tuần hoàn..)	0,7-1,5%	Thấp (200-500 triệu VNĐ)
5. Kiểm toán năng lượng định kỳ	- Thực hiện Energy Audit mỗi 1-2 năm/lần. - Thiết lập chỉ số kWh/m³ và kWh/kg BOD để theo dõi.	—	Thấp (100-200 triệu VNĐ)



(**) Các số liệu được tổng hợp và phân tích trên cơ sở thông số tham khảo từ một số dự án tương tự cho các nhà máy nhiệt điện và bảng giá vật tư thiết bị liên quan. Các số liệu này sẽ tiếp tục được hiệu chỉnh và chuẩn hóa trong quá trình nghiên cứu, đo đạc ở thời gian tiếp theo.

Trong bối cảnh chuyển đổi số quốc gia, việc xây dựng cơ sở dữ liệu số đồng bộ cho lĩnh vực cấp thoát nước nói chung và lĩnh vực thoát nước, XLNT nói riêng là rất quan trọng. Đây chính là nền tảng

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn GS.TS Nguyễn Việt Anh, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và sự hỗ trợ của Quỹ học bổng VINIF cho đề tài nghiên cứu này.

[15]. Wang, H.; Yang, Y.; Keller, A. A.; Li, X.; Feng, S.; Dong, Y.; Li, F., Comparative Analysis of Energy Intensity and Carbon Emissions in Wastewater Treatment in USA, Germany, China and South Africa, *Applied Energy* (Elsevier), 2016, Volume 184, 2016, Pages 873-881, pp. 873-881, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.061>.

Đánh giá hiệu quả gia cố nền đường bằng vật liệu địa kỹ thuật tổng hợp thông qua thí nghiệm CBR

Evaluation of roadbed reinforcement efficiency using geosynthetic materials through CBR testing

> **THS NGUYỄN THANH TRƯỜNG**

Viện Kỹ thuật Công binh, Binh chủng Công binh

Email: thanhtruong.ppc@gmail.com

TÓM TẮT

Vật liệu địa kỹ thuật (ĐKT) tổng hợp ngày nay được ứng dụng phổ biến trong xây dựng giao thông trong nước, đặc biệt trong gia cố nền đường. Với ưu điểm chịu kéo cao, nhẹ, dễ thi công, thoát nước và chống xói tốt, loại vật liệu này giúp nâng cao cường độ đất nền, giảm lún và kéo dài tuổi thọ khai thác cho kết cấu áo đường. Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành thí nghiệm CBR (California Bearing Ratio) trên mẫu đất lấy từ dự án tuyến đường liên kết Thái Nguyên - Bắc Giang - Vĩnh Phúc nhằm đánh giá hiệu quả gia cố của ba loại vật liệu ĐKT gồm lưới, vải và màng ĐKT. Các mẫu được bố trí với số lớp khác nhau để xác định ảnh hưởng của vật liệu đến sức chịu tải của nền đất. Kết quả cho thấy việc sử dụng vật liệu ĐKT giúp tăng rõ rệt chỉ số CBR, trong đó lưới ĐKT đạt hiệu quả cao nhất. Bố trí ba lớp cho hiệu quả kỹ thuật tối ưu về khả năng chịu tải và độ ổn định nền đường. Tuy nhiên, xét đến yếu tố kinh tế và hiệu quả sử dụng vật liệu, phương án hai lớp được xem là lựa chọn phù hợp hơn, đảm bảo đồng thời tính bền vững và ổn định của nền đường.

Từ khóa: Ứng dụng vật liệu địa kỹ thuật trong gia cố nền đường; sử dụng vật liệu địa kỹ thuật trong gia cố nền; phân tích chỉ số CBR vật liệu địa kỹ thuật.

ABSTRACT

Geosynthetic materials are now widely applied in transportation infrastructure projects in Vietnam, particularly for roadbed reinforcement. With advantages such as high tensile strength, lightweight properties, ease of installation, drainage capability and effective erosion resistance, these materials enhance subgrade strength, reduce settlement and extend pavement service life. In this study, the author conducted California Bearing Ratio (CBR) tests on soil samples collected from the Thai Nguyen - Bac Giang - Vinh Phuc interconnection project to evaluate the reinforcement effectiveness of three geosynthetic types: geogrid, geotextile and geomembrane. The specimens were prepared with varying numbers of reinforcement layers to examine the influence of material configuration on subgrade bearing capacity. The results indicate that geosynthetics significantly improve the CBR index, with the geogrid showing the highest performance. The configuration with three layers achieved optimal technical performance in terms of load-bearing capacity and subgrade stability; however, considering cost-effectiveness and material utilization efficiency, the two-layer arrangement was identified as the most reasonable solution, ensuring both sustainability and stability of the roadbed structure.

Keywords: Application of Geosynthetic Materials in Roadbed Reinforcement; use of Geosynthetic Materials for Subgrade Stabilization; analysis of the CBR Index of Geosynthetic-Reinforced Materials.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xây dựng nền đường, đặc biệt tại các khu vực đất yếu, nền tự nhiên thường không đáp ứng được yêu cầu về cường độ và ổn định, dễ gây lún, nứt hoặc hư hỏng kết cấu áo đường. Do đó, việc áp dụng các giải pháp gia cố nền đất yếu là cần thiết để nâng cao sức chịu tải và đảm bảo tuổi thọ công trình giao thông.

Trong số các giải pháp gia cố hiện nay, sử dụng vật liệu ĐKT tổng hợp được xem là hướng đi hiệu quả và hiện đại. Nhóm vật liệu này bao gồm lưới ĐKT, vải ĐKT, màng chống thấm, ống ĐKT và vật liệu bột ĐKT, được sản xuất từ các polymer tổng hợp như polypropylene, polyester hoặc polyethylene. Với các tính năng vượt trội như gia cường, phân cách, thoát nước, lọc, chống thấm, giảm tải và bảo vệ môi trường, vật liệu ĐKT đã được ứng dụng rộng rãi trong các công trình hạ tầng ở Việt Nam, đặc biệt trong nền đường ô tô, công trình đê kè, hồ chứa và sân bay.

Xuất phát từ thực tế đó, bài báo tập trung nghiên cứu đánh giá hiệu quả gia cố nền đường bằng vật liệu ĐKT tổng hợp thông qua thí nghiệm CBR. Nghiên cứu được thực hiện với ba loại vật liệu ĐKT phổ biến là lưới, vải và màng ĐKT, được bố trí với số lớp khác nhau để xác định ảnh hưởng của từng loại vật liệu và số lớp gia cố đến khả năng chịu tải của nền đất. Kết quả thu được sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn giải pháp gia cố hợp lý, góp phần nâng cao hiệu quả kỹ thuật và độ bền công trình giao thông trên nền đất yếu.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Để đánh giá đặc tính cơ lý của đất dự án tuyến đường liên kết Thái Nguyên - Bắc Giang - Vĩnh Phúc, tác giả đã tiến hành thu thập số liệu thí nghiệm hiện trường và tiến hành thí nghiệm CBR tại phòng LAS-XD 1702. Các mẫu đất nền được lấy tại lý trình Km13+813 của dự án (đây là khu vực có điều kiện địa chất đất từ trung bình đến yếu, trong khi đó công trình đòi hỏi yêu cầu cao về độ ổn định và khả năng chịu tải của nền móng).



Hình 1. Mẫu đất thí nghiệm lấy từ dự án

Các thí nghiệm được thực hiện tuân thủ hệ thống Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về xác định tính chất cơ lý của đất, bao gồm TCVN 4195 - 4202:2012 và TCVN 4198:2014, nhằm đảm bảo tính chính xác, độ tin cậy và sự phù hợp với quy định hiện hành.

Kết quả mẫu thí nghiệm thu được tại hiện trường dự án có đặc trưng như sau: Tỷ trọng hạt rắn của đất đạt 2,68, độ ẩm tối ưu là 13,62% và dung trọng khô lớn nhất bằng 18,16 kN/m³. Về thành phần hạt, đất bao gồm: 2,05% sò, 43,41% cát, 13,45% bột và 41,09% sét. Các chỉ tiêu giới hạn bao gồm: Giới hạn chảy 51,63%, giới hạn dẻo 16,26%, chỉ số dẻo 35,37%, giới hạn co ngót 6,15% và chỉ số co ngót 45,48%. Các chỉ tiêu thí nghiệm khác: Lực dính kết (c) đạt 32,03 kN/m² và góc ma sát trong (φ) bằng 140. Các mẫu thí nghiệm này phản ánh đặc tính đất là loại đất sét lẫn cát sạn có độ dẻo cao và khả năng chịu tải trung bình, xuất hiện ở một số khu vực tỉnh Thái Nguyên.

Dựa trên các kết quả thí nghiệm trên, tác giả đề xuất sử dụng vật liệu ĐKT tổng hợp để cải thiện khả năng chịu tải và độ ổn định của nền đường. Ba loại vật liệu được lựa chọn gồm lưới ĐKT, vải ĐKT và màng ĐKT, các đặc điểm kỹ thuật của vật liệu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm kỹ thuật của vật liệu thí nghiệm

Đặc điểm kỹ thuật	Lưới ĐKT sợi Polyester	Vải ĐKT loại dệt	Màng ĐKT Geomembrane
Chiều dày (mm)	1,00	1,6	0,40
Cường độ kéo đứt (kN/m)	62,60	16,50	58,30
Độ giãn dài (%)	2,20	54,60	11,80
Kích thước lỗ mở (mm)	-	0,09	0,60

2.2. Phương pháp thí nghiệm chỉ số CBR

Thí nghiệm CBR là phương pháp đánh giá khả năng chịu tải của đất, đá dăm hoặc các vật liệu lớp móng khác trong kết cấu áo đường, thông qua việc mô phỏng điều kiện chịu nén của vật liệu trong phòng thí nghiệm nhằm xác định mức độ biến dạng và sức kháng của nền, móng đường. Trong nghiên cứu này, thí nghiệm được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 12792:2020 “Vật liệu nền, móng mặt đường, phương pháp xác định tỷ số CBR trong phòng thí nghiệm” với các bước như sau:

- Chuẩn bị mẫu đất: Các mẫu đất lấy tại hiện trường được phơi khô, làm tơi và sàng lọc tạp chất, sau đó trộn với nước theo tỷ lệ phù hợp, đảm bảo đạt độ ẩm tối ưu khi tiến hành thí nghiệm. Các mẫu được chia thành hai nhóm: Nhóm không ngâm nước và nhóm ngâm nước trong 96 giờ (4 ngày) trước khi thử nghiệm.

- Đầm nén mẫu: Mẫu đất được cho vào cối CBR có đường kính (152,40 ± 0,66)mm và chiều cao (177,80 ± 0,46)mm, sau đó đầm mẫu vật liệu theo TCVN 12790:2020.

- Tiến hành gia tải: Đặt tấm nén tròn lên bề mặt mẫu, đưa mẫu vào máy nén CBR, sau đó tăng dần tải trọng thẳng đứng cho đến khi mẫu bị phá hoại. Ghi nhận giá trị tải trọng ứng với các chiều sâu ép lún 2,54 mm và 5,08 mm.

- Tính toán trị số CBR [11]:

Giá trị CBR được xác định theo công thức:

$$CBR_1 = \frac{P_1}{P_{1,9}} \times 100 \quad (1)$$

$$CBR_2 = \frac{P_2}{P_{2,3}} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

- Tỷ số CBR tính với chiều sâu ép lún 2,54 mm, tính bằng phần trăm (%);

- Tỷ số CBR tính với chiều sâu ép lún 5,08 mm, tính bằng phần trăm (%);

- Áp lực nén trên mẫu thí nghiệm đã hiệu chỉnh ứng với chiều sâu ép lún 2,54 mm, tính bằng Mpa;

- Áp lực nén trên mẫu thí nghiệm đã hiệu chỉnh ứng với chiều sâu ép lún 5,08 mm, tính bằng Mpa;

6,9 - Áp lực nén tiêu chuẩn với chiều sâu ép lún 2,54 mm, tính bằng Mpa;

10,3 - Áp lực nén tiêu chuẩn với chiều sâu ép lún 5,08 mm, tính bằng Mpa.

2.3. Thiết lập thông số thí nghiệm

Khi tiến hành thử nghiệm CBR, lưới ĐKT, vải ĐKT và màng ĐKT đã được kết hợp với mẫu đất để nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu ĐKT lên khả năng chịu lực và ổn định của đất. Kết quả thử nghiệm được so sánh với mẫu CBR đất không gia cố. Các thông số thử nghiệm được ký hiệu như trong Bảng 2.

Bảng 2. Cài đặt thông số thử nghiệm

Ký hiệu mẫu		Số lớp vật liệu ĐKT	Thành phần mẫu
Không ngâm	Ngâm nước 96 giờ (4 ngày)		
Đ0	Đ4	0	Đất tự nhiên
Đ0L1	Đ4L1	1	Đất gia cố lưới ĐKT
Đ0L2	Đ4L2	2	
Đ0L3	Đ4L3	3	
Đ0V1	Đ4V1	1	Đất gia cố vải ĐKT
Đ0V2	Đ4V2	2	
Đ0V3	Đ4V3	3	
Đ0M1	Đ4M1	1	Đất gia cố màng ĐKT
Đ0M2	Đ4M2	2	
Đ0M3	Đ4M3	3	

Trong đó:

Đ - Mẫu đất thí nghiệm;

L - Lưới ĐKT;

V - Vải ĐKT;

M - Màng ĐKT.

Chữ số đầu tiên (0 hoặc 4): Thời gian ngâm nước (0 = không ngâm; 4 = ngâm 4 ngày).

Chữ số thứ hai: Số lớp vật liệu ĐKT bố trí trong mẫu thí nghiệm.

2.4. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

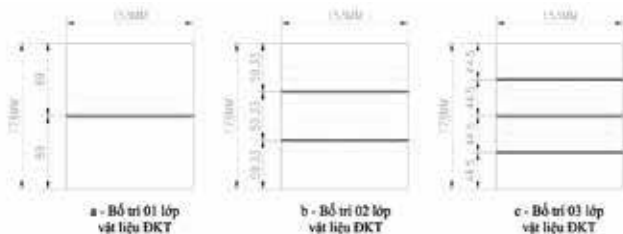
Nhằm nghiên cứu hiệu quả gia cường của vật liệu ĐKT tổng hợp đối với đất, các loại lưới ĐKT, vải ĐKT và màng ĐKT được cắt theo kích thước trùng với đường kính trong của khuôn nén để đảm bảo phù hợp với mẫu thử. Thí nghiệm được bố trí theo ba phương án bố trí lớp vật liệu ĐKT khác nhau:

- Bố trí một lớp: Vật liệu ĐKT được đặt ở giữa chiều cao mẫu.

- Bố trí hai lớp: Vật liệu ĐKT được chia làm hai lớp, trong đó lớp thứ nhất đặt tại 1/3 chiều cao mẫu tính từ đáy khuôn.

- Bố trí ba lớp: Vật liệu ĐKT được chia làm ba lớp, lớp đầu tiên đặt tại 1/4 chiều cao mẫu.

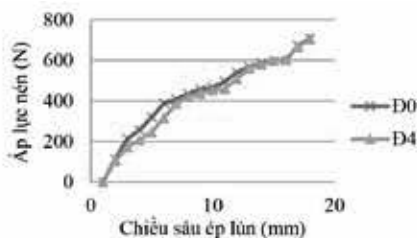
Sơ đồ bố trí các lớp vật liệu ĐKT được thể hiện trong hình minh họa.



Hình 2. Sơ đồ bố trí vật liệu ĐKT trong các mẫu đất thí nghiệm

3. CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

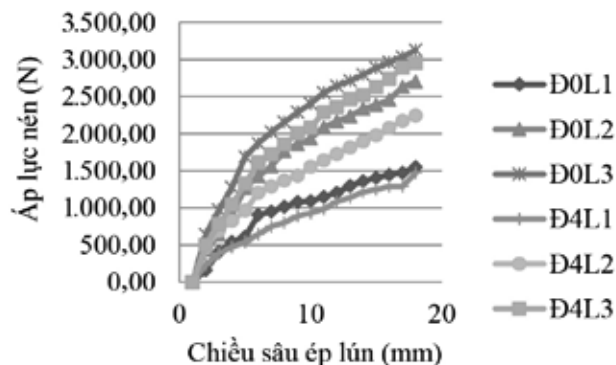
Dưới điều kiện mẫu không ngâm (Đ0) và mẫu ngâm trong 4 ngày (Đ4), các mẫu được thử nghiệm mối quan hệ giữa chiều sâu ép lún mẫu và áp lực nén, như thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Biểu đồ quan hệ áp lực nén và chiều sâu ép lún

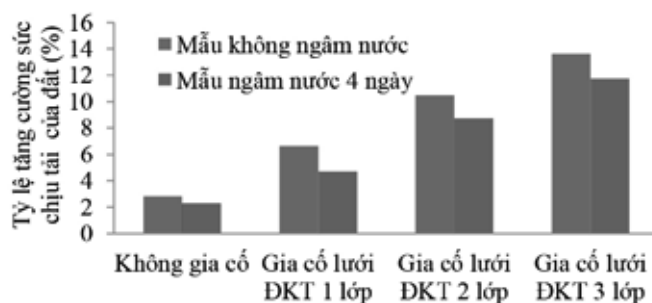
3.1. Hiệu quả gia cố bằng lưới ĐKT

Lưới ĐKT được bố trí ở giữa mẫu đất thí nghiệm, tải trọng được gia tăng đến độ lún 12,5 mm. Mối quan hệ giữa tải trọng tác dụng và độ sâu ép lún mẫu thí nghiệm với các số lớp lưới ĐKT khác nhau được thể hiện trong Hình 4a.



Hình 4a. Biểu đồ quan hệ áp lực nén và chiều sâu ép lún

Kết quả tính toán chỉ số CBR₁ (1), được trình bày trong Hình 4b.



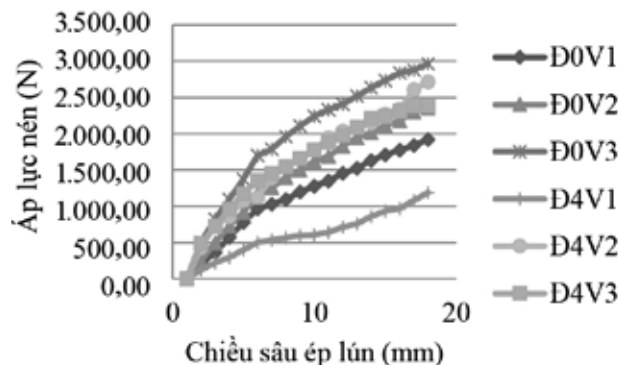
Hình 4b. Kết quả thí nghiệm chỉ số CBR

Có thể thấy rằng, so với mẫu đất không gia cố, việc chèn thêm lưới ĐKT đã làm tăng đáng kể khả năng chịu tải của đất. Khi số lớp lưới ĐKT tăng lên, sức chịu tải của đất tăng dần.

Dưới điều kiện không bão hòa, tỉ lệ tăng cường sức chịu tải của mẫu một lớp, hai lớp và ba lớp lưới ĐKT lần lượt là 6,64%, 10,48% và 13,62%. Dưới điều kiện bão hòa, các tỉ lệ tăng tương ứng lần lượt là 4,71%, 8,73% và 11,74%.

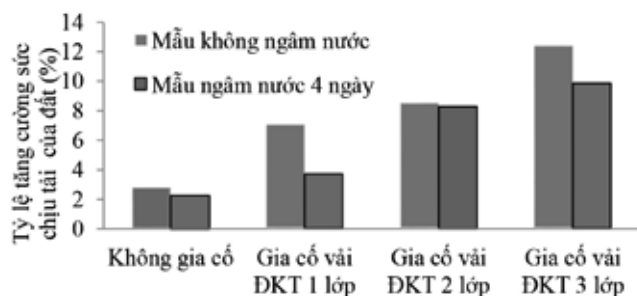
3.2. Hiệu quả gia cố bằng vải ĐKT

Mối quan hệ giữa tải trọng tác dụng và chiều sâu ép lún mẫu thí nghiệm với các số lớp vải ĐKT khác nhau được thể hiện trong Hình 5a.



Hình 5a. Biểu đồ quan hệ áp lực nén và chiều sâu ép lún

Kết quả tính toán chỉ số CBR₁ được trình bày trong Hình 5b.



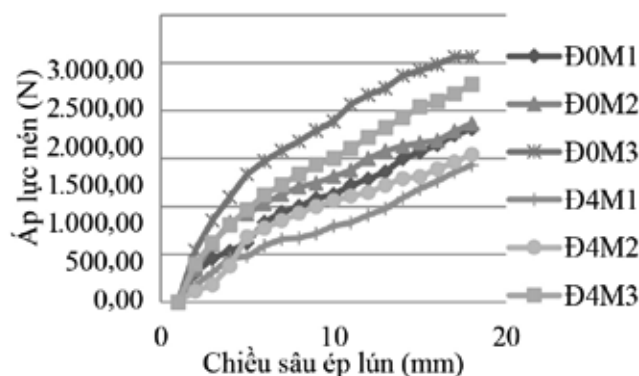
Hình 5b. Kết quả thí nghiệm chỉ số CBR

Dựa trên các kết quả thu được, có thể thấy so với mẫu đối chứng không gia cố, việc sử dụng vải ĐKT đã làm tăng rõ rệt sức chịu tải của đất nền. Dưới điều kiện chưa ngâm nước, tỷ lệ tăng cường sức chịu tải của các mẫu một lớp, hai lớp và ba lớp lần lượt là 7,06%, 8,53% và 12,41%. Sau khi ngâm nước 4 ngày, các tỷ lệ tăng tương ứng là 3,7%, 8,27% và 9,85%.

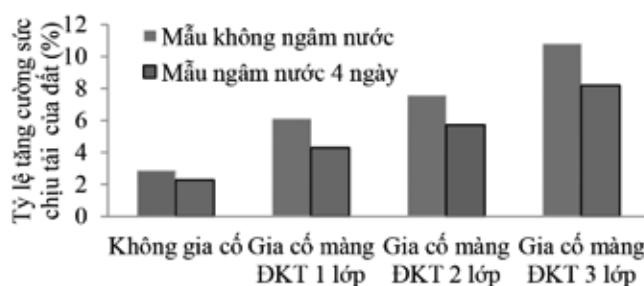
Nhìn chung, vải ĐKT có hiệu quả đáng kể trong việc cải thiện khả năng chịu tải của đất yếu, tuy nhiên hiệu quả giảm nhẹ khi mẫu ở trạng thái bão hòa nước.

3.3. Hiệu quả gia cố của màng ĐKT

Quan hệ giữa chiều sâu ép lún và áp lực tác dụng lên các mẫu thí nghiệm với số lớp màng ĐKT khác nhau được thể hiện trong Hình 6a.



Hình 6a. Biểu đồ quan hệ áp lực nén và chiều sâu ép lún



Hình 6b. Biểu đồ quan hệ áp lực nén và chiều sâu ép lún

Dựa trên kết quả (1) tại độ sâu ép lún 2,54 mm được trình bày trong Hình 6b, có thể thấy rằng so với mẫu đối chứng không có màng ĐKT, việc bố trí màng ĐKT đã tăng đáng kể khả năng chịu tải của đất. Khi số lớp màng ĐKT tăng lên, sức chịu tải của đất tiếp tục được cải thiện. Tổng thể cho thấy, hiệu quả gia cố của màng ĐKT thấp hơn so với lưới ĐKT và vải ĐKT, nhưng vẫn góp phần nâng cao

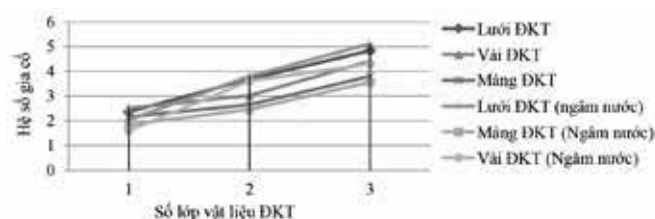
độ bền và ổn định của đất nền.

3.4. Hệ số gia cố (hiệu quả tăng cường)

Tại cùng một độ sâu ép lún, tỷ lệ giữa áp lực lên mẫu đất được gia cố bằng vật liệu ĐKT và áp lực lên mẫu đất không gia cố được gọi là hệ số gia cố. Khi độ sâu ép lún đạt 2,54 mm, hệ số gia cố của mẫu thí nghiệm trong điều kiện chưa ngâm nước và ngâm nước 4 ngày được thể hiện trong Hình 7.

Có thể thấy, trong cả hai điều kiện chưa ngâm và ngâm nước 4 ngày, hệ số gia cố của mẫu thí nghiệm nằm trong khoảng 1,61 - 5,11. Ngoại trừ mẫu sử dụng ba lớp lưới ĐKT và hai lớp vải ĐKT, trong hầu hết các trường hợp, hệ số gia cố của mẫu chưa ngâm nước đều cao hơn so với mẫu ngâm nước.

Do đặc tính ma sát và độ cứng của lưới ĐKT lớn hơn, mẫu gia cố bằng lưới ĐKT cho hệ số gia cố cao nhất, tiếp theo là mẫu sử dụng vải ĐKT, còn mẫu gia cố bằng màng ĐKT có hệ số gia cố thấp nhất.



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa hệ số gia cố và số lớp vật liệu ĐKT gia cố

Theo kết quả phân tích ở trên, mẫu đất gia cố bằng ba lớp lưới ĐKT cho hiệu quả gia cố tốt nhất, tiếp theo là mẫu hai lớp lưới ĐKT.

4. PHÂN TÍCH VÀ LUẬN GIẢI HIỆU QUẢ GIA CỐ

Kết quả thí nghiệm CBR đã cho thấy rõ tác động tích cực của vật liệu ĐKT trong việc nâng cao khả năng chịu tải và ổn định của nền đất yếu. Tuy nhiên, mức độ hiệu quả giữa các loại vật liệu và số lớp gia cố có sự khác biệt đáng kể, cần được phân tích sâu hơn để lựa chọn phương án hợp lý về cả mặt kỹ thuật và kinh tế.

4.1. So sánh hiệu quả giữa các loại vật liệu ĐKT

Ba loại vật liệu được sử dụng gồm lưới ĐKT, vải ĐKT và màng ĐKT đều thể hiện khả năng gia cố đáng kể so với đất tự nhiên. Trong đó:

Lưới ĐKT cho hiệu quả cao nhất nhờ có cường độ kéo lớn, độ cứng cao và khả năng liên kết cơ học tốt với hạt đất, tạo nên cơ chế “neo - khóa” giúp phân bố tải trọng đều hơn và hạn chế biến dạng cục bộ.

Vải ĐKT ngoài khả năng chịu kéo còn có tác dụng lọc và thoát nước, phù hợp với các nền đất có độ bão hòa cao. Tuy nhiên, độ giãn dài lớn khiến khả năng truyền ứng suất không cao bằng lưới ĐKT.

Màng ĐKT có tác dụng chủ yếu trong việc cách ly và chống thấm, hiệu quả gia cố về cơ học thấp hơn hai loại trên nhưng vẫn cải thiện độ ổn định tổng thể của nền đất.

4.2. Ảnh hưởng của số lớp vật liệu đến hiệu quả gia cố

Khi tăng số lớp ĐKT, chỉ số CBR tăng tương ứng do khả năng phân tán ứng suất và giảm biến dạng của nền đất được cải thiện. Cụ thể, phương án ba lớp cho giá trị CBR cao nhất ở cả hai trạng thái chưa ngâm và sau ngâm nước, chứng minh hiệu quả kỹ thuật tối ưu trong việc tăng sức chịu tải và hạn chế biến dạng. Tuy nhiên, xét về chi phí vật liệu, nhân công và thời gian thi công, việc sử dụng ba lớp vật liệu ĐKT mặc dù cho hệ số gia cố (hiệu quả tăng cường) đáng kể hơn (trung bình cao hơn khoảng 25 - 35% so với hai lớp) nhưng đồng thời làm tăng chi phí vật liệu và khối lượng thi công lên khoảng 35 - 40%. Do đó, trong thực tiễn, phương án hai lớp vẫn được xem là lựa chọn hợp lý hơn, đảm bảo cân bằng giữa hiệu quả

kỹ thuật và hiệu quả kinh tế.

4.3. Đánh giá theo tiêu chuẩn thiết kế và khuyến nghị ứng dụng

Theo quy định trong các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành (TCVN 9984:2013, TCVN 12792:2020), nếu tỷ lệ tăng cường sức chịu tải của nền đất không vượt quá 10% thì kết cấu áo đường phía trên không cần điều chỉnh. Vì vậy, trong thực tiễn thi công, việc lựa chọn phương án hai lớp ĐKT là khả thi hơn: Vừa đảm bảo cải thiện khả năng chịu tải của nền đất, vừa đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà vẫn tiết kiệm chi phí vật liệu và nhân công.

5. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm CBR cho thấy vật liệu ĐKT tổng hợp giúp cải thiện rõ rệt khả năng chịu tải và độ ổn định của nền đất yếu. Trong ba loại vật liệu khảo sát, lưới ĐKT đạt hiệu quả cao nhất, tiếp theo là vải ĐKT, còn màng ĐKT có tác dụng hạn chế hơn. Hiệu quả gia cố tăng theo số lớp bố trí, trong đó ba lớp cho kết quả kỹ thuật tối ưu, nhưng hai lớp được đánh giá là phương án phù hợp nhất, đảm bảo tăng cường sức chịu tải trong giới hạn cho phép (CBR < 10%) mà không làm thay đổi thiết kế kết cấu áo đường, đồng thời giảm chi phí vật liệu và thi công. Từ kết quả nghiên cứu trên có thể khẳng định việc sử dụng hai lớp lưới ĐKT là giải pháp tối ưu tổng hợp giữa hiệu quả kỹ thuật, tính ổn định và kinh tế cho công trình nền đường trên đất yếu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Giao thông vận tải (2013), TCVN 9984: 2013 - Vải ĐKT, Yêu cầu thiết kế, thi công và nghiệm thu trong xây dựng nền đường đắp trên đất yếu, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [2]. Bùi Đức Hợp (2000), Ứng dụng vải và lưới ĐKT trong xây dựng công trình, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [3]. Bộ Xây dựng (2014), TCVN 9748:2014 - Màng ĐKT Polyetylen khối lượng riêng lớn (HDPE), Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [4]. Đoàn Thế Mạnh (2013), Sử dụng vải ĐKT và lưới ĐKT trong gia cố đất và ổn định nền móng, Lần xuất bản thứ nhất, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, NXB. Khoa học và Công nghệ Hàng hải, Hải Phòng.
- [5]. Phạm Văn Long (2022), ĐKT và xử lý nền đất yếu, Lần xuất bản thứ 1, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [6]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 4195:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm và dung trọng tự nhiên của đất tại hiện trường, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [7]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 4196:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm trong phòng thí nghiệm, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 4197:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích khô lớn nhất và độ ẩm tối ưu trong phòng thí nghiệm, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [9]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 4199:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định tỷ trọng của hạt đất, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [10]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), TCVN 12792:2020 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định dung trọng khô lớn nhất và độ ẩm tối ưu bằng đầm nén cải tiến, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [11]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), TCVN 12792:2020 - Vật liệu nền, móng mặt đường - Phương pháp xác định tỷ số CBR trong phòng thí nghiệm, Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.
- [12]. Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải (2014), TCVN 10272:2014 - Xác định chỉ số CBR của nền đất và các lớp vật liệu rời làm móng đường - Phương pháp chùy xuyên động (DCP to CBR correlation), Lần xuất bản thứ nhất, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.

[13]. Bodó, Béla & Jones, Colin (2013), Introduction to Soil Mechanics, 1st Edition, John Wiley & Sons, Chichester (UK).

[14]. Budhu, M. (2011), Soil Mechanics and Foundations, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken (NJ).

[15]. Das, B.M. (2017), Principles of Geotechnical Engineering, 9th Edition, Cengage Learning, Stamford (CT).

Đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn của vật liệu lọc được phủ MOCP chiết xuất từ hạt chùm ngây Việt Nam

Evaluation of the bacteria removal efficiency of filtration materials coated with MOCP Extracted from Vietnamese Moringa Seeds

> THS NGUYỄN THÚY LIÊN¹, TS DƯƠNG THU HẰNG¹, TS TRẦN HOÀI SƠN¹,
TS VŨ ĐỨC CẢNH², GS.TS TRẦN THỊ VIỆT NGÀ^{1,*}

¹Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Khoa Môi trường và Bảo hộ lao động, Trường Đại học Tôn Đức Thắng

*Email: ngattv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn *E. coli* của các vật liệu lọc được phủ protein mang điện tích dương (MOCP) chiết xuất từ hạt chùm ngây Việt Nam. MOCP được chiết bằng nước và dung dịch NaCl 0,3 M, sau đó phủ lên cát và ba loại than hoạt tính gồm anthracite, Norit và than Nhật Bản. Kết quả cho thấy MOCP chiết bằng muối có khả năng loại bỏ vi khuẩn *E. coli* đến 4 log₁₀ trong 120 phút, trong khi MOCP chiết bằng nước chỉ đạt khoảng 2 log₁₀. Cát phủ MOCP không hiệu quả do MOCP không bám bền vững. Than hoạt tính Norit cho hiệu quả cao khi được phủ MOCP, đạt mức loại bỏ đến 4 log₁₀. Than Nhật Bản cho thấy hiệu suất vượt trội, loại bỏ gần như hoàn toàn vi khuẩn chỉ sau 20 phút. Các kết quả chỉ ra tiềm năng ứng dụng của vật liệu lọc phủ MOCP trong xử lý nước quy mô nhỏ tại các vùng khó tiếp cận nguồn nước an toàn.

Từ khóa: Hạt chùm ngây, cát lọc, than hoạt tính, xử lý nước sinh hoạt, vi khuẩn.

ABSTRACT

This study evaluates the removal efficiency of *E. coli* using filtration materials coated with positively charged proteins (MOCP) extracted from Vietnamese Moringa seeds. MOCP was extracted using distilled water and 0.3M NaCl solution, then coated onto sand and three types of activated carbon, including Anthracite, Norit, and Japanese activated carbon. The results show that salt-extracted MOCP achieved up to 4 log₁₀ *E. coli* reduction within 120 minutes, whereas water-extracted MOCP achieved only about 2 log₁₀. MOCP-coated sand was ineffective due to poor adhesion of the protein. Norit activated carbon showed high performance when coated with MOCP, reaching a removal efficiency of nearly 3 log₁₀. Japanese activated carbon demonstrated superior performance, eliminating almost all bacteria within just 20 minutes. These findings indicate the potential application of MOCP-coated filtration materials for small-scale water treatment, particularly in areas with limited access to safe drinking water.

Keywords: Moringa seeds, filter sand, activated carbon, drinking water treatment, bacteria.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trên thế giới có khoảng 2,1 tỷ người (khoảng 30%) dân số đang sử dụng các nguồn nước không an toàn (WHO/UNICEF 2024). Tại Việt Nam theo thống kê của Bộ Y tế và Bộ TN&MT năm 2019 mỗi năm có khoảng 9.000 người tử vong do nguồn nước và vệ sinh kém, gần 300 nghìn người nhập viện vì bị tiêu chảy cấp bởi nguồn nước sinh hoạt bị ô nhiễm, khoảng 200.000 người mắc bệnh ung thư mỗi năm mà một trong những nguyên nhân chính là do ô nhiễm nguồn nước.

Cây chùm ngây (*Moringa oleifera* - MO) được trồng rộng rãi ở châu Phi, Nam Mỹ và Đông Nam Á. Tại Việt Nam, cây chùm ngây phổ biến ở

nhiều tỉnh như Bình Thuận, Ninh Thuận, Thanh Hóa, Khánh Hòa và Đắk Lắk. Hạt chùm ngây chứa các protein mang điện tích dương và có điểm đẳng điện khoảng 10 - 11 [1-3]. Với đặc tính đặc biệt này, hạt chùm ngây đã thu hút sự chú ý của nhiều nhà khoa học trên thế giới trong việc nghiên cứu ứng dụng vào lĩnh vực xử lý nước [3, 4]. Protein mang điện tích dương trong hạt chùm ngây (viết tắt MOCP) được chiết xuất bằng dung dịch muối được mô tả là hiệu quả loại bỏ độ đục và hàm lượng cặn hơn khi so với việc dùng nước cất hoặc nước máy để chiết tách MOCP [5-7]. Hiệu quả của dung dịch NaCl được giải thích là do muối làm tăng lực ion và độ hòa tan của protein ion trong hạt chùm ngây bằng cách làm tăng sự phân tách giữa các phân tử protein trong dung dịch

chiết [6, 7]. Gần đây, các nghiên cứu ứng dụng thành phần chiết tách từ hạt chùm ngây để loại bỏ vi khuẩn trong nước đang được quan tâm. Cụ thể, các cột lọc bọc/phủ protein từ hạt chùm ngây đã được phát triển thông qua việc phủ MOCP lên các vật liệu lọc như cát và các vật liệu khác [8-10]. Các protein mang điện tích dương từ hạt chùm ngây có khả năng hấp phụ mạnh lên bề mặt các vật liệu này thông qua tương tác điện tích, do các vật liệu thường mang điện tích âm trong môi trường pH trung tính (5-8). Các cột lọc được bọc MOCP cho thấy hiệu quả cao trong việc loại bỏ vi khuẩn, với hiệu suất đạt $7,1 \pm 0,4 \log_{10}$ đối với vật liệu lọc bằng cát và $7,65 \pm 0,23 \log_{10}$ đối với các vật liệu sợi. Khi so sánh với các công nghệ xử lý nước hiện nay, bộ lọc MO cho thấy ưu thế vượt trội so với các phương pháp truyền thống như keo tụ-lắng ($0,4-2,63 \log_{10}$), lọc cát nhanh ($0,26-0,49 \log_{10}$) [4], và lọc cát chậm ($1,26-2,8 \log_{10}$) [11]. Mặt khác theo QCVN 01-1:2024/BYT của Bộ Y tế về Quy chuẩn nước sạch dùng cho ăn uống quy định về mặt vi sinh, vi khuẩn *E.coli*, *Coliform* phải ở mức không phát hiện. Điều đó chứng tỏ cần có các phương pháp loại bỏ vi khuẩn và vi rút trong nước hiệu quả để áp dụng ở quy mô nhỏ không thể sử dụng phương pháp dùng hóa chất khử trùng hoặc các phương pháp sử dụng đèn UV hoặc khử Ozon như hiện nay.

Trong thực tế, hiệu quả xử lý có thể bị ảnh hưởng bởi các thành phần phức tạp trong nguồn nước tự nhiên, chẳng hạn như các hợp chất hữu cơ. Bên cạnh đó, hầu hết các nghiên cứu hiện nay đều tập trung vào vi rút thực khuẩn thể MS₂ vốn khác biệt đáng kể về kích thước, hình dạng và điện tích so với các vi khuẩn gây bệnh thường gặp trong môi trường nước, cũng như là chất chỉ thị yêu cầu kiểm soát đối với nước sinh hoạt [3] như *E. coli*, *Coliform*, enterovirus và rotavirus. Chính vì vậy, nghiên cứu này tập trung đánh giá khả năng loại bỏ vi khuẩn *E. coli* của cột lọc sử dụng các vật liệu được bọc MOCP được chiết tách từ hạt chùm ngây Việt Nam, nghiên cứu điển hình với cát lọc, than hoạt tính có nguồn gốc xuất xứ khác nhau đang được ứng dụng trong công nghệ lọc nước.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Hạt chùm ngây được sử dụng trong nghiên cứu này được thu hoạch tại tỉnh Đắk Lắk, Việt Nam. Các hạt được bảo quản ở nhiệt độ phòng (25 - 30°C) trước khi sử dụng. Mẫu nước nhân tạo có vi khuẩn *E.coli*; *Coliform* được pha từ mẫu gốc có nồng độ từ 6 - 8 log₁₀ nuôi cấy ở 37°C trong môi trường Luria-Bertani (LB), dung dịch muối NaCl có nồng độ 0.3 mol/L được pha từ hóa chất NaCl có độ tinh khiết 99,9%. Cát lọc có kích thước từ 0,1 mm đến 2 mm được dùng trong lọc nước là loại cát có thành phần chính là silicon dioxit (SiO₂), thường có màu trắng, trắng ngà, màu vàng được mua tại Công ty TNHH nước Vũ Trụ.

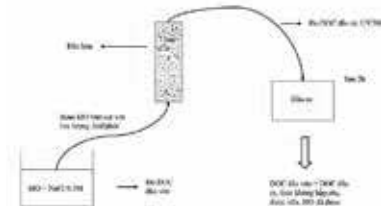
Than hoạt tính sử dụng trong nghiên cứu gồm than Anthracite (ký hiệu AC-VN -01) và than hoạt tính Norit (ký hiệu AC-VN -02) có kích thước từ 0,3 mm đến 2 mm được mua tại thị trường Việt Nam. Than hoạt tính xuất xứ Nhật Bản (ký hiệu AC-JB-03) được cung cấp bởi Phòng phát triển và đầu tư, Bộ phận sở hữu trí tuệ, Tập đoàn Sony, Tokyo 108-0075, Nhật Bản.

2.2. Quy trình bọc MOCP lên các vật liệu lọc khác nhau

Hạt chùm ngây được bóc vỏ ngoài và sấy khô ở 45°C đến khi đạt khối lượng không đổi, sau đó được nghiền bằng cối hoặc máy xay. Với 5 gam hạt chùm ngây đã nghiền được cho vào 100 ml nước RO hoặc dung dịch NaCl với nồng độ 0,3M, khuấy bằng máy khuấy từ ở tốc độ 150 vòng/phút trong 30 phút. Hỗn hợp sau đó được lọc qua giấy lọc 0,45 µm; dung dịch thu được sau lọc qua giấy lọc là MOCP (thành phần protein mang điện tích dương) [12].

Than hoạt tính và cát ở kích thước khác nhau được rửa sạch, sấy khô ở nhiệt độ 105°C đến khi khối lượng không đổi. Sau đó vật liệu được nhồi vào cột thủy tinh (Bio-Rad, Hercules, CA) có chiều dài 10

cm và đường kính trong 1,5 hoặc 1 cm (Hình 1). Sử dụng bơm lưu lượng bơm từ từ MOCP vào cột lọc với tốc độ dòng 2 ml/ phút cho đến khi thí nghiệm nồng độ đầu vào MO và sau cột lọc bằng nhau. Xác định nồng độ TOC hoặc UV 280 để đánh giá khả năng hấp phụ MO đối với các vật liệu khác nhau và chụp SEM bề mặt vật liệu sau khi bọc để đánh giá khả năng bọc MOCP lên vật liệu.

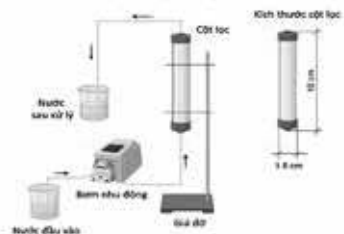


Hình 1. Quy trình bọc MOCP lên các vật liệu khác nhau

2.3. Quy trình vận hành đánh giá khả năng loại bỏ vi khuẩn của các vật liệu khác nhau

Thông số cột lọc được thể kể với chiều cao 10 cm, đường kính cột lọc 1,6 cm. Vật liệu sử dụng gồm cát lọc; than hoạt tính xuất xứ Việt Nam, than hoạt tính xuất xứ của Nhật Bản. Kích thước hạt vật liệu từ 0,1mm đến 0,6 mm; 1mm đến 2 mm. Các thông số vận hành cột lọc gồm tốc độ dòng chảy là 2,096 ml/phút; khối lượng vật liệu: 4,3 gam; thể tích cột lọc: 20,096 cm³; thời gian lưu nước: 10 phút; thời gian lấy mẫu phân tích: 20 phút/lần; Chỉ tiêu phân tích: pH, EC, TOC, vi khuẩn *E.coli*. Sau khi xác định được MOCP đã được bọc lên vật liệu, tiến hành thí nghiệm đánh giá khả năng loại bỏ *E.coli* với nước nhân tạo có nồng độ từ 3 log₁₀ đến 6 log₁₀ vi khuẩn/ml, nước đầu vào để đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn không có COD, amoni hay các hợp chất ô nhiễm khác.

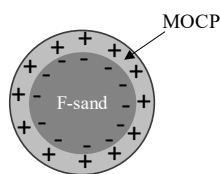
Cột lọc quy mô phòng thí nghiệm được thiết kế theo thông số kỹ thuật và lưu lượng như Hình 2.



Hình 2. Cột lọc loại bỏ vi khuẩn - vi rút quy mô phòng thí nghiệm

2.4. Lựa chọn và đặc trưng vật liệu lọc được phủ/bọc MOCP

Như chúng ta đã biết protein mang điện tích dương trong hạt chùm ngây MOCP có nhiều ưu điểm, tuy nhiên sử dụng MOCP xử lý nước có một nhược điểm lớn đó là làm tăng hàm lượng chất hữu cơ trong nước sau xử lý. Điều này dẫn đến hàng loạt các vấn đề như ảnh hưởng đến hiệu quả khử trùng, tạo ra sản phẩm phụ của quá trình khử trùng bằng clo và gia tăng sự tái phát triển vi khuẩn trong nước sau xử lý [13]. Do đó, khả năng ứng dụng MOCP bị hạn chế và không phù hợp đối với các hệ thống xử lý quy mô lớn. Để khắc phục vấn đề này, một số giải pháp đã được đề xuất ví dụ như, tối ưu hóa liều lượng MOCP, kết hợp giữa MOCP và phèn nhôm, kết hợp sử dụng MOCP và màng siêu lọc (UF), và áp dụng kỹ thuật sắc ký khí trao đổi ion để tinh sạch MOCP. Đáng chú ý hơn, gần đây Jerri và cộng sự [14] đã đưa ra giải pháp mới bằng cách bao phủ MOCP lên bề mặt vật liệu cát silica và sử dụng vật liệu này để xử lý nước (vật liệu lọc được bao phủ bởi MOCP được gọi là f-sand). Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng MOCP có thể hấp phụ lên bề mặt vật liệu cát silica do tương tác tĩnh điện trái dấu giữa MOCP và cát silica. Do đó, sử dụng f-sand xử lý nước có thể khắc phục được nhược điểm so với khi sử dụng trực tiếp MOCP (không làm gia tăng hàm lượng chất hữu cơ trong nước sau xử lý).



Hình 3. Cát silica bao phủ bởi MOCP

Nghiên cứu của Jerri [14] đã mở ra cách tiếp cận mới trong việc sử dụng MOCP cho quá trình lọc nước thay vì keo tụ như các nghiên cứu trước đây. Gần đây, Xiong, 2018 [10] nghiên cứu cột lọc sử dụng f-sand để loại bỏ hạt cặn (hạt polystyrene, kích thước 1µm) và vi khuẩn chỉ thị *E.coli* trong nước. Kết quả chỉ ra rằng sử dụng cột lọc với vật liệu cột lọc ở điều kiện tối ưu có thể loại bỏ hạt cặn khoảng 3-4 log₁₀ và loại bỏ *E.coli* trên 8 log₁₀. Với kết quả này, quá trình lọc sử dụng cột lọc cho thấy khả năng loại bỏ *E.coli* hiệu quả hơn rất nhiều so với quá trình keo tụ sử dụng MOCP trong các nghiên cứu trước đây (thường nhỏ hơn 4 log₁₀). Hiện tại cơ chế loại bỏ vi rút của f-sand chưa được hiểu rõ hoàn toàn. Hạt cây chùm ngây có chứa các protein mang điện tích dương (MOCP) trong khi vi rút trong nước thường có điện tích âm ở điều kiện pH trung tính do có điểm đẳng điện tích nhỏ hơn 7.0. Do vậy, quá trình hấp phụ do tích điện trái dấu giữa MOCP của f-sand và vi rút được xem là quá trình quan trọng trong việc loại bỏ vi rút [15]. Từ những luận giải trên, nghiên cứu sử dụng các vật liệu bao gồm: Cát lọc tương tự như các nghiên cứu của Xiong [10] Samineni [9] có nguồn gốc vật liệu xuất xứ tại Việt Nam; than hoạt tính được lựa chọn là than hoạt tính Anthracite Việt Nam; than Norit và than được sản xuất tại Nhật Bản.

2.4.1. Cát lọc

Cát lọc có kích thước từ 0,1 mm đến 2 mm được dùng trong lọc nước là loại cát có thành phần chính là silicon dioxit (SiO₂), thường có màu trắng, trắng ngà, màu vàng. Công thức hợp chất của nó là silicon dioxide (SiO₂). Cát vàng có độ cứng cao, tính đàn hồi, chịu được sự mài mòn. Loại cát sử dụng trong nghiên cứu là loại cát thạch anh có độ tinh khiết rất cao với thành phần SiO₂ ≥ 99,4%, tạp chất thấp (Al₂O₃ và Na₂O khoảng 0,1%; Fe₂O₃ < 0,1%). Cát có kích thước hạt đa dạng gồm 0,4-0,8 mm; 0,7-1,2 mm; và 1-2 mm, phù hợp cho hệ thống lọc nước. Tỷ trọng khoảng 1.400 kg/m³, hàm lượng đất sét ≤ 0,1% và độ hòa tan trong HCl ≤ 0,2%, cho thấy độ sạch và tính ổn định hóa học cao. Với độ cứng Mohs khoảng 7,5, cát có khả năng chịu mài mòn tốt. Hạt cát có hình dạng sắc cạnh, màu từ trắng ngà đến vàng nâu, phù hợp cho ứng dụng trong các cột lọc và xử lý nước.

2.4.2. Than hoạt tính

Than hoạt tính được sử dụng rộng rãi trong xử lý nước sinh hoạt nhờ các đặc tính hấp phụ vượt trội và tính ổn định cao trong môi trường nước. Vật liệu này sở hữu diện tích bề mặt lớn, cấu trúc mao quản phát triển, cho phép loại bỏ hiệu quả nhiều nhóm chất ô nhiễm, bao gồm hợp chất hữu cơ hòa tan, chất gây mùi - vị, các sản phẩm phụ khử trùng, kim loại nặng, và một phần vi sinh vật thông qua cơ chế hấp phụ bề mặt. Những ưu điểm này khiến than hoạt tính trở thành vật liệu hấp phụ thích hợp trong hệ thống xử lý nước sinh hoạt, đặc biệt khi kết hợp với các vật liệu mới như MOCP từ hạt Moringa nhằm tăng cường khả năng loại bỏ vi sinh và các chất ô nhiễm hữu cơ. Nghiên cứu sử dụng than hoạt tính mua tại Việt Nam gồm hai loại phổ biến được dùng trong công nghệ lọc nước gồm: Than hoạt tính anthracite (AC-VN -01) và than hoạt tính hoạt (AC-VN -02). Thông số kỹ thuật của hai loại than sử dụng cho nghiên cứu khá giống nhau. Diện tích bề mặt khoảng 700 - 900 m²/g, độ ẩm của than <5%. Trước khi thí nghiệm, than được sấy khô cho đến khối lượng không đổi ở 52°C. Các hệ số khác gồm hệ số đồng nhất, hàm lượng tro và độ cứng của hai loại than là gần như nhau. Với các đặc tính kỹ thuật trên cả hai loại than được đánh giá có khả năng hấp thụ hiệu quả các hợp chất hữu cơ, clo, mùi vị lạ, hợp chất trihalomethane (THM),

TCE, hóa chất nông nghiệp... Phù hợp với xử lý nước sinh hoạt, nước uống tinh khiết, dược phẩm, xử lý công nghiệp. Than hoạt tính Nhật Bản có kích thước hạt 0,23-0,50 mm, cấu trúc lỗ rỗng lớn tạo diện tích tiếp xúc trong cột lọc. Diện tích bề mặt đạt 376 m²/g, cho thấy khả năng hấp phụ cao. Nhìn chung, đây là loại than hoạt tính chất lượng cao, cấu trúc vi mao quản đồng đều, phù hợp để phủ MOCP và tăng khả năng loại bỏ vi khuẩn trong các hệ thống lọc nước quy mô nhỏ.

2.5. Phân tích các chỉ tiêu vi khuẩn

Các chỉ tiêu hóa lý vi sinh được phân tích tại phòng thí nghiệm Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Giá trị pH được đo bằng máy đo pH (Sens ion+ pH; HACH), Độ dẫn điện (EC) được đo bằng máy đo EC (Sens ion EC; HACH). Nước sử dụng để pha mẫu nước chứa vi khuẩn đã khử trùng bằng đèn UV trong thời gian 10 phút, các dụng cụ đựng mẫu và mọi vật tư trong quá trình thử nghiệm vi khuẩn đều được khử trùng bằng sấy ở 65 độ hoặc chiếu qua đèn UV trong khoảng thời gian 10 phút. Mẫu nước chứa vi khuẩn được bảo quản ở tủ lạnh 0 đến -4°C. Phương pháp phân tích nồng độ vi khuẩn *E.coli*, *Coliform* trong mẫu nước là phương pháp đếm khuẩn lạc trên đĩa theo TCVN 6187-1:2009: Chất lượng nước

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

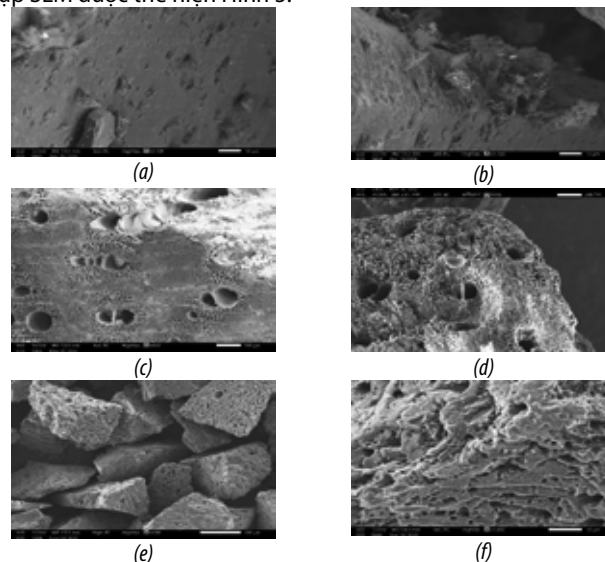
3.1. Đặc trưng hóa học và hình thái của vật liệu lọc

Cát lọc có kích thước từ 0,1 mm đến 2 mm được dùng trong lọc nước là loại cát có thành phần chính là silicon dioxit (SiO₂), thường có màu trắng, trắng ngà, màu vàng. Công thức hợp chất của nó là silicon dioxide (SiO₂). Cát vàng có độ cứng cao, tính đàn hồi, chịu được sự mài mòn.



Hình 4. Hình ảnh SEM cát khi bọc MOCP

Kết quả Hình 4 ban đầu thấy rằng một phần dung dịch MOCP được chiết bằng dung dịch muối có thể bám lên bề mặt cát. Thí nghiệm sẽ thử nghiệm khả năng loại bỏ vi khuẩn của nó. Kết quả sau khi bọc MOCP than hoạt tính thấy rõ sự khác nhau qua hình ảnh chụp SEM được thể hiện Hình 5.



Hình 5. Hình ảnh than hoạt tính sau khi bọc MOCP: a) Than Anthracite (Việt Nam); b) Than Anthracite bọc MOCP; c) Than Norit; d) Than Norit bọc MOCP; e) Than Nhật Bản; f) Than Nhật Bản bọc MOCP

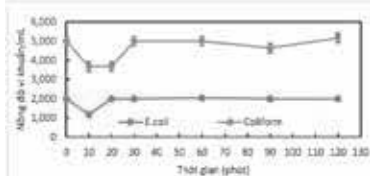
Kết quả chụp SEM bề mặt than hoạt tính trước và sau khi bọc MOCP được chiết tách bằng muối và bằng nước chỉ ra với than hoạt tính AC-VN-01 bề mặt than ít lỗ rỗng, hình ảnh trước và sau bọc không có sự khác biệt nhiều. Mặt khác, đối với than AC-VN-02 và than xuất xứ Nhật Bản AC-JB-018 cho thấy cấu trúc bề mặt than xốp, lỗ rỗng lớn, và khi bọc MOCP lên có thấy các chấm trắng hình thành bám trên bề mặt than. Dự đoán đây là các thành phần MOCP bám vào các lỗ rỗng. Kết quả đánh giá khả năng loại bỏ vi khuẩn được trình bày ở mục 3.2 và 3.3.

3.2. Đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn của cột lọc cát

Cát lọc có kích thước từ 0,3 mm đến 0,6 mm sau khi được bọc MOCP (MOCP chiết tách bằng nước hoặc bằng dung dịch muối 0,3). Quy trình chiết tách và bọc MOCP lên cát được trình bày ở mục 2.2 và các thông số chạy thông số được mô tả ở mục 2.3, các kết quả được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Nồng độ COD của nước sau cột lọc cát được bọc MOCP theo thời gian

Ký hiệu mẫu	Thời gian phút	pH	COD mg/l
MAC0	0	6,55	0
MAC1	10	7,03	252
MAC2	20	7,08	27
MAC3	30	6,89	10
MAC4	60	7,19	2
MAC5	90	6,99	<0.02
MAC6	120	7,6	<0.02



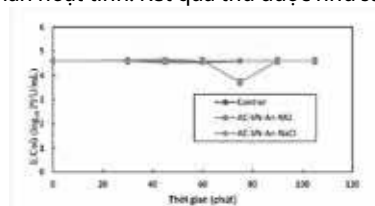
Hình 6. Nồng độ vi khuẩn *E.coli*, *Coliform* qua cột lọc cát có bọc MOCP chiết tách bằng dung dịch muối

Cột lọc cát thường loại bỏ được 1-2 log₁₀ (90-99%) vi khuẩn, chủ yếu nhờ cơ chế giữ lại cơ học (lọc cặn) và hấp phụ sinh học ở lớp cát. Hình 6 cho thấy cát sau khi bọc MOCP với đầu vào nồng độ vi khuẩn *E.coli* và *Coliform* khoảng 2 log₁₀ PFU/mL đến 5 log₁₀ PFU/mL không có khả năng tiêu diệt hay hấp phụ. Thực tế sau khoảng 20 đến 30 phút nồng độ vi khuẩn và vi rút vẫn ở khoảng 2 log₁₀ PFU/mL. Mặt khác, ngay sau 20 phút vận hành, nồng độ COD nước đầu ra tăng vọt từ 0 lên trên 140 mg/l, điều đó thể hiện khả năng MOCP chiết tách từ hạt chùm ngây không bám được trên bề mặt cát bền vững. Điều này có thể giải thích do bề mặt cát trơ và không có điện tích. Như vậy, cát vàng khi bọc MOCP khả năng loại bỏ vi khuẩn (*Coliform*, *E.coli*) gần như không đáng kể, dao động và không ổn định. Kết quả này khá trái ngược với nghiên cứu của Xiong, 2018 [10] đã sử dụng chiết xuất protein mang điện tích dương trong hạt chùm ngây sau đó bọc lên cát ở kích thước 0,3 đến 0,6 mm, kết quả cho thấy f-sand loại bỏ hơn 8 log vi khuẩn *E. coli* và khoảng 4 log hạt polystyrene, vượt trội so với cát thông thường. Tuy nhiên nghiên cứu của Xiong (2018) có thay đổi điện tích bề mặt cát (tạo thành f-sand), giúp tăng cường khả năng bắt giữ vi khuẩn và hạt cặn nhờ tương tác tĩnh điện. Như vậy nếu không thay đổi điện tích bề mặt vật liệu khó có thể tăng khả năng bám dính cũng như khả năng tiêu diệt vi khuẩn và vi rút của cát lọc bọc MOCP.

3.3. Đánh giá khả năng loại bỏ vi khuẩn E.coli của than hoạt tính

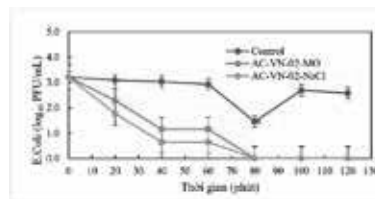
Nghiên cứu sử dụng than hoạt tính mua tại Việt Nam gồm 02 loại phổ biến được dùng trong công nghệ lọc nước gồm: Than hoạt tính Antracit (AC-VN-01) và than hoạt tính hoạt Norit (AC-VN-02) và

so sánh với một loại than được sản xuất tại Nhật, đang trong thời gian thử nghiệm với mục đích loại bỏ vi rút được ký hiệu (AC-JB-018) đã được bọc với MOCP chiết với nước và dung dịch muối có nồng độ 0.3M. Chuẩn bị dung dịch chiết MOCP với nước, với dung dịch muối NaCl 0.3M chi tiết được thể hiện kết quả ở mục 3.1. Than hoạt tính kích thước từ 0,1 mm đến 2 mm được rửa sạch với nước tinh khiết, sấy khô để loại bỏ chất bẩn, vi khuẩn... Sau đó được bọc MOCP qua cột thủy tinh (Bio-Rad, Hercules, CA) có chiều dài 10 cm và đường kính trong 1,5 hoặc 1 cm (Hình 2). Sử dụng bơm lưu lượng bơm MOCP từ từ vào cột lọc với tốc độ dòng 2ml/phút cho đến khi thí nghiệm nồng độ đầu TOC của nước đầu vào và sau cột lọc bằng nhau. Khi đó có thể MOCP đã được bão hòa bám trên bề mặt vật liệu than hoạt tính. Kết quả thu được như sau:



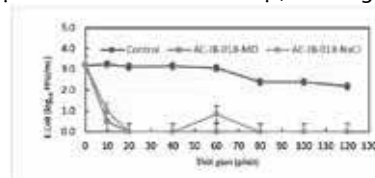
Hình 7. Nồng độ vi khuẩn *E.coli* qua cột lọc than Antracit: AC-VN-01

Thí nghiệm cho thấy với than hoạt tính Antracit (AC-VN-01) gần như không có khả năng loại bỏ vi rút khi được bọc MOCP chiết với nước và dung dịch muối. Điều này có thể giải thích rằng không có lực liên kết hay khả năng bám dính MOCP lên bề mặt than. Mặt khác, do cấu trúc lỗ rỗng của than không nhiều nên khả năng hấp phụ sẽ là kém hơn.



Hình 8. Nồng độ vi khuẩn *E.coli* qua cột lọc than Norit: AC-VN-02

Với than hoạt tính Norit (AC-VN-02) là sản phẩm chất lượng cao, đáng tin cậy trong lĩnh vực lọc nước và xử lý môi trường tại thị trường Việt Nam. Kết quả cũng cho thấy than AC-VN-02 có khả năng loại bỏ vi khuẩn trên 3 log₁₀ sau 80 phút thí nghiệm và duy trì hiệu quả trong các khoảng thời gian tiếp theo. Than hoạt tính AC-VN-02 bọc MOCP chiết xuất bằng NaCl cho hiệu quả tốt hơn MOCP được chiết bằng dung dịch nước tinh khiết. Tại một số thời điểm mặc dù không bọc MOCP than AC-VN-02 vẫn có khả năng loại bỏ khoảng 2 log₁₀ PFU/ml. Điều đó cũng được giải thích do cấu trúc than hoạt tính Norit có kích thước lỗ rỗng tốt và độ xốp cao. Tuy nhiên, khi bọc MOCP có tăng hiệu quả thêm từ 2 đến 3 log₁₀ PFU và sau 80 phút với nồng độ *E.coli* ở 3,3 log₁₀ PFU/ml thì vẫn đạt QCVN 01-1:2024/BYT, Bộ Y tế đối với nước sinh hoạt, ăn uống.



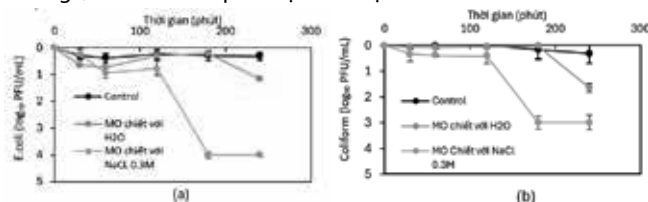
Hình 9. Nồng độ vi khuẩn *E.coli* qua cột lọc than Nhật Bản: AC-JB-018

Với than hoạt tính được sản xuất tại Nhật Bản (AC-JB-018) kết quả chỉ ra khả năng loại bỏ vi khuẩn rất tốt, chỉ sau 20 phút cả than có bọc MOCP được chiết tách bằng nước và NaCl 0,3M đều cho hiệu quả loại bỏ vi khuẩn *E.coli* đạt trên 3 log₁₀ PFU/mL, đạt hiệu quả 100% duy trì liên tục đến 100 phút thì có xu hướng giảm khả năng loại bỏ vi khuẩn. Kết quả này bước đầu cho thấy hiệu quả của việc bọc MOCP lên than hoạt

tính làm tăng khả năng loại bỏ vi khuẩn *E.coli* của vật liệu lọc với tác dụng của MOCP và khả năng loại bỏ *E.coli* hiệu quả hơn rất nhiều so với quá trình keo tụ sử dụng MOCP trong các nghiên cứu trước đây (thường nhỏ hơn $4 \log_{10}$) [10,11]. So sánh với công nghệ màng áp lực với khả năng loại bỏ vi khuẩn như ultrafiltration (UF) và reverse osmosis (RO) cho thấy hiệu thấp hơn. Màng UF thường đạt hiệu quả loại bỏ khoảng $4 \log_{10}$, còn màng RO có thể đạt trên $6 \log_{10}$, đảm bảo gần như loại bỏ hoàn toàn vi khuẩn. Tuy nhiên, thấy rằng cột than hoạt tính phủ MOCP cũng đạt hiệu quả loại bỏ vi khuẩn khoảng $4 \log_{10}$, tương đương với hiệu suất của màng UF nhưng với chi phí thấp hơn đáng kể và yêu cầu vận hành đơn giản hơn. Điều này chứng minh tiềm năng của vật liệu than hoạt tính kết hợp MOCP như một giải pháp hấp phụ – khử trùng hiệu quả, khả thi cho các hệ thống xử lý nước sinh hoạt quy mô hộ gia đình hoặc cộng đồng. Kết quả đạt được cũng nhấn mạnh vai trò của MOCP trong việc tăng cường chức năng loại bỏ vi sinh trên nền vật liệu hấp phụ truyền thống, vượt trội rõ rệt so với cát lọc thông thường.

3.4. Cơ chế loại bỏ vi khuẩn của MOCP

Các nghiên cứu sử dụng hạt chùm ngây, đặc biệt là thành phần chiết tách MOCP bằng muối hoặc nước được ứng dụng trong quy trình cột lọc để loại bỏ vi sinh vật gây bệnh, bao gồm cả vi khuẩn và vi rút có trong nước được phát triển [8-10]. Các protein mang điện tích dương chiết tách từ MO có khả năng hấp phụ mạnh lên bề mặt các vật liệu thông qua tương tác điện tích, do các vật liệu thường mang điện tích âm trong môi trường pH trung tính (5-8). Tuy nhiên, các nghiên cứu chưa chỉ rõ được cơ chế loại bỏ vi khuẩn là cơ chế tiêu diệt hay cơ chế hấp phụ lên vật liệu khác nhau. Nghiên cứu thực hiện thí nghiệm sử dụng 100 ml nước với tỷ lệ 50 ml H₂O và 50ml dung dịch MOCP được chiết bằng nước và chiết bằng dung dịch muối nồng độ 0,3M. Thí nghiệm với nồng độ *E.coli* và *Coliform* ban đầu là $4 \log_{10}$ PFU/ml. Kết quả được thể hiện ở Hình 10.



Hình 10. Khả năng loại bỏ vi khuẩn của các dung dịch chiết MOCP : a) *E.coli*; b) *Coliform*

Từ kết quả thu được, MOCP được chiết xuất với nước và dung dịch muối nồng độ 0,3M đều có khả năng tiêu diệt vi khuẩn *E.coli* và *Coliform* sau khoảng 10 phút. Tuy nhiên, để tiêu diệt hoàn toàn cần thời gian nhiều hơn 120 phút thì lượng vi khuẩn trong cốc MOCP chiết với muối bị tiêu diệt, tức là khả năng loại bỏ khoảng $4 \log_{10}$ đối với cả 2 loại vi khuẩn. Mặt khác, với MOCP chiết xuất với nước, khả năng tiêu diệt kém hơn, không tiêu diệt hoàn toàn được vi khuẩn, khả năng loại bỏ khoảng $2 \log_{10}$ đối với cả 2 loại vi khuẩn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá hiệu quả loại bỏ vi khuẩn của các vật liệu lọc được phủ protein mang điện tích dương MOCP chiết xuất từ hạt chùm ngây Việt Nam bằng hai phương pháp chiết tách (nước và dung dịch NaCl 0,3M). Kết quả cho thấy MOCP chiết bằng dung dịch muối có khả năng diệt khuẩn mạnh hơn, đạt mức loại bỏ đến $5 \log_{10}$ đối với *E.coli* và *Coliform*, trong khi MOCP chiết bằng nước chỉ đạt khoảng $2 \log_{10}$.

Trong số các vật liệu được khảo sát, cát vàng không thể hiện hiệu quả loại bỏ vi khuẩn do MOCP không bám bền vững và dễ bị rửa trôi. Than hoạt tính Norit cho thấy khả năng loại bỏ vi khuẩn cao khi được phủ MOCP, trong khi than Nhật Bản cho hiệu quả vượt trội, loại bỏ gần như hoàn toàn vi khuẩn chỉ sau 20 phút mặc dù than có bọc MOCP chiết bằng nước hoặc bằng dung dịch NaCl.

Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng MOCP kết hợp với các vật liệu lọc có cấu trúc lỗ xốp phù hợp cho xử lý nước sinh hoạt quy mô nhỏ. Tuy nhiên, để nâng cao hiệu quả và tính ổn định, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào tối ưu hóa phương pháp phủ MOCP, cải thiện độ bám của protein lên vật liệu và đánh giá khả năng loại bỏ vi rút trong điều kiện nước tự nhiên phức tạp hơn.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) cho đề tài “Phát triển công nghệ lọc nước sử dụng keo chiết xuất từ hạt cây chùm ngây xử lý vi rút gây bệnh trong nước ăn, uống”, mã số: 10/2022/TN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nordmark, B. A.; Przybycien, T. M. & Tilton, R. D. (2016). Comparative Coagulation Performance Study of Moringa Oleifera Cationic Protein Fractions with Varying Water Hardness. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4): 4690-4698.
- [2]. Ndagengesere, A.; Narasiah, K. S. & Talbot, B. G. (1995). Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using Moringa Oleifera. *Water research*, 29(2): 703-710.
- [3]. Yamaguchi, N. U.; Cusioli, L. F.; Quesada, H. B.; Ferreira, M. E. C.; Fagundes-Klen, M. R.; Vieira, A. M. S.; Gomes, R. G.; Vieira, M. F. & Bergamasco, R. (2021). A Review of Moringa Oleifera Seeds in Water Treatment: Trends and Future Challenges. *Process Safety and Environmental Protection*, 147: 405-420.
- [4]. Kato, R.; Asami, T.; Utagawa, E.; Furumai, H. & Katayama, H. (2018). Pepper Mild Mottle Virus as a Process Indicator at Drinking Water Treatment Plants Employing Coagulation-Sedimentation, Rapid Sand Filtration, Ozonation, and Biological Activated Carbon Treatments in Japan. *Water Research*, 132: 61-70.
- [5]. Mageshkumar, M. & Karthikeyan, R. (2016). Modelling the Kinetics of Coagulation Process for Tannery Industry Effluent Treatment Using Moringa Oleifera Seeds Protein. *Desalination and Water Treatment*, 57(32): 14954-14964.
- [6]. Okuda, T.; Aloysius, U. B.; Wataru, N. & Okada, M. (2001). Isolation and Characterization of Coagulant Extracted from Moringa Oleifera Seed by Salt Solution. *Water research*, 35(2): 405-410.
- [7]. Okuda, T.; Baes, A. U.; Nishijima, W. & Okada, M. (1999). Improvement of Extraction Method of Coagulation Active Components from Moringa Oleifera Seed. *Water research*, 33(15): 3373-3378.
- [8]. Freitas, J. H. E. S.; De Santana, K. V.; Do Nascimento, A. C. C.; De Paiva, S. C.; De Moura, M. C.; Coelho, L. C. B.; Barroso, D.; Oliveira, M. B. M.; Paiva, P. M. G.; Do Nascimento, A. E. & Napoleão, T. H. (2016). Evaluation of Using Aluminum Sulfate and Water-Soluble Moringa Oleifera Seed Lectin to Reduce Turbidity and Toxicity of Polluted Stream Water. *Chemosphere*, 163: 133-141.
- [9]. Samineni, L.; De Respiro, S.; Tu, Y.-M.; Chowdhury, R.; Mohanty, R. P.; Oh, H.; Geitner, M.; Alber, C. H.; Roman-White, A. & McKinzie, S. (2022). Effective Pathogen Removal in Sustainable Natural Fiber Moringa Filters. *npj Clean Water*, 5(1): 27.
- [10]. Xiong, B.; Piechowicz, B.; Wang, Z.; Marinaro, R.; Clement, E.; Carlin, T.; Uliana, A.; Kumar, M. & Velegol, S. B. (2018). Moringa Oleifera F-Sand Filters for Sustainable Water Purification. *Environmental Science & Technology Letters*, 5(1): 38-42.
- [11]. Canh, V. D.; Furumai, H. & Katayama, H. (2019). Removal of Pepper Mild Mottle Virus by Full-Scale Microfiltration and Slow Sand Filtration Plants. *NPJ Clean Water*, 2(1): 18.
- [12]. Nguyen, T. L.; Duong, T. H.; Cao, T. H.; Okuda, T. & Tran, T. V. N. (2025). Enhancement of Practical Use of Natural Coagulant, Moringa Oleifera Extract, by Simple Purification and Optimization of Salt Concentration. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*: 101301.
- [13]. Folkard, G. & Sutherland, J. (2002). Development of a Naturally Derived Coagulant for Water and Wastewater Treatment. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(5-6): 89-94.
- [14]. H.A. Jerri, K. J. A., L.R. McCullough, D. Velegol, S.B. Velegol. (2012). Antimicrobial Sand Via Adsorption of Cationic Moringa Oleifera Protein.
- [15]. Samineni, L.; Xiong, B.; Chowdhury, R.; Pei, A.; Kuehster, L.; Wang, H.; Dickey, R.; Soto, P. E.; Massenburg, L. & Nguyen, T. H. (2019). 7 Log Virus Removal in a Simple Functionalized Sand Filter. *Environmental Science & Technology*, 53(21): 12706-12714.

Quản lý thoát nước khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng thích ứng với biến đổi khí hậu

Urban drainage management in the eastern area of Haiphong City adapts to climate change

> THS NGUYỄN QUANG ANH

Cục Kết cấu hạ tầng xây dựng, Bộ Xây dựng

TÓM TẮT

Hệ thống thoát nước của khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng luôn chịu tác động trực tiếp của chế độ nhật triều. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu phức tạp và mực nước biển dâng, ảnh hưởng của thủy triều lên hệ thống thoát nước đô thị càng trở nên rõ nét. Đối với những trận mưa kéo dài hơn 4 giờ với cường độ trên 100 mm, ngập úng đô thị xảy ra trên diện khá rộng, đặt ra thách thức lớn cho công tác quản lý thoát nước của TP Hải Phòng nói chung và khu vực đô thị phía Đông nói riêng. Trong thời gian qua, mặc dù các cấp, ngành đã nỗ lực trong công tác quản lý và vận hành hệ thống thoát nước đô thị, công tác này vẫn chưa thực sự phát huy hiệu quả. Năng lực tiêu thoát của hệ thống hiện chưa đáp ứng yêu cầu. Bài báo tập trung đánh giá hiện trạng, làm rõ những bất cập, từ đó đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả quản lý thoát nước cho khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng, đồng thời thích ứng với biến đổi khí hậu và hướng tới phát triển bền vững.

Từ khóa: Thoát nước đô thị, thích ứng biến đổi khí hậu, phát triển bền vững.

ABSTRACT

The drainage system of the eastern urban area of Hai Phong City is always directly affected by the diurnal tide regime, especially in the context of complex developments of climate change and rising sea levels, the influence of tides on the urban drainage system is even more evident. For rains lasting more than 4 hours with an intensity of over 100mm, urban flooding occurs over a fairly large area of this urban area, posing a huge challenge to drainage management in Hai Phong city in general and the eastern urban area of the city in particular. In recent times, despite the efforts of all levels and sectors in the management and operation of the urban drainage system, this work has not really been effective, the drainage capacity of the drainage system has not met the requirements. This article focuses on assessing the current situation, clarifying the current shortcomings, thereby proposing a number of solutions to improve the effectiveness of drainage management for the urban area in the East of Hai Phong city to adapt to climate change and sustainable development.

Keywords: Urban drainage, climate change adaptation, sustainable development.

1. KHÁI QUÁT VỀ TP HẢI PHÒNG VÀ KHU VỰC ĐÔ THỊ PHÍA ĐÔNG

TP Hải Phòng, sau khi hợp nhất với tỉnh Hải Dương để hình thành một đơn vị hành chính cấp tỉnh mới, vẫn giữ nguyên tên gọi. Đây là một trong 6 đô thị trực thuộc Trung ương, với tổng diện tích khoảng 3.194,72 km² và quy mô dân số hơn 4,6 triệu người. Thành phố có 114 đơn vị hành chính cấp xã, bao gồm 67 xã, 45 phường và 2 đặc khu (Bạch Long Vĩ và Cát Hải). Sau khi sáp nhập và điều chỉnh địa giới hành chính, TP Hải Phòng tiếp giáp với các tỉnh Quảng Ninh và Bắc Ninh ở phía Bắc, Hưng Yên ở phía Tây và phía Nam, phía Đông giáp Vịnh Bắc Bộ (Biển Đông). Hải Phòng là một thành phố cảng lớn, nằm ở vùng đồng bằng sông Hồng và khu vực Duyên hải Bắc Bộ, phía hạ lưu của hệ thống sông Thái Bình, đồng thời là cửa ngõ ra biển quan trọng của miền Bắc.

Địa hình TP Hải Phòng khá đa dạng và phức tạp, bao gồm cả đất liền và các hải đảo, bị chia cắt bởi sông ngòi và kênh rạch. Khu vực

phía Bắc thành phố và các hải đảo có địa hình bán trung du, với các dãy đồi xen kẽ đồng bằng và núi đá vôi, ví dụ như khu vực Thủy Nguyên và Quần đảo Cát Bà. Khu vực còn lại là vùng đồng bằng thấp, bằng phẳng, nghiêng dần ra biển, chủ yếu được bồi đắp bởi phù sa sông Thái Bình. Thành phố có đường bờ biển dài hơn 125 km cùng nhiều đảo lớn, nhỏ như Cát Bà, Bạch Long Vĩ và Long Châu. Hệ thống sông ngòi dày đặc, chủ yếu thuộc hạ lưu hệ thống sông Thái Bình, chảy ra biển.

Khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng, trước khi sáp nhập, là phần đô thị lõi của thành phố, bao gồm 7 quận: Hồng Bàng, Lê Chân, Ngô Quyền, Hải An, Kiến An, Dương Kinh và Đồ Sơn. Khu vực này có diện tích khoảng 263,2 km² với quy mô dân số khoảng 836.000 người. Địa hình tại đây khá bằng phẳng, cốt san nền hiện trạng tương đối thấp và được bao bọc bởi 4 con sông chính: Sông Bạch Đằng, Sông Cấm, Sông Lạch Tray và Sông Văn Úc. Do đó, hệ thống thoát nước đô thị chịu ảnh hưởng lớn từ chế độ thủy, hải văn.



Hình 1. Vị trí khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng

2. HIỆN TRẠNG HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC KHU VỰC ĐÔ THỊ PHÍA ĐÔNG TP HẢI PHÒNG

Hệ thống thoát nước khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng được xây dựng từ thời Pháp. Qua nhiều thời kỳ, chính quyền thành phố đã quan tâm cải tạo và nâng cấp, nhưng hệ thống vẫn còn chắp vá, thiếu đồng bộ. Hiện nay, mạng lưới thoát nước tại khu vực này đan xen giữa cống cũ và mới, đồng thời vẫn sử dụng hệ thống chung cho cả nước mưa và nước thải sinh hoạt, khiến khả năng tiêu thoát nước không đồng đều.

Mạng lưới cống có kích thước đường cống nhỏ (D400 ÷ D1000) chiếm tỷ lệ lớn (chiếm khoảng 82,66%), cống trực loại từ D1200 ÷ D2000 chiếm tỷ lệ thấp (khoảng 17,34% tổng chiều dài hệ thống thoát nước). Mật độ đường cống thoát nước của 7 quận chỉ đạt 712,1 km/263,2 km² = 2,7 km/km² thấp hơn so với chỉ tiêu theo quy định (đối với đô thị loại I: chỉ tiêu tối thiểu ≥ 4 km/km²).

Các công trình thoát nước đầu mối có: 86,5 ha hồ điều hòa; 3 mương thoát nước chính (mương thoát nước Tây Nam, mương thoát nước Đông Bắc và mương thoát nước An Kim Hải); 18 cống ngăn triều; 6 trạm bơm thoát nước (trong đó 3 trạm đã xây dựng nhưng chưa bàn giao đưa vào vận hành); trên 794,2 km đường cống các loại; khoảng 39.224 ga cống các loại; trên 170 van phai tại các miệng xả ra mương, hồ và sông. Các công trình này hiện nay vẫn đang vận hành ổn định để tiêu thoát nước cho khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng.

Một số dự án lớn, trọng điểm được chính quyền thành phố đầu tư cho hệ thống thoát nước đô thị bao gồm: (1) Dự án Thoát nước và Vệ sinh TP Hải Phòng (Dự án thoát nước 1B). Tổng mức đầu tư dự án là 723.730 triệu đồng. Nguồn vốn vay ODA Phần Lan. Chủ đầu tư thực hiện dự án là Công ty Thoát nước Hải Phòng (nay là Công ty TNHH MTV Thoát nước Hải Phòng). Dự án bắt đầu từ năm 2000 và hoàn thành năm 2007. (2) Dự án thoát nước mưa, nước thải và quản lý chất thải rắn Hải Phòng, giai đoạn 1. Tổng mức đầu tư dự án là 4.711.519 triệu đồng. Nguồn vốn vay ODA Nhật Bản, Chủ đầu tư thực hiện dự án là Ban Quản lý dự án phát triển đô thị và đầu tư xây dựng công trình dân dụng. Dự án bắt đầu từ năm 2020 và hoàn thành năm 2021 (3) Dự án nâng cấp cơ sở hạ tầng khu dân cư thu nhập thấp đô thị Hải Phòng. Tổng mức đầu tư hơn 53 triệu USD do Hiệp hội phát triển quốc tế thuộc Ngân hàng Thế giới (World Bank) tài trợ. Chủ đầu tư là Ban quản lý Dự án nâng cấp đô thị Hải Phòng. Dự án bắt đầu năm 2001 và hoàn thành năm 2014.

Mạng lưới cống chung, tiếp nhận cả nước mưa và nước thải (khoảng 70.000m cống cấp I, II).



Vào sáng ngày 14/10/2025, TP Hải Phòng ghi nhận một trận mưa kéo dài hơn 4 giờ, với lượng mưa đến 11 giờ đạt khoảng 115 mm (theo thống kê của Công ty TNHH MTV Thoát nước Hải Phòng). Thời điểm bắt đầu trận mưa trùng với lúc thủy triều dâng cao, đạt đỉnh vào trưa cùng ngày. Sự kết hợp giữa lượng mưa lớn và triều cường khiến hệ thống thoát nước khu vực đô thị phía Đông gần như tê liệt, dẫn đến ngập lụt trên diện rộng tại nhiều tuyến đường, trong đó có các phường Hồng Bàng, Hồng An, Lê Chân, An Biên, Ngô Quyền, Gia Viên, Hải An và An Hải, như đã được đưa tin rộng rãi.

Tình trạng ngập lụt trên diện rộng gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống của người dân đô thị. Do hệ thống thoát nước hiện vẫn là hệ thống chung, khi ngập lụt xảy ra, nước thải sinh hoạt không được thu gom sẽ phát tán ra môi trường, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm và phát sinh dịch bệnh. Bên cạnh đó, tại một số tuyến đường huyết mạch với lưu lượng phương tiện cao, bao gồm cả xe siêu trường, siêu trọng, ngập nước kéo dài cùng mật độ giao thông lớn sẽ dẫn đến ùn tắc, làm hư hỏng phương tiện và phá vỡ kết cấu mặt đường, khiến các tuyến đường nhanh chóng xuống cấp.



Hình 3. Đường Đinh Tiên Hoàng



Hình 4. Đường Trần Phú

4. HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ THOÁT NƯỚC KHU VỰC ĐÔ THỊ PHÍA ĐÔNG TP HẢI PHÒNG

(1) Đơn vị trực tiếp quản lý, vận hành hệ thống thoát nước là Công ty TNHH MTV Thoát nước Hải Phòng. Công ty có trách nhiệm tổ chức bộ máy, bố trí nhân sự thường trực để bảo đảm sự vận hành liên tục của các công trình thoát nước đầu mối như trạm bơm nước mưa, trạm bơm nước thải, cống ngăn triều, và duy tu, nạo vét bùn mạng lưới ga, cống hiện trạng, mương thoát nước, hồ điều hòa.

(2) Quản lý nhà nước đối với hệ thống thoát nước đô thị TP Hải Phòng thuộc Sở Xây dựng Hải Phòng. Sau khi Nghị định số 80/NĐ-CP ngày 06/8/2014 của Chính phủ về thoát nước và xử lý nước thải có hiệu lực, UBND TP Hải Phòng đã ban hành Quyết định số 47/2017/QĐ-UBND ngày 29/12/2017 về quản lý hoạt động thoát nước đô thị trên địa bàn thành phố. Quyết định này giao Sở Xây dựng Hải Phòng vừa là cơ quan quản lý, vừa là chủ sở hữu hệ thống thoát nước đô thị.

Ngoài việc tổ chức đấu thầu để lựa chọn đơn vị vận hành, bảo trì và bảo vệ hệ thống thoát nước đô thị theo quy định của Nghị định số 32/2019/NĐ-CP ngày 10/4/2019, Sở Xây dựng Hải Phòng còn là cơ quan đầu mối tham mưu và giúp việc cho UBND TP Hải Phòng trong quản lý nhà nước đối với hệ thống thoát nước đô thị. Cụ thể, quy hoạch thoát nước đô thị, quản lý đầu tư xây dựng công trình thoát nước, ban hành cơ chế chính sách liên quan đến hoạt động thoát nước của thành phố, liên quan đến chất lượng dịch vụ thoát nước và giá dịch vụ thoát nước.

5. GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC ĐÔ THỊ PHÍA ĐÔNG TP HẢI PHÒNG

5.1. Nhóm giải pháp phi công trình

a) Rà soát lại quy hoạch đô thị, đặc biệt là các quy hoạch thoát nước

Theo số liệu thống kê trong 30 năm gần đây, số lượng cơn bão cấp 4 và cấp 5 đã tăng gấp đôi. Các cơn bão và hiện tượng thời tiết cực đoan thường gây mưa lớn, kết hợp với triều cường, dẫn đến ngập lụt trên diện rộng, làm tổn thất cơ sở hạ tầng kinh tế và phát sinh các vấn đề xã hội. Do đó, một trong những giải pháp quan trọng trong phòng chống thiên tai và ngập lụt đô thị, cũng như ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng, là trong quá trình quy hoạch cần tính toán kỹ lưỡng và có giải pháp hệ thống tiêu thoát nước phù hợp với cao độ nền hiện trạng đô thị, định hướng phát triển đô thị và các kịch bản biến đổi khí hậu.

Hiện nay, quy hoạch thoát nước của TP Hải Phòng đã được phê duyệt thông qua các quyết định sau: Quyết định số 510/QĐ-UBND ngày 08/03/2018 về Quy hoạch cao độ san nền và thoát nước mặt đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050; Quyết định số 626/QĐ-UBND ngày 27/03/2018 về Quy hoạch thoát nước thải TP Hải Phòng đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050. Tuy nhiên, hai quy hoạch này hiện chưa theo kịp tốc độ đô thị hóa và sự phát triển của thành phố, đặc biệt sau khi sáp nhập với tỉnh Hải Dương. Do đó, việc rà soát, cập nhật, bổ sung và điều chỉnh quy hoạch là cần thiết, đồng thời phải tính đến tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, theo một số nội dung sau:

- Điều tra, khảo sát và đánh giá thực trạng điều kiện tự nhiên - kinh tế xã hội và hệ thống hạ tầng kỹ thuật của khu vực lập quy hoạch;
- Nghiên cứu, đánh giá các điều kiện thủy văn, khí hậu, hiện trạng sông ngòi, ao hồ, các dữ liệu chất lượng nước của các sông, hồ;
- Nghiên cứu, đánh giá tổng hợp và toàn diện hiện trạng thoát nước bao gồm mạng lưới, các công trình đầu mối thoát nước, đặc biệt, khả năng tiêu thoát nước mưa, nước thải và ngập ứng đô thị, khả năng tích hợp đầu mối thoát nước giữa khu vực lập quy hoạch và vùng phụ cận.
- Rà soát, lựa chọn các tiêu chí kinh tế kỹ thuật của hệ thống thoát nước;
- Xây dựng bản đồ hiện trạng ngập ứng đô thị. Trên cơ sở bản đồ ngập ứng đô thị phân tích các yếu tố gây ngập ứng, các khu vực ngập hoặc khu vực có nguy cơ ngập; tình hình ô nhiễm môi trường;
- Xác định các lưu vực thoát nước, dự báo tổng lượng nước mưa, nước thải;

- Lựa chọn mô hình thoát nước, phân tích thủy văn, thủy lực của các giải pháp thoát nước mưa và giải pháp thoát nước và xử lý nước thải;

- Vị trí, quy mô công trình đầu mối, nguồn tiếp nhận và khả năng tiếp nhận. Hướng tuyến, kích thước của mạng lưới cống thoát nước, các điểm xả, cao trình mực nước, lưu lượng xả tối đa, yêu cầu chất lượng nước tại điểm xả.

b) *Quản lý cao độ nền theo quy hoạch đô thị và quy hoạch thoát nước đô thị*

Cao độ nền vừa đóng vai trò mốc cao độ khống chế các công trình hạ tầng như nền mặt đường, cầu, cống, vừa tạo điều kiện phân chia lưu vực tiêu thoát nước, đảm bảo các yếu tố giảm ngập cho đô thị. Sở Xây dựng, trên cơ sở quy hoạch chuyên ngành thoát nước đã được phê duyệt, có trách nhiệm cung cấp thông tin về cao độ nền đô thị cho các tổ chức và cá nhân khi có nhu cầu. Các chủ đầu tư xây dựng công trình phải tuân thủ cao độ nền đô thị theo quy hoạch. Cơ quan thẩm định thiết kế cơ sở và cấp phép xây dựng có trách nhiệm kiểm tra sự phù hợp giữa cao độ thiết kế công trình với cao độ nền đô thị.

c) *Xây dựng bản đồ ngập lụt đô thị*

Giải pháp xây dựng bản đồ ngập lụt đô thị là một quy trình kỹ thuật, ứng dụng công nghệ hiện đại nhằm mô phỏng, dự báo và trực quan hóa các khu vực có nguy cơ bị ngập lụt, mức độ ngập lụt tương ứng với các kịch bản mưa, thủy triều, hoặc sự cố khác nhau.

Trên cơ sở ứng dụng công nghệ GIS (Geographic Information System) để chuyển kết quả mô phỏng (độ sâu ngập, phạm vi ngập, vận tốc dòng chảy, thời gian ngập) thành các lớp bản đồ số:

- Bản đồ độ sâu Ngập: Thể hiện màu sắc khác nhau cho từng mức độ sâu ngập (ví dụ: <0.3m, 0.3-0.6m, >0.6m).
- Bản đồ phạm vi Ngập: Khoanh vùng các khu vực bị ngập.
- Bản đồ rủi ro ngập lụt: Kết hợp bản đồ để xác định khu vực nguy hiểm (độ sâu, vận tốc ngập) với nguy cơ ô nhiễm môi trường do nước thải phát tán và mức độ dễ gây tổn hại để đánh giá tổng thể mức độ rủi ro.

- Hướng tới việc cảnh báo sớm cho người dân đô thị thông qua các phương tiện thông tin đại chúng và thiết bị di động thông minh cá nhân.

d) *Tiếp cận mô hình thoát nước bền vững*

Một trong những nguyên nhân chính của tình trạng úng ngập ở các đô thị là do hiện tượng bề tông hóa mặt đất trong quá trình đô thị hóa làm giảm nghiêm trọng lượng nước mưa ngấm vào đất, chảy vào ao hồ. Phần lớn nước mưa chảy vào hệ thống thoát nước gây quá tải và ngập úng. Nếu quá trình đô thị hóa cứ tiếp tục như vậy thì yêu cầu hệ thống thoát nước phải có đường kính mỗi ngày một lớn hơn thì mới đáp ứng được nhu cầu. Điều đó là bất khả thi với tất cả các đô thị vì cần huy động nguồn kinh phí vô cùng lớn để đầu tư xây dựng.

Vì lý do đó, cách tiếp cận thoát nước bền vững (Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS) là một trong những giải pháp rất hiệu quả. Nguyên lý của SUDS hướng tới việc duy trì các đặc thù tự nhiên của dòng chảy về dung lượng, cường độ và chất lượng. Hệ thống kiểm soát tối đa dòng chảy từ nguồn, giảm thiểu các khu vực tiêu thoát nước trực tiếp, lưu giữ nước tại chỗ để thấm xuống đất, đồng thời kiểm soát ô nhiễm.

Cách tiếp cận của thoát nước mưa bền vững (SUDS) là thoát chậm, thay vì thoát nhanh, nhằm tránh việc lượng nước mưa tập trung lớn trong thời gian ngắn gây quá tải cho mạng lưới cống thu gom và dẫn đến ngập lụt. Vì vậy, cần tổ chức thoát nước mưa bằng cách kết hợp đồng bộ nhiều biện pháp sao cho dòng chảy được kiểm soát chậm, bao gồm: sử dụng hồ điều hòa và bể ngầm diện tích thu gom để truyền dẫn và lưu trữ nước; tận dụng diện tích

bề mặt đô thị bằng cách tăng cường thấm nước qua các thảm cỏ và mảng xanh, vừa giảm ngập, vừa bổ sung hiệu quả nguồn nước ngầm.

Các giải pháp SUDS có thể được phân chia thành 3 cấp độ từ thấp đến cao theo chiều dòng chảy nước mưa như sơ đồ sau:



Tăng cường công tác tuyên truyền, giáo dục, nâng cao nhận thức, ý thức cộng đồng trong việc đồng hành, bảo vệ và phát triển hệ thống thoát nước

Một trong những yếu tố góp phần xây dựng, quản lý và vận hành hệ thống thoát nước hiệu quả tại Nhật Bản là công tác giáo dục và tuyên truyền nâng cao nhận thức của cộng đồng về việc đồng hành, giữ gìn và bảo vệ hệ thống này. Nhật Bản triển khai hoạt động tuyên truyền với nhiều đối tượng và độ tuổi, đặc biệt chú trọng học sinh cấp 1 và cấp 2. Khi có nhận thức đầy đủ, các học sinh này trở thành tuyên truyền viên tích cực, lan tỏa giá trị của việc bảo vệ hệ thống thoát nước đến gia đình và người thân.

TP Hải Phòng và TP Kitakyushu (Nhật Bản) có mối quan hệ rất mật thiết, đặc biệt trong việc hỗ trợ, chia sẻ và học hỏi kinh nghiệm quản lý, vận hành hệ thống thoát nước. TP Hải Phòng nên đẩy mạnh việc áp dụng mô hình tuyên truyền giáo dục nâng cao nhận thức của cộng đồng, đặc biệt từ học sinh và sinh viên, như mô hình mà Kitakyushu đã và đang triển khai. Việc này sẽ góp phần quan trọng vào việc đảm bảo quản lý và vận hành hiệu quả hệ thống thoát nước của thành phố.

5.2. Nhóm giải pháp công trình

a) *Rà soát các dự án thoát nước, bố trí nguồn lực đầu tư cho các công trình thoát nước đầu mối theo quy hoạch đã được phê duyệt, cải tạo các công trình đã bị xuống cấp.*

Năng lực tiêu thoát của hệ thống thoát nước hiện trạng khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng còn hạn chế, do chưa được quan tâm và đầu tư đúng mức. Để nâng cao năng lực tiêu thoát, cần thực hiện các biện pháp: Xây dựng các công trình thoát nước đầu mối, bao gồm trạm bơm cưỡng bức công suất lớn tại các hồ điều hòa và các kênh thoát nước chính, nhằm điều tiết nước khi có mưa lớn kết hợp triều cường; Đầu tư xây dựng các hồ điều hòa theo quy hoạch; Mở rộng các tuyến cống tiêu thoát nước theo quy hoạch; Cải tạo và nâng cấp các tuyến cống hiện có nhưng đã xuống cấp hoặc hư hỏng, không đảm bảo năng lực thoát nước.

Trên cơ sở rà soát các dự án thoát nước của thành phố, cần tập trung nguồn lực để xây dựng đồng bộ hệ thống thoát nước theo quy hoạch và kế hoạch. Trong đó, đặc biệt ưu tiên đầu tư và xử lý các điểm ngập úng cục bộ tại khu vực đô thị trung tâm; cũng như các khu dân cư có hệ thống thoát nước cũ, đã xuống cấp.

b) *Thiết lập các vùng ngập nước tự nhiên và nhân tạo*

Mục đích của việc thiết lập các vùng ngập nước tự nhiên là thúc đẩy khả năng thích ứng với lũ lụt của đô thị. Khả năng thích ứng với lũ của thành phố được hiểu là năng lực chịu đựng ngập

lụt, tức là khả năng chứa lũ trong các vùng ngập tự nhiên. Khả năng chịu đựng ngập lụt là yếu tố quan trọng giúp ngăn ngừa thiệt hại do lũ, quyết định việc liệu thành phố có thích nghi hiệu quả với lũ hay không. Thiết lập không gian chứa lũ trên hệ sinh thái đất ngập nước là giải pháp hiệu quả, vừa nâng cao khả năng chịu đựng lũ, vừa phục hồi các loại hệ sinh thái dọc các dòng sông chảy qua đô thị.

Đất ngập nước có chức năng tự nhiên là truyền tải và lưu trữ dòng chảy. Khi có ngập lụt xảy ra, nước tràn mặt được tách ra khỏi dòng chảy chính và được giải phóng chậm sau khi đỉnh lũ trôi qua. Việc bố trí các vùng đất ngập nước rải rác trong đô thị sẽ giúp phân tán dòng chảy và tăng khả năng lưu trữ nước. Một cách sử dụng hiệu quả diện tích đất trống còn lại trong đô thị, đặc biệt tại các khu vực đông dân cư, là xây dựng các bể chứa đa mục đích để làm chậm lũ và trữ nước, phục vụ cho việc điều tiết dòng chảy khi cần thiết.

Dải trung tâm của khu vực đô thị phía Đông TP Hải Phòng đặc trưng bởi dải công viên dài gần 2 km, trải từ hồ Tam Bạc đến công viên Hải Phòng. Nếu tận dụng diện tích công viên này để làm các bể chứa nước mưa chìm bằng nhựa tái chế, đây sẽ là một giải pháp hữu hiệu và bền vững. Giải pháp này vừa giúp giảm tình trạng ngập khi mưa, vừa dự trữ nước tưới cho diện tích cây xanh lớn của dải công viên.

Từ việc vận hành hiệu quả các bể chứa nước mưa chìm trong diện tích công viên và vườn hoa để lưu trữ, tái sử dụng nước mưa tại dải công viên trung tâm, thành phố Hải Phòng có thể nhân rộng mô hình này sang các công viên và vườn hoa có diện tích lớn trên địa bàn. Giải pháp này giúp tăng cường năng lực lưu trữ và điều tiết nước mưa, đồng thời hỗ trợ bổ sung dung tích cho các hồ điều hòa theo quy hoạch nhưng chưa được triển khai thực tế.

c) Đầu tư và ứng dụng công nghệ số để vận hành đồng bộ các trạm bơm, van phai ngăn triều để điều tiết mức nước đê tại các hồ điều hòa và mương tiêu thoát nước.

Do chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi thủy triều nên mỗi khi có mưa gặp triều cường, khả năng chống ngập của khu vực đô thị lõi của thành phố phụ thuộc vào khả năng lưu trữ của các khoảng 80 ha hồ điều hòa, 3 mương thoát nước chính (Đông Bắc, Tây Nam và An Kim Hải) và sự vận hành 4 trạm bơm nước mưa (Máy Đèn, Vĩnh Niệm, Ba Tổng, Nam Sông Cấm). Vì vậy, việc hạ thấp mực nước đê trong các hồ điều hòa trước khi có mưa lớn là một trong những giải pháp bắt buộc để tăng năng lực trữ nước.

Tuy nhiên, hiện nay việc vận hành các trạm bơm và van phai ngăn triều chính vẫn còn thủ công và rời rạc, tính đồng bộ chưa cao, nên hiệu quả chưa tối ưu. Việc đầu tư xây dựng một trung tâm thông tin để quản lý và vận hành đồng bộ hệ thống bơm chống ngập, vận hành tự động các van phai chắn triều chính, xây dựng bản đồ ngập lụt, quan sát bằng hình ảnh, đồng thời kết nối với trạm dự báo khí tượng thủy văn và chia sẻ thông tin ngập lụt qua phương tiện thông tin đại chúng hoặc ứng dụng điện thoại thông minh, là một giải pháp hiệu quả đã được nhiều quốc gia áp dụng. TP Hải Phòng nên cân nhắc phương án này để từng bước hiện đại hóa và tự động hóa công tác quản lý, vận hành hệ thống thoát nước.

4. KẾT LUẬN

Khu vực đô thị phía Đông của TP Hải Phòng có vị trí chiến lược về chính trị, kinh tế và văn hóa đối với thành phố. Việc nâng cao hiệu quả công tác quản lý và vận hành hệ thống thoát nước khu vực này góp phần cải thiện năng lực tiêu thoát nước hiện

trạng, giảm thiểu ngập lụt cục bộ do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Đồng thời, giải pháp này cũng góp phần duy trì vệ sinh và cảnh quan đô thị, nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân TP Hải Phòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nghị định số 80/2014/NĐ-CP ngày 06/8/2014 của Chính phủ về thoát nước và xử lý nước thải.
- [2]. Quyết định số 47/2017/QĐ-UBND ngày 29/12/2017 quy định quản lý hoạt động thoát nước đô thị trên địa bàn thành phố Hải Phòng.
- [3]. Quyết định số 510/QĐ-UBND ngày 08/3/2018 về Quy hoạch cao độ san nền và thoát nước mặt đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050; Quyết định số 626/QĐ-UBND ngày 27/03/2018 về Quy hoạch thoát nước thải thành phố Hải Phòng đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050.
- [4]. Quyết định số 323/QĐ-TTg ngày 30/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Đồ án điều chỉnh Quy hoạch chung thành phố Hải Phòng đến năm 2040, tầm nhìn đến năm 2050.
- [5]. Thuyết minh Dự án Thoát nước và Vệ sinh TP Hải Phòng (Dự án thoát nước 1B); Thuyết minh Dự án thoát nước mưa, nước thải và quản lý chất thải rắn Hải Phòng, giai đoạn 1; Thuyết minh Dự án nâng cấp cơ sở hạ tầng khu dân cư thu nhập thấp đô thị Hải Phòng.
- [6]. Kế hoạch số 234/KH-UBND ngày 29/9/2020 của UBND TP Hải Phòng về triển khai thực hiện Kế hoạch quốc gia thích ứng biến đổi khí hậu giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [7]. Đánh giá sự thích ứng với ngập lụt đô thị và quản lý thoát nước của Việt Nam dưới tác động của biến đổi khí hậu.
- [8]. Nguyễn Việt Anh (2011), Các giải pháp cấp thoát nước đô thị bền vững để ứng phó hiệu quả với biến đổi khí hậu, Tạp chí Quy hoạch kiến trúc, số 02.2011.
- [9]. Nguyễn Thị Ngọc Dung (2009) Quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2009.
- [10]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016) Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, NXB Tài nguyên môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- [11]. Nguồn tư ảnh tư liệu do Công ty TNHH MTV Thoát nước Hải Phòng cung cấp.

Nghiên cứu sử dụng cát biển để thay thế cốt liệu nhỏ trong bê tông xi măng

Study on the use of sea sand as a replacement for fine aggregate in Cement concrete

> TS NGUYỄN THỊ THÚY HẰNG¹, TS MAI HỒNG HÀ²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM; Email: hangntt@hcmute.edu.vn

²Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; Email: ha.mh@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh nguồn cát sông tại Việt Nam ngày càng khan hiếm, việc tìm kiếm vật liệu thay thế là cần thiết nhằm đáp ứng nhu cầu xây dựng hạ tầng. Cát biển, với sự phân bố rộng rãi tại các khu vực ven biển Việt Nam, là một nguồn tài nguyên tiềm năng nhưng vẫn chưa được khai thác hiệu quả cho sản xuất bê tông. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên bê tông sử dụng cát biển khai thác tại khu vực Phan Rang (tỉnh Ninh Thuận cũ). Các chỉ tiêu cơ lý và hóa học của cát biển được khảo sát trước và sau khi xử lý bằng phương pháp rửa ở nhiệt độ thường và rửa ở nhiệt độ 100°C. Cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo và độ mài mòn của bê tông dùng cát biển sau khi xử lý được xác định. Các cấp phối bê tông được thiết kế và thí nghiệm ở các tuổi 3, 7, 14, 21 và 28 ngày.

Kết quả cho thấy bê tông sử dụng cát biển Phan Rang có khả năng đạt được cường độ nén và cường độ kéo phù hợp với các mức bê tông thông dụng, đồng thời thể hiện khả năng kháng mài mòn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường ô tô cấp III trở xuống. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng của cát biển Phan Rang như một giải pháp thay thế bền vững cho cát sông trong sản xuất bê tông tại khu vực miền Trung Việt Nam.

Từ khóa: Cát biển, bê tông cát biển (BTCB), cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, độ mài mòn.

ABSTRACT

In the context of increasing scarcity of river sand resources in Vietnam, finding alternative materials is necessary to serve infrastructure construction. Sea sand, which is widely distributed along Vietnam's coastal areas, represents a potential resource that has not yet been fully utilized in concrete production. This paper presents the experimental results of concrete made with marine sand collected from Phan Rang (formerly Ninh Thuan Province). The physical, mechanical, and chemical properties of the marine sand were examined before and after treatment by washing at ambient temperature and at 100°C. The compressive strength, flexural tensile strength, and abrasion resistance of concrete incorporating treated marine sand were determined. Concrete mixtures were designed and tested at ages of 3, 7, 14, 21, and 28 days.

The results indicate that Phan Rang marine sand concrete can achieve compressive and tensile strengths comparable to conventional concrete grades, and its abrasion resistance satisfies the technical requirements for concrete pavements of road classes IV and below. The findings confirm the potential of Phan Rang marine sand as a sustainable alternative to river sand for concrete production in the central region of Vietnam

Keywords: Sea sand, Sea sand concrete (BTCB), compressive strength, flexural tensile strength, abrasion resistance.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã tập trung vào việc đánh giá tính khả thi của việc sử dụng cát biển và nước biển trong sản xuất bê tông nhằm giải quyết tình trạng khan hiếm cát sông và hướng tới phát triển bền vững. J.Xiao và cộng sự [1] đã chỉ ra rằng bê tông chế tạo từ cát biển và nước biển có khả năng phát triển cường độ sớm nhanh, đồng thời đạt được cường độ dài hạn tương đương bê tông thường, nhưng vẫn dễ ăn mòn cốt thép do ion chloride là thách thức lớn cần được khắc phục. Nghiên cứu của Dhondy và cộng sự [2] cho thấy việc sử dụng cát biển và nước biển trong bê tông mang lại tính bền vững, đồng thời có thể cải thiện các đặc tính cơ học. Tuy nhiên, vấn đề ăn mòn cốt thép là không thể tránh

khỏi khi dùng bê tông cát biển và nước biển. Giải pháp thay thế là sử dụng cốt sợi polymer không gỉ, giúp giảm chi phí sửa chữa, nâng cao hiệu quả xây dựng và ứng phó với tác động của biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó, Miren Etxeberria [3] đã kiểm chứng sản xuất thực tế các khối kè tại cảng Barcelona bằng bê tông sử dụng cốt liệu tái chế, xỉ thép và nước biển. Kết quả cho thấy hỗn hợp 50% cốt liệu tái chế thô và 50% xỉ thép cho tính chất tối ưu, trong khi nước biển giúp rút ngắn thời gian đông kết, giảm độ rỗng, tăng khả năng chống thấm và cải thiện cường độ nén ở tuổi sớm, đồng thời có thể áp dụng cho các dự án quy mô lớn. Về độ bền lâu dài, Yin Huiguang và cộng sự [4] cho thấy độ bền của bê tông cát biển phụ thuộc mạnh vào thời gian dưỡng hộ, loại cát, lượng nước tiêu thụ và tỷ lệ nước/xi măng; trong đó thời gian

đường hộ là yếu tố quan trọng nhất, và việc kéo dài đường hộ, giảm lượng nước và giảm tỷ lệ nước/xi măng sẽ giúp hạn chế xâm nhập ion chloride, nâng cao độ bền của bê tông. Ngoài ra, các nghiên cứu trong nước như nghiên cứu của tác giả Trương [5] cho thấy cát biển và nước biển tại Hà Tiên là nguồn vật liệu thay thế khả thi cho sản xuất bê tông geopolymere, giúp tiết kiệm nước ngọt và tài nguyên cát sông, đồng thời có thể đạt được cường độ cơ học phù hợp (có thể đạt mức tương đương hoặc cao hơn tùy công thức). Tác giả Hoàng Quốc Gia [6] đã phân tích khả năng thay thế cát sông bằng cát biển. Kết quả nghiên cứu cho thấy cát biển có thành phần hạt và khoáng vật phù hợp để dùng trong xây dựng nếu được xử lý loại bỏ muối và tạp chất.

Cát biển sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ khu vực ven biển Phan Rang, tỉnh Khánh Hòa (tỉnh Ninh Thuận cũ). Sau khi xử lý, cát được đưa vào thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng sử dụng làm cốt liệu nhỏ thay thế cho cát sông trong bê tông xi măng. Các nội dung nghiên cứu chính của bài báo bao gồm:

- Các chỉ tiêu cơ lý và hóa học của cát biển;
- Cường độ chịu nén; mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và thời gian;
- Cường độ chịu kéo khi uốn;
- Độ mài mòn ở trạng thái bão hòa và trạng thái khô.

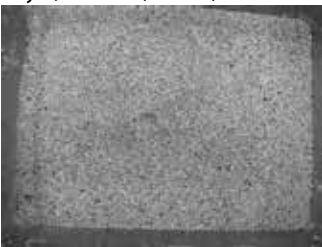
2. VẬT LIỆU VÀ THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu thí nghiệm

2.1.1. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng cát biển lấy ở ven biển khu vực Phan Rang. Cát sau đó được sàng rửa theo hai cách:

- Sàng rửa ở nhiệt độ thường: Mẫu cát được ngâm trong nước ở nhiệt độ môi trường (khoảng 25-30°C) trong thời gian 24 giờ nhằm hòa tan và loại bỏ phần muối bám trên bề mặt hạt cát. Sau giai đoạn ngâm, mẫu được khuấy đều để tăng khả năng tách muối, sau đó sàng qua rây có kích thước lỗ 0,14 mm. Lặp lại 3 lần (Hình 1)
- Sàng rửa ở 100°C: Cát biển được đun sôi đến 100°C trước khi sử dụng cho quá trình rửa. Mẫu cát sau đó được xử lý theo quy trình tương tự như ở nhiệt độ thường, bao gồm ngâm, khuấy và sàng qua rây 0,14 mm. (Hình 2)



Hình 1. Mẫu cát Cat2 sau khi rửa



Hình 2. Mẫu cát Cat3

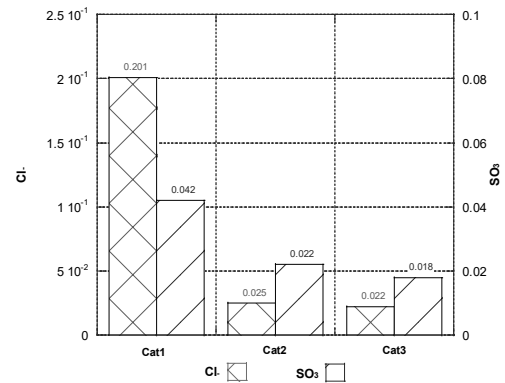
a. Thành phần hóa học

Kết quả thí nghiệm thành phần hóa học của ba mẫu cát: Cat1 (cát chưa được rửa), Cat2 (cát rửa ở nhiệt độ thường) và Cat3 (cát rửa ở nhiệt độ 100°C) được trình bày ở Bảng 1. Mẫu cát biển chưa rửa Cat1 có hàm lượng SiO_2 khoảng 89.94% tương đương với cát sông ở Pakistan trong nghiên cứu của Channa và cộng sự [7] (khoảng 92%-98%), cát sông ở Nigeria trong nghiên cứu của Bala và cộng sự [8] (khoảng 50%-91%) và cát sông ở Việt Nam [6, 9] (khoảng 91%), ngoài ra các oxit khác như Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O ... trong Cat1 cũng có sự chênh lệch không đáng kể so với các nghiên cứu ở [6-9].

Bảng 1. Thành phần hóa học của các mẫu cát

TT	Chỉ tiêu hóa học	Cat1	Cat2	Cat3
1	Al_2O_3	6.645	6.461	6.055
2	BaO	0.017	0.014	0.012
3	CaO	0.579	0.587	0.494
4	Cl	0.201	0.025	0.022

5	Co_3O_4	0.013	0.012	0.004
6	Fe_2O_3	0.605	0.531	0.481
7	K_2O	1.711	1.483	1.394
8	MnO	0.012	0.01	0.009
9	NiO	0.003	0.002	0.002
10	P_2O_5	0.029	0.039	0.032
11	SiO_2	89.940	90.619	91.266
12	SO_3	0.042	0.022	0.018
13	SrO	0.012	0.01	0.01
14	TiO_2	0.096	0.091	0.074
15	WO_3	0.088	0.088	0.12
16	ZnO	0.001	0.001	0.001
17	ZrO_2	0.006	0.005	0.006



Hình 3. Hàm lượng Cl và SO_3 ở 3 mẫu cát

Kết quả thí nghiệm thành phần hóa ở Bảng 1 và Hình 3 cho thấy quá trình rửa đã cải thiện chất lượng của cát, hàm lượng SiO_2 là oxit chủ yếu có trong cát tăng nhẹ ở mẫu cát Cat2 và Cat3 trong khi các oxit khác như Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O thì giảm nhẹ ở mẫu cát được rửa (Cat2 và Cat3), điều này chứng tỏ quá trình rửa đã làm rửa trôi đi các oxit có hại. Các loại muối có gốc Cl, SO_3 cũng được giảm đáng kể. Hàm lượng Cl trong Cat1 là 0.201% nên không thể dùng để chế tạo bê tông theo quy định của TCVN 7570:2025 [10] nhưng với cát biển sau khi rửa Cat2 và Cat3 thì hàm lượng Cl là 0.025% và 0.022% nhỏ hơn giá trị quy định của quy trình (0.05%)

Bảng 2. So sánh với yêu cầu của TCVN 7570:2025

Mẫu cát	Cl^- thực tế	Yêu cầu trong TCVN 7570:2025		Kết luận về Cl^-
		$\leq 0.01\%$ (*)	$\leq 0.05\%$ (**)	
Cat1	0.21%	Lớn hơn rất nhiều → vượt tiêu chuẩn nghiệm trọng		Lớn hơn rất nhiều → vượt tiêu chuẩn nghiệm trọng
Cat2	0.025%	Lớn hơn 2.5 lần	Nhỏ hơn 0.5 lần	Có thể dùng cho (**)
Cat3	0.022%	Lớn hơn 2.2 lần	Nhỏ hơn 0.44 lần	Có thể dùng cho (**)

(*): Bê tông dùng trong các cấu trúc bê tông cốt thép ứng suất trước

(**): Bê tông dùng trong các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép và vừa thông thường

b. Chỉ tiêu cơ lý của mẫu cát Cat2

Mẫu cát Cat2 được chọn làm cốt liệu nhỏ để chế tạo bê tông cát biển Bảng 3. Thành phần hạt của mẫu cát Cat2

Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)		
	Cát sông [11]	Mẫu Cat2	TCVN [10]
5.0	0.0	0.0	0
2.5	6.3	0.3	0-20
1.25	24.2	12.9	15-45
0.63	43.1	39.1	35-70
0.315	70.5	68.9	65-99
0.14	97.9	99.5	90-100

Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý của mẫu cát Cat2

Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Đơn vị	Cát sông	Mẫu Cat2
Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.87	2.87
Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.70	2.70
Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.76	2.76
Độ hút nước	TCVN 7572-4:2006	%	2.25	2.25
Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:2006	g/cm ³	1.35	1.35
Độ rỗng giữa các hạt	TCVN 7572-6:2006	%	45.8	45.8

2.1.2. Cốt liệu lớn

Dùng đá dăm sàng rửa và lựa chọn để có cấp phối hạt như Bảng 4 với $D_{\min} = 4.75$ mm và $D_{\max} = 19$ mm (Hình 4), các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm ở Bảng 5 và Bảng 6 đáp ứng các yêu cầu của TCCS 40:2022/TCĐBVN.



Hình 4. Mẫu đá dăm

Bảng 5. Các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.87
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.70
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	TCVN 7572-4:2006	g/cm ³	2.76
4	Độ hút nước	TCVN 7572-4:2006	%	2.25
5	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:2006	g/cm ³	1.35
6	Độ rỗng giữa các hạt	TCVN 7572-6:2006	%	45.8

Bảng 6. Thành phần hạt của đá dăm

TT	Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)	Lượng lọt qua sàng theo TCCS 40:2022/TCĐBVN (%)
1	25.0	100.00	100
2	19.0	98.14	95-100
3	12.5	68.72	55-70
4	9.50	35.01	25-40
5	4.75	6.28	5-15
6	2.36	2.10	0-5

2.1.3. Chất kết dính

Sử dụng xi măng PCB40 INSEE làm chất kết dính cho bê tông, các chỉ tiêu cơ lý của xi măng được trình bày trong Bảng 7 thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 2682, TCVN 6260

Bảng 7. Các chỉ tiêu cơ lý của xi măng

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm
2	Cường độ chịu nén 28 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	46.2
4	Cường độ chịu kéo khi uốn 28 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	7.2
5	Khối lượng riêng (g/cm ³)	TCVN 4030:2003	3.09
6	Độ nghiêng mịn phương pháp Blaine (cm ² /g)	TCVN 4030:2003	3900
7	Lượng nước tiêu chuẩn (%)	TCVN 6017:2015	32.5

8	Thời gian đông kết (phút)	TCVN 6017:2015	
	+ Bắt đầu		115
	+ Kết thúc		200

2.1.4. Nước

Sử dụng nước máy thỏa mãn yêu cầu theo TCVN 4506:2012 về “Nước trộn bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật”.

2.2. Thiết kế thí nghiệm

2.2.1. Thành phần vật liệu của cấp phối bê tông.

Để tiến hành đánh giá ảnh hưởng của cát biển đối với các đặc tính cơ học của bê tông, Ba loại cấp phối bê tông được chế tạo là BTCB, BTCB50 và BTCS. Trong đó, BTCS được coi là mẫu đối chứng, có thành phần cấp phối được xác định theo “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” do Bộ Xây dựng ban hành [12] (Bảng 8). Dựa trên cấp phối này, hai cấp phối còn lại là BTCB và BTCB50 được hình thành sao cho hàm lượng chất kết dính, cốt liệu lớn và nước hoàn toàn giống với BTCS, nhằm đảm bảo tính đồng nhất và loại bỏ các yếu tố ảnh hưởng khác ngoài thành phần cốt liệu nhỏ. Cụ thể, BTCB là cấp phối bê tông sử dụng 100% cát biển thay thế cốt liệu nhỏ, trong khi BTCB50 sử dụng cốt liệu nhỏ là hỗn hợp giữa cát biển và cát sông theo tỷ lệ 50:50.

Bảng 8. Thành phần vật liệu chế tạo cấp phối (kg/m³)

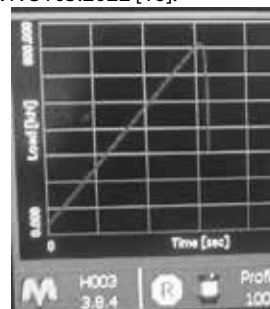
Thành phần	Cấp phối bê tông		
	BTCB	BTCB50	BTCS
Xi măng (kg)	400	400	400
Cát biển (kg)	763	381.5	0
Đá dăm (kg)	1188	891	1188
Cát sông (kg)	0	381.5	763
Nước (lít)	181	181	181
Tỷ lệ N/X	0.45	0.45	0.45

2.2.2. Phương pháp thí nghiệm

Mỗi cấp phối bê tông được chế tạo 5 tổ mẫu lập phương có kích thước 150 x 150 x 150 mm để xác định cường độ chịu nén theo TCVN 3118:2022 [13] (Hình 5) ở các ngày tuổi 3, 7, 14, 21 và 28 ngày. Ngoài ra, 1 tổ mẫu dầm có kích thước 150 x 150 x 160 mm để khảo sát cường độ chịu kéo khi uốn theo TCVN 3119:2022 [14] ở 28 ngày tuổi. Đồng thời, 5 tổ mẫu lập phương có kích thước 70.7 x 70.7 x 70.7 mm để đánh giá độ mài mòn theo TCVN 3114 :2022 [15] (Hình 6) ở các ngày tuổi 3, 7, 14, 21 và 28 ngày. Việc đúc và bảo dưỡng mẫu tuân theo tiêu chuẩn TCVN 3105:2022 [16]. Các tổ mẫu bê tông dùng trong nghiên cứu được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022 [16].



Hình 5. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén



Hình 6. Thí nghiệm xác định độ mài mòn

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

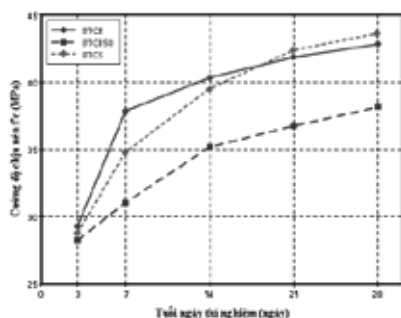
3.1. Cường độ chịu nén

Kết quả cường độ chịu nén (f'_c) của các cấp phối bê tông ở tuổi ngày 3, 7, 14, 21 và 28 được trình bày trong Bảng 9 và Hình 7 và 8.

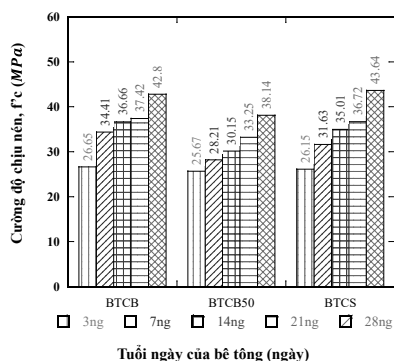
Bảng 9. Cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông ở các tuổi thí nghiệm khác nhau (MPa)

Cấp phối BT	Tuổi bê tông (ngày)				
	3	7	14	21	28
BTCB	29.32	37.85	40.33	41.85	42.80
BTCB50	28.24	31.03	35.17	36.74	38.14
BTCS	28.77	34.79	39.51	42.38	43.64

Hình 8 là biểu đồ tổng hợp của các cấp phối bê tông ở các ngày tuổi khác nhau. Nhận thấy cường độ của cấp phối BTCB và BTCS gần như tương đương nhau (chênh lệch không đáng kể khoảng 1.92%), trong khi đó BTCB50 thì có cường độ ở tuổi 28 ngày nhỏ nhất (nhỏ hơn BTCB khoảng 12% và nhỏ hơn BTCS khoảng 14%). Điều này chứng tỏ việc phối trộn cát biển và cát sông để chế tạo bê tông không có hiệu quả bằng việc thay 100% cát sông để chế tạo bê tông.



Hình 7. Quan hệ giữa cường độ nén và tuổi ngày thí nghiệm



Hình 8. Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu nén ở các tuổi khác nhau

Sự phát triển cường độ bê tông theo thời gian thể hiện ở Hình 7. BTCB có tốc độ phát triển cường độ ở tuổi sớm rất nhanh. Ở tuổi 3 ngày, f'_c của BTCB cao hơn BTCS khoảng 1.9%. Đến tuổi 7 ngày f'_c của BTCB lớn hơn BTCS khoảng 8.8%, cho thấy f'_c ở tuổi 7 ngày của BTCB tăng khoảng 29.12% so với f'_c ở tuổi 3 ngày, trong khi tỷ lệ này ở BTCB50 và BTCS lần lượt là 8.89% và 20.96%. Đến tuổi 14 ngày, mặc dù BTCB vẫn lớn hơn BTCS khoảng 2.0% nhưng tốc độ phát triển chậm lại so với BTCS, f'_c tăng 6.5% so với tuổi 7 ngày, tốc độ tăng này nhỏ hơn BTCS (cường độ chịu nén tăng 13.5% so với cường độ ở tuổi 7 ngày) khoảng 2.07 lần. Đến tuổi 21 và 28 ngày thì f'_c của BTCS nhỏ hơn BTCB lần lượt khoảng 1.2% và 1.9%. Tốc độ phát triển f'_c của BTCB tiếp tục giảm, f'_c ở tuổi 21 và 28 ngày tăng lần lượt khoảng 3.8% so với tuổi 14 ngày, tốc độ này nhỏ hơn BTCB khoảng 1.9 lần ở tuổi 21 ngày và 1.7 lần ở tuổi 28 ngày. Với BTCB50 cường độ và tốc độ phát triển cường độ nhỏ hơn so với BTCB và BTCS

So sánh với bê tông xi măng sử dụng xi thép làm cốt liệu lớn thì BTCB làm mặt đường ô tô trong nghiên cứu [17] của tác giả Trần Trung Hiếu nhận thấy BTXT75 có cường độ nén tương đương với mẫu bê tông sử dụng 33% tro bay, trong khi đó BTXT100 có cường độ nén lớn hơn tất cả các mẫu bê tông xi măng sử dụng tro bay trong nghiên cứu này.

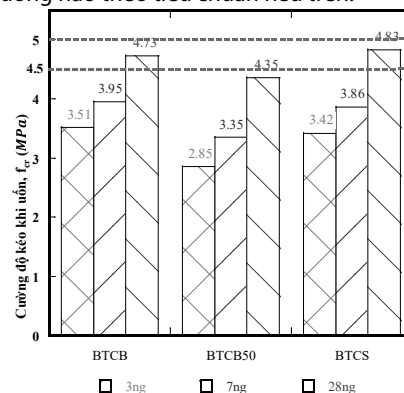
3.2. Cường độ chịu kéo khi uốn

Bảng 10. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn

Tuổi (ngày)	Cường độ chịu kéo khi uốn f_{cr} (MPa)		
	BTCB	BTCB50	BTCS
3	3.50	2.85	3.40
7	3.95	3.35	3.86
28	4.73	4.35	4.83

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn f_{cr} của các cấp phối bê tông ở tuổi 3, 7 và 28 ngày được trình bày trong Bảng 10 và Hình 9. Ở tuổi 3 ngày, BTCB đạt cường độ uốn khoảng 3.51 MPa, trong khi BTCB50 chỉ đạt khoảng 2.85 MPa, và BTCS đạt khoảng 3.42 MPa. Sự khác biệt này cho thấy rằng cát biển đã xử lý thể hiện khả năng phát triển ban đầu tốt hơn so với việc phối trộn 50% cát sông và 50% cát biển, nhưng vẫn hơi thấp hơn nếu so với BTCS. Tốc độ tăng của BTCB và BTCS trong giai đoạn đầu lớn hơn rõ rệt so với BTCB50, cho thấy khả năng liên kết ban đầu giữa xi măng và cốt liệu khi dùng cát biển tương đương với cát sông còn BTCB50 do việc phối trộn gây ảnh hưởng bất lợi đến cấu trúc ban đầu nên liên kết kém hơn. Ở tuổi 28 ngày, BTCS đạt cường độ uốn khoảng 4.83 MPa, trong khi BTCB đạt 4.73 MPa bằng khoảng 98 % giá trị của BTCS, chứng tỏ rằng việc thay thế hoàn toàn cát sông bằng cát biển (sau xử lý) không làm suy giảm đáng kể cường độ uốn cuối cùng so với cát sông. Kết quả này cũng tương đương với nghiên cứu của Pan và cộng sự [18]

Đối chiếu TCCS 40:2022/TCĐBVN [19], bê tông xi măng sử dụng cho kết cấu mặt đường phải đạt cường độ chịu kéo khi uốn f_{cr} ở 28 ngày tối thiểu 5.0 MPa đối với đường cao tốc, cấp I và cấp II, và không nhỏ hơn 4.5 MPa đối với đường cấp III và các cấp thấp hơn. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Hình 9 cho thấy giá trị của f_{cr}^{BTCB} nằm trong khoảng 4.5 ÷ 5.0 MPa, trong khi f_{cr}^{BTCB50} nhỏ hơn 4.5 MPa. Như vậy, BTCB đạt yêu cầu về cường độ uốn cho mặt đường BTXM cấp III trở xuống, song chưa đáp ứng tiêu chuẩn đối với các tuyến cao tốc và đường cấp I, II. Ngược lại, BTCB50 có giá trị cường độ thấp hơn ngưỡng yêu cầu, nên không phù hợp để sử dụng cho bất kỳ cấp đường nào theo tiêu chuẩn nêu trên.



Hình 9. Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu kéo khi uốn ở các tuổi khác nhau của các cấp phối bê tông

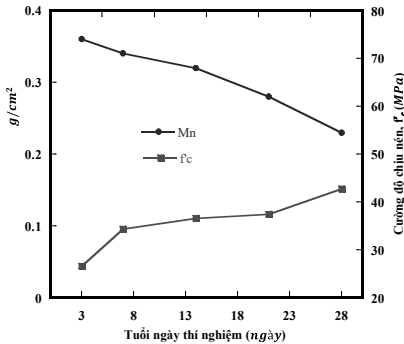
3.3. Độ mài mòn của bê tông

Kết quả ở Bảng 11 và Hình 10 cho thấy, khi tuổi bê tông tăng từ 3 đến 28 ngày, cường độ chịu nén f'_c của bê tông cát biển tăng, trong khi độ mài mòn (Mn) lại giảm theo thời gian. Cụ thể, f'_c tăng

từ khoảng 25 MPa ở tuổi 3 ngày lên khoảng 42 MPa ở 28 ngày. Ngược lại, giá trị M_n giảm từ xấp xỉ 0.36 xuống 0.20, phản ánh khả năng kháng mài mòn được cải thiện đáng kể theo thời gian dưỡng hộ. Hình 10 cho thấy, BTCB có độ mài mòn ở tuổi 28 ngày nhỏ hơn 0.3g/cm² nghĩa là BTCB đáp ứng yêu cầu về độ mài mòn phù để làm mặt đường BTXM cho đường tất cả các cấp theo TCCS 40:2022/TCĐBVN [19]. So sánh với bê tông dùng cốt liệu xi thép [20] với cùng một mức cường độ chịu nén tương đương, BTCB thể hiện khả năng chống mài mòn tốt hơn đáng kể so với. Cụ thể, M_n của BTCB cao hơn BTXT khoảng 52%

Bảng 11. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của mẫu BTCB

Tuổi ngày thí nghiệm (ngày)	Độ mài mòn, M_n (MPa)	Cường độ chịu nén, f'_c (MPa)
3	0.36	26.65
7	0.34	34.41
14	0.32	36.66
21	0.28	37.42
28	0.23	42.80



Hình 10. Biểu đồ quan hệ giữa độ mài mòn và cường độ nén ở các tuổi ngày thí nghiệm khác nhau

4. KẾT LUẬN

Dựa vào các kết quả thực nghiệm được phân tích ở trên có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Cát biển sau rửa có thể dùng làm cốt liệu cho bê tông để sử dụng trong các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép và vừa thông thường
- Cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của các cấp phối bê tông phát triển theo thời gian. Bê tông sử dụng cát biển sau khi đã xử lý có cường độ tương đương bê tông cát sông, trong khi đó bê tông sử dụng hỗn hợp 50% cát biển và 50% cát sông có cường độ kém nhất.
- Với BTCB, độ mài mòn tỷ lệ nghịch với giá trị cường độ chịu nén, độ kháng mài mòn của BTCB gần tương đương với BTCS
- BTCB đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật về cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn theo TCCS 40:2022/TCĐBVN để làm mặt đường cho ô tô cấp III trở xuống.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài mã số **T2024-91**, với sự tài trợ của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM năm 2024. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Xiao, J., et al., Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities. 2017. **155**: p. 1101-1111.
[2]. Dhondy, T., A. Remennikov, and M.N.J.A.J.o.S.E. Shiekh, Benefits of using sea sand and seawater in concrete: a comprehensive review. 2019. **20**(4): p. 280-289.

[3]. Etxeberria, M., et al., Secondary aggregates and seawater employment for sustainable concrete dyke blocks production: Case study. 2016. **113**: p. 586-595.
[4]. Huiguang, Y., et al., Durability of sea-sand containing concrete: Effects of chloride ion penetration. 2011. **21**(1): p. 123-127.
[5]. Truong, H.C. and H.T.J.T.c.K.h.v.C.n.-Đ.h.Đ.N. LE, Study on the use of sea sand and seawater in geopolymer concrete production in Ha Tien City, Kien Giang province. 2024: p. 136-140.
[6]. Gia, H.Q. and T.K.J.T.c.K.h.k.t.T.l.v.M.T. Kiên, Sổ, Thực trạng khai thác sử dụng cát tự nhiên tại Việt Nam và nghiên cứu tính chất cát biển tại một số vùng biển Việt Nam. 2019. **66**: p. 151-156.
[7]. Channa, M.Y., et al., Qualitative analysis of rivers sand sources (Silica sand, Ravi river sand, Indus river sand, and Jhelum river sand) for metal casting: a comparative study. 2024. **6**(3): p. 035435.
[8]. Bala, K.C. and R.H. Khan, Characterization of beach/river sand for foundry application. 2013.
[9]. DUY, T.N.P. and Đ. Lê Văn, Nghiên cứu thực nghiệm một số tính chất của bê tông sử dụng cát biển.
[10]. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử. 2006: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
[11]. Hằng, N.T.T., P.Đ. Hùng, and M.H. Hà, Xác định các đặc trưng cơ học của bê tông sử dụng xỉ thép như cốt liệu lớn., Tạp chí Xây dựng, 2016. 02.
[12]. Bộ Xây dựng, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại. 1998: Hà Nội.
[13]. TCVN 3118 : 2022: Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén. 2022: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
[14]. TCVN 3119 : 2022: Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn. 2022: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
[15]. TCVN 3114: 2022: Bê tông - Phương pháp xác định độ mài mòn. 2022: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
[16]. TCVN 3105: 2022: Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử. 2022: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
[17]. Hiếu, T.T., Nghiên cứu ứng dụng bê tông xi măng tro bay làm mặt đường ô tô ở Việt Nam. 2017, Trường Đại học Giao thông vận tải Cơ sở II.
[18]. Pan, D., et al., Study of the influence of seawater and sea sand on the mechanical and microstructural properties of concrete. Journal of Building Engineering, 2021. **42**: p. 103006.
[19]. TCCS 40:2022/TCĐBVN. 2022: Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông. 2022: Bộ Giao thông vận tải.
[20]. Nguyễn, T.T.H. and H.H. Mai, Nghiên cứu ảnh hưởng của xỉ thép trong bê tông xỉ thép dùng làm mặt đường ô tô. 2023.

Kiểm kê và phân tích nguồn phát thải khí nhà kính tại một nhà máy gạch ốp lát của Việt Nam

Inventory and Analysis of greenhouse gas emissions from a Vietnamese ceramic tile manufacturing plant

> TẠ THỊ YẾN^{1,*}, CHU CÔNG CẦN², NGUYỄN THỊ NỤ³

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; *Email: ttyen@hunre.edu.vn

²Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng; ³Viện Công nhận Chất lượng Việt Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm mục đích kiểm kê và phân tích chi tiết các nguồn phát thải khí nhà kính (KNK) tại Công ty Cổ phần Gạch ốp lát Thái Bình trong năm 2024, từ đó xác định các yếu tố chính và đề xuất các giải pháp giảm thiểu phù hợp. Dựa trên các hướng dẫn quốc tế (IPCC 2006, 2019) và quy định của Việt Nam (Văn bản hợp nhất 10/2025/VBHN-BNNMT của Bộ NN&MT, Thông tư 13/2024/TT-BXD của Bộ Xây dựng), nghiên cứu đã tiến hành tính toán và phân loại phát thải theo Phạm vi 1 (trực tiếp) và Phạm vi 2 (gián tiếp). Kết quả cho thấy tổng lượng phát thải KNK của nhà máy đạt 79.932 tấn CO₂ tương đương (tCO₂e) trong năm nghiên cứu. Phân tích chi tiết chỉ ra rằng các nguồn phát thải chính đóng góp vào tổng lượng KNK của nhà máy gồm: quá trình đốt than chiếm tỷ trọng lớn nhất (63,07%), tiếp theo là phát thải từ việc đốt sinh khối (19,23%) và tiêu thụ điện năng mua ngoài (13,09%). Ngoài ra, phát thải từ quá trình phân hủy nguyên liệu gốc carbonate trong quá trình nung chiếm 4,18%. Phân tích này khẳng định rằng việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch, sinh khối và tiêu thụ điện năng là các "điểm nóng" cần ưu tiên giải quyết. Từ các kết quả trên, nghiên cứu tổng hợp một số giải pháp kỹ thuật và quản lý giảm phát thải, gợi ý áp dụng cho sản xuất gạch ốp lát tại Việt Nam. Các giải pháp tập trung vào việc chuyển đổi sang nhiên liệu có hàm lượng carbon thấp hơn, cải tiến công nghệ lò nung để nâng cao hiệu suất đốt cháy, tối ưu hóa quy trình sử dụng điện, và nghiên cứu sử dụng các nguyên liệu thay thế có hàm lượng carbonate thấp. Những đề xuất này không chỉ giúp giảm phát thải KNK mà còn góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, đồng thời hướng tới mục tiêu phát triển bền vững của doanh nghiệp.

Từ khóa: Khí nhà kính, kiểm kê, gạch đất sét nung, dấu chân carbon, giảm phát thải.

ABSTRACT

This study aims to inventory and analyze the greenhouse gas (GHG) emission sources at Thai Binh Tile Joint Stock Company in 2024, thereby identifying key factors and proposing suitable mitigation solutions. Based on international guidelines (IPCC 2006) and Vietnamese regulations (Decree 10/2025/VBHN-BNNMT, Circular 13/2024/TT-BXD), we calculated and classified emissions according to Scope 1 (direct) and Scope 2 (indirect). The results show that the factory's total GHG emissions amounted to 79,932 tonnes of CO₂ equivalent (tCO₂e) during the study period. A detailed analysis indicates that the main emission sources contributing to the factory's total GHG were: coal combustion for kilns, which accounted for the largest proportion (63.07%); followed by emissions from purchased electricity consumption (13.09%); and finally, emissions from the decomposition of carbonate-based raw materials during the calcination process (4.18%). This analysis confirms that the use of fossil fuels, biomass, and purchased electricity consumption are the primary hotspots that require prioritized action. Based on these findings, the study synthesizes a number of technical and management solutions for emission reduction, and on that basis, proposes applications for the production of ceramic tiles in Vietnam. These solutions focus on transitioning to fuels with lower carbon content, upgrading kiln technology to improve combustion efficiency, optimizing electricity usage, and exploring the use of alternative raw materials with low carbonate content. These recommendations not only help to reduce GHG emissions but also contribute to enhancing production efficiency and advancing the company's sustainable development goals.

Keywords: Greenhouse gas (GHG), inventory, fired clay brick, carbon footprint, emission reduction.

1. MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) hiện nay không còn là vấn đề của riêng một quốc gia hay khu vực mà đã trở thành thách thức toàn cầu, tác

động trực tiếp đến an ninh môi trường, an ninh lương thực và sự phát triển bền vững của các quốc gia (IPCC, 2021). Nguyên nhân chính được xác định là sự gia tăng KNK trong khí quyển, chủ yếu do

các hoạt động của con người, đặc biệt là sản xuất công nghiệp và tiêu thụ năng lượng (NASA, 2022). Các KNK phổ biến nhất là carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) và nitrous oxide (N₂O). Để ứng phó với BĐKH, cộng đồng quốc tế đã đưa ra nhiều cam kết giảm phát thải, trong đó Thỏa thuận Paris năm 2015 đặt mục tiêu giữ mức tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu ở ngưỡng 1,5°C so với thời kỳ tiền công nghiệp (UNFCCC, 2015).

Tại Việt Nam, quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa diễn ra nhanh chóng kéo theo sự mở rộng của ngành sản xuất vật liệu xây dựng, làm gia tăng phát thải KNK quốc gia. Trước bối cảnh đó, Chính phủ đã thể hiện cam kết mạnh mẽ tại COP26, đặt mục tiêu đạt phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 (Chính phủ Việt Nam, 2021). Kiểm kê KNK ở cấp quốc gia, ngành và doanh nghiệp được xem là bước đi quan trọng đầu tiên để hiện thực hóa mục tiêu này. Tuy nhiên, trong các nhà máy vật liệu xây dựng, bao gồm gạch ốp lát hoạt động kiểm kê còn hạn chế, thiếu tính hệ thống và thiếu nghiên cứu chuyên sâu ở cấp cơ sở.

Công nghiệp vật liệu xây dựng vừa là ngành kinh tế chủ chốt, vừa là nguồn phát thải KNK đáng kể. Sản xuất xi măng, gạch, ngói, gốm sứ tiêu thụ nhiều năng lượng hóa thạch và phát thải trực tiếp từ các phản ứng hóa học (IEA, 2020). Đối với gạch ốp lát, dù quy mô nhỏ hơn xi măng, nhưng quá trình nung ở 900-1.000°C đòi hỏi lượng than và nhiên liệu lớn. Theo Bộ Xây dựng (2020), ngành vật liệu xây dựng chiếm khoảng 15-20% tổng tiêu thụ năng lượng toàn ngành công nghiệp, kéo theo lượng phát thải CO₂ tương ứng. Do đó, việc nhận diện, định lượng và quản lý nguồn phát thải KNK trong lĩnh vực này là cần thiết để hướng tới nền kinh tế xanh và bền vững.

Dù có vai trò lớn, ngành gạch ốp lát Việt Nam vẫn thiếu dữ liệu công khai, đầy đủ và chính xác về phát thải KNK. Phần lớn nghiên cứu trong nước tập trung vào các ngành phát thải lớn như nhiệt điện, xi măng, hoặc dừng ở mức tổng quan. Một số nghiên cứu đã xây dựng hệ số phát thải cho các phân ngành gạch, gốm, cho thấy tiềm năng hình thành cơ sở dữ liệu phục vụ kiểm kê KNK. Mai và cộng sự (2021) xác định hệ số phát thải: gạch ceramic 0,868 kg CO₂e/kg sản phẩm; gạch granite 0,869 kg CO₂e/kg; sứ vệ sinh 1,106 kg CO₂e/kg; kính xây dựng 0,885 kg CO₂e/kg. Nghiên cứu dấu chân carbon tại làng gốm Thanh Hà của Toàn và cộng sự (2020) cho thấy phát thải 1,88-2,07 kg CO₂e/sản phẩm, 99% từ đốt nhiên liệu trong lò nung, tổng phát thải khoảng 1,9 Gg CO₂e/năm.

Tuy nhiên, các nghiên cứu điển hình về kiểm kê KNK tại nhà máy gạch ốp lát quy mô công nghiệp còn rất hạn chế; dữ liệu rời rạc, khó tiếp cận thông tin nguyên liệu - nhiên liệu, thiếu công cụ tính toán chuẩn hóa, và thiếu nghiên cứu thực tiễn phù hợp điều kiện công nghệ phổ biến ở Việt Nam. Từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm kiểm kê và phân tích nguồn phát thải KNK tại một nhà máy gạch ốp lát điển hình. Công ty Cổ phần Gạch ốp lát Thái Bình được lựa chọn do quy mô sản xuất lớn, đại diện công nghệ sản xuất phổ biến hiện nay. Kết quả nghiên cứu cung cấp bức tranh toàn diện, chi tiết về phát thải KNK của nhà máy, làm cơ sở khoa học để xuất giải pháp giảm thiểu phù hợp, hỗ trợ doanh nghiệp đáp ứng yêu cầu kiểm kê KNK, nâng cao hiệu quả năng lượng và hướng tới mục tiêu Net-zero của Việt Nam, đồng thời góp phần xây dựng dữ liệu nền cho ngành vật liệu xây dựng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng kết hợp phương pháp thu thập dữ liệu sơ cấp và dữ liệu thứ cấp. Trong đó phương pháp thu thập dữ liệu sơ cấp được thực hiện để thu thập các thông tin về quy trình sản xuất, quy mô, công nghệ sản xuất, tiêu dùng năng lượng trong hoạt động sản xuất của nhà máy, các nguồn phát thải khí nhà kính. Phương

pháp thu thập dữ liệu thứ cấp được dùng để thu thập thông tin liên quan tới hệ số phát thải, phương pháp thực hiện kiểm kê và tính toán phát thải khí nhà kính cho nhà máy.

2.2. Phạm vi kiểm kê

Đối tượng nghiên cứu là các hoạt động sản xuất gạch ốp và gạch lát tại Công ty Cổ phần Gạch ốp lát Thái Bình trong giai đoạn 01/01/2024 đến 31/12/2024. Kiểm kê bao gồm toàn bộ hoạt động sản xuất trong nhà máy.

Dựa trên các quy định hiện hành, đặc biệt là Văn bản hợp nhất số 10/VBHN-BNNMT quy định giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-dôn, và Thông tư 13/2024/TT-BXD ngày 20/12/2024, thì việc kiểm kê tại cơ sở tập trung vào:

- **Phạm vi 1 (Phát thải trực tiếp):** Lượng phát thải sinh ra từ các nguồn do chính công ty sở hữu hoặc kiểm soát. Trong trường hợp này, đó là phát thải từ quá trình nung và việc đốt nhiên liệu hóa thạch trong lò nung.

- **Phạm vi 2 (Phát thải gián tiếp từ năng lượng tiêu thụ):** Lượng phát thải từ việc tiêu thụ điện năng mua từ bên ngoài để phục vụ cho các hoạt động sản xuất.

Theo quy định, công ty không bắt buộc phải kiểm kê phát thải thuộc Phạm vi 3.

2.3. Phương pháp tính toán kiểm kê phát thải KNK

Phương pháp kiểm kê sử dụng trong nghiên cứu này được thực hiện theo hướng dẫn của Thông tư số 13/2024/TT-BXD ngày 20/12/2024 của Bộ Xây dựng, Hướng dẫn của Ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu năm 2006 (IPCC 2006) và IPCC 2019 về kiểm kê khí KNK quốc gia và được cụ thể hóa thông qua công thức số (1) (2) (3) (4) dưới đây.

Công thức tính phát thải khí nhà kính từ sử dụng nhiên liệu cho quá trình đốt:

$$E_{NL} = \sum_j \sum_i Q_j \times NCV_j \times EF_{ij} \times GWP_i \times 10^{-6} \quad (1)$$

Trong đó:

E_{NL} : Phát thải từ đốt nhiên liệu, tấn CO₂e

i : Loại khí nhà kính được kiểm kê (khí CO₂, CH₄, N₂O)

j : Loại nhiên liệu sử dụng

Q_j : Khối lượng nhiên liệu j tiêu thụ, tấn hoặc nghìn lít

NCV_j : Giá trị nhiệt trị ròng của nhiên liệu j , TJ/ngày tấn hoặc TJ/triệu lít

EF_{ij} : Hệ số phát thải khí nhà kính i của nhiên liệu j , kg/TJ

GWP_i : Hệ số làm nóng lên toàn cầu của khí nhà kính i

- **Công thức tính phát thải KNK từ sử dụng điện lưới, điện mua vào có nguồn gốc hóa thạch:**

$$E_{DL} = (Q_{MV} - Q_{BR}) \times EF_{DL} \times 10^{-3} \quad (2)$$

Trong đó:

E_{DL} : Phát thải từ sử dụng điện lưới, tấn CO₂

Q_{MV} : Lượng điện lưới, điện mua vào có nguồn gốc hóa thạch, kWh

Q_{BR} : Lượng điện bán ra, kWh

EF_{DL} : Hệ số phát thải lưới điện quốc gia (tCO₂/MWh)

EF_{DL} được áp dụng là Hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2023 là 0,6592 tCO₂/MWh được công bố theo Công văn số 1726/BĐKH- PTCBT ngày 03/12/2024 của Cục Biến đổi khí hậu, Bộ TN&MT (nay là Bộ NN&MT).

- **Công thức tính phát thải KNK từ quá trình nung nguyên liệu khác có chứa gốc cacbonat:**

$$E_{NG_KH} = Q_{KH} \times k \times 0,4397 \quad (3)$$

Trong đó:

ENG_KH: Phát thải từ quá trình nung nguyên liệu có chứa gốc cacbonat, tấn CO₂

Q_{KH}: Khối lượng nguyên liệu có chứa gốc cacbonat, tấn
k: Tỷ lệ CaCO₃ trong nguyên liệu có chứa gốc cacbonat, %
0,4397: Hệ số phát thải quá trình nung nguyên liệu có chứa gốc cacbonat, tấn CO₂/tấn CaCO₃

• Công thức tính tổng lượng phát thải KNK của cơ sở:
TPT=ΣKNKi (4)

Trong đó: TPT là tổng lượng phát thải KNK của cơ sở (tấn CO₂e);
Quy trình kiểm soát chất lượng kiểm kê khí nhà kính được thực hiện theo tiêu mục 6.1.2 Mục 6 Tiêu chuẩn quốc gia TCVN ISO 14064-1:2011, Phần 1: Quy định kỹ thuật và hướng dẫn định lượng và báo cáo phát thải và loại bỏ KNK ở cấp độ cơ sở.

2.4. Phương pháp xác định độ không chắc chắn về kết quả kiểm kê KNK

Độ không chắc chắn của kết quả kiểm kê được lựa chọn và thực hiện theo hướng dẫn tại Chương 3, Quyển 1, Hướng dẫn của Ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu năm 2006 (IPCC 2006) và IPCC 2019 về kiểm kê khí KNK quốc gia.

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|} \quad (5)$$

Trong đó:
U_{total}: tỷ lệ phần trăm không chắc chắn trong kết quả kiểm kê của Công ty;
xi và Ui: lần lượt là các lượng phát thải KNK của nguồn i và phần trăm độ không chắc chắn của nguồn phát thải i.

Trong đó, độ không chắc chắn tổng hợp về kết quả kiểm kê được xác định bằng công thức sau:

$$U_i = \sqrt{A_i^2 + E_i^2} \quad (6)$$

Trong đó:
Ui: phần trăm độ không đảm bảo trong tích của các đại lượng;
Ai: tỷ lệ phần trăm không chắc chắn liên quan đến số liệu hoạt động của nguồn i;
Ei: tỷ lệ phần trăm không chắc chắn liên quan đến hệ số phát thải của nguồn i.

Bảng 3.1. Dữ liệu hoạt động của Công ty năm 2024

STT	Phạm vi	Nguồn phát thải	Công đoạn	Thiết bị, quá trình/loại nhiên liệu	Loại năng lượng	Đơn vị	Lượng sử dụng
1	Phạm vi 1	Nguồn cố định	Lò nung	Lò than hóa khí (đốt than cám)	Than	Tấn	15.742,286
				Lượng nguyên liệu đã sử dụng	Nguyên liệu chứa gốc cacbonnat	Tấn	136.188
		Nguồn đốt di động	Sấy phun	Lò đốt sinh khối	Sinh khối	Tấn	11.626
				Phương tiện vận tải nội bộ (Xe xúc lật, xe nâng)	Xăng	Lít	201.6
2	Phạm vi 2	Tiêu thụ điện lưới	Máy nghiền bi	Nghiền nguyên liệu	Điện năng	kWh	15.866.427
			Bơm, bể chứa hồ liệu	Bơm vận chuyển hồ liệu	Điện năng		
			Máy ép	Máy ép thủy lực tạo hình	Điện năng		
			Tráng men, in hoa	Hệ thống tráng men, máy in hoa văn	Điện năng		
			Vận chuyển nội bộ	Xe goòng, băng tải	Điện năng		
			Phân loại, đóng gói	Thiết bị phân loại, máy đóng gói	Điện năng		

Các loại nhiên liệu sử dụng trong hoạt động của nhà máy bao gồm than cám, sinh khối, dầu DO, LPG, xăng và điện. Trong đó, lượng điện tiêu thụ là 15,866,427 kwh, than cám chiếm (57,29%), sinh khối chiếm (42,31%), các nguồn khác có lượng tiêu dùng thấp hơn. Trong sản xuất gạch ốp lát đặc biệt là gạch ceramic, đá vôi là một thành phần quan trọng, được sử dụng trong công thức phối liệu với hai mục đích chính: hoạt động như một chất độn để tối ưu hóa chi phí và thể tích xương gạch; và thứ hai nó đóng vai trò là chất trợ dung (fluxing agent) giúp

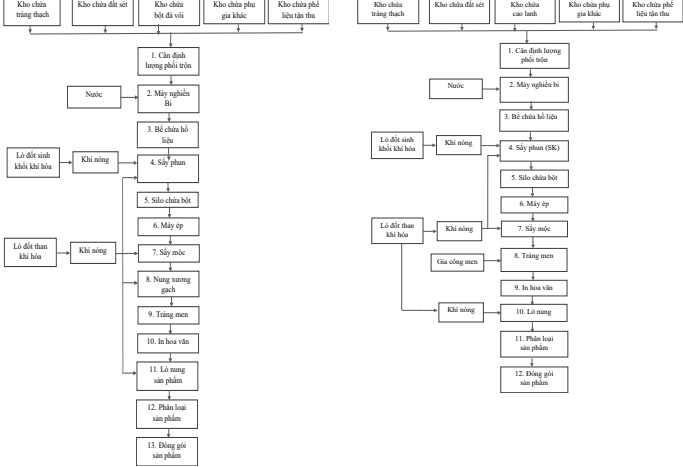
2.5. Xác định hệ số phát thải

Để tính toán lượng phát thải KNK trong báo cáo này, chúng tôi đã sử dụng các hệ số phát thải (HSPT) được tham chiếu từ các nguồn chính thức và uy tín. Các nguồn này bao gồm: Thông tư 13/2024/TT-BXD ngày 20/12/2024 của Bộ Xây dựng, quy định về quy trình kỹ thuật kiểm kê KNK trong ngành xây dựng; Quyết định 2626/QĐ-BTNMT ngày 10/10/2022 của Bộ TN&MT (nay là Bộ NN&MT), ban hành danh mục các hệ số phát thải phục vụ kiểm kê KNK; Hướng dẫn kiểm kê KNK của Ban liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC 2006), một tài liệu chuẩn mực quốc tế về kiểm kê phát thải.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Dữ liệu hoạt động của nhà máy

Công ty Gạch ốp lát Thái Bình có quy mô sản xuất lớn, đa dạng về chủng loại và kích thước sản phẩm. Sản phẩm gạch của nhà máy gồm hai loại là gạch ốp và gạch lát với tổng sản lượng năm 2024 đạt 6.718.456 m² (tương đương 136.450.942,9 kg). Quy trình công nghệ sản xuất hai loại gạch này được mô tả chi tiết qua Hình 3.1



a. Sơ đồ quy trình sản xuất gạch ốp

b. Sơ đồ quy trình sản xuất gạch lát

Hình 3.1. Sơ đồ quy trình sản xuất gạch ốp lát của nhà máy

Để sản xuất các sản phẩm của nhà máy, các loại nguyên vật liệu và năng lượng sử dụng được thống kê trong Bảng 3.1.

điều chỉnh quá trình nung, thúc đẩy sự kết khối (sintering) và cải thiện độ bền cơ học của sản phẩm cuối cùng. Như vậy, nguyên liệu chứa gốc carbonat cũng là một nguồn phát thải khí nhà kính cần được kiểm kê trong nhà máy.

3.2. Hiện trạng phát thải KNK của nhà máy

Kết quả kiểm kê KNK của nhà máy năm 2024 cho thấy phát thải của phạm vi 1 là 69.473 tấn CO₂e (chiếm 86,91%) tổng lượng phát thải, phản ánh đặc trưng của ngành sản xuất gạch ốp lát với mức tiêu thụ nhiên

chỉ ra khả năng giảm tiêu thụ điện năng từ quá trình sản xuất. Các giải pháp bao gồm:

i) *Thiết bị hiệu suất cao*: Nghiên cứu tại EU cho thấy việc thay thế động cơ cũ bằng động cơ hiệu suất cao (IE3/IE4) và lắp biến tần (VSDs) có thể giúp giảm 10-15% điện năng mà không ảnh hưởng đến năng suất (Castro Oliveira et al., 2020). ii) *Công nghệ đồng phát (Cogeneration)*: Caglayan và Caliskan (2018) báo cáo mức tiết kiệm năng lượng đạt 10-50% trong công đoạn sấy, trong khi Gabaldon-Estevan, Criado, và Monfort (2014) ghi nhận hiệu suất năng lượng tăng đến 85-90% trong giai đoạn sấy bột phun. iii) *Hệ thống quản lý năng lượng (ISO 50001)*: Theo IEA (2017), việc triển khai hệ thống quản lý năng lượng có thể tiết kiệm thêm 3-5% điện năng.

c. Giảm phát thải từ phân hủy carbonat trong phối liệu

Việc thay thế một phần nguyên liệu chứa đá vôi bằng phụ phẩm công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao hoặc phế liệu ceramic có thể giảm phát thải CO₂ từ phân hủy carbonat và đồng thời cải thiện độ bền cơ học của sản phẩm (Castro Oliveira et al., 2020). Bên cạnh đó việc tái sử dụng phế liệu cũng là một giải pháp để giảm phát thải. Theo báo cáo của Liên đoàn các nhà sản xuất gạch ốp lát châu Âu (CET, 2020), tỷ lệ tái chế 5-10% phế liệu ceramic giúp giảm đáng kể nhu cầu khai thác CaCO₃ nguyên liệu và tiết kiệm 3-5% chi phí nguyên liệu. Tuy nhiên, để đảm bảo được tính chất của gạch khi sử dụng vật liệu thay thế thì cần có những nghiên cứu, thử nghiệm cụ thể hơn trước khi áp dụng các giải pháp vừa nêu cho doanh nghiệp.

Như vậy để giảm phát thải KNK hiệu quả, các nhà máy sản xuất gạch men cần ưu tiên ba nhóm giải pháp chính: (i) giảm tiêu thụ than trong lò nung, (ii) tiết kiệm điện năng, ứng dụng năng lượng tái tạo, (iii) và điều chỉnh phối liệu nhằm giảm phát thải carbonat. Đây là các giải pháp đã được áp dụng ở một số quốc gia. Tuy nhiên để đề xuất áp dụng cho các nhà máy sản xuất gạch ốp lát cho Việt Nam cần có các nghiên cứu sâu hơn để đánh giá tính phù hợp, tính hiệu quả trên các phương diện kinh tế, kỹ thuật, môi trường. Từ đó có được các dữ liệu tường minh hơn, và có cơ sở đánh giá tính phù hợp của các giải pháp với công nghệ, quy mô, điều kiện sản xuất của các nhà máy sản xuất gạch ốp lát của Việt Nam.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả kiểm kê phát thải KNK tại Nhà máy Gạch ốp lát Thái Bình cho thấy tổng lượng phát thải đạt 79.932 tấn CO₂ tương đương (tCO₂e) trong năm nghiên cứu. Phân tích chi tiết cho thấy phát thải chủ yếu tập trung vào bốn nguồn chính: quá trình đốt than cho lò nung chiếm tỷ trọng lớn nhất (63,07%), tiếp theo là đốt sinh khối chiếm (19,23%), tiêu thụ điện năng (13,09%), và phân hủy nguyên liệu chứa gốc cacbonat trong quá trình nung (4,18%). Điều này phản ánh đặc trưng công nghệ sản xuất gạch ốp lát, trong đó quá trình nhiệt năng và phối liệu là hai nhân tố quyết định đến mức phát thải KNK.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đề xuất một số giải pháp giảm phát thải phù hợp với đặc thù nhà máy, bao gồm: (i) giảm phát thải từ lò than khí hóa thông qua thay thế một phần than bằng sinh khối, cải tiến hiệu suất lò nung và thu hồi nhiệt thải; (ii) giảm tiêu thụ điện năng bằng cách sử dụng thiết bị hiệu suất cao, áp dụng hệ thống quản lý năng lượng và tích hợp năng lượng tái tạo (điện mặt trời áp mái); và (iii) giảm phát thải từ phân hủy carbonat bằng điều chỉnh công thức phối liệu, tái sử dụng phế phẩm. Để đưa các giải pháp này vào áp dụng thực tế tại các nhà máy thì cần có các nghiên cứu sâu hơn về đánh giá hiệu quả kinh tế, kỹ thuật, và môi trường của các giải pháp.

Kết quả nghiên cứu không chỉ cung cấp cơ sở khoa học cho việc xây dựng lộ trình giảm phát thải KNK tại Nhà máy gạch ốp lát Thái Bình thông qua kết quả kiểm kê và gợi ý một số giải pháp có thể giảm phát thải, mà còn là tài liệu tham khảo để áp dụng cho các cơ sở sản xuất gạch ốp lát khác tại Việt Nam trong bối cảnh ngành vật liệu xây dựng đang hướng tới mục tiêu phát triển xanh và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ahmad, M. S., Ahsan, M., Alibakhsh, A., Rahman, M. A., & Aslam, M. (2025). Utilizing agricultural waste in brick manufacturing for sustainable construction. *Scientific Reports*, 15, 15432. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07948-w>
- [2]. Bộ Xây dựng. (2020). Báo cáo ngành vật liệu xây dựng. Hà Nội: NXB Xây dựng.
- [3]. Caglayan, H., & Caliskan, H. (2018). Energy, exergy and sustainability assessments of a cogeneration system for ceramic industry. *Applied Thermal Engineering*, 136, 504-515. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.02.064>
- [4]. Castro Oliveira, C., Ferreira, V. J., Jalali, S., & Labrincha, J. A. (2020). Cleaner production of clay-based red ceramic by incorporation of industrial wastes. *Energies*, 13(22), 6096. <https://doi.org/10.3390/en13226096>
- [5]. Chính phủ Việt Nam. (2021). Cam kết của Việt Nam tại COP26: Mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Truy cập từ <https://chinhphu.vn>
- [6]. Chính phủ Việt Nam. (2025). Văn bản hợp nhất số 10/2025/NĐ-CP, ngày 12/06/2025, quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn.
- [7]. Del Rio, D. D. F., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the ceramics industry: A systematic and critical review of policy options, developments and sociotechnical systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112081. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112081>
- [8]. Delpach, B., Milani, M., Montorsi, L., Boscardin, D., Chauhan, A., Almahmoud, S., et al. (2018). Energy efficiency enhancement and waste heat recovery in industrial processes by means of the heat pipe technology: Case of the ceramic industry. *Energy*, 158, 656-665. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.041>
- [9]. Egilegor, B., Jouhara, H., Zuazua, J., Al-Mansour, F., Plesnik, K., Montorsi, L., et al. (2020). ETEKINA: Analysis of the potential for waste heat recovery in three sectors: Aluminium low pressure die casting, steel sector and ceramic tiles manufacturing sector. *International Journal of Thermofluids*, 1-2, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100002>
- [10]. European Ceramic Tile Manufacturers' Federation - CET. (2020). Sustainability in ceramic tile production. Brussels, Belgium.
- [11]. European Ceramic Tile Manufacturers' Federation - CET. (2020). Annual report 2020. CET.
- [12]. European Commission. (2019). Making ceramic production greener with waste heat recovery and new materials. Horizon 2020. Retrieved June 1, 2021, from <https://cordis.europa.eu/article/id/421984>
- [13]. Gabaldon-Estevan, D., Criado, E., & Monfort, E. (2014). The green factor in European manufacturing: A case study of the Spanish ceramic tile industry. *Journal of Cleaner Production*, 70, 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.018>
- [14]. Ibañez-Forés, V., Bovea, M. D., & Azapagic, A. (2013). Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): Methodology and application in the ceramic tiles industry. *Journal of Cleaner Production*, 51, 162-176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.020>
- [15]. International Energy Agency (IEA). (2017). Energy management programmes (ISO 50001). IEA.
- [16]. IEA (2020). Global energy review 2020. International Energy Agency, Paris, France.
- [17]. IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva, Switzerland.
- [18]. IPCC (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas.
- [19]. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [20]. Khalil, A. M. E. (2023). Context analysis for transformative change in the ceramic industry. *Sustainability*, 15(12230), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su151812230>
- [21]. Manrique, R., Vázquez, D., Vallejo, G., Chejne, F., Amell, A. A., & Herrera, B. (2018). Analysis of barriers to the implementation of energy efficiency actions in the production of ceramics in Colombia. *Energy*, 143, 575-584. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.023>
- [22]. Ministry of Industry and Trade of Vietnam. (2019). Guidelines for energy efficiency in industry. Hanoi, Vietnam.
- [23]. NASA. (2022). The causes of climate change. Retrieved from <https://climate.nasa.gov>
- [24]. Nguyen, V. H., & Tran, T. M. (2021). Rooftop solar application in building material manufacturing enterprises. *Vietnam Energy Journal*, 62(3), 45-51.
- [25]. Phạm Phú, S. T., & Kieu Thi, H. (2020). Đánh giá dấu chân carbon của làng gốm truyền thống – Nghiên cứu điển hình tại Thành phố Hội An, Việt Nam. *Chemical Engineering Transactions*, 81, 961-966. <https://doi.org/10.3303/CET2081161>
- [26]. Popov, S. V. (2013). Secondary energy recovery in ceramic kilns: Energotechnological characteristics. *Glass and Ceramics*, 70(3-4), 107-110. <https://doi.org/10.1007/s10717-013-9520-y>
- [27]. Peris, B., Navarro-Esbrí, J., Molés, F., & Mota-Babiloni, A. (2015). Experimental study of an ORC (organic Rankine cycle) for low grade waste heat recovery in a ceramic industry. *Energy*, 85, 534-542. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.065>
- [28]. Solomon, S., et al. (2007). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [29]. UNFCCC (2015). The Paris Agreement. United Nations Climate Change Secretariat, Bonn, Germany.

Nghiên cứu nâng cao cường độ sớm của vữa sử dụng tro bay bằng phụ gia hoạt hóa

Study on enhancing early-strength of mortar using fly ash by chemical activation

> NGUYỄN CÔNG THẮNG, LÊ MẠNH CƯỜNG, NGUYỄN TRUNG HIẾU, LÊ QUANG HUY,
ĐỖ TIẾN TRUNG, NGUYỄN VIỆT HÙNG, NGUYỄN VĂN TUẤN*

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; *Email: tuannv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay (FA) và phụ gia hóa học TC3 đến các tính chất cơ lý và quá trình tỏa nhiệt của hệ chất kết dính dùng cho vữa và bê tông. Trong nghiên cứu, hàm lượng FA sử dụng từ 0-50% theo khối lượng chất kết dính và phụ gia TC3 được sử dụng với hàm lượng từ 0-3% nhằm đánh giá khả năng điều chỉnh thời gian đông kết, mức độ tỏa nhiệt và sự phát triển cường độ nén của vữa ở các tuổi khác nhau. Kết quả cho thấy, việc tăng FA làm giảm tốc độ thủy hóa và kéo dài thời gian đông kết nhưng giúp ổn định sự phát triển cường độ ở tuổi muộn. Phụ gia TC3, chứa các thành phần hoạt hóa như calcium nitrate và NaOH, có tác dụng kích hoạt phản ứng thủy hóa sớm, làm tăng đáng kể cường độ ở tuổi 1 ngày và 3 ngày, đồng thời rút ngắn thời gian đông kết khi sử dụng ở hàm lượng hợp lý (từ 2 đến 2,5%). Sự kết hợp giữa phụ gia khoáng FA và phụ gia hóa học TC3 giúp tối ưu hóa cường độ và mức độ tỏa nhiệt của vữa và bê tông, đồng thời góp phần giảm phát thải và hướng tới phát triển bê tông bền vững.

Từ khóa: Tro bay, phụ gia hóa học TC3, thời gian đông kết, phản ứng thủy hóa, cường độ sớm của vữa.

ABSTRACT

The paper presents the research results on the influence of fly ash (FA) and the chemical activator TC3 on the physico-mechanical properties and heat evolution of binder systems used for mortar and concrete. In this study, FA was used at level ranging from 0-50% by mass of the binder, while TC3 was incorporated at dosages ranging from 0-3% to evaluate its effects on setting time, heat release, and the development of compressive strength at different curing ages. The findings show that increasing FA content decreases the hydration rate and extends the setting time, yet ensures more stable strength development at later ages. The TC3 admixture, containing active components such as calcium nitrate and NaOH, effectively promotes early hydration, resulting in a significant increase in 1-day and 3-day compressive strength and a shortened setting time when used at appropriate dosages (2-2.5%). The combined use of FA and TC3 enables the optimization both the strength and heat evolution of mortar and concrete, while simultaneously reducing emissions and promoting the development of more sustainable concrete.

Keywords: Fly ash, TC3 chemical admixture, setting time, hydration reaction, early-strength of mortar.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, cùng với xu thế phát triển vật liệu xây dựng bền vững, việc nghiên cứu thay thế một phần xi măng bằng các phụ gia khoáng hoạt tính như tro bay (FA), xỉ lò cao (GGBFS), bột đá, tro trấu (RHA)... đã trở thành một hướng nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong chế tạo vữa và bê tông sẽ góp phần làm giảm phát thải CO₂ và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên [1-3]. Việc sử dụng các loại phụ gia khoáng này không chỉ giúp tận dụng các loại phế thải công-nông nghiệp, giảm phát thải CO₂ mà còn mang lại nhiều hiệu quả kỹ thuật đáng kể. Trong số phụ gia khoáng được đề cập thì tro bay được đánh giá là có triển vọng để thay thế xi măng trong chế tạo bê tông, xi măng, với hiệu quả đạt được về kỹ thuật, về kinh tế và môi trường [4]... Xét về mặt kỹ thuật, tro bay sử dụng trong chế tạo vữa và bê tông có các tính chất kỹ thuật thỏa mãn tro bay loại F theo TCVN 10302:2014 hoặc ASTM C618. Trong tro bay có các oxit hoạt tính có khả năng phản ứng với sản phẩm thủy hoá của xi măng (phản ứng pozzolanic) tạo ra các sản phẩm dạng CSH có cường độ cao, bền với

môi trường hơn, đặc biệt tăng khả năng chống ăn mòn cho bê tông [5]. Bên cạnh đó, với hình dạng đặc trưng là các hạt hình cầu, mịn nên việc sử dụng tro bay sẽ cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông (*hiệu ứng ổ bi - Ball bearing effect*), làm tăng tính dẻo cho hỗn hợp bê tông, giảm lượng nước nhào trộn, tăng độ đặc cho bê tông, sẽ làm tăng cường độ cũng như khả năng chống thấm của bê tông [5]. Xét về mặt kinh tế - môi trường, theo thống kê [6], hàng năm ước tính các nhà máy nhiệt điện trên cả nước thải ra khoảng 2,3 triệu tấn tro bay, đến năm 2023 là 18 triệu tấn/năm, điều này ảnh hưởng rất lớn đến môi trường. Việc nghiên cứu sử dụng tro bay làm phụ gia khoáng sử dụng trong vữa và bê tông vừa góp phần làm giảm giá thành cho sản phẩm bê tông, giảm ô nhiễm môi trường, góp phần vào mục tiêu phát triển xây dựng bền vững đồng thời vẫn đảm bảo các tính chất kỹ thuật của bê tông. Tuy nhiên, việc sử dụng FA ở hàm lượng cao (khoảng 20-50%) sẽ kéo dài thời gian đông kết của chất kết dính, làm giảm cường độ của vữa và bê tông ở tuổi sớm. Điều này sẽ gây bất lợi trong các công trình yêu cầu tháo dỡ cốp pha sớm hoặc

yêu cầu cường độ ở tuổi sớm, đặc biệt trong điều kiện thời tiết mùa đông. Để khắc phục nhược điểm này, giải pháp sử dụng phụ gia hóa học được xem là giải pháp hiệu quả nhằm thúc đẩy phản ứng thủy hóa của hệ chất kết dính, đặc biệt trong các hệ có chứa phụ gia khoáng hoạt tính FA với hàm lượng trên 20%.

Trong số các loại phụ gia hóa học được nghiên cứu, nhóm phụ gia rắn nhanh không chứa ion Cl^- nhận được nhiều quan tâm vì có thể tăng tốc độ phát triển cường độ mà không gây ăn mòn cốt thép, vốn là nhược điểm chính của phụ gia $CaCl_2$ truyền thống nhằm tăng cường độ cho bê tông ở tuổi sớm. Theo các nghiên cứu [7-9], các loại phụ gia không chứa clorua như calcium nitrate [$Ca(NO_3)_2$], sodium thiocyanate ($NaSCN$), sodium nitrite ($NaNO_2$) hoặc calcium aluminate có khả năng tăng tốc phản ứng thủy hóa của các pha C_3S và C_3A trong xi măng, nhờ đó rút ngắn thời gian đông kết, tăng lượng nhiệt thủy hóa và cường độ sớm của bê tông [8-10]. Các nghiên cứu cho thấy việc sử dụng muối sulfate và nitrate có thể thúc đẩy đáng kể cường độ sớm của hệ chất kết dính chứa tro bay (FA). Jueshe và cộng sự [10] chỉ ra rằng bổ sung 3% Na_2SO_4 giúp tăng mạnh cường độ ở tuổi 3 ngày; đồng thời, khi dùng 1-4% Na_2SO_4 hoặc K_2SO_4 , cường độ sớm có thể tăng 70-100% ngay cả khi FA thay thế tới 40% xi măng. Tương tự, phụ gia $NaSCN$ cũng kích thích hydrat hóa và thúc đẩy sự hình thành ettringite sớm. Trong nghiên cứu này, phụ gia TC3 gồm calcium nitrate và $NaOH$ đóng vai trò hệ hoạt hóa đa ion, vừa tăng tốc phản ứng hydrat hóa, vừa ổn định pH và vi cấu trúc hồ xi măng. Dù nhiều công trình đã nghiên cứu riêng lẻ Na_2SO_4 , $Ca(NO_3)_2$ hay $NaSCN$, hiện chưa có công bố hệ thống hóa ảnh hưởng của phụ gia đa ion như TC3 khi FA thay thế đến 50%. Về cơ chế, ion Ca^{2+} và NO_3^- trong TC3 thúc đẩy hòa tan C_3S , C_3A và hình thành nhanh CSH, ettringite, giúp tăng cường độ ở tuổi 1-3 ngày. Đồng thời, $NaOH$ nâng độ kiềm, kích hoạt phản ứng pozolanic của FA sớm hơn, tạo thêm gel CSH thứ cấp và duy

trì sự phát triển cường độ dài ngày.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, xi măng (XM) sử dụng là xi măng poóc lăng với khối lượng riêng là 3,1 g/cm³, cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt 54,6 MPa, tỷ diện tích bề mặt Blaine đạt 3780 cm²/g. Các tính chất cơ lý của xi măng đạt yêu cầu theo TCVN 2682:2020 [11]. Tro bay (FA) của nhà máy nhiệt điện Phả Lại, với khối lượng riêng đạt 2,28 g/cm³, độ mịn trên sàng 45 μ m đạt 4,62%, chỉ số hoạt tính cường độ đạt 87,8%. Các tính chất của tro bay thỏa mãn dùng cho vữa và bê tông theo TCVN 10302:2014. Phụ gia hóa học TC3 là một loại hoạt hóa thủy hóa với gốc Calcium nitrate ở dạng lỏng có tỷ trọng là 1,20 g/cm³, độ pH từ 10-12, có khả năng phân tán tốt trong nước. Phụ gia TC3 sử dụng với vai trò thúc đẩy quá trình thủy hóa của xi măng với cơ chế tăng nồng độ ion Ca^{2+} và NO_3^- trong dung dịch lỏng, tạo môi trường thuận lợi cho quá trình kết tinh nhanh các sản phẩm thủy hóa ban đầu. Đồng thời, một hàm lượng ion OH^- có trong phụ gia giúp nâng cao pH, kích thích phản ứng giữa tro bay và $Ca(OH)_2$ sinh ra từ thủy hóa xi măng, làm tăng lượng gel CSH thứ cấp, từ đó thúc đẩy sự thủy hóa của hỗn hợp chất kết dính (CKD) sử dụng phụ gia khoáng FA. Phụ gia siêu dẻo (SD) sử dụng siêu dẻo trong nghiên cứu của hãng Silkroad, với tính chất phù hợp theo tiêu chuẩn ASTM C494 loại F và G.

Cốt liệu mịn sử dụng trong nghiên cứu có các tính chất cơ lý được thể hiện trong Bảng 2. Mẫu cát thí nghiệm đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006 [12].

Bảng 1. Các tính chất cơ lý của cốt liệu mịn

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả		Yêu cầu		Phương pháp thử	
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,60				TCVN 7572-4:06	
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1450		>1300		TCVN 7572-6:06	
3	Độ rỗng	%	44,2				TCVN 7572-6:06	
4	Mô đun độ lớn	-	2,62		> 2		TCVN 7572-2:06	
5	Hàm lượng bụi bùn, sét	%	0,12		< 3		TCVN 7572-8:06	
6	Độ ẩm bão hoà bề mặt khô	%	1,0				TCVN 7572-4:06	
7	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	-	Nhạt hơn màu chuẩn		Nhạt hơn màu chuẩn		TCVN 7572-9:06	
8	Thành phần hạt							
KT lỗ sàng, mm		5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	<0,14
Ai, %		0,0	12,1	24,3	46,8	81,4	98,1	2,03
Yêu cầu theo TCVN 7570:2006		< 10	0-20	15-45	35-70	65-90	90-100	10

2.2. Các phương pháp thí nghiệm

Các nghiên cứu về ảnh hưởng của phụ gia khoáng FA và phụ gia hóa học TC3 đến lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của CKD được thực hiện trên cơ sở TCVN 6017 : 2015 [13]. Với các mẫu sử dụng TC3 thì lượng nước tiêu chuẩn được lấy bằng lượng nước tiêu chuẩn của mẫu đối chứng khi không sử dụng TC3 tương ứng. Tỷ lệ thành phần vật liệu được thể hiện ở Bảng 3 và Bảng 4.

Cường độ nén của vữa được xác định theo TCVN 3121-11:2022 [14]. Hỗn hợp vữa được đúc trong khuôn hình lăng trụ với kích 40×40×160 mm sau đó mẫu được dưỡng hộ tiêu chuẩn. Cường độ vữa được xác định ở thời gian bao gồm các tuổi 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày và 28 ngày.

Quá trình đo nhiệt độ tỏa nhiệt của vữa được thực hiện nhằm đánh giá mức độ và tốc độ phản ứng thủy hóa của các cấp phối. Sau khi trộn vữa theo tỷ lệ thiết kế, mẫu được đổ vào thùng xốp cách nhiệt có kích thước 40×30×30 cm để hạn chế trao đổi nhiệt với môi

trường. Ba cảm biến nhiệt được bố trí: một tại tâm khối vữa, một tại mép ngoài sát thành thùng và một đặt ngoài môi trường để theo dõi sự chênh lệch nhiệt độ. Sau khi bố trí cảm biến, thùng được đậy kín và bắt đầu ghi nhận dữ liệu liên tục bằng bộ ghi tự động. Quá trình đo kéo dài cho đến khi nhiệt độ trong mẫu giảm và chênh lệch với môi trường chỉ còn khoảng 1-2°C. Dữ liệu thu được dùng để xây dựng biểu đồ tỏa nhiệt, xác định nhiệt độ cực đại, thời gian đạt cực đại và tốc độ phát triển nhiệt, qua đó đánh giá khả năng thủy hóa và mức độ phản ứng của vật liệu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Tính chất của chất kết dính

a. Ảnh hưởng của tro bay đến thời gian đông kết của chất kết dính
Ảnh hưởng của FA đến thời gian đông kết của CKD được nghiên cứu, trong đó FA sử dụng với hàm lượng từ 0% đến 50%. Tỷ lệ vật liệu sử dụng được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 2. Tỷ lệ thành phần CKD

TT	XM, %	FA, %	N _{yc} , %	T _{BD} , phút	T _{KT} , phút
1	100	0	30	120	175
2	90	10	29,5	145	200
3	80	20	29	155	210
4	70	30	28,5	160	234
5	60	40	28	165	240
6	50	50	27	212	270

Kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của FA đến thời gian đông kết của chất kết dính (CKD) đến lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của CKD được thể hiện trên Bảng 3. Kết quả cho thấy hàm lượng tro bay (FA) có ảnh hưởng rõ rệt đến lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của CKD. Khi tăng hàm lượng FA từ 0% lên 50%, lượng nước tiêu chuẩn (N_{yc}) giảm dần từ 30% xuống còn 27%, kết quả đạt được cho thấy vai trò của tro bay có hiệu ứng tương hỗ (ball-bearing effect) giúp cải thiện độ dẻo và giảm nhu cầu nước của hệ CKD. Tuy nhiên, do FA là vật liệu có hoạt tính pozolanic chậm nên không tham gia mạnh vào phản ứng thủy hóa giai đoạn đầu, dẫn đến thời gian bắt đầu đông kết và kết thúc đông kết kéo dài hơn so với mẫu đối chứng. Thời gian bắt đầu đông kết (T_{BD}) tăng từ 120 phút lên 212 phút, và thời gian kết thúc đông kết (T_{KT}) đã tăng từ 175 phút lên 270 phút khi FA tăng từ 0% lên 50%. Như vậy, việc sử dụng tro bay giúp cải thiện tính công tác của hồ CKD nhưng làm chậm quá trình đông kết, đặc biệt khi hàm lượng FA lớn hơn 30%, do sự thay thế một phần xi măng hoạt tính bằng vật liệu có phản ứng pozolanic chậm.

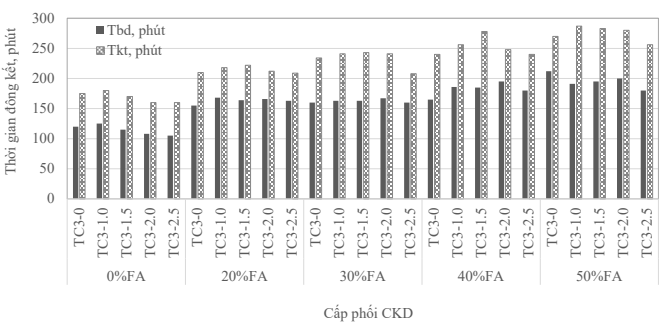
b. Ảnh hưởng của phụ gia hóa học TC3 và FA đến thời gian đông kết của chất kết dính

Tỷ lệ thành phần vật liệu đánh giá ảnh hưởng của phụ gia hóa học và hàm lượng FA đến thời gian đông kết của CKD được thể hiện trên Bảng 4. Trong đó, hàm lượng FA sử dụng với hàm lượng 0% đến 50% và hàm lượng phụ gia hóa học TC3 sử dụng hàm lượng 0% đến 2,5%. Lượng nước tiêu chuẩn sử dụng tương ứng với hàm lượng FA được thể hiện tại Bảng 3.

Kết quả ảnh hưởng của phụ gia TC3 và hàm lượng FA đến thời gian đông kết của CKD được thể hiện ở Hình 3. Kết quả thí nghiệm cho thấy việc sử dụng tro bay (FA) và phụ gia hóa học TC3 có ảnh hưởng rõ rệt đến thời gian đông kết của hệ chất kết dính. Khi tăng hàm lượng FA từ 0% lên 50%, thời gian bắt đầu đông kết (T_{bd}) và kết thúc đông kết (T_{kt}) đều tăng đáng kể, điều này thể hiện xu hướng làm chậm quá trình đông kết do hoạt tính pozolanic của FA thấp và quá trình thủy hóa ít hơn do lượng dùng xi măng ít hơn. Cụ thể, thời gian bắt đầu đông kết (T_{bd}) tăng từ 120 phút (FA = 0%) lên 212 phút (FA = 50%), và thời gian kết thúc đông kết (T_{kt}) tăng từ 175 phút lên 270 phút. Điều này phù hợp với cơ chế phản ứng của FA - khi lượng xi măng giảm, lượng Ca(OH)₂ sinh ra ít hơn, làm giảm tốc độ hình thành sản phẩm CSH ban đầu. Đối với ảnh hưởng của phụ gia TC3, kết quả cho thấy phụ gia này có tác dụng điều chỉnh linh hoạt quá trình đông kết tùy theo liều lượng và hàm lượng FA trong hệ. Với mẫu không có FA, việc tăng TC3 từ 0 đến 2,5% giúp rút ngắn thời gian đông kết từ 175 phút xuống 160 phút, thể hiện vai trò hoạt hóa phản ứng thủy hóa của TC3 (chứa calcium nitrate và -OH) làm tăng tốc độ hình thành CSH và ettringite. Tuy nhiên, với các mẫu chứa FA cao (30-50%), khi tăng TC3 đến mức 1,5-2,0%, thời gian đông kết có xu hướng kéo dài nhẹ do sự tương tác phức tạp giữa FA chưa phản ứng và các ion trong dung dịch, làm chậm quá trình kết tinh ban đầu.

Bảng 3. Tỷ lệ thành phần CKD sử dụng phụ gia TC3

TT	XM, %	FA, %	TC3, %
1	100	0	0-1,0-1,5-2,0-2,5
2	80	20	0-1,0-1,5-2,0-2,5
3	70	30	0-1,0-1,5-2,0-2,5
4	60	40	0-1,0-1,5-2,0-2,5
5	50	50	0-1,0-1,5-2,0-2,5



Hình 1. Ảnh hưởng của FA đến thời gian đông kết của CKD

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia TC3 đến tính chất của vữa

Trong nghiên cứu này sẽ tập trung và ảnh hưởng của FA và TC3 đến tính chất của vữa. Do vậy, tỷ lệ thành phần vật liệu sẽ được lấy cố định như: tỷ lệ Cát và chất kết dính (C/CKD) được lấy là 3; tỷ lệ nước và chất kết dính (N/CKD) được lấy là 0,4. Hàm lượng FA sử dụng với hàm lượng từ 0% đến 50% theo khối lượng CKD và hàm lượng phụ gia hóa học TC3 sử dụng 0%-2,0% theo khối lượng CKD. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo (SD) được lấy để đảm bảo độ dẻo cho quá trình chế tạo mẫu, lượng SD được tính theo % CKD theo khối lượng.

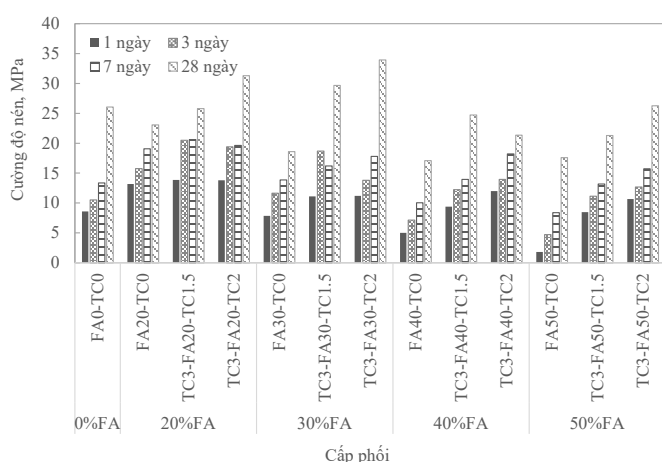
Tính toán cấp phối vữa được thực hiện theo phương pháp thể tích tuyệt đối, được xây dựng dựa trên nguyên tắc tổng thể tích của các thành phần vật liệu rắn và nước bằng thể tích 1 m³ vữa. Trên cơ sở các tỷ lệ vật liệu đã biết như tỷ lệ C/CKD; N/CKD; FA/CKD và SD/CKD, lượng vật liệu tính cho 1 m³ vữa hoàn toàn xác định. Bên cạnh đó, nghiên cứu sẽ đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng TC3 đến cường độ nén của vữa khi FA sử dụng với hàm lượng là 50%. Tỷ lệ thành phần cấp phối vữa được cho ở Bảng 5.

Bảng 4. Tỷ lệ thành phần cấp phối vữa

Cấp phối	Tỷ lệ thành phần VL			
	C/CKD	N/CKD	CKD	
			FA, %	TC3, %
1	3,0	0,4		
2	3,0	0,4	20-30-40-50	
3	3,0	0,4	20-30-40-50	1,5
4	3,0	0,4	20-30-40-50	2,0
5	3,0	0,4	50	2,5
6	3,0	0,4	50	3,0

a. Ảnh hưởng của FA và phụ gia hóa học TC3 đến cường độ nén của vữa

Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của FA và phụ gia hóa học TC3 đến cường độ nén của vữa được thể hiện trên Hình 4. Kết quả thí nghiệm cho thấy phụ gia khoáng tro bay (FA) và phụ gia hóa học TC3 có ảnh hưởng rất rõ rệt đến sự phát triển cường độ nén của vữa theo cả hàm lượng và thời gian dưỡng hộ. Xét về ảnh hưởng của FA đến cường độ nén của vữa cho thấy, với mẫu đối chứng sử dụng 0% FA0 và 0% TC3 (FA0-TC0) có cường độ ở tuổi 1 ngày và 28 ngày đạt tương ứng là 8,57 MPa và 26,05 MPa (28 ngày), việc thay thế xi măng bằng FA với hàm lượng thích hợp làm giảm tốc độ phát triển cường độ ở tuổi sớm nhưng không ảnh hưởng đáng kể ở tuổi muộn. Với mẫu sử dụng 20% FA và 0% TC3 (FA20-TC0), cường độ nén ở tuổi 1 ngày đạt 13,2 MPa tăng 53,7% so với mẫu đối chứng, tuy nhiên ở tuổi 28 ngày cường độ nén đạt 23 MPa (đạt 88,6% so với mẫu đối chứng). Khi tăng FA lên 30%, 40% và 50%, cường độ giảm rõ rệt ở tất cả các tuổi, ở tuổi 1 ngày cường độ nén của vữa giảm lần lượt 8,5% (30% FA), 41,6% (40% FA) và 79,0% (50% FA); ở 28 ngày cường độ nén tương ứng giảm 28,6%, 34,4% và 32,4%. Điều này thể hiện đặc tính phản ứng pozolanic của FA xảy ra chậm, dẫn tới cường độ ở tuổi sớm giảm, tuy nhiên vẫn duy trì khả năng phát triển ổn định ở tuổi muộn.



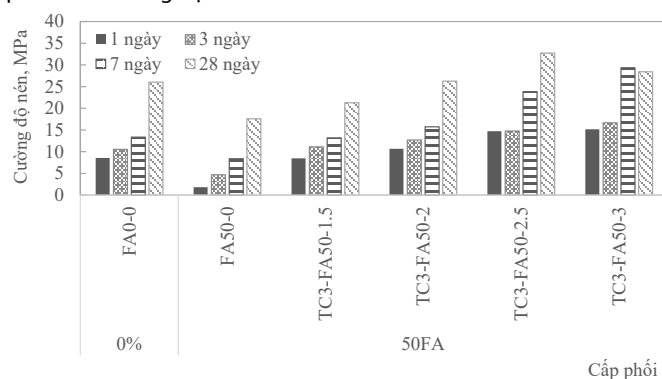
Hình 2. Cường độ nén tuổi 28 ngày của mẫu vữa

Khi sử dụng phụ gia TC3, cường độ nén của vữa ở các tuổi đều tăng so với mẫu không sử dụng phụ gia. Khi sử dụng 20% FA kết hợp sử dụng 1,5% TC3 và 2% TC3 đã giúp tăng cường độ ở tuổi sớm, cường độ nén ở 3 ngày lên lần lượt tăng 30% và 23%, cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày tăng 11,8% và 35,7% so với mẫu sử dụng 20% FA và 0% TC3 (FA20-TC0). Với mẫu sử dụng 30% FA, việc sử dụng phụ gia TC3 đã thể hiện hiệu quả tốt hơn, ở tuổi 1 ngày, cường độ nén của vữa tăng 41,5%, cường độ nén ở tuổi 3 ngày tăng 60 và ở tuổi 28 ngày cường độ nén tăng 59% so với mẫu sử dụng 30% FA và 0% TC3 (FA30-TC0). Đặc biệt với mẫu sử dụng 50% FA cường độ nén của mẫu ở tuổi 1 ngày tăng rất lớn, cường độ tăng 470% (từ 1,8 MPa tăng lên 10,64 MPa); ở tuổi 3 ngày cường độ nén của vữa tăng 170% và ở 28 ngày cường độ nén tăng 49% so với mẫu sử dụng 50% FA và 0% TC3. Như vậy, việc sử dụng FA đã làm giảm cường độ ở tuổi sớm, tuy nhiên việc sử dụng TC3 sẽ thúc đẩy quá trình thủy hóa của xi măng, tăng tốc độ phản ứng pozolanic của FA giúp tăng tốc độ phát triển cường độ ở tuổi 1-3 ngày và duy trì xu hướng phát triển cường độ đến 28 ngày. Hàm lượng TC3 hợp lý ở 2% sẽ giúp thúc đẩy cường độ khi hàm lượng FA sử dụng đến 50%. Sự kết hợp giữa FA ở hàm lượng 20%-40% với phụ gia hóa học TC3 giúp tạo ra cấu trúc đặc chắc, thúc đẩy phản ứng thủy hóa của CKD và sự hình thành các sản phẩm CSH, góp phần cải thiện độ bền lâu dài đồng thời đảm bảo tính kinh tế và thân thiện môi trường. Việc sử dụng phụ gia hóa học TC3 giúp nâng cao cường độ của vữa ở tuổi sớm có thể thấy về cơ chế, các ion Ca^{2+} , NO_3^- và OH^- trong TC3 giúp tăng tốc giai đoạn hòa tan của xi măng, đồng thời kích thích phản ứng giữa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và SiO_2 hoạt tính trong FA, hình thành mạng lưới CSH sớm và dày đặc hơn, từ đó giảm lỗ rỗng mao quản và tăng mật độ cấu trúc của đá xi măng. Như vậy, phụ gia TC3 mang lại giải pháp hiệu quả trong việc thúc đẩy cường độ sớm của vữa và bê tông sử dụng FA, đặc biệt với hàm lượng FA đến 50%. Với hàm lượng sử dụng từ 2-2,5% theo khối lượng CKD, TC3 không chỉ giúp tăng tốc phản ứng thủy hóa và kích hoạt FA mà còn đảm bảo thời gian đông kết không bị rút ngắn quá mức, giữ ổn định quá trình phát triển cường độ muộn. Sự kết hợp này giúp nâng cao tính hiệu quả kỹ thuật, giảm phát thải CO_2 , đồng thời góp phần vào định hướng phát triển vật liệu xây dựng xanh và bền vững.

b. Ảnh hưởng của phụ gia hóa học TC3 đến cường độ nén của vữa

Trong nghiên cứu này sẽ đánh giá ảnh hưởng của phụ gia TC3 đến cường độ của vữa khi FA sử dụng với hàm lượng 50%. Kết quả thí nghiệm cho thấy phụ gia TC3 có ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ nén của vữa sử dụng 50% tro bay (FA50). So với mẫu đối chứng FA50-0 (FA=50% và TC3=0%), việc sử dụng TC3 giúp tăng mạnh cường độ ở tất cả các tuổi, đặc biệt là ở tuổi sớm. Ở 1 ngày, cường

độ của mẫu FA50-0 chỉ đạt 1,80 MPa, trong khi sử dụng 1,5% TC3 cường độ nén của mẫu vữa đạt 8,45 MPa (tăng 369%); khi sử dụng TC3 với hàm lượng 2%, cường độ nén của vữa đạt 10,64 MPa (tăng 491%); tiếp tục tăng TC3 đến 2,5% cường độ nén của vữa đạt 14,71 MPa (tăng 717%) so với mẫu đối chứng. Mức độ tăng này cao hơn đáng kể so với mức 150-250% được tác giả Hoang và các cộng sự [9] báo cáo khi dùng đơn phụ gia $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, cho thấy hiệu ứng cộng hưởng của ion NO_3^- và OH^- trong TC3. Như vậy, việc sử dụng TC3 sẽ giúp thúc đẩy cường độ của vữa ở tuổi sớm đồng thời không rút ngắn thời gian đông kết của chất kết dính đóng vai trò hoạt hóa thủy hóa rất mạnh, thúc đẩy quá trình hình thành các sản phẩm CSH sớm. Ở tuổi 3 ngày, cường độ nén của vữa có xu hướng tăng tương tự, với mẫu sử dụng FA3=0% thì cường độ nén của vữa đạt 4,69 MPa (FA50-0) trong khi hàm lượng TC3 tăng đến 2,5% thì cường độ nén của vữa ở 3 ngày đạt 14,74 MPa (tăng 214%). Cường độ nén ở tuổi 28 ngày với mẫu bê tông sử dụng phụ gia TC3 tiếp tục tăng hơn so với mẫu đối chứng, tuy nhiên mức độ tăng không nhiều. Với mẫu sử dụng TC3=0%, cường độ nén của mẫu FA50-0 đạt 17,6 MPa, khi TC3 sử dụng 2% và 2,5% thì cường độ nén đạt tương ứng là 26,25 MPa (tăng 49%) và 32,74 MPa (tăng 86%). Tuy nhiên, khi tăng TC3 lên 3%, cường độ nén của vữa không tăng so với mẫu sử dụng với hàm lượng là 2,5%. Qua kết quả thí nghiệm có thể đánh giá phụ gia TC3 kích hoạt phản ứng pozolanic của tro bay, thúc đẩy quá trình thủy hóa sớm và cải thiện đáng kể cường độ của vữa đặc biệt là ở giai đoạn đầu. Tuy nhiên, khi hàm lượng TC3 tăng đến 3%, không có sự cải thiện về cường độ của vữa so với hàm lượng 2,5%. Điều này có thể do dư ion nitrate gây mất cân bằng kiềm - canxi trong hệ chất kết dính. Vì vậy, hàm lượng TC3 tối ưu cho hệ 50% FA từ 2-2,5% theo khối lượng CKD được cho là hàm lượng phù hợp trong thúc đẩy sự phát triển cường độ của vữa ở tuổi sớm.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia TC3 đến cường độ của vữa (FA=0% và 50%)

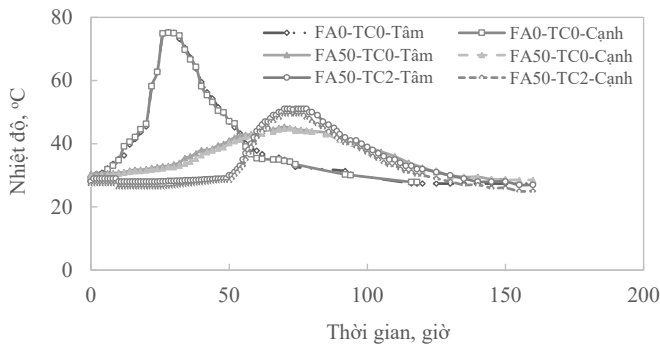
c. Ảnh hưởng của tro bay và phụ gia hóa học TC3 đến độ tỏa nhiệt của vữa

Để đánh giá mức độ tỏa nhiệt, nghiên cứu thực hiện trên 03 cấp phối (CP) trong đó 01 CP sử dụng 0%FA và 0% TC3 (FA0-TC0); 01 CP sử dụng 50% FA và 0% TC3 (FA50-TC0) và 01 CP sử dụng 50% FA và 2% TC3 (FA50-TC2.0). Nhiệt độ được đo tại 02 vị trí trong mẫu là vị trí tâm của mẫu và vị trí bên cạnh mẫu, ngoài ra còn 01 sensor sẽ được để phía bên ngoài môi trường để xác định nhiệt độ, Kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ môi trường trong quá trình đo mẫu từ 27°C đến 29,6°C.

Kết quả về ảnh hưởng của FA và phụ gia TC3 đến độ tỏa nhiệt của vữa được thể hiện tại Hình 6. Kết quả thí nghiệm cho thấy phụ gia TC3 có ảnh hưởng rõ rệt đến mức độ tỏa nhiệt của vữa, đặc biệt trong trường hợp sử dụng kết hợp với tro bay (FA). Với mẫu đối chứng sử dụng 0% FA và 0% TC3 (FA0-TC0), nhiệt độ cực đại tại tâm mẫu đạt 75,3°C sau 28 giờ, trong khi mẫu sử dụng 50% FA và 0% TC3 (FA50-TC0) chỉ đạt 45,4°C sau 66 giờ, tức giảm khoảng 39% so với

mẫu không có tro bay. Sự giảm mạnh này phản ánh khả năng thay thế xi măng bằng FA đã làm chậm quá trình thủy hóa và giảm mức độ phản ứng tỏa nhiệt cho vữa. Khi sử dụng phụ gia hóa học TC3 với hàm lượng 2% kết hợp sử dụng 50% FA (mẫu FA50-TC2), nhiệt độ lớn nhất của mẫu đạt 51°C sau 70 giờ, nhiệt độ tương ứng giảm 32,2% so với mẫu FA50-TC0 và tăng 12% so với mẫu FA50-TC0. Điều này cho thấy TC3 đã kích hoạt quá trình thủy hóa sớm của hệ chất kết dính chứa tro bay, tạo ra sự phát triển nhanh các sản phẩm CSH và ettringite trong giai đoạn đầu, từ đó làm tăng tốc độ sinh nhiệt.

Xét về tốc độ tỏa nhiệt (thời gian đạt đỉnh nhiệt độ), mẫu FA0-TC0 đạt nhiệt độ cực đại chỉ sau 28 giờ, trong khi mẫu FA50-TC0 đạt đỉnh nhiệt sau 66 giờ, điều này thể hiện phản ứng thủy hóa diễn ra chậm và kéo dài. Ngược lại, mẫu FA50-TC2 bắt đầu tăng nhanh từ 50 đến 70 giờ và đạt đỉnh sau 72 giờ, điều này chứng tỏ phụ gia TC3 không kích hoạt phản ứng thủy hóa ở những thời điểm ban đầu sau khi nhào trộn CKD với nước mà sau khoảng 50 giờ thì quá trình kích hoạt phản ứng thủy hóa của xi măng và thúc đẩy hoạt tính pozolanic của FA mới xảy ra mạnh. Như vậy, việc sử dụng phụ gia hóa học TC3 với hàm lượng phù hợp (khoảng 2%) giúp thúc đẩy quá trình thủy hóa của xi măng và kích hoạt phản ứng thủy hóa của PGK từ đó giúp thúc đẩy sự phát triển cường độ sớm và cải thiện sự phát triển cấu trúc của đá xi măng ở tuổi sớm.



Hình 4. Ảnh hưởng của FA và phụ gia TC3 đến sự tỏa nhiệt của vữa (FA=0% và 50%)

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả đạt được, bài báo rút ra một số kết luận sau:

- Kết quả nghiên cứu cho thấy tro bay (FA) làm chậm đáng kể quá trình đông kết của chất kết dính, khi hàm lượng FA tăng từ 0% lên 50%, thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết tăng lần lượt từ 120 lên 212 phút và từ 175 lên 270 phút. Phụ gia TC3 có tác dụng kích hoạt phản ứng thủy hóa, giúp rút ngắn thời gian đông kết ở hàm lượng nhỏ hơn 2%, tuy nhiên ở hàm lượng FA cao và TC3 lớn hơn 2%, thời gian đông kết có xu hướng tăng nhẹ.

- Việc sử dụng FA sẽ làm giảm cường độ nén ở tuổi sớm do phản ứng pozolanic diễn ra chậm, nhưng vẫn đảm bảo sự phát triển cường độ ổn định ở tuổi muộn. Khi kết hợp với phụ gia hóa học TC3, cường độ nén của vữa được cải thiện rõ rệt ở tất cả các tuổi. Hàm lượng FA sử dụng từ 20 đến 30%, việc kết hợp với TC3 ở hàm lượng 1,5% đến 2,0% giúp tăng cường độ nén ở 3 ngày từ 23-60% và ở 28 ngày từ 12-36% so với mẫu không sử dụng TC3. Đặc biệt, khi sử dụng FA với hàm lượng 50% kết hợp với 2% TC3 sẽ làm tăng cường độ nén ở tuổi 1 ngày đến 470%, ở 3 ngày tăng 170% và ở 28 ngày tăng 49%. Như vậy, phụ gia hóa học TC3 hoạt động như chất kích hoạt thủy hóa hiệu quả, giúp tăng tốc độ phát triển cường độ sớm và nâng cao độ bền của vữa sử dụng FA ở hàm lượng cao, góp phần cải thiện tính bền vững và kinh tế của vật liệu.

- Phụ gia TC3 có ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ nén của vữa sử dụng 50% tro bay. Việc bổ sung TC3 giúp tăng mạnh cường độ ở tuổi sớm, đặc biệt khi hàm lượng TC3 đạt 2-2,5%, cường độ nén ở 1

ngày tăng đến 717% và ở 28 ngày tăng 86% so với mẫu không sử dụng TC3. Tuy nhiên, khi tăng TC3 lên 3%, cường độ không tiếp tục tăng, cho thấy hàm lượng TC3 tối ưu là khoảng 2-2,5% CKD.

- Tro bay làm giảm đáng kể mức độ và tốc độ tỏa nhiệt của vữa, với mẫu FA50-TC0 nhiệt độ cực đại giảm 39% so với mẫu FA0-TC0. Khi bổ sung 2% TC3, nhiệt độ cực đại tăng lên 51°C (tăng 12% so với FA50-TC0). Kết quả cho thấy TC3 đã kích hoạt phản ứng thủy hóa và hoạt tính pozolanic của FA, thúc đẩy quá trình thủy hóa và hình thành sản phẩm thủy hóa của xi măng như CSH ở tuổi sớm.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và Bộ Xây dựng đối với đề tài: “Nghiên cứu giải pháp thúc đẩy cường độ ở tuổi sớm để tháo vát khuôn cho bê tông thương phẩm sử dụng phụ gia khoáng tro bay ứng dụng trong các công trình xây dựng”, mã số RD 16-24.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tuấn, N.V., Thắng, N.C., Hanh, P.H. (2015). Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ siêu cao sử dụng phụ gia khoáng thay thế một phần xi măng ở Việt Nam hướng tới phát triển bền vững. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDH, ISSN 1859.2996, số 24/2015: 11-18, <https://stce.nuce.edu.vn/index.php/vn/article/view/457>.
- [2]. Thắng, N.C., Hanh, P.H., Tuấn, N.V. (2013). Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao sử dụng silica fume và xi lô cao hạt hóa nghiền mịn ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDH, ISSN 1859.2996, số 15 (3-2013): 83-92. <https://stce.nuce.edu.vn/index.php/vn/article/view/691>.
- [3]. Trung, T.Đ., Đại, B.D., Đầu, V.Đ. (2015). Nghiên cứu chế tạo vữa nền cho bê tông tự lèn, cường độ cao sử dụng cát mịn và hỗn hợp phụ gia khoáng xi lô cao - tro trấu. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDH, 9(2): 67-76, <https://stce.nuce.edu.vn/index.php/vn/article/view/485>.
- [4]. Mehta, P.K. and V. Malhotra, High performance, high volume fly ash concrete. 2008, ACCA.
- [5]. Malhotra, V. M. (1996), High-Volume Fly Ash and Slag Concrete. In V. S. Ramachandran (Ed.), Concrete Admixtures Handbook (Second Edition) (pp. 800-838). Park Ridge, NJ: William Andrew Publishing.
- [6]. Lê Đức Long, (2010). Nghiên cứu sử dụng tro nhiệt điện đốt than tăng sôi tuần hoàn có khử khí sulfua (CFBC) của Nhà máy Nhiệt điện Cao Ngan cho sản xuất vật liệu xây dựng. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ, viện Vật liệu Xây dựng.
- [7]. Malhotra, V.M., (1996). Concrete admixtures handbook. 800-838, <https://doi.org/10.1016/B978-081551373-5.50016-7>.
- [8]. Tuấn, N.K., Đầu, V.Đ. (2015). Nghiên cứu chế tạo vữa khô cường độ cao rắn nhanh sử dụng cho mối nối và công tác sửa chữa kết cấu bê tông cốt thép. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDH, 9(2): 59-66, <https://stce.nuce.edu.vn/index.php/vn/article/view/483>.
- [9]. Hoang, K., Justnes, H., Geiker, M. (2016). Early age strength increase of fly ash blended cement by a ternary hardening accelerating admixture. Cement and Concrete Research, 81, 59-69, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.11.004>.
- [10]. Qian, J., Shi, C., Wang, Z. (2001). Activation of blended cements containing fly ash. Cement and Concrete Research, 31(8), 1121-1127, doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00526-9).
- [11]. TCVN 2682:2020, Xi măng pooc lăng - Yêu cầu kỹ thuật. 2009: Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [12]. TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [13]. TCVN 6017:2015 (ISO 9597:2008), Xi măng - Phương pháp xác định thời gian đông kết và độ ổn định thể tích. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [14]. TCVN 3121-11:2022, Vữa xây dựng - phương pháp thử: Xác định cường độ uốn và nén của vữa đã đông rắn. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Bộ Khoa học và Công nghệ.

Thiết kế điều khiển trượt cho bộ biến đổi DC/DC hai chiều đa pha chế độ Buck trong hệ thống điện phụ trợ của xe điện

Sliding mode control design for a multiphase bidirectional buck DC/DC converter in the auxiliary power system of electric vehicles

> TS ĐẶNG HỒNG HẢI*, THS CAO ĐỨC THANH

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: danghonghai@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một phương pháp thiết kế bộ điều khiển trượt (Sliding Mode Control - SMC) cho bộ biến đổi DC/DC hai chiều đa pha ứng dụng trong hệ thống điện phụ trợ của xe điện. Bộ biến đổi thực hiện truyền tải năng lượng giữa hai mức điện áp 48 VDC và 12 VDC, đóng vai trò quan trọng trong nguồn phụ của các kiến trúc xe điện hiện đại. Dựa trên mô hình trạng thái của bộ biến đổi được xây dựng cho chế độ Buck nhằm mô tả chính xác động học hệ thống, một mặt trượt tuyến tính được thiết kế để bảo đảm sai số điện áp bám về không trong thời gian hữu hạn. Tính ổn định toàn cục của hệ thống điều khiển được chứng minh bằng lý thuyết Lyapunov. Kết quả mô phỏng trên Matlab/Simulink cho thấy rằng bộ điều khiển trượt cho khả năng điều chỉnh điện áp nhanh, bền vững trước nhiễu dòng tái tạo khi so sánh với bộ điều khiển PI, qua đó khẳng định tiềm năng ứng dụng trong các bộ biến đổi công suất trên xe điện.

Từ khóa: Điều khiển trượt; bộ hạ áp; bộ biến đổi DC hai chiều; PID; xe điện.

ABSTRACT

This paper proposes a Sliding Mode Control (SMC) design method for a multiphase bidirectional DC/DC converter used in the auxiliary power system of electric vehicles. The converter transfers energy between the 48 VDC and 12 VDC buses, which play a critical role in the power architecture of modern electric vehicles. A state-space model of the converter operating in Buck mode is first derived to accurately describe the system dynamics. Based on this model, a linear sliding surface is formulated to ensure finite-time convergence of the voltage tracking error. The global stability of the closed-loop system is rigorously proven using Lyapunov theory. Simulation results obtained in MATLAB/Simulink demonstrate that the proposed SMC provides fast voltage regulation and strong robustness against the regenerative current disturbance, outperforming a conventional PI controller. These findings confirm the feasibility and effectiveness of the proposed approach for power converter applications in electric vehicles.

Keywords: SMC; buck converter; bidirectional converter; PID controller; electric vehicle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống điện 48 V/12 V đang được sử dụng rất rộng rãi trên các dòng xe điện hiện nay, trong đó bộ biến đổi DC/DC hai chiều giữ vai trò then chốt trong truyền tải công suất giữa hai bus điện áp và ổn định điện áp phụ trợ 12 V. Tuy nhiên, đặc tính phi tuyến mạnh của bộ biến đổi, đặc biệt trong các pha chuyển chế độ buck-boost hoặc khi dòng tái tạo tăng nhanh, đã được chỉ ra trong nhiều nghiên cứu gần đây [1-3]. Ngoài ra, cấu trúc đa pha (multiphase), mặc dù giúp giảm độ gợn dòng nhưng lại làm tăng độ phức tạp mô hình

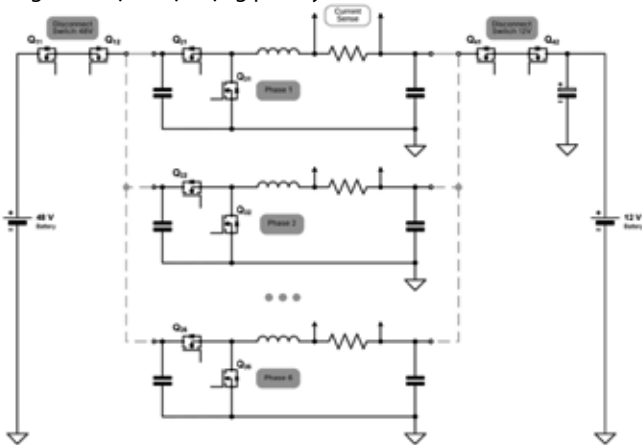
và dễ xuất hiện dao động khi hệ chuyển trạng thái [4, 5]. Trong thực tế, cấu trúc điều khiển vòng kín phản hồi âm sử dụng bộ PI/PID vẫn được sử dụng rộng rãi nhờ cấu trúc đơn giản. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây cho thấy bộ điều khiển tuyến tính này chỉ hoạt động tốt quanh điểm làm việc và dần mất hiệu quả khi tải biến thiên nhanh, khi tái tạo năng lượng hoặc khi hệ thống có sai lệch tham số [6, 7]. Các hiện tượng như vọt áp đầu ra, sai lệch tĩnh đã được phân tích trong nhiều công trình [8, 9, 10], làm nổi bật nhu cầu áp dụng các phương pháp điều khiển phi tuyến cho bộ biến đổi hai chiều.

Trong bối cảnh đó, điều khiển trượt (Sliding Mode Control - SMC) được khẳng định là một phương pháp mạnh mẽ nhờ tính bất biến trước nhiễu và sai lệch mô hình, đồng thời có thể duy trì tốc độ đáp ứng cao hơn so với PI/PID truyền thống [11, 12]. Một số kết quả mới đây cho thấy SMC đặc biệt hiệu quả trong kiến trúc 48V/12V, giúp giảm đáng kể vọt áp khi tái tạo công suất và nâng cao chất lượng điều khiển dòng - điện áp trong bộ biến đổi đa pha công suất lớn [11, 12]. Những kết quả này cho thấy SMC là ứng viên phù hợp để ứng dụng trong các hệ thống điện trên ô tô điện hiện đại. Do đó, đây cũng chính là mục tiêu và định hướng nghiên cứu của nhóm tác giả. Phần tiếp theo của bài báo được tổ chức như sau: Phần 2 trình bày chi tiết cấu trúc bộ biến đổi DC/DC hai chiều đa pha và đưa ra mô hình toán học của hệ; Phần 3 trình bày kỹ thuật thiết kế bộ điều khiển trượt cho đối tượng; sau đó, các kết quả mô phỏng và nhận xét được thể hiện trong Phần 4; Cuối cùng, trong Phần 5 đưa ra các kết luận và hướng phát triển trong tương lai của nhóm tác giả.

2. CẤU TRÚC VÀ MÔ HÌNH TOÁN BỘ BIẾN ĐỔI DC/DC HAI CHIỀU ĐA PHA

2.1. Cấu trúc của hệ thống

Cấu trúc bộ DC-DC hai chiều sử dụng cấu trúc đa pha song song được ứng dụng rộng rãi trong các bộ biến đổi 48V/12V trên ô tô điện được thể hiện trên Hình 1. Cấu trúc bao gồm một thanh cái điện áp cao 48V và một thanh cái điện áp thấp 12V, mỗi phía đều được kết nối qua một cặp mosfet nhằm đảm nhiệm chức năng cách ly và bảo vệ. Giữa hai thanh cái có N pha bộ biến đổi công suất DC/DC giống hệt nhau mắc song song, đảm nhận việc truyền tải năng lượng hai chiều giữa hai mức điện áp. Mỗi pha gồm một khóa mosfet phía cao, một khóa mosfet phía thấp làm nhiệm vụ chỉnh lưu đồng bộ, một cuộn cảm đơn và tụ lọc tương ứng. Trong chế độ hạ áp (48V sang 12V), khóa phía cao được điều khiển theo chu kỳ D (duty cycle), cung cấp năng lượng từ phía điện áp cao sang phía điện áp thấp, trong khi khóa phía thấp dẫn đồng bộ để giảm tổn hao. Ngược lại, trong chế độ tăng áp (12V sang 48V), trình tự điều khiển được đảo lại: khóa phía thấp nạp năng lượng vào cuộn cảm, sau đó xả lên bus 48V thông qua khóa phía cao, cho phép thực hiện quá trình tái tạo năng lượng. Với cấu trúc này, bộ biến đổi cho phép truyền tải công suất theo cả hai hướng, đảm bảo điều chỉnh áp 12V ổn định, đồng thời hỗ trợ thu hồi năng lượng từ phía 12V về 48V khi cần thiết. Đây là nền tảng quan trọng cho các hệ thống điện ô tô hiện đại, đặc biệt trong các bộ sạc phụ (Auxiliary Power Module - APM), nơi yêu cầu hiệu suất cao, đáp ứng nhanh và khả năng điều khiển ổn định trong điều kiện hoạt động phi tuyến và biến thiên tải.



Hình 1. Bộ biến đổi điện áp một chiều DC/DC 48 - 12V hai chiều

2.2. Mô hình hóa

Nhờ phương pháp liên lệch pha, N pha công suất hoạt động

với dịch pha $360^\circ/N$ giúp giảm đáng kể gợn dòng tổng và giảm yêu cầu về dung lượng tụ lọc. Sự phân bố đều dòng điện qua các pha cũng hỗ trợ cải thiện hiệu suất, giảm tổn hao dẫn và phân bố nhiệt tốt hơn. Trong tính toán và mô hình hóa điều khiển, cấu trúc đa pha có thể quy đổi về một mô hình tương đương với điện cảm hiệu dụng và dòng tổng, từ đó mô hình trung bình được đơn giản hóa nhưng vẫn phản ánh chính xác động học của bộ biến đổi trong cả hai chế độ buck và boost. Điện cảm hiệu dụng được xác định bởi:

$$L_{eq} = L / N \quad (1)$$

Trong đó: L - Điện cảm của mỗi pha. Dòng tổng được xác định bởi:

$$i_L = \sum_{k=1}^N i_{L_k} \quad (2)$$

Trong chế độ buck (48V $\rightarrow$ 12V), khóa MOSFET phía cao của mỗi pha được điều khiển với chu kỳ D, nối trực tiếp bus 48V vào cuộn cảm trong khoảng thời gian ON và ngắt trong khoảng thời gian OFF, khi đó dòng cuộn cảm được dẫn bởi khóa đồng bộ phía thấp. Bỏ qua hiệu ứng chuyển mạch, phương trình động học dòng cuộn cảm tương đương được biểu diễn dưới dạng trung bình như sau:

$$L_{eq} \frac{di_L}{dt} = DV_H - V_L \quad (3)$$

Trong đó: V_H - Điện áp bus cao áp 48V và V_L - Điện áp bus thấp áp 12V. Ngược lại, trong chế độ boost hay tái tạo công suất (12V $\rightarrow$ 48V), trình tự điều khiển khóa đảo lại: Khóa đồng bộ phía thấp nạp năng lượng vào cuộn cảm trong giai đoạn ON, sau đó năng lượng được giải phóng lên bus cao áp thông qua khóa phía cao trong giai đoạn OFF. Khi đó, mô hình trung bình của dòng cuộn cảm được mô tả bởi:

$$L_{eq} \frac{di_L}{dt} = -V_L + (1-D)V_H \quad (4)$$

Phương trình này phản ánh rõ tính hai chiều của bộ biến đổi: Dòng cuộn cảm có thể mang cả giá trị dương lẫn âm, phụ thuộc vào hướng truyền tải công suất. Chính đặc tính này khiến hệ trở nên phi tuyến mạnh và dễ xuất hiện các pha chuyển trạng thái đột ngột, đòi hỏi phương pháp điều khiển có độ bền vững cao. Ngoài ra, động học điện áp phía 12V được xác định dựa trên phương trình cân bằng dòng tại nút DC-link thấp áp:

$$C \frac{dV_L}{dt} = i_L + i_{gen} - \frac{V_L}{R_L} \quad (5)$$

Với C - Tụ lọc song song tại bus điện áp thấp 12V, R_L - Tải tương đương và i_{gen} biểu diễn dòng tái tạo đẩy từ 12V vào bus. Mô hình này phản ánh đúng tác động của dòng cuộn cảm, tải và các nguồn phụ trợ lên điện áp ngõ ra. Kết hợp 3 phương trình động học, bộ mô hình trung bình thu được đủ đơn giản cho thiết kế điều khiển nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác trong dự đoán đáp ứng chuyển tiếp giữa hai chế độ tăng áp và giảm áp.

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT

Bộ biến đổi DC-DC hai chiều 48V/12V mang tính chất phức tạp do hệ thống phải hoạt động ổn định dưới hai chế độ buck và boost, đồng thời bảo đảm khả năng chuyển đổi nhanh giữa hai hướng công suất. Do đặc tính phi tuyến của bộ biến đổi Buck hai chiều cùng sự tác động của nhiều dòng tái sinh i_{gen} , cấu trúc điều khiển một vòng thường không đáp ứng đủ các tiêu chí về tốc độ, độ chính xác và tính bền vững. Vì vậy, chiến lược điều khiển hai vòng, bao gồm vòng điện áp phía ngoài và vòng dòng điện phía trong được xem là cấu trúc tối ưu cho các hệ thống công suất chuyển mạch hiện đại. Sự kết hợp giữa hai vòng điều khiển này cho phép hệ thống đạt được hiệu năng cao: Vòng dòng đảm bảo động học nhanh và khả năng chống nhiễu, trong khi vòng điện áp đảm bảo sai số lâu dài tiến về không và duy trì chất lượng điện áp ổn định.

Nhóm tác giả sử dụng một bộ điều khiển có tính bền vững cao là SMC để nâng cao chất lượng cho hệ thống. Từ phương trình (5) $x_1^{(v)} = V_L, x_2^{(v)} = \dot{V}_L, u_v = i_L$ ta có thể viết lại dưới dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}_1^{(v)} = x_2^{(v)} \\ \dot{x}_2^{(v)} = \frac{1}{C} \left(u_v + i_{\text{gen}} - \frac{V_L}{R_L} \right) \end{cases} \quad (6)$$

Gọi V_{ref} là điện áp tham chiếu mong muốn, sai lệch điện áp được tính như sau:

$$e_v = V_{\text{ref}} - x_1^{(v)} \quad (7)$$

Chọn mặt trượt cho mạch vòng điện áp có dạng:

$$s_v = \dot{e}_v + \lambda_v e_v = -\dot{x}_2^{(v)} + \lambda_v (V_{\text{ref}} - x_1^{(v)}) \quad (8)$$

Với λ_v là hằng số xác định dương, lấy đạo hàm hai vế của (8) ta được:

$$\dot{s}_v = -\dot{x}_2^{(v)} - \lambda_v x_2^{(v)} = -\frac{1}{C} \left(u_v + i_{\text{gen}} - \frac{x_1^{(v)}}{R_L} \right) - \lambda_v x_2^{(v)} \quad (9)$$

Tín hiệu điều khiển tương đương được thu được bằng cách giải phương trình $\dot{s}_v = 0$:

$$u_{\text{veq}} = -C \lambda_v x_2^{(v)} - i_{\text{gen}} + \frac{x_1^{(v)}}{R_L} \quad (10)$$

Để tăng tính bền vững cho bộ điều khiển và giảm hiện tượng chattering của bộ điều khiển trượt ta kết hợp một tín hiệu điều khiển chuyển mạch sử dụng hàm bão hòa:

$$u_{\text{vsw}} = C k_v \text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) \quad (11)$$

Trong đó: ϕ_v - Độ dày lớp biên; k_v - Hằng số xác định dương, kết hợp (9) và (11) ta thu được luật điều khiển SMC đầy đủ cho mạch vòng điện áp:

$$u_{\text{total}} = \underbrace{\left(-C \lambda_v x_2^{(v)} - i_{\text{gen}} + \frac{x_1^{(v)}}{R_L} \right)}_{u_{\text{veq}}} + \underbrace{C k_v \text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right)}_{u_{\text{vsw}}} \quad (12)$$

Để xem xét tính ổn định, ta chọn hàm Lyapunov ứng viên:

$$V(s_v) = \frac{1}{2} s_v^2 \quad (13)$$

Lấy đạo hàm theo thời gian và sử dụng phương trình (10) thế vào ta thu được:

$$\dot{V} = s_v \dot{s}_v = s_v \left[-k_v \text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) \right] = -k_v s_v \text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) \quad (14)$$

Nhận thấy rằng khi $|s_v| \geq \phi_v$ thì $\text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) = \text{sgn}(s_v)$ nên $\dot{V} = -k_v s_v \text{sgn}(s_v) = -k_v |s_v| < 0, \forall s_v \neq 0$.

Khi $|s_v| < \phi_v$ thì $\text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) = \frac{s_v}{\phi_v}$ suy ra $\dot{V} = -k_v \frac{s_v^2}{\phi_v} < 0, \forall s_v \neq 0$. Như vậy, trong

mọi trường hợp ta đều có $\dot{V} < 0, \forall s_v \neq 0$. Hệ ổn định tiệm cận toàn cục theo Lyapunov. Tiếp theo ta thiết kế luật điều khiển cho mạch vòng dòng tương tự, với tín hiệu đặt cho vòng lúc này chính là đầu ra của bộ điều khiển vòng áp thu được từ phương trình (12):

$$i_{\text{ref}} = u_{\text{total}} = \left(-C \lambda_v x_2^{(v)} - i_{\text{gen}} + \frac{x_1^{(v)}}{R_L} \right) + C k_v \text{sat} \left(\frac{s_v}{\phi_v} \right) \quad (15)$$

Từ phương trình (3), đặt $x_1^{(i)} = i_L, x_2^{(i)} = \dot{i}_L, u_i = D$, ta có thể viết lại như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1^{(i)} = x_2^{(i)} \\ \dot{x}_2^{(i)} = \frac{1}{L_{\text{eq}}} (u_i V_H - V_L) \end{cases} \quad (16)$$

Sai lệch dòng điện được định nghĩa như sau:

$$e_i = i_{\text{ref}} - x_1^{(i)} \quad (17)$$

Ta chọn mặt trượt vòng dòng tương tự mạch vòng điện áp:

$$s_i = \dot{e}_i + \lambda_i e_i \quad (18)$$

Thực hiện tương tự cách tính toán như mạch vòng điện áp, ta thu được tín hiệu điều khiển vòng dòng cuối cùng và chứng minh được hệ ổn định tiệm cận toàn cục theo Lyapunov:

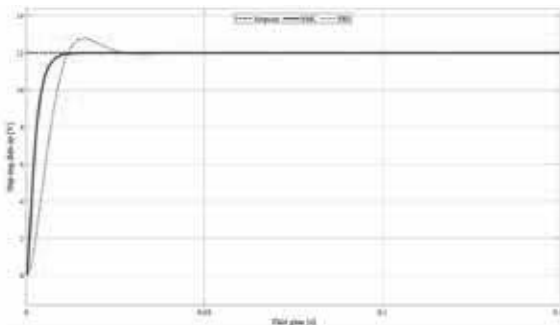
$$u_{\text{total}} = u_{\text{eq}} + u_{\text{isw}} = \frac{V_L - L_{\text{eq}} \lambda_i x_2^{(i)}}{V_H} + \frac{L_{\text{eq}} k_i \text{sat} \left(\frac{s_i}{\phi_i} \right)}{V_H} \quad (19)$$

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Bộ biến đổi DC/DC hai chiều trong nghiên cứu này truyền tải năng lượng giữa hai mức điện áp 48 V và 12 V. Việc thiết kế bộ điều khiển phù hợp có ý nghĩa quyết định nhằm đảm bảo điện áp 12 V luôn được duy trì ổn định, ngay cả khi xảy ra các biến động dòng, chuyển mạch đột ngột hoặc hiện tượng dòng tái sinh trên nhánh 12 V. Để đánh giá hiệu năng của cấu trúc điều khiển hai vòng SMC được đề xuất, bài báo sử dụng phần mềm Matlab/Simulink cùng với 2 kịch bản mô phỏng, các tham số mô phỏng của hệ thống thể hiện như Bảng 1. Trong kịch bản thứ nhất, hệ thống hoạt động trong điều kiện lý tưởng, không có thành phần dòng tái sinh ($i_{\text{gen}} = 0$). Kết quả được so sánh với bộ điều khiển PI giúp đánh giá năng lực điều chỉnh điện áp và dòng của bộ điều khiển SMC điều xuất, các kết quả thể hiện ở Hình 2 - Hình 4. Trong kịch bản thứ hai, nhiễu dòng tái sinh được đưa vào hệ thống dưới dạng một thành phần dòng ngược năng lượng về. Đây là trường hợp quan trọng để đánh giá tính bền vững của bộ điều khiển SMC, vốn là điểm mạnh đặc trưng của phương pháp này, kết quả thể hiện trên Hình 5 và Hình 6.

Bảng 1. Các tham số sử dụng cho mô phỏng

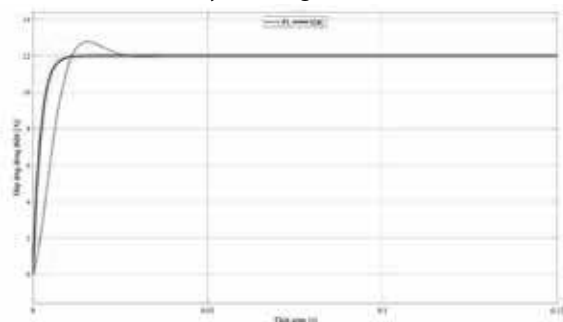
STT	Tên tham số	Giá trị
1	Điện áp đặt đầu vào V_H [V]	48
2	Điện áp tải danh định V_L [V]	12
3	Tổng điện cảm mỗi pha L_{eq} [μ H]	40
4	Tụ lọc đầu ra C [μ F]	470
5	Điện trở tải danh định R_L [Ω]	1
6	Nhiều dòng tái sinh [A]	5
7	Tần số điều chế PWM [kHz]	20
8	Hệ số bộ điều khiển PI điện áp [$K_p \quad K_i$]	[0,02 100]
9	Hệ số bộ điều khiển PI dòng điện [$K_p \quad K_i$]	[0,1 50]
10	Hệ số bộ điều khiển SMC điện áp [$\lambda_v \quad k_v \quad \phi_v$]	[150 250 0,1]
11	Hệ số bộ điều khiển SMC dòng điện [$\lambda_i \quad k_i \quad \phi_i$]	[800 2000 0,5]



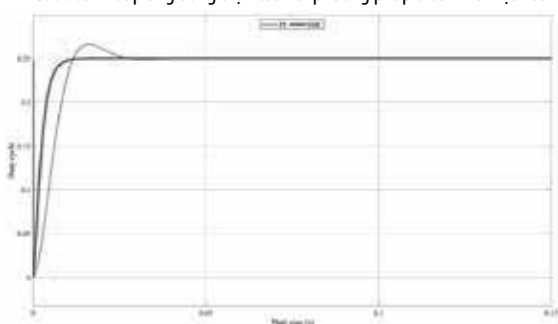
Hình 2. So sánh đáp ứng điện áp của hai phương pháp điều khiển kịch bản 1

Trong kịch bản 1, khi không có dòng tái sinh, kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển trượt (SMC) đạt điện áp 12 V nhanh hơn đáng kể so với PI. Đáp ứng điện áp của PI xuất hiện vọt áp 10 - 12%, trong khi SMC duy trì vọt áp dưới 2% và đạt trạng thái xác lập sớm hơn (khoảng 0,01s so với 0,04s). Trên vòng dòng, SMC bám dòng nhanh và ổn định, gần như không có dao động, trong khi PI xuất hiện dao động dòng quá độ với biên độ lên tới 13 - 13,5 A. Các

kết quả này khẳng định rằng trong điều kiện lý tưởng không nhiễu, điều khiển trượt vẫn mang lại tốc độ đáp ứng và tính ổn định vượt trội so với điều khiển PI truyền thống.

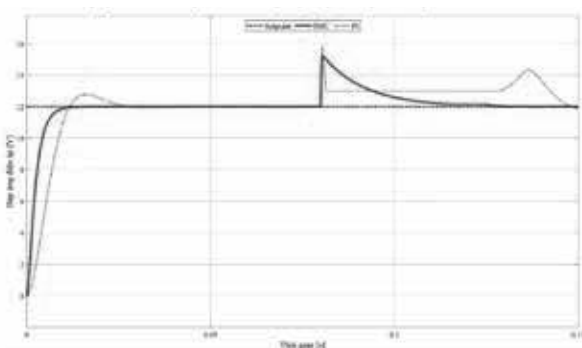


Hình 3. So sánh đáp ứng dòng điện của hai phương pháp điều khiển kịch bản 1

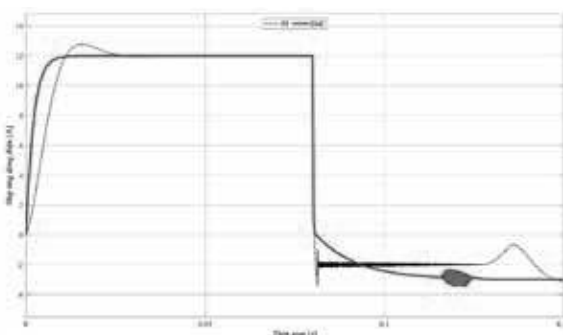


Hình 4. Tín hiệu điều khiển (duty cycle) kịch bản 1

Tín hiệu điều khiển trong kịch bản 1 cho thấy bộ điều khiển SMC nhanh chóng đưa duty cycle về giá trị ổn định khoảng 0,25 chỉ sau 3 - 4 ms và hầu như không xuất hiện dao động. Trong khi đó, bộ điều khiển PI có thời gian hội tụ chậm hơn, kết quả này khẳng định rằng SMC tạo ra tín hiệu điều khiển ổn định giúp cải thiện đáng kể chất lượng đáp ứng điện áp và dòng so với PI.



Hình 5. So sánh đáp ứng điện áp của hai phương pháp điều khiển kịch bản 2



Hình 6. So sánh đáp ứng dòng điện của hai phương pháp điều khiển kịch bản 2

Đáng chú ý, trong kịch bản 2 khi xuất hiện dòng tái sinh, dòng cuộn cảm chuyển sang giá trị âm để trả năng lượng trở lại bus 48 V. Bộ điều khiển SMC giữ quá trình đảo chiều này diễn ra mượt mà và ổn định, trong khi bộ PI xuất hiện dao động lớn và kéo dài. Việc duy trì dòng đảo chiều ổn định có ý nghĩa quan trọng trong các bộ biến đổi hai chiều: Bảo đảm quá trình tái sinh năng lượng an toàn và hiệu quả, giảm ứng suất cho MOSFET, duy trì chất lượng điện áp đầu ra và bảo toàn cân bằng năng lượng giữa hai bus DC. Điều này cho thấy ưu thế rõ rệt của SMC trong kiểm soát các chế độ vận hành phức tạp của bộ DC/DC hai chiều trên xe điện.

5. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu cấu trúc điều khiển hai vòng dựa trên bộ điều khiển trượt cho bộ biến đổi DC/DC hai chiều đa pha trong hệ thống điện 48 V/12 V của ô tô điện. Dựa trên mô hình toán của đối tượng, các luật điều khiển cho vòng dòng và vòng điện áp được xây dựng đồng thời bảo đảm ổn định Lyapunov, giúp hệ thống bám trạng thái mong muốn nhanh và bền vững. Kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển đề xuất đáp ứng nhanh, độ vọt điện áp thấp và khả năng chống nhiễu vượt trội so với bộ PI truyền thống, đặc biệt trong các giai đoạn tái tạo công suất. Ngoài ra, cấu trúc đề xuất giúp duy trì ổn định điện áp 12 V trong toàn bộ miền hoạt động động buck-boost, đồng thời cải thiện rõ rệt chất lượng dòng cuộn cảm. Những kết quả này khẳng định tính khả thi và tiềm năng ứng dụng của phương pháp trong các bộ biến đổi hai chiều công suất cao cho phương tiện điện hiện đại. Trong tương lai, nghiên cứu sẽ tập trung vào triển khai thực nghiệm phần cứng công suất thực, phát triển các phương pháp điều khiển trượt nâng cao nhằm giảm hiện tượng chattering và tích hợp bộ quan sát nhiễu phi tuyến hoặc thuật toán thích nghi để nâng cao hơn nữa hiệu suất và độ tin cậy của hệ thống trong điều kiện vận hành khắc nghiệt.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT25-26.65.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Q. Liu, X. Zhang and J. Sun (2020), Nonlinear modeling and control of bidirectional DC-DC converters for automotive 48V/12V power systems, IEEE Transactions on Power Electronics, vol.35, no.7, pp.7432-7446.
- [2]. P. Das and S. Banerjee (2021), Improved average modeling of multiphase DC-DC converters and stability issues under mode transitions, IEEE Transactions on Circuits and Systems I, vol.68, no.3, pp.1094-1107.
- [3]. M. Elbuluk and E. Farag (2021), Dynamic behavior and control challenges of interleaved bidirectional DC-DC converters in EV applications, IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol.7, no.3, pp.1545-1558.
- [4]. F. Ahmad, M. A. Khan and S. Sarwar (2020), High-bandwidth control of interleaved bidirectional DC-DC converters for hybrid electric vehicles, IEEE Transactions on Industry Applications, vol.56, no.4, pp.4210-4221.
- [5]. T. L. Nguyen and M. K. Kim (2024), Robust high-order sliding-mode control for bidirectional converters in electric vehicles, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.73, no.1, pp.112-125.
- [6]. H. Zhang, Y. Li, and X. Wu (2019), Hybrid PI-sliding mode control of multiphase interleaved bidirectional DC-DC converters, IET Power Electronics, vol.12, no.14, pp.3789-3798.
- [7]. R. Kumar and V. Agarwal (2021), A fast-switching dual-loop digital controller for 48V to 12V bidirectional converters, IEEE Transactions on Industry Applications, vol.57, no.5, pp.5443-5454.
- [8]. J. Li, T. Qian and M. Sumner (2022), Nonlinear disturbance observer-based control for bidirectional converters in EV powertrains, IEEE Transactions on Power Electronics, vol.37, no.1, pp.980-992.
- [9]. C. Yue, P. Wang and L. Yu (2020), Improved sliding-mode control for bidirectional DC-DC converters under large load variations, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.67, no.12, pp.10612-10622.
- [10]. A. Moradi and S. Fathi (2020), Sliding-mode-based control methods for DC-DC converters: A review, IEEE Access, vol.8, pp.212945-212962.
- [11]. S. Chen and Z. Chen (2019), Two-loop sliding mode control of bidirectional converters for electric vehicles, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.68, no.11, pp.10556-10567.
- [12]. Y. Wang, L. Ding and K. Zhang (2022), Enhanced sliding-mode control for automotive DC-DC converters with regeneration capability, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.69, no.6, pp.6125-6136.

Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong chẩn đoán sâu bệnh cây trồng

A study on the application of artificial intelligence for plant pest and disease diagnosis

> **THS LÃ MAI ANH¹, CN LƯU MẠNH ĐỨC¹, KS PHẠM ĐỨC THẮNG¹, TS NGUYỄN VĂN TIẾN^{2,*}**

¹Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Bắc Bộ

²Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: nguyenvantien@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Nông nghiệp là ngành kinh tế trọng điểm, tuy nhiên, sâu bệnh hại cây trồng gây ra những tổn thất lớn về năng suất và kinh tế hàng năm. Việc chẩn đoán bệnh truyền thống đòi hỏi kiến thức chuyên môn sâu và tốn nhiều thời gian, dẫn đến việc xử lý chậm trễ hoặc không chính xác. Sự phát triển của trí tuệ nhân tạo AI (Artificial Intelligence), đặc biệt là các mô hình học sâu và mô hình ngôn ngữ lớn đa phương thức mở ra một hướng đi mới cho việc chẩn đoán bệnh cây một cách nhanh chóng và tự động. Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu và thiết kế một hệ thống ứng dụng web thông minh, sử dụng API (Application Programming Interface) của Google Gemini để phân tích hình ảnh lá cây và đưa ra chẩn đoán. Hệ thống bao gồm một giao diện (frontend) cho phép người dùng tải ảnh và một máy chủ (backend) xử lý yêu cầu, gọi API và trả về kết quả phân tích chi tiết, bao gồm nhận diện bệnh, mô tả triệu chứng và đề xuất phương án điều trị. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, cung cấp phản hồi nhanh và kết quả chẩn đoán có cấu trúc rõ ràng, trực quan, mang lại tiềm năng lớn trong việc hỗ trợ nông dân ra quyết định và thực hành nông nghiệp thông minh.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo; chẩn đoán bệnh cây; Google Gemini; xử lý ảnh; nông nghiệp thông minh; ứng dụng web; Flask.

ABSTRACT

Agriculture constitutes a critical economic sector; however, pests and pathogens inflict substantial annual losses in both yield and economic terms. Traditional diagnostic methods necessitate specialized expertise and are time-intensive, often resulting in delayed or inaccurate interventions. The advancement of Artificial Intelligence (AI), particularly deep learning and multi-modal large language models, presents a novel avenue for rapid and automated plant disease diagnostics. This paper presents the research and design of an intelligent web-based application system that utilizes the Google Gemini API to analyze leaf imagery and render diagnoses. The system comprises a frontend interface enabling user image uploads and a backend server that processes requests, invokes the API, and returns detailed analytical results, including disease identification, symptom descriptions and recommended treatment protocols. Experimental results demonstrate that the system operates stably, provides rapid feedback and delivers well-structured, intuitive diagnostic outcomes. This indicates significant potential for supporting farmers in decision-making and advancing smart agriculture practices.

Keywords: Artificial Intelligence; plant disease diagnosis; Google Gemini; image processing; smart agriculture; web application; Flask.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

An ninh lương thực toàn cầu đang đối mặt với những thách thức nghiêm trọng, trong đó sâu bệnh hại cây trồng là một trong những mối đe dọa hàng đầu. Theo ước tính của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên hợp quốc (FAO) (Food and Agriculture Organization), hàng năm có tới 40% sản lượng cây trồng toàn cầu bị mất đi do sâu bệnh [1]. Con số này không chỉ đại diện cho sự thất

thoát về kinh tế, ước tính lên đến hàng trăm tỷ USD, mà còn đe dọa trực tiếp đến sinh kế của hàng triệu nông hộ và sự ổn định lương thực của nhiều quốc gia. Việc phát hiện và chẩn đoán bệnh chính xác, kịp thời là yếu tố then chốt để có thể đưa ra các biện pháp can thiệp hiệu quả, giảm thiểu thiệt hại và hạn chế việc lạm dụng thuốc bảo vệ thực vật.

Các phương pháp chẩn đoán truyền thống hiện nay bộc lộ

nhiều hạn chế lớn. Phương pháp phổ biến nhất là kiểm tra trực quan dựa trên kinh nghiệm của nông dân. Tuy nhiên, phương pháp này mang tính chủ quan cao, độ chính xác không ổn định và thường nhầm lẫn giữa các bệnh có triệu chứng tương tự hoặc với các triệu chứng do thiếu hụt dinh dưỡng [2]. Khi gặp các ca bệnh phức tạp, phương pháp tiêu chuẩn là phân tích tại phòng thí nghiệm. Mặc dù cho độ chính xác cao, các kỹ thuật này đòi hỏi trang thiết bị đắt tiền, chuyên gia có tay nghề cao và mất nhiều ngày để có kết quả. Khoảng thời gian trễ này khiến mầm bệnh có cơ hội phát tán rộng, làm cho việc kiểm soát trở nên tốn kém và kém hiệu quả [3].

Sự bùng nổ của trí tuệ nhân tạo AI, đặc biệt là trong lĩnh vực thị giác máy tính (Computer Vision) đã mở ra một kỷ nguyên mới cho ngành bệnh học thực vật. Các nghiên cứu tiên phong tập trung vào việc sử dụng mạng nơ-ron tích chập CNN (Convolutional Neural Networks) để tự động phân loại bệnh từ hình ảnh lá cây. Một trong những công trình có ảnh hưởng lớn là của Mohanty và cộng sự (2016), khi nhóm tác giả sử dụng kiến trúc GoogLeNet và AlexNet trên bộ dữ liệu PlantVillage (với hơn 54.000 ảnh) và đạt độ chính xác lên tới 99,35% [4]. Nhiều nghiên cứu sau đó như của Sladojevic (2016) [5] hay Barbedo (2018) [6] cũng tiếp tục khẳng định khả năng vượt trội của CNN trong việc phân loại bệnh trong điều kiện phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, việc áp dụng các mô hình CNN này vào thực tế đồng ruộng vẫn phải nhiều rào cản:

- Các mô hình được huấn luyện trên ảnh sạch thường giảm sút độ chính xác nghiêm trọng khi gặp ảnh chụp ngoài thực địa với ánh sáng phức tạp, nền nhiễu (đất, lá cây khác) hoặc hình ảnh bị mờ, che khuất [6].

- Huấn luyện một mô hình CNN hiệu quả đòi hỏi một tập dữ liệu khổng lồ, được gán nhãn chính xác bởi các chuyên gia cho từng loại bệnh trên từng loại cây. Đây là một quy trình tốn kém và mất nhiều thời gian.

- CNN chỉ hoạt động như một hộp đen phân loại đưa ra một nhãn bệnh, chúng không thể giải thích tại sao hoặc đề xuất phương án điều trị.

Gần đây, sự xuất hiện của các mô hình nền tảng FM (Foundation Models) và mô hình ngôn ngữ lớn đa phương thức MLLMs (Multimodal Large Language Models) như GPT-4V của OpenAI và Gemini của Google đã tạo ra một cuộc cách mạng [7]. Khác với CNN, các mô hình này được huấn luyện trước trên quy mô hàng tỷ điểm dữ liệu. Chúng không chỉ nhìn thấy hình ảnh mà còn hiểu và lý luận về bối cảnh trong ảnh. Lợi thế cốt lõi là khả năng nhận diện và mô tả các đối tượng mà không cần huấn luyện chuyên biệt. Quan trọng hơn, chúng có khả năng tạo sinh văn bản, cho phép cung cấp một bản phân tích đầy đủ, từ mô tả triệu chứng, suy luận nguyên nhân, đến đề xuất giải pháp chi tiết.

Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này trình bày quá trình thiết kế và xây dựng thành công một hệ thống ứng dụng web cho chuẩn đoán bệnh cây trồng. Hệ thống sử dụng mô hình Gemini của Google làm lõi xử lý, cho phép người dùng tải lên hình ảnh lá cây và nhận về một bản chẩn đoán đầy đủ, có cấu trúc. Mục tiêu của nghiên cứu là chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng API của các mô hình đa phương thức lớn trong việc tạo ra một công cụ nông nghiệp thông minh, linh hoạt, dễ tiếp cận và cung cấp giá trị vượt trội so với các phương pháp hiện hành

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phát triển hệ thống theo mô hình tinh gọn, tập trung vào việc xây dựng một sản phẩm khả dụng tối thiểu để nhanh chóng kiểm chứng tính khả thi của việc ứng dụng API Gemini trong chẩn đoán bệnh. Hệ thống được thiết kế theo kiến trúc 3 lớp bao gồm: Lớp trình diễn (Frontend); lớp logic nghiệp vụ (Backend) và lớp dịch vụ (Service) như Hình 1.



Hình 1. Cấu trúc thiết kế hệ thống phân tích sâu bệnh cây trồng ứng dụng trí tuệ nhân tạo

Mục tiêu chính của kiến trúc này là tách biệt các chức năng, thay vì gộp chung mọi thứ mỗi lớp chỉ chịu trách nhiệm cho một nhiệm vụ cụ thể. Điều này giúp hệ thống trở nên linh hoạt, dễ bảo trì, dễ mở rộng và dễ phát triển song song. Lớp trình diễn sẽ hiển thị thông tin cho người dùng và thu thập dữ liệu đầu vào từ họ. Lớp logic nghiệp vụ có chức năng điều phối và thực thi các quy tắc, quy trình nghiệp vụ của hệ thống. Lớp dịch vụ cung cấp các chức năng nghiệp vụ cụ thể như truy cập vào mô hình Gemini và nhận các phản hồi từ mô hình.

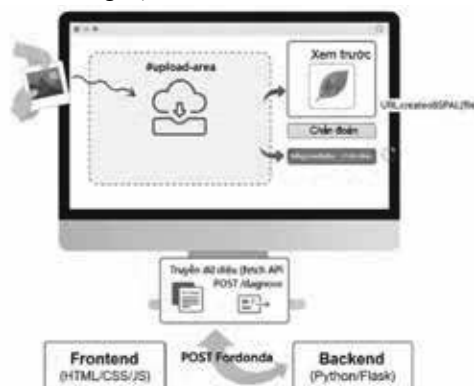
2.1. Lựa chọn kiến trúc hệ thống

Nghiên cứu này sử dụng kiến trúc Client-Server được lựa chọn thay vì một ứng dụng đơn khối hoặc xử lý trực tiếp trên thiết bị. Lý do chính cho lựa chọn này để đảm bảo yếu tố bảo mật. Đây là yếu tố quan trọng nhất là bảo vệ API Key. Việc gọi API Gemini trực tiếp từ frontend sẽ làm lộ Key, cho phép bất kỳ ai sao chép và lạm dụng, dẫn đến chi phí khổng lồ. Bằng cách đặt một máy chủ backend ở giữa, API key được lưu trữ an toàn trên máy chủ và không bao giờ bị lộ ra bên ngoài. Ngoài ra, cấu trúc này cho phép tách biệt frontend và backend cho phép phát triển và mở rộng độc lập trong tương lai.

2.2. Thiết kế lớp trình diễn

Lớp trình diễn là giao diện mà người dùng tương tác, được xây dựng bằng các công nghệ web tiêu chuẩn: HTML5, CSS3 và JavaScript (ES6+). Chúng tôi chủ ý không sử dụng các framework phức tạp như React hay Vue để giữ cho ứng dụng nhẹ nhất có thể, đảm bảo tốc độ tải nhanh ngay cả trên các kết nối mạng không ổn định ở khu vực nông thôn.

Tại luồng xử lý dữ liệu phía client sẽ thực hiện tác vụ thu nhận ảnh. Đồng thời, sự kiện Drag-and-Drop (kéo-thả) được thêm vào khu vực tải ảnh để tăng cường trải nghiệm người dùng. Ngay khi người dùng chọn ảnh, tạo một đường dẫn tạm thời cho tệp ảnh và hiển thị nó giúp người dùng xác nhận trực quan. Dữ liệu hình ảnh được gửi tới backend bằng cách tạo một đối tượng FormData dùng Javascript. Đối tượng này đóng gói tệp hình ảnh dưới dạng File object và được gửi đi bằng API của trình duyệt thông qua phương thức POST bất đồng bộ.



Hình 2. Thiết kế giao diện và đóng gói hình ảnh phía frontend

2.3. Xây dựng lớp logic nghiệp vụ backend

Backend đóng vai trò xử lý chính và được xây dựng bằng ngôn ngữ Python và micro-framework Flask. Flask được chọn vì tính gọn nhẹ, khởi động nhanh và cực kỳ phù hợp cho việc xây dựng các API. Flask cung cấp định tuyến cho 2 endpoint chính là phương thức GET để tải trang chủ và phương thức POST để xử lý ảnh.

Bên cạnh đó, hệ thống sử dụng thêm Google GenerativeAI. Đây là một bộ công cụ phát triển phần mềm SDK Python (Software Development Kit) cung cấp giao diện đồng nhất để truy cập vào các mô hình AI tạo sinh của Google, bao gồm Gemini, Veo và Imagen. SDK này cho phép các nhà phát triển thực hiện các tác vụ như tạo văn bản, tạo hình ảnh, tương tác trò chuyện một cách hiệu quả. Mục tiêu của Google GenerativeAI là đơn giản hóa việc xây dựng các ứng dụng sử dụng AI bằng cách cung cấp một API nhất quán cho nhiều mô hình khác nhau.



Hình 3. Lớp frontend và backend sử dụng HTML5, CSS3, JavaScript (ES6+), Python và Flask để đảm bảo tốc độ kết nối nhanh

Luồng xử lý bên phía backend bao gồm: Nhận yêu cầu POST từ phía frontend; truy xuất tệp ảnh từ và đọc nội dung tệp dưới dạng; khởi tạo mô hình Gemini, tạo nội dung yêu cầu bao gồm chỉ dẫn (prompt) văn bản và dữ liệu hình ảnh để gửi yêu cầu đến Google; nhận phản hồi từ Gemini, đóng gói phản hồi này trong một đối tượng JSON và gửi trả về cho frontend.

2.4. Kỹ thuật prompt và tích hợp mô hình AI

Đây là phần cốt lõi của nghiên cứu, nơi trí tuệ nhân tạo được ứng dụng. Nghiên cứu này sử dụng mô hình Gemini 2.5 Flash. Đây là mô hình mới nhất của Google, được tối ưu hóa cho tốc độ và chi phí, lý tưởng cho các ứng dụng tương tác thời gian thực, đồng thời duy trì khả năng đa phương thức mạnh mẽ, cho phép xử lý đồng thời cả văn bản và hình ảnh.

Vì chúng tôi không huấn luyện mô hình, do vậy chất lượng đầu ra phụ thuộc hoàn toàn vào chất lượng của prompt. Chúng tôi đã thiết kế một prompt có cấu trúc chặt chẽ, đóng vai trò như một hợp đồng về định dạng dữ liệu mà AI phải tuân theo. Các prompt mà chúng tôi tạo ra gồm 2 phần:

- **Đóng vai:** Các prompt sẽ bắt đầu bằng đoạn: *"Bạn là một chuyên gia về bệnh học thực vật..."*. Câu lệnh này đặt mô hình vào một bối cảnh cụ thể, kích hoạt các kiến thức liên quan đến nông nghiệp và bệnh học, giúp câu trả lời mang tính chuyên môn cao.

- **Định dạng đầu ra:** Đây là phần quan trọng nhất. Chúng tôi yêu cầu AI trả lời theo một cấu trúc 4 mục được đánh số rõ ràng: 1. Nhận diện bệnh; 2. Mô tả triệu chứng; 3. Nguyên nhân có thể; 4. Đề xuất điều trị/Phòng ngừa.

Việc định dạng đầu ra có vai trò quan trọng phục vụ cho cơ chế phân tích dữ liệu trả về từ Gemini AI. Cụ thể, backend ra lệnh cho AI tạo ra văn bản có cấu trúc với mục 4 mục như trên. Sau khi frontend

nhận được chuỗi văn bản hoàn chỉnh này, một hàm JavaScript sẽ được thực thi. Hàm này sử dụng một biểu thức chính quy để tìm chính xác điểm bắt đầu của mục các mục. Sau đó, nó cắt chuỗi văn bản thành hai phần: Nội dung phân tích (nội dung từ đầu đến trước Mục 4) và Đề xuất điều trị (nội dung từ Mục 4 đến hết). Hai chuỗi này được đưa vào hai thẻ giao diện riêng biệt để hiển thị trên giao diện frontend. Phương pháp này cho phép hệ thống tự động phân tách kết quả một cách thông minh, giúp người dùng dễ dàng đọc và phân biệt đâu là thông tin chẩn đoán và đâu là thông tin hành động (phương án trị bệnh), tăng cường đáng kể tính hữu dụng của ứng dụng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sau quá trình thiết kế và triển khai, hệ thống đã được thử nghiệm để đánh giá thông qua 2 tiêu chí là hiệu suất và chất lượng của kết quả chẩn đoán.

Hiệu suất của hệ thống được đo lường trong môi trường thử nghiệm là thời gian phản hồi tổng thể tính từ lúc người dùng nhấn nút "Chẩn đoán" đến khi kết quả hiển thị đầy đủ trên màn hình, thời gian này dao động trong khoảng 3 đến 5 giây. Độ trễ này được đánh giá là chấp nhận được cho một ứng dụng hỗ trợ ra quyết định. Phân tích cho thấy phần lớn thời gian (ước tính >90%) là dành cho việc chờ API của Gemini 2.5 Flash xử lý và trả về kết quả, trong khi thời gian xử lý của backend Flask và truyền tải mạng là không đáng kể.

Về chất lượng chẩn đoán, đây là kết quả quan trọng nhất của nghiên cứu. Chúng tôi đã thử nghiệm với nhiều hình ảnh bệnh khác nhau. Dưới đây là kết quả thử nghiệm, khi tải hình ảnh một lá cà chua bị đốm vàng. Kết quả chẩn đoán trả về như Hình 4, cho thấy đây là bệnh thiếu Magie (Magnesium Deficiency) và Kali (Potassium Deficiency) kèm theo mô tả triệu chứng trên lá; đồng thời đưa ra phương án trị bệnh bằng cách bổ sung Magie bằng cách phun qua lá hoặc bón vào đất với liều lượng (khoảng 1 - 2 muỗng canh cho 4 lít nước) và phun đều lên lá vào sáng sớm hoặc chiều mát. Thực hiện 1 - 2 tuần/lần cho đến khi triệu chứng cải thiện. Kết quả chẩn đoán phù hợp với các mô tả trong các sách y văn về nông nghiệp [2].



Hình 4. Kết quả thử nghiệm khi tải lên hình ảnh lá cà chua bị đốm vàng cho thấy cây đang bị thiếu Magie và Kali

Trong một thử nghiệm khác, chúng tôi tải lên hình ảnh lá ớt bị xoắn úa vàng và lõm đốm như Hình 5. Kết quả nhận diện đây là bệnh khảm (Mosaic Virus) do virus khảm dưa chuột (CMV) hoặc virus khảm thuốc lá (TMV), rất phổ biến trên cây họ ớt. Kết quả mô tả trong kết quả trả về đúng với hình ảnh như: Lá cây bị biến dạng nghiêm trọng, xoắn tít lại, phiến lá có các mảng màu xanh đậm nhạt xen kẽ cây có dấu hiệu còi cọc, kém phát triển. Vì không có phương án diệt virus lên chương trình đề xuất các biện pháp dưới đây tập trung vào quản lý và phòng ngừa như nhổ bỏ và tiêu hủy ngay lập

tức các cây đã biểu hiện bệnh nặng để ngăn chặn nguồn lây lan [3]. Kết quả này cho thấy AI không chỉ đưa ra một nhãn phân loại bệnh khảm mà còn cung cấp một bản phân tích chuyên sâu, từ mô tả, nguyên nhân và quan trọng nhất là đưa ra các khuyến nghị hành động thực tế và có giá trị.



Hình 5. Kết quả thử nghiệm với lá ớt bị xoắn và úa vàng lốm đốm cho thấy cây đang bị bệnh khảm do virus

Không chỉ phân tích các loại bệnh, chương trình AI còn có thể xác định các loại sâu gây bệnh cho cây, để kiểm chứng chúng tôi tải lên hình ảnh sâu trên lá bắp cải (Hình 6). Kết quả trả về cho thấy đây là loại sâu xanh bướm trắng.



Hình 6. Thử nghiệm kiểm tra phát hiện loại sâu trên lá rau cải

Với loại sâu này, chương trình đề xuất có thể bắt sâu trực tiếp bằng tay và loại bỏ chúng nếu số lượng ít. Nếu số lượng nhiều có thể sử dụng các loại thuốc trừ sâu sinh học chứa hoạt chất *Bacillus thuringiensis* gây bệnh đường ruột cho sâu bướm, rất hiệu quả và an toàn cho cây trồng cũng như môi trường. Khuyến khích sử dụng thiên địch tự nhiên như ong ký sinh, chim ăn sâu để kiểm soát quần thể [2, 3].

Kết quả thử nghiệm đã xác thực giả thuyết nghiên cứu rằng việc ứng dụng mô hình AI đa phương thức lớn Gemini thông qua API là một phương pháp hiệu quả và thực tiễn để xây dựng công cụ chẩn đoán bệnh cây. Hệ thống này giải quyết trực tiếp các nhược điểm của hai phương pháp trước đó đã nêu trong phần mở đầu. So với phương pháp truyền thống, hệ thống cung cấp kết quả gần như tức thời (3 - 5 giây) so với hàng ngày chờ đợi chuyên gia, với chi phí gần như bằng không cho mỗi lần truy vấn. So với mô hình CNN truyền thống, hệ thống của chúng tôi cung cấp một bản phân tích toàn diện và có thể hành động. Nó có khả năng lý luận về triệu chứng và đề xuất giải pháp, điều mà CNN không thể làm được nếu không có một hệ thống chuyên gia phức tạp đi kèm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày chi tiết quá trình thiết kế và xây dựng thành công một ứng dụng web sử dụng trí tuệ nhân tạo Google Gemini để chẩn đoán bệnh cây trồng qua hình ảnh. Hệ thống kết hợp một giao diện người dùng trực quan (frontend) và một máy chủ xử lý logic (backend) mạnh mẽ, cung cấp một công cụ chẩn đoán tức thời, dễ tiếp cận và giàu thông tin. Việc ứng dụng mô hình AI đa phương thức qua API chứng tỏ là một giải pháp hiệu quả, giúp vượt qua rào cản về dữ liệu và tài nguyên tính toán so với các phương pháp học sâu truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025), About FAO's work on plant Production and Protection, FAO.org. [Online]. Available: <https://www.fao.org/plant-production-protection/about/en>.
- [2]. Võ Triệu Mẫn, Nguyễn Văn Tuất, Bùi Cách Tuyên, Phạm Văn Kim (2018), Bệnh hại cây trồng Việt Nam, NXB. Học viện Nông nghiệp.
- [3]. Đỗ Tấn Dũng (2018), Giáo trình Vi khuẩn hại cây trồng, NXB. Học viện Nông nghiệp.
- [4]. S. P. Mohanty, D. H. Hughes and M. Salathé (Sep., 2016), Using deep learning for image-based plant disease detection, *Frontiers in Plant Science*, vol.7, p.1419. doi: 10.3389/fpls.2016.01419.
- [5]. S. Sladojevic, M. Arsenovic, A. Anderla, D. Culibrk and D. Stefanovic (2016), Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification, *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol.2016, p.3289801. doi: 10.1155/2016/3289801.
- [6]. J. G. A. Barbedo (Aug., 2018), Factors influencing the use of deep learning for plant disease detection, *Biosystems Engineering*, vol.172, pp.84-91. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2018.05.013.
- [7]. Gemini Team et al. (2023), Gemini: A family of highly capable multimodal models, arXiv preprint arXiv:2312.11805. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805>.

Bước đầu mô phỏng xung đột giữa xe và người đi bộ tại vị trí sang đường không có đèn tín hiệu bằng phần mềm VISSIM và SSAM

Preliminary simulation of vehicle-pedestrian conflicts at unsignalized crosswalks using VISSIM and SSAM

> TS VƯƠNG XUÂN CẦN*, THS CAO QUANG KHẢI

Trường Đại học Giao thông vận tải; *Email: vuongcan@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Người đi bộ ngày càng giữ vai trò quan trọng trong hệ thống giao thông đường bộ. Tuy nhiên, trong môi trường giao thông hỗn hợp như ở nước ta hiện nay, nguy cơ tai nạn liên quan đến người đi bộ vẫn ở mức cao do sự gia tăng tương tác và xung đột giữa xe và người đi bộ tại các vị trí sang đường không có đèn tín hiệu, nhất là khi nhu cầu đi bộ tăng lên. Bài báo này bước đầu nghiên cứu mô phỏng xung đột giữa xe và người đi bộ tại loại hình vị trí trên, sử dụng VISSIM kết hợp với SSAM (Surrogate Safety Assessment Model). Kết quả mô phỏng tại một điểm sang đường ở Hà Nội cho thấy VISSIM có khả năng mô phỏng xung đột trong điều kiện giao thông hỗn hợp. Kết quả này mở ra một hướng tiếp cận mới, có thể bổ sung hoặc thay thế cho các nghiên cứu an toàn giao thông đối với người đi bộ vốn dựa chủ yếu vào phân tích số liệu tai nạn giao thông hiện nay.

Từ khóa: Mô phỏng, xung đột giao thông giữa xe và người đi bộ, Vissim.

ABSTRACT

Pedestrians play an increasingly important role in the road traffic system. However, in a mixed traffic environment like Vietnam today, the risk of traffic accidents with pedestrians is quite high due to the increased interaction and conflict between vehicles and pedestrians at unsignalized crosswalks when the need for walking increases. This paper preliminarily studies the simulation of conflicts between vehicles and pedestrians at unsignalized crosswalks using VISSIM combined with SSAM (Surrogate safety assessment model). The simulation results at an unsignalized crosswalk in Hanoi initially showed that VISSIM is capable of simulating vehicle-pedestrian conflicts in mixed traffic conditions. This result may open a new method to supplement and replace the studies on traffic safety for pedestrians using the methods of analyzing traffic accident data in Vietnam.

Keywords: Simulation, Vehicle -Pedestrian conflicts, Vissim.

1. MỞ ĐẦU

An toàn đối với người đi bộ đã và đang nhận được sự quan tâm của toàn xã hội, bởi tai nạn giao thông (TNGT) liên quan đến người đi bộ đang ở mức báo động và đòi hỏi sự vào cuộc của nhiều bên để bảo đảm an toàn cho nhóm đối tượng dễ bị tổn thương này. Theo Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), năm 2021 có khoảng 1,19 triệu người tử vong do TNGT đường bộ, phần lớn xảy ra ở các quốc gia có thu nhập thấp và trung bình. TNGT đứng thứ 12 trong các nguyên nhân gây tử vong, trong đó người đi bộ chiếm 21% số ca tử vong [1]. Tại Hoa Kỳ, người đi bộ chiếm 16,8% số người tử vong do TNGT, và gần một phần tư (24,3%) trường hợp tử vong liên quan đến các vụ tai nạn bỏ chạy vào năm 2022. Trung bình, mỗi ngày có khoảng 17 người đi bộ tử vong, tương đương cứ 1,3 giờ lại có một người tử vong trong các vụ TNGT năm 2020 [2]. Ở Việt Nam, thống kê cho thấy khoảng 26% số vụ TNGT có liên quan đến người đi bộ [3]. Đến nay, nhiều phương pháp khác nhau để phân tích và đánh giá an ATGT đối với người đi bộ đã được hình thành và hoàn thiện. Các

phương pháp này có thể chia thành hai nhóm chính: nhóm thứ nhất dựa vào số liệu TNGT và nhóm thứ hai là các phương pháp thay thế. Nhóm đầu cần thời gian dài để quan sát TNGT và việc thu thập dữ liệu cũng gặp nhiều khó khăn; hơn nữa, nhóm này hạn chế trong việc phân tích hành vi trước khi xảy ra va chạm. Trong nhóm thứ hai, mô phỏng giao thông nói chung và mô phỏng xung đột giao thông nói riêng nổi lên như một phương pháp thay thế tiềm năng, đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm [4]. Trong đó, VISSIM (Verkehr In Städten - SIMulationsmodell) kết hợp với SSAM (Surrogate Safety Assessment Model) là một trong những bộ công cụ mô phỏng phổ biến nhất để mô hình hóa và phân tích xung đột giữa xe và người đi bộ [4, 5, 6].

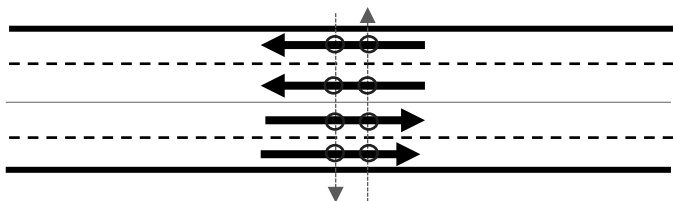
Một số nghiên cứu điển hình trong thời gian gần đây như Amado và cộng sự đã thực hiện tổng quan về sự tương tác giữa xe và người đi bộ tại các vị trí qua đường không có đèn tín hiệu [8]. Wu và cộng sự sử dụng VISSIM và SSAM để xác định xung đột giao thông giữa xe và người đi bộ tại nút giao có đèn tín hiệu [9]. Nghiên cứu

của họ sử dụng hai chỉ tiêu TTC (time-to-collision) và PET (post-encroachment time) để đánh giá mức độ xung đột. Dahlberg so sánh hai phương pháp phân tích tương tác giữa xe và người đi bộ dựa trên vùng xung đột và quy tắc ưu tiên trong môi trường VISSIM. Kết quả cho thấy mô phỏng vùng xung đột hiệu quả hơn khi có nhiều lối qua đường cho người đi bộ, trong khi quy tắc ưu tiên phát huy lợi thế khi cần điều chỉnh giãn cách đầu xe [10]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu này được thực hiện trong môi trường giao thông mà ô tô chiếm tỷ lệ lớn. Ở nước ta hiện nay, nhiều vị trí qua đường của người đi bộ trên các tuyến phố chưa được trang bị đầy đủ các phương tiện kỹ thuật hỗ trợ, trong khi dòng giao thông hỗn hợp lại rất phức tạp. Do đó, tình trạng xe không nhường người đi bộ, và ngược lại người đi bộ không tuân thủ quyền ưu tiên của xe, diễn ra khá phổ biến, làm gia tăng nguy cơ tai nạn. Trong bối cảnh đó, một số học giả đã và đang nghiên cứu cơ chế tương tác giữa xe và người đi bộ nhằm hiểu rõ hơn đặc trưng hành vi, từ đó đề xuất các giải pháp an toàn phù hợp. Một số nghiên cứu điển hình trong thời gian gần đây có thể kể đến như nghiên cứu [11], trong đó các tác giả áp dụng phương pháp cây sự cố để phân tích nguy cơ tai nạn của người đi bộ khi qua đường, chủ yếu tập trung vào các sự kiện dẫn đến tai nạn. Lý thuyết hành vi dự định cũng được sử dụng để xem xét các hành vi có nguy cơ gây tai nạn của người đi bộ [12]. Trong nghiên cứu [13], các tác giả phân tích ảnh hưởng của người sang đường lên dòng giao thông bằng mô phỏng NetLogo với mô hình đơn giản và kết luận rằng người đi bộ có ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ dòng xe. Tốc độ của xe tại một số vị trí qua đường ở Hà Nội được thảo luận trong các nghiên cứu [14, 15]. Phương pháp học sâu cũng được ứng dụng để phát hiện và đánh giá an toàn đối với người đi bộ trong nghiên cứu [16]. Nghiên cứu [17] chỉ ra rằng chiều rộng của vạch sang đường được nâng lên có tác động đến việc giảm tốc độ của dòng xe. Trong nghiên cứu [18], các tác giả tập trung phân tích đặc tính và hành vi qua đường của người đi bộ tại các nút giao có đèn tín hiệu.

Tuy nhiên, các nghiên cứu liên quan đến xung đột giao thông giữa xe và người đi bộ thông qua mô phỏng VISSIM và SSAM dường như chưa được quan tâm và có các báo cáo chính thức. Xuất phát từ đó, bài báo này bước đầu nghiên cứu mô phỏng xung đột giữa xe và người đi bộ tại vị trí sang đường không có đèn tín hiệu bằng phần mềm VISSIM và SSAM để xem xét năng lực của các phần mềm này trong dòng xe hỗn hợp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, VISSIM phiên bản 25.0 đã được sử dụng để mô phỏng xung đột giữa xe và người đi bộ tại vị trí sang đường (Hình 1). Ở đây, xung đột được hiểu là tình huống quan sát được trong đó hai hoặc nhiều xe tiếp cận nhau về mặt thời gian và không gian đến mức có nguy cơ va chạm nếu chuyển động của họ không thay đổi [19].



Hình 1. Minh họa các điểm xung đột giữa xe và người đi bộ tại vị trí sang đường

Dòng xe trong VISSIM tuân thủ theo mô hình Wiedemann 74 [7]. Mô hình người đi bộ có thể được thực hiện theo 2 cách thức. Thứ nhất là chế độ mặc định với các quy tắc chung cho hành vi của người đi bộ của phần mềm này. Cách này giả định rằng tất cả các chuyển động của người đi bộ đều độc lập với sự hiện diện của người đi bộ

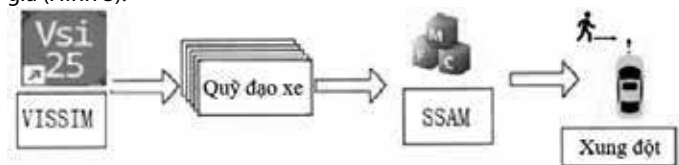
khác trong vùng lân cận, có nghĩa là mỗi người đi bộ không thể ảnh hưởng đến hành vi của người đi bộ khác. Cách thứ hai, áp dụng mô hình tương tự như dòng xe, tức là người đi bộ có thể phản ứng với sự hiện diện của người đi bộ khác. Với cách thức này, một số tham số để mô phỏng hành vi của người đi bộ cần được điều chỉnh cho phù hợp [20].

Bên cạnh đó, phần mềm SSAM được sử dụng để phân tích xung đột giao thông bằng cách sử dụng các tệp quỹ đạo của phương tiện được tạo từ VISSIM (Hình 2). SSAM cho phép phân tích một số chỉ tiêu liên quan đến xung đột giao thông như thời gian đến va chạm (TTC), thời gian sau xâm lấn (PET), gia tốc giảm tốc (Deceleration Rate, DR), vận tốc tối đa (MaxS), và chênh lệch tốc độ (DeltaS) [21]. Xung đột được ghi nhận khi giá trị TTC và PET vượt quá giá trị ngưỡng được xác định trước [5]. Ở đây, TTC là thời gian còn lại cho một va chạm tiềm tàng của đối tượng nếu họ giữ nguyên hướng và vận tốc. TTC càng ngắn thì tình huống càng nguy hiểm. PET là khoảng thời gian từ thời điểm đối tượng thứ nhất rời khỏi khu vực xung đột cho đến khi đối tượng thứ hai đến đó [4, 5, 22].



Hình 2. Giao diện SSAM

Quá trình phân tích xung đột dựa vào VISSIM và SSAM như sau [21, 22]: (1) Mỗi mô hình nút giao, đoạn đường hay vị trí sang đường được mô hình hóa và mô phỏng trong một khoảng thời gian nhất định trong môi trường VISSIM, đồng thời xuất tệp có đuôi TRJ; (2) Tệp đầu ra (tức là tệp TRJ) từ VISSIM sau đó được nhập vào SSAM để xác định xung đột và tính toán các chỉ tiêu cho từng xung đột. Trong nghiên cứu này, các giá trị TTC và PET được sử dụng lần lượt là 3,0 giây và 5,0 giây; (3) Xuất kết quả phân tích của SSAM, bao gồm số xung đột và các chỉ tiêu tương ứng để tiến hành phân tích và đánh giá (Hình 3).



Hình 3. Phân tích xung đột bằng VISSIM và SSAM

Trong VISSIM có thể sử dụng vùng xung đột (conflict areas) hoặc/và quy tắc ưu tiên (priority rules) để nghiên cứu sự tương tác giữa xe và người đi bộ. Trong đó, quy tắc ưu tiên thường được sử dụng khi vùng xung đột không mang lại hiệu quả. Nghiên cứu này bước đầu sử dụng vùng xung đột để xem xét sự tương tác và xung đột giữa xe và người đi bộ. Tại vùng xung đột, xe nhường người đi bộ.

3. NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP

3.1. Mô tả vị trí sang đường

Để phản ánh môi trường giao thông hỗn hợp, nghiên cứu này vận dụng một vị trí sang đường không có đèn tín hiệu nằm trên đường Hồ Tùng Mậu (Số 79 Hồ Tùng Mậu) với dòng xe chạy theo hướng từ Cầu Diễn đi Cầu Giấy. Dữ liệu dòng xe và người đi bộ tham khảo từ kết quả của nghiên cứu [14] và [15]. Ngoài ra, để thực hiện mô phỏng, nghiên cứu này sử dụng các giả thuyết như sau:

- Vị trí sang đường có vạch đi bộ sang đường rõ ràng và không được điều khiển bằng đèn tín hiệu. Bề rộng của vị trí sang đường là 3m (phổ biến ở Việt Nam) và người đi bộ đi lại theo hai chiều theo đúng hướng tay phải.

- Xe trong dòng xe chạy theo một chiều (chỉ xét một hướng của đường đôi) và tuân thủ theo luật và quy tắc giao thông. Các xe nhường đường cho người đi bộ trong khu vực xung đột nếu cả xe và người đi bộ cùng lúc đi vào vị trí sang đường.

Đặc trưng dòng xe vào giờ bình thường tại vị trí đi bộ mô phỏng như sau: Lưu lượng xe là 7.703 xe/h, trong đó xe máy chiếm 80%, xe

con chiếm 15%, còn xe buýt, xe tải và các loại xe khác chiếm 5%. Lưu lượng người đi bộ là 238 người/h, bao gồm cả nam và nữ. Vận tốc của người đi bộ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như giới tính, thể trạng, mật độ, ... và thường nằm trong khoảng 0,7-1,8 m/s, với giá trị trung bình khoảng 1,4 m/s [23]. Một nghiên cứu ở TP.HCM cho thấy tốc độ trung bình của người đi bộ tại vị trí sang đường dài 12 m có đèn tín hiệu là 1,482 m/s (độ lệch chuẩn 0,219 m/s, với số mẫu quan sát là 150) [18]. Theo đó, nghiên cứu sử dụng giá trị này để mô phỏng tốc độ người đi bộ. Vận tốc của dòng xe được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Vận tốc của dòng xe

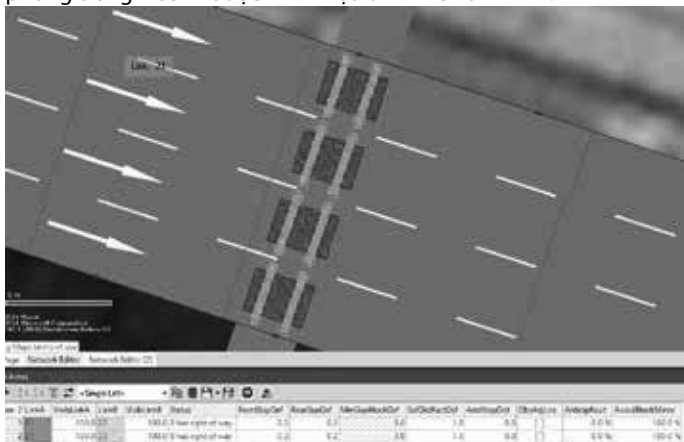
Vận tốc lớn nhất (km/h)	V85 (km/h)	Vận tốc trung bình (km/h)	V15 (km/h)	Vận tốc nhỏ nhất (km/h)	Độ lệch chuẩn (km/h)
54,55	36,00	28,60	19,67	10,11	8,08



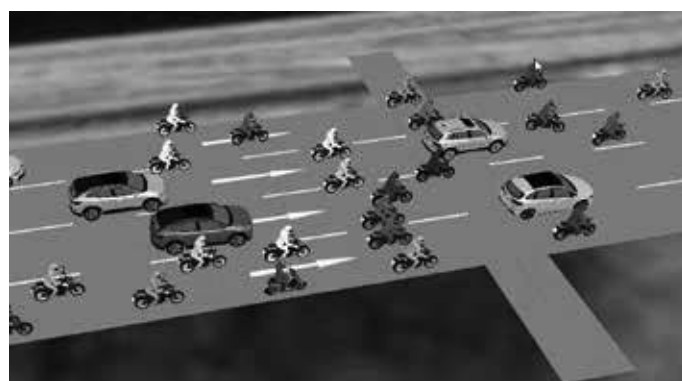
Hình 4. Vị trí sang đường trên đường Hồ Tùng Mậu từ Google map

3.2. Kết quả mô phỏng

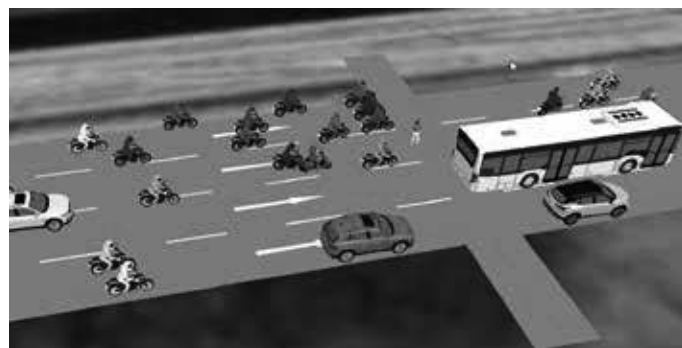
Mô phỏng bao gồm một đoạn đường có bốn làn xe, có bố trí vạch sang đường, với tốc độ của xe và người đi bộ được thiết lập theo các thông tin đã trình bày ở trên. Chiều dài đoạn mô phỏng khoảng 300 m. Thời gian mô phỏng là 3.600 s và không xét thời gian khởi động. Các thông số về hành vi lái xe được điều chỉnh dựa trên các nghiên cứu trong nước về dòng giao thông hỗn hợp [24, 25]. Các tham số của người đi bộ sử dụng giá trị mặc định và không được hiệu chỉnh hoặc xác thực. Ảnh chụp 3D của mô hình mô phỏng trong VISSIM được minh họa ở Hình 5 và Hình 7.



Hình 5. Thiết lập vùng xung đột trong VISSIM



Hình 6. Hình ảnh 3D của mô phỏng trong VISSIM - Không có người đi bộ sang đường



Hình 7. Ảnh 3D của mô phỏng trong VISSIM - Người đi bộ đang sang đường

Sau khi chạy mô hình mô phỏng trong VISSIM, xuất các tệp "*.trj" sang chạy trong phần mềm SSAM và kết quả của SSAM tạo ra file "*.csv". Xung đột giữa người đi bộ và phương tiện có thể được lọc dựa trên chiều dài của xe và chiều dài của người đi bộ (khoảng từ 0,3 đến 0,5 m). Kết quả từ SSAM cho thấy, giá trị trung bình của PET và TTC lần lượt là 2.007 s và 1.569 s.

Bảng 2. Giá trị trung bình TTC và PET

Điểm xung đột	Chỉ tiêu	Giá trị trung bình (s)	Độ lệch chuẩn (s)
45	TTC	1,569	0,740
	PET	2,007	1,017

Qua kết quả cho thấy, TTC và PET trung bình khá nhỏ so với ngưỡng đã cấu hình, thể hiện mức nguy hiểm của độ xung đột khá cao.

4. KẾT LUẬN

Bài báo bước đầu thực hiện mô phỏng xung đột giao thông giữa xe và người đi bộ trong môi trường giao thông hỗn hợp ở Việt Nam bằng phần mềm VISSIM và SSAM. Kết quả mô phỏng đã cung cấp các giá trị chỉ tiêu TTC và PET, qua đó cho thấy khả năng của VISSIM và SSAM trong việc tái hiện các xung đột giao thông nhằm phục vụ đánh giá an toàn giao thông. Tuy nhiên, các kết quả này chưa được đối chiếu và xác thực với dữ liệu xung đột thực tế. Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm nghiên cứu sẽ mở rộng mô phỏng cho nhiều vị trí khác nhau với các mức lưu lượng xe và người đi bộ thay đổi, đồng thời tiến hành hiệu chuẩn và xác thực mô hình để nâng cao độ tin cậy của kết quả.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2025-MT-001.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. WHO, Global status report on road safety, 2023.
- [2]. K. L. Chen, B.-W. Tsai, G. Fortin, and J. F. Cooper, 2022 SafeTREC Traffic Safety Fact Sheet: Pedestrian Safety, 2022.
- [3]. Đài Hà Nội. Người đi bộ dừng sang đường tùy tiện. Truy cập: Oct. 07, 2025, <https://hanoionline.vn/nguoi-di-bo-dung-sang-duong-tuy-tien-243340.htm>
- [4]. W. K. Alhajyaseen, M. Asano, and H. Nakamura, Estimation of left-turning vehicle maneuvers for the assessment of pedestrian safety at intersections, IATSS Res., vol. 36, no. 1, pp. 66–74, 2012.
- [5]. D. Gettman, L. Pu, T. Sayed, and S. G. Shelby, Surrogate safety assessment model and validation, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2008.
- [6]. D. Gettman and L. Head, Surrogate safety measures from traffic simulation models, Transp. Res. Rec., vol. 1840, no. 1, pp. 104–115, 2003.
- [7]. PTV GROUP, Manual PTV VISSIM 2023, Planung Transport Verkehr, Karlsruhe, Germany, 2022.
- [8]. H. Amado, S. Ferreira, J. P. Tavares, P. Ribeiro, and E. Freitas, Pedestrian-vehicle interaction at unsignalized crosswalks: a systematic review, Sustainability, vol. 12, no. 7, p. 2805, 2020.
- [9]. J. Wu, E. Radwan, and H. Abou-Senna, Determination if VISSIM and SSAM could estimate pedestrian-vehicle conflicts at signalized intersections, J. Transp. Saf. Secur., vol. 10, no. 6, pp. 572–585, 2018.
- [10]. L. Dahlberg and M. Segernäs, Optimisation of the simulated interaction between pedestrians and vehicles-A comparative study between using conflict areas and priority rule in Vissim, 2017.
- [11]. X. C. Vương và C. T. Nguyễn, Phân tích tai nạn khi đi bộ qua đường bằng phương pháp FTA, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Số 42, tr. 117–121, 2013.
- [12]. X. C. Vương, R.-F. Mou, T. T. Vu, and T. A. Nguyen, A study of intended unsafe pedestrian crossing behaviors at signalized intersections in Vietnam, in AUC 2019: Proceedings of the 15th International Asian Urbanization Conference, Vietnam, Springer, 2020, pp. 185–193.
- [13]. V. T. Trần, T. B. Võ, và H.T.T. Nguyễn, Phân tích mô phỏng ảnh hưởng của người sang đường lên dòng giao thông, Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một, Số 32, tr. 12–18, 2017.
- [14]. M. T. Đặng, Nghiên cứu đánh giá và đề xuất giải pháp nâng cao an toàn giao thông tại vị trí người đi bộ qua đường trên các tuyến đường đô thị ở thành phố Hà Nội, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2023.
- [15]. M. T. Đặng và H. T. A. Lê, Nghiên cứu tốc độ của phương tiện giao thông tại vị trí người đi bộ qua đường trên một số tuyến đường trục chính TP.Hà Nội, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 9/2023, tr. 60–62, 2023.
- [16]. T. T. Nguyễn, Nghiên cứu ứng dụng học sâu (deep learning) trong phát hiện và đánh giá an toàn đối với người đi bộ khi tham gia giao thông, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2022.
- [17]. Q. V. Trần, Đánh giá hiệu quả kỹ thuật của giải pháp nâng cao vạch đi bộ qua đường, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 32, tr. 7378, 2019.
- [18]. H. Đ. Đoàn, H. C. Nguyễn, và Q. S. Trần, Nghiên cứu đặc tính và hành vi qua đường của người đi bộ tại nút giao thông có đèn tín hiệu ở TP.HCM, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 33, tr. 39–45, 2019.
- [19]. P. de Leur and T. Sayed, Development of a road safety risk index, Transp. Res. Rec., vol. 1784, no. 1, pp. 33–42, 2002.
- [20]. M. M. Ishaque and R. B. Noland, Pedestrian and vehicle flow calibration in multimodal traffic microsimulation, J. Transp. Eng., vol. 135, no. 6, pp. 338–348, 2009.
- [21]. L. Pu and R. Joshi, Surrogate safety assessment model (SSAM)-Software user manual, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2008.
- [22]. X.-C. Vương, R.-F. Mou, and T.-T. Vu, Safety Impact of timing optimization at mixed-traffic intersections based on simulated conflicts: a case study of Hanoi, Vietnam, in 2019 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE), IEEE, 2019, pp. 247–251.
- [23]. H. H. Nguyễn, Đặc điểm của giao thông bộ hành, đề xuất những giải pháp tổ chức giao thông bộ hành cho nội đô Hà Nội, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Số 33, tr. 34–40, 2011.
- [24]. T. T. A. Cù, Nghiên cứu phương pháp hiệu chỉnh tham số của VISSIM cho mô phỏng và phân tích nút giao thông có đèn tín hiệu ở các đô thị Việt Nam, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2024.
- [25]. X. C. Vương, R.-F. Mou, T. T. Vu, and H. Van Nguyen, An adaptive method for an isolated intersection under mixed traffic conditions in hanoi based on ANFIS using VISSIM-MATLAB, IEEE Access, vol. 9, pp. 166328–166338, 2021.

Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong xử lý hình ảnh để phát hiện các hư hỏng của tấm pin năng lượng mặt trời phục vụ công tác đánh giá chất lượng

Research on application of artificial intelligence in image processing to detect damages of solar panels for quality assessment

> NGUYỄN KHÁNH CHI¹, LÃ MINH KHÁNH¹, THS NGUYỄN ĐÌNH QUÝ¹, PGS. TS LÊ BÁ DANH^{2,*}, TRẦN MINH ĐỨC¹

¹Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: danhlb@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Hiệu suất của hệ thống pin quang điện (PV) phụ thuộc lớn vào chất lượng bề mặt tấm pin, bởi các hư hỏng như vết nứt hay bụi bẩn có thể làm suy giảm hiệu suất và ảnh hưởng lâu dài đến toàn hệ thống. Do đó, việc kiểm tra và đánh giá các hư hỏng này là một nội dung rất quan trọng trong công tác bảo trì và đánh giá chất lượng của các trang trại điện mặt trời. Phương pháp kiểm tra thủ công hiện nay có nhược điểm là tốn thời gian, độ chính xác thấp, phụ thuộc vào kinh nghiệm của kỹ thuật viên và khó đáp ứng yêu cầu giám sát trên diện rộng.

Bài báo này đề xuất một quy trình ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm tự động phát hiện các hư hỏng trên bề mặt tấm pin năng lượng mặt trời từ ảnh quang học thu thập bằng UAV. Hệ thống gồm hai giai đoạn chính: (i) tiền xử lý và cắt tách tự động từng tấm pin từ ảnh tổng thể, và (ii) phân loại trạng thái tấm pin bằng mô hình học sâu. Qua quá trình so sánh thực nghiệm giữa nhiều kiến trúc mạng nơ-ron tích chập (CNN) phổ biến (VGG, ResNet, EfficientNet), EfficientNet-B2 được lựa chọn nhờ khả năng cân bằng tốt giữa độ chính xác và chi phí tính toán. Mô hình được huấn luyện để phân biệt hai trạng thái "Normal" và "Defect", đạt độ chính xác 96,45% trên tập kiểm thử. Kết quả cho thấy tính khả thi và tiềm năng ứng dụng của hệ thống trong việc tự động hóa công tác kiểm tra, giám sát và bảo trì các trang trại điện mặt trời quy mô lớn.

Từ khóa: Thị giác máy tính, Drone/UAV, pin năng lượng mặt trời, phát hiện lỗi, học sâu, EfficientNet.

ABSTRACT

The performance of photovoltaic systems depends heavily on surface quality, as defects such as cracks and dirt can degrade efficiency and have long-term impacts on the entire system. Current manual inspection methods are time-consuming, have low accuracy, depend on technician experience, and are difficult to deploy on a large scale. This paper proposes a process applying artificial intelligence to automatically detect surface defects on solar panels from optical images collected by UAVs. The system consists of two stages: (i) preprocessing and automatic segmentation of individual panels from overall images, and (ii) condition classification using deep learning models. Through experimental comparison of popular CNN architectures (VGG, ResNet, EfficientNet), EfficientNet-B2 was selected for its optimal balance between accuracy and computational cost. The model distinguishes between two states: "Normal" and "Defect," achieving 96.45% accuracy on the test set. The results demonstrate the feasibility and application potential of the system in automating inspection, monitoring, and maintenance operations for large-scale solar farms.

Keywords: Computer vision, drone/UAV, solar panels, defect detection, deep learning, EfficientNet.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

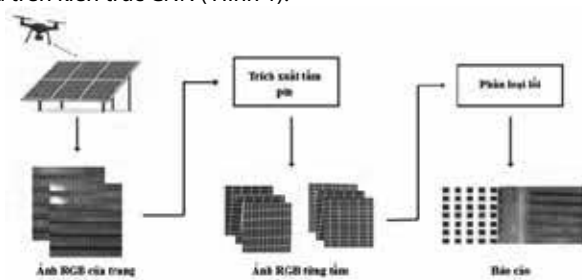
Năng lượng mặt trời (PV) đóng vai trò quan trọng trong chuyển

dịch năng lượng toàn cầu nhờ khả năng chuyển đổi trực tiếp bức xạ mặt trời thành điện năng [1]. Với ưu điểm vận hành êm, giảm phát

thải carbon và linh hoạt triển khai từ mái nhà đến trang trại năng lượng lớn, năng lượng mặt trời là nguồn tái tạo trọng yếu [2] [3]. Tuy nhiên, hoạt động ngoài trời khiến tấm pin PV chịu tác động của môi trường: bụi bẩn, rác thải và hư hỏng bề mặt có thể làm giảm hiệu suất và tạo điểm nóng, dẫn đến hư hỏng nghiêm trọng và làm gia tăng nguy cơ cháy nổ [4].

Việc phát hiện sớm bất thường giúp tối ưu hóa vận hành và bảo trì (O&M), đảm bảo tỷ suất hoàn vốn (ROI) [5]. Các phương pháp kiểm tra truyền thống như quan sát thủ công, đo I-V hoặc dùng súng nhiệt tốn thời gian, nhân lực và tiềm ẩn rủi ro [6] [7]. Sự phát triển của thiết bị bay không người lái (UAV/Drone) tích hợp camera độ phân giải cao đã mở ra hướng tiếp cận mới, cho phép thu thập dữ liệu hình ảnh diện rộng một cách nhanh chóng và hiệu quả [8]. Tuy nhiên, khối lượng dữ liệu lớn từ UAV khiến việc phân tích thủ công trở nên khó khả thi và dễ sai sót [9].

Do đó, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI), đặc biệt là học sâu (Deep Learning), trở nên cần thiết để tự động hóa phát hiện lỗi tấm pin [10]. Nghiên cứu này đề xuất quy trình gồm: (i) xử lý ảnh UAV để cắt chiết tự động từng tấm pin, và (ii) phân loại trạng thái bề mặt dựa trên kiến trúc CNN (Hình 1).



Hình 1. Quy trình xử lý ảnh UAV

Sự kết hợp UAV và Deep Learning đã trở thành hướng chủ đạo. Di Tommaso et al. [13] dùng YOLOv3 phát hiện lỗi từ ảnh nhiệt và ảnh quang học, nhận diện chính xác tấm pin và điểm nóng với AP@0.5 >98%. Li et al. [14] đề xuất GBH-YOLOv5 với Ghost Convolution và Tiny Target Prediction Head, tối ưu hiệu quả cho các đối tượng nhỏ. Dwivedi et al. [15] dùng Vision Transformer (ViT) xây dựng hệ thống giám sát chi phí thấp từ ảnh độ phân giải cao. Các nghiên cứu cho thấy sự đa dạng về loại dữ liệu (ảnh IR, RGB, EL) và kiến trúc mạng: Dunderdale et al. [16] đánh giá VGG-16, MobileNet và SIFT + Random Forest với MobileNet cân bằng tốt giữa hiệu suất và chi phí; Su et al. [17] đề xuất BAF-Detector cho ảnh EL, giảm mất mát ở mạng sâu. Các mô hình nhẹ như MobileNet và EfficientNet [15] [16] đạt hiệu suất cao với chi phí thấp.

Tuy nhiên nghiên cứu đạt độ chính xác cao, đặc biệt với ảnh nhiệt [13] [16], vẫn tồn tại hạn chế: mô hình hiệu suất cao phụ thuộc dữ liệu IR/EL, đòi hỏi thiết bị chuyên dụng và chi phí lớn [16] [17]; dữ liệu RGB UAV phổ biến, rẻ nhưng chưa được khai thác tối ưu; các mô hình mạnh như YOLO/ViT tiêu tốn tài nguyên, khó triển khai giám sát thời gian thực. Do đó, nghiên cứu các kiến trúc CNN nhẹ, hiệu quả cho giám sát chi phí thấp ngày càng cần thiết.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất quy trình phát hiện lỗi dựa trên ảnh RGB thu thập bằng UAV, gồm cắt chiết tự động từng tấm pin và phân loại bằng EfficientNet-B2-một kiến trúc CNN cân bằng tốt giữa độ chính xác và chi phí tính toán [15]. Giải pháp hướng đến hệ thống giám sát gọn nhẹ, chi phí thấp nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả [11] [12]. Phạm vi nghiên cứu tập trung vào việc phát hiện các dạng lỗi vật lý có thể quan sát trực tiếp từ ảnh quang học, chưa bao gồm ảnh nhiệt hoặc các dạng hư hỏng bên trong cấu trúc tế bào. Tuy nhiên, đây là bước khởi đầu quan trọng để tiến tới một hệ thống giám sát đa phương thức toàn diện trong tương lai.

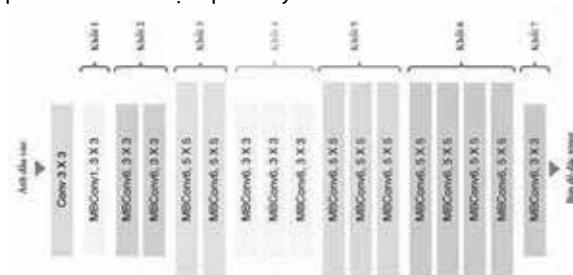
Bố cục bài báo gồm: Phần 2 trình bày các nghiên cứu liên quan; Phần 3 mô tả phương pháp đề xuất; Phần 4 trình bày kết quả thực nghiệm; Phần 5 là kết luận và hướng phát triển.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Kiến trúc EfficientNet

EfficientNet, do Google AI giới thiệu năm 2019, đánh dấu bước tiến trong thị giác máy tính khi giải quyết hiệu quả bài toán cân bằng giữa độ chính xác và tài nguyên tính toán. Khác với kiến trúc truyền thống chỉ mở rộng theo chiều rộng, chiều sâu hoặc độ phân giải, EfficientNet áp dụng chiến lược “Compound Scaling”, mở rộng đồng thời cả ba yếu tố theo tỉ lệ cân bằng, đạt hiệu suất vượt trội mà không tăng tham số một cách mất kiểm soát [18]. Kiến trúc dựa trên khối MBConv (Mobile Inverted Bottleneck) kết hợp cơ chế Squeeze-and-Excitation (SE) giúp trích xuất đặc trưng mạnh, nhấn mạnh kênh quan trọng và loại bỏ nhiễu, đồng thời giảm đáng kể khối lượng tính toán. So với GPipe, EfficientNet đạt độ chính xác tương đương hoặc cao hơn nhưng chỉ sử dụng khoảng 66 triệu tham số so với 556 triệu, vận hành nhanh, nhẹ và phù hợp ứng dụng thực tế.

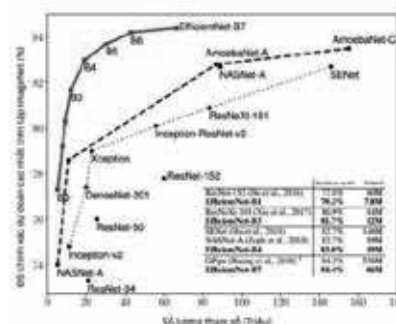
Nhờ các đặc điểm trên, EfficientNet đặc biệt phù hợp cho bài toán phân loại lỗi tấm pin từ ảnh UAV-vốn nhiễu cao và chứa nhiều chi tiết nhỏ. Mô hình vừa đủ mạnh để nhận diện đặc trưng tinh vi, vừa đủ nhẹ để triển khai trên phần cứng hạn chế, đảm bảo khả năng tổng quát hóa tốt và hiệu quả xử lý cao.



Hình 2. Kiến trúc EfficientNet [19]

Trong hệ EfficientNet từ B0 đến B7, EfficientNet-B2 được chọn vì đạt cân bằng tốt giữa độ sâu mô hình và chi phí tính toán. Phiên bản này cho phép sử dụng ảnh đầu vào 260×260 pixel - đủ lớn để giữ lại chi tiết bề mặt tấm pin nhưng vẫn đảm bảo tốc độ xử lý nhanh.

Về cấu trúc, EfficientNet-B2 bắt đầu bằng lớp stem convolution 3×3 để trích xuất đặc trưng ban đầu, sau đó là chuỗi khối MBConv tích hợp SE với các tham số được điều chỉnh linh hoạt theo từng giai đoạn. Phần cuối mô hình gồm lớp Global Average Pooling và lớp Fully Connected thực hiện phân loại, sử dụng Softmax để đưa ra xác suất cho hai trạng thái “Normal” và “Defect”.



Hình 3. Kích thước mô hình so với độ chính xác của ImageNet [18]

Nhờ kiến trúc cân bằng và tối ưu như vậy, EfficientNet-B2 chứng minh rằng không cần hy sinh tốc độ để đạt được độ chính xác cao. Đây là lý do mô hình trở thành lựa chọn phù hợp cho bài toán phát hiện lỗi tấm pin PV dựa trên dữ liệu ảnh UAV, nơi yêu cầu sự kết hợp

chặt chẽ giữa hiệu năng, độ chính xác và khả năng triển khai thực tế[18]

2.2. Các chỉ số đánh giá

Hiệu suất mô hình phân loại lỗi tấm pin được đánh giá dựa trên bốn đại lượng cơ bản: Dương đúng (TP) - mô hình dự đoán đúng tấm pin bị lỗi, Âm đúng (TN) - dự đoán đúng tấm pin bình thường, Dương sai (FP) - mô hình nhầm tấm pin bình thường thành lỗi, và Âm sai (FN) - nhầm tấm pin lỗi thành bình thường. Dựa trên bốn đại lượng này, các chỉ số đánh giá được tính như sau:

Độ chính xác (Accuracy): đo lường tỷ lệ dự đoán đúng trên toàn bộ tập dữ liệu. Đây là chỉ số tổng quát, phản ánh khả năng phân loại chung của mô hình.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \quad (1)$$

Độ bao phủ (Recall): thể hiện khả năng mô hình phát hiện đúng tấm pin bị lỗi, tức là mức độ hạn chế tình huống bỏ sót lỗi (FN).

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

Độ chính xác dự đoán (Precision): phản ánh tỷ lệ các dự đoán "lỗi" là chính xác, tức là mô hình không gắn nhầm lỗi cho các tấm pin thực ra đang bình thường.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

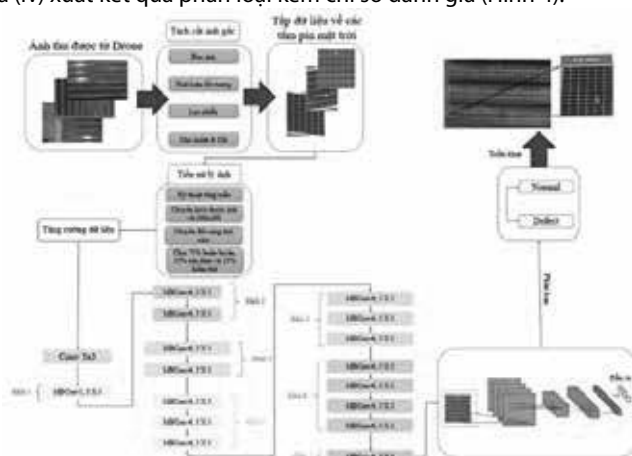
Điểm F1 (F1 Score): là trung bình điều hòa giữa Precision và Recall, cung cấp một thước đo cân bằng trong bối cảnh có mất cân bằng lớp.

$$F1 = \frac{2 \times PrecisionScore \times RecallScore}{PrecisionScore + RecallScore} \quad (4)$$

Kết hợp các chỉ số này cho phép đánh giá toàn diện hiệu quả mô hình, vừa phát hiện lỗi chính xác (Recall cao), vừa hạn chế cảnh báo sai (Precision cao), đồng thời cung cấp thước đo tổng quát (Accuracy) và cân bằng (F1 Score) phù hợp với dữ liệu thực tế của hệ thống PV.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu đề xuất một quy trình tự động phát hiện lỗi bề mặt tấm pin PV từ ảnh UAV gồm bốn giai đoạn chính: (i) thu thập ảnh bằng Drone/UAV, (ii) tiền xử lý và cắt chiết từng tấm pin từ ảnh tổng thể, (iii) phân loại trạng thái tấm pin bằng mô hình EfficientNet-B2, và (iv) xuất kết quả phân loại kèm chỉ số đánh giá (Hình 4).



Hình 4. Sơ đồ tổng quan

3.1. Thu thập dữ liệu

Dữ liệu ảnh quang học được thu thập tại một trang trại năng lượng mặt trời quy mô thương mại tại Việt Nam sử dụng thiết bị bay không người lái DJI Phantom 4 RTK. Hệ thống UAV này được trang

bị camera RGB tích hợp cảm biến CMOS 1-inch với độ phân giải 20 megapixel, cho phép ghi nhận hình ảnh chất lượng cao với độ chi tiết tốt và khả năng kiểm soát nhiễu hiệu quả trong điều kiện ánh sáng tự nhiên mạnh (Hình 5)



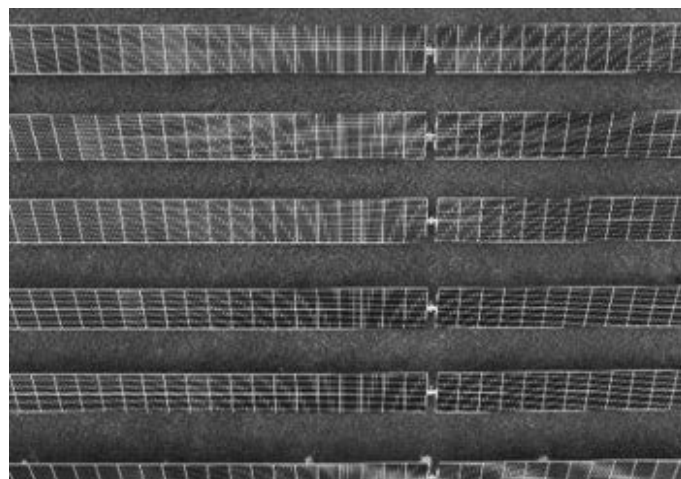
Hình 5. UAV DJI Phantom 4 RTK

Để đảm bảo chất lượng dữ liệu, các tham số bay được thiết lập theo chuẩn sau: UAV bay ở độ cao 25 m, giữ tốc độ ổn định theo quỹ đạo lập sẵn và góc chụp gần vuông góc ($\approx 90^\circ$) với tấm pin nhằm giảm biến dạng phối cảnh và tối ưu độ phân giải.

Tổng cộng 130 ảnh quang học độ phân giải cao được thu thập theo quỹ đạo lưới, bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu. Nhờ gimbal ổn định và hệ thống định vị RTK chính xác, các ảnh đều đạt độ sắc nét và chi tiết cần thiết cho quá trình xử lý. Tập dữ liệu này được dùng làm đầu vào cho bước cắt chiết tự động và huấn luyện mô hình học sâu nhằm phát hiện các khuyết tật bề mặt trên tấm pin quang điện.

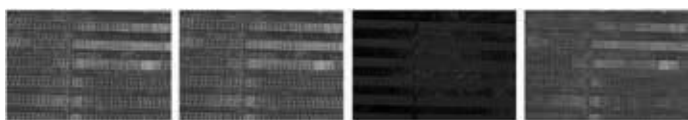
3.2. Kỹ thuật cắt chiết tấm pin

Trong nghiên cứu này, chúng tôi phát triển một quy trình tự động nhằm cắt chiết từng tấm pin năng lượng mặt trời từ các ảnh chụp trên không thu được từ UAV. Hình 6 minh họa ảnh RGB đầu vào của hệ thống trước khi thực hiện bước cắt chiết tấm pin. Mục tiêu của quy trình là tạo ra các ảnh tấm pin riêng biệt được chuẩn hóa về kích thước, phục vụ cho các bước phân tích lỗi và huấn luyện mô hình học sâu ở các giai đoạn sau.



Hình 6. Ảnh RGB đầu vào

Quá trình cắt chiết bắt đầu bằng việc chuyển ảnh gốc sang ảnh xám để giảm thông tin dư thừa và làm nổi bật cấu trúc biên. Tiếp đó, ảnh xám được làm mờ bằng bộ lọc Gaussian nhằm loại bỏ nhiễu cục bộ, giúp thuật toán phát hiện cạnh ổn định hơn. Từ ảnh đã làm mờ, phương pháp Canny được sử dụng để trích xuất các đường biên đại diện cho ranh giới giữa các tấm pin và nền. Các bước này được minh họa trong Hình 7.

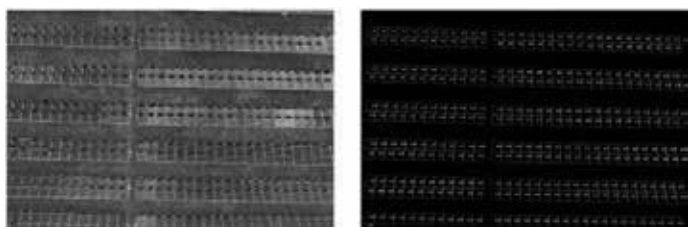


(a) Ảnh Grayscale; (b) Ảnh Blur; (c) Ảnh Canny; (d) Ảnh Contours.

Hình 7. Minh họa các bước tiền xử lý ảnh

Các contour được lấy từ kết quả phát hiện cạnh và lọc bỏ những vùng nhỏ hoặc không đúng cấu trúc, chỉ giữ lại các contour hợp lệ. Mỗi contour được bao bằng hình chữ nhật xoay để định vị và sắp xếp theo thứ tự từ trên xuống dưới, trái sang phải. Dựa trên góc xoay này, ảnh gốc được biến đổi affine, cắt và lưu thành ảnh riêng; đồng thời xuất thêm phiên bản ảnh gốc có bounding box và số thứ tự để kiểm tra trực quan.

Quy trình được thực hiện hoàn toàn tự động trên toàn bộ ảnh đầu vào. Hệ thống ghi nhận số ảnh đã xử lý và tổng số tấm pin được cắt chiết, lưu chúng theo cấu trúc thư mục tương ứng. Việc lưu song song ảnh gốc có bounding box và các ảnh đã cắt giúp đánh giá chất lượng thuật toán và cung cấp bộ dữ liệu đầu vào sạch, đồng nhất cho các bước phân tích và huấn luyện tiếp theo.



(a) Ảnh gốc với các tấm pin đã đánh số bounding box; (b) Bản đồ 2D của tấm pin.

Hình 8. Kết quả sau khi cắt chiết tấm pin

Qua quá trình kiểm tra thủ công ngẫu nhiên 1,000 tấm pin đã được cắt chiết, thuật toán đạt độ chính xác 96,9% (969/1,000 tấm được tách đúng, không bị mất góc hoặc chồng lấn). Chỉ có 31 trường hợp xảy ra lỗi, chủ yếu do ảnh hưởng của bóng cây hoặc góc chụp lớn hơn 65°. Kết quả này cho thấy quy trình cắt chiết đảm bảo khả năng trích xuất từng tấm pin một cách chính xác, đầy đủ và nhất quán, qua đó tạo nền tảng tin cậy cho các giai đoạn phát hiện hư hỏng và phân tích hiệu năng trong hệ thống năng lượng mặt trời dựa trên thị giác máy tính.

3.3. Tập dữ liệu và tiền xử lý

Tập dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu bao gồm 130 ảnh tổng thể thu được từ các dãy tấm pin năng lượng mặt trời tại một trang trại thương mại. Từ các ảnh này, hệ thống cắt chiết tự động đã trích xuất 5,902 tấm pin đơn lẻ, lưu dưới dạng ảnh độc lập và gán nhãn "Defect" và "Normal".

Dữ liệu được chia thành tập huấn luyện (70%), tập xác thực (15%) và tập kiểm thử (15%). Mỗi ảnh được chuẩn hóa 260x260 pixel để phù hợp với đầu vào của EfficientNet-B2. Ngoài ra, các kỹ thuật tăng cường dữ liệu như xoay, lật, làm mờ và tăng cường cạnh được áp dụng cho tập huấn luyện nhằm nâng cao khả năng tổng quát hóa và giảm quá khớp (overfitting). Bảng 1 trình bày chi tiết số lượng ảnh và phân bố nhãn.

Bảng 1. Phân bố số lượng ảnh trong các tập dữ liệu

Tập dữ liệu	Số ảnh	Defect	Normal
Tập huấn luyện	4,131	1,998	2,133
Tập xác thực	885	428	457
Tập kiểm thử	886	428	458

Để tối ưu EfficientNet-B2 và hạn chế quá khớp khi dữ liệu hạn chế, ảnh đầu vào được tiền xử lý bằng cách đổi kích thước 260x260

pixel, chuẩn hóa theo ImageNet và tăng cường dữ liệu. Các phép xoay, lật, điều chỉnh độ sáng/độ tương phản/bão hòa và biến dạng affine giúp cải thiện khả năng khái quát hóa. Đồng thời, lọc Gaussian và phát hiện biên Canny được áp dụng nhằm giảm nhiễu và làm nổi bật đặc trưng quan trọng trước khi đưa ảnh vào mô hình.

3.4. Điều chỉnh lớp phân loại và chiến lược huấn luyện

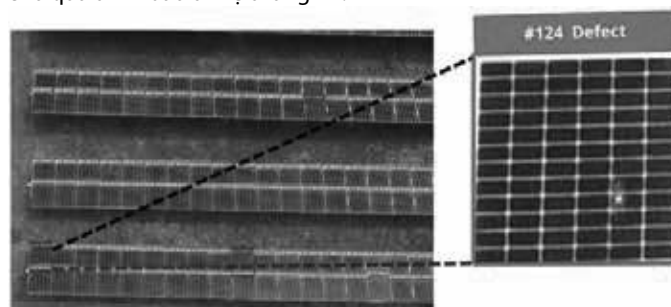
EfficientNet-B2 là kiến trúc CNN nhẹ và hiệu quả, được tiền huấn luyện trên ImageNet. Với bài toán phân loại hai lớp "Defect" và "Normal", lớp phân loại gốc được thay bằng lớp tuyến tính 2 neuron, đầu vào 260x260x3. Do dữ liệu mất cân bằng, mô hình sử dụng Weighted Cross-Entropy Loss để tăng trọng số cho lớp thiểu số. Quá trình tối ưu dùng Adam với lịch điều chỉnh tốc độ học theo chu kỳ và early stopping nếu loss validation không cải thiện sau 5 epoch. Để tạo batch cân bằng hơn, Weighted Random Sampler được áp dụng, giúp mô hình học ổn định hơn và giảm sai lệch giữa hai lớp.

Bảng 2. Các thông số cấu hình của mô hình huấn luyện

Tham số	Giá trị
Mô hình	EfficientNet-B2
Số lớp phân loại	2 (Defect, Normal)
Tốc độ học	1×10^{-4}
Optimizer	Adam
Loss function	Weighted Cross-Entropy Loss
Batch Size	32
Epochs	20
Image Size	260x260 px

Bảng 2 trình bày các thông số huấn luyện. Việc sử dụng Weighted Cross-Entropy Loss giúp mô hình cải thiện hiệu suất trên dữ liệu mất cân bằng. Bên cạnh đó, cơ chế điều chỉnh tốc độ học và early stopping hạn chế quá khớp, đảm bảo quá trình huấn luyện diễn ra hiệu quả và ổn định hơn.

Kết quả phân loại lỗi được minh họa trong Hình 9. Trong ảnh, các tấm pin đã được cắt ra từ ảnh UAV tổng, gán bounding box và nhãn phân loại tương ứng. Các tấm pin có nhãn "Defect" đại diện cho những khu vực chứa bụi bẩn hoặc dị vật, trong khi các tấm pin được gán nhãn "Normal" cho thấy trạng thái bình thường. Hình minh họa cho thấy mô hình EfficientNet-B2 có khả năng phát hiện và phân loại chính xác các lỗi trên bề mặt tấm pin, hỗ trợ trực quan cho quá trình bảo trì hệ thống PV.



Hình 9. Kết quả nhận diện lỗi tấm pin năng lượng mặt trời bằng mô hình EfficientNet-B2

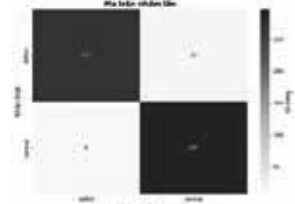
4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để đánh giá mô hình, chúng tôi sử dụng các chỉ số phân loại như Precision, Recall, F1-Score, và Accuracy từ kết quả phân loại của mô hình. Dưới đây là các kết quả cụ thể từ mô hình đã huấn luyện. Bảng 3 dưới đây là các chỉ số đánh giá của mô hình:

Bảng 3. Kết quả đánh giá mô hình

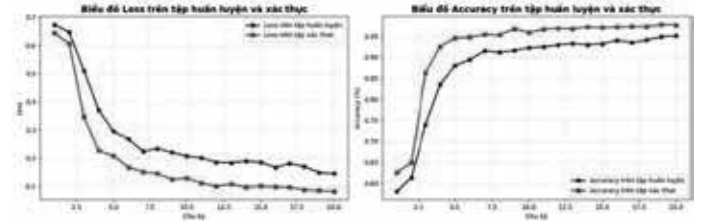
Chỉ số	Giá trị
Accuracy (%)	96,45
Precision	0,9646
Recall	0,9645
F1-Score	0,9645
Training Time (phút)	33,95
Params (M)	7,70

Hình 10 trình bày ma trận nhầm lẫn của mô hình trên tập kiểm thử. Kết quả cho thấy mô hình phân loại đúng 273 tấm pin thuộc lớp “Defect” và 297 tấm pin thuộc lớp “Normal”. Bên cạnh đó, vẫn tồn tại 13 tấm pin lỗi bị dự đoán nhầm thành bình thường và 8 tấm pin bình thường bị nhầm lẫn thành lỗi. Các con số này phản ánh khả năng phân loại tổng thể tốt của mô hình, đồng thời chỉ ra những loại mẫu mà mô hình còn gặp khó khăn trong quá trình nhận diện.



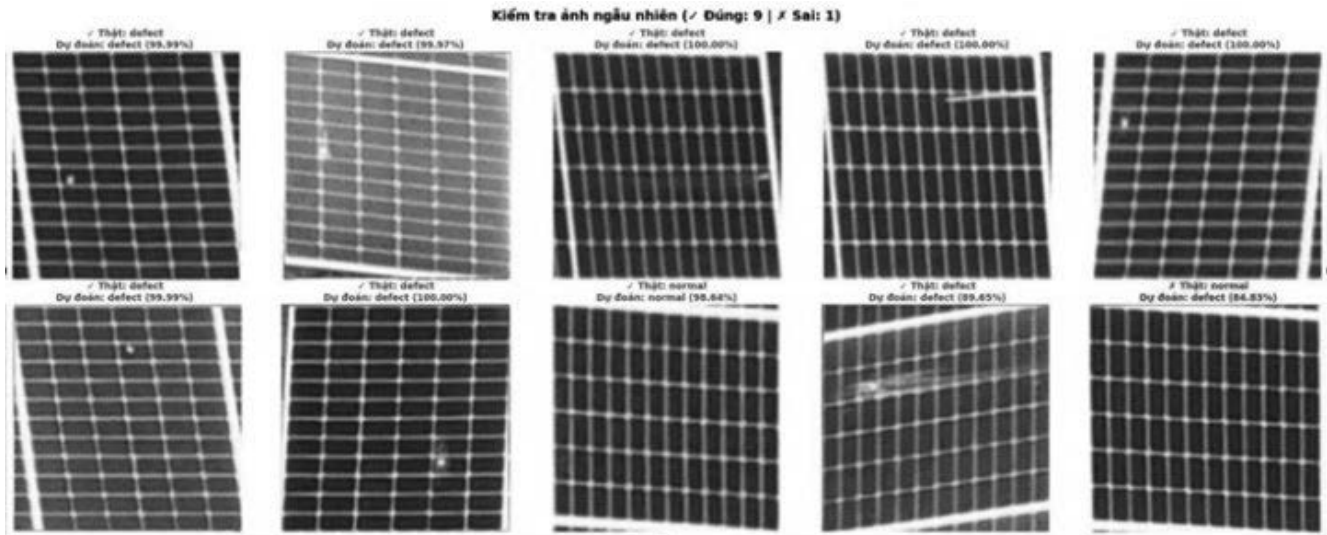
Hình 10. Ma trận nhầm lẫn

Trong Hình 11 thể hiện sự thay đổi của Loss (giá trị mất mát) và Accuracy (độ chính xác) trong suốt quá trình huấn luyện và xác thực. Mô hình đạt độ chính xác cao ngay sau vài epoch đầu, với Accuracy trên tập huấn luyện và xác thực tiệm cận 95% ở epoch 20. Đường cong Loss và Accuracy giữa hai tập dữ liệu huấn luyện và xác thực duy trì sự đồng nhất, cho thấy mô hình không gặp hiện tượng quá khớp và khả năng tổng quát hóa được đảm bảo.



Hình 11. Biểu đồ Loss và Accuracy

Mô hình được đánh giá thêm bằng cách quan sát các dự đoán ngẫu nhiên trên tập kiểm thử. Kết quả cho thấy phần lớn tấm pin được phân loại chính xác, với độ chính xác nhận diện lỗi trên 99%. Tuy nhiên, vẫn xuất hiện một số nhầm lẫn, như tấm pin bình thường bị dự đoán là lỗi với độ tin cậy 84,83%, cho thấy mô hình dù hoạt động ổn định nhưng vẫn cần cải thiện ở các trường hợp biên. (Hình 12)



Hình 12. Dự đoán ngẫu nhiên từ tập kiểm thử

Bên cạnh việc đánh giá mô hình EfficientNet-B2, chúng tôi cũng tiến hành huấn luyện và kiểm thử bốn kiến trúc phổ biến khác gồm ResNet-18, ResNet-34, ResNet-50 và VGG16 trên cùng tập dữ liệu nhằm đánh giá hiệu quả tương đối giữa các mô hình.

Việc so sánh này giúp làm rõ ưu thế của EfficientNet-B2 về độ chính xác, khả năng tổng quát hóa và chi phí tính toán trong bài toán phân loại lỗi bề mặt tấm pin năng lượng mặt trời. Bảng 4 tóm tắt kết quả:

Bảng 4. Kết quả đánh giá hiệu suất của các mô hình

Mô hình	Accuracy (%)	Precision	Recall	F1-score	Training time (min)	Params (M)
EfficientNet-B2	96,45	0,9646	0,9645	0,9645	33,95	7,70
ResNet-34	96,25	0,9628	0,9625	0,9625	23,30	21,29
ResNet-18	95,77	0,9585	0,9577	0,9576	38,54	11,18
ResNet-50	96,40	0,9641	0,9640	0,9639	25,33	23,51
VGG16	93,57	0,9372	0,9357	0,9356	33,21	40,94

Kết quả cho thấy EfficientNet-B2 đạt Accuracy, Precision, Recall và F1-Score cao nhất trong các mô hình thử nghiệm. Đáng chú ý, mô hình chỉ sử dụng 7,70 triệu tham số, thấp hơn nhiều so với ResNet-34, ResNet-

50 và đặc biệt VGG16 (~41 triệu tham số). Điều này chứng tỏ EfficientNet-B2 vừa phân loại hiệu quả vừa gọn nhẹ, phù hợp triển khai thực tế, đặc biệt khi cần xử lý nhanh và tài nguyên hạn chế.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã thành công trong việc xây dựng một quy trình tự động hóa phát hiện lỗi bề mặt trên tấm pin quang điện từ dữ liệu ảnh chụp bằng UAV/Drone, sử dụng kiến trúc học sâu EfficientNet-B2 sau quá trình tiền xử lý cắt chiết ảnh. Mô hình đã chứng minh được hiệu suất cao và ổn định, với độ chính xác (Accuracy) đạt 96,45% trên tập kiểm thử, cùng với các chỉ số Precision, Recall, và F1-Score đều đạt mức cân bằng tốt (~0,9645). Sự ổn định này được củng cố qua việc mô hình không gặp hiện tượng quá khớp và có tỷ lệ phân loại sai rất thấp trên ma trận nhầm lẫn. Việc lựa chọn EfficientNet-B2 đã tối ưu hóa sự cân bằng giữa độ chính xác và chi phí tính toán thấp (7,70 triệu tham số), chứng minh tính khả thi cao cho việc triển khai thực tế trong quy trình vận hành và bảo trì (O&M) các trang trại điện mặt trời quy mô lớn.

Tuy nhiên, mô hình vẫn gặp khó khăn khi xử lý các tấm pin có đặc điểm hình ảnh phức tạp, chẳng hạn như ảnh trong điều kiện ánh sáng yếu hoặc bề mặt bị hư hỏng nghiêm trọng. Điều này cho thấy mô hình vẫn cần được cải tiến để hoạt động tốt hơn trong các trường hợp khó phân loại. Để nâng cao hiệu quả trong các tình huống thực tế, cần tập trung vào một số hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Mở rộng dữ liệu huấn luyện: Thu thập thêm ảnh trong nhiều điều kiện khác nhau, bao gồm ánh sáng yếu, góc chụp không đồng đều và các dạng lỗi phức tạp. Điều này giúp mô hình tổng quát hóa tốt hơn và giảm nguy cơ phân loại sai.
- Phát hiện và phân loại đa lỗi: Mở rộng nghiên cứu sang các mô hình phân đoạn ngữ nghĩa hoặc phát hiện đối tượng để không chỉ phân loại mà còn xác định vị trí, kích thước và loại lỗi như vết nứt, bọt khí hay hotspots, thay vì chỉ phân loại nhị phân.
- Tích hợp dữ liệu đa phương thức: Kết hợp ảnh quang học với dữ liệu ảnh nhiệt để phát hiện các lỗi bên trong cấu trúc tế bào không nhìn thấy bằng mắt thường, tạo ra một giải pháp giám sát toàn diện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. IRENA. (2023). Solar Energy.
- [2]. Alhousni, F. K., Ismail, F. B., Okonkwo, P. C., Mohamed, H., Okonkwo, B. O., & Al-Shahri, O. A. (2022). A review of PV solar energy system operations and applications in Dhofar Oman. *AIMS Energy*, 10(4), 858–884.
- [3]. Pourasl, H. H., Barenji, R. V., & Khojastehnezhad, V. M. (2023). Solar energy status in the world: A comprehensive review. *Energy Reports*, 10, 3474–3493.
- [4]. Micheli, L., Jaffar Moideen, Ali, Y., Rivera, M., & Gernot Oreski. (2025). IEA PVPS TASK 13 -RELIABILITY AND PERFORMANCE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS Optimisation of Photovoltaic Systems for Different Climates Executive Summary.
- [5]. Kull, K., Asad, B., Khan, M. A., Naseer, M. U., Kallaste, A., & Vaimann, T. (2025). Faults, Failures, Reliability, and Predictive Maintenance of Grid-Connected Solar Systems: A Comprehensive Review. *Applied Sciences*, 15(21), 11461.
- [6]. Zefri, Y., ElKettani, A., Sebari, I., & Lamallam, S. A. (2018). Thermal Infrared and Visual Inspection of Photovoltaic Installations by UAV Photogrammetry-Application Case: Morocco. *Drones*, 2(4), 41.
- [7]. Duroha, J. C., & Macht, G. A. (2023). Solar installation occupational risks: A systematic review. *Safety Science*, 160, 106048.
- [8]. Pruthviraj, U., Kashyap, Y., Baxevanaki, E., & Kosmopoulos, P. (2023). Solar Photovoltaic Hotspot Inspection Using Unmanned Aerial Vehicle Thermal Images at a Solar Field in South India. *Remote Sensing*, 15(7), 1914.
- [9]. Barraz, Z., Sebari, I., Ait El Kadi, K., & Ait Abdelmoula, I. (2025). Towards a Holistic Approach for UAV-Based Large-Scale Photovoltaic Inspection: A Review on Deep Learning and Image Processing Techniques. *Technologies*, 13(3), 117.
- [10]. Sabati, A., Bayindir, R., & Rahebi, J. (2025). Photovoltaic Panels Fault Detection with Convolutional Neural Network and Bitterling Fish Optimization (BFO) Algorithm. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 18(1).

- [11]. Matusz-Kalász, D., Bodnár, I., & Jobbágy, M. (2025). An Overview of CNN-Based Image Analysis in Solar Cells, Photovoltaic Modules, and Power Plants. *Applied Sciences*, 15(10), 5511.
- [12]. Zaman, E. E., & Khanam, R. (2024). PV-faultNet: Optimized CNN Architecture to detect defects resulting efficient PV production.
- [13]. Di Tommaso, A., Betti, A., Fontanelli, G., & Michelozzi, B. (2022). A multi-stage model based on YOLOv3 for defect detection in PV panels based on IR and visible imaging by unmanned aerial vehicle. *Renewable Energy*, 193, 941-962.
- [14]. GBH-YOLOv5: Ghost Convolution with BottleneckCSP and Tiny Target Prediction Head Incorporating YOLOv5 for PV Panel Defect Detection. *Electronics*, 12(3).
- [15]. Dwivedi, D., Babu, K. V. S. M., Yemula, P. K., Chakraborty, P., & Pal, M. (2024). Identification of surface defects on solar PV panels and wind turbine blades using attention based deep learning model. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 131, 107836.
- [16]. Dunderdale, C., Brettenny, W., Clohessy, C., & van Dyk, E. E. (2020). Photovoltaic defect classification through thermal infrared imaging using a machine learning approach. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 28(3), 177-188.
- [17]. Su, B., Chen, H., & Zhou, Z. (2022). BAF-Detector: An Efficient CNN-Based Detector for Photovoltaic Cell Defect Detection. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(3), 3161-3171.
- [18]. Tan, M., & Le, Q. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks.
- [19]. Shah, D., Khan, M. A. U., Abrar, M., & Tahir, M. (2024). Optimizing Breast Cancer Detection With an Ensemble Deep Learning Approach. *International Journal of Intelligent Systems*, 2024(1).

Đánh giá rủi ro thi công kè biển bằng ANFIS: Nghiên cứu tại kè Xóm Rớ và Sa Huỳnh

Risk assessment of seawall construction using ANFIS: a research at Xom Ro and Sa Huynh seawalls

> NGUYỄN ĐÌNH CHỨC¹, NGUYỄN HỮU HUẾ², NGUYỄN VĂN SƠN^{2,*}

¹Công ty TNHH MTV 59; Email: chuc59@gmail.com

²Trường Đại học Thủy Lợi; *Email: sonnv@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Sự gia tăng xói lở bờ biển và biến động thủy hải văn tại khu vực miền Trung Việt Nam đã làm nổi bật nhu cầu phát triển các mô hình đánh giá rủi ro thi công công trình đê, kè biển có khả năng xử lý bất định và tính phi tuyến. Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng và kiểm nghiệm mô hình ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) nhằm định lượng rủi ro thi công tại hai công trình tiêu biểu: kè Xóm Rớ (Phước Yên cũ) và kè Sa Huỳnh (Quảng Ngãi cũ). Dựa trên phân tích hồ sơ thiết kế, dữ liệu địa hình - địa chất, nhật ký thi công và tham vấn chuyên gia, bảy nhóm yếu tố rủi ro chính được lựa chọn làm biến đầu vào. Các hàm thuộc dạng tam giác và Gaussian được thiết lập theo ba mức đánh giá, trong khi hệ luật IF-THEN được xây dựng dựa trên tri thức chuyên gia và hiệu chỉnh thông qua cơ chế học lai của ANFIS. Bộ dữ liệu thực nghiệm gồm 85 mẫu cho Xóm Rớ và 92 mẫu cho Sa Huỳnh, được chia thành tập huấn luyện và kiểm định theo tỷ lệ 70-30.

Kết quả cho thấy mô hình đạt độ chính xác cao trong dự báo chỉ số rủi ro tổng hợp, với $R^2 = 0,927$ và $RMSE = 0,61$ tại Xóm Rớ, và $R^2 = 0,894$ và $RMSE = 0,73$ tại Sa Huỳnh. Phân tích sâu hơn cho thấy các yếu tố nền móng, thời điểm thi công và kiểm soát vật liệu đóng vai trò chi phối trong kích hoạt các luật mờ, qua đó ảnh hưởng rõ rệt đến mức rủi ro dự báo. Mô hình cũng chứng minh được khả năng diễn giải mạnh mẽ thông qua truy vết các luật suy diễn, tạo thuận lợi cho việc phân tích nguyên nhân rủi ro và hỗ trợ ra quyết định tại hiện trường.

Từ khóa: ANFIS, rủi ro trong xây dựng, học máy, luật mờ.

ABSTRACT

Coastal erosion and increasing hydro-meteorological variability in Central Vietnam have highlighted the need for advanced risk assessment models capable of handling uncertainty and nonlinear interactions during the construction of coastal revetments. This study develops and validates an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to quantify construction risks for two representative projects: the Xom Ro revetment and the Sa Huynh revetment. Based on design documents, geotechnical and hydrological data, construction logs, and expert consultation, seven primary risk factors were selected as model inputs. Triangular and Gaussian membership functions were formulated across three rating levels, while the initial IF-THEN rule base derived from expert knowledge was optimized using ANFIS's hybrid learning algorithm. Experimental datasets comprising 85 samples for Xom Ro and 92 samples for Sa Huynh were split into training and validation sets using a 70-30 ratio.

The results indicate that the model achieves high predictive accuracy, with $R^2 = 0.927$ and $RMSE = 0.61$ for Xom Ro, and $R^2 = 0.894$ and $RMSE = 0.73$ for Sa Huynh. Further analysis reveals that foundation conditions, construction timing, and material quality control are the most influential variables, frequently activated in high-impact fuzzy rules and significantly shaping predicted risk levels. The model also demonstrates strong interpretability through rule-based traceability, supporting post-event analysis and on-site decision-making.

Keywords: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), construction risk assessment, fuzzy logic, machine learning.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong những năm gần đây, tình trạng xói lở bờ biển và tác động của biến đổi khí hậu đã đặt ra những thách thức nghiêm trọng đối với việc thi công và vận hành các công trình đê, kè biển tại khu vực ven biển miền Trung Việt Nam. Các yếu tố bất định như điều kiện

thủy hải văn, đặc điểm nền móng yếu, và biến động thời tiết cực đoan làm gia tăng rủi ro trong quá trình thi công, đặc biệt trong giai đoạn mùa mưa bão. Để đảm bảo hiệu quả đầu tư và an toàn thi công, cần thiết phải có một phương pháp đánh giá rủi ro có khả năng xử lý các yếu tố định tính, phi tuyến và không chắc chắn.

Trong lĩnh vực kỹ thuật xây dựng và thủy lợi, việc áp dụng các mô hình học máy và hệ thống suy diễn mờ để đánh giá rủi ro đã được nghiên cứu và chứng minh có hiệu quả. Trong đó, mô hình ANFIS nổi bật nhờ khả năng kết hợp linh hoạt giữa lý thuyết mờ và mạng nơ-ron nhân tạo. Mô hình này vừa có khả năng học từ dữ liệu, vừa có khả năng giải thích được quá trình suy luận thông qua hệ luật IF-THEN, điều mà nhiều mô hình học sâu không đáp ứng được.

Tại Việt Nam, hầu hết các nghiên cứu đánh giá rủi ro thi công công trình đề cập đến việc dừng lại ở mức định tính hoặc xây dựng ma trận rủi ro truyền thống, thiếu các công cụ phân tích dựa trên trí tuệ nhân tạo. Bên cạnh đó, các mô hình học máy hiện tại lại thiếu tính giải thích, gây khó khăn trong việc chuyển giao và áp dụng thực tiễn.

Trong thực tiễn, mức độ bất định không chỉ xuất hiện ở các dự án quy mô rất lớn mà còn xuất hiện ở các hạng mục công trình biển có quy mô vừa và nhỏ, do biến động thủy hải văn theo mùa, nền yếu không đồng nhất theo đoạn, và điều kiện tổ chức thi công chịu ràng buộc thời tiết.

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất phương pháp xây dựng và kiểm nghiệm mô hình ANFIS nhằm đánh giá rủi ro thi công công trình kè biển. Mô hình được thiết kế riêng cho hai công trình điển hình tại miền Trung Việt Nam là kè Xóm Rớ và kè Sa Huỳnh, sử dụng dữ liệu thực tế từ hồ sơ thiết kế và điều kiện thi công. Trên cơ sở đó, mô hình được huấn luyện với tập luật mờ và các hàm thuộc phù hợp với điều kiện kỹ thuật địa phương, từ đó kiểm nghiệm độ chính xác và khả năng ứng dụng thực tiễn trong công tác quản lý thi công.

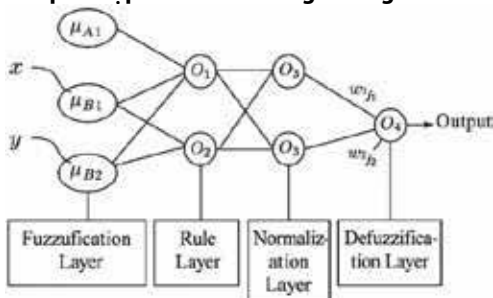
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Tổng quan mô hình ANFIS

ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) lần đầu được giới thiệu bởi Jang [1] nhằm kết hợp khả năng học của mạng nơ-ron nhân tạo với tính minh bạch của hệ luật mờ. Mục đích của ANFIS là xây dựng một hệ thống suy diễn mờ thích nghi, có chức năng xấp xỉ quan hệ phi tuyến giữa các biến đầu vào - đầu ra thông qua việc tự động điều chỉnh các tham số. Về nguyên lý, mô hình ANFIS gồm 5 lớp tính toán tương ứng với các bước fuzzification, áp dụng luật mờ, chuẩn hóa và tính toán đầu ra cuối cùng; các tham số của hàm thuộc mờ được huấn luyện tự động bằng thuật toán lai kết hợp backpropagation và least squares [1].

Trong quản lý xây dựng, ANFIS đã được ứng dụng để lượng hóa các hiện tượng khó mô hình hóa tuyến tính và chịu tác động của nhiều yếu tố bất định. Naji, Gunduz và Naser áp dụng ANFIS để đánh giá hiệu quả quản lý lệnh thay đổi (change order management) ở dự án xây dựng [2]. Ebrat và Ghodsi thực nghiệm sử dụng ANFIS để xây dựng chỉ số rủi ro tổng hợp từ các yếu tố đầu vào [3]. Khác với các mạng nơ-ron truyền thống vốn hoạt động như “hộp đen”, ANFIS cho phép theo dõi toàn bộ quá trình suy luận, đồng thời dễ dàng tích hợp kinh nghiệm của chuyên gia thông qua các luật mờ ban đầu. Điều này đặc biệt phù hợp với lĩnh vực xây dựng và thủy lợi, nơi có nhiều biến định tính và yếu tố bất định.

2.2. Tính phù hợp của ANFIS trong đánh giá rủi ro thi công



Hình 1. Cấu trúc mô hình ANFIS

Trong quá trình thi công các công trình kè biển, rủi ro có thể phát sinh từ nhiều nguồn, bao gồm điều kiện nền móng yếu, sóng lớn bất thường, sai sót trong thi công hoặc thiếu kiểm soát chất lượng. Những yếu tố này thường khó đo lường trực tiếp và đôi khi chỉ có thể đánh giá dựa trên kinh nghiệm chuyên gia. Do đó, việc sử dụng một mô hình có khả năng xử lý dữ liệu mờ và tích hợp tri thức con người trở nên hết sức cần thiết.

3. QUY TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quy trình nghiên cứu của bài báo được thiết kế gồm 6 bước chính, như minh họa trong Hình 2:

Bước 1: Lựa chọn công trình điển hình. Hai công trình được chọn là kè Xóm Rớ và kè Sa Huỳnh, với đầy đủ hồ sơ thiết kế kỹ thuật, thuyết minh tính toán, và dữ liệu địa chất, sóng gió, tổ chức thi công.

Bước 2: Xây dựng bộ chỉ tiêu đầu vào. Dựa trên tổng hợp từ tài liệu thiết kế và tham khảo chuyên gia, nhóm tác giả xác định 7 yếu tố rủi ro chính làm biến đầu vào mô hình, dựa trên phân tích hồ sơ thiết kế và tham vấn chuyên gia. Bảy biến này đại diện cho các nhóm rủi ro quan trọng trong thi công kè biển (yếu tố tự nhiên, kỹ thuật, quản lý), phù hợp với các nghiên cứu trước về rủi ro thi công [4]. Các yếu tố được chọn bao gồm: điều kiện thủy hải văn (W), nền móng (G), chất lượng vật liệu (M), năng lực nhà thầu (C), thời điểm thi công (S), kiểm soát chất lượng (P) và an toàn lao động/môi trường (H).

Bước 3: Thiết kế hàm thuộc mờ. Các hàm thuộc được xây dựng dưới dạng tam giác hoặc hàm Gauss, với 3 mức đánh giá: tốt, trung bình, kém. Các ngưỡng được xác định bằng thống kê kỹ thuật và phỏng vấn chuyên gia. Các hàm thuộc mờ được thiết kế nhằm chuyển đổi giá trị định lượng/định tính của biến đầu vào sang mức độ ngôn ngữ tương ứng. Nhờ đó, mỗi biến đầu vào được biểu diễn dưới dạng tập mờ, phục vụ cho việc suy luận trong hệ thống IF-THEN của mô hình.

Bước 4: Xây dựng tập luật IF-THEN. Tập luật mờ ban đầu được xây dựng từ chuyên gia và kỹ sư quản lý dự án, sau đó được huấn luyện lại bằng thuật toán học để cập nhật trọng số.

Bước 5: Huấn luyện mô hình ANFIS. Dữ liệu thực tế từ 2 công trình được chia thành tập huấn luyện và kiểm thử. Phần mềm sử dụng là MATLAB R2021b và scikit-fuzzy (Python) để kiểm tra độc lập.

Bước 6: Đánh giá và kiểm nghiệm. Mô hình được đánh giá bằng các chỉ tiêu R^2 , MSE, MAE và khả năng giải thích kết quả.



Hình 2. Quy trình xây dựng và kiểm nghiệm mô hình ANFIS đánh giá rủi ro

Phương pháp nghiên cứu được thiết kế nhằm xây dựng và kiểm nghiệm mô hình ANFIS đánh giá rủi ro thi công công trình kè biển, dựa trên dữ liệu thực tế thu thập từ hai công trình đại diện tại khu vực miền Trung Việt Nam là kè Xóm Rớ và kè Sa Huỳnh.

- Kè Xóm Rớ (giai đoạn 3) dài 885 m, có đặc điểm địa hình ven biển đô thị, nền yếu, thi công trong điều kiện gió mùa phức tạp [6].
- Kè Sa Huỳnh dài 960 m, tuyến ven biển hở, chịu ảnh hưởng sóng mạnh, nền có lớp bùn - cát pha dày [7].

Dữ liệu được trích xuất từ hồ sơ thiết kế kỹ thuật, thuyết minh cơ sở và tính toán, biện pháp thi công, bản đồ địa hình - địa chất, nhật ký thi công, cũng như khảo sát ý kiến chuyên gia và kỹ sư quản lý. Dựa trên phân tích tài liệu và phỏng vấn chuyên gia, 7 biến đầu vào có ảnh hưởng chính đến rủi ro thi công được xác định ở trên (W, G, M, C, S, P, H).

Sau khi xác định các biến đầu vào, bước tiếp theo là thiết lập các hàm thuộc mờ tương ứng cho từng biến. Mỗi biến được chuẩn hóa về đơn vị hoặc mã hóa định tính (ví dụ: “mạnh”, “trung bình”, “yếu”) theo thang đánh giá 3 mức để phục vụ thiết kế hàm thuộc mờ.

Các hàm thuộc được xây dựng theo dạng tam giác (triangular) và hàm Gauss (Gaussian), với 3 mức: *Tốt - Trung bình - Kém* hoặc *Thấp - Trung - Cao*. Việc lựa chọn dạng hàm thuộc dựa trên tính chất biến:

- Với biến định lượng (như chiều cao sóng, hệ số ổn định mái), sử dụng hàm Gauss.
- Với biến định tính (như năng lực nhà thầu, mức giám sát), sử dụng tam giác.

Các ngưỡng được xác định dựa trên thống kê kỹ thuật từ hồ sơ và kết hợp với bảng đánh giá chuyên gia (n=7 chuyên gia thuộc 3 tỉnh miền Trung).

Tập luật mờ IF-THEN ban đầu được xây dựng thủ công theo nhận định và kinh nghiệm của chuyên gia, trong đó mỗi luật đại diện cho một tình huống tổ hợp giữa các mức độ rủi ro của từng biến. Tổng số luật được giới hạn ở 15–30 luật đại diện nhằm giảm khối lượng phân tích mà vẫn đảm bảo độ tin cậy.

Ví dụ một luật tiêu biểu: IF *W is Bad* AND *G is Weak* AND *C is Poor* THEN *Risk is High*

Hoặc: IF *S is High* AND *G is Weak* AND *M is Poor* THEN *Risk is Very High*.

Luật trên được hình thành dựa trên kinh nghiệm chuyên gia, tương ứng với tình huống nhiều điều kiện bất lợi xảy ra đồng thời (sóng to, nền móng yếu, nhà thầu kém), dẫn đến rủi ro thi công rất cao. Quy tắc này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây khi chỉ ra nền móng yếu và năng lực nhà thầu thấp sẽ làm tăng xác suất sự cố trong thi công [2].

Mô hình ANFIS được xây dựng cho từng công trình với cấu trúc đầu vào 7 biến và đầu ra là chỉ số rủi ro tổng hợp, chuẩn hóa trên thang điểm từ 0 (rất an toàn) đến 10 (rủi ro cực cao). Thang điểm 10 được lựa chọn nhằm thuận tiện cho việc đánh giá: 0 tương ứng với trạng thái an toàn tuyệt đối và 10 là rủi ro cực cao. Cách chuẩn hóa này giúp định lượng mức độ rủi ro một cách trực quan và đã được sử dụng trong một số nghiên cứu quản lý rủi ro trước đây [5].

Việc huấn luyện mô hình được thực hiện trên phần mềm MATLAB R2021b, sử dụng thuật toán hybrid (kết hợp backpropagation và least squares) để tối ưu tham số. Bộ dữ liệu của mỗi công trình được chia theo tỉ lệ 70% huấn luyện - 30% kiểm định, nhằm đảm bảo đủ dữ liệu kiểm tra độc lập.

Một mẫu được hiểu là một tổ hợp (đoạn tuyến i, ca thi công t) với đầy đủ: (W,G,M,C,S,P,H) và chỉ số rủi ro thực tế tương ứng.

Xóm Rô: 85 mẫu = 17 đoạn $\times$ 5 tuần, sau khi loại bỏ thiếu dữ liệu.

Sa Huỳnh: 92 mẫu = 23 đoạn $\times$ 4 tuần.

Hiệu quả mô hình được đánh giá qua các chỉ số sai số dự báo như RMSE, MAE và hệ số xác định R^2 . (Số lượng luật mờ cho mỗi mô hình: 27 luật (3 mức $\times$ 3 biến chọn lọc có ảnh hưởng mạnh nhất); Số epoch tối đa: 100, sai số hội tụ đặt ngưỡng 0.01).

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình ANFIS được huấn luyện xong sẽ đưa ra dự báo chỉ số rủi ro cho từng trường hợp thi công cụ thể. Để đánh giá độ chính xác, nhóm tác giả đã so sánh các giá trị dự báo của mô hình với chỉ số rủi ro thực tế thu thập được (từ hồ sơ thi công hoặc đánh giá hiện trường).

Chỉ số rủi ro thực tế được xây dựng từ ba cấu phần: (i) sự cố liên quan đến an toàn và chất lượng; (ii) gián đoạn thi công tính theo ngày hoặc ca và (iii) khối lượng phải làm lại (%). Mỗi cấu phần được chuẩn hóa về thang 0–10 bằng phương pháp min–max theo từng công trình, sau đó tổng hợp thành một chỉ số rủi ro thực tế (0–10) dưới dạng trung bình có trọng số bằng phương pháp Delphi.

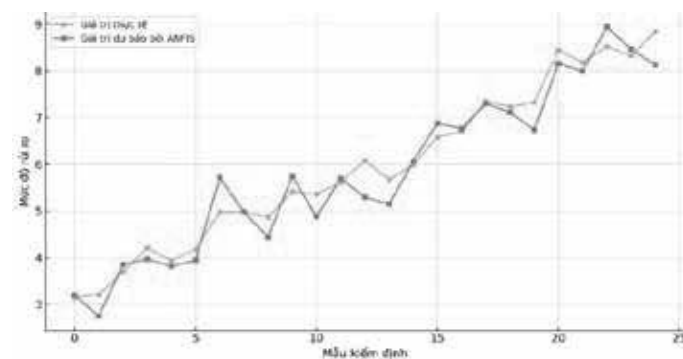
Kết quả cụ thể cho thấy:

4.1. Mô hình ANFIS cho công trình kè Xóm Rô

Công trình kè Xóm Rô được thi công trong điều kiện đô thị ven biển, có nền yếu và chịu tác động gió mùa Đông Bắc mạnh. Dữ liệu từ hồ sơ thiết kế và nhật ký thi công cho thấy các nguy cơ rủi ro tập trung ở nền đất yếu, thời điểm thi công kéo dài qua mùa mưa (tháng 9–12), và hạn chế trong kiểm soát vật liệu rọ đá đầu kỳ.

- Số mẫu dữ liệu: 85 (60 huấn luyện, 25 kiểm định)
- R^2 trên tập kiểm định: 0.927;
- RMSE: 0.61;
- MAE: 0.48

Mô hình phản ánh tốt mối quan hệ giữa thời điểm thi công, điều kiện nền và chất lượng vật liệu với mức rủi ro tổng hợp. Biểu đồ Hình 3 minh họa sai số giữa giá trị thực tế và giá trị mô hình dự báo.

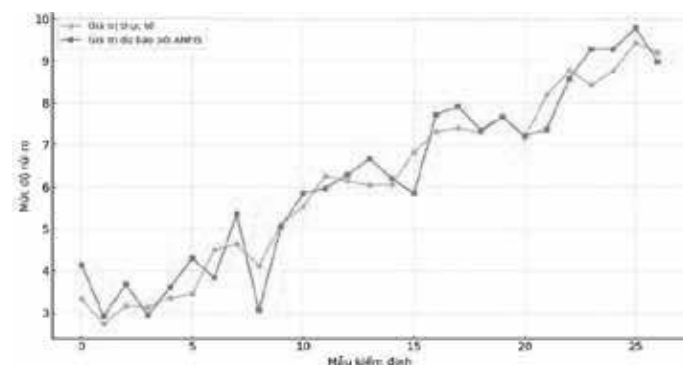


Hình 3. So sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình ANFIS kè Xóm Rô

4.2. Mô hình ANFIS cho công trình kè Sa Huỳnh

Công trình kè Sa Huỳnh nằm ven biển hở, nền địa chất pha bùn - cát yếu, thường chịu tác động của sóng lớn. Dữ liệu cho thấy rủi ro gia tăng khi sóng > 2.5 m kết hợp với thi công không đồng bộ các phân đoạn.

- Số mẫu dữ liệu: 92 (65 huấn luyện, 27 kiểm định)
- R^2 trên tập kiểm định: 0.894;
- RMSE: 0.73;
- MAE: 0.55



Hình 4. So sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình ANFIS kè Sa Huỳnh

Kết quả cho thấy mô hình có khả năng dự báo rủi ro khá tốt, đặc biệt trong các tình huống kết hợp nhiều yếu tố bất lợi như nền yếu + sóng lớn + giám sát kém.

4.3. Hiệu quả mô hình ANFIS trong đánh giá rủi ro thi công

Kết quả huấn luyện và kiểm định mô hình ANFIS cho hai công trình cho thấy mô hình có khả năng dự báo rủi ro thi công với độ chính xác cao trong điều kiện dữ liệu thực tế. Tại công trình kè Xóm Rớ, hệ số xác định R^2 đạt 0.927, RMSE = 0.61, phản ánh khả năng khái quát hóa của mô hình trong điều kiện địa hình ven đô thị và chu kỳ sóng rõ ràng. Mô hình tại Sa Huỳnh, với $R^2 = 0.894$ và RMSE = 0.73, vẫn giữ được mức chính xác tốt, dù điều kiện thủy văn và nền móng tại khu vực này phức tạp hơn và biến động lớn hơn theo mùa.

So sánh giữa hai công trình cho thấy các yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến rủi ro gồm: (i) điều kiện nền móng (G), (ii) thời điểm thi công (S), và (iii) công tác kiểm soát vật liệu (M). Đây là ba yếu tố xuất hiện thường xuyên trong các luật IF-THEN có mức kích hoạt cao nhất. Ví dụ, tại Sa Huỳnh, khi G is *Weak* và S is *High* thì kết quả dự báo rủi ro vượt ngưỡng 8.0 điểm, cho thấy nguy cơ xảy ra sự cố thi công đáng kể. Ví dụ, tại Sa Huỳnh, khi nền móng yếu (G = yếu) và thời điểm thi công không thuận lợi (S = cao), mô hình dự báo chỉ số rủi ro lên tới >8.0 điểm, trong khi nếu hai yếu tố này ở mức trung bình thì chỉ số rủi ro giảm xuống khoảng 6.5 điểm. Điều này cho thấy rõ ràng tác động làm tăng rủi ro của nền móng yếu và thời điểm thi công không thích hợp. Tương tự, khi chất lượng vật liệu kém (M ở mức kém), chỉ số rủi ro tăng thêm khoảng 1-2 điểm so với trường hợp vật liệu đạt yêu cầu. Hoặc trong 10 luật mờ có mức kích hoạt cao nhất của mỗi mô hình, yếu tố nền móng (G) xuất hiện trong 7 luật, thời điểm thi công (S) xuất hiện trong 5 luật, và kiểm soát vật liệu (M) xuất hiện trong 4 luật, nhiều hơn hẳn so với các yếu tố khác.

4.4. Khả năng giải thích và ứng dụng mô hình

Một trong những ưu điểm nổi bật của ANFIS so với các mô hình học máy khác là khả năng giải thích kết quả dự báo thông qua hệ thống luật suy diễn mờ. Khi đối chiếu kết quả mô hình với diễn biến thực tế tại công trình (theo nhật ký thi công), mô hình có thể truy vết lại các tình huống rủi ro cao, ví dụ như đợt sóng lớn kết hợp với thiếu vôi địa kỹ thuật tại đoạn 2-3 kè Xóm Rớ. Điều này mang lại giá trị lớn trong công tác phân tích sau sự cố, lập kế hoạch thi công thích ứng, và hỗ trợ ra quyết định cho chủ đầu tư và tư vấn giám sát.

ANFIS phù hợp khi (i) có dữ liệu lịch sử đủ để huấn luyện - kiểm định; (ii) tồn tại bất định đáng kể ở một số nhóm biến (thủy hải văn, nền móng, kiểm soát chất lượng thi công); (iii) cần khả năng diễn giải bằng luật IF-THEN cho mục đích ra quyết định. Với công trình quy mô nhỏ nhưng chịu tác động thời tiết rõ rệt, ANFIS vẫn hữu ích để chuẩn hóa rủi ro theo đoạn tuyến thi công, thay vì theo 'quy mô dự án' thuần túy."

Ngoài ra, mô hình ANFIS cho phép cập nhật dần các luật suy diễn khi có thêm dữ liệu từ các công trình mới, giúp xây dựng cơ sở tri thức ngành có thể mở rộng. Việc gắn kết mô hình với hệ thống bản đồ GIS hoặc dashboard dự báo sẽ tạo thành công cụ hỗ trợ cảnh báo rủi ro thi công ven biển, đặc biệt hữu ích trong giai đoạn mùa mưa bão hoặc khi nguồn lực thi công hạn chế.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã xây dựng thành công hai mô hình ANFIS độc lập để đánh giá rủi ro thi công công trình kè biển tại hai khu vực điển hình của miền Trung Việt Nam là kè Xóm Rớ và kè Sa Huỳnh. Trên cơ sở các biến đầu vào được chọn lọc từ hồ sơ kỹ thuật và đánh giá của chuyên gia, mô hình cho thấy khả năng dự báo rủi ro với độ chính xác cao (R^2 đạt từ 0.89 đến 0.93), trong khi vẫn đảm bảo khả năng diễn giải thông qua hệ thống luật suy diễn mờ.

Kết quả kiểm nghiệm thực nghiệm cho thấy mô hình ANFIS phản ánh hiệu quả các yếu tố rủi ro đặc thù của từng công trình, đặc biệt trong điều kiện thi công phức tạp như sóng lớn, nền yếu và thời điểm thi công không thuận lợi. Mô hình không chỉ có giá trị trong

đánh giá định kỳ trước thi công mà còn có tiềm năng ứng dụng vào hệ thống cảnh báo sớm và quản lý rủi ro chủ động tại công trường.

Từ các kết quả đạt được, nghiên cứu kiến nghị:

1. Cần tiếp tục mở rộng mô hình sang các công trình đê, kè biển khác trong khu vực để tăng cường khả năng tổng quát và xây dựng bộ tiêu chí chung cho thi công ven biển.

2. Tích hợp mô hình ANFIS với hệ thống GIS và nền tảng hỗ trợ ra quyết định nhằm phục vụ hiệu quả cho công tác chỉ đạo thi công và lập phương án hộ đê.

3. Đưa mô hình vào ứng dụng thử nghiệm trong các Ban quản lý dự án và Sở NN&MT tại các tỉnh ven biển để hiệu chỉnh phù hợp với điều kiện vận hành thực tiễn.

4. Áp dụng tốt cho: công trình tuyến ven biển chịu mùa vụ rõ; có nhật ký, biên bản chi tiết; cần công cụ dự báo-cảnh báo theo ca, tuần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J.-S. R. Jang, "ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. 23, no. 3, pp. 665-685, 1993.
- [2]. K. K. Naji, M. Gunduz, and A. F. Naser, "An Adaptive Neurofuzzy Inference System for the Assessment of Change Order Management Performance in Construction," Journal of Management in Engineering, vol. 38, no. 2, p. 04021098, 2022.
- [3]. M. Ebrat and R. Ghodsi, "Construction Project Risk Assessment by Using Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System: An Empirical Study," KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 18, no. 5, pp. 1213-1227, 2014.
- [4]. Nguyễn Văn Sơn, Nguyễn Đình Chức, Nguyễn Hữu Huế, Lê Xuân Thắng, "Đánh giá tính khả thi khi sử dụng trí tuệ nhân tạo kết hợp với lý thuyết mờ để phân tích, đánh giá rủi ro trong quá trình thi công đê kè biển ở Việt Nam", Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, 2025.
- [5]. Jannadi, O. A., & Almishari, S. (2003). "Risk assessment in construction." Journal of Construction Engineering and Management, 129(5), 492-500.
- [6]. Hồ sơ thiết kế Bản vẽ thi công, nhật ký thi công công trình kè Xóm Rớ, Phú Yên.
- [7]. Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công, nhật ký thi công công trình kè Sa Huỳnh, Quảng Ngãi.

Nghiên cứu thuật toán DUBINS trong khâu ra quyết định cho bài toán tự động tránh va tàu không người lái USV (Unmanned Surface vessels)

Research on the DUBINS Path for the decision-making stage in the automatic collision avoidance problem of Unmanned Surface Vessels (USVs)

> THS LÊ TUẤN SƠN*, THS NGUYỄN ANH TUẤN, THS LÊ QUANG VINH

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: sonlt.hh@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất giải pháp ứng dụng thuật toán DUBINS để giải quyết bài toán tự động tránh va chạm cho tàu không người lái USV trong khâu đưa ra quyết định bằng cách thay đổi hướng đi của một trong hai tàu. Phương pháp này được chia thành 3 giai đoạn: Xác định điểm tiếp cận an toàn dựa trên mô hình chuyển động thẳng đều, tính toán quỹ đạo tối ưu theo đường cong Dubins có xét đến các ràng buộc kỹ thuật về bán kính vòng quay trở tối thiểu và hiệu chỉnh quỹ đạo thông qua tối ưu hóa vận tốc để đảm bảo khớp thời gian thực hiện. Kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán duy trì được khoảng cách an toàn với sai số dưới 1% trong đa số tình huống, đồng thời hỗ trợ linh hoạt cả hai phương án chuyển hướng sang trái (LSR) và sang phải (RSL). Nghiên cứu khẳng định tính khả thi của việc tích hợp thuật toán này vào hệ thống điều khiển tự động của tàu thủy nhằm nâng cao an toàn hàng hải và hiệu quả vận hành.

Từ khóa: Tàu không người lái USV; thuật toán Dubins; bài toán tự động tránh va; điểm tiếp cận an toàn; chiến lược; bán kính vòng quay trở tối thiểu.

ABSTRACT

This paper proposes a solution applying the DUBINS Path to address the problem of autonomous collision avoidance for Unmanned Surface Vessels (USVs) in the decision-making phase by altering the course of one of the vessels. The method is divided into three stages: Identifying the safe approach point based on a uniform rectilinear motion model, calculating the optimal trajectory using Dubins curves while accounting for technical constraints on the minimum turning radius and adjusting the trajectory through velocity optimization to ensure synchronized maneuver execution time. Simulation results demonstrate that the algorithm maintains a safe distance with an error of less than 1% in most scenarios, while flexibly supporting both left-turn (LSR) and right-turn (RSL) avoidance strategies. The research confirms the feasibility of integrating this algorithm into the autonomous control systems of marine vessels to enhance maritime safety and operational efficiency.

Keywords: Unmanned Surface Vessel (USV); Dubins Path; autonomous collision avoidance problem; safe approach point; strategy; minimum turning radius.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành Hàng hải toàn cầu đang bước vào kỷ nguyên hàng hải thông minh (Smart Shipping) và tàu tự hành (Autonomous Ship). Trong đó, tàu mặt nước không người lái USV (Unmanned surface vessels) là một trong những bước đệm quan trọng để tiến tới việc khai thác tàu không người lái quy mô lớn. Việc vận hành USV có

thể thay thế con người trong những nhiệm vụ nguy hiểm: Tuần tra vùng biển, dò mìn, khảo sát trong điều kiện sóng gió mạnh, khu vực ô nhiễm, băng giá hoặc có nguy cơ cháy nổ. Nhờ đó, USV góp phần giảm thiểu thương vong và nâng cao an toàn. USV cũng được coi là một công cụ chiến lược trong quân sự: Tuần tra, do thám, tác chiến điện tử, chống ngầm, hộ tống hoặc tấn công cảm tử. Đây là

xu thế mà các cường quốc hàng hải (Mỹ, Trung Quốc, Nhật Bản, Na Uy...) đang đẩy mạnh phát triển. Do đó, việc nghiên cứu USV đang là xu hướng phát triển trong bối cảnh toàn cầu hóa, tự động hóa hiện nay.

Tuy nhiên, một trong những thách thức cốt lõi để USV có thể hoạt động hiệu quả là khả năng tự động ra quyết định an toàn khi gặp nguy cơ va chạm với tàu khác khi mà việc điều khiển từ xa thông qua các trung tâm điều khiển trên bờ không đảm bảo độ tin cậy do nguy cơ mất kết nối, gián đoạn hay bị trễ trong các kênh thông tin, dữ liệu và điều khiển được truyền đi. Bên cạnh đó, trong thực tiễn vận hành tàu không người lái, phần lớn các chức năng điều khiển được đảm nhiệm bởi Hệ thống điều hướng tự động (Autonomous Navigation System-ANS) [1, 2, 3]. Chính ANS là hệ thống đảm nhận việc xây dựng quỹ đạo chuyển động của tàu, đưa ra các hiệu chỉnh điều khiển cho hệ thống giữ hướng và tốc độ, dựa vào tình hình hàng hải xung quanh và các lệnh được truyền đi từ trung tâm điều khiển trên bờ. Như vậy, trách nhiệm phát hiện và phòng tránh va chạm với các tàu khác - dù ở mức độ toàn phần hay từng phần cần phải được tích hợp vào chức năng của ANS.

Để giải quyết bài toán này cần mô hình hóa quỹ đạo tránh va chạm có xét đến ràng buộc điều khiển và đặc tính động lực học của thuật toán Dubins, vốn mô tả đường đi ngắn nhất của một phương tiện có bán kính quay giới hạn, là công cụ toán học phù hợp. Nghiên cứu này tìm hiểu cơ sở toán học và thuật toán dựa trên mô hình Dubins, nhằm nâng cao khả năng đánh giá nguy cơ va chạm và tối ưu hóa quỹ đạo tránh va chạm cho USV, đảm bảo hiệu quả và an toàn hàng hải. Bản chất của bài toán này chủ yếu mang tính hình học. Tuy nhiên, điều quan trọng cần lưu ý là tàu thủy là một đối tượng động học có đặc tính điều khiển bị giới hạn - sự thay đổi hướng đi diễn ra có quán tính và quỹ đạo chuyển động trong quá trình thay đổi này cũng có khả năng tiềm ẩn nguy cơ. Công cụ toán học để xây dựng các quỹ đạo như vậy, có xét đến các ràng buộc điều khiển, có thể được mô hình hóa dưới dạng bài toán Dubins và đã được các tác giả trước đó nghiên cứu trong một số công trình [4, 5].

2. XÂY DỰNG BÀI TOÁN

Trong các nghiên cứu [6, 7], nhiều thuật toán khác nhau đã được đề xuất để giải quyết bài toán này. Tuy nhiên, điểm chung của các phương pháp đó là quy trình trong khâu đưa ra quyết định cho bài toán tránh va chạm bao gồm 3 bước chính sau:

- Phân tích tình huống hàng hải xung quanh, bao gồm đánh giá vị trí tương đối và các thông số chuyển động tương đối giữa các tàu;
- Phát hiện sự xuất hiện của tình huống tiếp cận nguy hiểm;
- Lựa chọn phương án tránh va chạm phù hợp với mức độ nguy hiểm của tình huống đang diễn ra.

Trong bài báo này, trên cơ sở một chiến lược tương tự, tác giả đề xuất một thuật toán cơ động trong khâu ra quyết định cho bài toán tránh va chạm giữa hai tàu, với đặc điểm nổi bật là xây dựng quỹ đạo chuyển động tối ưu theo thời gian để đưa tàu đến "một điểm gặp an toàn" với tàu đang tiếp cận. Trong đó, giả định rằng các tàu di chuyển trên mặt phẳng nằm ngang, chịu ràng buộc về tốc độ góc quay và chuyển động của chúng trên mặt phẳng tọa độ X_0Y được mô tả bằng hệ phương trình vi phân có dạng:

$$\begin{aligned} \dot{x}'(t) &= V_x = V(t) \sin \varphi(t) \\ \dot{y}'(t) &= V_y = V(t) \cos \varphi(t) \\ \dot{\varphi}'(t) &= u(t) \end{aligned} \quad (1)$$

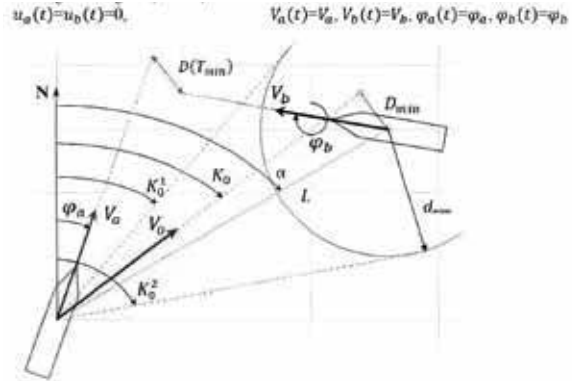
Với:

$$u(t) \in [-U_{max}, 0, +U_{max}], \quad x(t_0) = x_0, y(t_0) = y_0, \varphi(t_0) = \varphi_0, V(t_0) = V_{t0}$$

Trong đó: $x(t), y(t)$ - Tọa độ trọng tâm tàu trong hệ tọa độ cố định; $\varphi(t)$ - Góc hướng đi (heading angle) của tàu so với trục tọa độ cố định; $V(t)$ - Vận tốc tuyến tính của tàu tại thời điểm t ; $w(t)$ - Tín hiệu điều khiển vô hướng, tỷ lệ với tốc độ góc quay của tàu;

$u(t) \in [-U_{max}, 0, U_{max}]$ - Giới hạn điều khiển, thể hiện khả năng quay tối đa sang trái/phải hoặc không quay.

Ta xét hai đối tượng (tàu A và tàu B), trong đó chuyển động của mỗi tàu được mô tả bằng hệ phương trình vi phân (1). Ở giai đoạn đầu của việc giải bài toán, chúng ta giả định rằng cả hai tàu đều di chuyển theo quỹ đạo thẳng với tốc độ và hướng đi không đổi (Hình 1):



Hình 1. Tình huống tiếp cận của hai tàu di chuyển với tốc độ và góc hướng không đổi. Khi đó, hình chiếu chuyển động tương đối của hai tàu lên các trục tọa độ có thể được biểu diễn như sau:

$$\Delta x(t) = x_B(t) - x_A(t) = (x_{B0} + V_{Bx}t) - (x_{A0} + V_{Ax}t)$$

$$\Delta y(t) = y_B(t) - y_A(t) = (y_{B0} + V_{By}t) - (y_{A0} + V_{Ay}t)$$

$$\text{Sau khi rút gọn, ta có: } \Delta x(t) = \Delta x_0 - V_{Ax}t, \quad \Delta y(t) = \Delta y_0 - V_{Ay}t.$$

Trong đó: $V_{Ax} = V_A \sin \varphi_A - V_B \sin \varphi_B$, $V_{Ay} = V_A \cos \varphi_A - V_B \cos \varphi_B$ đại diện cho các hình chiếu lên trục X và Y của vector vận tốc tương đối của tàu A so với tàu B.

Khoảng cách giữa hai tàu theo thời gian được tính theo biểu thức:

$$D(t) = \sqrt{\Delta x(t)^2 + \Delta y(t)^2} \quad (2)$$

Lấy (2) đạo hàm theo thời gian ta được:

$$D'(t) = \frac{[\Delta x_0 - V_{Ax}t][(-V_{Ax})] + [\Delta y_0 - V_{Ay}t][(-V_{Ay})]}{D(t)}$$

Cho $D'(t) = 0$ để tìm thời điểm mà khoảng cách giữa hai tàu đang tiến lại gần nhau là nhỏ nhất, ta được:

$$T_{min} = \frac{\Delta x_0 V_{Ax} + \Delta y_0 V_{Ay}}{V_0^2} \quad (3)$$

Với: $V_0 = \sqrt{V_{Ax}^2 + V_{Ay}^2}$ là giá trị tuyệt đối của vector vận tốc tương đối của tàu A đang di chuyển hướng về tàu B với góc hướng tương đối:

$$K_0 = \tan^{-1} \left(\frac{V_{Ax}}{V_{Ay}} \right)$$

Từ (3), có thể thấy rằng nếu $T_{min} < 0$, có thể dừng việc thực hiện tiếp các thuật toán tránh va chạm. Tuy nhiên, cũng có thể xét điều kiện này dưới một hình thức khác. Nếu giả định biết được khoảng cách ban đầu L và góc phương vị từ tàu A đến tàu B, thì theo Hình 1, ta có:

$$\Delta x_0 = L \sin \varphi, \quad \Delta y_0 = L \cos \varphi.$$

$$\text{Khi đó, biểu thức cho } T_{min} \text{ có dạng: } T_{min} = \frac{L \sin \varphi V_{Ax} + L \cos \varphi V_{Ay}}{V_0^2}$$

hoặc sau các phép biến đổi đơn giản, ta được:

$$T_{min} = \frac{L}{V_0} [\sin \varphi \sin K_0 + \cos \varphi \cos K_0] - \frac{L}{V_0} \cos(K_0 - \alpha) \quad (4)$$

Sự tiếp cận giữa hai tàu chỉ xảy ra khi $T_{min} > 0$, tức là khi: $\cos(K_0 - \varphi) > 0$ hay $(K_0 - \varphi) \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$. Tình huống tiếp cận nguy hiểm sẽ xảy ra khi khoảng cách tối thiểu: $D(T_{min}) \leq d_{an\ coan}$ (với $d_{an\ coan}$ là khoảng cách an toàn cho phép). Để kiểm tra điều kiện này, cần tính khoảng cách tại thời điểm T_{min} . Từ (2) suy ra:

$$D_{min} = D(T_{min}) = \sqrt{[\Delta x_0 - V_{Ax}T_{min}]^2 + [\Delta y_0 - V_{Ay}T_{min}]^2}$$

Thay (4) vào ta được: $D_{min} = L \sqrt{(\sin \alpha - \cos(K_0 - \alpha) \frac{V_{Ay}}{V_0})^2 + (\cos \alpha - \cos(K_0 - \alpha) \frac{V_{Ax}}{V_0})^2}$, sau đó thực hiện các phép biến đổi đơn giản, ta sẽ thu được một biểu thức để xác định khoảng cách tiếp cận tối thiểu cho 2 tàu cụ thể dựa trên các thông số chuyển động ban đầu của chúng:

$$D_{min} = \text{sign}[\sin(K_0 - \alpha)]L \sin(K_0 - \alpha) \quad (5)$$

Nếu giá trị $D_{min} > d_{an\ toan}$, có thể kết luận rằng không tồn tại tình huống tiếp cận nguy hiểm và có thể thoát khỏi thuật toán tránh va chạm. Ngược lại, nếu điều kiện không thỏa mãn thì cần triển khai thuật toán phòng tránh va chạm tiếp theo.

3. PHÒNG TRÁNH TIẾP CẬN NGUY HIỂM BẰNG CÁCH THAY ĐỔI HƯỚNG ĐI

Trong những trường hợp có thể giả định vận tốc di chuyển của các tàu là không đổi, một trong những cách hiệu quả để loại bỏ tình huống tiếp cận nguy hiểm là điều chỉnh hướng đi (hướng mũi tàu) của tàu A nhằm thay đổi quỹ đạo chuyển động của nó sao cho: $K_0 \geq K_0^2$, trong đó, K_0^1 và K_0^2 là các góc đi tương đối tối thiểu có thể đạt được khi tàu A rẽ trái hoặc rẽ phải so với quỹ đạo chuyển động ban đầu (Hình 1).

Các giá trị này xác định ranh giới vùng tiếp cận an toàn giữa các tàu và có thể được tính từ biểu thức (5) với khoảng cách tối thiểu cho phép giữa chúng là: $[K_0^1, K_0^2] = [\alpha - \arcsin \frac{d_{an\ toan}}{L}, \alpha + \arcsin \frac{d_{an\ toan}}{L}]$

Nếu chúng ta xét: $\tan K_0^1 = \frac{V_{ax}}{V_{ay}} = \frac{V_a \sin \varphi_a^1 - V_b \sin \varphi_b}{V_a \cos \varphi_a^1 - V_b \cos \varphi_b}$ thì chúng ta có thể

thu được phương trình lượng giác:

$$(V_a \sin \varphi_a^1 - V_b \sin \varphi_b) \cos K_0^1 = (V_a \cos \varphi_a^1 - V_b \cos \varphi_b) \sin K_0^1$$

Sau khi rút gọn và đưa về biến: $m_p = \frac{V_b}{V_a}$

$$\text{ta được: } \sin(\varphi_a^1 - K_0^1) = m_p \sin(\varphi_b - K_0^1) \quad (6)$$

Nghiệm của phương trình này sẽ cho giá trị φ_a^1 , tức là góc đi thực tế mới của tàu A khi đổi hướng sang trái ($i = 1$) hoặc sang phải ($i = 2$), để loại bỏ khả năng tiếp cận nguy hiểm.

Cần lưu ý: Nếu $V_a > V_b$ (tức $m_p < 1$), phương trình luôn có nghiệm. Nếu $V_a \leq V_b$ (tức $m_p \geq 1$), nghiệm chỉ tồn tại khi: $m_p \sin(\varphi_b - K_0^1) < 1$. Giải tích phương trình (6) trong khoảng $0^\circ < \varphi_a^1 < 360^\circ$, ta nhận được hai nghiệm ($i=1,2$) của phương trình này:

$$\varphi_a^1 = \begin{cases} K_0^1 + \arcsin \gamma \\ K_0^1 + \pi - \arcsin \gamma \end{cases} \quad (7)$$

Với $\gamma = m_p \sin(\varphi_b - K_0^1)$

Tuy nhiên, việc thay giá trị nghiệm thứ hai vào biểu thức (3) sẽ cho giá trị âm trong trường hợp $V_a \leq V_b$, điều này không có ý nghĩa vật lý, do đó trong trường hợp này chỉ xem xét hai giá trị sau đây làm giá trị hướng đi thực tế của tàu A:

$$\varphi_a^1 = \alpha \pm \arcsin \left(\frac{d_{an\ toan}}{L} \right) + \arcsin \gamma$$

Tương ứng với trường hợp tàu A rẽ trái ($i=1$) hoặc rẽ phải ($i=2$) so với hướng đi ban đầu.

Chuyển động của tàu A theo hướng φ_a^1 sẽ được thực hiện với vận tốc tương đối:

$$V_0^1 = \sqrt{V_a^2 + V_b^2 + 2V_a V_b \cos(\varphi_a^1 - \varphi_b)}$$

Đồng thời, đảm bảo chuyển động tới điểm tiếp cận tối thiểu cho phép giữa hai tàu trong khoảng thời gian bằng:

$$T_d^1 = \frac{L \cos(K_0 - \varphi)}{V_0^1}$$

Như vậy, để phòng tránh tình huống tiếp cận nguy hiểm với tàu B, tàu A cần giữ nguyên tốc độ và thay đổi hướng đi của mình sang một trong hai giá trị φ_a^1 được xác định ở trên

4. ĐỀ XUẤT ÁP DỤNG THUẬT TOÁN DUBINS TRONG KHU VỰC QUYẾT ĐỊNH CHO BÀI TOÁN TỰ ĐỘNG TRÁNH VA TÀU KHÔNG NGƯỜI LÁI USV (UNMANNED SURFACE VESSELS)

Trong bài toán đặt ra ban đầu, giả định rằng hai tàu xuất phát từ các vị trí: $A_0 = (x_{a0}, y_{a0}, \varphi_a, V_a)$ và $B_0 = (x_{b0}, y_{b0}, \varphi_b, V_b)$ di chuyển theo các vận tốc và hướng đi không đổi, hướng về phía nhau. Tàu A, sau khi di chuyển trong khoảng thời gian T_d^1 với hướng lái mới φ_a^1 , sẽ đến điểm $A_d^1 = (x_{ad}^1, y_{ad}^1, \varphi_{ad}^1, V_a)$ với tọa độ được tính như sau: $x_{ad}^1 = x_{a0} + T_d^1 V_a$

$\sin \varphi_a^1, y_{ad}^1 = y_{a0} + T_d^1 V_a \cos \varphi_a^1$. Trong cùng khoảng thời gian đó, tàu B sẽ di chuyển đến điểm $B_d^1 = (x_{bd}^1, y_{bd}^1, \varphi_{bd}^1, V_b)$ sao cho khoảng cách từ điểm này đến điểm A_d^1 sẽ bằng $d_{an\ toan}$ hay khoảng cách giữa hai tàu tại thời điểm này đúng bằng khoảng cách an toàn $d_{an\ toan}$. Như vậy, bài toán tránh va chạm giữa 2 tàu được quy về bài toán tìm quỹ đạo chuyển động tối ưu về thời gian từ điểm A_0 đến một trong hai điểm A_d^1 hoặc A_d^2 , tùy thuộc vào chiến lược thay đổi hướng đi được lựa chọn, bằng cách rẽ trái hoặc rẽ phải.

Đặc điểm của bài toán này được mô tả bằng (1) khi mà chuyển động của tàu trên mặt phẳng XOY có khả năng điều khiển bị giới hạn về tốc độ góc quay, được xác định bằng bán kính quay vòng tối thiểu cho phép R_c :

$$u_a(t) \in \left[\frac{-V_a}{R_c}, \frac{V_a}{R_c} \right]$$

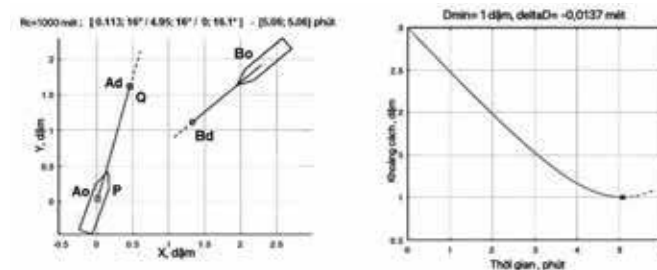
Trong trường hợp này, bài toán có thể giải được bằng cách áp dụng bài toán Dubins, vốn được biết đến rộng rãi trong lĩnh vực điều khiển tự động và robot di động [8, 9]. Mô hình Dubins Path chỉ ra rằng trong mặt phẳng XOY, quỹ đạo chuyển động tối ưu về thời gian giữa hai cấu hình bất kỳ (vị trí + hướng đi) gồm các đoạn thẳng (S) và các cung tròn (quay trái L hoặc quay phải R). Có tổng cộng 6 chiến lược điều khiển tối ưu: {RLR, LRL, LSL, LSR, RSL, RSR}. Nhưng chỉ một trong số đó xác định đường đi ngắn nhất giữa hai cấu hình bất kỳ. Để đánh giá bất kỳ "đường cong Dubins" nào, cần xác định các điểm chuyển đổi điều khiển, tức hai điểm P và Q nơi tàu thay đổi từ quay sang đi thẳng hoặc ngược lại. Phương pháp này có giới hạn vì các điểm đã được tính dựa trên giả định rằng tàu A chuyển động theo đường thẳng và không xét đến các ràng buộc về khả năng điều khiển vận tốc góc. Tuy nhiên, khi số lượng cấu hình đầu vào lớn, hoặc trong trường hợp: $L \gg d_{an\ toan}, L \gg R_c$ thì việc sử dụng thuật toán Dubins vẫn rất hiệu quả.

Cụ thể, nếu tàu A xuất phát từ gốc tọa độ (0,0) với tốc độ $V_a = 20$ hải lý/giờ và hướng đi ban đầu $\varphi_a = 20^\circ$ và đang tiến về phía tàu B, trong đó: Tàu B cách tàu A một khoảng hải lý với góc phương vị $\alpha = 50^\circ$, di chuyển với tốc độ $V_b = 20$ hải lý/giờ và hướng đi $\varphi = 20^\circ$ thì sau 304,96 giây (khoảng 5,06 phút), khoảng cách giữa hai tàu chỉ còn 1642,2 m, nhỏ hơn khoảng cách tiếp cận an toàn ban đầu là 1 hải lý (~1.852 m). Do đó, cần phải xây dựng đường cong Dubins cho tàu A sao cho tàu này có thể né tránh va chạm với vận tốc tương đối $V_0 = 33,83$ hải lý/giờ, ta xác định góc hướng đi tương đối an toàn: $[K_0^1, K_0^2] = [30,529^\circ, 69,471^\circ]$, từ đó, các góc hướng đi thực tế mới của tàu A cần điều chỉnh là: $[\varphi_a^1, \varphi_a^2] = [16,051^\circ, 83,949^\circ]$. Các giá trị trên cho phép xác định rằng điểm tiếp cận tối thiểu với khoảng cách đúng bằng $d_{an\ toan}$ sẽ được tàu A đạt tới sau 303,89 giây, tại các vị trí sau tùy thuộc vào chiến lược điều hướng:

- Khi rẽ trái sang trái, tàu A sẽ đến điểm có tọa độ: $[x_{ad}^1, y_{ad}^1] = [864,51 \text{ m}, 3004,76 \text{ m}]$;

- Khi rẽ phải sang phải, tọa độ đích sẽ là: $[x_{ad}^2, y_{ad}^2] = [3109,23 \text{ m}, 329,61 \text{ m}]$.

Hình 2 minh họa quỹ đạo được tính toán của tàu khi di chuyển từ điểm xuất phát A_0 đến điểm $Ad1$, với giả thiết rằng bán kính quay tối thiểu cho phép của tàu là $R_c = 1.000 \text{ m}$.



Hình 2. Quỹ đạo chuyển động với chiến lược rẽ trái LSR

Hình 2 minh họa quỹ đạo được tính toán của tàu khi di chuyển từ điểm xuất phát A_0 đến điểm A_d^1 , với giả thiết rằng bán kính quay tối thiểu cho phép của tàu là $=1.000$ m.

Đây là đường cong Dubins tối ưu theo thời gian, tương ứng với chiến lược LSR (quay trái - đi thẳng - quay phải), cho phép đảm bảo khoảng cách an toàn $d_{an\ toan}$ giữa hai tàu trong suốt quá trình di chuyển. Lộ trình này được thực hiện thông qua ba pha chuyển điều khiển tại các điểm: A_0 , P, Q và các thông số chi tiết được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Tọa độ các điểm chuyển tiếp giữa các đoạn của đường cong Dubins (chiến lược LSR) khi tàu A rẽ trái sang phải

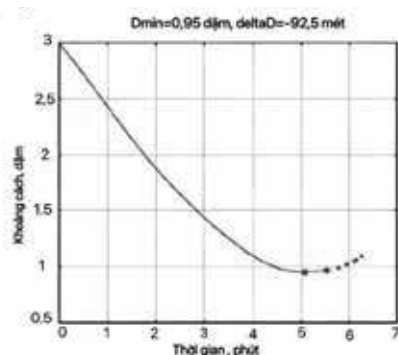
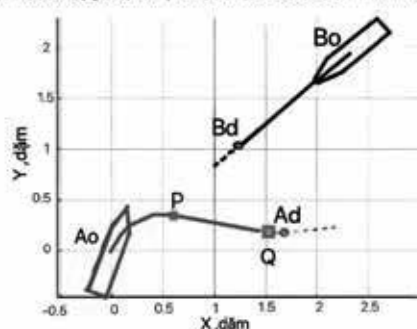
k	Điểm	X_k (m)	Y_k (m)	φ_k (°)	T_k (giây)
0	A_0	0,00	0,00	20,000	6,77
1	P	21,54	66,27	16,007	297,04
2	Q	864,30	3.004,01	16,007	0,00
4	A_d^1	864,51	3.004,76	16,051	$\sum T_k = 303,82$

Về tình huống phòng tránh nguy cơ va chạm giữa hai tàu thông qua việc áp dụng chiến lược rẽ trái sang phải của tàu A, thì trong trường hợp này, đường cong Dubins theo chiến lược RSL (quay phải - đi thẳng - quay trái) cũng là quỹ đạo tối ưu theo thời gian, cho phép tàu di chuyển chính xác từ điểm xuất phát đến điểm hội ngộ an toàn A_d^2 . Tuy nhiên, khi di chuyển theo quỹ đạo Dubins đã tính toán, kết quả cho thấy rằng:

$$D(T_{Min}) = 0,95 \text{ hải lý} < d_{an\ toan}$$

Điều này có nghĩa là khoảng cách tối thiểu giữa hai tàu nhỏ hơn khoảng cách an toàn đã định trước $d_{an\ toan}$, do đó không đảm bảo mức độ an toàn yêu cầu trong tình huống này.

Rc=1000 mét; [2.26; 100 / 2.82; 100 / 0.455; 83.9 / 5.06; 5.54] phút



Hình 3. Quỹ đạo chuyển động rẽ phải theo chiến lược RSL

Từ đó có thể thấy rằng chiến lược này không đảm bảo được khoảng cách tiếp cận tối thiểu cho phép giữa hai tàu. Nguyên nhân nằm ở chỗ $A_d^2 = [3.109,2 \text{ m}, 329, 83.949^\circ, 15 \text{ hải lý}]$ đã được tính toán dựa trên giả định rằng tàu A di chuyển theo quỹ đạo thẳng trong khoảng thời gian 5,06 phút. Tuy nhiên, trong thực tế, tàu A di chuyển đến điểm A_d^2 theo đường cong Dubins, đã được tính toán có xét đến các giới hạn điều khiển thực tế đối với tốc độ quay góc của

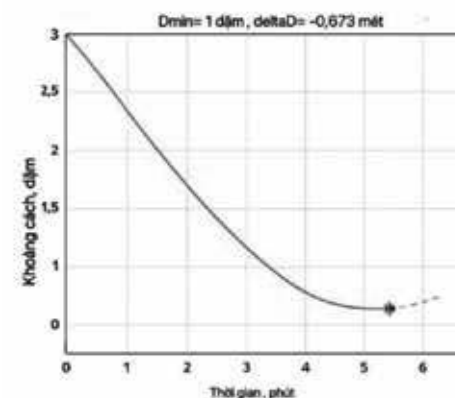
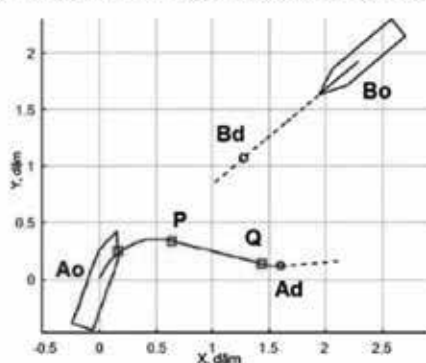
tàu. Thời gian thực tế để tàu A di chuyển từ điểm xuất phát A_0 đến điểm A_d^2 là 5,54 phút, tức lớn hơn 0,52 phút so với thời gian ước tính ban đầu khi giả sử tàu A di chuyển thẳng đều với vận tốc V_a . Một trong những phương án đơn giản nhất để giải quyết vấn đề này là tiếp cận theo cách: Quỹ đạo chuyển động được tính toán dựa trên giá trị điều chỉnh

Với điều kiện rằng khoảng cách an toàn $d_{an\ toan}$ sẽ được kiểm soát nghiêm ngặt trên toàn bộ quãng đường tàu di chuyển theo đường cong Dubins từ điểm A_0 đến A_d^2 . Tuy nhiên, cách tiếp cận này sẽ dẫn đến sự gia tăng thời gian tổng thể để đạt đến điểm có khoảng cách tiếp cận tối thiểu, tức là: $T_d^* > T_d$.

Trong bài báo này, một phương pháp khác được đề xuất, có bản chất là tối ưu hóa quỹ đạo Dubins đã tính, bằng cách không chuyển tàu A đến điểm A_d^2 như trong giả định ban đầu mà chuyển đến một điểm mới G, được xác định sao cho: Tàu A có thể đi đến G bằng chuyển động thẳng với vận tốc giảm: $V_a < V_a$ trong thời gian T_d^* . Đồng thời, thời gian để tàu A đến điểm G theo đường cong Dubins, với vận tốc ban đầu V_a là T_d và hiệu số giữa các giá trị T_d^* và T_d phải là nhỏ nhất và tiến dần về 0. Việc áp dụng phương pháp tiếp cận này đối với bộ dữ liệu đầu vào tương tự như ví dụ trước đó đã cho phép xác định được giá trị tối ưu của vận tốc chuyển động thẳng của tàu A. Kết quả cho thấy rằng vận tốc này nhỏ hơn vận tốc ban đầu và bằng: $V_a^* = 18,06$ hải lý/giờ.

Khi di chuyển với vận tốc này, tàu A với góc phương vị tương đối $K_2^*a = 69.50^\circ$ và góc phương vị tuyệt đối $\varphi_2^*a = 85.50^\circ$ sẽ đến điểm G có tọa độ: $[x^*G, y^*G] = [3.109,23 \text{ m}, 329,61 \text{ m}]$; trong khoảng thời gian: $T_d^* = 5,39$ phút. Chính điểm này sẽ được sử dụng làm điểm kết thúc trong quá trình tính toán đường cong Dubins cho tàu A di chuyển với vận tốc $V_a = 20$ hải lý/giờ và bán kính quay $R_c = 1.000$ m. Dạng quỹ đạo bảo đảm tránh được tình huống va chạm nguy hiểm thông qua chiến lược rẽ trái sang phải được thể hiện trên Hình 4.

Rc=1000m; [2.37; 104 / 2.5; 104 / 0.518; 85.5 / 5.06; 5.39] phút



Hình 4. Quỹ đạo chuyển động được tối ưu hóa khi rẽ sang phải RSL

Quy đạo này tuân theo chiến lược RSL, bảo đảm khoảng cách tối thiểu an toàn dọc toàn giữa hai tàu và giống như mọi đường cong Dubins, nó được thực hiện bằng ba lần chuyển đổi tín hiệu điều khiển tại các điểm: A_0 , P, Q (Bảng 2).

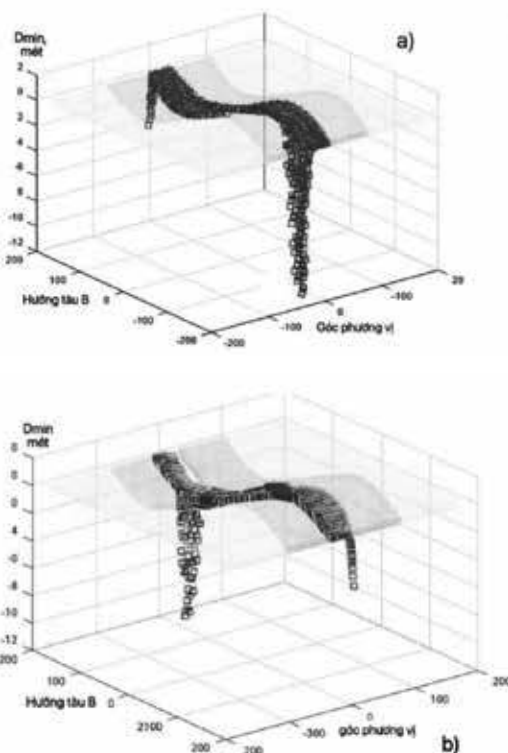
Bảng 2. Tọa độ các điểm nối giữa các đoạn của đường cong Dubins (RSL) trong trường hợp tàu bẻ lái sang phải

k	Điểm	$X_k (m)$	$Y_k (m)$	$\varphi_k (^\circ)$	$T_k (giây)$
0	A_{RSL}	0,00	0,00	20,00	142,24
1	P	1.179,10	1.179,10	103,85	149,99
2	Q	2.677,45	259,44	103,85	31,06
4	A_3^*	2.994,56	233,38	85,50	$\sum T_k = 323,29$

Ví dụ đã trình bày trên đây minh họa rõ ràng khả năng áp dụng thuật toán được đề xuất để ngăn ngừa tình huống nguy hiểm do hai tàu tiếp cận nhau quá gần, thông qua hai phương án chuyển hướng: Bẻ lái sang trái và bẻ lái sang phải.

5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Để đánh giá chất lượng và khả năng hoạt động của thuật toán, một quá trình mô phỏng đã được thực hiện nhằm kiểm tra khả năng loại bỏ tình huống tàu tiếp cận nguy hiểm, trong đó các tàu ban đầu cách nhau một khoảng $L = 3$ hải lý đã được mô phỏng góc phương vị giữa hai tàu được thay đổi trong khoảng: $\alpha = [-180^\circ; 2^\circ; 180^\circ]$ và với mỗi giá trị của α , tiếp tục thay đổi góc hướng đi của tàu B trong khoảng: $\varphi_B = [-180^\circ; 2^\circ; 180^\circ]$.



Hình 5. Giá trị độ lệch so với độ lệch an toàn khi quay tàu sang trái (a) và sang phải (b)

Mô phỏng hoạt động của thuật toán, được thực hiện cho cả hai chiến lược bẻ lái tàu A sang trái và sang phải (Hình 5) đã cho thấy rằng: Độ lệch tối đa so với giá trị khoảng cách tối thiểu cho phép giữa hai tàu $d_{an\ toan}$ không vượt quá 12 m, tức là ít hơn 1% so với giá trị an toàn. Đặc biệt, các độ lệch này chỉ xuất hiện trong một vài tổ hợp trạng thái nhất định, còn trong đa số tình huống, độ lệch gần như bằng 0, cho thấy tính chính xác cao của thuật toán.

Mô phỏng đã thực hiện cũng cho thấy rằng, khi sử dụng thuật toán được đề xuất trong trường hợp vận tốc của tàu A nhỏ hơn hoặc

bằng vận tốc của tàu B ($V_A \leq V_B$), thì khi giải phương trình (6) sẽ phát sinh yêu cầu kiểm tra từng nghiệm có thể từ tập nghiệm (7). Cụ thể:

- Nếu $V_A > V_B$ thì phương trình (6) luôn chỉ có hai nghiệm hợp lệ, tương ứng với hai chiến lược bẻ lái (trái hoặc phải) và không cần kiểm tra thêm.

- Tuy nhiên, khi $V_A \leq V_B$ (tức là tàu A chậm hơn hoặc bằng tàu B), thì tùy thuộc vào tập dữ liệu đầu vào (góc phương vị α , góc hướng đi của tàu B $\varphi_B \dots$) thì hệ phương trình (6) có thể có hai hoặc 4 nghiệm.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính hiệu quả của thuật toán DUBINS trong việc giải quyết bài toán phòng tránh va chạm cho tàu USV. Kết quả mô phỏng cho thấy: Độ chính xác cao với sai số khoảng cách dưới 1% so với giá trị an toàn yêu cầu, khả năng áp dụng linh hoạt cho cả hai chiến lược tránh va trái/phải (LSR/RSL) của thuật toán. Giải pháp này không chỉ mang lại hiệu quả cho hệ thống điều khiển tự động của tàu không người lái USV mà còn có tiềm năng ứng dụng trong các hệ thống hỗ trợ quyết định cho thuyền trưởng. Hướng phát triển tiếp theo tập trung vào việc tích hợp thuật toán với các hệ thống cảm biến hiện đại và mở rộng cho các tình huống đa phương tiện phức tạp, góp phần nâng cao an toàn hàng hải trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của giao thông đường thủy tự động.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT 25-26.07.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Pinskiy, A. S. (2021), Avtonomnoe sudovozhdenie [Autonomous navigation], Morskoy vestnik, № 2(78), 101-105 s.
- [2]. Korenev, A. S. A. S. Skrypka, S. P. Habarov (2022), Avtonomnoe sudovozhdenie na deystvuyushchih sudah [Autonomous navigation on the operating vessels], Morskoy vestnik, no.1(81), 92-95s.
- [3]. Korenev A.C, Habarov S.P, SHpektorov A.G. (2021), Formirovanie traektorij dvizheniya bezekipazhnogo sudna [A route calculation for unmanned vessel], Morskie intellektual'nye tekhnologii, T. 1, no.4 (54), 163-170s.
- [4]. Habarov S.P., SHilkina M.L. (2021), Geometricheskij podhod k resheniyu zadachi dlya mashin Dubinsa pri formirovanii programmyh traektorij dvizheniya [Geometric approach to Dubins path problem for the motion program trajectories calculation], Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologii, mekhaniki i optiki, T. 21, no.5, 653-663s.
- [5]. Habarov S.P., SHilkina M.L. (2022), Postroenie na baze zadachi mashiny Dubinsa opornyh traektorij dvizheniya ob'ektov s uchetom postoyannyh vneshnih vozdeystvij [Construction of movement trajectories for object based on the Dubins car problem, taking into account constant external influences], Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologii, mekhaniki i optiki, T. 22, no.1, 167-178s.
- [6]. Bezopasnoe raskhozhdenie sudov v more [Safe vessel's collision avoidance at sea], Najdenov E.V., Dmitriev, V.I.M., Morkniga, 2021, 265s.
- [7]. Burmaka I.A. (2016), Upravlenie sudami v situacii opasnogo sblizheniya [Vessel's control at dangerous approach situation], I. A Burmaka, E. N Pyatakov., A.YU. Bulgakov, LAP LAMBERT, Academic Publishing, Saarbrücken (Germaniya), 585s.
- [8]. Korenev A.S., Habarov S.P, SHpektorov A.G. (2022), Formirovanie marshruta dvizheniya sudna v ogranichennoj akvatorii s uchetom trebovaniya k izmeneniyu skorosti hoda, Morskie intellektual'nye tekhnologii [Ship's route planning in a limited area with speed changing requirement], T. 1, no.1 (55), 160-168s.
- [9]. Vagizov M.R., Habarov S.P. (2021), Postroenie programmyh traektorij dvizheniya na baze resheniya zadachi "Mashina Dubinsa" [Construction of software trajectories of motion on the basis of the solution of the problem "Dubins Machine"], Informaciya i kosmos, no.3, 116-125s.

Nghiên cứu và xây dựng Chatbot tư vấn Luật Đất đai bằng Hybrid RAG và kiểm chứng pháp lý

Design and development of a Land Law consultation Chatbot using a Hybrid RAG framework with legal validity verification

> **KS NGUYỄN HỮU LUÂN***, **TS NGUYỄN QUỐC TUẤN**

Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: luannh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống pháp luật Việt Nam, đặc biệt là Luật Đất đai có tính phức tạp cao, gây khó khăn cho việc tra cứu và tư vấn. Việc áp dụng các Mô hình Ngôn ngữ lớn (LLMs) trong lĩnh vực này đối mặt với thách thức lớn về tính chính xác pháp lý và khả năng duy trì ngữ cảnh dài. Nghiên cứu này đề xuất LMentor-HybridRAG, một framework chatbot chuyên biệt cho tư vấn Luật Đất đai Việt Nam, kết hợp LLMs với cơ chế Retrieval-Augmented Generation nâng cao. Các cải tiến chính bao gồm: Truy xuất lai (kết hợp truy xuất ngữ nghĩa và từ khóa), kỹ thuật tăng cường ngữ cảnh phân cấp (Hierarchical Contextual Augmentation - HCA) để tổng hợp thông tin từ nhiều nguồn luật và cơ chế kiểm chứng pháp lý tự động. Mô hình đã được huấn luyện và đánh giá trên bộ dữ liệu Vietnamese Land Law QA Dataset (VLL-QA), cho thấy kết quả khả quan về độ chính xác và giảm thiểu tỷ lệ ảo giác, có tiềm năng ứng dụng thực tiễn trong lĩnh vực tư vấn pháp luật tại Việt Nam.

Từ khóa: Chatbot; Luật Đất đai; Hybrid RAG; kiểm chứng pháp lý; xử lý ngôn ngữ tự nhiên; truy xuất thông tin.

ABSTRACT

Vietnam's legal system, particularly the Land Law, is highly complex, making information retrieval and legal consultation challenging. Applying Large Language Models (LLMs) in this domain is further hindered by risks of hallucination and limitations in long-context reasoning. This study introduces LMentor-HybridRAG, a specialized Land Law consultation framework that integrates LLMs with an enhanced RAG architecture. Its key features include hybrid retrieval, Hierarchical Contextual Augmentation (HCA) and automated Legal Fact-Checking. Evaluated on the VLL-QA dataset, the model demonstrates improved accuracy and reduced hallucination rates, indicating strong potential for real-world legal advisory use in Vietnam.

Keywords: Chatbot; Land law; Hybrid RAG; legal fact-checking; natural language processing (NLP); information retrieval.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu tiếp cận thông tin pháp luật một cách nhanh chóng và chính xác là một yêu cầu cấp thiết trong bối cảnh hiện nay. Hệ thống pháp luật Việt Nam, đặc biệt là Luật Đất đai và các văn bản liên quan có cấu trúc đa tầng, thường xuyên cập nhật và mang tính chuyên môn cao. Điều này gây không ít khó khăn cho người dân và doanh nghiệp trong việc tra cứu, diễn giải các quy định về quyền sử dụng đất, thủ tục hành chính hay giải quyết tranh chấp.

Sự phát triển của Trí tuệ nhân tạo tạo sinh (Generative AI) và các Mô hình ngôn ngữ lớn (LLMs) vốn dựa trên kiến trúc Transformer [3], như GPT-4 [1] đã mở ra tiềm năng xây dựng các hệ thống tư vấn pháp lý tự động. Tuy nhiên, việc áp dụng LLMs vào lĩnh vực pháp

luật phải đối mặt với thách thức cố hữu là hiện tượng “ảo giác” (hallucination) - một vấn đề đã được khảo sát chi tiết [13] - khi mô hình có thể tạo ra những thông tin nghe hợp lý nhưng lại sai lệch so với văn bản gốc.

Phương pháp Retrieval-Augmented Generation (RAG) [2] ra đời như một giải pháp, bằng cách kết hợp khả năng sinh ngôn ngữ với việc truy xuất thông tin từ một kho tri thức chuyên biệt. Dù vậy, RAG truyền thống vẫn bộc lộ hạn chế khi áp dụng cho lĩnh vực phức tạp như Luật Đất đai, như đã được chỉ ra trong nhiều khảo sát gần đây [11]. Các vấn đề chính bao gồm: (1) Khó khăn trong việc truy xuất chính xác các điều khoản do sự mơ hồ của ngôn ngữ tự nhiên; (2) Thất bại trong việc tổng hợp thông tin từ nhiều nguồn văn bản

để trả lời một câu hỏi phức tạp; (3) Thiếu cơ chế kiểm chứng tự động để đảm bảo tính xác thực của câu trả lời.

Để giải quyết các vấn đề trên, nghiên cứu này đề xuất LMentor-HybridRAG, một framework RAG được thiết kế cho bối cảnh pháp luật Việt Nam. Các đóng góp chính của nghiên cứu bao gồm: (1) Đề xuất kiến trúc LMentor-HybridRAG tích hợp truy xuất lai, kỹ thuật tăng cường ngữ cảnh phân cấp (HCA) và cơ chế kiểm chứng pháp lý; (2) Xây dựng bộ dữ liệu Vietnamese Land Law QA Dataset (VLL-QA) với hơn 500 câu hỏi thực tế; (3) Cung cấp đánh giá thực nghiệm toàn diện, cho thấy hiệu quả của mô hình trong việc tăng độ chính xác và giảm tỷ lệ ảo giác.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Lĩnh vực chatbot pháp lý có thể được phân loại thành 3 nhóm chính. Các hệ thống dựa trên quy tắc (rule-based) và dựa trên truy xuất (retrieval-based) hoạt động hiệu quả với các kịch bản cố định nhưng thiếu khả năng diễn giải sâu. Nhóm chatbot tạo sinh (generative chatbot) dựa trên LLMs mang lại tính linh hoạt cao nhưng phải đối mặt với vấn đề ảo giác. Để khắc phục ảo giác, các nghiên cứu gần đây đã tập trung vào cải tiến RAG [11]. Một ví dụ là truy xuất lai (Hybrid Retrieval) [4], kết hợp truy xuất ngữ nghĩa (semantic) và truy xuất từ khóa (lexical). Nhiều kỹ thuật tiên tiến khác cũng được đề xuất như RAG tự điều chỉnh (Self-RAG) [7] hay Corrective RAG (CRAG) [8]. Bên cạnh đó còn có thêm kỹ thuật tăng cường ngữ cảnh phân cấp (Hierarchical Contextual Augmentation - HCA) [5] hỗ trợ duy trì ngữ cảnh dài. Các công trình tập trung vào lĩnh vực pháp lý [10] hay các hệ thống QA pháp lý [9] nhấn mạnh tầm quan trọng của kiểm chứng pháp lý (Legal Fact-Checking) [6].

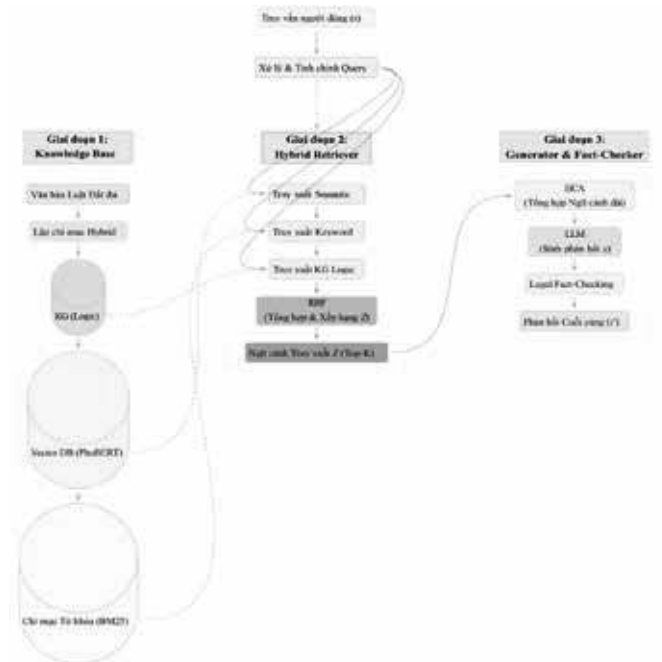
Hầu hết các công trình tiên tiến trên thế giới chỉ tập trung vào ngữ cảnh tiếng Anh và hệ thống pháp luật phương Tây. Tại Việt Nam, tính bản địa hóa là thách thức lớn, đặc biệt khi áp dụng các LLM cho tiếng Việt. Một số công trình đã có những bước đi đầu tiên trong ứng dụng NLP vào lĩnh vực dịch vụ công và pháp luật, ví dụ như ứng dụng NLP trong xây dựng chatbot dịch vụ công [15] hay đánh giá hiệu quả của chatbot trong tư vấn pháp luật [17]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu về thách thức và cơ hội của AI trong pháp luật tại Việt Nam [14] cũng như tiềm năng ứng dụng AI trong quản lý đất đai [16] đã được thực hiện. Các công trình tại Việt Nam trước đây chủ yếu tập trung vào các hệ thống hỏi đáp cơ bản hoặc chatbot dịch vụ công với khả năng hạn chế. Chưa có nhiều nghiên cứu đề xuất một kiến trúc RAG nâng cao, được thiết kế đặc biệt để giải quyết đồng thời vấn đề ngữ cảnh dài và kiểm chứng pháp lý cho các văn bản luật phức tạp như Luật Đất đai. Đây chính là khoảng trống nghiên cứu mà framework LMentor-HybridRAG hướng tới giải quyết.

Để giải quyết những thách thức đã nêu, chúng tôi đề xuất kiến trúc LMentor-HybridRAG - một hệ thống RAG đa tầng được thiết kế chuyên biệt cho lĩnh vực pháp luật Việt Nam. Kiến trúc này được minh họa trong Hình 1, bao gồm 3 giai đoạn chính:

- **Giai đoạn 1 - Xây dựng cơ sở tri thức (Knowledge Base):** Giai đoạn nền tảng, tập trung vào việc xử lý và cấu trúc hóa nguồn văn bản luật thô thành một kho tri thức có khả năng truy vấn hiệu quả.

- **Giai đoạn 2 - Truy xuất lai (Hybrid Retriever):** Giai đoạn này chịu trách nhiệm tìm kiếm và trích xuất những thông tin pháp lý liên quan nhất từ cơ sở tri thức để trả lời cho một truy vấn cụ thể của người dùng.

- **Giai đoạn 3 - Sinh và kiểm chứng phản hồi (Generator & Fact-Checker):** Giai đoạn cuối cùng, sử dụng thông tin đã truy xuất để tạo ra một câu trả lời tự nhiên, chính xác và được kiểm chứng về mặt pháp lý trước khi gửi đến người dùng.



Hình 1. Kiến trúc tổng thể của hệ thống LMentor-HybridRAG

2.1. Giai đoạn Knowledge Base: Xây dựng tri thức và lập chỉ mục Hybrid

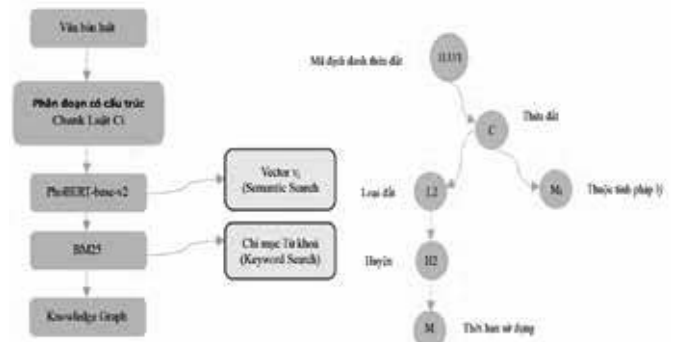
Giai đoạn này tập trung vào việc xây dựng kho tri thức Luật Đất đai có cấu trúc, nhằm tối ưu hóa quá trình truy xuất. Văn bản luật được thu thập, chuẩn hóa và phân đoạn thành các chunks (C) theo cấu trúc logic (chương, điều, khoản). Việc lựa chọn kích thước và chiến lược phân đoạn (chunking strategy) phù hợp là rất quan trọng. Sau đó, dữ liệu được lập chỉ mục kép:

- **Vector Indexing:** Mỗi chunk C_i được mã hóa thành một vector ngữ nghĩa v_i thông qua một mô hình nhúng ngôn ngữ E . Quá trình này được biểu diễn bởi công thức: $v_i = E(C_i)$.

Các vector này được lưu trữ trong một cơ sở dữ liệu vector, cho phép tìm kiếm dựa trên sự tương đồng về ngữ nghĩa.

- **Keyword Indexing:** Đồng thời, các từ khóa quan trọng trong mỗi chunk được lập chỉ mục bằng các thuật toán truy xuất thông tin cổ điển như BM25. Điều này đảm bảo rằng các thuật ngữ pháp lý cụ thể có thể được tìm thấy một cách chính xác.

Ngoài ra, để tăng cường khả năng suy luận, các thực thể pháp lý (ví dụ: loại đất, thời hạn sử dụng) và quan hệ giữa chúng được trích xuất để tạo thành một đồ thị tri thức (Knowledge Graph - KG) dưới dạng các bộ ba (subject, predicate, object), giúp giải quyết các truy vấn yêu cầu tham chiếu chéo. Quy trình này được minh họa trong Hình 2.



Hình 2. Quy trình xây dựng và biểu diễn Knowledge Base pháp lý

2.2. Giai đoạn Hybrid Retriever: Truy xuất đa chiến lược

Giai đoạn này nhận truy vấn x từ người dùng và trả về tập hợp các đoạn trích liên quan Z bằng cách kết hợp 3 luồng truy xuất song song: Truy xuất ngữ nghĩa, truy xuất từ khóa và truy xuất dựa trên đồ thị tri thức. Kết quả từ 3 luồng này (Z_{sem} , Z_{key} , Z_{KG}) được hợp nhất và xếp hạng lại bằng thuật toán Reciprocal Rank Fusion (RRF) để chọn ra tập hợp Z cuối cùng. RRF tính điểm cho mỗi đoạn trích dựa trên thứ hạng của nó trong các danh sách kết quả khác nhau, giúp ưu tiên các kết quả xuất hiện ở vị trí cao trên nhiều luồng. Điểm RRF cho một đoạn trích d được tính như sau:

$$RRF_score(d) = \sum_{r \in R} \left(\frac{1}{k + rank_r(d)} \right) \quad (1)$$

Trong đó: R - Tập hợp các danh sách xếp hạng; $rank_r(d)$ - Thứ hạng của d trong danh sách r ; k - Một hằng số (thường là 60) để giảm ảnh hưởng của các thứ hạng quá cao. Cơ chế này được minh họa trong Hình 3.

2.3. Giai đoạn Generator và Legal Fact-Checking: Tổng hợp và kiểm chứng

Giai đoạn này sử dụng LLM để sinh ra câu trả lời y dựa trên truy vấn x và ngữ cảnh Z . Để giải quyết vấn đề ngữ cảnh dài, kỹ thuật Hierarchical Contextual Augmentation (HCA) [5] được áp dụng để tổng hợp Z thành ngữ cảnh cô đọng Z_{HCA} . LLM sau đó tạo ra một câu trả lời sơ bộ $y' = LLM(x, Z_{HCA})$.

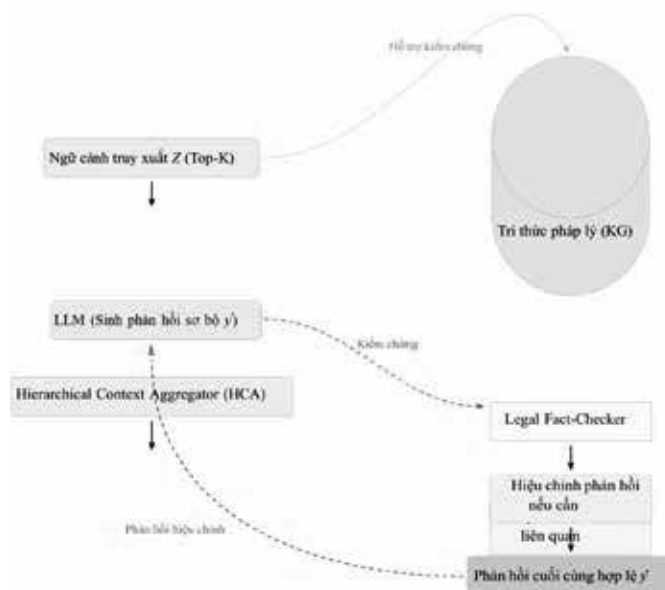
Một cải tiến trong kiến trúc này là cơ chế Legal Fact-Checking [6]. Một mô hình xác minh δ được sử dụng để kiểm tra tính nhất quán và sự thật của y' so với các văn bản luật gốc trong Z . Phản hồi cuối cùng y^* chỉ được chấp nhận nếu vượt qua kiểm chứng:

$$y^* = \begin{cases} y', & \text{if } \delta(y', Z) = \text{True} \\ \text{re-generate or flag,} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Quy trình này đảm bảo rằng thông tin do chatbot cung cấp có căn cứ pháp lý rõ ràng, giúp giảm thiểu đáng kể hiện tượng ảo giác.



Hình 3. Cơ chế hoạt động của Hybrid Retriever



Hình 4. Quy trình sinh phản hồi với HCA và kiểm chứng pháp lý

3. TRIỂN KHAI MÔ HÌNH ĐỀ XUẤT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá hiệu suất của LMentor-HybridRAG so với các mô hình nền tảng trên bộ dữ liệu VLL-QA.

3.1. Thiết lập thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên bộ dữ liệu VLL-QA (Vietnamese Land Law QA Dataset) do chúng tôi xây dựng. Bộ dữ liệu này chứa 520 cặp câu hỏi-trả lời liên quan đến Luật Đất đai Việt Nam. Các câu hỏi được thu thập từ các nguồn công khai như diễn đàn pháp luật, trang web tư vấn, phản ánh các tình huống và thắc mắc thực tế của người dân. Mỗi cặp dữ liệu bao gồm: (1) Câu hỏi gốc của người dùng; (2) Câu trả lời được soạn thảo cẩn thận, diễn giải rõ ràng các quy định liên quan; (3) Trích dẫn điều khoản luật cụ thể làm căn cứ cho câu trả lời. Cấu trúc này cho phép đánh giá cả khả năng truy xuất đúng điều luật và tính chính xác của nội dung phản hồi do mô hình tạo ra. Một số ví dụ về câu hỏi trong bộ dữ liệu:

- "Thủ tục xin cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất lần đầu cần những giấy tờ gì?"

- "Đất nông nghiệp có được chuyển nhượng cho người không trực tiếp sản xuất nông nghiệp không?"

- "Thời hạn sử dụng đất ở tại đô thị là bao lâu?"

* Các chỉ số đánh giá: Việc đánh giá hiệu suất được thực hiện dựa trên các chỉ số chuẩn:

- Độ chính xác truy xuất: Sử dụng chỉ số Hit@k (công thức (4)), đo lường tỷ lệ các truy vấn mà điều luật liên quan nằm trong top k kết quả trả về của retriever.

- Chất lượng phản hồi sinh ra: Sử dụng F1-score, ROUGE-L, và BERTScore (F1) để đo độ tương đồng về mặt từ vựng và ngữ nghĩa giữa câu trả lời của mô hình và câu trả lời tham chiếu trong bộ dữ liệu.

- Tỷ lệ ảo giác (Hallucination Rate): Đo lường phần trăm các câu trả lời do mô hình sinh ra có chứa thông tin không chính xác hoặc không có căn cứ trong các văn bản luật đã truy xuất. Tỷ lệ này được đánh giá thủ công trên một tập mẫu đại diện.

$$F1 = 2 \cdot \frac{\text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3)$$

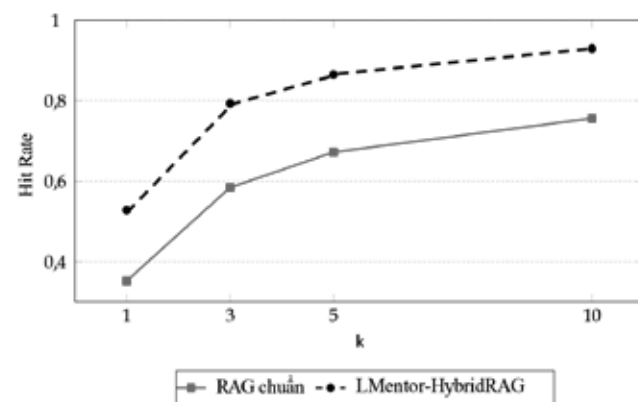
$$\text{Hit}@k = \frac{1}{|Q|} \sum_{i=1}^{|Q|} I_i \quad (\text{"tìm thấy câu trả lời trong top k đoạn trích cho truy vấn } i") \quad (4)$$

3.2. Kết quả thực nghiệm

- **Đánh giá khả năng truy xuất:** Bảng 1 và Hình 5 so sánh hiệu suất truy xuất của RAG chuẩn (chỉ dùng Semantic Search) và phương pháp đề xuất (Hybrid Retrieval). Trong Hình 5, đường nét đứt (LMentor-HybridRAG) cho thấy hiệu suất cao hơn rõ rệt so với đường màu đỏ (RAG chuẩn) ở mọi điểm k. Đặc biệt, tại k = 1, mô hình này đạt 0,528 (so với 0,352), nghĩa là có khả năng tìm thấy đúng điều luật ngay trong kết quả đầu tiên cao hơn khoảng 17,6%. Sự cải thiện này cho thấy việc kết hợp truy xuất từ khóa (BM25) và ngữ nghĩa (vector) là cần thiết để xử lý hiệu quả các thuật ngữ pháp lý chuyên ngành.

Bảng 1. So sánh hiệu suất truy xuất (Hit@k)

Phương pháp	Hit@1	Hit@3	Hit@5	Hit@10
RAG chuẩn (Semantic Search)	0,352	0,584	0,672	0,756
LMentor-HybridRAG	0,528	0,793	0,865	0,932



Hình 5. Đồ thị so sánh hiệu suất truy xuất (Hit@k)

- **Đánh giá độ chính xác sinh phản hồi:** Bảng 2 cho thấy kết quả đánh giá cuối cùng về chất lượng phản hồi. LMentor-HybridRAG đạt F1-score 0,87, cao hơn so với RAG chuẩn. Đặc biệt, tỷ lệ ảo giác giảm đáng kể xuống còn 5% là minh chứng cho hiệu quả của cơ chế kiểm chứng pháp lý.

Bảng 2. Đánh giá độ chính xác và độ tin cậy sinh phản hồi

Mô hình	F1-score	BERTScore (F1)	ROUGE-L	Hallucination
PhoBERT	0,74	0,81	0,69	N/A
RAG chuẩn	0,79	0,84	0,73	18%
LMentor-HybridRAG	0,87	0,90	0,82	5%

Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu quả của mô hình đề xuất, chủ yếu đến từ khả năng kết hợp đa tầng. Truy xuất lai đảm bảo rằng các điều khoản cụ thể được truy xuất chính xác hơn, trong khi kỹ thuật HCA giúp xử lý vấn đề ngữ cảnh dài. Một đóng góp chính của bài báo là cơ chế kiểm chứng pháp lý, giúp mô hình đạt tỷ lệ ảo giác thấp (5%), đáp ứng yêu cầu về độ tin cậy trong lĩnh vực pháp luật. Khi đối chiếu với một số nghiên cứu trong nước, ví dụ như công trình về ứng dụng AI trong pháp luật [14] hay các hệ thống chatbot dịch vụ công [15], kết quả F1-score 0,87 của LMentor-HybridRAG cho thấy tiềm năng so với các hệ thống trước đây. Điều này cho thấy LMentor-HybridRAG là một

hướng tiếp cận có tiềm năng trong việc ứng dụng AI một cách tin cậy vào lĩnh vực pháp luật tại Việt Nam.

Mặc dù đạt kết quả khả quan, mô hình vẫn còn một số hạn chế. Độ chính xác có thể chưa tối ưu đối với các câu hỏi yêu cầu suy luận pháp lý đa bước phức tạp, ví dụ như các tình huống liên quan đến tranh chấp hoặc chống chéo nhiều quy định. Việc giải quyết các trường hợp này đòi hỏi sự tích hợp sâu hơn của Đồ thị tri thức (Knowledge Graph). Hơn nữa, việc triển khai và vận hành các LLM chất lượng cao cùng cơ chế HCA/Fact - Checking vẫn đòi hỏi tài nguyên tính toán đáng kể, là một thách thức cho việc ứng dụng rộng rãi.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã trình bày và đánh giá LMentor-HybridRAG, một kiến trúc RAG nâng cao cho chatbot tư vấn Luật Đất đai Việt Nam. Bằng cách tích hợp các kỹ thuật truy xuất lại, tổng hợp ngữ cảnh phân cấp và kiểm chứng pháp lý, mô hình đã đạt được sự cân bằng giữa khả năng diễn giải ngôn ngữ tự nhiên của LLM và yêu cầu về tính chính xác trong lĩnh vực pháp luật. Kết quả thực nghiệm với F1-score 0,87 và tỷ lệ ảo giác giảm xuống còn 5% đã minh chứng cho hiệu quả và tiềm năng của phương pháp đề xuất.

Trong tương lai, các hướng nghiên cứu có thể tập trung vào việc mở rộng và làm sâu sắc hơn Đồ thị tri thức (KG) để hỗ trợ suy luận đa bước, giải quyết các trường hợp pháp lý phức tạp hơn, có thể tham khảo các phương pháp tích hợp KG vào RAG [12]. Bên cạnh đó, việc phát triển cơ chế kiểm chứng pháp lý dựa trên các mô hình chuyên gia, được huấn luyện trên án lệ và ý kiến từ các luật sư, sẽ là một hướng đi hứa hẹn. Cuối cùng, việc mở rộng bộ dữ liệu sang các lĩnh vực luật khác như dân sự, hôn nhân và gia đình là cần thiết để hướng tới một hệ thống tư vấn pháp lý toàn diện và tin cậy cho người dân Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-CN-001.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tom B. Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan, Pranav Shyam, Girish Sastry, Amanda Askell, Sandhini Agarwal, Ariel Herbert-Voss, Gretchen Krueger, Tom Henighan, Rewon Child, Aditya Ramesh, Daniel M. Ziegler, Jeffrey Wu, Clemens Winter, Christopher Hesse, Mark Chen, Eric Sigler, Mateusz Litwin, Scott Gray, Benjamin Chess, Jack Clark, Christopher Berner, Sam McCandlish, Alec Radford, Ilya Sutskever, Dario Amodei (2020), "Language Models are Few-Shot Learners", in Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol.33, pp.1877-1901. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>.
- [2]. Patrick Lewis, Ethan Perez, Aleksandra Piktus, Fabio Petroni, Vladimir Karpukhin, Naman Goyal, Heinrich Küttler, Mike Lewis, Wen-tau Yih, Tim Rocktäschel, Sebastian Riedel, Douwe Kiela (2020), "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks", arXiv preprint, arXiv:2005.11401. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>.
- [3]. Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser, Illia Polosukhin (2017), "Attention is All You Need", in Adv. Neural Inf. Process. Syst., pp.5998-6008. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>.
- [4]. Tao Zhang, Wu-Jun Li (2022), "Hybrid Contrastive Learning for Legal Text Retrieval", Proc. AAAI Conf. Artif. Intell., vol.36, no.10, pp.11210-11218. [Online]. Available: <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/21376>.
- [5]. Jinhyuk Kim, Min-Keyong Kim, Gyu-Ri Kim, Sang-Wook Kim (2023), "Hierarchical Contextual Augmentation for Long-Document Question Answering", Proc. ACL. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2305.11899>.
- [6]. Max S. W. Zhang, Bodhisattwa Prasad Majumder, Julian McAuley (2023), "Fact-Checking with Factuality Prediction for Generative Models", Proc. EMNLP. [Online]. Available:

<https://arxiv.org/abs/2310.19852>.

[7]. Ojas Trivedi, Hongjin Ahn, Hwaran Lee, W. Ronny Huang, Yixu Song, Sung-Ju Lee, Min-Yen Kan (2023), "Self-RAG: Learning to Retrieve, Generate, and Critique", arXiv preprint, arXiv:2310.11511. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2310.11511>.

[8]. Shi-Qi Yan, Jia-Chen Gu, Yun-Zhe Lin, Zhen-Hua Ling, Quan-Sen Yang (2024), "Corrective Retrieval Augmented Generation", arXiv preprint, arXiv:2401.15884. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2401.15884>.

[9]. Yixuan Wang, Yutao Guo, Zhaowei Wang, Yijun Liu (2023), "LegalQA: A Question Answering benchmark for the legal domain", Proc. Findings of ACL. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2305.02174>.

[10]. Jiarui Ma, Weiming Zhang, Zihan Li, Ting Liu, Nian Liu (2023), "Challenges and Opportunities in Applying Large Language Models to the Legal Domain", arXiv preprint, arXiv:2311.16421. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2311.16421>.

[11]. Yunfan Gao, Yuncong Hu, Yanfeng Wang, Hanjun Dai, Zhirui Zhang, Wei Liu, Peng Li, Yang Liu, Siwei Dong, Ruofei Zhang, Yichong Xu, Xin Zhao, Ji-Rong Wen (2023), "Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey", arXiv preprint, arXiv:2312.10997. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2312.10997>.

[12]. Xuefeng He, Zheheng Luo, Zhaowei Wang (2024), "Knowledge Graph Enhanced Retrieval-Augmented Generation", arXiv preprint, arXiv:2403.11183. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2403.11183>.

[13]. Mengzhang Zhang, Yijiang Liu, Yufan Wang, Yixin Liu, Yijia Zhang, Yichi Zhang, Zhirui Zhang, Heng Zhang, Chao Zhang, Yuxiao Dong, Jie Tang (2023), "A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges and Open Questions", arXiv preprint, arXiv:2311.05232. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2311.05232>.

[14]. N. T. H. Nhung (2022), "Thách thức và cơ hội của trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực pháp luật", Tạp chí Luật học. [Online]. Available: <https://tapchi.hlu.edu.vn/SubNews/Details/21804>.

[15]. N. Q. Huy (2021), "Ứng dụng xử lý ngôn ngữ tự nhiên trong xây dựng chatbot dịch vụ công tại Việt Nam", Proceedings of ICT National Conference. [Online]. Available: <https://vjol.info.vn/index.php/ict/article/view/65059>.

[16]. L. T. Trung (2020), "Tiềm năng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong quản lý đất đai", Tạp chí Địa chính Việt Nam. [Online]. Available: <https://tcdd.gov.vn/ai-quan-ly-dat-dai>.

[17]. P. Q. Viet (2023), "Hiệu quả chatbot trong tư vấn pháp luật và giải đáp thủ tục hành chính", Tạp chí KH&CN Việt Nam. [Online]. Available: <https://vjol.info.vn/index.php/jst/article/view/76432>.

Tối ưu hóa thiết kế vòm thép thông qua liên kết SAP2000-OAPI và thuật toán thông minh

Integrating SAP2000-OAPI with Intelligent algorithms for Steel dome optimization

> KS NGUYỄN THỊ HỒNG TRANG¹, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT^{2,*},
PGS.TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN³, THS LÊ THỊ THÙY LINH^{4,*}

¹HVCH Ngành Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: 23xd07@uah.edu.vn

²GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: nhath.truongdinh@uah.edu.vn

³GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: tuan.nguyenhuuanh@uah.edu.vn

⁴GV Khoa Sư phạm Công nghiệp, Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng; Email: lttlinh@ute.udn.vn

*Corresponding author

TÓM TẮT

Việc tối ưu hóa trọng lượng cho các kết cấu thép nhịp lớn đóng vai trò then chốt trong việc giảm chi phí xây dựng và nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu. Nghiên cứu này phát triển một mô hình tích hợp giữa SAP2000-OAPI và MATLAB, cho phép tự động hóa toàn bộ quá trình phân tích và thiết kế kết cấu.

Mục tiêu của quy trình là tìm kiếm phương án tối ưu cho mái vòm không gian bằng cách áp dụng các thuật toán thông minh lấy cảm hứng từ tự nhiên. Các mô hình được kiểm định và đánh giá dựa trên các chỉ số hiệu suất của mô hình vòm thực tế, tuân thủ các tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 và TCVN 2737:2023. Kết quả so sánh cho thấy thuật toán PSO mang lại nghiệm tối ưu với tốc độ hội tụ cao và độ ổn định vượt trội, qua đó khẳng định tiềm năng ứng dụng rộng rãi của các kỹ thuật tối ưu hóa thông minh trong thiết kế kết cấu thép hiện đại.

Từ khóa: Tối ưu kết cấu, kết cấu thép nhịp lớn, mái vòm không gian, SAP2000-OAPI, TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023.

ABSTRACT

Weight optimization of long-span steel structures constitutes a critical aspect of reducing construction costs and improving material efficiency. This study develops an integrated model between SAP2000-OAPI and MATLAB to achieve a fully automated workflow for structural analysis and design. The proposed framework aims to determine optimal configurations for spatial steel domes by applying well-known, nature-inspired metaheuristic algorithms. The developed models are verified and assessed using performance indicators derived from realistic dome structures, in accordance with the Vietnamese standards TCVN 5575:2024 and TCVN 2737:2023. Comparative analyses demonstrate that the PSO algorithm produces highly optimal solutions with rapid convergence and superior stability, thereby highlighting the broad applicability of intelligent optimization techniques in the design of modern steel structures.

Keywords: Structural optimization, long-span steel structures, space dome, SAP2000-OAPI, TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023.

1. GIỚI THIỆU

Kết cấu thép giữ vai trò then chốt trong xây dựng hiện đại, đặc biệt đối với các công trình có khẩu độ lớn như mái vòm không gian, nhờ ưu điểm vượt trội về khả năng vượt nhịp, tốc độ thi công nhanh và hiệu quả sử dụng vật liệu cao. Việc thiết kế các kết cấu này đòi hỏi đội ngũ kỹ sư có chuyên môn sâu, thành thạo công cụ phân tích và có tư duy tối ưu hóa tốt nhằm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật nghiêm ngặt về chuyển vị, ứng suất và độ mảnh của cấu kiện.

Trong những năm gần đây, sự phát triển mạnh mẽ của các thuật toán tối ưu hóa metaheuristic như Artificial Bee Colony (ABC) [1], Enterprise Development (ED) [2], Jellyfish Search (JS) [3], Genetic Algorithm (GA) [4], Particle Swarm Optimization (PSO) [5], Teaching-Learning-Based Optimization (TLBO) [6], ...

đã mở ra những hướng tiếp cận hiệu quả cho các bài toán thiết kế kết cấu phi tuyến và có không gian nghiệm phức tạp.

Năm 2024 Özgan và cộng sự đã phát triển phương pháp đánh giá hư hại kết cấu dựa trên cập nhật mô hình phần tử hữu hạn, trong đó SAP2000-OAPI được tích hợp với thuật toán tối ưu TLBO để tự động hóa quá trình phân tích và hiệu chỉnh mô hình. Hàm mục tiêu được xây dựng dựa trên các tham số dao động của kết cấu, và quy trình tối ưu được thực hiện trong MATLAB thông qua kết nối với SAP2000. Kết quả cho thấy phương pháp này giúp nâng cao độ chính xác và hiệu quả trong phân tích kết cấu phức tạp [7].

Ali Kaveh và Seyed Milad Hosseini năm 2023 đã đề xuất một khung tối ưu hóa thiết kế cho kết cấu mái vòm nửa trụ có gắn cáp. Phương pháp được xây dựng trên nền SAP2000-OAPI kết

hợp với thuật toán Improved Shuffled-Jaya (IS-Jaya) nhằm đạt được thiết kế tối ưu của hệ mái vòm hai lớp có bổ sung cáp. Kết quả cho thấy thuật toán IS-Jaya cho nghiệm tối ưu vượt trội hoặc tương đương so với các thuật toán metaheuristic hiện đại khác, đồng thời mô hình mái vòm có gắn cáp mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn so với cấu hình không có cáp [8].

Dinh-Cong và cộng sự 2020 đã phát triển phương pháp cập nhật mô hình phần tử hữu hạn sử dụng SAP2000-OAPI kết hợp với thuật toán ESOS để đánh giá hư hại trong các kết cấu quy mô thực. Phương pháp này mô hình hóa quá trình đánh giá hư hại dưới dạng bài toán tối ưu và tự động hóa quy trình thông qua liên kết MATLAB-SAP2000, cho thấy khả năng xác định chính xác vị trí và mức độ hư hại của kết cấu [9].

Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu cho các cấu kiện nhịp lớn vẫn chưa được nghiên cứu nhiều khi mà TCVN vừa được cập nhật phiên bản mới. Chính vì vậy, nghiên cứu này xây dựng và đề xuất một quy trình tích hợp giữa SAP2000-OAPI và MATLAB, cho phép tự động hóa toàn bộ quá trình phân tích - thiết kế - tối ưu hóa hàm mục tiêu. Quy trình được áp dụng nhằm tối ưu hóa trọng lượng mái vòm không gian thép nhịp lớn, tuân thủ các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 5575:2024[10] và TCVN 2737:2023[11], đồng thời khai thác hiệu quả các thuật toán tối ưu hóa metaheuristic lấy cảm hứng từ tự nhiên.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC

Trong nghiên cứu này, các yêu cầu về tải trọng tác động và kiểm tra khả năng chịu lực của kết cấu được áp dụng theo hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành, bao gồm TCVN 2737:2023 và TCVN 5575:2024.

2.1. Phương pháp phần tử hữu hạn (PP PTHH)

Trong nghiên cứu này, phần mềm SAP2000 được sử dụng để thực hiện phân tích kết cấu theo PP PTHH. Thông qua giao diện lập trình mở SAP2000-OAPI, quá trình giải nội lực và trích xuất kết quả được tự động hóa, tạo điều kiện thuận lợi cho việc kết nối với các thuật toán tối ưu hóa trong MATLAB.

OAPI được sử dụng để điều khiển quá trình phân tích kết cấu và trích xuất các kết quả cần thiết như chuyển vị, nội lực và ứng suất tại các nút và thanh. Những kết quả này được truyền về môi trường MATLAB để tính toán hàm mục tiêu và kiểm tra điều kiện ràng buộc trong thuật toán tối ưu.

2.2. Điều kiện ràng buộc đối với thanh chịu kéo-nén

Các điều kiện ràng buộc của cấu kiện chịu kéo-nén theo TCVN 5574:2024, như sau:

- Điều kiện bền:

$$\frac{N}{Af_{yd}\gamma_c} \leq 1 \quad (1)$$

- Điều kiện ổn định:

$$\frac{N}{\varphi Af_{yd}\gamma_c} \leq 1 \quad (2)$$

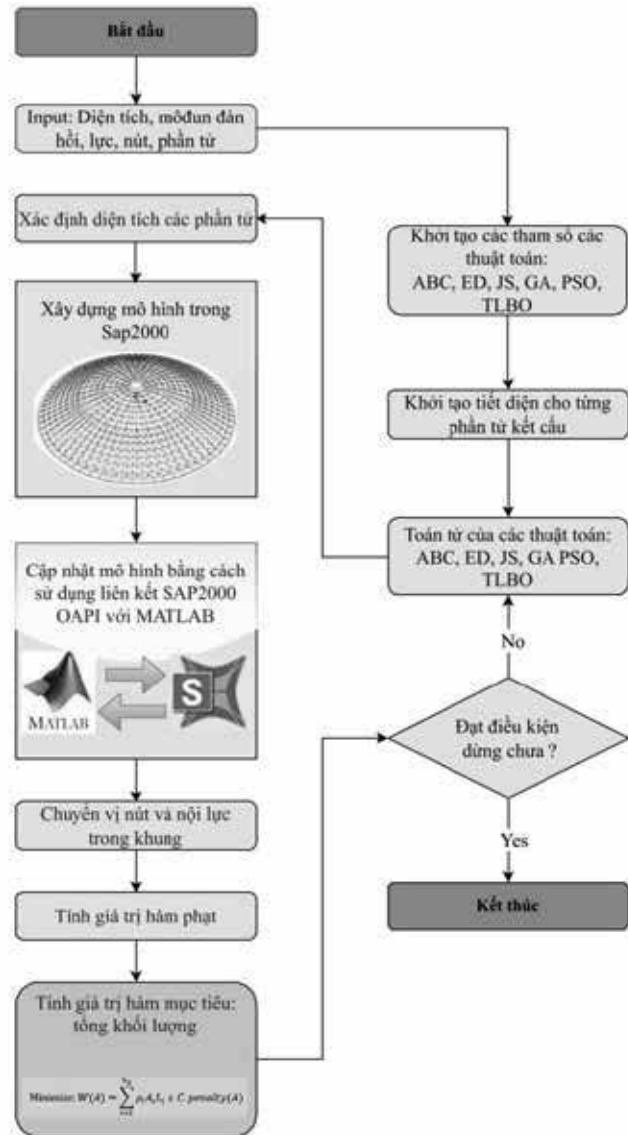
- Điều kiện độ mảnh:

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} \leq [\lambda_u] \quad (3)$$

- Điều kiện võng:

$$\Delta \leq [\Delta] = \frac{L}{300} \quad (4)$$

trong đó: A là diện tích tiết diện ngang của thanh; N là lực dọc trong thanh; f_{yd} là cường độ kéo nén, uốn tính toán của thép lấy theo giới hạn chảy; γ_c là hệ số điều kiện làm việc; λ là độ mảnh của thanh; φ hệ số ổn định khi nén đúng tâm.



Hình 1. Cấu trúc của mô hình tối ưu mái vòm không gian

2.3. Lý thuyết tối ưu hóa

Các thuật toán metaheuristic là công cụ mạnh để giải các bài toán tối ưu có nhiều ràng buộc, phi tuyến và không có lời giải giải tích. Trong nghiên cứu này, sáu thuật toán tối ưu hóa siêu tham số bao gồm ABC, ED, JS, GA, PSO, TLBO được lựa chọn để tính toán và đánh giá tối ưu trọng lượng mái vòm thép không gian.

2.4. Phương pháp đánh giá

Để đánh giá hiệu quả của các thuật toán metaheuristic áp dụng trong bài toán thiết kế kết cấu tối ưu trọng lượng kết cấu mái vòm thép nhịp lớn. Nghiên cứu sử dụng ba tiêu chí phổ biến và có ý nghĩa thực tiễn: giá trị tối ưu, tốc độ hội tụ và độ phân tán kết quả. Ba chỉ số này phản ánh đồng thời chất lượng lời giải và hiệu suất tính toán của mỗi thuật toán.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TỐI ƯU HÓA

Mục tiêu của bài toán tối ưu là giảm thiểu tổng khối lượng kết cấu mái vòm không gian trong khi vẫn thỏa mãn đầy đủ các điều kiện ràng buộc về khả năng chịu lực và sử dụng. Các ràng buộc được xét bao gồm: giới hạn ứng suất của thanh, yêu cầu ổn định tổng thể và cục bộ, kiểm tra độ mảnh của cấu kiện, cũng như giới hạn chuyển

vị tại đỉnh mái nhằm đảm bảo yêu cầu khai thác và an toàn công trình.

Mô hình mái vòm không gian được xây dựng với tổng số 6039 phần tử thanh (nm = 6039), được chia thành 9 nhóm tiết diện để đơn giản hóa bài toán thiết kế và tối ưu. Các biến thiết kế là diện tích tiết diện tương ứng của 9 nhóm thanh này.

Hàm mục tiêu cần tối ưu hóa được xác định là tổng khối lượng kết cấu và giá trị hàm phạt, được tính theo công thức:

$$\text{Minimize: } W(A) = \sum_{i=1}^{nm} \rho_i A_i L_i + C \cdot \text{penalty}(A) \quad (5)$$

Trong đó: $A = \{A_i\}$ là diện tích tiết diện của nhóm thanh thứ i ; L_i là tổng chiều dài của nhóm thanh thứ i ; ρ_i là khối lượng riêng của vật liệu. C là hằng số phạt.

Quy trình tối ưu hóa được thực hiện thông qua sự kết hợp giữa khả năng phân tích kết cấu của SAP2000 và các thuật toán metaheuristic trong MATLAB, sử dụng giao diện lập trình mở SAP2000-OAPI. Hình 1 trình bày sơ đồ khối cấu trúc của mô hình tối ưu mái vòm không gian, trong đó quá trình phân tích - thiết kế - đánh giá - cập nhật tiết diện được lặp cho đến khi đạt điều kiện hội tụ. Hình 2 trích đoạn mã liên kết giữa SAP200-OAPI và MATLAB.

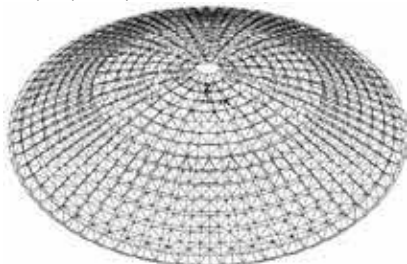
```
ModelDirectory = 'D:\2023_TRH\Trang\KH';
if ~exist(ModelDirectory, 'dir')
    mkdir(ModelDirectory);
end
ModelName = 'NEWMODEL_rev1.sdb';
ModelPath = fullfile(ModelDirectory, ModelName);
% create Sap2000 object
API_DLL_Path = 'C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000\
26\SAP2000v1.dll';
ProgramPath = 'C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000\
26\SAP2000.exe';
a = NET.addAssembly(API_DLL_Path);
helper = SAP2000v1.Helper;
helper = NET.explicitCast(helper, 'SAP2000v1.Helper');
global Sobj;
Sobj = helper.CreateObject(ProgramPath);
Sobj = NET.explicitCast(Sobj, 'SAP2000v1.SAP2000');
helper = G;
% Start Sap2000 application
disp('Start Sap2000 application')
ret = Sobj.ApplicationStart;
if ret == 0
    disp('Error at Start Sap2000 application');
end
% Open SAP model
% ret = Smdl.GetPresentUnits('SAP2000v1.units.kip.in');
[ Smdl ] = NET.explicitCast(Sobj.SapModel, 'SAP2000v1.SapModel');
File = NET.explicitCast(Smdl.File, 'SAP2000v1.cFile');
ret = File.OpenFile(ModelPath);
```

Hình 2. Mã kết nối SAP2000-OAPI và MATLAB

4. ÁP DỤNG TRONG KẾT CẤU CÔNG TRÌNH CHO MÁI VÒM KHÔNG GIAN

4.1. Kết cấu mái vòm

Mái vòm không gian 6039 thanh (Hình 3, Bảng 1) sử dụng thép ống tròn được sản xuất theo tiêu chuẩn ASTM A992, cấp Fy50 với 37 tiết diện ống được lựa chọn theo AISC-LRFD [12].



Hình 3. Mô hình mái vòm 6039 thanh trong SAP2000

Kết cấu trong nghiên cứu là mái vòm không gian gồm 6039 thanh, được mô tả chi tiết trong Hình 3. Mô hình này thuộc loại mái vòm không gian dạng Cupon, có khẩu độ nhịp 64 m và chiều cao ban đầu 7,6 m, đảm bảo tính ổn định và hiệu quả chịu lực cho kết cấu. Tổng số 6039 thanh trong hệ được phân chia thành 9 nhóm tiết

diện khác nhau (Bảng 1), được xem như các biến tối ưu trong quá trình phân tích và tối ưu hóa kết cấu. Cấu trúc này đại diện cho một hệ mái vòm phức tạp, có tính ứng dụng cao trong các công trình có quy mô lớn, yêu cầu khả năng bao che rộng và phân bố tải trọng đồng đều.

Bảng 1. Thứ nhóm tiết diện và phần tử trong SAP2000

Nhóm tiết diện	Số hiệu thanh	Số lượng thanh	Vị trí thanh
A ₁	G_1 → G_1080	1080	Thanh lớp trên
A ₂	G_1081 → G_1368	288	Thanh lớp trên
A ₃	G_1369 → G_1494	126	Thanh lớp trên
A ₄	G_1495 → G_2574	1080	Thanh lớp dưới
A ₅	G_2575 → G_2898	324	Thanh lớp dưới
A ₆	G_2899 → G_3051	153	Thanh lớp dưới
A ₇	G_3052 → G_5211	2160	Thanh giằng chéo
A ₈	G_5212 → G_5787	576	Thanh giằng chéo
A ₉	G_5788 → G_6039	252	Thanh giằng chéo

4.2. Tải trọng tác động

Theo TCVN 7737-2023 tải trọng tác dụng lên công trình gồm Tải trọng bản thân (SW), Hoạt tải (LL), Tải trọng hoàn thiện (SDL), Tải trọng gió (WL). Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió được xác định bằng công thức sau:

$$W_k = W_{3s,10} \cdot k(z_e) \cdot c \cdot G_f \quad (6)$$

trong đó: $W_{3s,10}$ là áp lực gió 3s ứng với chu kỳ lặp 10 năm; $W_{3s,10} = 0.852W_0$; $k(z_e)$ là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương z_e ; c là hệ số khí động; G_f là hệ số hiệu ứng giật.

Tổ hợp tải trọng được tổ hợp theo công thức sau:

$$C_m = \gamma_n \left(\sum_{i \geq 1} \gamma_{f,i} G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{f,j} \psi_{L,j} Q_{k,L,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{f,m} \psi_{t,m} Q_{k,t,m} \right) \quad (7)$$

các hệ số trong công thức (7) theo TCVN 7737:2023.

Tổ hợp tải trọng khi thiết kế theo trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ hai được mô tả trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổ hợp tải trọng kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ 2

Combo	SW	SDL	LL	WLX	WLY
ULS1	1.1	1.2	1.3	-	-
ULS2	1.1	1.2	-	2.1	-
ULS3	1.1	1.2	-	-	2.1
ULS4	1.1	1.2	1.3	1.89	-
ULS5	1.1	1.2	1.3	-	1.89
ULS6	1.1	1.2	1.17	2.1	-
ULS7	1.1	1.2	1.17	-	2.1
SLS1	1	1	1	-	-
SLS2	1	1	-	1	-
SLS3	1	1	-	-	1

Trong đó: ULS là trạng thái giới hạn 1; SLS là trạng thái giới hạn 2.

Bảng 3. Hiệu suất tính toán của mô hình

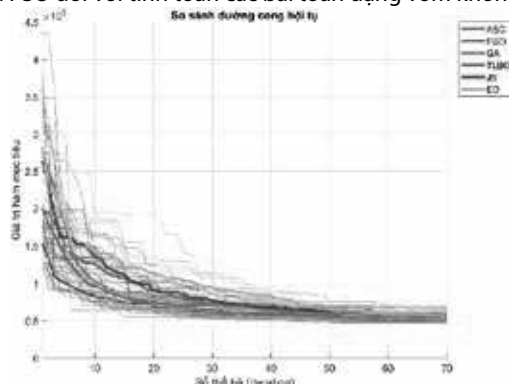
Thuật toán	Min (kg)	Max (kg)	Avg (kg)	Std (kg)
ABC	53998.03	66810.95	58859.80	4785.96
PSO	46428.26	52083.57	48883.81	1756.85
GA	46561.12	60952.90	55238.61	5112.06
TLBO	48137.63	63633.82	54822.34	7124.43
JS	51534.26	59412.42	55239.51	3014.23
ED	53360.64	60483.90	55353.25	3120.61

4.3. Kết quả, phân tích và so sánh

Để giải tối ưu kết cấu, các thuật toán (bao gồm: ABC, PSO, GA, TLBO, JS và ED) đều được chung dân số và số vòng lặp bằng nhau (dân số: 20, số vòng lặp: 70), các thông số riêng của các thuật toán được cài đặt chế độ mặc định.

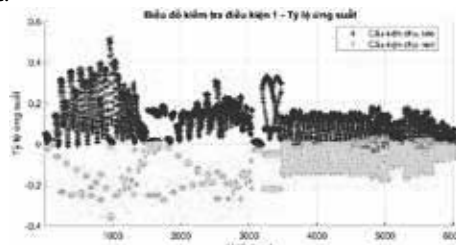
Kết quả phân tích được trình bày trong Bảng 3 chỉ ra rằng thuật toán tối ưu hóa PSO cho kết quả tốt nhất và ổn định nhất với (Best = 46428.26 kg) và trung bình nhỏ nhất (Mean = 48883.81 kg), đồng thời có độ lệch chuẩn rất thấp (Std = 1756.85 kg). Trong khi TLBO có giá trị xấu nhất (Worst = 63633.82 kg) và độ lệch chuẩn lớn nhất (Std = 7124.43 kg) cho thấy thuật toán này kém ổn định và kết quả dao động mạnh khi sử dụng để tính toán kết cấu mái vòm.

Kết quả của quá trình hội tụ của các thuật toán tối ưu hóa được thể hiện trong Hình 4 chỉ ra rằng thuật toán tối ưu hóa PSO hội tụ nhanh và ổn định nhất, giá trị của hàm mục tiêu ($W(A)$) giảm mạnh ngay từ những thế hệ đầu và đạt mức thấp sớm hơn các thuật toán khác. Điều này chứng tỏ khả năng khai thác nghiệm tốt và hiệu quả cao của PSO đối với tính toán các bài toán dạng vòm không gian.

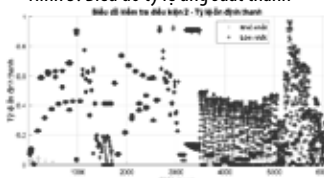


Hình 4. Biểu đồ so sánh đường cong hội tụ.

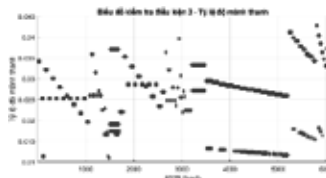
Để khẳng định kết quả tối ưu mà thuật toán PSO đã tìm ra, bước kiểm tra chi tiết các điều kiện ràng buộc đã được thực hiện bao gồm kiểm tra tỉ lệ ứng suất (Hình 5), tỉ lệ ổn định (Hình 6) và tỉ lệ độ mảnh (Hình 7), ngoài ra độ vồng được kiểm tra tại đỉnh công trình. Tất cả các kiểm tra đều thỏa mãn yêu cầu của TCVN 5574:2024. Điều đó chứng tỏ kết quả của PSO tìm ra vừa là giá trị tốt nhất so với các thuật toán so sánh trong nghiên cứu này và đảm bảo các điều kiện ràng buộc.



Hình 5. Biểu đồ tỉ lệ ứng suất thanh



Hình 6. Biểu đồ tỉ lệ ổn định thanh



Hình 7. Biểu đồ tỉ lệ độ mảnh thanh

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đạt được mục tiêu đề ra một cách thuyết phục: xây dựng thành công mô hình tích hợp chặt chẽ giữa phần

mềm phân tích kết cấu SAP2000 và môi trường lập trình tối ưu MATLAB qua công cụ OAPI (Optimization Programming Interface). Mô hình này cho phép tự động hóa toàn bộ quy trình lặp lại "phân tích kết cấu - trích xuất nội lực - đánh giá hàm mục tiêu và ràng buộc - cập nhật biến thiết kế", từ đó vượt qua giới hạn của các phương pháp tối ưu truyền thống khi xử lý bài toán thực tế phức tạp có nhiều ràng buộc ứng suất và chuyển vị.

Kết quả từ 12 lần chạy độc lập với 70 thế hệ mỗi lần đã chứng tỏ rõ ràng ưu thế vượt trội của thuật toán PSO trong bài toán tối ưu trọng lượng vòm thép không gian thể hiện tính ổn định và khả năng hội tụ toàn cục xuất sắc. Sự vượt trội này xuất phát từ cơ chế cập nhật vận tốc kết hợp thông tin toàn cục (gbest) và cục bộ (pbest) đặc trưng của PSO, giúp quần thể duy trì tính đa dạng và khả năng thoát khỏi cực tiểu địa phương hiệu quả hơn trên địa hình hàm mục tiêu đa đỉnh, nhạy cảm với nhiều ràng buộc ứng suất và chuyển vị của mô hình vòm thép. Do đó, PSO được khẳng định là thuật toán phù hợp nhất cho bài toán tối ưu kết cấu thép không gian quy mô lớn khi tích hợp với SAP2000-OAPI trong nghiên cứu này.

Bên cạnh đó, nghiên cứu này mở ra nhiều tiềm năng phát triển trong các hướng tiếp theo như mô hình có thể được mở rộng để xem xét các dạng tải trọng phức tạp như: tải nhiệt độ, tải gió dao động, tải động đất... Ngoài ra, việc phát triển mô hình theo hướng tối ưu đa mục tiêu sẽ cho phép đồng thời đánh giá trọng lượng, độ cứng và độ vồng của kết cấu.

Ngoài ra, mô hình SAP2000-OAPI-MATLAB có thể được cải thiện bằng cách áp dụng các thuật toán tối ưu hóa lai ghép hoặc các thuật toán metaheuristic thế hệ mới để tăng tốc độ hội tụ và giảm nguy cơ rơi vào cực trị cục bộ. Cuối cùng, việc phát triển một giao diện hoặc chương trình tự động hóa hoàn chỉnh, cho phép người dùng trực tiếp khai báo dữ liệu, chạy tối ưu và trích xuất kết quả, sẽ góp phần đưa mô hình vào ứng dụng thực tế và hỗ trợ tốt hơn quá trình thiết kế các kết cấu nhíp lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization," 2005.
- [2]. D.-N. Truong and J.-S. Chou, "Metaheuristic algorithm inspired by enterprise development for global optimization and structural engineering problems with frequency constraints," *Engineering Structures*, vol. 318, p. 118679, 2024/11/01/ 2024.
- [3]. J.-S. Chou and D.-N. Truong, "A novel metaheuristic optimizer inspired by behavior of jellyfish in ocean," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 389, p. 125535, 2021/01/15/ 2021.
- [4]. J. R. Sampson, "Adaptation in natural and artificial systems (John H. Holland)," ed: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1976.
- [5]. R. E. Perez and K. Behdinan, "Particle swarm approach for structural design optimization," *Computers & Structures*, vol. 85, no. 19, pp. 1579-1588, 2007/10/01/ 2007.
- [6]. R. V. Rao, V. J. Savsani, and D. P. Vakharia, "Teaching-learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems," *Computer-Aided Design*, vol. 43, no. 3, pp. 303-315, 2011/03/01/ 2011.
- [7]. K. Özgan, V. Kahya, and S. Şimşek, "Damage assessment of truss structures via finite element model update using a combined TLBO-SAP2000 OAPI approach. 2024.
- [8]. A. Kaveh and S. M. Hosseini, "Design optimization of cable-equipped barrel vault structures using improved shuffled based Jaya algorithm," *Advances in Engineering Software*, vol. 176, p. 103406, 2023/02/01/ 2023.
- [9]. D. Dinh-Cong, T. Nguyen-Thoi, and D. T. Nguyen, "A FE model updating technique based on SAP2000-OAPI and enhanced SOS algorithm for damage assessment of full-scale structures," *Applied Soft Computing*, vol. 89, p. 106100, 2020/04/01/ 2020.
- [10]. Bộ Xây dựng, TCVN 5575:2024 - Thiết kế kết cấu thép. Nhà xuất bản Xây dựng, (2024).
- [11]. Bộ Xây dựng, TCVN 2737: 2023 - Tải trọng và tác động. Nhà xuất bản Xây dựng, (2023).
- [12]. A. Kaveh and M. Ghazaan, "Optimal Design of Double-Layer Grids," 2018, pp. 65-83.

Ứng dụng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận trong nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương bằng tham số chuyển vị của kết cấu

Application of consecutive method of the forward problem in identifying equivalent fixed depth by displacement of structure

> TS NGUYỄN XUÂN BÀNG^{1,*}, TS ĐINH VIỆT THANH¹, VŨ QUỐC PHONG²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; *Email: nxb@lqdtu.edu.vn

²Binh chủng Công binh

TÓM TẮT

Trong bài báo trình bày phương pháp giải bài toán nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương của hệ kết cấu thanh - cọc. Mô hình tính của bài toán là hệ kết cấu thanh - cọc dưới dạng khung không gian, biến dạng đàn hồi tuyến tính, thay liên kết cọc - nền bằng ngàm tương đương. Bài toán được giải bằng phương pháp lặp thông qua việc giải liên tiếp các bài toán thuận dựa trên cơ sở cực tiểu hóa độ lệch quân phương - là tổng bình phương sai số giữa véc tơ các chuyển vị đo đạc và véc tơ chuyển vị tính toán - kết hợp với phương pháp phần tử hữu hạn.

Từ khóa: Giải liên tiếp các bài toán thuận, chiều sâu ngàm tương đương, chuyển vị đo đạc, nhận dạng, thanh - cọc.

ABSTRACT

This paper presents the results of identification the equivalent of the fixed - constraint depth (equivalent fixed constraint depth) of the structure on the pipe - foundation. The model of the problem is the structure on the pipe - foundation as three-dimensional, linear elastic deformation, linked deposit - should be replaced with equivalent depth of fixed- constraint. The problem is solving by the consecutive forward problem of structure analysis and minimize the squared error between the measured and calculated displacement of the actual structure and finite element model. From the numerical calculation shows, models, algorithms, and calculation programs are reliable. The program can be used to identify the equivalent of the fixed- constraint depth of the frame - pile structure as three-dimensional.

Keywords: The consecutive forward problem, equivalent fixed constraint depth, the measured displacement, identification, the pipe - foundation

1. MỞ ĐẦU

Móng cọc là loại kết cấu được ứng dụng nhiều trong các công trình xây dựng, giao thông, thủy lợi, công trình biển đảo,... Trong tính toán có thể thay liên kết cọc - nền bằng liên kết ngàm cứng tại chiều sâu ngàm tương đương (ngàm tương đương). Chiều sâu ngàm tương đương đó có thể được xác định theo tiêu chuẩn (tiêu chuẩn ngành 20 TCN 21: 1986 [1], API RP 2A WSD [3]) hoặc theo kinh nghiệm. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, chiều sâu ngàm tương đương không đủ điều kiện xác định như:

- Trong quá trình khai thác sử dụng các cọc có thể bị suy giảm liên kết với nền theo thời gian, do đó chiều sâu ngàm tương đương bị thay đổi;
- Các tính chất cơ lý nền không đầy đủ để có thể xác định chính xác chiều sâu ngàm tương đương.

Do đó việc nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương ứng với trạng thái làm việc thực tế của cọc (trên cơ sở các chuyển vị đo đạc tại hiện trường), trên cơ sở đó xác định trạng thái kỹ thuật của kết cấu là rất cần thiết và hết sức quan trọng.

Để giải bài toán nhận dạng kết cấu, có thể áp dụng nhiều phương pháp như: phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận, ứng dụng trực tiếp phần mềm MATLAB, phương pháp hàm phạt (penalty), phương pháp quy hoạch phi tuyến, ...[5]. Trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận để nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương của liên kết cọc - nền.

2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI LIÊN TIẾP CÁC BÀI TOÁN THUẬN

Phương pháp này thường áp dụng khi điều kiện thông tin không đầy đủ [4, 5, 6], thí dụ như nhận dạng theo số liệu đo đạc (chuyển vị, biến dạng, tần số dao động riêng...), để tìm nghiệm bài toán ngược gắn với các giá trị đã dự đoán. Để nhận dạng theo phương pháp này chỉ cần sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu (thí dụ như SAP, LUCAS,... hoặc các chương trình tự xây dựng) như một công cụ để tính toán liên tiếp với một loạt các giá trị cho trước, trong một khoảng giới hạn mà nó được coi là phù hợp nhất với đặc trưng đó. Các bước tính toán thông thường theo phương pháp này là:

1. Xác định tham số cần nhận dạng S của mô hình (S ở đây có thể là vết nứt, miền tiếp xúc kết cấu- nền, độ cứng kết cấu, chiều sâu ngàm tương đương,...).

2. Xác định tham số trạng thái cần đo đạc W để phục vụ nhận dạng (tần số và dạng dao động riêng, chuyển vị,...).

3. Xây dựng mô hình tính toán dựa trên hồ sơ hoàn công và kết quả kiểm tra tại hiện trường.

4. Đo đạc các tham số trạng thái để nhận dạng W^0

$$W^0 = [W_1^0 \quad W_2^0 \quad \dots \quad W_m^0] \quad (1)$$

ở đây có thể là véc tơ các tần số dao động riêng; véc tơ chuyển vị (đo đạc) tại các vị trí; ...

5. Giải bài toán. Khi giải cần dự đoán khoảng giới hạn của tham số cần nhận dạng, rồi rạc hoá tham số cần nhận dạng trong khoảng giới hạn:

$$S = \{a < S_1 < S_2 < \dots < S_k < b\}$$

Dùng phần mềm phân tích kết cấu để tính toán các tham số cần nhận dạng $S = S^1$, tính được các tham số trạng thái của hệ trong đó có tham số $W^{(1)}$:

$$W^{(1)} = [W_1^{(1)} \quad W_2^{(1)} \quad \dots \quad W_m^{(1)}]$$

Tính tổng bình phương độ lệch giữa $W^{(1)}$ và W^0 :

$$\delta_i^2 = \sum |W_i^{(1)} - W_i^0|^2 \quad (2)$$

Lần lượt tính toán với các giá trị của tham số nhận dạng được rời rạc hoá.

Tìm giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:

$$\delta_s = \min_{(i)} \delta_i \quad (3)$$

Và S_s ứng với δ_s sẽ là giá trị xấp xỉ tốt nhất cần tìm (ở đây là giá trị chiều sâu ngàm tương đương nhận dạng được).

Theo phương pháp này, sẽ phải giải nhiều bài toán toán thuận với các giá trị tham số nhận dạng thay đổi, trong nhiều trường hợp số lượng bài toán thuận cần giải là rất lớn (có thể đến hàng nghìn bài toán). Do đó việc sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu (thí dụ như SAP, LUCAS, ...) sẽ không khả thi, cần có một chương trình tính toán kết cấu, mà tích hợp trong đó khả năng tự động thay đổi tham số đầu vào (ở đây là chiều sâu ngàm tương đương).

3. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ KẾT CẤU KHUNG - CỌC THEO MÔ HÌNH BÀI TOÁN KHÔNG GIAN

Thừa nhận các giả thiết sau đây:

- Liên kết cọc - nền được thay thế bằng ngàm tương đương.
- Biến dạng của hệ kết cấu thanh - cọc là đàn hồi tuyến tính và bé.

Mô hình tính của kết cấu được thể hiện trên Hình 2.

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) để xây dựng phương trình chuyển động của hệ kết cấu thanh - cọc. Phương trình chuyển động của hệ kết cấu thanh - cọc - nền theo phương pháp PTHH [2, 5], sau khi đưa các điều kiện biên vào hệ, có thể viết được dưới dạng:

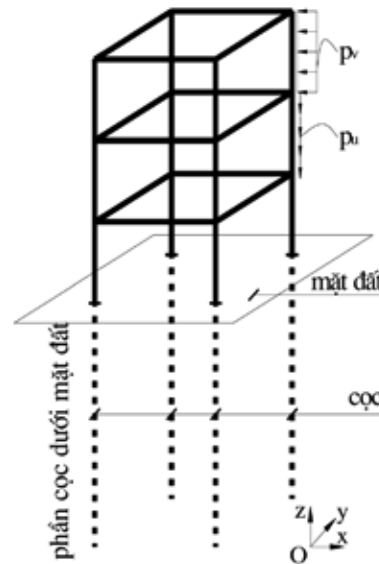
$$M\ddot{U}(t) + C\dot{U}(t) + KU(t) = P(t), \quad (4)$$

trong đó: $U(t)$, $\dot{U}(t)$, $\ddot{U}(t)$ - tương ứng là các véc tơ chuyển vị, vận tốc và gia tốc nút của hệ kết cấu;

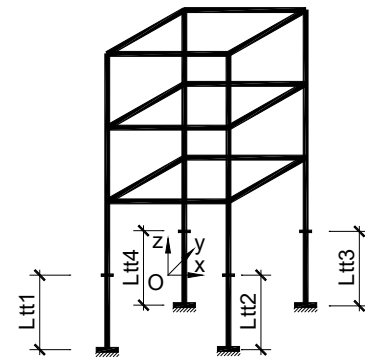
M, K, C - tương ứng là các ma trận khối lượng, ma trận độ cứng, ma trận cản của hệ kết cấu;

$P(t)$ - véc tơ tải trọng quy nút của hệ kết cấu.

Khảo sát hệ kết cấu thanh - cọc dưới dạng khung không gian chịu tác dụng tải trọng động (hình 1) trong hệ tọa độ vuông góc Oxyz.



Hình 1. Mô hình thực hệ kết cấu thanh - cọc không gian



Hình 2. Mô hình tính hệ kết cấu thanh - cọc không gian

Ma trận cản của hệ kết cấu có thể tính theo ma trận khối lượng và ma trận độ cứng dưới dạng:

$$C = \alpha M + \beta K, \quad (5)$$

trong đó: α, β - các hệ số phụ thuộc vào các tần số dao động riêng của hệ và hệ số cản nhớt của vật liệu.

Các ma trận của toàn hệ trong phương trình (4) có thể xây dựng từ các ma trận của các PTHH trong hệ bằng phương pháp "độ cứng trực tiếp" [2, 5, 6].

4. BÀI TOÁN NHẬN DẠNG CHIỀU SÂU NGÀM TƯƠNG ĐƯƠNG VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

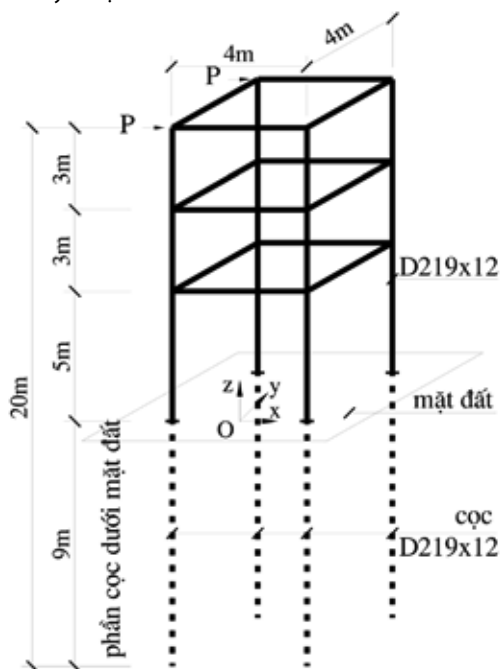
Để xây dựng các thuật toán nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương, tác giả sử dụng phương pháp "giải liên tiếp các bài toán thuận" [2, 4, 5, 6] của lý thuyết chẩn đoán kỹ thuật công trình với tham số nhận dạng là chiều sâu ngàm tương đương của từng cọc trên cơ sở các chuyển vị đo đạc được bằng thử nghiệm động của kết cấu tại hiện trường.

Quá trình giải bài toán sẽ liên quan đến các nội dung tính toán động lực học công trình, với nó sẽ sử dụng phương pháp PTHH mà các thuật toán của chúng đã được thiết lập trong [3, 5, 6], trong đó các bước xây dựng mô hình tính, thuật toán để giải bài toán nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương bằng phương pháp "giải liên tiếp các bài toán thuận"- Consecutive method of the forward problem đã được trình bày, chọn véc tơ chuyển vị $W = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_m]$ của kết cấu làm tham số trạng thái của hệ.

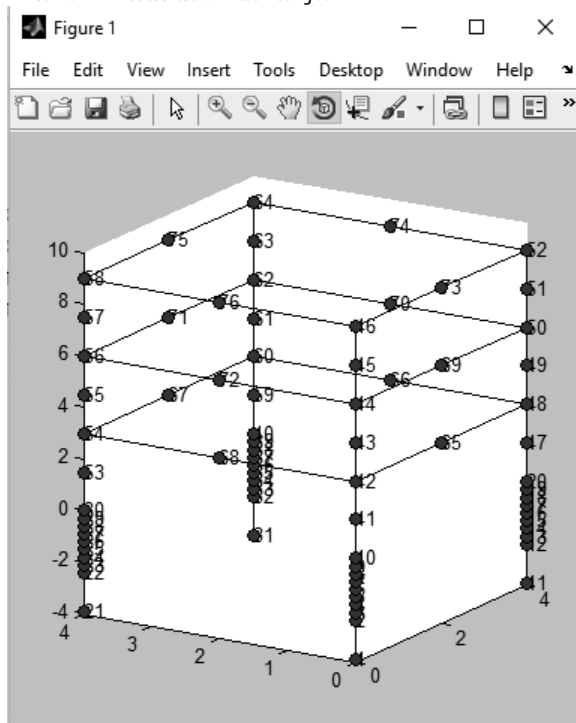
Với các thuật toán trên, tác giả đã cập nhật chương trình **CMFP** (Consecutive method of the forward problem) để giải bài toán nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương của kết cấu khung - cọc làm việc theo mô hình không gian bằng ngôn ngữ MATLAB bằng tham số chuyển vị của kết cấu.

5. TÍNH TOÁN BẰNG SỐ

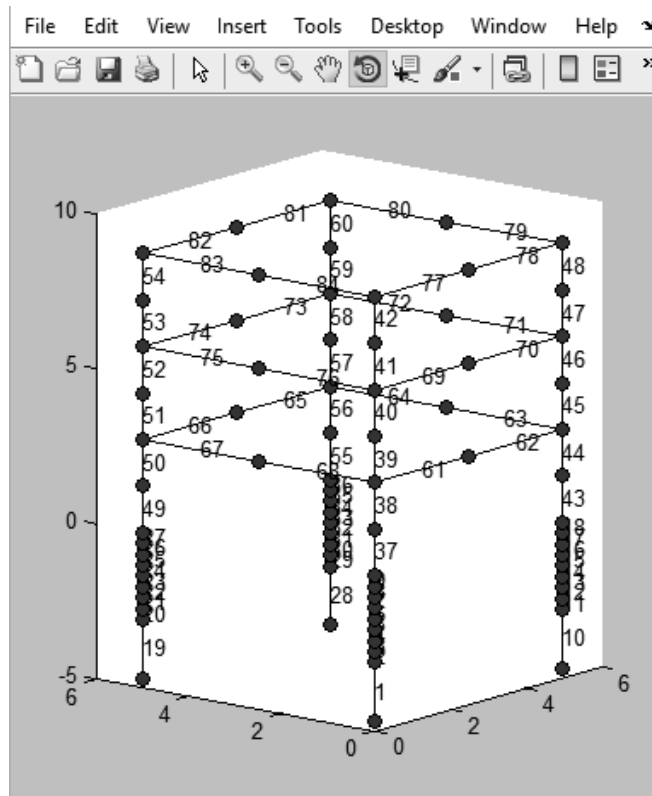
Tính toán bằng số dưới đây được thực hiện nhằm kiểm tra độ tin cậy của các thuật toán và chương trình đã lập. Nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương của kết cấu thanh - cọc (Hình 3) bằng tham số chuyển vị của kết cấu.



Hình 3. Mô hình kết cấu của tính toán bằng số



Hình 4. Sơ đồ đánh số nút



Hình 5. Sơ đồ đánh số phần tử

* Số liệu xuất phát.

- Kết cấu hệ thanh - cọc làm bằng thép ống, kích thước như trên Hình 3, tiết diện ngang các thanh trên mặt đất và cọc loại $\phi 219 \times 12 \text{ mm}$; mô đun đàn hồi của thép: $E = 2.1 \cdot 10^7 \text{ T/m}^2$; trọng lượng riêng thép: $\gamma = \rho / g = 7,8 \text{ T/m}^3$, tải trọng tác dụng $P = 1 \text{ T}$.

- Chọn sai số cho phép: $\varepsilon = 0,5\%$

- Biến trạng thái là chuyển vị theo phương x tại các nút 48, 50, 64, 68.

- Véc tơ đo đạc (giả định):

$$W^0 = [u_{48}^{48} \ u_{50}^{50} \ u_{64}^{64} \ u_{68}^{68}]^T = [4,07 \cdot 10^{-3} \ 9,85 \cdot 10^{-4} \ 4,06 \cdot 10^{-5} \ 2,64 \cdot 10^{-2}]^T \quad (a)$$

Đây thực chất không phải là các giá trị đo đạc thật mà là kết quả tính toán lý thuyết của một trạng thái cho trước đối với kết cấu thanh - cọc với véc tơ chiều sâu ngàm tương đương sau đây:

$$l_{tt} = [l_{tt,1} \ l_{tt,2} \ l_{tt,3} \ l_{tt,4}] = [1,1 \ 0,9 \ 1,1 \ 0,7] \text{ (m)}. \quad (b)$$

* Rời rạc hoá PTHH đối với kết cấu: Sơ đồ đánh số nút, số phần tử được thể hiện trên Hình 4, 5. Trong đó chiều sâu ngàm tương đương có thể được xác định sơ bộ theo [3]: $l_{tt} = (3,5 - 8,5) \cdot D$, D là đường kính cọc, $D = 0,219 \text{ m}$. Trong bài toán này giá trị chiều sâu ngàm tương đương dự đoán có thể là $l_{tt} = 0,7 \div 1,9 \text{ m}$, với bước thay đổi chiều dài phần tử cọc là $0,2 \text{ m}$, sẽ có 07 giá trị chiều sâu ngàm tương đương của mỗi cọc.

* Trường hợp 1: Coi chiều sâu ngàm tương đương của các cọc là như nhau, khi đó số lượng tham số cần nhận dạng là 01 tham số ($l_{tt,1}$).

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$l_{tt} = [l_{tt,1} \ l_{tt,2} \ l_{tt,3} \ l_{tt,4}]^T = [l_{tt,1} \ l_{tt,1} \ l_{tt,1} \ l_{tt,1}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 01 tham số.}$$

Véc tơ chiều sâu ngàm tương đương ban đầu được chọn là:

$$l_{tt}^0 = [l_{tt,1}^0 \ l_{tt,2}^0 \ l_{tt,3}^0 \ l_{tt,4}^0]^T = [0,7 \ 0,7 \ 0,7 \ 0,7]^T \text{ (m).}$$

- Số trường hợp tính toán: 07 trường hợp (tương ứng 07 giá trị chiều sâu ngàm tương đương).

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:

$$\delta_{\min}^2 = \delta_3^2 = 2,02.10^{-10}, \text{ tương ứng véc tơ tham số trạng thái}$$

$$\mathbf{W}_3^c = [u_x^{48} \ u_x^{50} \ u_x^{64} \ u_x^{68}]^T = [4,073.10^{-3} \ 9,86.10^{-4} \ 4,03.10^{-5} \ 2,64.10^{-2}]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là

$$\mathbf{I}_{tt} = \mathbf{I}_{tt}^3 = [1,1 \ 1,1 \ 1,1 \ 1,1]^T \text{ m.}$$

* Trường hợp 2: Coi kết cấu là đối xứng, có 2 cặp chiều sâu ngàm giống nhau, do đó chiều sâu ngàm tương đương khi đó là $\mathbf{I}_{tt,1} = \mathbf{I}_{tt,2}$, $\mathbf{I}_{tt,3} = \mathbf{I}_{tt,4}$.

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$\mathbf{I}_{tt} = [\mathbf{I}_{tt,1} \ \mathbf{I}_{tt,2} \ \mathbf{I}_{tt,3} \ \mathbf{I}_{tt,4}]^T = [\mathbf{I}_{tt,1} \ \mathbf{I}_{tt,1} \ \mathbf{I}_{tt,3} \ \mathbf{I}_{tt,3}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 02 tham số.}$$

Véc tơ chiều sâu ngàm tương đương ban đầu được chọn như trường hợp 1.

- Số trường hợp tính toán: 49 (tương ứng 49 bộ giá trị chiều sâu ngàm tương đương).

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:

$$\delta_{\min}^2 = \delta_9^2 = 9,43.10^{-12}, \text{ tương ứng véc tơ tham số trạng thái}$$

$$\mathbf{W}_9^c = [u_x^{48} \ u_x^{50} \ u_x^{64} \ u_x^{68}]^T = [4,07.10^{-3} \ 9,85.10^{-4} \ 4,05.10^{-5} \ 2,64.10^{-2}]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là

$$\mathbf{I}_{tt} = \mathbf{I}_{tt}^9 = [0,9 \ 0,9 \ 1,1 \ 1,1]^T \text{ m.}$$

* Trường hợp 3: Coi chiều sâu ngàm tương đương của các cọc là khác nhau (bài toán tổng quát).

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$\mathbf{I}_{tt} = [\mathbf{I}_{tt,1} \ \mathbf{I}_{tt,2} \ \mathbf{I}_{tt,3} \ \mathbf{I}_{tt,4}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 04 tham số.}$$

Véc tơ chiều sâu ngàm tương đương ban đầu được chọn như trường hợp 1.

- Số trường hợp tính toán: 2401 (tương ứng 2401 bộ giá trị chiều sâu ngàm tương đương).

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:

$$\delta_{\min}^2 = \delta_{1149}^2 = 7,5.10^{-20}, \text{ tương ứng véc tơ tham số trạng thái}$$

$$\mathbf{W}_{1149}^c = [u_x^{48} \ u_x^{50} \ u_x^{64} \ u_x^{68}]^T = [4,07.10^{-3} \ 9,85.10^{-4} \ 4,06.10^{-5} \ 2,64.10^{-2}]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là

$$\mathbf{I}_{tt} = \mathbf{I}_{tt}^{1149} = [1,1 \ 0,9 \ 1,1 \ 0,7]^T \text{ m.}$$

6. KẾT LUẬN:

- Khi tính toán trường hợp 1, vì coi chiều sâu ngàm các cọc giống nhau, khác với trạng thái đo đạc (giả định) - là kết quả tính toán lý thuyết của một trạng thái cho trước với chiều sâu ngàm của các cọc là khác nhau - nên sai số lớn hơn trường hợp 2, trường hợp 3. Tuy nhiên số trường hợp tính toán ít hơn (07 trường hợp) nên thời gian tính toán nhanh hơn.

- Khi tính toán trường hợp 2, vì coi kết cấu là đối xứng, có 2 cặp chiều sâu ngàm giống nhau, khác với trạng thái đo đạc (giả định) - là kết quả tính toán lý thuyết của một trạng thái cho trước với chiều sâu ngàm của các cọc là khác nhau - nên sai số lớn hơn trường hợp 3, nhưng nhỏ hơn trường hợp 1, và số trường hợp tính toán (49 trường hợp) cũng ít hơn trường hợp 3.

- Khi tính toán trường hợp 3, là trường hợp coi chiều sâu ngàm của các cọc là khác nhau như trạng thái đo đạc giả định, nên quả

toán gần như chính xác, chỉ còn là sai số tính toán toán học, tuy nhiên số trường hợp tính toán nhiều (2401 trường hợp), thời gian tính lâu hơn.

- Chiều sâu ngàm tương đương được nhận dạng trong trường hợp 3 trùng với chiều sâu ngàm tương đương của trạng thái đo đạc giả định, do đó kết quả bài toán nghiên cứu là đáng tin cậy, có thể sử dụng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận (tự động hóa thay đổi, xác định các bộ giá trị chiều sâu ngàm tương đương trên máy tính) để nhận dạng chiều sâu ngàm tương đương từ tham số đo đạc là chuyển vị kết cấu, trên cơ sở đó cập nhật sơ đồ tính để tính toán trạng thái ứng suất, biến dạng, các tham số động lực học của kết cấu, làm căn cứ đánh giá trạng thái kỹ thuật hiện tại của công trình và đề xuất các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết để duy trì sự làm việc bình thường của công trình trong thời gian tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tiêu chuẩn ngành 20 TCN 21:1986 về Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2]. Bathe K.J. and Wilson E.L., 1996, Finite element method, Prentice-Hall International, Inc.
- [3]. American Petroleum Institute (2003), Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms - Working Stress Design (Washington: API Publications).
- [4]. Bùi Đức Chính (2003), Áp dụng bệnh học công trình và tin học trong đánh giá kết cấu nhịp đơn giản cầu bê tông cốt thép thường trên đường ô tô, Viện KH&CN Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Xuân Bằng (2013), Nhận dạng liên kết trên bề mặt tiếp xúc giữa móng cọc và nền đàn hồi, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật quân sự.
- [6]. Xác định chiều sâu ngàm tương đương hệ kết cấu thanh - cọc bằng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận (2017), Tạp chí Xây dựng, số tháng 7/2017, 66-69.

Định hướng tiếp cận dựa trên hiệu suất và quản lý rủi ro trong đánh giá an toàn kết cấu công trình hàng không

Performance-based and risk-managed approach to Structural safety assessment of Aviation facilities

> TS NGUYỄN PHI LONG*, TS NGUYỄN THỊ THU TRÀ

Khoa Xây dựng, Học viện Hàng không Việt Nam; *Email: longnp@vaa.edu.vn

TÓM TẮT

Ngành hàng không Việt Nam đang trải qua giai đoạn tăng trưởng mạnh mẽ, tạo ra áp lực đáng kể lên hệ thống hạ tầng kỹ thuật và đòi hỏi sự chuyển đổi cấp thiết trong triết lý quản lý an toàn kết cấu. Nghiên cứu này phân tích sâu các khoảng trống kỹ thuật và pháp lý trong hệ thống tiêu chuẩn hiện hành, vốn vẫn đang “vay mượn” tiêu chuẩn từ lĩnh vực xây dựng dân dụng, dẫn tới sự thiếu nhất quán và chưa phù hợp với các loại tải trọng đặc thù của ngành hàng không.

Bằng phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu và tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế hàng đầu (ICAO, FAA, Eurocodes), bài báo đề xuất một định hướng xây dựng khung Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) chuyên ngành. Khung tiêu chuẩn mới được xây dựng dựa trên phương pháp luận tiên tiến là Đánh giá dựa trên Hiệu suất (PBA) và Quản lý Rủi ro, tích hợp các công nghệ hiện đại như Kiểm tra không phá hủy (NDT) và Giám sát sức khỏe kết cấu (SHM). Các tiêu chí kỹ thuật định lượng chi tiết được đề xuất cho các công trình cốt lõi như Nhà ga hành khách, Đài kiểm soát không lưu và Trung tâm kiểm soát đường dài, nhằm mục tiêu nâng cao năng lực quản lý, đảm bảo an toàn khai thác và tính bền vững cho hạ tầng hàng không quốc gia.

Từ khóa: An toàn kết cấu, công trình hàng không, Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN), đánh giá dựa trên hiệu suất (PBA), quản lý rủi ro, giám sát sức khỏe kết cấu (SHM).

ABSTRACT

Vietnam's aviation sector is undergoing a phase of extraordinary growth, exerting immense pressure on technical infrastructure systems and necessitating an urgent paradigm shift in structural safety management philosophy. This study conducts an in-depth analysis of the technical and regulatory gaps in the existing standards framework, which currently relies on "borrowed" provisions from civil construction domains, resulting in inconsistencies and incompatibilities with the aviation-specific loading regimes. Employing synthesis, documentary analysis, and cross-referencing with leading international standards (ICAO, FAA, Eurocodes), the paper proposes a strategic framework for developing specialized Vietnamese National Standards (TCVN). The proposed standards framework is grounded in advanced methodologies, namely Performance-Based Assessment (PBA) and Risk Management, while integrating contemporary technologies such as Non-Destructive Testing (NDT) and Structural Health Monitoring (SHM). Detailed quantitative technical criteria are formulated for core aviation facilities, including Passenger Terminals, Air Traffic Control Towers, and Area Control Centers, with the objectives of enhancing management capacity, ensuring operational safety, and promoting sustainability of the national aviation infrastructure.

Keywords: Structural safety, aviation structures, Vietnamese National Standards (TCVN), performance-based assessment (PBA), risk management, structural health monitoring (SHM).

1. GIỚI THIỆU

Ngành hàng không dân dụng Việt Nam đang chứng kiến tốc độ tăng trưởng mạnh mẽ, với lượng hành khách liên tục duy trì mức tăng 15-20% mỗi năm, tạo áp lực lớn lên hệ thống hạ tầng cảng hàng không hiện có cũng như các dự án trọng điểm trong tương lai, điển hình là Cảng Hàng không Quốc tế Long Thành. Trong bối cảnh đó, an toàn kết

cấu công trình không chỉ còn là một vấn đề kỹ thuật thuần túy mà đã trở thành trụ cột nền tảng, giữ vai trò then chốt đối với sự an toàn, hiệu quả và phát triển bền vững của toàn ngành. Tuy nhiên, một khoảng trống pháp lý và kỹ thuật cốt lõi vẫn tồn tại: Việt Nam hiện chưa có một bộ Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) chuyên ngành, được “thiết kế” phù hợp với đặc điểm kết cấu phức tạp và điều kiện khai thác đặc thù của hệ

thống cảng hàng không. Công tác đánh giá hiện nay chủ yếu dựa trên việc kết hợp rời rạc các tiêu chuẩn xây dựng dân dụng như TCVN 5574:2018 hay TCVN 5575:2012, dẫn đến quá trình đánh giá mang tính tùy nghi, thiếu nhất quán và chưa đáp ứng yêu cầu khoa học cần thiết để quản lý rủi ro một cách hiệu quả.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm giải quyết khoảng trống nói trên, với mục tiêu chiến lược là đề xuất định hướng xây dựng một bộ TCVN chuyên biệt, có khả năng: (1) hài hòa với các tiêu chuẩn quốc tế (ICAO, FAA); (2) thích ứng với các điều kiện đặc thù của Việt Nam; và (3) chuẩn hóa việc áp dụng các công nghệ quản lý tiên tiến.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khung pháp lý và tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành của Việt Nam

Hệ thống quản lý an toàn công trình hàng không tại Việt Nam đã được thiết lập một nền móng pháp lý và quy trình quản lý vững chắc. Các văn bản pháp lý cấp cao như Nghị định số 06/2021/NĐ-CP (NĐ 06) của Chính phủ và Thông tư số 24/2021/TT-BGTVT (TT 24) của Bộ Giao thông vận tải đã hoàn thành vai trò xác định rõ "cái gì" cần phải quản lý (an toàn kết cấu), ai là người chịu trách nhiệm (chủ sở hữu/người quản lý), và khi nào cần thực hiện (tần suất). TT 24 đã vạch ra một lộ trình thực hiện bài bản, có tính quy trình cao.

Tuy nhiên, kết quả phân tích hệ thống cho thấy khoảng trống pháp lý và kỹ thuật cốt lõi đã được nhận diện rõ ràng. Hạn chế lớn nhất nằm ở việc thiếu một bộ Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) chuyên ngành, thống nhất, quy định phương pháp luận, các chỉ tiêu định lượng và các ngưỡng đánh giá được "thiết kế" riêng cho kết cấu cảng hàng không. Nói cách khác, hệ thống pháp luật hiện nay mạnh về quy trình nhưng lại thiếu các "công cụ kỹ thuật" để trả lời câu hỏi cốt lõi: đánh giá bằng cái gì

Sự thiếu hụt này dẫn đến thực trạng công tác đánh giá an toàn kết cấu phải "vay mượn" hoặc kết hợp rời rạc các tiêu chuẩn từ lĩnh vực xây dựng dân dụng và công nghiệp, làm giảm tính thống nhất và độ tin cậy trong đánh giá. Hiện nay, các tiêu chuẩn nền tảng đang được vận dụng bao gồm:

- **TCVN 5574:2018** (Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép).
- **TCVN 5575:2012** (Kết cấu thép).
- **TCVN 9381:2012** (Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà).
- **TCVN 2737:2023** (Tải trọng và tác động).

Việc áp dụng các tiêu chuẩn chung này tạo ra rủi ro tiềm tàng. Các tiêu chuẩn này không được xây dựng để giải quyết các vấn đề kỹ thuật phức tạp và đặc thù của công trình hàng không, chẳng hạn như tải trọng động từ hệ thống băng chuyền hành lý, tải trọng rung động từ hoạt động của cầu ống lồng, tải trọng mật độ cao của đám đông tại nhà ga, tải trọng khai thác đặc thù từ thiết bị công nghệ cao trong Đài Kiểm soát không lưu (ATCT) và Trung tâm Kiểm soát đường dài (ACC). Hậu quả là việc đánh giá có thể được thực hiện một cách tùy nghi, dựa trên kinh nghiệm chủ quan của từng đơn vị kiểm định, dẫn đến kết quả thiếu nhất quán, khó so sánh và không đảm bảo tính khách quan cần thiết. Đây chính là luận cứ khoa học vững chắc nhất khẳng định tính cấp thiết của việc xây dựng bộ tiêu chuẩn chuyên ngành.

2.2. Tham chiếu quốc tế và các phương pháp luận tiên tiến

Để nâng cao chất lượng kỹ thuật, khắc phục hạn chế của tiêu chuẩn quốc gia, và đảm bảo khả năng tương thích quốc tế, việc tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế uy tín là một định hướng chiến lược.

2.3. Các tiêu chuẩn và khung pháp lý quốc tế cốt lõi

Việt Nam cần từng bước tích hợp và hài hòa hóa có chọn lọc các nguyên tắc từ ba hệ thống tiêu chuẩn hàng đầu:

- ICAO (Tổ chức Hàng không dân dụng Quốc tế): Cung cấp định hướng vĩ mô và khuôn khổ cho Hệ thống Quản lý an toàn (SMS). ICAO Annex 14 (Aerodromes) đưa ra các yêu cầu chung về quy hoạch và thiết kế sân bay, trong khi ICAO Annex 19 (Safety Management) và Doc 9137

(Airport Services Manual) yêu cầu nhận diện mối nguy và quản lý rủi ro chủ động liên quan đến kết cấu hạ tầng. Các tiêu chuẩn của ICAO chủ yếu tập trung vào các yêu cầu mang tính nguyên tắc chung và khía cạnh an toàn vận hành, ít đi sâu vào chi tiết kết cấu.

- FAA (Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ): Cung cấp các hướng dẫn kỹ thuật chi tiết, có tính thực tiễn và khả thi cao dưới dạng Advisory Circulars (ACs), rất hữu ích cho việc xây dựng TCVN chi tiết. FAA cung cấp kinh nghiệm thực tiễn và chi tiết kỹ thuật sâu rộng về thiết kế, xây dựng, bảo trì sân bay.

- Eurocodes (Tiêu chuẩn châu Âu): Cung cấp nền tảng lý thuyết và kỹ thuật vững chắc cho thiết kế kết cấu, sử dụng phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn (Limit State Design - LSD). Đặc biệt, Eurocodes có cơ chế Thống số được Xác định ở Cấp Quốc gia (Nationally Determined Parameters - NDPs), cho phép các quốc gia thành viên điều chỉnh một số giá trị thiết kế (như hệ số an toàn, tải trọng địa phương) theo điều kiện quốc gia. Đây là mô hình rất phù hợp để Việt Nam "nội địa hóa" các quy tắc kỹ thuật.

2.4. Phương pháp luận đánh giá tiên tiến

Thế giới đang chuyển dịch từ mô hình quản lý an toàn bị động sang mô hình chủ động và tiên lượng (proactive/predictive).

- Đánh giá dựa trên Hiệu suất (Performance-Based Assessment - PBA): Là triết lý quản lý mới, tập trung vào việc định lượng hóa các mục tiêu hiệu suất (ví dụ: tuổi thọ còn lại, giới hạn biến dạng, thời gian sơ tán ≤ 7 phút) thay vì chỉ tuân thủ quy định. PBA yêu cầu công trình phải chứng minh khả năng đạt được các mục tiêu an toàn cụ thể thông qua các công cụ khoa học như mô phỏng.

- Quản lý rủi ro chủ động: Triết lý này, được thúc đẩy bởi ICAO Annex 19, yêu cầu nhận diện, đánh giá và giảm thiểu rủi ro liên tục, xây dựng các quy trình quản lý động và có tính hệ thống. Việt Nam cần chuyển đổi từ triết lý dựa trên tuân thủ quy tắc sang quản lý dựa trên rủi ro.

- Tích hợp công nghệ tiên tiến: Chuẩn hóa quy trình ứng dụng các công nghệ hiện đại là yếu tố cốt lõi. Các công nghệ bao gồm:

- Kiểm tra không phá hủy (NDT): Sử dụng các phương pháp như Siêu âm vận tốc xung (UPV), đo điện thế ăn mòn (Half-cell Potential), Radar xuyên đất (GPR), và Chụp ảnh nhiệt hồng ngoại (IRT) để đánh giá tình trạng vật liệu và hư hỏng tiềm ẩn bên trong.

- Giám sát sức khỏe kết cấu (SHM): Sử dụng hệ thống cảm biến để thu thập dữ liệu vận hành theo thời gian thực (biến dạng, rung động) để hỗ trợ bảo trì dự báo.

- Mô phỏng phần tử hữu hạn (FEM) và BIM/Digital Twin: Ứng dụng mô phỏng động lực học để kiểm chứng thiết kế và đánh giá lại khả năng chịu lực của các kết cấu phức tạp.

2.5. Nguyên tắc nội địa hóa (Localization) và thích ứng hóa (Adaptation)

Việc áp dụng tiêu chuẩn quốc tế cần phải được "thích ứng hóa" để phù hợp với điều kiện Việt Nam. Nguyên tắc này yêu cầu điều chỉnh các thông số thiết kế dựa trên các yếu tố đặc thù trong nước:

- Tải trọng và Hệ số an toàn: Cần điều chỉnh các tham số thiết kế (NDPs) như hệ số tầm quan trọng (γ_n) đối với tải trọng gió không nhỏ hơn 1.2 (theo TCVN 2737:2023) và hệ số tầm quan trọng (γ_l) đối với tác động động đất không nhỏ hơn 1.25 (theo TCVN 9386:2012). Chu kỳ lặp của gió thiết kế cho công trình quan trọng như ACC cần là tối thiểu 100 năm.

- Rung động và Ổn định: Thiết lập các giới hạn nghiêm ngặt về rung động và tần số dao động riêng (≤ 0.05 mm/s RMS và ≥ 15 Hz) cho các sàn thiết bị công nghệ nhạy cảm trong ACC, vượt qua các giới hạn chung của TCVN hiện hành.

- Môi trường xâm thực: Khí hậu nhiệt đới ẩm, nguy cơ ăn mòn cao ở vùng ven biển. Cần tăng cường quy định về độ bền lâu (Durability), bao gồm việc sử dụng vật liệu chống ăn mòn, tăng chiều dày lớp bảo vệ bê tông cốt thép, và kiểm tra điện thế ăn mòn cốt thép ($E < -350$ mV là nguy cơ cao).

- Tính khả thi kinh tế - kỹ thuật: Bộ tiêu chí phải cân bằng giữa yêu cầu kỹ thuật cao và khả năng đáp ứng về chi phí, vật liệu, và năng lực thi công tại Việt Nam. Cần khuyến khích các giải pháp có chi phí hợp lý và ưu tiên các giải pháp an toàn hiệu quả về mặt kinh tế.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này được xây dựng trên một phương pháp luận tổng hợp, hệ thống và đa chiều, nhằm giải quyết triệt để khoảng trống kỹ thuật cốt lõi hiện có trong hệ thống tiêu chuẩn quốc gia. Triết lý xuyên suốt là chuyển đổi mô hình quản lý an toàn từ bị động, dựa trên tuân thủ quy tắc sang mô hình chủ động, dựa trên dữ liệu và khả năng dự báo. Phương pháp nghiên cứu bao gồm các bước chính sau:

3.1. Phân tích tài liệu

Bước nền tảng này nhằm rà soát, hệ thống hóa và đánh giá tính đầy đủ, đồng bộ của khung pháp lý và kỹ thuật hiện hành tại Việt Nam.

- Phân tích khung pháp lý và quy trình: Nghiên cứu đi sâu vào các văn bản pháp lý cấp cao như Nghị định số 06/2021/NĐ-CP (NĐ 06) và Thông tư số 24/2021/TT-BGTVT (TT 24). Phân tích đã khẳng định NĐ 06 đã hoàn thành vai trò xác định rõ "cái gì" cần làm và "ai" chịu trách nhiệm, trong khi TT 24 cụ thể hóa quy trình quản lý, tần suất kiểm tra (ví dụ: Đài Kiểm soát không lưu là 12 tháng/lần, Nhà ga hành khách là 36 tháng/lần).

- Đánh giá Hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật (TCVN): Nghiên cứu đã phân tích các tiêu chuẩn đang được "vay mượn" từ lĩnh vực xây dựng dân dụng và công nghiệp, bao gồm TCVN 5574:2018 (Bê tông cốt thép), TCVN 5575:2012 (Kết cấu thép), TCVN 9381:2012 (Đánh giá mức độ

nguy hiểm của kết cấu nhà), và TCVN 2737:2023 (Tải trọng và tác động). Kết quả phân tích chỉ ra rằng việc áp dụng các tiêu chuẩn chung này tạo ra kết quả đánh giá thiếu nhất quán, khó so sánh và không đảm bảo tính khách quan cần thiết cho các công trình hàng không đặc thù.

3.2. Nghiên cứu so sánh

Bước này thực hiện đối chiếu hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam với các bộ tiêu chuẩn quốc tế uy tín, nhằm nhận diện sự khác biệt về triết lý, phương pháp luận và các chỉ tiêu kỹ thuật cốt lõi.

1. Tham chiếu Hệ thống Quốc tế: Nghiên cứu tham khảo tích cực các tiêu chuẩn và khuyến nghị sau:

- ICAO (Annex 14, Annex 19, Doc 9157): Cung cấp định hướng vĩ mô và khuôn khổ cho Hệ thống Quản lý an toàn (SMS). Ví dụ, ICAO Annex 14 yêu cầu khả năng chịu lửa tối thiểu 120 phút cho nhà ga, vượt trội so với TCVN 2622:1995 (60 phút).

- FAA (Advisory Circulars): Cung cấp tính thực tiễn và chi tiết kỹ thuật cao, đặc biệt về quy trình bảo trì, thiết kế và vật liệu.

- Eurocodes: Cung cấp nền tảng lý thuyết vững chắc (phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn) và cơ chế Thông số xác định ở cấp quốc gia (NDPs) để nội địa hóa tiêu chuẩn.

2. Xác định Khoảng trống kỹ thuật: Qua đối chiếu, nghiên cứu đã lượng hóa các khoảng trống cần lấp đầy, ví dụ: thiếu các chỉ tiêu định lượng về rung động cho sàn thiết bị ACC (cần đạt $\leq 0.05 \text{ mm/s RMS}$ và $\geq 15 \text{ Hz}$; thiếu quy định chuyên biệt về tải trọng khai thác đặc thù (mật độ người, băng chuyển hành lý).

Bảng 1. Tóm tắt So sánh và Khoảng trống tiêu chuẩn

Tiêu chí	Tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành (TCVN, TCCS chung)	Tiêu chuẩn quốc tế (ICAO, FAA, Eurocodes)	Khoảng trống/Hạn chế của TCVN Việt Nam
Phạm vi	Xây dựng dân dụng, công nghiệp chung.	Chuyên biệt cho hàng không, toàn diện.	Thiếu tính chuyên biệt cho hàng không, chưa bao quát hết các yêu cầu đặc thù.
Trọng tâm	Thiết kế, thi công, chất lượng chung.	An toàn khai thác, hiệu suất, quản lý rủi ro, vật liệu, phân tích kết cấu chi tiết.	Ít tập trung vào phương pháp đánh giá an toàn, dự báo tuổi thọ, quản lý rủi ro cụ thể cho cảng hàng không.
Tải trọng	Tải trọng thông thường, ít đề cập đến tải trọng động đặc thù của máy bay,.	Đề cập chi tiết tải trọng máy bay (ACN-PCN, ADG, TDG), tải trọng động, rung động, ảnh hưởng môi trường.	Chưa có quy định cụ thể về tính toán tải trọng khai thác đặc thù, tải trọng động, ảnh hưởng của môi trường đặc biệt cho kết cấu cảng hàng không.
An toàn & Đánh giá	Ít đề cập đến các khía cạnh an toàn chuyên sâu. Phương pháp đánh giá chung chung.	Tích hợp an toàn, quy trình đánh giá chi tiết, có chỉ số định lượng, phương pháp phân tích hiện đại.	Hạn chế về phương pháp đánh giá định lượng, thiếu các chỉ số đánh giá rủi ro chuyên biệt, chưa có hướng dẫn chi tiết về áp dụng NDT, SHM, AI trong đánh giá an toàn.
Tính địa phương	Ít có cơ chế điều chỉnh theo điều kiện địa phương.	Có cơ chế NDPs cho phép điều chỉnh theo điều kiện quốc gia,.	Cần có cơ chế để điều chỉnh tiêu chuẩn cho phù hợp với điều kiện khí hậu, địa chất, kinh tế - kỹ thuật đặc thù của Việt Nam

3.3. Tổng hợp và đề xuất

Đây là bước cốt lõi, chuyển hóa kết quả phân tích thành các định hướng xây dựng khung tiêu chuẩn mới.

1. Định hình triết lý và phương pháp luận: Khung tiêu chuẩn mới được xây dựng trên nền tảng triết lý Đánh giá dựa trên hiệu suất (PBA) và Quản lý rủi ro chủ động (SMS). Phương pháp luận đánh giá phải chuyển từ định tính sang định lượng, bảo đảm khoa học và dựa trên nguyên tắc Trạng thái giới hạn (Limit State Design - LSD).

2. Nội địa hóa và điều chỉnh thông số kỹ thuật (Localization and Adaptation): Nghiên cứu kiến nghị áp dụng cơ chế tương tự NDPs của Eurocodes để điều chỉnh các tham số thiết kế phù hợp với điều kiện Việt Nam (khí hậu nhiệt đới, ăn mòn ven biển). Cụ thể, yêu cầu hệ số tầm quan trọng (γ_n) đối với tải trọng gió không nhỏ hơn 1,2 và hệ số tầm quan trọng (γ_f) đối với tác động động đất không nhỏ hơn 1,25.

3. Chuẩn hóa công nghệ: Tiêu chuẩn hóa việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến như Kiểm tra không phá hủy (NDT) (ví dụ: Siêu âm, GPR, Chụp ảnh nhiệt, Đo điện thế Ăn mòn) và Hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu (SHM) để thu thập dữ liệu định lượng và hỗ trợ bảo trì dự báo.

4. Thử nghiệm và Xác thực dự thảo tiêu chuẩn: Để xác thực tính hiệu quả và khả thi của dự thảo TCVN, một quy trình thử nghiệm được xây dựng để áp dụng trên ba hạng mục công trình điển hình: Nhà ga hành khách, Đài Kiểm soát không lưu (ATCT) và Trung tâm Kiểm soát đường dài (ACC). Hoạt động này nhằm thu thập dữ liệu định lượng (biến dạng, rung động, độ bền vật liệu) để tinh chỉnh các giới hạn kỹ thuật trong dự thảo.

Việc áp dụng phương pháp luận tổng hợp và nghiêm ngặt này đảm bảo rằng bộ tiêu chí an toàn đề xuất không chỉ đáp ứng các chuẩn mực quốc tế mà còn có tính khả thi cao trong môi trường vận hành thực tế tại Việt Nam.

Bảng 2. So sánh tóm tắt các Tiêu chuẩn quốc tế chính và mức độ liên quan đến Việt Nam

Tiêu chí	ICAO (Annex 14, Doc 9157)	FAA (Advisory Circulars - ACs)	Eurocodes (EN 1990-1998)	Mức độ liên quan và cách Việt Nam tham chiếu
Phạm vi	Toàn cầu, quy hoạch, thiết kế sân bay, vận hành bay, an toàn chung.	Quốc gia (Hoa Kỳ), rất chi tiết kỹ thuật cho thiết kế, xây dựng, bảo trì sân bay.	Châu Âu và quốc tế, bộ tiêu chuẩn thiết kế kết cấu toàn diện cho nhiều loại công trình.	Việt Nam cần tích hợp cả ba cấp độ: nguyên tắc chung từ ICAO, chi tiết thực tiễn từ FAA, và nền tảng kỹ thuật từ Eurocodes.
Trọng tâm	Nguyên tắc vận hành, an toàn bay, thiết kế bề mặt sân bay, ít chi tiết tính toán kết cấu.	Chi tiết kỹ thuật, vật liệu, quy trình thi công/bảo trì, an toàn khai thác sân bay.	Nền tảng kỹ thuật, phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn (Limit State Design), nguyên tắc về an toàn, sử dụng và độ bền.	ICAO: Nền tảng quốc tế về an toàn chung, quy hoạch. FAA: Nguồn tham khảo chi tiết, thực tiễn cho thiết kế, xây dựng, bảo trì và đánh giá, đặc biệt trong các dự án hợp tác. Eurocodes: Nguồn tham khảo cho nguyên tắc thiết kế kết cấu, vật liệu, nhưng cần điều chỉnh đặc thù sân bay và Việt Nam.
Đối với Kết cấu	Cung cấp yêu cầu chung về kích thước, tải trọng (ACN-PCN), ít chi tiết tính toán.	Chi tiết về thiết kế đường băng, đường lăn, sân đỗ, vật liệu, móng, chịu tải.	Cung cấp phương pháp luận chi tiết về tính toán kết cấu (bê tông, thép, liên hợp), tải trọng, vật liệu, độ bền, ổn định.	Cần tham chiếu FAA cho các yêu cầu kỹ thuật cụ thể và Eurocodes cho phương pháp tính toán sâu hơn.
Lý do Tham chiếu	Đảm bảo an toàn toàn cầu, hội nhập quốc tế.	Tính thực tiễn cao, chi tiết, có thể áp dụng trực tiếp cho các dự án.	Nền tảng khoa học vững chắc, linh hoạt điều chỉnh theo quốc gia thông qua cơ chế NDPs.	Để tiếp thu kinh nghiệm, nâng cao chất lượng, đảm bảo an toàn, hội nhập quốc tế, và làm cơ sở xây dựng TCVN chuyên ngành.
Thách thức khi áp dụng tại VN	Ít chi tiết về kết cấu, cần bổ sung.	Khác biệt về điều kiện kinh tế, khí hậu, môi trường, có thể cần điều chỉnh.	Cần điều chỉnh NDPs (Nationally Determined Parameters), bổ sung cho đặc thù sân bay, điều kiện khí hậu, kinh tế Việt Nam.	Khí hậu và Môi trường: Nhiệt đới, ẩm, ăn mòn, biến đổi khí hậu (cần điều chỉnh vật liệu, hệ số an toàn). Kinh tế: Chi phí cao của một số công nghệ/vật liệu quốc tế. Tính đặc thù: Cần bổ sung các tải trọng, điều kiện khai thác đặc thù của Việt Nam.

4. BÀI TOÁN ÁP DỤNG

Để cụ thể hóa định hướng xây dựng tiêu chuẩn, nghiên cứu áp dụng khung phương pháp luận đã đề xuất (PBA và Quản lý Rủi ro) để xây dựng bộ tiêu chí kỹ thuật chuyên biệt cho ba loại hình công trình hạ tầng hàng không cốt lõi, vốn có yêu cầu về an toàn và tính liên tục hoạt động ở các cấp độ khác nhau: Nhà ga hành khách, Đài Kiểm soát Không lưu, và Trung tâm Kiểm soát đường dài.

4.1. Nhà ga hành khách (Passenger Terminal): An toàn con người và khả năng ứng phó

Nhà ga hành khách là công trình công cộng quy mô lớn, nơi tập trung mật độ người cao nhất trong toàn bộ cảng hàng không. Do đó, tiêu chí an toàn phải tập trung vào An toàn con người (Life Safety), An toàn chịu lực của kết cấu nhịp lớn, và Khả năng phục hồi (Resilience) của hệ thống phòng cháy chữa cháy (PCCC).

4.1.1. Khả năng chịu lửa và thoát hiểm (Fire Resistance and Egress)

Khoảng trống kỹ thuật lớn nhất trong TCVN hiện hành là yêu cầu về khả năng chịu lửa.

- Giới hạn Chịu lửa bắt buộc: Nâng giới hạn chịu lửa tối thiểu cho các cấu kiện chịu lực chính (cột, dầm, sàn) lên REI 120 (120 phút), tuân thủ ICAO Annex 14 và thông lệ quốc tế tiên tiến, gấp đôi so với yêu cầu 60 phút của TCVN 2622:1995. Việc này cung cấp gấp đôi "thời gian vàng" cho công tác sơ tán và cứu hộ.

- Tiêu chí Hiệu suất thoát hiểm: Thiết lập ngưỡng thời gian sơ tán tối đa 7 phút (≤ 7 phút). Tiêu chí này buộc nhà thiết kế phải tính toán và mô phỏng dòng người (dựa trên EASA) để đảm bảo tính mạng con người là ưu tiên cao nhất.

4.1.2. An toàn kết cấu và tải trọng

- Phân loại và Hệ số tầm quan trọng: Nhà ga hành khách được xếp vào nhóm công trình có cấp hậu quả CC3 (mức độ cao) theo QCVN 03:2022/BXD. Do đó, hệ số độ tin cậy về tầm quan trọng của công trình (γ_n) phải được lấy không nhỏ hơn 1,1 khi kiểm tra khả năng chịu lực.

- Hoạt tải sàn: Hoạt tải tiêu chuẩn tối thiểu trên sàn tại các khu vực tập trung đông người (sảnh chờ, khu thương mại) cần được quy định rõ ràng không nhỏ hơn 5 kN/m².

- Vật liệu bền vững: Bắt buộc sử dụng vật liệu cường độ cao, cụ thể là bê tông cốt thép có cường độ chịu nén đặc trưng tối thiểu 30 MPa (B30) và thép cường độ cao. Việc này trực tiếp nâng cao độ bền lâu và khả năng chống ăn mòn cho kết cấu.

- Điều chỉnh Thông số địa phương (Localization): Cần điều chỉnh các tham số thiết kế (NDPs) như tốc độ gió thiết kế (V_k) và tăng cường chiều dày lớp bê tông bảo vệ để chống nguy cơ ăn mòn cao ở ven biển Việt Nam.

4.2. Đài Kiểm soát không lưu (ATC Tower): An toàn cấp độ đặc biệt (CC3)

Đài Kiểm soát không lưu là công trình có vai trò sống còn (Cấp I hoặc Cấp Đặc biệt/CC3). Mục tiêu thiết kế không chỉ là chống sụp đổ mà phải là Đảm bảo hoạt động liên tục (Operational Continuity) ngay sau các sự kiện cực đoan.

4.2.1. Yêu cầu An toàn chịu lực tuyệt đối

- Hệ số Tầm quan trọng: Dự thảo tiêu chuẩn phải áp dụng các hệ số an toàn cao hơn đáng kể so với công trình thông thường:

+ Hệ số tầm quan trọng (γ_n) đối với tải trọng gió: Không nhỏ hơn

1,2 (theo TCVN 2737:2023).

+ Hệ số tầm quan trọng (γ) đối với tác động động đất: Không nhỏ hơn 1,25 (theo TCVN 9386:2012).

- Phân tích Động lực học: Do đặc thù là kết cấu cao và mảnh, tiêu chuẩn mới cần định hướng sử dụng phương pháp phân tích động lực học gió chi tiết (ASCE 7-16 hoặc Eurocode EN 1991-1-4) thay vì chỉ phân tích tĩnh theo TCVN 2737:2023.

- Kháng Ăn mòn/Giới: Chu kỳ lặp của gió thiết kế cho công trình Cấp Đặc biệt cần là tối thiểu 100 năm. Cần có quy định về giải pháp chống ăn mòn (tăng chiều dày lớp bảo vệ 40 - 50 mm, cốt thép mạ kẽm/phủ epoxy) phù hợp với khí hậu Việt Nam.

4.2.2. Kiểm soát Hiệu năng vận hành (SLS)

- Kiểm soát rung động: Phải xác định và áp dụng giá trị giới hạn khả thi nhất về rung động (vận tốc, gia tốc, tần số dao động) cho kết cấu đỡ. Giới hạn rung động tối đa là 0,1 mm/s RMS tại khu vực thiết bị nhạy cảm.

- Đảm bảo nguồn điện: Tiêu chuẩn cần yêu cầu đảm bảo chuyển đổi nguồn tức thời (0 m/s) cho hệ thống UPS và dưới 10 giây cho nguồn chính (máy phát), tuân thủ ICAO Annex 10, để duy trì hoạt động liên tục.

- PCCC chuyên biệt: Bắt buộc áp dụng tiêu chuẩn NFPA 75 và ưu tiên hệ thống chữa cháy bằng khí sạch hoặc phun sương cho các khu vực chứa thiết bị điện tử nhạy cảm.

4.3. Trung tâm Kiểm soát đường dài (ACC): Khả năng phục hồi tối đa

ACC là CNI (Cơ sở hạ tầng trọng yếu quốc gia), đòi hỏi mức độ dự phòng cao nhất và khả năng chống chịu trước các tác động cực hạn

(Blast Resistance, Cyber Security).

4.3.1. An toàn chịu tải của sàn kỹ thuật

- Khoảng trống: TCVN 2737:2023 thiếu quy định chuyên biệt cho tải trọng thiết bị công nghệ cao.

- Tải trọng Sàn bắt buộc:

+ Hoạt tải phân bố đều (UDL) tại khu vực phòng máy chủ và UPS: Không nhỏ hơn 12 kN/m².

+ Tải trọng tập trung (CL) để kiểm tra khả năng chống chọc thủng: Không nhỏ hơn 10 kN trên diện tích 200 mm x 200 mm.

- Kiểm soát biến dạng sàn: Yêu cầu độ phẳng bề mặt sàn tại khu vực thiết bị nhạy cảm không vượt quá 2 mm trên chiều dài 3 m.

4.3.2. Yêu cầu dự phòng (Redundancy) và PCCC chuyên sâu

- Mức độ dự phòng: Bắt buộc cấu hình dự phòng tối thiểu N+1 cho các hệ thống hạ tầng kỹ thuật cốt lõi (điện, UPS, HVAC), khuyến nghị cấu hình 2N cho các ACC chiến lược.

- Thời gian chuyển mạch: Hệ thống điện dự phòng phải đảm bảo chuyển mạch dưới 10 giây.

- PCCC:

+ Nâng giới hạn chịu lửa ngăn cháy chính lên REI 150 (150 phút) cho các khoang cháy trọng yếu (phòng máy chủ).

+ Bắt buộc sử dụng hệ thống chữa cháy bằng khí sạch (Clean Agent) và phát hiện khói siêu nhạy (VESDA).

+ Các tuyến cáp điện và dữ liệu chính/dự phòng phải được tách biệt vật lý tối thiểu 10 mét và nằm trong các trục kỹ thuật được thiết kế là khoang cháy độc lập để loại bỏ điểm lỗi đơn.

Bảng 3. Tổng hợp bộ Tiêu chí Kỹ thuật chuyên biệt cho công trình hàng không cốt lõi

Hạng mục	Nhà ga hành khách	Đài KSKL (ATC Tower)	Trung tâm KSKL (ACC)	Căn cứ & Luận giải
Phân loại công trình	CC3 (Hậu quả cao)	Cấp đặc biệt/CC3 (Sống còn)	Cấp đặc biệt/CNI (Liên tục hoạt động)	QCVN 03:2022/BXD
Hệ số tầm quan trọng	$\gamma_n \geq 1,1$ (Gió, động đất)	$\gamma_n \geq 1,2$; $\gamma_l \geq 1,25$	$\gamma_n \geq 1,2$; $\gamma_l \geq 1,25$	TCVN 2737/9386
Giới hạn chịu lửa	REI 120 phút	REI 120 phút	REI 150 phút	ICAO Annex 14
Hoạt tải sàn	≥ 5 kN/m (Khu vực chung)	≥ 10 kN/m ² (Khu vực kỹ thuật)	≥ 12 kN/m ² (Phòng máy chủ)	TCVN 2737 cập nhật
Kiểm soát rung động	≥ 10 Hz (fn)	$\leq 0,1$ mm/s RMS (Thiết bị)	$\leq 0,1$ mm/s RMS (Thiết bị)	Bảo vệ thiết bị nhạy cảm
Thiết kế kháng nổ	N/A	Khuyến nghị SRA	Bắt buộc (SRA/DBT, BTCT ≥ 40 MPa)	Bảo vệ CNI

Bảng 4. Sơ thảo đề xuất tham số điều chỉnh theo điều kiện Việt Nam (NDPs)

Hạng mục điều chỉnh	Tham số (NDP)	Cơ sở điều chỉnh	Căn cứ pháp lý/kỹ thuật
1. Tải trọng gió và bão	Tốc độ gió thiết kế (Vk)	Tần suất bão, gió mùa, và điều kiện địa hình đặc thù của Việt Nam.	TCVN 2737:2023; Điều kiện Khí hậu cận nhiệt đới.
	Hệ số tầm quan trọng (γ_n)	Công trình trọng yếu (ACC/ATCT) phải chống chịu bão có chu kỳ lặp tối thiểu 100 năm.	$\gamma_n \geq 1,2$ cho ATC Tower và ACC.
2. Tác động động đất	Hệ số tầm quan trọng (γ_l); Phổ thiết kế (Sd (T))	Phân vùng địa chấn và yêu cầu tính liên tục hoạt động (ACC, ATCT).	TCVN 9386:2012; Yêu cầu $\gamma_l \geq 1,25$ cho công trình cấp I/đặc biệt.
3. Độ bền lâu (Durability)	Chiều dày lớp bảo vệ BT; Loại xi măng/phụ gia	Khí hậu nhiệt đới ẩm, nguy cơ xâm thực ion Cl ⁻ (ăn mòn) cao ở ven biển.	TCVN 5574:2018; Đối với môi trường xâm thực nặng, yêu cầu mác chịu nén $\geq B35$ và chiều dày lớp bảo vệ ≥ 40 mm.
4. Kiểm tra rung động	Ngưỡng vận tốc RMS	Yêu cầu nghiêm ngặt cho thiết bị nhạy cảm trong ACC/ATCT để đảm bảo vận hành liên tục.	Dự thảo TCVN (ACC ≤ 0.05 mm/s RMS); Khu vực thiết bị nhạy cảm ≤ 0.01 mm/s RMS.
5. Tính khả thi và kinh tế	Chi phí/Công nghệ NDT	Cân bằng giữa yêu cầu kỹ thuật cao và khả năng tài chính/năng lực kỹ thuật của các cảng hàng không địa phương.	Đánh giá khả thi kinh tế; Nguyên tắc cân bằng giữa an toàn lý tưởng và nguồn lực quốc gia.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra một cách rõ ràng sự cấp thiết phải chuyển đổi từ triết lý quản lý an toàn bị động, dựa trên tuân thủ quy tắc, sang một mô hình chủ động, dựa trên hiệu suất và quản lý rủi ro phù hợp với xu thế quốc tế trong quản lý an toàn hạ tầng hàng không. Việc xây dựng và ban hành một bộ TCVN chuyên ngành không chỉ giúp khắc phục khoảng trống kỹ thuật và pháp lý lâu nay, mà còn là bước đi có tính chiến lược nhằm nâng cao năng lực quản lý, tăng sức cạnh tranh và thúc đẩy hội nhập quốc tế của ngành hàng không Việt Nam. Tuy nhiên, việc áp dụng thành công khung tiêu chuẩn mới này phải đối mặt với những thách thức mang tính hệ thống. Thách thức lớn nhất không nằm ở công nghệ mà là ở nguồn nhân lực. Hiện tại, chỉ khoảng 30% nhân sự đạt trình độ chuyên môn quốc tế, và thời lượng đào tạo trung bình chỉ đạt 5 ngày/năm/người, thấp hơn nhiều so với khuyến nghị 15 ngày/năm của quốc tế. Nếu không có một chiến lược phát triển nguồn nhân lực đồng bộ, TCVN mới dù được ban hành cũng khó có thể được áp dụng một cách hiệu quả.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định tính cấp thiết của việc xây dựng một bộ TCVN chuyên biệt về đánh giá an toàn kết cấu công trình hàng không nhằm đáp ứng tốc độ phát triển vũ bão của ngành. Các kết luận và kiến nghị chính bao gồm:

Nghiên cứu khẳng định tính cấp thiết của việc xây dựng một bộ TCVN chuyên biệt về đánh giá an toàn kết cấu công trình hàng không nhằm đáp ứng tốc độ phát triển mạnh mẽ của ngành. Các kết luận và kiến nghị chính có thể tóm lược như sau:

1. Phải khắc phục ngay khoảng trống kỹ thuật cốt lõi: Cần luật hóa các ngưỡng an toàn theo tiêu chuẩn quốc tế, như nâng giới hạn chịu lửa của nhà ga lên tối thiểu 120 phút và áp dụng các hệ số tầm quan trọng cao cho các công trình trọng yếu như ATC Tower.

2. Phải chuyển đổi triết lý quản lý: Tiêu chuẩn mới cần được xây dựng trên nền tảng phương pháp luận Đánh giá dựa trên Hiệu suất (PBA) và Quản lý Rủi ro, chuẩn hóa việc áp dụng công nghệ NDT và SHM để chuyển từ bảo trì khắc phục sang bảo trì dự báo.

3. Phải ưu tiên phát triển nguồn nhân lực: Thách thức lớn nhất là con người. Lộ trình quốc gia cần đặt nhiệm vụ đào tạo và phát triển đội ngũ chuyên gia làm trọng tâm trong giai đoạn đầu tiên, đảm bảo năng lực thực thi tiêu chuẩn mới được ban hành.

Việc xây dựng và áp dụng thành công bộ tiêu chuẩn này sẽ là một bước đột phá, góp phần đảm bảo sự phát triển an toàn, hiệu quả và bền vững cho ngành Hàng không Việt Nam trong giai đoạn phát triển mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chính phủ Việt Nam (2021). Nghị định số 06/2021/NĐ-CP - Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Nghi-dinh-06-2021-ND-CP-quan-ly-chat-luong-thi-cong-xay-dung-bao-tri-cong-trinh-462913.aspx>
- [2]. Bộ Giao thông vận tải (2021). Thông tư số 24/2021/TT-BGTVT: Quy định về quản lý, bảo trì công trình hàng không. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Giao-thong-Van-tai/Thong-tu-24-2021-TT-BGTVT-quy-dinh-ve-quan-ly-bao-tri-cong-trinh-hang-khong-486016.aspx>
- [3]. Chính phủ Việt Nam (2018). Nghị định số 44/2018/NĐ-CP: Quy định việc quản lý, sử dụng và khai thác tài sản kết cấu hạ tầng hàng không. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Giao-thong-Van-tai/Nghi-dinh-44-2018-ND-CP-quan-ly-su-dung-va-khai-thac-tai-san-ket-cau-ha-tang-hang-khong-382042.aspx>
- [4]. Bộ Xây dựng (2021). Thông tư số 10/2021/TT-BXD: Hướng dẫn một số điều và biện pháp thi hành Nghị định số 06/2021/NĐ-CP. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Thong-tu-10-2021-TT-BXD-huong-dan-Nghi-dinh-06-2021-ND-CP-Nghi-dinh-44-2016-ND-CP-488107.aspx>
- [5]. Bộ Xây dựng (2019). Thông tư số 04/2019/TT-BXD: Sửa đổi, bổ sung một số nội dung của

Thông tư số 26/2016/TT-BXD. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Thong-tu-04-2019-TT-BXD-sua-doi-Thong-tu-26-2016-TT-BXD-quan-ly-chat-luong-bao-tri-cong-trinh-389653.aspx>

[6]. Bộ Xây dựng (2022). QCVN 03:2022/BXD: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng. Truy cập tại: <https://moc.gov.vn/pages/chi-tiet-van-ban-phap-quy.aspx?vbid=2363>

[7]. Bộ Xây dựng (2022). QCVN 06:2022/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình. Truy cập tại: <https://moc.gov.vn/pages/chi-tiet.aspx?tintucID=52123>

[8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2023). TCVN 2737:2023 - Tải trọng và tác động.

[9]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2018). TCVN 5574:2018 - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/TCVN-5574-2018-Ket-cau-be-tong-va-be-tong-cot-thep-Tieu-chuan-thiet-ke-120970.aspx>

[10]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). TCVN 5575:2012 - Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/TCVN-5575-2012-Ket-cau-thep-Tieu-chuan-thiet-ke-114950.aspx>

[11]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). TCVN 9381:2012 - Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/TCVN-9381-2012-Huong-dan-danh-gia-muc-do-nguy-hiem-cua-ket-cau-nha-114945.aspx>

[12]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). TCVN 9386:2012 - Thiết kế công trình chịu động đất. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/TCVN-9386-2012-Thiet-ke-cong-trinh-chiu-dong-dat-32328.aspx>

[13]. Bộ Khoa học và Công nghệ (1995). TCVN 2622:1995 - Phòng cháy, chống cháy cho nhà và công trình - Yêu cầu thiết kế.

[14]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020). TCVN 12251:2020 - Bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép trong công trình xây dựng - Nguyên tắc chung. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/TCVN-12251-2020-Bao-ve-chong-an-mon-ket-cau-be-tong-va-be-tong-cot-thep-cong-trinh-xay-dung-153723.aspx>

[15]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2011). TCVN 8753:2011 - Sân bay dân dụng - Yêu cầu chung về thiết kế và khai thác.

[16]. International Civil Aviation Organization (ICAO). Annex 14 - Aerodromes, Volume I - Aerodrome Design and Operations. Truy cập tại: <https://store.icao.int/en/annex-14-aerodromes-volume-i-aerodrome-design-and-operations>

[17]. International Civil Aviation Organization (ICAO). Annex 10 - Aeronautical Telecommunications. Truy cập tại: <https://store.icao.int/en/annexes/annex-10>

[18]. International Civil Aviation Organization (ICAO). Annex 19 - Safety Management. Truy cập tại: <https://store.icao.int/en/annex-19-safety-management>

[19]. International Civil Aviation Organization (ICAO). Doc 9137 - Airport Services Manual, Part 1 - Rescue and Fire Fighting. Truy cập tại: <https://store.icao.int/en/airport-services-manual-part-1-rescue-and-firefighting-doc-9137p1>

[20]. Federal Aviation Administration (FAA). Advisory Circulars (AC) Series. Truy cập tại: https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/

[21]. European Committee for Standardization (CEN). Eurocodes: Building the future (EN 1990-1998). Truy cập tại: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/>

[22]. National Fire Protection Association (NFPA) (2020). NFPA 75 - Standard for the Protection of Information Technology Equipment. Truy cập tại: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=75>

[23]. Telecommunications Industry Association (TIA) (2017). TIA-942-B: Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

[24]. International Organization for Standardization (ISO) (2003). ISO 2631-2:2003 - Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). Truy cập tại: <https://www.iso.org/standard/34375.html>

[25]. Uptime Institute (2012). Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology.

[26]. ASTM International (2015). ASTM C876 - 15 - Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. Truy cập tại: <https://www.astm.org/c0876-15.html>

Xác định tần số riêng và biên độ dao động của cabin thang máy có xét tới ảnh hưởng của khối lượng cáp bằng phương pháp phân đoạn phần tử

Determination of Natural frequency and vibration amplification of Elevator cabin considering the effect of Cable mass using finite segment method

> LÊ NGỌC PHƯƠNG, TS NGUYỄN SỸ NAM*

Khoa XDDD&CN, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: namns@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày việc áp dụng phương pháp phân đoạn phần tử để khảo sát dao động thẳng đứng của hệ cabin-cáp thang máy, trong đó đoạn cáp được thay thế bằng các phần tử lò xo đàn hồi có khối lượng tập trung tại hai đầu mỗi phần tử. Nghiên cứu thiết lập hệ phương trình động lực học theo nguyên lý d'Alembert, xây dựng ma trận khối lượng và ma trận độ cứng của hệ hữu hạn bậc tự do, sau đó giải hệ bằng phương pháp số để xác định phổ tần số riêng và biên độ dao động lớn nhất của cabin dưới kích bản phanh đột ngột. Bài toán được thực hiện cho hệ thang máy của công trình 11 tầng với các thông số cấp cụ thể; kết quả cho thấy nghiệm phân đoạn hội tụ khi số phần tử tăng. Tần số cơ bản giảm khi khối lượng cáp tăng, trong khi biên độ cực đại của cabin tăng tương ứng. Các kết quả cho thấy mô hình phân đoạn phần tử là công cụ hiệu quả để ước lượng nhanh tần số và biên độ dao động, đồng thời nhấn mạnh ảnh hưởng đáng kể của khối lượng cáp lên đặc tính động lực học của hệ.

Từ khóa: Cabin thang máy, dao động, tần số dao động riêng, biên độ dao động, nguyên lý d'Alembert, phương pháp phân đoạn phần tử.

ABSTRACT

This paper applies a finite segment method to investigate vertical vibrations of an elevator cabin-rope system. The rope is modeled as a chain of elastic spring elements with masses lumped at element ends. Using d'Alembert's principle the authors derive the system's equations of motion, assemble mass and stiffness matrices for the resulting finite-degree-of-freedom model, and solve the equations numerically to obtain the natural frequency spectrum and the cabin's peak vibration under a sudden braking scenario. Case studies for an 11-story building with specified rope parameters demonstrate convergence of the segmentation method as the number of elements increases. Key findings show that the fundamental frequency decreases with increasing rope mass, while the cabin peak amplitude increases correspondingly. This study concludes that the finite-segment model provides an efficient and sufficiently accurate tool for preliminary estimation of frequencies and amplitudes, and highlights the notable influence of rope mass distribution on system dynamics.

Keywords: Elevator cabin, vibration, natural frequency, vibration amplitude, d'Alembert's principle, finite segment method.

1. GIỚI THIỆU

Thang máy là thiết bị dùng để vận chuyển người và hàng hóa, được lắp đặt trong các công trình và tòa nhà. Đây là thiết bị đòi hỏi mức độ an toàn cao, do đó phải đáp ứng các yêu cầu an toàn về cấu tạo và lắp đặt [3], cũng như đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành [1]. Một số yêu cầu đối với cáp thép dùng cho thang máy [2], cũng như các quy định về thiết kế, tính toán và kiểm tra thử nghiệm thang máy, đã được nêu trong các tiêu chuẩn liên quan [3]. Các tiêu

chuẩn này chủ yếu đưa ra các quy định về giới hạn vận tốc và gia tốc của thang máy trong quá trình thiết kế. Vấn đề dao động của hệ cabin-cáp thang máy cũng được đề cập trong các tiêu chuẩn, tuy nhiên phần lớn tập trung vào các giải pháp giảm dao động (giảm chấn). Các thông số cơ bản của dao động thang máy thường được xác định và kiểm tra bằng phương pháp thực nghiệm. Do đó, cần phải lắp đặt hoàn chỉnh thang máy và tiến hành các thí nghiệm thử tải động thì mới có thể đo và xác định được các thông số như phổ

tần số dao động riêng [9], tần số dao động cơ bản [5], [9], và biên độ dao động của cabin.

Các thí nghiệm thử tải động cho kết quả tin cậy, tuy nhiên có mặt hạn chế là phát sinh chi phí và chỉ áp dụng được sau khi thang máy đã được lắp đặt hoàn chỉnh, kết quả đo chỉ đúng với điều kiện ban đầu nhất định. Trong khi đó các đại lượng liên quan đến dao động của hệ cabin-cáp là khá phức tạp, phụ thuộc nhiều yếu tố, đặc biệt là phụ thuộc vào điều kiện đầu của bài toán. Thí dụ, xét hoạt động của cabin thang máy thì trong khoảng thời gian đầu hoặc khoảng thời gian cuối của hành trình thường xảy ra hiện tượng xuất hiện dao động của cabin. Hiện tượng dao động của cabin xuất hiện là do tốc độ cabin có sự thay đổi khi tới cuốn cáp có sự thay đổi đột ngột về vận tốc trong quá trình khởi động hoặc chuyển cấp vận tốc. Ngoài những nguyên nhân trên thì tác dụng của các hoạt tải, hoạt động của bộ giảm tốc và hệ thống phanh hãm của thang cũng là các nguyên nhân có thể làm cho tốc độ của cabin có sự thay đổi đột ngột dẫn đến xuất hiện dao động của cabin. Chính vì dao động của hệ cabin-cáp là rất khác nhau, không chỉ phụ thuộc vào điều kiện đầu của dao động mà còn phụ thuộc vào chiều dài và khối lượng của cáp. Do đó vẫn để nghiên cứu áp dụng một phương pháp để khảo sát dao động của hệ cabin-cáp là cần thiết.

Nhiều công trình nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra rằng dao động của hệ cáp-cabin chịu ảnh hưởng mạnh của đặc tính phân bố khối lượng theo chiều dài cáp, sự biến thiên độ dài tự do và tương tác giữa dây - pully, [10] đã xây dựng mô hình ghép giữa tòa nhà và cáp nhằm làm rõ sự khuếch đại dao động trong hệ treo. Trong [11] phân tích tương tác dây - pully bằng mô hình Bristle, nhấn mạnh vai trò của tiếp xúc và ma sát trong truyền động. Các mô hình cáp phân đoạn (multi-segment) như của [12], cho phép mô phỏng chính xác dây có độ dài thay đổi. Trong [13] cho thấy tính chất động của hệ kéo phụ thuộc mạnh vào độ cứng và tỷ số khối lượng dây. Gần đây, [14] đề xuất mô hình lai vật lý - dữ liệu để cải thiện mô phỏng dây tốc độ cao. Những kết quả này khẳng định nhu cầu phát triển mô hình cáp cabin chi tiết, làm cơ sở cho việc đánh giá ảnh hưởng của chiều dài và khối lượng cáp đến tần số và biên độ dao động của cabin.

Các phương pháp khảo sát dao động hệ cabin-cáp bao gồm: (i) thí nghiệm đo dao động cabin sau khi lắp đặt; (ii) phân tích lý thuyết bằng mô hình hóa động lực học. Trong đó, phương pháp số, đặc biệt là phương pháp phân đoạn phần tử, tỏ ra phù hợp để mô tả dây cáp như chuỗi phần tử đàn hồi có khối lượng phân bố. Việc thay thế cáp treo bằng n phần tử lò xo - khối lượng cho phép xây dựng mô hình hữu hạn bậc tự do, mô phỏng được ảnh hưởng của chiều dài và khối lượng cáp đến tần số riêng và biên độ dao động cabin.

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân đoạn phần tử để khảo sát dao động thẳng đứng của hệ cabin-cáp. Nội dung bài báo bao gồm: (1) thiết lập mô hình động lực học cabin-cáp bằng sơ đồ phần tử hữu hạn một chiều; (2) xác định phổ tần số dao động riêng và tần số dao động cơ bản của hệ; (3) khảo sát biên độ dao động của cabin dưới tác động của phanh hãm đột ngột; và (4) phân tích ảnh hưởng của chiều dài và khối lượng cáp đến đặc trưng dao động của hệ. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đánh giá nhanh dao động cabin trong quá trình thiết kế, đồng thời để xuất mô hình xấp xỉ một bậc tự do khi cần tính toán đơn giản.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN ĐOẠN PHẦN TỬ CỦA HỆ CABIN-CÁP THANG MÁY

Xét dao động của hệ cabin-cáp, trong suốt quá trình hệ dao động giả thiết tang tới cuốn cáp đứng yên, bỏ qua sự trượt tương đối của cáp so với tang tới, độ dài của cáp quấn trên vành tang tới là không đáng kể so với độ dài của đoạn cáp O_1C . Với giả

thiết này ta có điểm O_1 được xem gần đúng là điểm cố định và là vị trí neo của đầu cáp như trên Hình 1.a.

Giả thiết khi hệ dao động thì cáp luôn làm việc ở trạng thái bị kéo căng. Về lý thuyết đây là hệ dao động theo phương thẳng đứng với vô số bậc tự do. Áp dụng phương pháp phân đoạn phần tử, bằng cách chia cáp thành n đoạn bằng nhau và thay thế tương đương mỗi đoạn cáp (phần tử cáp) bởi lò xo tương đương. Khối lượng của mỗi đoạn cáp được chia đôi thành khối lượng tập chung ở hai đầu phân đoạn. Ta có mô hình gần đúng của phương pháp này như Hình 1.b. Sai số của các đại lượng cần xác định khi tính toán dao động của hệ theo sơ đồ hữu hạn bậc tự do so với dao động của hệ thực sẽ giảm khi tăng số lượng đoạn chia của cáp. Trong mô hình trên ta có:

+ E_C, F_C lần lượt là môđun đàn hồi và tổng diện tích mặt cắt ngang của các sợi cáp; chiều dài l_i của phân đoạn thứ i bằng độ dài tự nhiên của lò xo thay thế; độ biến dạng của Δ_i là độ biến dạng của lò xo thứ i .

+ Hệ số cứng k_i của lò xo thay thế tương đương đoạn cáp được xác định theo công thức $k_i = E_C F_C / l_i$ (1)

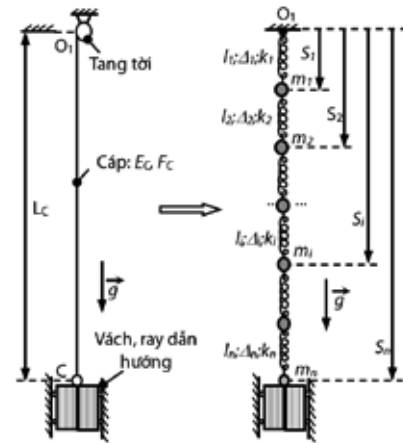
+ Gọi γ_C là khối lượng riêng của cáp thép khi đó ta có các khối lượng tập chung m_i được xác định như sau:

$$m_i = \gamma_C F_C (l_i + l_{i+1}) / 2 \quad \text{với } i < n \quad (2)$$

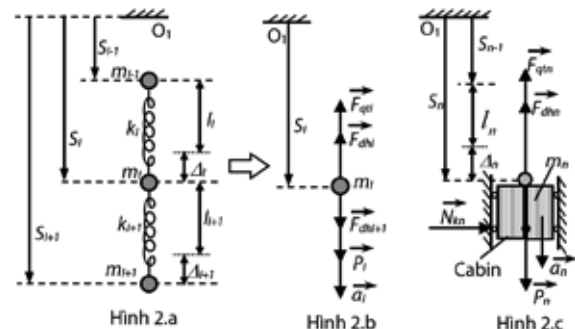
$$m_n = \gamma_C F_C l_n / 2 + m_C; \quad \text{với } i = n \quad (3)$$

trong đó m_C là tổng khối lượng của Cabin (Bao gồm khối lượng Cabin và khối lượng tải).

+ S_i là tọa độ tuyệt đối theo phương thẳng đứng của của khối lượng m_i so với gốc tọa độ cố định là điểm O_1 .



Hình 1. Mô hình của hệ cabin-cáp thang máy theo phương pháp phân đoạn phần tử.



Hình 2. Mô hình phân tích động lực học của khối lượng m_i thuộc hệ theo nguyên lý D'Alembert

2.1. Sơ đồ hữu hạn bậc tự do

Theo mô hình Hình 2, có thể nhận thấy các khối lượng m_i đều chuyển động tịnh tiến và dao động theo phương của thang đứng. Do đó để thiết lập hệ phương trình vi phân dao động của cơ hệ ta có thể áp dụng nguyên lý D'Alembert. Mô hình phân tích động lực học xét cho khối lượng tập trung m_i (với $i = 1, 2, \dots, n-1$) được mô tả như trên Hình 2.a và Hình 2.b. Đối với khối lượng tập trung m_n , ta có sơ đồ phân tích động lực học như trên Hình 2.c với chú ý m_n được xác định theo công thức (3) còn $S_n = S_n(t)$ chính là dao động tuyệt đối của Cabin.

2.2. Thiết lập phương trình vi phân thứ i ($i < n$) ứng với khảo sát động lực học của khối lượng tập trung

Mô hình động lực học khảo sát khối lượng tập trung m_i như trên Hình 2.a và 2.b, trong đó:

+ Gia tốc của khối lượng m_i là: $\ddot{a}_i = \ddot{S}_i$.

+ Lực quán tính đặt thêm vào khối lượng m_i là hệ lực song song có chiều ngược chiều gia tốc $\ddot{a}_i$, thu gọn hệ lực này ta có được lực quán tính tương đương với hợp lực $\vec{F}_{qi}$, xác định theo công thức:

$$\vec{F}_{qi} = -m_i \ddot{a}_i \Rightarrow \vec{F}_{qi} = -m_i \ddot{a}_i = -m_i \ddot{S}_i \quad (4)$$

+ Lực thật sự tác dụng lên khối lượng m_i gồm trọng lực $\vec{P}_i$; các lực đàn hồi $\vec{F}_{dhi}$ và $\vec{F}_{dhi+1}$ do lò xo thứ i và $i+1$ tác dụng. Ta có trị số của các lực:

$$P_i = m_i g; F_{dhi} = k_i \Delta_i; F_{dhi+1} = k_{i+1} \Delta_{i+1}; \quad i = 1, 2, \dots, (n-1) \quad (5)$$

Từ mô hình Hình 2.a ta nhận thấy:

$$\Delta_i = S_i - S_{i-1} - l_i; \quad \Delta_{i+1} = S_{i+1} - S_i - l_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, (n-1) \quad (6)$$

Thay (6) vào (5) ta được công thức xác định giá trị của các lực thực sự tác dụng lên khối lượng tập trung m_i :

$$P_i = m_i g; F_{dhi} = k_i (S_i - S_{i-1} - l_i); \quad (7)$$

$$F_{dhi+1} = k_{i+1} (S_{i+1} - S_i - l_{i+1}), \quad i = 1, 2, \dots, (n-1)$$

$$\text{Chú ý trong công thức (7) ứng với } i = 1 \text{ thì } S_0 = 0 \quad (8)$$

Áp dụng nguyên lý D'Alembert [15] và chiếu lên phương thang đứng và thay (4), (7) vào, biến đổi ta có được phương trình vi phân dao động thứ i (với $i < n$):

$$m_i \ddot{S}_i - k_i S_{i-1} + (k_i + k_{i+1}) S_i - k_{i+1} S_{i+1} = m_i g + k_i l_i - k_{i+1} l_{i+1} \quad (9)$$

2.3. Thiết lập phương trình vi phân thứ n ($i = n$) ứng với khảo sát động lực học của khối lượng tập trung

Ta có sơ đồ động lực học khi khảo dao động tự do của Cabin thang máy như trên Hình 2.c. Với giả thiết bỏ qua thành phần ma sát trượt của hệ ray dẫn hướng, phản lực do hệ ray dẫn hướng tác dụng lên Cabin thang máy là $\vec{N}_{kn}$ sẽ có phương ngang. Áp dụng nguyên lý D'Alembert ta cũng thu được phương trình vi phân:

$$m_n \ddot{S}_n - k_n S_{n-1} + k_n S_n = m_n g + k_n l_n \quad (10)$$

Từ (9) và (10) ta có được hệ phương trình vi phân:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{S}_1 + (k_1 + k_2) S_1 - k_2 S_2 = m_1 g + k_1 l_1 - k_2 l_2 \\ m_i \ddot{S}_i - k_i S_{i-1} + (k_i + k_{i+1}) S_i - k_{i+1} S_{i+1} = m_i g + k_i l_i - k_{i+1} l_{i+1}, \\ i = 2 \div (n-1) \\ m_n \ddot{S}_n - k_n S_{n-1} + k_n S_n = m_n g + k_n l_n \end{cases} \quad (11)$$

Ta đặt: $s = \{S_i\}; \ddot{s} = \{\ddot{S}_i\}; i = 1, 2, \dots, n$

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & m_n \end{bmatrix}_{n \times n}, \quad \mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & \dots & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & \dots & k_{i-1} + k_i & \dots \\ 0 & 0 & 0 & k_{n-1} + k_n & -k_n \\ 0 & 0 & 0 & -k_n & k_n \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} m_1 g + k_1 l_1 - k_2 l_2 \\ \dots \\ m_{n-1} g + k_{n-1} l_{n-1} - k_n l_n \\ m_n g + k_n l_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

Hệ phương trình vi phân dao động (11) có thể viết ở dạng ma trận như sau:

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{s}} + \mathbf{K} \mathbf{s} = \mathbf{f}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Hệ phương trình vi phân (13) là hệ phương trình vi phân tuyến tính cấp 2 có các hệ số là hằng số. Trong đó ma trận $\mathbf{M}$, $\mathbf{K}$ lần lượt là ma trận khối lượng và ma trận độ cứng, chúng đều đối xứng và xác định dương.

3. KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA HỆ CABIN-CÁP TRONG TRƯỜNG HỢP PHANH Hãm ĐỘT NGỘT

* Xét cụ thể thang máy có các thông số như sau:

Thang lắp cho nhà 11 tầng và tum thang, với chiều cao mỗi tầng nhà là 3.5m, hành trình thang ở vị trí các tầng tương ứng với chiều dài cáp là $L_{CO} = 40m; 36.5m; \dots; 5m$; Khối lượng Cabin khi đầy tải là $m_C = 1000kg$; Mặt cắt ngang cáp treo Cabin thang gồm 8 sợi loại đường kính 14.3mm; Khối lượng riêng $\gamma_C = 7850kg/m^3$; Môđun đàn hồi của cáp $E_C = 18 \times 10^{10} N/m^2$; Gia tốc trọng trường $g = 9.8m/s^2$; Vận tốc của Cabin tại thời điểm đầu khi xảy ra phanh hãm đột ngột làm hệ Cabin-Cáp dao động: $V_O = 0.15m/s$.

* Xác định điều kiện đầu của dao động tự do của hệ: Vị trí ban đầu và vận tốc ban đầu của các khối lượng tập trung m_i :

$$\begin{cases} \{S_{o,i}\} = \{S_i|_{t=0}\}; S_{o,i} = \\ = \begin{cases} S_{o,o} = 0 \\ S_{o,i} = S_{o,i-1} + l_i + ((n-i) \times m_i + m_n)g/k_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \{\dot{S}_{o,i}\} = \{\dot{S}_i|_{t=0}\}; \dot{S}_{o,i} = \dot{S}_{o,i} = V_O = 0.15m/s, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (15)$$

3.1. Xác định phổ tần số dao động riêng của hệ cabin-cáp thang máy

+ Ta có phương trình đặc trưng xác định tần số của hệ dao động Cabin-cáp là [9,16]: $\det(\mathbf{M} - \omega^2 \mathbf{K}) = 0 \quad (16)$

+ Giải (16) ta xác định được n nghiệm thực dương $\{\omega_i\} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$. Phổ tần số dao động riêng của hệ là đại lượng quan trọng trong nghiên cứu dao động. Đặc biệt trong đó tần số dao động riêng nhỏ nhất $\omega_1 = \min[\{\omega_i\}]$ là đại lượng có ảnh hưởng quan trọng nhất tới dao động của cabin. Tần số $\omega_1 = \min[\{\omega_i\}]$ còn được gọi là tần số dao động riêng cơ bản của cabin thang máy.

+ Kết quả tính toán giá trị tần số ω_1 ở Bảng 1 được xét khi cabin dao động ở vị trí tầng 1 ứng với $L_{CO} = 40m$ và ở tầng 11 ứng với $L_{CO} = 5m$. Các trị số được tính toán với các phương án chia đoạn cáp treo thành n đoạn với các trị số được chọn $n = 1, 10, 40, 80$.

Bảng 1. Tần số dao động riêng cơ bản ω_1

STT	Số đoạn chia n	Xét $L_{CO}=5m$, 8 sợi D14.3mm			Xét $L_c=40m$, 8 sợi D14.3mm		
		Độ dài đoạn chia l_i (m)	Tần số ω_1 (rad/s)	% chênh lệch tần số	Độ dài đoạn chia l_i (m)	Tần số ω_1 (rad/s)	% chênh lệch tần số
1	1	5	212.407	0.408%	40	69.3634	2.697%
2	10	0.5	213.269	0.004%	4	71.2663	0.027%
3	40	0.125	213.277	0.000%	1	71.2849	0.001%
4	80	0.0625	213.278	0.000%	0.5	71.2858	0.000%

Như đã biết khi số đoạn chia n càng tăng thì kết quả tính toán càng dần tới kết quả chính xác. Từ kết quả Bảng 1 có thể thấy: Ứng với chiều dài cáp $L_{CO} = 5m$ thì với $n = 1$ đã cho giá trị tính toán tần số cơ bản của hệ khá chính xác với sai số tương đối là 0.408% so với trường hợp $n = 80$; Khi chiều dài cáp tăng thì phần trăm chênh lệch của sai số cũng tăng, cụ thể với $L_{CO} = 5m$, $n = 1$ thì sai số kết quả tính tần số cơ bản của hệ là 2.697% so với trường hợp $n = 80$. Với $n = 10$ thì với chiều dài cáp trong khoảng $L_{CO} = 5m - 40m$ thì chênh lệch sai số của kết quả tính tần số cơ bản đã rất nhỏ nằm trong khoảng 0.004% – 0.027%. Với $n = 40$ thì ngay cả khi chiều dài cáp thay đổi đã cho kết quả tính tần số dao động cơ bản của hệ gần như chính xác với sai số không đáng kể.

3.2. Xác định biên độ dao động lớn nhất của cabin

+ Với điều kiện đầu (14) và (15) ta sử dụng phần mềm tính toán số để giải hệ phương trình vi phân, qua đó xác định được nghiệm riêng của (13) là $\{S_i\} = \{S_i(t)\}$. Trong đó phương trình dao động tuyệt đối của cabin là: $S_c = S_n = S_n(t)$ (17)

Bảng 2. Biên độ dao động của cabin

STT	Số đoạn chia n	Xét $L_c=5m$, 8 sợi D14.3mm			Xét $L_c=40m$, 8 sợi D14.3mm		
		Độ dài đoạn chia l_i (m)	Biên độ A_{Cmax} (mm)	% chênh lệch tần số	Độ dài đoạn chia l_i (m)	Biên độ A_{Cmax} (mm)	% chênh lệch tần số
1	1	5	0.70619	0.399%	40	2.16252	2.860%
2	10	0.5	0.70905	0.004%	4	2.22588	0.013%
3	40	0.125	0.70903	0.001%	1	2.22616	0.001%
4	80	0.0625	0.70902	0.000%	0.5	2.22618	0.000%

Từ kết quả Bảng 2 có thể thấy: Ứng với chiều dài cáp $L_{CO} = 5m$ và $n = 1$ thì giá trị biên độ dao động lớn nhất của cabin đã khá chính xác với sai số tương đối là 0.399% so với trường hợp $n = 80$; Khi chiều dài cáp tăng thì phần trăm chênh lệch của sai số cũng tăng, cụ thể với $L_{CO} = 5m$, $n = 1$ thì sai số kết quả tính biên độ của cabin là 2.860% so với trường hợp $n = 80$. Với $n = 10$ thì với chiều dài cáp trong khoảng $L_{CO} = 5m - 40m$ thì chênh lệch sai số của kết quả tính biên độ của Cabin nằm trong khoảng 0.004% – 0.013%. Với $n = 40$ thì theo phương pháp phân đoạn phần tử kết hợp với giải hệ phương trình vi phân (13) bằng phần mềm tính toán số theo phương pháp số BDF (Backward Differentiation Formula) cũng cho kết quả tính biên độ lớn nhất của cabin khá chính xác với sai số không đáng kể.

3.3. Ảnh hưởng của khối lượng cáp tới tần số dao động cơ bản và biên độ dao động của hệ cabin-cáp

Xét trường hợp khi thang máy bị phanh, hãm đột ngột dẫn tới hệ cabin-cáp xuất hiện hiện tượng dao động. Áp dụng phương pháp phân đoạn phần tử với số phần tử $n=40$ để khảo sát ta có kết

Bảng 3. Tần số và biên độ dao động của cabin thang máy với $m_c=1000kg$; $V_0=0.15m/s$.

STT	Tên tầng nhà	Số đoạn chia n	Chiều dài đoạn cáp L_{CO} (m)	Chiều dài đoạn chia l_i (m)	Tổng khối lượng cáp m_{cap} (kg)	Khối lượng $m_{he}=m_c+m_{cap}$ (kg)	Hệ số $K_m = m_{cap}/m_{he}$	Tần số ω_1 (rad/s)	Biên độ A_{Cmax} (mm)
1	Tầng 1	40	40	1	403	1403	0.287	71.2849	2.22616
2	Tầng 3	40	33	0.825	333	1333	0.250	79.3428	1.98952
3	Tầng 6	40	22.5	0.5625	227	1227	0.185	97.7041	1.59788
4	Tầng 9	40	12	0.3	121	1121	0.108	136.086	1.12239
5	Tầng 11	40	5	0.125	50	1050	0.048	213.277	0.70903

+ Bằng cách khảo sát (17) trong khoảng thời gian một chu kỳ đầu tiên của dao động ta hoàn toàn xác định được trị số lớn nhất và nhỏ nhất. Từ đó có giá trị biên độ dao động lớn nhất của Cabin thang máy. $S_{Cmin} = \min[S_n(t), \{t, 0, 2\pi / \omega_1\}]$;

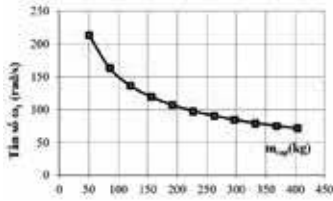
$$S_{Cmax} = \max[S_n(t), \{t, 0, 2\pi / \omega_1\}]; A_{Cmax} = |S_{Cmax} - S_{Cmin}| / 2 \quad (18)$$

Trong thực tế khi tính toán biên độ dao động cực đại của Cabin sẽ được xác định ngay trong chu kỳ đầu của dao động. Do đó về cơ bản trong khoảng thời gian ngắn là một chu kỳ thì ảnh hưởng của các tác nhân cản có thể bỏ qua. Chính vì vậy giá trị biên độ cực trị A_{Cmax} được xác định khi khảo sát dao động tự do của hệ sẽ gần bằng giá trị biên độ cực đại của Cabin trong trường hợp có xét tới cản. Trường hợp xét tới yếu tố an toàn khi thiết kế ta hoàn toàn có thể dựa vào trị số A_{Cmax} để phục vụ tính toán các trị số như lực căng cáp, tính lực tác dụng lên các liên kết neo đầu cáp... Trong Bảng 2 là kết quả tính toán A_{Cmax}

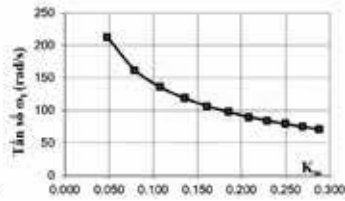
quả tính toán các trị số ω_1 ; A_{Cmax} tương ứng với khi Cabin thang máy dao động tại các vị trí của các tầng nhà theo Bảng 3.

* Ảnh hưởng của khối lượng cáp tới tần số dao động cơ bản của hệ cabin-cáp

Do khối lượng của cáp treo là thay đổi và phụ thuộc vào chiều dài cáp và vị trí của cabin khi xảy ra dao động nên để thuận lợi ta đưa vào hệ số K_m là tỷ số giữa khối lượng cáp treo Cabin so với tổng khối lượng của hệ cabin-cáp. Từ Bảng 3 ta có được các đồ thị quan hệ giữa tần số dao động cơ bản ω_1 của hệ cabin-cáp với khối lượng m_{cap} của cáp như trên Hình 3 và quan hệ giữa tần số dao động cơ bản ω_1 với hệ số K_m như trên Hình 4. Đồ thị cho thấy quan hệ giữa ω_1 với m_{cap} và hệ số K_m là quan hệ phi tuyến là tỷ lệ nghịch. Khi khối lượng cáp treo Cabin tăng, hệ số K_m tăng thì tần số dao động giảm. Hay cụ thể hơn khi cáp treo cabin càng dài, khối lượng cáp theo đó sẽ càng lớn thì tần số ω_1 của cabin càng nhỏ và ngược lại.



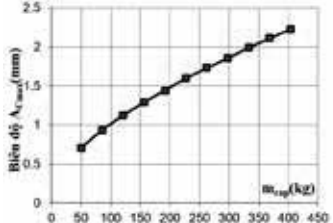
Hình 3. Quan hệ giữa w_1 và m_{cap}



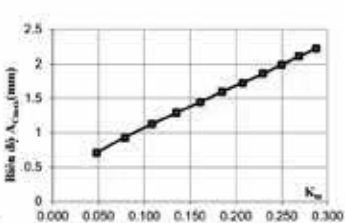
Hình 4. Quan hệ giữa w_1 - hệ số K_m

3.4. Ảnh hưởng của khối lượng cáp tới biên độ dao động của hệ cabin-cáp

Tương tự từ Bảng 3 có được các đồ thị quan hệ giữa biên độ dao động lớn nhất ứng với điều kiện đầu Hình 5, Hình 6



Hình 5. Quan hệ giữa A_{Cmax} và m_{cap}



Hình 6. Quan hệ giữa A_{Cmax} và K_m

Từ đồ thị Hình 5, ta thấy quan hệ giữa A_{Cmax} với m_{cap} là quan hệ phi tuyến và tỷ lệ thuận. Khi chiều dài cáp tăng, kéo theo khối lượng cáp tăng thì biên độ dao động lớn nhất của Cabin thang máy khi dao động sẽ tăng và ngược lại. Từ Hình 6, ta thấy quan hệ giữa A_{Cmax} với hệ số K_m là xấp xỉ tuyến tính và tỷ lệ thuận. Điều này có nghĩa là với cùng điều kiện đầu khi xảy ra hiện tượng dao động của cabin thì nếu biết được trị số biên độ $A_{Cmax}^{K_o}$ và hệ số K_o ứng với dao động của cabin tại một vị trí nào đó là đủ để xác định các giá trị biên độ dao động lớn nhất $A_{Cmax}^{K_m}$ của cabin ở vị trí tầng bất kỳ dựa vào hệ số K_m theo công thức:

$$A_{Cmax}^{K_m} = A_{Cmax}^{K_o} K_m / K_o \quad (19)$$

Trong công thức (20), các hệ số tỷ lệ khối lượng cáp K_o và K_m hoàn toàn có thể xác định căn cứ vào khối lượng của cabin và khối lượng cáp tương ứng với các vị trí của cabin. Trị số biên độ $A_{Cmax}^{K_o}$ cần được xác định ứng với vị trí thang máy có hệ số tỷ lệ khối lượng cáp tương ứng bằng K_o .

4. KẾT LUẬN

Phương pháp phân đoạn phần tử là một phương pháp phù hợp trong khảo sát dao động của hệ cabin-cáp thang máy. Áp dụng phương pháp này cho phép mô hình hóa hệ dao động sát với thực tế, đồng thời xét được ảnh hưởng của khối lượng cáp tới dao động của hệ cabin-cáp nói chung và dao động của cabin nói riêng.

* Qua khảo sát và tính toán số các đại lượng cơ bản của dao động gồm tần số dao động cơ bản, biên độ dao động lớn nhất của cabin thang máy cho thấy: Với số đoạn cáp được chia $n = 40$ thì kết quả tính toán đã hội tụ và cho kết quả gần như chính xác, sai số không đáng kể; với $n = 10$ sai số cũng là rất nhỏ ($< 1\%$); với $n = 1$ thì kết quả tính toán đã khá chính xác với sai số khoảng 3% . Do đó ta hoàn toàn có thể tính toán gần đúng dao động của hệ cabin-cáp bằng cách đưa về hệ dao động tương đương có bậc tự do bằng một. Lúc này việc tính toán sẽ đơn giản hơn khi ta chỉ phải giải duy nhất một phương trình vi phân tuyến tính cấp 2 thay cho việc phải giải hệ phương trình vi phân (13).

* Áp dụng phương pháp trong tính toán và khảo sát ảnh hưởng của khối lượng cáp tới các đại lượng cơ bản của dao động của hệ cabin-cáp thang máy lắp đặt trong nhà cao 11 tầng xét với trường hợp thang máy bị phanh hãm đột ngột cho thấy mối quan hệ phi tuyến giữa khối lượng cáp treo cabin với tần số dao động cơ bản và biên độ dao động lớn nhất của cabin. Khi chiều dài và khối lượng cáp tăng thì tần số dao động cơ bản hệ cabin-cáp giảm, trong khi biên độ dao động lớn nhất của cabin tăng.

* Tiến hành áp dụng phương pháp để tính toán và xét quan hệ giữa hệ số tỷ lệ khối lượng cáp K_m với biên độ dao động lớn nhất

$A_{Cmax}^{K_m}$ của cabin thang máy của công trình nhà 11 tầng. Kết quả cho thấy mối quan hệ giữa hệ số tỷ lệ khối lượng cáp với biên độ dao động lớn nhất của cabin thang máy là xấp xỉ tuyến tính và có thể được xác định theo công thức (20). Công thức (20) có ý nghĩa giúp cho việc tính toán trị số biên độ dao động của cabin thang máy tại vị trí bất kỳ khi thang dao động có thể được xác định nhanh chóng và thuận lợi. Theo đó với cùng điều kiện đầu của dao động của hệ cabin-cáp thì chỉ cần xác định được một trị số biên độ $A_{Cmax}^{K_o}$ ứng với dao động của cabin tại quanh vị trí cụ thể (thí dụ khi cabin ở tầng 1 và xảy ra hiện tượng dao động do phanh hãm đột ngột) thì có thể tính toán xác định được trị số biên độ dao động của cabin khi cabin dao động ở vị trí tầng bất kỳ của tòa nhà.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 5744-1993, Thang máy - yêu cầu an toàn trong lắp đặt và sử dụng.
- [2]. TCVN 7550 : 2005 (ISO 4344 : 2004), Cáp thép dùng cho thang máy - yêu cầu tối thiểu.
- [3]. TCVN 6369-50: 2017 (EN 81-50: 2014), Yêu cầu an toàn về cấu tạo và lắp đặt thang máy, kiểm tra và thử nghiệm phần 50: Yêu cầu về thiết kế, tính toán, kiểm tra và thử nghiệm các bộ phận của thang máy.
- [4]. TCVN 6369-80: 2013 (EN 81-80: 2003), Yêu cầu an toàn về cấu tạo và lắp đặt thang máy - Thang máy đang sử dụng - Phần 80: Yêu cầu về cải tiến an toàn cho thang máy chở người và thang máy chở người và hàng.
- [5]. TCVN 6396 - 77: 2015 (EN 81-77: 2013), Yêu cầu về an toàn và lắp đặt - Thang máy cho người và hàng - Phần 77: Áp dụng đối với thang máy chở người, thang máy chở người và hàng trong điều kiện động đất.
- [6]. PGS.TS Trần Văn Liên, Sức bền vật liệu, NXB xây dựng Hà Nội, 2013.
- [7]. GS.TSKH Nguyễn Văn Khang & TS Nguyễn Thị Văn Hương, Giáo trình dao động kỹ thuật, NXB Bách Khoa Hà Nội, 2023.
- [8]. GS.TSKH Nguyễn Văn Khang, Cơ sở cơ học kỹ thuật tập 2, NXB Đại học quốc gia Hà Nội, 2005.
- [9]. PGS.TS Nguyễn Lê Ninh, Động đất và thiết kế công trình chịu động đất, NXB Xây dựng Hà Nội, 2008.
- [10]. Yang, D.H., Ohi, K., Kim, Y.S. Dynamic modeling and experiments on the coupled motions of a building and elevator ropes. Journal of Sound and Vibration, 2017.
- [11]. Escalona, J.L. Rope-sheave contact transient analysis in hoisting operations using a bristle friction model and ALE formulation. Multibody System Dynamics, 2024.
- [12]. García-Fernández, I., Pla-Castells, M., Martínez-Durá, R. Elevation cable modeling for interactive multi-segment cable simulation. Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, 2015.
- [13]. Wang, L., Liu, Y., Li, B. Dynamic behavior analysis of a high-rise traction elevator system considering rope parameters. Actuators, 2020.
- [14]. Mao, S., Wang, J., Liu, H. A data-driven hybrid approach for modifying rope dynamics in high-speed elevator hoisting systems. Machines, 2023.
- [15]. Nguyễn Sỹ Nam và cộng sự, Cơ học cơ sở - Động lực học, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2021.
- [16]. TS Nguyễn Văn Phụng, Động lực học công trình, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2005.

Một số vấn đề về đánh giá an toàn kết cấu công trình ở Việt Nam theo Nghị định 175/2024/NĐ-CP và Nghị định 06/2021/NĐ-CP

Some issues regarding the structural safety assessment of constructions in Vietnam Under Decree 175/2024/NĐ-CP and Decree 06/2021/NĐ-CP

> **LÊ TRUNG PHONG*, NGUYỄN NGỌC THẮNG**
Trường Đại học Thủy Lợi; *Email: Phonglt@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích thực trạng công tác đánh giá an toàn kết cấu công trình xây dựng tại Việt Nam dưới lăng kính của hai văn bản pháp quy trọng yếu của Chính phủ: Nghị định 175/2024/NĐ-CP và Nghị định 06/2021/NĐ-CP. Trọng tâm nghiên cứu là cơ chế kiểm soát an toàn “hai tầng”: (i) tiền kiểm trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật, thông qua yêu cầu về “bảng tổng hợp kết quả tính toán các tiêu chí đánh giá an toàn kết cấu” theo Điều 39 Nghị định 175/2024, và (ii) hậu kiểm trong giai đoạn khai thác, sử dụng công trình theo Mục 3 Nghị định 06/2021.

Bằng phương pháp phân tích văn bản quy phạm pháp luật kết hợp tổng hợp dữ liệu từ khoảng 50 hồ sơ thẩm định thiết kế, báo cáo kiểm định và khảo sát thực tế tại một số dự án điển hình, kết quả cho thấy: (1) khoảng 95% hồ sơ thiết kế trình thẩm định chưa tuân thủ yêu cầu lập bảng tổng hợp kết quả tính toán, dẫn đến việc đánh giá an toàn còn mang tính chủ quan, định tính; (2) hoạt động hậu kiểm trong khai thác, đặc biệt đối với các công trình dân dụng và công nghiệp thông thường, chủ yếu được thực hiện mang hình thức do thiếu kinh phí, thiếu hướng dẫn kỹ thuật chi tiết và cơ chế giám sát chặt chẽ.

Trên cơ sở đó, bài báo làm rõ ưu điểm, hạn chế và mối quan hệ bổ trợ giữa cơ chế tiền kiểm và hậu kiểm; đồng thời đề xuất một số giải pháp hoàn thiện như: ban hành thông tư hướng dẫn chi tiết về biểu mẫu và quy trình, tăng cường kiểm tra độc lập và chế tài xử phạt, đẩy mạnh chuyển đổi số trong quản lý chất lượng công trình, cũng như tham khảo có chọn lọc kinh nghiệm quốc tế.

Từ khóa: Đánh giá an toàn kết cấu, tiền kiểm, hậu kiểm, Nghị định 175/2024, Nghị định 06/2021, quản lý chất lượng công trình.

ABSTRACT

This paper examines the current practice of structural safety assessment for construction works in Vietnam under two key legal documents: Decree No. 175/2024/NĐ-CP and Decree No. 06/2021/NĐ-CP. The core focus is on a “dual-control” mechanism consisting of: (i) ex-ante control at the technical design stage through the mandatory “summary table of calculated structural safety criteria” required by Article 39 of Decree 175/2024, and (ii) ex-post control during operation and use of buildings as stipulated in Section 3 of Decree 06/2021.

Using legal document analysis combined with data synthesis from around 50 design appraisal dossiers, structural assessment reports and field surveys of representative projects, the results indicate that: (1) approximately 95% of design dossiers submitted for appraisal do not include the required summary table of structural safety criteria, making the safety assessment process largely qualitative and subjective; (2) ex-post safety assessment during operation, especially for common residential and industrial buildings, is often carried out merely as a formality due to the lack of funding, detailed technical guidelines and effective monitoring mechanisms.

The paper clarifies the advantages, limitations and complementary relationship between ex-ante and ex-post control mechanisms. It then proposes several solutions to improve the effectiveness of implementation, including detailed ministerial circulars on templates and procedures, strengthening independent checking and sanctions, promoting digital transformation in construction quality management, and selectively learning from international best practices.

Keywords: Structural safety assessment; ex-ante control; ex-post control; Decree 175/2024; Decree 06/2021; construction quality management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

An toàn kết cấu là một trong những yêu cầu cốt lõi, quyết định đến sự bền vững và an toàn của công trình xây dựng trong suốt vòng đời. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, gia tăng công trình quy mô lớn, kết cấu phức tạp và tác động bất lợi của biến đổi khí hậu, yêu cầu kiểm soát an toàn kết cấu ở Việt Nam ngày càng trở nên cấp bách.

Trong những năm gần đây, Nhà nước đã ban hành nhiều văn bản pháp luật nhằm hoàn thiện khung pháp lý về quản lý chất lượng và an toàn công trình. Hai văn bản có ảnh hưởng sâu rộng tới hoạt động đánh giá an toàn kết cấu là:

- Nghị định số 06/2021/NĐ-CP của Chính phủ về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng (tập trung vào hậu kiểm trong giai đoạn khai thác);
- Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ về quản lý hoạt động xây dựng (lần đầu tiên chính thức hóa yêu cầu tiến kiểm thông qua bảng tổng hợp kết quả tính toán các tiêu chí an toàn kết cấu trong hồ sơ thiết kế kỹ thuật).

Về mặt lý thuyết, hai nghị định này tạo nên một cơ chế “kiểm soát kép” tương đối hoàn chỉnh, bao quát cả giai đoạn trước và sau khi công trình đưa vào sử dụng. Tuy nhiên, khoảng cách giữa quy định và thực tiễn áp dụng vẫn còn đáng kể, đặt ra nhiều câu hỏi về mức độ tuân thủ, hiệu quả triển khai và những điểm nghẽn cần được tháo gỡ.

Mục tiêu của bài báo là: (i) phân tích cơ sở pháp lý và nội dung cốt lõi của cơ chế tiến kiểm và hậu kiểm; (ii) đánh giá thực trạng triển khai trên cơ sở dữ liệu thực tế; (iii) làm rõ mối quan hệ bổ trợ, các điểm yếu chung của hai cơ chế; và (iv) đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả công tác đánh giá an toàn kết cấu công trình tại Việt Nam.

2. CƠ SỞ PHÁP LÝ VÀ KHUNG LÝ THUYẾT VỀ ĐÁNH GIÁ AN TOÀN KẾT CẤU

2.1. Cơ chế tiến kiểm theo Nghị định 175/2024/NĐ-CP

Điều 39 Nghị định 175/2024/NĐ-CP quy định hồ sơ thiết kế kỹ thuật phải kèm theo “bảng tổng hợp kết quả tính toán thể hiện các tiêu chí đánh giá an toàn kết cấu”. Đây là bước chuyển quan trọng từ cách tiếp cận chủ yếu định tính sang yêu cầu định lượng, minh bạch hóa các chỉ tiêu an toàn ngay từ khâu thiết kế.

Bảng tổng hợp này về nguyên tắc cần trình bày tối thiểu:

- Các tiêu chí an toàn ở mức cấu kiện (mức độ sử dụng tiết diện, ứng suất, khả năng chịu lực của các bộ phận chịu lực chính);
- Các tiêu chí an toàn ở mức hệ kết cấu (ổn định tổng thể, chuyển vị đỉnh, chuyển vị tương đối tầng, chỉ tiêu về dao động, v.v.);
- Sự đối chiếu các giá trị tính toán với yêu cầu của các tiêu chuẩn, quy chuẩn áp dụng (TCVN, QCVN, tiêu chuẩn quốc tế tương đương).

Về mặt pháp lý, quy định này chuyển nghĩa vụ chứng minh “an toàn kết cấu” từ chỗ ẩn (nằm trong các bản thuyết minh dài, khó kiểm tra) sang nghĩa vụ tường minh, có thể kiểm tra được bằng bảng biểu tổng hợp, hỗ trợ đáng kể cho cơ quan thẩm định trong việc đánh giá nhanh, có hệ thống.

2.2. Cơ chế hậu kiểm theo Nghị định 06/2021/NĐ-CP

Mục 3 Nghị định 06/2021/NĐ-CP quy định cụ thể về đánh giá an toàn công trình trong giai đoạn khai thác, sử dụng. Trình tự cơ bản gồm:

1. Lập và phê duyệt đề cương kiểm định, xác định mục tiêu, nội dung, phạm vi, phương pháp;
2. Tổ chức thực hiện kiểm định (kiểm tra trực quan, đo đạc, thí nghiệm không phá hủy hoặc phá hủy cục bộ khi cần thiết);
3. Lập báo cáo kết quả kiểm định, kết luận về mức độ an toàn, đề xuất biện pháp xử lý;
4. Gửi báo cáo cho cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền để theo dõi, giám sát.

Trách nhiệm được phân định tương đối rõ: chủ sở hữu/người quản lý công trình chịu trách nhiệm tổ chức và chi trả kinh phí; đơn vị kiểm

định chịu trách nhiệm về tính khách quan, khoa học của kết quả; cơ quan nhà nước chịu trách nhiệm giám sát, yêu cầu thực hiện.

2.3. So sánh với thông lệ quốc tế

Hệ thống pháp lý hiện hành có nhiều điểm tương đồng với các mô hình tiên tiến trên thế giới, như: kiểm tra các trạng thái giới hạn theo Eurocode, ACI; kiểm định định kỳ bắt buộc đối với công trình công cộng, nhà cao tầng tại Nhật Bản, Hàn Quốc, Singapore, ... Tuy nhiên, Việt Nam hiện thiếu các thông tư hướng dẫn chi tiết về biểu mẫu bảng tổng hợp, quy trình kiểm định cho từng loại công trình, dẫn đến áp dụng còn lúng túng, thiếu thống nhất.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận kết hợp giữa phân tích định tính và định lượng, gồm ba nhóm phương pháp chính:

- Phân tích tài liệu pháp luật: tập trung vào hai nghị định 175/2024/NĐ-CP và 06/2021/NĐ-CP, cùng với hệ thống TCVN, QCVN và một số tiêu chuẩn quốc tế (Eurocode, ACI) để làm cơ sở so sánh;
- Tổng hợp dữ liệu thực tiễn: thu thập khoảng 50 bộ hồ sơ thiết kế kỹ thuật đã trình thẩm định, các báo cáo kiểm định, hồ sơ quản lý chất lượng công trình tại TP.HCM và một số địa phương lân cận giai đoạn 2021-2025;
- Phân tích và so sánh: thống kê tỷ lệ hồ sơ có/không có bảng tổng hợp kết quả tính toán, đánh giá mức độ đầy đủ, tính khoa học của các bảng tổng hợp (nếu có), so sánh thực trạng tiến kiểm - hậu kiểm và đối chiếu với một số kinh nghiệm quốc tế.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Thực trạng tiến kiểm theo Nghị định 175/2024/NĐ-CP

Kết quả khảo sát 50 hồ sơ thiết kế kỹ thuật cho thấy:

- Chỉ có 3/50 hồ sơ (khoảng 6%) có lập bảng tổng hợp kết quả tính toán các tiêu chí an toàn kết cấu theo tinh thần Điều 39 Nghị định 175/2024;
- 47/50 hồ sơ còn lại chỉ nội dung thuyết minh tính toán và các bản in kết quả từ phần mềm phân tích kết cấu (SAP2000, ETABS, SAFE...) mà không có bước tổng hợp, hệ thống hóa.

Các hồ sơ có bảng tổng hợp thường thuộc các dự án quy mô lớn, có yếu tố nước ngoài hoặc do các đơn vị tư vấn có năng lực tốt thực hiện. Bảng tổng hợp trong các dự án này trình bày tương đối rõ ràng: các tỷ số sử dụng của cấu kiện, kiểm tra ổn định tổng thể, chuyển vị, kiểm toán các trạng thái giới hạn, v.v. Tuy nhiên, đây chỉ là ngoại lệ.

Đối với đa số hồ sơ còn lại, cơ quan thẩm định gặp nhiều khó khăn do thông tin an toàn kết cấu “ẩn” trong hàng trăm trang bản in, không có cấu trúc tổng hợp. Kết quả là:

- Việc thẩm định thường chỉ dừng ở mức kiểm tra xác suất một số cấu kiện điển hình;
- Đánh giá mang tính chủ quan, định tính, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm cá nhân;
- Nguy cơ bỏ lọt các sai sót về mô hình tính, tổ hợp tải trọng (đặc biệt tải trọng gió, động đất) và kiểm tra trạng thái giới hạn sử dụng (vòng, chuyển vị) là khá lớn.

4.2. Thực trạng hậu kiểm theo Nghị định 06/2021/NĐ-CP

Về hậu kiểm, kết quả nghiên cứu cho thấy bức tranh phân hóa khá rõ:

- Ở các lĩnh vực công trình đặc biệt quan trọng (giao thông, năng lượng, một số công trình hạ tầng thiết yếu), công tác kiểm định định kỳ, quan trắc, đánh giá an toàn được quan tâm hơn, có quy trình nội bộ tương đối rõ;
- Đối với đa số công trình dân dụng, công nghiệp thông thường, chung cư cũ, nhà xưởng, cầu dân sinh, ... hoạt động đánh giá an toàn trong khai thác rất hạn chế, chủ yếu mang tính hình thức khi có yêu cầu kiểm tra hoặc xảy ra sự cố.

Các nguyên nhân chính gồm:

- Thiếu kinh phí dành cho công tác kiểm định, đặc biệt với các chủ sở hữu là hộ dân, ban quản trị chung cư, đơn vị sản xuất nhỏ;

• Thiếu hướng dẫn chi tiết về đối tượng, tần suất, quy trình kiểm định cụ thể cho từng loại hình công trình;

• Công tác giám sát, đôn đốc của cơ quan quản lý nhà nước chưa thực sự quyết liệt, chế tài chưa đủ mạnh để buộc chủ sở hữu thực hiện.

4.3. So sánh cơ chế tiền kiểm và hậu kiểm

Bảng 1 tóm tắt so sánh một số tiêu chí cơ bản giữa cơ chế tiền kiểm và hậu kiểm trong đánh giá an toàn kết cấu công trình.

Bảng 1. So sánh cơ chế tiền kiểm và hậu kiểm trong đánh giá an toàn kết cấu

Tiêu chí	Tiền kiểm (Nghị định 175/2024)	Hậu kiểm (Nghị định 06/2021)
Giai đoạn	Thiết kế kỹ thuật (Trước thi công)	Khai thác, sử dụng (Sau khi hoàn thành)
Cơ quan chủ trì	Cơ quan chuyên môn về xây dựng (thẩm định)	Chủ sở hữu/Người quản lý, sử dụng
Công cụ	Bảng tổng hợp kết quả tính toán, hồ sơ thiết kế	Đề cương & Báo cáo kiểm định, thiết bị đo lường
Mục tiêu	Phòng ngừa sai sót thiết kế, kiểm soát rủi ro từ gốc	Phát hiện hư hỏng, xuống cấp, xử lý tình trạng hiện hữu
Điểm yếu chung	- Thiếu Thông tư hướng dẫn chi tiết (mẫu biểu, quy trình). - Năng lực của một bộ phận tư vấn còn hạn chế. - Thiếu cơ chế giám sát và chế tài xử phạt đủ mạnh.	- Thiếu kinh phí thực hiện. - Thiếu hướng dẫn cụ thể cho từng loại công trình. - Việc kiểm tra, giám sát của cơ quan nhà nước còn lỏng lẻo.

Kinh nghiệm thực tiễn cho thấy, tỷ lệ hồ sơ có vấn đề về an toàn kết cấu ở giai đoạn thiết kế là khá cao (ước tính 80-90% có lỗi ở các mức độ khác nhau). Nếu không được phát hiện ở khâu tiền kiểm, các sai sót này sẽ trở thành “mầm bệnh” tiềm ẩn trong suốt vòng đời công trình, dẫn đến chi phí sửa chữa, gia cố rất lớn ở giai đoạn vận hành.

5. THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khung pháp lý hiện nay đã hình thành một cơ chế “kiểm soát kép” tương đối tiến bộ: tiền kiểm giúp lọc sai sót ngay từ khâu thiết kế, hậu kiểm giúp theo dõi “sức khỏe” công trình trong vận hành. Nếu được triển khai hiệu quả, hai cơ chế này có thể giúp giảm thiểu đáng kể nguy cơ sự cố kết cấu.

Tuy nhiên, các hạn chế lớn hiện nay có thể khái quát ở ba nhóm vấn đề:

1. Khoảng trống về hướng dẫn kỹ thuật chi tiết:

• Chưa có mẫu chuẩn cho “bảng tổng hợp kết quả tính toán” kèm theo hồ sơ thiết kế;

• Chưa có quy trình kiểm định cụ thể cho các nhóm công trình đặc thù (nhà cao tầng, cầu, cảng, công trình hàng không, v.v.).

2. Hạn chế về năng lực và ý thức tuân thủ:

• Một bộ phận đơn vị tư vấn chưa coi trọng đầy đủ yêu cầu minh bạch hóa an toàn kết cấu;

• Năng lực thẩm định ở một số cơ quan địa phương còn hạn chế, khối lượng công việc lớn, khó đi sâu kiểm tra chi tiết.

3. Cơ chế giám sát và chế tài chưa đủ mạnh:

• Việc không tuân thủ yêu cầu lập bảng tổng hợp hoặc không thực hiện kiểm định định kỳ chưa bị xử lý tương xứng;

• Thiếu cơ chế ràng buộc trách nhiệm cá nhân của kỹ sư chủ trì, người đứng đầu đơn vị tư vấn/kiểm định.

Kinh nghiệm của các nước như Nhật Bản, Singapore, các nước EU cho thấy tầm quan trọng của:

• Hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật chi tiết, được cập nhật thường xuyên;

• Cơ chế kiểm soát chặt chẽ, gắn với trách nhiệm nghề nghiệp cá nhân (Professional Engineer);

• Ứng dụng mạnh mẽ công nghệ số, mô hình thông tin công trình (BIM), giám sát sức khỏe công trình (SHM) và cơ sở dữ liệu quốc gia về chất lượng công trình.

6. MỘT SỐ GIẢI PHÁP VÀ KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở phân tích ở các phần trên, bài báo đề xuất một số nhóm giải pháp sau:

1. Hoàn thiện khung pháp lý và hướng dẫn chi tiết

• Bộ Xây dựng sớm ban hành thông tư hướng dẫn Nghị định 175/2024, trong đó có: mẫu “Bảng tổng hợp các tiêu chí đánh giá an toàn kết cấu” áp dụng thống nhất; hướng dẫn cách trích xuất, tổng hợp kết quả từ các phần mềm phân tích kết cấu;

• Xây dựng danh mục các loại công trình bắt buộc kiểm định định kỳ, cùng với quy trình và tần suất kiểm định cụ thể cho từng loại theo Nghị định 06/2021.

2. Tăng cường kiểm tra, giám sát và chế tài

• Cơ quan chuyên môn về xây dựng lựa chọn xác suất một tỷ lệ nhất định (ví dụ 10–20%) số cấu kiện quan trọng để thẩm tra độc lập;

• Áp dụng chế tài đủ mạnh đối với các đơn vị tư vấn không tuân thủ yêu cầu lập bảng tổng hợp, hoặc cố tình vi phạm quy định về an toàn kết cấu (cảnh cáo, phạt tiền, thu hồi chứng chỉ hành nghề, cấm tham gia hoạt động xây dựng trong một thời gian nhất định).

3. Đẩy mạnh chuyển đổi số trong quản lý chất lượng công trình

• Xây dựng cơ sở dữ liệu quốc gia về chất lượng công trình, liên thông dữ liệu từ giai đoạn thiết kế, thẩm định, thi công đến nghiệm thu, bảo trì;

• Khuyến khích, tiến tới bắt buộc áp dụng BIM đối với các dự án quy mô lớn, phức tạp;

• Từng bước ứng dụng các hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu trực tuyến cho các công trình trọng điểm.

4. Nâng cao năng lực và trách nhiệm nghề nghiệp

• Tăng cường đào tạo, bồi dưỡng chuyên môn cho đội ngũ kỹ sư thiết kế, thẩm tra, kiểm định về các yêu cầu mới của Nghị định 175/2024 và 06/2021;

• Từng bước áp dụng cơ chế trách nhiệm cá nhân tương tự mô hình “kỹ sư chuyên nghiệp” của các nước phát triển, gắn trách nhiệm pháp lý rõ ràng với người ký hồ sơ thiết kế, thẩm định, kiểm định.

5. Định hướng nghiên cứu tiếp theo

• Nghiên cứu lượng hóa chi phí - lợi ích của việc triển khai hiệu quả cơ chế tiền kiểm và hậu kiểm;

• Xây dựng mô hình đánh giá rủi ro an toàn kết cấu dựa trên dữ liệu lớn (Big Data) và trí tuệ nhân tạo (AI) phục vụ công tác quản lý nhà nước.

7. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích khung pháp lý và thực trạng triển khai cơ chế đánh giá an toàn kết cấu công trình tại Việt Nam thông qua hai nghị định 175/2024/NĐ-CP (tiền kiểm) và 06/2021/NĐ-CP (hậu kiểm). Kết quả cho thấy, mặc dù khung pháp lý đã tiệm cận thông lệ quốc tế và hình thành cơ chế kiểm soát kép tương đối toàn diện, song hiệu quả áp dụng còn hạn chế do thiếu hướng dẫn chi tiết, năng lực triển khai không đồng đều và cơ chế giám sát, chế tài chưa đủ mạnh.

Việc sớm hoàn thiện hệ thống văn bản hướng dẫn, tăng cường kiểm tra, chế tài, đẩy mạnh chuyển đổi số và nâng cao trách nhiệm nghề nghiệp của các chủ thể tham gia hoạt động xây dựng là điều kiện tiên quyết để các quy định pháp luật thực sự phát huy hiệu lực, góp phần đảm bảo an toàn, bền vững cho hệ thống công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình hạ tầng quan trọng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chính phủ (2021), Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- [2]. Chính phủ (2024), Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.
- [3]. Quốc hội (2014), Luật Xây dựng số 50/2014/QH13.
- [4]. Quốc hội (2020), Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng số 62/2020/QH14.
- [5]. Bộ Xây dựng (2019), QCVN 06:2019/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình.

Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong quá trình khai thác

Research on developing standards for assessing the safety of railway bridges during the operation process

> THS LÊ ANH CHIẾN^{1,*}, THS NGUYỄN QUANG CHUYỀN¹, THS ĐẶNG QUỐC CHIẾN¹, THS TRẦN THU MINH²

¹Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng và Thương mại Hưng Phú

²Tổng công ty Tư vấn thiết kế GTVT - CTCPT

*Email: leanhchien78@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng dự thảo tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong giai đoạn khai thác tại Việt Nam. Nghiên cứu tập trung tổng hợp, phân tích và so sánh các phương pháp kiểm tra, đánh giá an toàn cầu đường sắt của một số quốc gia có hệ thống tiêu chuẩn phát triển như Hoa Kỳ, Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc và các nước châu Âu. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đề xuất khung tiêu chí đánh giá an toàn về khả năng chịu lực và an toàn vận hành khai thác, đồng thời xác định các nguyên tắc, cấu trúc và nội dung chủ yếu của dự thảo tiêu chuẩn quốc gia về đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt, phù hợp với điều kiện thực tế và yêu cầu quản lý hạ tầng giao thông đường sắt tại Việt Nam.

Từ khóa: Cầu đường sắt; đánh giá; an toàn; chịu lực; khai thác.

ABSTRACT

This paper presents the research results on developing a draft standard for assessing the safety of railway bridge structures during the operation phase in Vietnam. The study focuses on synthesizing, analyzing and comparing safety inspection and assessment methods for railway bridges adopted by countries with advanced standard systems such as the United States, Japan, China, Korea and several European nations. Based on these findings, the authors propose a framework of safety assessment criteria covering both structural bearing capacity and operational safety, while defining the fundamental principles, structure and key contents of the proposed national standard for assessing the safety of railway bridges, in accordance with the actual conditions and infrastructure management requirements of Vietnam's railway network.

Keywords: Railway bridge; assessment; safety; bearing capacity; operation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, hầu hết các quốc gia đều có tiêu chuẩn hoặc quy trình hướng dẫn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt phục vụ công tác quản lý, bảo trì. Tại Mỹ, Cục Đường sắt Liên bang ban hành Railroad Bridge Inspection Manual [1]; ở châu Âu có Methods of Railway Bridge Testing and Evaluation [2]; tại châu Á, nhiều quốc gia sử dụng Handbook on Inspection of Bridge [3] làm cơ sở hướng dẫn. Các tiêu chuẩn này đều tập trung vào việc đánh giá tình trạng

kỹ thuật của kết cấu, phân loại mức độ an toàn và đề xuất biện pháp bảo trì tương ứng.

Phương pháp đánh giá giữa các nước có sự khác biệt về chỉ số và tiêu chí, song đều hướng đến định lượng hóa mức độ hư hỏng. Chẳng hạn, Trung Quốc sử dụng chỉ số Dr tổng hợp từ tình trạng mặt cầu, kết cấu phần trên và phần dưới; Nhật Bản phân loại theo 4 mức tình trạng từ "tốt" đến "hành động khẩn cấp"; Hàn Quốc dùng chỉ số DI (Damage Index) để xếp loại từ A đến E; Mỹ áp dụng thang

NBI (National Bridge Inventory) gồm 10 mức (0 - 9) phản ánh mức độ xuống cấp của các bộ phận chính [6]; trong khi các nước châu Âu như Áo và Pháp xây dựng hệ thống chỉ số riêng dựa trên phân tích định lượng tình trạng hư hỏng của từng cấu kiện [7 - 8]. Các phương pháp này cho thấy xu hướng chung là sử dụng đánh giá định lượng, kết hợp giữa quan sát hiện trường và phân tích chuyên gia nhằm xác định mức độ an toàn chịu lực và khả năng khai thác của cầu.

Tại Việt Nam hiện đã có một số tiêu chuẩn như TCVN 11297:2019 về quy trình kiểm định cầu đường sắt [4] và TCCS 05:2022/VNR về bảo trì công trình cầu, cống, hầm đường sắt [5]. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn này chủ yếu quy định nội dung kiểm định và bảo trì, chưa hình thành hệ thống đánh giá định lượng về an toàn tổng thể công trình cầu.

Do đó, việc nghiên cứu, đề xuất xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong quá trình khai thác là cần thiết, nhằm tạo cơ sở thống nhất cho công tác đánh giá, xếp hạng và quản lý an toàn công trình trên mạng lưới đường sắt quốc gia.

2. XÂY DỰNG TIÊU CHÍ ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CÔNG TRÌNH CẦU ĐƯỜNG SẮT TẠI VIỆT NAM

2.1. Đánh giá an toàn về mặt chịu lực

2.1.1. Đối tượng đánh giá

- Tổng thể toàn bộ cầu, các hạng mục phụ trợ;
- Kết cấu phần trên cầu;
- Kết cấu phần dưới cầu.

2.1.2. Tần suất đánh giá

- Đánh giá định kỳ: 5 năm/lần; đánh giá lần đầu đối với công trình kể từ khi đưa vào khai thác là 10 năm; đánh giá chuyên sâu/đặc biệt.

2.1.3. Phương pháp đánh giá

- Phương pháp đánh giá an toàn công trình là sử dụng các đánh giá bằng phương pháp khảo sát chuyên gia kết hợp với một số phương pháp thí nghiệm nhanh tại hiện trường nhằm đối chiếu với các kết quả đo của công trình có từ trước. Các kết quả đo nhanh tại hiện trường chủ yếu liên quan đến chất lượng bê tông; gỉ mòn, hao hụt tiết diện và biến dạng cũng như tình trạng liên kết của kết cấu thép, bề rộng và sự phát triển về biến dạng, nghiêng, nứt... và các chỉ số dao động nếu có.

- Bằng các phát hiện hiện trạng trước đó cũng như kết hợp với so sánh các tham số về đo đạc và sử dụng kết luận chuyên gia để đánh giá về sự an toàn công trình.

2.1.4. Nội dung đánh giá

a. Thu thập, thống kê các thông số kỹ thuật, công nghệ của công trình, bộ phận công trình.

b. Đánh giá tổng thể: Nhằm xác định tổng thể bất kỳ vấn đề khiếm khuyết hoặc khuyết tật, hư hỏng quan trọng nào có thể gây nguy hiểm cho công trình

c. Đánh giá kết cấu phần trên

d. Đánh giá kết cấu phần dưới

2.1.5. Đánh giá, xếp loại

Trên cơ sở kiểm tra, đánh giá tổng thể, chi tiết về mức độ an toàn chịu lực của các kết cấu công trình cầu, phân loại mức độ đối với mỗi bộ phận, cấu kiện theo bảng dưới đây, tổng hợp mức độ của toàn bộ công trình cầu là mức độ của bộ phận, cấu kiện có mức an toàn thấp nhất.

Mức độ	Tình trạng	Mô tả
8	Hoàn hảo	Không vấn đề gì
7	Tốt	Một vài vấn đề nhỏ, không quan trọng
6	Khá	Các kết cấu có một vài hư hỏng nhỏ, không liên quan đến an toàn chịu lực
5	Trung bình	Xuất hiện các khuyết tật, hư hỏng, tuy nhiên các bộ phận kết cấu chính đều đảm bảo chịu lực
4	Kém	Kết cấu bị xuống cấp
3	Nghiêm trọng	Hư hỏng nặng, mất tiết diện... ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của các bộ phận kết cấu chính (vết nứt do mỏi ở thép hoặc vết nứt trong bê tông...)
2	Rất nghiêm trọng	Sự suy giảm nghiêm trọng của các bộ phận kết cấu chính. Các vết nứt do mỏi trong thép hoặc các vết nứt nghiêm trọng trong bê tông hoặc xói mòn có thể làm dịch chuyển kết cấu... Trừ khi được giám sát chặt chẽ, có thể cần phải đóng cầu cho đến khi thực hiện hành động khắc phục
1	Phá hủy sắp xảy ra	Sự hư hỏng hoặc mất mát lớn của mặt cắt trong các bộ phận kết cấu quan trọng hoặc sự dịch chuyển rõ ràng theo phương thẳng đứng hoặc nằm ngang ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu. Cầu bị cấm giao thông nhưng hành động khắc phục có thể cho phép nó được đưa trở lại hoạt động bình thường

2.2. Đánh giá an toàn về mặt vận hành, khai thác

Kiểm tra, đánh giá các điều kiện đảm bảo vận hành, khai thác công trình bình thường, bao gồm: Độ ồn, mức độ ô nhiễm của khói, bụi và các chất nguy hại, ảnh hưởng đến sức khỏe con người; an toàn cháy nổ; kết quả kiểm định các thiết bị có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn và các điều kiện an toàn khác có liên quan.

2.2.1. Đối tượng và nội dung đánh giá

- Khổ giới hạn trên và dưới cầu;
- Các yếu tố hình học đường trên cầu và hai đầu cầu;
- Tình trạng mặt cầu;
- Đường người đi, lan can, ván tuấn cầu;
- Thiết bị kiểm tra, phòng hộ trên cầu;
- Hệ thống TTTH, cấp quang, chiếu sáng.

2.2.2. Tần suất đánh giá: Tương tự như đánh giá an toàn chịu lực

2.2.3. Phương pháp đánh giá

- Phương pháp đánh giá an toàn công trình là sử dụng các

đánh giá bằng phương pháp khảo sát chuyên gia kết hợp đo đạc nhanh tại hiện trường nhằm đối chiếu với các kết quả đo của công trình có từ trước. Các kết quả đo nhanh tại hiện trường chủ yếu liên quan đến khổ giới hạn, yếu tố hình học của tuyến trên cầu, tình trạng vật liệu và liên kết mặt cầu.

2.2.4. Phân loại đánh giá an toàn vận hành, khai thác

Để đảm bảo an toàn trong vận hành, khai thác, các thông số kỹ thuật, các tiêu chí của các đối tượng đánh giá phải tuân thủ theo các tiêu chuẩn, quy trình, quy định hiện hành. Do vậy, với phân loại và đánh giá an toàn vận hành, khai thác sẽ sử dụng thuật ngữ Yes or No (Y/N).

"Y": Đảm bảo an toàn vận hành, khai thác.

"N": Vận hành, khai thác có điều kiện. Cần bảo dưỡng, sửa chữa, bảo trì.

3. ĐỀ XUẤT NỘI DUNG CHÍNH CỦA TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CÔNG TRÌNH CẦU ĐƯỜNG SẮT TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC

Từ kết quả phân tích các phương pháp đánh giá của các quốc gia phát triển và nội dung đánh giá cụ thể tại Mục 2, có thể định hướng xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong quá trình khai thác theo cấu trúc và nguyên tắc sau:

Tiêu chuẩn cần quy định rõ phạm vi, đối tượng, phương pháp và tiêu chí đánh giá, đồng thời chuẩn hóa hệ thống phân loại và biểu mẫu báo cáo để bảo đảm tính thống nhất trong toàn ngành. Phương pháp đánh giá vẫn dựa trên hai nhóm tiêu chí chính: An toàn chịu lực và an toàn vận hành khai thác, song cần được lượng hóa bằng thang điểm hoặc chỉ số tổng hợp có trọng số, tương tự các mô hình Dr (Trung Quốc), DI (Hàn Quốc) và NBI (Mỹ), có hiệu chỉnh phù hợp với đặc điểm cầu đường sắt Việt Nam.

Bên cạnh đó, tiêu chuẩn cần đề xuất hệ thống quản lý dữ liệu điện tử để lưu trữ, cập nhật và theo dõi kết quả đánh giá qua từng kỳ kiểm tra, hình thành cơ sở dữ liệu thống nhất phục vụ công tác bảo trì, sửa chữa và đánh giá tuổi thọ công trình. Việc ứng dụng công nghệ số trong thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu (như GIS, BIM, AI hoặc cảm biến giám sát tự động) nên được xem là hướng phát triển lâu dài.

Kết quả đánh giá theo tiêu chuẩn sẽ làm căn cứ cho cơ quan quản lý xác định mức độ ưu tiên bảo trì, sửa chữa, lập kế hoạch đầu tư và kiểm soát rủi ro an toàn trong khai thác. Trên cơ sở đó, đề xuất áp dụng thí điểm cho một số tuyến chính trước khi mở rộng trên toàn mạng lưới quốc gia. Việc ban hành tiêu chuẩn thống nhất sẽ góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, đảm bảo an toàn giao thông, kéo dài tuổi thọ công trình và hiện đại hóa công tác quản lý tài sản hạ tầng đường sắt.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã tham khảo và vận dụng các phương pháp đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt trong quá trình khai thác của các nước trên thế giới như Mỹ, châu Âu, Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc để đề xuất phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu, xây dựng và áp dụng một bộ tiêu chuẩn thống nhất trong công tác đánh giá an toàn công trình cầu đường sắt là cấp thiết để nâng cao hiệu quả và an toàn cho công trình cầu đường sắt tại Việt Nam. Bộ tiêu chuẩn cần tiếp tục được

cập nhật, bổ sung và hoàn thiện thường xuyên trên các tiến bộ khoa học và công nghệ mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Railroad Bridge Inspection Manual - Quy trình kiểm tra cầu đường sắt của Mỹ.
- [2]. Methods of railway bridge testing and evaluation - Phương pháp kiểm tra và đánh giá cầu đường sắt của châu Âu.
- [3]. Handbook on Inspection of Bridge - Sổ tay kiểm tra cầu của châu Á.
- [4]. TCVN 11297:2019 Cầu đường sắt - Quy trình kiểm định.
- [5]. TCCS 05:2022/VNR - Tiêu chuẩn bảo trì công trình cầu, cống, hầm đường sắt.
- [6]. S. Darban, H. G. Tehrani and N. Karballaezadeh (Mar., 2020), Presentation a new method for determining of bridge condition index by using analytical hierarchy process, Preprints, DOI: 10.20944/preprints202003.0420.v1.
- [7]. Synthesis of National and International Methodologies Used for Bridge Health Indices, FHWA-HRT-15-081, Federal Highway Administration, U.S. Dept. of Transportation, May 2016. [Online]. Available: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/bridge/15081/003.cfm>.
- [8]. Ministère de l'Équipement (2017), Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art - Fascicule 40; CEREMA, Guide IQOA - Image de la Qualité des Ouvrages d'Art. [Online]. Available: <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/16479/iqoa-classification-des-ouvrages>.

Đánh giá hiệu quả điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam

Evaluating the effectiveness of public investment capital plan management in transportation infrastructure construction in Vietnam

> TS ĐỖ VĂN THUẬN¹, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI^{2,*}

¹Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng

²Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá sự vận động của các chỉ tiêu điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam, dựa trên khung chỉ tiêu gồm tổ chức, chỉ đạo, trách nhiệm, động lực và quyền tự quyết. Khảo sát 136 mẫu từ các cơ quan liên quan cho thấy các chỉ tiêu đạt giá trị trung bình từ 3.1618 đến 3.6691 (thang Likert 5 mức). Kết quả phản ánh nỗ lực tuân thủ quy trình pháp lý nhưng vẫn còn hạn chế trong giám sát, phối hợp liên ngành và ứng phó linh hoạt. Các hàm ý đề xuất bao gồm cụ thể hóa mục tiêu, tăng cường công nghệ giám sát, cải thiện phối hợp và nâng cao trách nhiệm giải trình, nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công và phát triển hạ tầng giao thông bền vững.

Từ khóa: Đầu tư công; điều hành kế hoạch; công trình giao thông; khung chỉ tiêu; quản lý dự án, trách nhiệm giải trình; công nghệ giám sát.

ABSTRACT

This study evaluates the dynamics of indicators for managing public investment capital plans in transportation infrastructure construction in Vietnam, based on a framework encompassing organization, direction, responsibility, motivation and autonomy. A survey of 136 samples from relevant agencies shows average indicator values ranging from 3.1618 to 3.6691 (5-point Likert scale). The results highlight efforts in adhering to legal processes but reveal limitations in monitoring, inter-agency coordination and flexible response. Implications include specifying strategic goals, enhancing monitoring technology, improving coordination and strengthening accountability to improve the efficiency of public investment capital use and support sustainable transportation infrastructure development.

Keywords: Public investment; plan management; transportation infrastructure; indicator framework; project management; accountability; monitoring technology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam, đầu tư công, đặc biệt là trong lĩnh vực xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, kết nối vùng miền và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân. Các dự án giao thông như đường cao tốc, cầu, cảng biển hay đường sắt không chỉ đòi hỏi nguồn vốn lớn mà còn yêu cầu công tác điều hành hiệu quả để đảm bảo tiến độ, chất lượng và hiệu quả sử dụng

vốn. Tuy nhiên, thực tiễn quản lý và điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong lĩnh vực này tại Việt Nam vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế, như chậm tiến độ, thất thoát vốn, thiếu đồng bộ trong phối hợp liên ngành và giám sát chưa hiệu quả.

Những vấn đề này xuất phát từ nhiều nguyên nhân, bao gồm sự thiếu rõ ràng trong định hướng chiến lược, hạn chế trong cơ chế giám sát và đánh giá cũng như sự thiếu linh hoạt trong việc điều chỉnh kế hoạch khi có sai lệch. Hơn nữa, việc ứng dụng công nghệ

thông tin và các công cụ quản lý hiện đại trong điều hành các dự án đầu tư công vẫn chưa được triển khai mạnh mẽ, dẫn đến khó khăn trong việc phát hiện và xử lý kịp thời các vấn đề phát sinh. Những thách thức này không chỉ làm giảm hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công mà còn ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững của hạ tầng giao thông tại Việt Nam.

Để giải quyết các vấn đề trên cần thiết phải nghiên cứu và đánh giá toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến công tác điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông. Nghiên cứu này tập trung phân tích sự vận động của các chỉ tiêu điều hành thông qua một khung chỉ tiêu được xây dựng dựa trên các nguyên tắc quản lý dự án (QLDA), lý thuyết lãnh đạo và quy định pháp luật hiện hành. Thông qua việc đánh giá các khía cạnh như tổ chức, chỉ đạo, trách nhiệm, động lực và quyền tự quyết, nghiên cứu nhằm nhận diện các điểm mạnh, điểm yếu và đề xuất các giải pháp cải thiện chất lượng điều hành, từ đó nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công trong các dự án giao thông.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khung chỉ tiêu mô tả hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công

Khung chỉ tiêu đánh giá hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông được kế thừa và phát triển từ nghiên cứu trước đó của tác giả Đỗ Văn Thuận và Nguyễn Lương Hải [3], trong đó đã đề xuất một hệ thống 5 chỉ tiêu đánh giá dựa trên các nguyên tắc QLDA, lý thuyết lãnh đạo và quy định pháp luật đầu tư công tại Việt Nam. Hệ thống chỉ tiêu này tập trung vào các khía cạnh cốt lõi của hoạt động điều hành, bao gồm tổ chức, chỉ đạo, trách nhiệm, động lực và quyền tự quyết, nhằm phản ánh toàn diện chất lượng quản lý và lãnh đạo trong các dự án giao thông.

Cụ thể, khung chỉ tiêu bao gồm:

- DR1: Mức độ phù hợp và chất lượng của các giải pháp tổ chức điều hành kế hoạch đầu tư công thuộc nguồn vốn do cấp mình quản lý.

- DR2: Mức độ phù hợp và chất lượng của các chỉ đạo, điều hành các phạm vi công việc thuộc trách nhiệm quản lý trong quá trình thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông.

- DR3: Mức độ đảm bảo tự chịu trách nhiệm và trách nhiệm giải trình đối với phạm vi trách nhiệm công việc trong quá trình thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông.

- DR4: Mức độ phù hợp của các động lực làm việc được tạo ra để các cá nhân, bộ phận nỗ lực hoàn thành các mục tiêu nhiệm vụ của mình trong quá trình thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông.

- DR5: Mức độ phù hợp trong thực hiện quyền tự quyết định trong phạm vi quyền hạn của các cá nhân, bộ phận phụ trách công việc cụ thể trong quá trình triển khai kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông.

Khung chỉ tiêu này được xây dựng dựa trên cơ sở lý thuyết hành vi lãnh đạo [1], lý thuyết theo đuổi con đường mục tiêu [2] và các quy định của Luật Đầu tư công [4]. Các chỉ tiêu được thiết kế để đánh giá hiệu quả các hoạt động điều hành, từ việc lập kế hoạch, phân bổ nguồn lực đến giám sát và trao quyền, đảm bảo tính khoa học, logic và phù hợp với thực tiễn quản lý đầu tư công tại Việt Nam. Khung chỉ tiêu này cung cấp nền tảng để phân tích sự vận động của các yếu tố điều hành trong các dự án giao thông, đồng thời hỗ trợ việc nhận diện các hạn chế và đề xuất giải pháp cải thiện.

2.2. Thu thập số liệu

Để thu thập dữ liệu khảo sát nhằm đánh giá các chỉ tiêu mô

tả hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông, nghiên cứu sử dụng thang đo Likert 5 mức độ, với các giá trị: (1) - Rất không đồng ý; (2) - Không đồng ý; (3) - Trung lập; (4) - Đồng ý; (5) - Rất đồng ý.

Khảo sát thu thập được 136 mẫu hợp lệ từ các nhóm đối tượng liên quan, bao gồm: 74 mẫu (54,4%) từ các ban QLDA công trình giao thông thuộc cơ quan chủ trì; 29 mẫu (21,3%) từ cơ quan quản lý vốn đầu tư xây dựng công trình giao thông; 13 mẫu (9,6%) từ cơ quan kế hoạch quản lý vốn đầu tư; 7 mẫu (5,1%) từ cơ quan tài chính quản lý vốn đầu tư và 13 mẫu (9,6%) từ cơ quan kiểm toán nhà nước về vốn đầu tư công.

Về lĩnh vực hoạt động, 64% đối tượng khảo sát có liên quan trực tiếp đến quản lý vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông, 33,8% liên quan gián tiếp và 2,2% không liên quan. Phân bố này đảm bảo tính khách quan và độ tin cậy của dữ liệu, phản ánh quan điểm đa dạng từ các bên liên quan.

Về kinh nghiệm nghề nghiệp, 65,4% đối tượng có trên 10 năm kinh nghiệm, 21,3% từ 5 - 10 năm và 13,2% dưới 5 năm. Sự phân bố này củng cố độ tin cậy của thông tin thu thập, nhờ vào bề dày kinh nghiệm của các đối tượng khảo sát.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Phân tích thực trạng công tác chỉ đạo và điều hành thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam thời gian qua được thực hiện trên cơ sở đánh giá tổng thể từ các cơ quan quản lý nhà nước và các đơn vị thực thi thông qua 5 chỉ tiêu đo lường, được trình bày chi tiết trong Bảng 1. Kết quả cho thấy các chỉ tiêu đo lường (DR1-DR5) có giá trị trung bình dao động từ 3,1618 đến 3,6691 trên thang đo Likert 5 mức độ, đều vượt ngưỡng trung bình (3,0). Điều này phản ánh những nỗ lực đáng ghi nhận trong việc đảm bảo tuân thủ quy trình pháp lý và các tiêu chí đề ra. Tuy nhiên, các hạn chế trong tính định hướng, phối hợp liên ngành và giám sát hiệu quả vẫn là những thách thức cần giải quyết để nâng cao chất lượng điều hành.

Theo Bảng 1, chỉ tiêu DR1 (mức độ hiệu quả trong việc chỉ đạo thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công) đạt giá trị trung bình cao nhất (3,6691, độ lệch chuẩn 0,66728), cho thấy sự đồng thuận tương đối cao giữa các bên liên quan về tính tích cực trong công tác chỉ đạo. Điều này có thể xuất phát từ việc các cơ quan quản lý đã xây dựng được các quy trình pháp lý rõ ràng và cơ bản đáp ứng yêu cầu lập kế hoạch. Tương tự, chỉ tiêu DR2 (mức độ phù hợp những nỗ lực đáng ghi nhận triển khai các chương trình, dự án) cũng ghi nhận giá trị trung bình cao (3,6618, độ lệch chuẩn 0,62326), phản ánh khả năng điều phối tốt trong giai đoạn triển khai.

Tuy nhiên, chỉ tiêu DR4 (mức độ phù hợp trong giám sát và đánh giá kết quả điều hành) có giá trị trung bình thấp nhất (3,1618, độ lệch chuẩn 0,75248), cho thấy sự thiếu nhất quán trong việc đánh giá hiệu quả điều hành. Độ lệch chuẩn cao của chỉ tiêu này phản ánh sự khác biệt lớn trong nhận thức giữa các nhóm khảo sát, có thể do thiếu các tiêu chí đánh giá cụ thể hoặc công cụ đo lường hiệu quả rõ ràng. Chỉ tiêu DR3 (khả năng phối hợp giữa các cơ quan trong quá trình điều hành) và DR5 (khả năng điều chỉnh linh hoạt khi có sai lệch trong kế hoạch) cũng chỉ đạt mức trung bình lần lượt là 3,3382 và 3,2574, với độ lệch chuẩn tương đối cao (0,66911 và 0,67765), cho thấy sự phối hợp liên ngành và khả năng ứng phó với các tình huống phát sinh vẫn còn nhiều hạn chế.

Một trong những hạn chế chính là sự thiếu định hướng cụ thể trong công tác chỉ đạo và điều hành. Mặc dù các quy trình pháp lý được tuân thủ, nhưng việc thiếu các mục tiêu chi tiết và kế hoạch hành động cụ thể khiến một số dự án không đạt được hiệu quả

mong đợi. Ví dụ, các dự án giao thông lớn thường đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý nhà nước, BQLDA và các đơn vị thi công, nhưng sự thiếu đồng bộ trong chia sẻ thông tin và ra quyết định đã dẫn đến chậm tiến độ hoặc sử dụng vốn không hiệu quả.

Bên cạnh đó, việc giám sát và đánh giá kết quả điều hành còn mang tính hình thức, thiếu các chỉ số hiệu quả cụ thể (KPIs) để đo lường toàn diện chất lượng công tác chỉ đạo. Điều này khiến các cơ quan khó nhận diện được các vấn đề tiềm ẩn hoặc đánh giá chính xác mức độ thành công của các dự án. Hơn nữa, việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý và giám sát vẫn chưa được triển khai mạnh mẽ. Các công cụ như hệ thống QLDA số hóa hoặc phần mềm giám sát thời gian thực chưa được áp dụng rộng rãi, dẫn đến khó khăn trong việc phát hiện và xử lý kịp thời các sai lệch trong quá trình thực hiện.

Sự phối hợp không đồng bộ giữa các cơ quan cũng là một rào cản lớn. Ví dụ, sự chậm trễ trong phản hồi từ các cơ quan tài chính hoặc kế hoạch có thể làm gián đoạn việc điều chỉnh nguồn vốn khi phát sinh vấn đề. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến tiến độ dự án mà còn làm giảm hiệu quả sử dụng vốn, đặc biệt trong bối cảnh các dự án giao thông thường có quy mô lớn và yêu cầu quản lý phức tạp.

Bảng 1. Chi tiêu đánh giá về công tác điều hành thực hiện kế hoạch vốn đầu tư

Chi tiêu (Criteria)	Số lượng mẫu (N)	Giá trị nhỏ nhất (Minimum)	Giá trị lớn nhất (Maximum)	Giá trị trung bình (Mean)	Độ lệch chuẩn (Std. Deviation)
DR1	136	1,00	5,00	3,6691	.66728
DR2	136	1,00	5,00	3,6618	.62326
DR3	136	2,00	5,00	3,3382	.66911
DR4	136	1,00	5,00	3,1618	.75248
DR5	136	2,00	5,00	3,2574	.67765

Kết quả nghiên cứu mang lại một số hàm ý quan trọng đối với công tác điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam:

- *Tăng cường định hướng chiến lược và cụ thể hóa mục tiêu:* Giá trị trung bình cao của chỉ tiêu DR1 và DR2 cho thấy các cơ quan quản lý đã đạt được một số thành tựu trong việc thiết lập quy trình và điều phối công việc. Tuy nhiên, để nâng cao hiệu quả cần xây dựng các mục tiêu chiến lược rõ ràng hơn, kèm theo các kế hoạch hành động cụ thể. Điều này bao gồm việc xác định các chỉ số hiệu quả chính (KPIs) cho từng giai đoạn của dự án, từ lập kế hoạch đến triển khai và giám sát, nhằm đảm bảo tính định hướng và khả năng đo lường tiến độ.

- *Cải thiện cơ chế giám sát và đánh giá:* Giá trị trung bình thấp của chỉ tiêu DR4 cho thấy công tác giám sát và đánh giá vẫn là điểm yếu. Các cơ quan quản lý cần phát triển các bộ công cụ đánh giá hiệu quả rõ ràng, chẳng hạn như hệ thống KPIs cụ thể hoặc các phần mềm giám sát thời gian thực. Việc ứng dụng công nghệ thông tin, như hệ thống QLDA số hóa có thể giúp cải thiện khả năng phát hiện sai lệch và đưa ra các điều chỉnh kịp thời.

- *Tăng cường phối hợp liên ngành:* Chỉ tiêu DR3 và DR5 cho thấy sự phối hợp giữa các cơ quan và khả năng ứng phó linh hoạt còn hạn chế. Cần thiết lập các kênh giao tiếp hiệu quả hơn giữa các cơ quan liên quan, chẳng hạn như tổ chức các cuộc họp định kỳ hoặc sử dụng các nền tảng chia sẻ thông tin trực tuyến. Ngoài ra, cần trao quyền tự quyết nhiều hơn cho các ban QLDA trong phạm vi trách nhiệm của họ, đồng thời đảm bảo trách nhiệm giải trình để tránh lạm quyền.

- *Đầu tư vào công nghệ và đào tạo nhân lực:* Sự chậm trễ trong ứng dụng công nghệ thông tin và thiếu hụt các công cụ giám sát hiện đại là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến hạn chế trong điều hành. Các cơ quan cần đầu tư vào việc triển khai các hệ thống QLDA số hóa, đồng thời tổ chức các chương trình đào tạo để nâng cao năng lực cho đội ngũ nhân sự trong việc sử dụng các công cụ này.

- *Tăng cường trách nhiệm giải trình và minh bạch:* Giá trị trung bình của DR3 cho thấy cần cải thiện tính trách nhiệm giải trình trong các hoạt động điều hành. Việc thiết lập các cơ chế kiểm tra và báo cáo minh bạch, kết hợp với sự tham gia của các cơ quan kiểm toán, có thể giúp nâng cao niềm tin của các bên liên quan và đảm bảo sử dụng hiệu quả nguồn vốn đầu tư công.

Những hàm ý này không chỉ giúp khắc phục các hạn chế hiện tại mà còn tạo nền tảng cho việc cải thiện chất lượng quản lý và điều hành trong các dự án giao thông, từ đó nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công và đóng góp vào sự phát triển bền vững của hạ tầng giao thông tại Việt Nam.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng và áp dụng khung chỉ tiêu đánh giá hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam, tập trung vào 5 khía cạnh cốt lõi: Tổ chức, chỉ đạo, trách nhiệm, động lực và quyền tự quyết. Kết quả khảo sát từ 136 mẫu hợp lệ cho thấy công tác điều hành đã đạt được một số thành tựu, đặc biệt trong việc thiết lập quy trình pháp lý và điều phối triển khai dự án, với các chỉ tiêu DR1 và DR2 đạt giá trị trung bình cao (3,6691 và 3,6618). Tuy nhiên, các hạn chế đáng kể vẫn tồn tại, bao gồm sự thiếu nhất quán trong giám sát và đánh giá (DR4: 3,1618), phối hợp liên ngành chưa hiệu quả (DR3: 3,3382) và khả năng ứng phó linh hoạt còn hạn chế (DR5: 3,2574).

Những hạn chế này xuất phát từ việc thiếu các mục tiêu chiến lược cụ thể, công cụ giám sát hiện đại và sự phối hợp chưa đồng bộ giữa các cơ quan liên quan. Các hàm ý từ nghiên cứu nhấn mạnh sự cần thiết của việc cụ thể hóa mục tiêu, tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin, cải thiện cơ chế giám sát và nâng cao trách nhiệm giải trình. Những giải pháp này không chỉ giúp khắc phục các điểm yếu hiện tại mà còn tạo tiền đề cho việc nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của hạ tầng giao thông tại Việt Nam.

Trong tương lai, cần tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện khung chỉ tiêu, mở rộng phạm vi khảo sát và tích hợp các công cụ quản lý số hóa nhằm hỗ trợ tốt hơn cho công tác điều hành. Đồng thời, việc tăng cường đào tạo nhân lực và xây dựng các cơ chế phối hợp liên ngành hiệu quả sẽ là "chìa khóa" để đảm bảo thành công của các dự án đầu tư công trong lĩnh vực giao thông vận tải.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2026-QLXD-002.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bass B. M. and Bruce J. A. (1997), Full Range Leadership Development: Manual for the Multifactor Leadership Questionnaire. Palo Alto, California: Mind Garden.
[2]. Rachel E. S. (2013), Some Tech Firms Ask: Who Needs Managers?, in The Wall Street Journal.
[3]. Nguyễn Lương Hải và Đỗ Văn Thuận (2025), Xây dựng hệ thống chỉ tiêu đánh giá hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam, Tạp chí Xây dựng, số tháng 11.
[4]. Quốc hội Nước Cộng hòa XHCN Việt Nam (2024), Luật Đầu tư công số 58/2024/QH15 ngày 29/11/2024.

Giải pháp phát triển bền vững hoạt động logistics tại TP Hồ Chí Minh trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc Việt Nam

Solutions for sustainable development of logistics activities in Ho Chi Minh City in the era of the Vietnamese nation's rise

> TS NGUYỄN VĂN TUNG

Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

Email: nguyenvantungbrvt@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá thực trạng logistics tại TP.HCM, đây là hoạt động giữ vai trò trụ cột khi đóng góp 25,4% vào mức tăng GRDP và phát triển mạnh nhờ phục hồi kinh tế, mở rộng xuất nhập khẩu và sự bùng nổ thương mại điện tử. Tuy nhiên, ngành vẫn đối mặt với nhiều hạn chế như hạ tầng thiếu đồng bộ, chi phí logistics cao, thiếu trung tâm logistics quy mô lớn và năng lực doanh nghiệp chưa đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất các giải pháp phát triển bền vững gồm tái cấu trúc không gian logistics, đẩy nhanh đầu tư hạ tầng, tăng vận tải đa phương thức, ứng dụng công nghệ số, mở rộng cơ chế đầu tư và phát triển nguồn nhân lực, nhằm nâng cao hiệu quả và năng lực cạnh tranh của logistics TP.HCM trong giai đoạn tới.

Từ khóa: Phát triển hoạt động logistics; phát triển bền vững logistics; hoạt động logistics tại TP.HCM.

ABSTRACT

The article assesses the current state of logistics in Ho Chi Minh City, which is a pillar activity contributing 25.4% to GRDP growth and growing strongly thanks to economic recovery, import-export expansion and the boom of e-commerce. However, the industry still faces many limitations such as unsynchronized infrastructure, high logistics costs, lack of large-scale logistics centers and business capacity not meeting the requirements of digital transformation. On that basis, the article proposes sustainable development solutions including restructuring the logistics space, accelerating infrastructure investment, increasing multimodal transport, applying digital technology, expanding investment mechanisms and developing human resources, in order to improve the efficiency and competitiveness of Ho Chi Minh City logistics in the coming period.

Keywords: Logistics development; sustainable logistics development; logistics activities in Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với vai trò trung tâm của vùng Đông Nam Bộ nói riêng và cả nước nói chung, TP.HCM không chỉ là nơi sản xuất, phân phối và tiêu thụ một lượng lớn hàng hóa mà còn đóng góp đáng kể vào sự phát triển kinh tế của cả nước. Các ngành nghề kinh tế TP.HCM đã có sự hồi phục nhanh chóng kể từ sau đại dịch Covid-19, trong đó đi đầu là ngành Logistics. Tiềm năng phát triển bền vững ngành Logistics TP.HCM trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc đòi hỏi những giải pháp căn cơ và toàn diện.

Hoạt động logistics đóng vai trò then chốt trong tăng trưởng kinh tế của TP.HCM là trung tâm thương mại lớn nhất cả nước. Thành phố hiện có hơn 12.700 doanh nghiệp logistics, chiếm hơn 40% cả nước, đóng góp khoảng 8,5% GRDP và giữ vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng xuất nhập khẩu. Tuy nhiên, quá trình phát triển nhanh đang bộc lộ nhiều hạn chế khiến ngành Logistics đứng trước áp lực phải đổi mới theo hướng bền vững.

Trong khi đó, chi phí logistics của Việt Nam còn ở mức cao, gây giảm sức cạnh tranh của hàng hóa và tăng áp lực chi phí lên doanh

ngiệp. Hệ thống hạ tầng logistics của TP.HCM còn thiếu đồng bộ, nhiều điểm nghẽn giao thông tại Cát Lái, Hiệp Phước, cửa ngõ phía Đông - Tây làm kéo dài thời gian vận chuyển và gia tăng phát thải. Bên cạnh đó, phần lớn doanh nghiệp logistics nội địa còn nhỏ, trình độ công nghệ thấp, khó đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số và tiêu chuẩn logistics xanh. Sự phân mảnh thị trường cũng khiến doanh nghiệp trong nước chỉ nắm giữ khoảng 30% thị phần, chủ yếu ở phân khúc giá trị gia tăng thấp.

Hiện nay, trong bối cảnh xu hướng logistics xanh, logistics số và yêu cầu giảm phát thải đang trở thành tiêu chuẩn toàn cầu, việc nghiên cứu phát triển bền vững logistics tại TP.HCM là hết sức cấp thiết. Nghiên cứu không chỉ giúp đánh giá đúng thực trạng, xác định nguyên nhân của các bất cập về hạ tầng, vận tải, công nghệ và quản lý, mà còn đề xuất các giải pháp chiến lược nhằm giảm chi phí, nâng cao hiệu quả, bảo vệ môi trường và nâng cao năng lực cạnh tranh của Thành phố.

Vì thế, việc phát triển bền vững hoạt động logistics tại TP.HCM sẽ góp phần định hướng chính sách, hoàn thiện quy hoạch, hỗ trợ doanh nghiệp chuyển đổi số xanh và tạo nền tảng cho tăng trưởng kinh tế đô thị theo hướng hiện đại, hiệu quả và bền vững trong giai đoạn tới là hết sức cần thiết.

2. THỰC TRẠNG HOẠT ĐỘNG LOGISTICS TẠI TP.HCM

Trong bối cảnh kinh tế TP.HCM phục hồi mạnh mẽ sau đại dịch, hoạt động logistics đã trở thành một trong những ngành giữ vai trò trụ cột, đóng góp đáng kể vào tăng trưởng GRDP và tạo động lực cho sản xuất thương mại xuất nhập khẩu. Năm 2024, GRDP Thành phố tăng 7,17% so với năm 2023, trong đó khu vực công nghiệp xây dựng tăng 6,89%; tổng mức bán lẻ hàng hóa và doanh thu dịch vụ tiêu dùng đạt hơn 1,2 triệu tỷ đồng, tăng gần 11%. Cùng với sự phát triển mạnh của thương mại nội địa và hoạt động xuất nhập khẩu với kim ngạch xuất khẩu ước đạt 46 tỷ USD, tăng 8,3% và kim ngạch nhập khẩu đạt 58,6 tỷ USD, tăng 5,9% - ngành Logistics đã nổi lên như lĩnh vực tăng trưởng nhanh nhất năm 2024.

Theo Cục Thống kê TP.HCM, logistics đã đóng góp 25,4% vào mức tăng GRDP của Thành phố, một con số thể hiện rõ vai trò trung tâm của ngành trong việc bảo đảm dòng chảy hàng hóa và duy trì chuỗi cung ứng. Tốc độ tăng trưởng ấn tượng này xuất phát từ nhiều yếu tố, đặc biệt là sự bùng nổ của thương mại điện tử, sự mở rộng của chuỗi cung ứng toàn cầu và nhu cầu giao nhận ngày càng tăng của doanh nghiệp cũng như người tiêu dùng.

Theo Báo cáo của Ngân hàng Thế giới về Chỉ số hiệu quả logistics quốc gia (LPI) năm 2023, Việt Nam đứng thứ 43/160 (Bảng 1), có giảm so với năm 2018 nhưng các điểm thành phần lại cao hơn, cho thấy kết cấu cơ sở hạ tầng, năng lực và chất lượng dịch vụ logistics của các doanh nghiệp đã được cải thiện đáng kể.

Bảng 1. Xếp hạng LPI của Việt Nam giai đoạn 2007 - 2023

Năm	LPI	Điểm tổng	Sáu nhân tố cấu thành chỉ số LPI					
			Thông quan	Kết cấu hạ tầng	Vận tải quốc tế	Năng lực, CL dịch vụ	Theo dõi, truy xuất	Tính thời gian
2023	43	3,30	3,10	3,20	3,30	3,20	3,30	3,40
2018	39	3,27	2,95	3,01	3,16	3,40	3,45	3,67
2016	64	2,98	2,75	2,70	3,12	2,88	2,84	3,50
2014	48	3,15	2,81	3,11	3,22	3,09	3,19	3,49
2012	53	3,00	2,65	2,68	3,14	2,68	3,16	3,64
2010	53	2,96	2,68	2,56	3,04	2,89	3,10	3,44
2007	53	2,89	2,89	2,50	3,00	2,80	2,90	3,22

Trong cơ cấu ngành, vận tải, kho bãi và dịch vụ hỗ trợ vận tải là nhóm tăng trưởng mạnh nhất, đạt mức 17,85%. Tổng doanh thu của toàn ngành đạt 460.849 tỷ đồng, tăng 34,5% so năm 2023. Trong đó, vận tải hàng hóa tăng 12,2%, dịch vụ hỗ trợ tăng 47,9%, còn vận tải hành khách giảm 8,3%. Đáng chú ý, hoạt động kho bãi, bưu chính và chuyển phát chiếm tới 72,5% tổng doanh thu, đạt trên 333.900 tỷ đồng, phản ánh vai trò ngày càng lớn của logistics trong thương mại điện tử và phân phối hàng hóa nhanh.

Sự tăng trưởng này gắn liền với thị trường thương mại điện tử Việt Nam, vốn đạt quy mô 25 tỷ USD năm 2024, tăng 20%. Riêng TP.HCM, tốc độ tăng trưởng thương mại điện tử đạt 52%, cao hơn đáng kể so mức 42% của cả nước. Sự cạnh tranh mạnh mẽ giữa các nền tảng thương mại điện tử như Shopee, Lazada, Tiki, TikTok Shop cùng hệ sinh thái công nghệ - thanh toán - giao nhận phát triển nhanh đã tạo điều kiện để logistics Thành phố mở rộng quy mô và nâng cao chất lượng dịch vụ

Ở tầm quốc gia, Chỉ số Hiệu quả logistics (LPI) 2023 của Việt Nam đạt 3,30 điểm, xếp thứ 43/160 quốc gia, phản ánh sự cải thiện trong hạ tầng, thông quan và năng lực theo dõi truy xuất hàng hóa. Đồng thời, theo báo cáo Chỉ số logistics các thị trường mới nổi 2024, Việt Nam xếp thứ 8/50, lần đầu vượt Thái Lan. TP.HCM trung tâm logistics lớn nhất cả nước là địa phương hưởng lợi lớn từ xu hướng nâng cao năng lực cạnh tranh logistics quốc gia này.

Mặc dù vậy, thực trạng logistics của Thành phố cũng cho thấy nhiều tồn tại cần được giải quyết. Trước hết, hạ tầng logistics còn thiếu đồng bộ, thiếu liên kết vùng. Quy hoạch cảng biển còn nhiều bất cập, TP.HCM vẫn thiếu các cảng đầu mối mang tính chiến lược; chưa hình thành được trung tâm logistics vùng quy mô lớn để phục vụ gom hàng, xử lý hàng sau thu hoạch và hỗ trợ xuất nhập khẩu. Điều này khiến doanh nghiệp phải thực hiện nhiều khâu vận chuyển trung gian, làm tăng thời gian, chi phí và gây áp lực lên hệ thống giao thông.

Bên cạnh đó, chi phí logistics của Thành phố vẫn ở mức cao do nhiều nguyên nhân: Chi phí vận tải tăng vì tỷ lệ phương tiện chạy rỗng cao; chi phí vận tải container nội địa đắt đỏ và việc thu phí hạ tầng cảng biển góp phần làm tăng chi phí dịch vụ. Năng lực cung ứng dịch vụ logistics vẫn còn hạn chế, thể hiện qua một số chỉ số như chất lượng dịch vụ, tính đúng giờ và khả năng theo dõi hàng hóa chưa đạt mức kỳ vọng theo đánh giá của Ngân hàng Thế giới.

Để khắc phục những hạn chế này, Thành phố đang triển khai một loạt dự án trọng điểm mang tính nền tảng nhằm tăng tính kết nối và giảm áp lực cho hệ thống logistics. Trong số đó có thể kể đến các dự án: Cao tốc TP.HCM - Mộc Bài, metro số 2, dự án vành đai 3, dự án đường Long Sơn - Cái Mép, cùng với các dự án cải tạo kênh Tham Lương - Bến Cát - Nước Lên và kênh Đòai. Những dự án này khi hoàn thành sẽ tăng cường liên kết vùng, giảm tải đối với khu vực cảng Cát Lái - Hiệp Phước và mở rộng dự địa phát triển các trung tâm logistics mới.

Nguồn: Ngân hàng Thế giới

Từ những phân tích trên có thể thấy rằng hoạt động logistics tại TP.HCM tuy đang phát triển mạnh mẽ và đóng góp lớn vào GRDP nhưng vẫn chưa tương xứng với tiềm năng. Hạ tầng chưa đồng bộ, chi phí còn cao, thiếu trung tâm logistics quy mô lớn và năng lực doanh nghiệp chưa đồng đều khiến ngành Logistics Thành phố đứng trước yêu cầu cấp thiết phải được tái cấu trúc theo hướng hiện đại, liên kết vùng chặt chẽ và thích ứng với xu hướng logistics xanh - logistics số. Đây chính là nền tảng quan trọng để TP.HCM phát triển logistics bền vững, nâng cao năng lực cạnh tranh và trở thành trung tâm logistics của khu vực trong tương lai.

3. ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG PHÁT TRIỂN LOGISTICS TẠI TP.HCM

Hoạt động logistics tại TP.HCM thời gian qua đã vươn lên mạnh mẽ, trở thành một trong những động lực quan trọng của tăng trưởng kinh tế. Năm 2024, logistics đóng góp 25,4% vào mức tăng GRDP, cùng với sự mở rộng của thương mại nội địa, xuất nhập khẩu và sự bùng nổ của thương mại điện tử lĩnh vực tăng trưởng đến 52% tại Thành phố. Doanh thu logistics đạt 460.849 tỷ đồng, tăng 34,5%, trong đó kho bãi, bưu chính và chuyển phát chiếm 72,5%, phản ánh rõ vai trò ngày càng lớn của ngành trong cấu trúc thương mại đô thị hiện đại. Những cải thiện trong chỉ số LPI và vị trí thứ 8/50 thị trường logistics mới nổi cũng tạo điều kiện để Thành phố nâng cao năng lực cạnh tranh.

Tuy nhiên, sự phát triển nhanh này vẫn bộc lộ nhiều điểm nghẽn. Hạ tầng logistics chưa đồng bộ, thiếu liên kết vùng; quy hoạch cảng biển và các trung tâm logistics quy mô lớn còn chậm hình thành. Chi phí logistics duy trì ở mức cao do tỷ lệ xe chạy rỗng lớn, chi phí vận tải container nội địa cao và tác động của phí hạ tầng cảng biển. Bên cạnh đó, năng lực của nhiều doanh nghiệp logistics trong nước còn hạn chế, chất lượng dịch vụ và khả năng theo dõi truy xuất chưa đáp ứng yêu cầu trong bối cảnh cạnh tranh quốc tế ngày càng gay gắt.

Những hạn chế trên xuất phát từ quy hoạch phát triển logistics chưa đồng bộ, hạ tầng giao thông cảng biển kho bãi phát triển chậm hơn nhu cầu thực tế, trong khi phần lớn doanh nghiệp còn yếu về nguồn lực tài chính và công nghệ, chưa đủ điều kiện để chuyển đổi số và tự động hóa quy trình vận hành. Đồng thời, sự mất cân đối trong luồng hàng khiến chi phí vận tải tăng và hiệu quả khai thác thấp.

4. GIẢI PHÁP ĐỂ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG HOẠT ĐỘNG LOGISTICS TẠI TP.HCM

Trước hết, về tổ chức không gian phát triển, Thành phố cần định hình lại cấu trúc logistics vùng theo mô hình đa cực, hình thành các cụm liên kết cảng - khu công nghiệp - trung tâm logistics tại Cần Giò, Long Thành, Phú Mỹ và Cái Mép - Thị Vải. Việc kết nối phát triển logistics với quy hoạch đô thị, khu công nghiệp và các đô thị vệ tinh sẽ tạo nên nền tảng không gian đồng bộ, giảm phân tán và tăng hiệu quả dòng hàng.

Tiếp theo, trong phát triển hạ tầng vận tải, Thành phố cần đẩy nhanh tiến độ các công trình giao thông chiến lược như cao tốc, vành đai, đường sắt hàng hóa và hệ thống ICD; đồng thời nâng cấp cảng biển, phát triển cảng số, mở rộng trung chuyển quốc tế. Việc tăng tỷ trọng vận tải thủy ven biển và đầu tư kho lạnh, kho tự động, trung tâm logistics hiện đại sẽ giúp giảm áp lực đường bộ và rút ngắn chuỗi cung ứng.

Ở phương diện công nghệ và vận hành, cần đẩy mạnh xây

dựng hệ thống logistics thông minh, hình thành nền tảng số dùng chung cho toàn vùng để tối ưu hóa luồng hàng, hạn chế xe rỗng và nâng cao hiệu suất vận tải đa phương thức. Các mô hình kho thông minh, cảng thông minh cùng hệ thống KPIs logistics sẽ giúp chuẩn hóa và nâng cao chất lượng dịch vụ.

Về cơ chế đầu tư, Thành phố cần mở rộng PPP, thu hút nguồn vốn tư nhân và nước ngoài thông qua các cơ chế ưu đãi linh hoạt; đồng thời cải cách thủ tục hành chính để giảm chi phí đầu tư, tạo điều kiện thuận lợi cho phát triển kho bãi, cảng biển và vận tải đa phương thức.

Cuối cùng, đối với nguồn nhân lực và phát triển bền vững, cần xây dựng đội ngũ lao động logistics chuyên nghiệp, am hiểu công nghệ và vận tải đa phương thức; đồng thời thúc đẩy logistics xanh thông qua tăng vận tải thủy - đường sắt và ứng dụng năng lượng tái tạo trong kho bãi, phương tiện vận tải, gắn kết với mục tiêu phát triển đô thị bền vững.

4. KẾT LUẬN

Từ những phân tích thực trạng có thể thấy rằng hoạt động logistics tại TP.HCM đã và đang giữ vai trò trụ cột đối với tăng trưởng kinh tế đô thị, đóng góp quan trọng vào GRDP, thúc đẩy thương mại nội địa, xuất nhập khẩu và tạo nền tảng cho sự bùng nổ của thương mại điện tử. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh vẫn chưa tương xứng với tiềm năng khi hạ tầng còn thiếu đồng bộ, chi phí logistics duy trì ở mức cao, năng lực doanh nghiệp chưa đồng đều và mô hình vận tải - kho bãi còn nhiều "điểm nghẽn". Những hạn chế này xuất phát từ quy hoạch chưa thống nhất, đầu tư hạ tầng chậm, thiếu liên kết vùng và năng lực công nghệ của doanh nghiệp còn hạn chế.

Trong bối cảnh yêu cầu chuyển đổi xanh, chuyển đổi số và cạnh tranh quốc tế ngày càng gia tăng, việc triển khai đồng bộ các giải pháp về tổ chức không gian logistics, phát triển hạ tầng, ứng dụng công nghệ, đổi mới cơ chế đầu tư và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực là hết sức cần thiết. Những giải pháp này không chỉ khắc phục các "điểm nghẽn" hiện tại mà còn tạo nền tảng để TP.HCM xây dựng hệ sinh thái logistics hiện đại, hiệu quả và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Công Thương (2023), Báo cáo Logistics Việt Nam 2023, Hà Nội, Bộ Công Thương.
- [2]. Cục Thống kê TP.HCM (2025), Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội quý III và 9 tháng năm 2025 (số 219/BC-TKT ngày 02/10/2025).
- [3]. Ngân hàng Thế giới (2023), Logistics Performance Index 2023 (LPI Report), <https://lpi.worldbank.org>.
- [4]. Agility. (2024), Agility Emerging Markets Logistics Index 2024, <https://emli.agility.com/wp-content/uploads/2024/02/Agility-Emerging-Markets-Logistics-Index-2024.pdf>.
- [5]. Hiệp hội Thương mại điện tử Việt Nam (VECOM) (2023), Báo cáo Thị trường thương mại điện tử Việt Nam 2023 (EBI Report).
- [6]. UBND TP.HCM (2024), Báo cáo phát triển kinh tế - xã hội TP.HCM năm 2024.
- [7]. Bộ Giao thông vận tải (2023), Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050.
- [8]. Ngân hàng Thế giới (2018), Logistics Performance Index 2018: Connecting to Compete, Washington, DC.

Đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng cảng biển khu vực Hải Phòng giai đoạn 2010 - 2024

Evaluation of the throughput performance in the Hai Phong seaport during the 2010 - 2024 period

> TS VƯƠNG THU GIANG

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: vuongthugiang@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Cảng biển giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong sự phát triển của nền kinh tế địa phương và quốc gia. Cảng biển Hải Phòng giữ vị trí chiến lược đặc biệt quan trọng trong hệ thống cảng biển quốc gia Việt Nam, đồng thời là trung tâm giao thương hàng hải lớn nhất khu vực phía Bắc. Cảng biển Hải Phòng là mắt xích trọng yếu trong mạng lưới giao thông vận tải quốc gia, đồng thời là động lực thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của TP Hải Phòng nói riêng và miền Bắc Việt Nam nói chung, hướng tới mục tiêu hội nhập và phát triển bền vững trong kỷ nguyên kinh tế biển. Bài báo đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng giai đoạn 2010 - 2024 giúp đánh giá mức độ hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch theo từng giai đoạn, qua đó nhận diện được khả năng khai thác, năng lực tiếp nhận và xu hướng tăng trưởng của cảng. Bên cạnh đó, việc đánh giá sản lượng còn giúp xác định cơ cấu hàng hóa chủ yếu, chiều hàng chiếm tỷ trọng lớn, từ đó làm rõ đặc điểm hoạt động và định hướng phát triển dịch vụ phù hợp với cảng biển Hải Phòng trong thời gian tới.

Từ khóa: Sản lượng thông qua; cảng biển Hải Phòng; sản lượng theo chiều hàng; sản lượng theo loại hàng.

ABSTRACT

Seaports play a particularly important role in the development of both local and national economies. Hai Phong Port holds a strategically vital position within Vietnam's national seaport system and serves as the largest maritime trade hub in the northern region. It is a key link in the national transportation network and a driving force for the socio-economic development of Hai Phong City in particular and Northern Vietnam in general, aiming toward integration and sustainable development in the era of the maritime economy. This paper assesses the performance of cargo throughput targets at Hai Phong Port during the period 2010 - 2024 to evaluate the level of achievement of planned indicators across different stages, thereby identifying the port's exploitation capacity, reception capability and growth trends. In addition, evaluating cargo throughput helps determine the main cargo structure and the dominant cargo types, thereby clarifying operational characteristics and providing a basis for developing appropriate service orientations for Hai Phong Port in the coming period.

Keywords: Cargo throughput; Hai Phong Seaport; cargo throughput by trade direction; cargo throughput by type of goods.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cảng biển giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong sự phát triển của nền kinh tế địa phương và quốc gia. Trước hết, cảng biển là cửa ngõ giao thương quốc tế, giúp hàng hóa trong nước lưu thông thuận lợi ra thị trường thế giới và ngược lại, qua đó thúc đẩy hoạt động xuất nhập khẩu và tăng trưởng kinh tế địa phương, khu vực và quốc gia. Bên cạnh đó, sự phát triển của cảng biển kéo theo sự hình

thành và mở rộng các khu công nghiệp, khu kinh tế ven biển, góp phần phát triển mạnh mẽ các ngành công nghiệp phụ trợ, dịch vụ logistics và vận tải đa phương thức. Cảng biển còn tạo ra nguồn thu lớn cho ngân sách nhà nước thông qua các loại thuế, phí và dịch vụ, đồng thời tạo việc làm cho hàng triệu lao động địa phương. Không chỉ vậy, sự phát triển của hệ thống cảng biển hiện đại còn thúc đẩy đô thị hóa, mở rộng hạ tầng, nâng cao đời sống dân cư ven biển và

thu hút đầu tư trong và ngoài nước. Ở tầm quốc gia, cảng biển giúp tăng cường năng lực cạnh tranh, thúc đẩy hội nhập kinh tế quốc tế và khẳng định vị thế của Việt Nam trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Như vậy, có thể khẳng định rằng cảng biển không chỉ là đầu mối giao thông quan trọng mà còn là động lực phát triển kinh tế - xã hội bền vững của địa phương và đất nước.

Cảng biển Hải Phòng giữ vị trí chiến lược đặc biệt quan trọng trong hệ thống cảng biển quốc gia Việt Nam, đồng thời là trung tâm giao thương hàng hải lớn nhất khu vực phía Bắc. Cảng tọa lạc tại hạ lưu sông Cấm, thuộc TP Hải Phòng - một đô thị loại I trực thuộc Trung ương, cách Thủ đô Hà Nội khoảng 100 km về phía Đông Nam. Với tọa độ khoảng 20°51' vĩ Bắc và 106°41' kinh Đông, cảng Hải Phòng nằm ở vị trí thuận lợi trên tuyến giao thông huyết mạch nối liền vùng đồng bằng sông Hồng với Vịnh Bắc Bộ và các tuyến hàng hải quốc tế quan trọng khu vực Đông Bắc Á - Đông Nam Á. Nhờ ưu thế vị trí địa lý, cảng Hải Phòng đóng vai trò cửa ngõ ra biển của miền Bắc Việt Nam, là đầu mối trung chuyển hàng hóa xuất nhập khẩu của nhiều tỉnh, thành trong khu vực. Bên cạnh đó, cảng còn được kết nối đồng bộ với hệ thống đường bộ, đường sắt và đường thủy nội địa, tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động logistics và vận tải đa phương thức. Khu vực cảng cũng nằm liền kề các khu công nghiệp, khu kinh tế trọng điểm như Đình Vũ - Cát Hải, Nam Đình Vũ, VSIP Hải Phòng, hình thành nên một chuỗi cung ứng - sản xuất - xuất khẩu khép kín, có ý nghĩa to lớn đối với phát triển kinh tế vùng duyên hải Bắc Bộ. Hệ thống cảng Hải Phòng hiện bao gồm nhiều bến cảng hiện đại như Hoàng Diệu, Chùa Vẽ, Tân Vũ, Đình Vũ, đặc biệt là Cảng của ngõ quốc tế Lạch Huyện - cảng nước sâu đầu tiên của miền Bắc, có khả năng tiếp nhận tàu container trọng tải lên tới 150.000 DWT. Việc đưa cảng Lạch Huyện vào khai thác không chỉ góp phần giảm chi phí vận tải, nâng cao năng lực cạnh tranh cho hàng hóa khu vực phía Bắc mà còn khẳng định vị thế của Việt Nam trên bản đồ hàng hải khu vực.

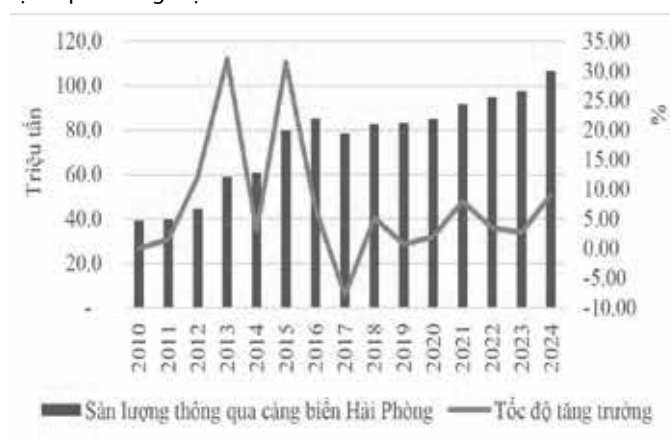
Từ những lợi thế về vị trí địa lý, hạ tầng và quy mô khai thác, có thể khẳng định rằng cảng biển Hải Phòng là mắt xích trọng yếu trong mạng lưới giao thông vận tải quốc gia, đồng thời là động lực thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của TP Hải Phòng nói riêng và miền Bắc Việt Nam nói chung, hướng tới mục tiêu hội nhập và phát triển bền vững trong kỷ nguyên kinh tế biển. Chính vì những lập luận trên, việc đưa ra các đường lối chính sách phát triển cảng biển khu vực Hải Phòng là vô cùng cấp thiết. Trước hết, bài báo tập trung vào việc đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng nhằm đánh giá toàn diện kết quả hoạt động khai thác cảng, qua đó cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho công tác quản lý, hoạch định chiến lược phát triển cảng biển và kinh tế khu vực. Không chỉ vậy, đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng còn giúp đánh giá mức độ hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch theo từng giai đoạn, so sánh giữa kế hoạch và thực tế, qua đó nhận diện được khả năng khai thác, năng lực tiếp nhận và xu hướng tăng trưởng của cảng. Bên cạnh đó, đánh giá sản lượng còn giúp xác định cơ cấu hàng hóa chủ yếu, từ đó làm rõ đặc điểm hoạt động và định hướng phát triển dịch vụ phù hợp.

2. ĐÁNH GIÁ TÌNH HÌNH THỰC HIỆN CHỈ TIÊU SẢN LƯỢNG THÔNG QUА CẢNG BIỂN KHU VỰC HẢI PHÒNG

2.1. Tình hình thực hiện chỉ tiêu tổng sản lượng

Nhận thấy, sản lượng hàng hóa thông qua cảng biển Hải Phòng trong 15 năm qua có xu hướng tăng dần từ 39,3 triệu tấn vào năm 2010 lên 106,5 triệu tấn vào năm 2024. Cụ thể, thời gian qua, tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng chia làm hai giai đoạn chính.

Từ năm 2010 - 2016, sản lượng tăng dần đạt đỉnh 85,3 triệu tấn vào năm 2016. Trong giai đoạn này, kinh tế Việt Nam tăng trưởng khá ổn định, đặc biệt giai đoạn 2014 - 2016 chứng kiến sự phục hồi mạnh của xuất nhập khẩu (sau khủng hoảng 2008 - 2012), nhiều doanh nghiệp FDI lớn (Samsung, LG, Bridgestone...) đẩy mạnh hoạt động tại khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh - Hải Dương, tạo nguồn hàng xuất khẩu khổng lồ qua cảng Hải Phòng. Ngoài ra, tại Hải Phòng, hệ thống cảng Đình Vũ - Tân Vũ - Chùa Vẽ được đầu tư mở rộng, trang bị thêm cầu bến, cần cẩu, kho bãi; luồng vào cảng Hải Phòng được nạo vét, nâng cấp độ sâu, cho phép tàu trọng tải lớn hơn (30.000 - 40.000 DWT) ra vào, giúp tăng đáng kể lượng hàng thông qua. Một số bến container mới như Cảng Nam Hải, Nam Hải Đình Vũ, VIP Green Port đi vào hoạt động giai đoạn 2014 - 2016, làm tổng năng lực xếp dỡ tăng mạnh.



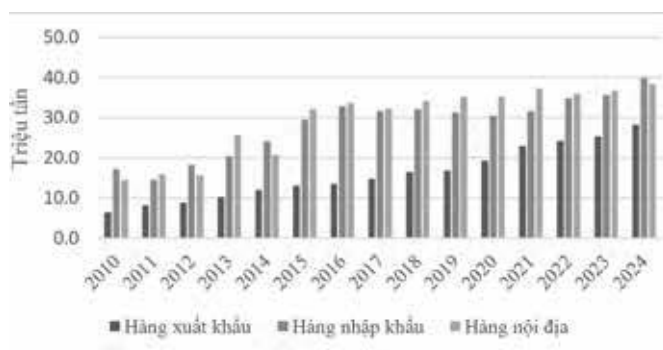
(Nguồn: Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam)

Hình 1. Tình hình thực hiện chỉ tiêu tổng sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng giai đoạn 2010 - 2024

Từ năm 2017, luồng tàu Hải Phòng bị bồi lắng nhanh, khiến nhiều tàu trọng tải lớn phải giảm tải hoặc chuyển cảng; chi phí hoa tiêu, bốc xếp, vận tải nội địa ở Hải Phòng được đánh giá là cao hơn so với các cảng khác, làm giảm tính cạnh tranh. Một số quy định mới về phân luồng, phí cầu bến và phí hạ tầng cảng biển bắt đầu áp dụng từ cuối 2016, đầu năm 2017, cũng làm doanh nghiệp xuất nhập khẩu tạm thời điều chỉnh hoạt động. Từ 2019 đến nay, sản lượng qua cảng biển Hải Phòng có tốc độ tăng trưởng cao dần, đạt 9,1% vào năm 2024. Khu cảng khu bến cảng Lạch Huyện tại Hải Phòng được phát triển thành cảng nước sâu, cho phép tiếp nhận tàu lớn, trực tiếp kết nối tuyến quốc tế; các bến mới, kho bãi, hệ thống cầu tàu hiện đại giúp tăng năng lực xếp dỡ; luồng tàu, dịch vụ dẫn tàu, cầu bến cải thiện giúp tăng số lượt tàu và khối lượng hàng hóa mỗi lượt. Không chỉ vậy, các dự án FDI tại Hải Phòng tạo ra nguồn hàng xuất - nhập khẩu lớn, kích thích các doanh nghiệp phụ trợ và dịch vụ logistics phát triển, làm tăng vòng quay hàng hóa.

2.2. Tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng theo chiều hàng

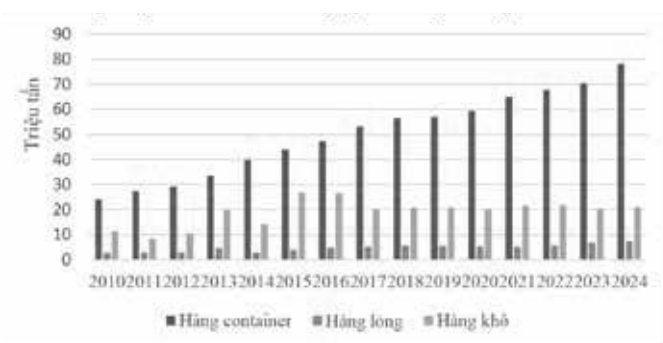
Giai đoạn 2010 - 2014, khối lượng hàng hóa theo chiều xuất khẩu, nhập khẩu và nội địa đều tăng trưởng về quy mô. Hàng nhập khẩu chiếm quy mô và tỷ trọng cao nhất, năm 2010 đạt 17,1 triệu tấn tương ứng 43,5% về tỷ trọng. Tỷ trọng này giảm dần còn 37,5%, ứng với 39,9 triệu tấn năm 2024. Hàng xuất khẩu tăng từ 6,4 triệu tấn năm 2010 tương ứng 16,3% lên 28,2 triệu tấn ở cuối giai đoạn tương ứng 26,5%. Quy mô hàng nội địa tăng từ 14,5 triệu tấn ứng với 36,8% năm 2010 lên 38,4 triệu tấn, ứng với 36,1% năm 2024, cao nhất so với các chiều hàng xuất khẩu và nhập khẩu.



(Nguồn: Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam)

Hình 2. Tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng theo chiều hàng giai đoạn 2010 - 2024

2.3. Tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng theo loại hàng



(Nguồn: Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam)

Hình 3. Tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng theo loại hàng giai đoạn 2010 - 2024

Số liệu trên chỉ ra rằng trong 15 năm nghiên cứu, hàng container luôn có quy mô và tỷ trọng lớn nhất, tăng trưởng đều qua các năm, cụ thể tăng từ 24,1 triệu tấn vào năm 2010 tương ứng 61,4% lên 78,2 triệu tấn ứng với 73,4% vào năm 2024. Loại hàng lỏng luôn chiếm quy mô và tỷ trọng thấp nhất, tăng từ 2,6 triệu tấn năm 2010 ứng với 6,6% về cơ cấu loại hàng lên 7,3 triệu tấn ứng với 6,9%. Loại hàng khô có quy mô và tốc độ tăng trưởng không đều trong thời gian qua, từ 11,35 triệu tấn năm 2010 tương ứng 28,9% về cơ cấu, tăng giảm không ổn định trong kỳ, đạt 21 triệu tấn năm 2024 tương ứng 19,7%.

3. KẾT LUẬN

Như vậy, thông qua việc đánh giá tình hình thực hiện chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển Hải Phòng theo chiều hàng (xuất khẩu, nhập khẩu và nội địa), theo loại hàng (hàng container, hàng lỏng và hàng khô), ta thấy cơ cấu thay đổi theo hướng container hóa mạnh hơn. Điều này cho thấy xu hướng dịch chuyển mạnh sang vận tải container, phù hợp với hội nhập kinh tế quốc tế, xuất khẩu và nhập khẩu tăng, logistics hiện đại hơn. Sự gia tăng tỷ trọng hàng container cũng giúp nâng cao hiệu suất cảng. Mặc dù quy mô và tỷ trọng không lớn nhưng sự xuất hiện ổn định của loại hàng lỏng cho thấy cảng đã phục vụ được nhiều loại hình hàng hóa khác nhau (không chỉ container và hàng khô). Tuy nhiên, việc hàng nội địa chiếm rất lớn có thể phản ánh việc khai thác hàng nội vùng, nhưng cũng có thể cho thấy xuất khẩu hoặc nhập khẩu hàng khô chưa được khai thác tối ưu từ cảng biển Hải Phòng. Ngoài ra, tỷ trọng nhập khẩu hàng container cho thấy đang có xu hướng cảng Hải

Phòng làm đầu mối nhập khẩu lớn hơn xuất khẩu container, nếu không được cân đối có thể ảnh hưởng tới cấu trúc dòng hàng và chi phí logistics.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Tài chính, Niên giám thống kê Hải Phòng qua các năm, cơ quan thống kê quốc gia.
- [2]. Cục Thống kê Hải Phòng, Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội các năm.
- [3]. Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam (2022), Đề án "Phát triển đội tàu vận tải biển Việt Nam giai đoạn 2022 - 2026, định hướng đến năm 2030".
- [4]. Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, Báo cáo thường niên.

Xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công

A Construction quality performance-based valuation Framework for Subcontractor selection

> PGS.TS LƯU TRƯỜNG VĂN¹, THS NGUYỄN TÂN KHANH², TS NGUYỄN THANH VIỆT^{3,*}

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh; Email: van.luu@ou.edu.vn

²Công ty TNHH ESB HOMES; Email: Tankhanh345@gmail.com

³Phó trưởng Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM; *Email: nguyenthanhviet@iuh.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công trong các dự án xây dựng. Thông qua tổng quan tài liệu, khảo sát ý kiến chuyên gia và phân tích nhân tố, nghiên cứu xác định và hoàn thiện 11 tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ, được chia thành ba nhóm chính: (1) nhóm tiêu chí liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ; (2) nhóm tiêu chí liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ; và (3) nhóm tiêu chí liên quan đến năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ. Khung đánh giá được đề xuất có thể hỗ trợ chủ đầu tư, nhà thầu chính và các bên liên quan trong việc lựa chọn, giám sát và nâng cao chất lượng thi công của các nhà thầu phụ, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng trong các dự án xây dựng.

Từ khóa: Nhà thầu phụ, khung đánh giá, chất lượng thi công, hiệu quả chất lượng

ABSTRACT

This study develops an evaluation framework for selecting subcontractors based on construction quality performance in building projects. Through a literature review, expert consultation and factor analysis, the study identified and refined 11 criteria for evaluating the construction quality performance of subcontractors, grouped into three main categories: (1) criteria concerning the quality of work performance, (2) criteria related to the subcontractor's quality assurance system, and (3) criteria related to construction capacity and experience. The proposed framework can support owners, main contractors, and other stakeholders in selecting, supervising, and improving the construction quality of subcontractors, thereby enhancing quality management effectiveness in construction projects.

Keywords: Subcontractor, evaluation framework, construction quality, quality performance.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nền kinh tế quốc dân, ngành Xây dựng luôn giữ vai trò quan trọng và chiếm tỷ trọng lớn trong tổng sản phẩm quốc nội. Cùng với tốc độ phát triển kinh tế - xã hội, nhu cầu đầu tư xây dựng các công trình hạ tầng, công nghiệp và dân dụng ngày càng tăng, kéo theo sự mở rộng quy mô và tính phức tạp của các dự án xây dựng. Trong bối cảnh đó, hình thức thầu phụ trở nên phổ biến, đóng vai trò thiết yếu trong việc thực hiện các gói thầu chuyên biệt, góp phần quan trọng vào tiến độ và chất lượng thi công của dự án.

Các nhà thầu phụ hiện chiếm tỷ lệ lớn, thậm chí chiếm ưu thế, trong cơ cấu doanh nghiệp xây dựng. Ở các dự án quy mô lớn, tổng thầu thường không đủ năng lực tự thực hiện toàn bộ hạng mục mà cần phân chia công việc cho các thầu phụ theo từng chuyên môn cụ thể. Theo nghiên cứu của Abdulmohsen Al-Hammad (1993), tại nhiều quốc gia, các nhà thầu chính thường giao cho thầu phụ thực hiện ít nhất 70% khối lượng công việc của dự án. Điều này cho thấy vai trò của thầu phụ có tính quyết định đối với thành công chung của dự án, vốn được đánh giá dựa trên ba yếu tố chủ yếu: tiến độ,

chi phí và chất lượng. Tuy nhiên, việc sử dụng nhiều nhà thầu phụ cũng kéo theo những thách thức trong công tác điều phối và kiểm soát. Sự khác biệt về quy trình làm việc, năng lực kỹ thuật và nhận thức về chất lượng có thể dẫn đến thiếu nhất quán, gây ra trễ tiến độ, phát sinh chi phí, suy giảm chất lượng thi công hoặc thậm chí tranh chấp giữa các bên. Do đó, việc lựa chọn nhà thầu phụ phù hợp có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong quản lý dự án xây dựng, đòi hỏi các tổng thầu cần có quy trình đánh giá rõ ràng, khách quan và hiệu quả.

Tại Việt Nam, các tổng thầu đang hoạt động trong môi trường cạnh tranh khốc liệt, trong khi yêu cầu về chất lượng thi công ngày càng khắt khe. Việc lựa chọn thầu phụ chủ yếu dựa vào kinh nghiệm và đánh giá chủ quan, chưa có công cụ hoặc khung đo lường thống nhất để đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của họ. Điều này gây khó khăn cho các tổng thầu trong việc ra quyết định và kiểm soát chất lượng tổng thể của dự án. Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng một khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công.

Với tính ứng dụng cao và dễ sử dụng trong thực tế, khung đánh giá này sẽ hỗ trợ các tổng thầu, chủ đầu tư và bên quản lý dự án trong việc đánh giá, so sánh, lựa chọn và giám sát thầu phụ, qua đó góp phần nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng thi công và hiệu quả hoạt động của các dự án xây dựng. Tuy nhiên, các nghiên cứu về việc xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công hiện vẫn còn hạn chế, cả trên thế giới lẫn tại Việt Nam, điều này cho thấy tính cấp thiết và ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu được thực hiện.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Các nghiên cứu về việc lựa chọn nhà thầu phụ đã nhận được sự quan tâm của nhiều tác giả. Hatush và Skitmore (1997) xác định các tiêu chí lựa chọn nhà thầu phụ dựa trên điều kiện như: khả năng đảm bảo chất lượng theo tiêu chuẩn BS 5750, khối lượng công việc hiện có trên công trường, kinh nghiệm thực hiện các dự án tương tự, kinh nghiệm hợp tác với chủ đầu tư, sự ổn định tài chính và thái độ trách nhiệm với công việc. Mahdi và cộng sự (2002) áp dụng hệ thống hỗ trợ ra quyết định đa tiêu chí để lựa chọn nhà thầu phụ hợp nhất. Phương pháp này cho phép đánh giá danh sách nhà thầu dựa trên năng lực của họ trong các điều kiện cụ thể của dự án, sau đó so sánh và lựa chọn nhà thầu tối ưu từ danh sách rút gọn. Arslan và cộng sự (2008) xem xét các yếu tố như hiệu quả công việc, thời gian hoàn thành, năng lực nhân sự và uy tín doanh nghiệp làm cơ sở lựa chọn nhà thầu phụ. El-Mashaleh (2009) đề xuất mô hình phân tích dữ liệu gồm 11 tiêu chí phục vụ quá trình lựa chọn nhà thầu phụ. Marzouk và cộng sự (2013) thông qua khảo sát và phân tích thống kê đã xác định 46 yếu tố có thể được sử dụng trong quá trình lựa chọn, đồng thời chỉ ra các yếu tố có mức độ ảnh hưởng cao nhất.

Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu cũng tập trung vào việc đo lường hiệu quả thực hiện trong ngành Xây dựng. Chan và Chan (2004) xác định bộ tiêu chí chủ quan và khách quan để đo lường sự thành công của dự án, trong đó tiến độ, chi phí và chất lượng là ba yếu tố then chốt. Lưu và cộng sự (2008) đề xuất khung khái niệm gồm 9 chỉ số hiệu quả chính (KPIs) nhằm cải thiện hiệu quả quản lý dự án của các nhà thầu lớn. Enshassi và cộng sự (2009) xác định 10 nhóm yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả thực hiện dự án, bao gồm chi phí, tiến độ, chất lượng, năng suất, sự hài lòng của khách hàng và cộng đồng, nguồn nhân lực, an toàn lao động, học hỏi, đổi mới và môi trường. Yasamis-Speroni và cộng sự (2012) phát triển mô hình đánh giá hiệu quả chất lượng thi công cho các nhà thầu, cho phép đưa yêu cầu và kỳ vọng của chủ đầu tư vào quá trình đánh giá. Mô hình này góp phần chuyển từ đánh giá tính dựa trên năng lực kỹ thuật - tài chính sang đánh giá chủ động hướng đến cải tiến chất lượng thi công. Ali và cộng sự (2013) tổng hợp các chỉ số KPIs dùng để đo lường hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp xây dựng ở cấp tổ chức và xác định 5 chỉ số quan trọng gồm: lợi nhuận, chất lượng dịch vụ, phát triển doanh nghiệp, ổn định tài chính và dòng tiền. Ng và Skitmore (2014) phát triển khung đánh giá nhà thầu phụ dựa trên

mô hình thẻ điểm cân bằng và chứng minh tính minh bạch, khả thi khi áp dụng trong thực tế.

Từ tổng quan các nghiên cứu cho thấy, mặc dù vấn đề lựa chọn và đánh giá nhà thầu phụ đã được đề cập tương đối phong phú, song hầu hết các công trình vẫn tập trung vào tiêu chí tổng hợp như chi phí, năng lực kỹ thuật hay tiến độ. Các nghiên cứu chuyên sâu về việc xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ dựa trên các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công còn rất hạn chế, đặc biệt trong bối cảnh Việt Nam. Điều này cho thấy cần thiết phải phát triển một khung đánh giá có tính hệ thống, định lượng và gắn với hiệu quả chất lượng thi công, nhằm hỗ trợ các tổng thầu và chủ đầu tư trong công tác lựa chọn, kiểm soát và nâng cao chất lượng công trình.

3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này thiết kế bảng câu hỏi khảo sát nhằm thu thập dữ liệu đánh giá của các bên tham gia về các tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ tại TP.HCM. Nội dung bảng câu hỏi được xây dựng dựa trên tổng hợp các nghiên cứu trước đây và tham khảo ý kiến chuyên gia có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực xây dựng. Trước khi phát hành chính thức, bảng câu hỏi được khảo sát thử nghiệm (pilot test) để kiểm tra tính rõ ràng, dễ hiểu và mức độ phù hợp của các tiêu chí.

Khảo sát thử nghiệm được thực hiện với 10 chuyên gia có từ 10 năm kinh nghiệm trở lên và đã tham gia nhiều dự án xây dựng quy mô lớn. Thành phần chuyên gia gồm 3 chỉ huy trưởng công trình, 3 giám đốc dự án và 4 trưởng phòng quản lý chất lượng. Các chuyên gia được mời đánh giá độ rõ ràng, dễ hiểu của từng tiêu chí, đồng thời đảm bảo các tiêu chí không trùng lặp về nội dung hoặc ý nghĩa và phù hợp với điều kiện thực tế tại TP.HCM. Ngoài ra, họ cũng được khuyến khích đề xuất thêm các tiêu chí cần thiết nhằm hoàn thiện bảng khảo sát. Kết quả của quá trình khảo sát thử nghiệm cho thấy các chuyên gia đã bổ sung thêm hai tiêu chí mới, gồm: (1) Kinh nghiệm đã thực hiện các gói thầu tương tự hoặc các công trình dự án đã tham gia trước đây; và (2) Năng lực nhân sự có chuyên môn.

Sau khi tổng hợp và hiệu chỉnh, bảng câu hỏi khảo sát chính thức gồm 11 tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ tại TP.HCM (Bảng 1). Cấu trúc bảng câu hỏi gồm ba phần chính: phần mở đầu, phần I và phần II. Phần mở đầu giới thiệu mục đích, bối cảnh và lý do thực hiện khảo sát, giúp người tham gia nắm rõ ý nghĩa của nghiên cứu. Phần I yêu cầu người tham gia đánh giá mức độ quan trọng của các tiêu chí bằng thang đo Likert 5 mức độ, trong đó: 1 - Không quan trọng; 2 - Ít quan trọng; 3 - Tương đối quan trọng; 4 - Khá quan trọng; và 5 - Rất quan trọng. Phần II thu thập thông tin cá nhân của người tham gia khảo sát, bao gồm số năm kinh nghiệm, đơn vị công tác và vị trí công tác, nhằm phục vụ cho việc phân tích mẫu khảo sát.

Bảng 1. Tổng hợp các tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ

Mã hoá	Các tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ	Nguồn tham khảo	Trị trung bình
Q1	Chính sách bảo đảm chất lượng thi công	Enshassi và cộng sự (2009); Yasamis-Speroni và cộng sự (2012)	3.88
Q2	Ứng dụng hệ thống quản lý chất lượng trong các dự án	Lưu và cộng sự (2008)	3.78
Q3	Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án	Lưu và cộng sự (2008)	3.69
Q4	Chi phí cho việc khắc phục chất lượng thi công kém	Marzouk và cộng sự (2013)	3.42
Q5	Mức độ nghiêm trọng của lỗi sai trong giai đoạn thi công	Enshassi và cộng sự (2009)	3.89
Q6	Kỹ năng tay nghề của công nhân	Hatush và Skitmore (1997)	3.91
Q7	Kinh nghiệm đã thực hiện các gói thầu tương tự hoặc	Chuyên gia	4.4

	các công trình dự án đã tham gia trước đây		
Q8	Năng lực nhân sự có chuyên môn	Chuyên gia	4.18
Q9	Chất lượng thi công (phù hợp với đặc tả kỹ thuật)	Hatush và Skitmore (1997); Arslan và cộng sự (2008); El-Mashaleh (2009)	4.17
Q10	Số lượng lỗi sai khi thi công	Ali và cộng sự (2013)	3.9
Q11	Phần trăm các công việc làm lại	Ng và Skitmore (2014)	4.25

Tổng cộng có 190 bảng khảo sát được thu thập từ các chuyên gia và kỹ sư thuộc các đơn vị chủ đầu tư, ban quản lý dự án (QLDA), đơn vị tư vấn QLDA và các nhà thầu đang hoặc đã tham gia các dự án xây dựng trên địa bàn TP.HCM. Qua quá trình kiểm tra sơ bộ, 3 bảng khảo sát bị loại do trả lời thiếu thông tin, do đó 187 bảng khảo sát hợp lệ được sử dụng cho quá trình phân tích dữ liệu. Kết quả thống kê cho thấy, tỷ lệ phản hồi từ chủ đầu tư và ban QLDA/đơn vị tư vấn QLDA chiếm 74%, trong khi nhà thầu chiếm 26%. Xét theo vị trí công tác, nhóm chỉ huy trưởng công trình chiếm 11%, nhóm kỹ sư thi công, quản lý chất lượng và quản lý dự án chiếm lần lượt 26%, 54% và 9%. Về số năm kinh nghiệm, phần lớn người được khảo sát có kinh nghiệm từ 5 đến 10 năm (67%) và trên 10 năm (25%), trong khi nhóm dưới 5 năm kinh nghiệm chỉ chiếm 8%. Cơ cấu mẫu khảo sát này cho thấy dữ liệu thu thập có độ tin cậy cao, phản ánh đúng thực tế kinh nghiệm và hiểu biết của các đối tượng trong ngành Xây dựng.

Dữ liệu thu thập được từ khảo sát sẽ được xử lý bằng các phương pháp thống kê mô tả, bao gồm tính toán giá trị trung bình cho từng tiêu chí và phân tích nhân tố khám phá nhằm xác định cấu trúc nhóm tiêu chí. Trên cơ sở kết quả phân tích, nghiên cứu tiến hành xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công, đồng thời áp dụng thử nghiệm khung này tại một số công trình thực tế để kiểm chứng mức độ phù hợp và khả năng ứng dụng trong thực tiễn.

4. XÂY DỰNG KHUNG ĐÁNH GIÁ LỰA CHỌN NHÀ THẦU PHỤ THEO CÁC TIÊU CHÍ HIỆU QUẢ CHẤT LƯỢNG THI CÔNG

Để xây dựng khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công, nghiên cứu sử dụng kỹ thuật phân tích nhân tố nhằm xác định các nhóm tiêu chí chính trong bộ 11 tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ. Trước khi tiến hành phân tích nhân tố, độ tin cậy của thang đo được kiểm định bằng hệ số Cronbach's Alpha. Kết quả cho thấy giá trị Cronbach's Alpha của 11 tiêu chí đạt 0,816, cao hơn ngưỡng chấp

nhận 0,7, chứng tỏ thang đo có độ tin cậy cao ở mức ý nghĩa 5% (Hair và cộng sự, 2010).

Trong bước đầu của quá trình phân tích, ma trận tương quan giữa các tiêu chí được kiểm tra để đánh giá mức độ phù hợp của dữ liệu. Kết quả cho thấy hầu hết các hệ số tương quan đều lớn hơn 0,3, thể hiện mối quan hệ chặt chẽ giữa các tiêu chí và không cần loại bỏ biến nào khỏi mô hình. Sự thích hợp của dữ liệu để phân tích nhân tố được kiểm định bằng chỉ số Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) và kiểm định Bartlett's Test. Kết quả cho thấy giá trị KMO = 0,757, chứng tỏ mô hình có mức độ tương quan đủ mạnh; giá trị Bartlett's Test = 972,687 với p-value = 0,000, khẳng định ma trận tương quan giữa các tiêu chí không phải là ma trận đơn vị. Những kết quả này cho thấy dữ liệu hoàn toàn phù hợp cho phân tích nhân tố. Tiếp theo, độ tin cậy của mô hình nhân tố được kiểm tra với các hệ số communalities của các tiêu chí. Theo khuyến nghị của Hair và cộng sự (2010), giá trị communality của mỗi tiêu chí nên bằng hoặc lớn hơn 0,5 để đảm bảo khả năng giải thích. Trong nghiên cứu này, tất cả các tiêu chí đều có giá trị communality lớn hơn 0,507, cho thấy mô hình đạt yêu cầu về độ tin cậy. Sau khi kiểm định sơ bộ, 11 tiêu chí được phân tích bằng phương pháp trích dẫn phân tích thành tố chính kết hợp phép xoay Varimax. Kết quả cho thấy có ba nhân tố được trích xuất với giá trị riêng (Eigenvalue) lớn hơn 1, được giữ lại theo tiêu chí của Kaiser (Field, 2009). Ba nhân tố này giải thích 70,699% tổng phương sai của bộ dữ liệu, thể hiện khả năng giải thích cao của mô hình. Tất cả hệ số tải nhân tố (Factor Loading) đều lớn hơn 0,5, cho thấy các tiêu chí có mức độ đóng góp đáng kể vào các nhân tố hình thành (Hair và cộng sự, 2010).

Dựa trên mối quan hệ giữa các tiêu chí trong từng nhóm, ba nhóm tiêu chí chính được xác định và đặt tên như sau: (1) Nhóm tiêu chí liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ; (2) Nhóm tiêu chí liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ; và (3) Nhóm tiêu chí liên quan đến năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ.

Bảng 2. Kết quả phân tích nhân tố

Mã hoá	Variance explained (%)	Tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ	Factor loading
Nhóm tiêu chí 1: liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ			
Q11	27.031	Phần trăm các công việc làm lại	0.869
Q9		Chất lượng thi công (phù hợp với đặc tả kỹ thuật)	0.859
Q10		Số lượng lỗi sai khi thi công	0.705
Q4		Chi phí cho việc khắc phục chất lượng thi công kém	0.694
Q5		Mức độ nghiêm trọng của lỗi sai trong giai đoạn thi công	0.661
Nhóm tiêu chí 2: liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ			
Q2	22.218	Ứng dụng hệ thống quản lý chất lượng trong các dự án	0.890
Q1		Chính sách bảo đảm chất lượng thi công	0.843
Q3		Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án	0.807
Nhóm tiêu chí 3: liên quan năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ			
Q7	21.450	Kinh nghiệm đã thực hiện các gói thầu tương tự hoặc các công trình dự án đã tham gia trước đây	0.905
Q8		Năng lực nhân sự có chuyên môn	0.856
Q6		Kỹ năng tay nghề của công nhân	0.819

4.1. Xác định trọng số các nhóm tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ

Trọng số của các nhóm tiêu chí được xác định dựa trên tỷ lệ điểm trung bình của mỗi nhóm so với điểm tổng trung bình của các nhóm. Điểm trung bình của các nhóm tiêu chí xác định bởi phương trình:

$$F_i = \frac{\sum_j A_{ij}}{n}$$

Với F_i là điểm trung bình nhóm tiêu chí thứ i , A_{ij} là điểm trung bình của tiêu chí thứ j trong nhóm tiêu chí thứ i , n là số tiêu chí trong nhóm tiêu chí i . Điểm trung bình của mỗi tiêu chí được trình bày tại Bảng 1. Kết quả điểm trung bình của các nhóm tiêu chí được tính toán và tổng hợp tại Bảng 3, cụ thể:

(Nhóm tiêu chí 1) $\text{điểmtrungbình} = [3.42 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q4}) + 3.89 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q5}) + 4.17 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q9}) + 3.9 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q10}) + 4.25 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q11})]/5 = 19.63/5 = 3.93$

(Nhóm tiêu chí 2) $\text{điểmtrungbình} = [3.88 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q1}) + 3.78 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q2}) + 3.69 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q3})]/3 = 11.35/3 = 3.78$

(Nhóm tiêu chí 3) $\text{điểmtrungbình} = [3.91 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q6}) + 4.4 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q7}) + 4.18 (\text{điểm trung bình của tiêu chí Q8})]/4 = 12.49/3 = 4.16$

Bảng 3. Bảng điểm trung bình của các nhóm tiêu chí

Nhóm tiêu chí	Điểm trung bình
Nhóm tiêu chí 1: liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ	3.93
Nhóm tiêu chí 2: liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ	3.78
Nhóm tiêu chí 3: liên quan năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ	4.16
Tổng $\sum_{i=1}^3 F_i$	11.87

Trọng số của các nhóm nhân tố được tính toán bởi phương trình:

$$WF_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^3 F_i}$$

Với WF_i là trọng số của nhóm tiêu chí thứ i . Kết quả trọng số các nhóm tiêu chí được trình bày tại Bảng 4.

Bảng 4. Bảng trọng số các nhóm tiêu chí

Nhóm tiêu chí	Trọng số
Nhóm tiêu chí 1: liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ	$3.93/11.87 = 0.331$
Nhóm tiêu chí 2: liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ	$3.78/11.87 = 0.318$
Nhóm tiêu chí 3: liên quan năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ	$4.16/11.87 = 0.350$

Kết quả tính toán trọng số của các nhóm tiêu chí cho thấy nhóm tiêu chí 3 - liên quan đến năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ có trọng số cao nhất (0.350), thể hiện đây là nhóm tiêu chí có vai trò quan trọng hàng đầu trong việc đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ. Tiếp theo là nhóm tiêu chí 1 - liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ với trọng số 0.331, và nhóm tiêu chí 2 - liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ có trọng số 0.318. Mức chênh lệch giữa các nhóm tiêu chí không lớn, cho thấy cả ba nhóm đều có ảnh hưởng tương đối đồng đều đến hiệu quả chất lượng thi công. Tuy nhiên, việc nhóm tiêu chí 3 đạt trọng số cao nhất phản ánh đúng thực tế của ngành xây dựng hiện nay, trong đó kinh nghiệm thi công và

năng lực chuyên môn của nhà thầu phụ là yếu tố then chốt quyết định chất lượng công trình. Các nhà thầu phụ có đội ngũ nhân sự giàu kinh nghiệm, kỹ năng nghề vững vàng và đã từng thực hiện các dự án tương tự thường kiểm soát tốt hơn về tiến độ, giảm thiểu sai sót và nâng cao độ tin cậy trong thi công. Nhóm tiêu chí 1 cũng thể hiện tầm quan trọng đáng kể, vì chất lượng thực hiện công việc phản ánh trực tiếp kết quả đầu ra của quá trình thi công và là cơ sở để đánh giá uy tín, năng lực thực tế của nhà thầu phụ. Trong khi đó, nhóm tiêu chí 2 - hệ thống đảm bảo chất lượng mặc dù có trọng số thấp nhất nhưng vẫn đóng vai trò nền tảng trong việc duy trì sự ổn định và tuân thủ quy trình kiểm soát chất lượng. Từ kết quả trên có thể nhận thấy, ba nhóm tiêu chí được xác định là phù hợp và có mối quan hệ chặt chẽ, tạo thành cơ sở quan trọng để hình thành khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công, giúp các tổng thầu và chủ đầu tư có thể lựa chọn nhà thầu phụ một cách khách quan và hiệu quả hơn.

4.2. Xác định trọng số của các tiêu chí trong nhóm tiêu chí đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ

Cách tính toán để xác định trọng số của các tiêu chí trong mỗi nhóm tiêu chí tương tự như việc tính toán các trọng số của nhóm tiêu chí. Kết quả tính toán trọng số của mỗi tiêu chí được thể hiện chi tiết trong Bảng 5, Bảng 6, và Bảng 7.

Bảng 5. Bảng trọng số các tiêu chí trong nhóm tiêu chí 1

Tiêu chí	Trọng số
Q4-Chi phí cho việc khắc phục chất lượng thi công kém	$3.42/19.63 = 0.174$
Q5-Mức độ nghiêm trọng của lỗi sai trong giai đoạn thi công	$3.89/19.63 = 0.198$
Q9-Chất lượng thi công (phù hợp với đặc tả kỹ thuật)	$4.17/19.63 = 0.212$
Q10-Số lượng lỗi sai khi thi công	$3.90/19.63 = 0.199$
Q11-Phần trăm đạt được so với tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng thi công	$4.25/19.63 = 0.217$

Bảng 6. Bảng trọng số các tiêu chí trong nhóm tiêu chí 2

Tiêu chí	Trọng số
Q1-Chính sách bảo đảm chất lượng thi công	$3.88/11.35 = 0.342$
Q2-Ứng dụng hệ thống quản lý chất lượng trong các dự án	$3.78/11.35 = 0.333$
Q3-Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án	$3.69/11.35 = 0.325$

Bảng 7. Bảng trọng số các tiêu chí trong nhóm tiêu chí 3

Tiêu chí	Trọng số
Q6-Kỹ năng tay nghề của công nhân	$3.91/12.49 = 0.313$
Q7-Kinh nghiệm đã thực hiện các gói thầu tương tự hoặc các công trình dự án đã tham gia trước đây	$4.40/12.49 = 0.352$
Q8-Năng lực nhân sự có chuyên môn	$4.18/12.49 = 0.334$

4.3. Gán thang điểm đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ

Nghiên cứu này sử dụng thang điểm 100 để đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của các nhà thầu phụ, nhằm tạo cơ sở cho việc lựa chọn nhà thầu phụ phù hợp. Cụ thể, thang điểm được chia thành năm mức: 0-20 điểm là "Hiệu quả chất lượng quá kém"; 21-40 điểm là "Hiệu quả chất lượng kém"; 41-60 điểm là "Hiệu quả chất lượng đạt"; 61-80 điểm là "Hiệu quả chất lượng tốt"; và 81-100 điểm là "Hiệu quả chất lượng rất tốt". Thang điểm này được tham khảo từ nghiên cứu của Kim và Nguyen (2018). Dựa trên bộ trọng số của các tiêu chí, nhóm tiêu chí cùng thang điểm đánh giá nêu trên, nghiên

cứu đã đề xuất khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ theo các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công, như trình bày tại Bảng 8. Tổng điểm đánh giá được xác định sau khi người đánh giá chấm điểm cho từng tiêu chí theo thang đo 100 điểm. Kết quả tổng điểm được tính theo công thức $(A' + B' + C')$. Giá trị tổng điểm này sau đó được đối chiếu với thang điểm 100 để xác định mức độ hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ. Khung đánh giá đề xuất có thể được sử

dụng bởi nhà thầu chính để đánh giá tổng thể chất lượng và hiệu quả thi công của các nhà thầu phụ. Đồng thời, chủ đầu tư cũng có thể áp dụng khung này như một công cụ hỗ trợ ra quyết định trong việc lựa chọn và kiểm soát chất lượng nhà thầu phụ. Kết quả đánh giá đóng vai trò là cơ sở quan trọng giúp chủ đầu tư hoặc nhà thầu chính lựa chọn được nhà thầu phụ phù hợp nhất cho dự án.

Bảng 8. Khung đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ

STT	Tiêu chí và nhóm tiêu chí	Trọng số (W)	Đánh giá của người khảo sát (Điểm: 0-100)	Điểm tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công (3) x (4)	Điểm nhóm tiêu chí	Nhận xét
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	1. Nhóm tiêu chí 1: liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ	0.331		$A = \sum_{i=1}^5 W_{ix} A_i$	$A' = 0.331 \times A$	
1	Chi phí cho việc khắc phục chất lượng thi công kém	0.174	A1	$0.174 \times A1$		
2	Mức độ nghiêm trọng của lỗi sai trong giai đoạn thi công	0.198	A2	$0.198 \times A2$		
3	Chất lượng thi công (phù hợp với đặc tả kỹ thuật)	0.212	A3	$0.212 \times A3$		
4	Số lượng lỗi sai khi thi công	0.199	A4	$0.199 \times A4$		
5	Phần trăm đạt được so với tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng thi công	0.217	A5	$0.217 \times A5$		
	2. Nhóm tiêu chí 2: liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ	0.318		$B = \sum_{j=1}^3 W_{jx} B_j$	$B' = 0.318 \times B$	
1	Chính sách bảo đảm chất lượng thi công	0.342	B1	$0.342 \times B1$		
2	Ứng dụng hệ thống quản lý chất lượng trong các dự án	0.333	B2	$0.333 \times B2$		
3	Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án	0.325	B3	$0.325 \times B3$		
	3. Nhóm tiêu chí 3: liên quan năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ	0.350		$C = \sum_{k=1}^3 W_{kx} C_k$	$C' = 0.350 \times C$	
1	Kỹ năng tay nghề của công nhân	0.313	C1	$0.313 \times C1$		
2	Kinh nghiệm đã thực hiện các gói thầu tương tự hoặc các công trình dự án đã tham gia trước đây	0.352	C2	$0.352 \times C2$		
3	Năng lực nhân sự có chuyên môn	0.334	C3	$0.334 \times C3$		
	KẾT QUẢ				A' + B' + C'	Ghi kết quả
						Họ và Tên: Tổ chức:

5. ÁP DỤNG KHUNG ĐÁNH GIÁ VÀO MỘT SỐ CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

Để kiểm chứng tính phù hợp và khả năng áp dụng của khung đánh giá hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ, nghiên cứu đã tiến hành áp dụng khung đánh giá tại hai công trình thực tế trên địa bàn TP.HCM.

Công trình thứ nhất là Mizuki Park, phường Bình Hưng, loại hình chung cư cao tầng, do một tổng thầu xây dựng lớn trong nước thi công. Hai nhà thầu phụ tiêu biểu được lựa chọn đánh giá gồm: đơn vị thi công cọc khoan nhồi và đơn vị thi công văn phòng tạm. Việc đánh giá được thực hiện dựa trên khung trình bày ở Bảng 8. Kết quả cho thấy tổng điểm đánh giá đạt 83.56/100, tương ứng với mức "Rất tốt". Trong đó, nhóm (1) đạt 28.7 điểm, nhóm (2) đạt 27.1 điểm, và nhóm (3) đạt 27.76 điểm. Các đơn vị đánh giá nhận định rằng nhà thầu phụ duy trì chất lượng thi công ổn định, đáp ứng yêu cầu kỹ

thuật, tuy nhiên cần cải thiện ở tiêu chí "Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án" và "Mức độ nghiêm trọng của lỗi sai trong giai đoạn thi công" để nâng cao tính đồng bộ trong kiểm soát chất lượng. Công trình thứ hai là LIM Tower 3, phường Tân Định, loại hình cao ốc văn phòng, do doanh nghiệp đầu tư tư nhân làm chủ đầu tư và tổng thầu thiết kế - thi công chịu trách nhiệm toàn bộ triển khai. Hai nhà thầu phụ được đánh giá gồm: đơn vị thi công cọc nhồi D400 và đơn vị thi công văn phòng tạm. Kết quả đánh giá cho thấy tổng điểm đạt 81.57/100, cũng ở mức "Rất tốt". Trong đó, nhóm (1) đạt 27.71 điểm, nhóm (2) đạt 26.02 điểm, và nhóm (3) đạt 27.84 điểm. Một số tiêu chí có điểm số nổi bật như "Chính sách bảo đảm chất lượng thi công" và "Kỹ năng tay nghề của công nhân", đều đạt 90/100 điểm. Tuy nhiên, vẫn cần cải thiện ở tiêu chí "Sự kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án" và "Phần trăm đạt được so với tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng thi công".

Từ kết quả áp dụng khung đánh giá vào hai dự án có quy mô và loại hình khác nhau, có thể nhận định rằng khung đánh giá đề xuất có khả năng phản ánh thực tế một cách khách quan, linh hoạt và khả thi. Bên cạnh đó, kết quả ứng dụng thực tế khẳng định rằng khung đánh giá đề xuất có thể được sử dụng như một công cụ hỗ trợ ra quyết định hiệu quả trong quá trình lựa chọn nhà thầu phụ, giúp các bên liên quan đánh giá và so sánh năng lực thi công một cách khách quan, từ đó lựa chọn được nhà thầu phụ phù hợp nhằm nâng cao chất lượng thi công công trình trong các dự án xây dựng tại Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng một khung đánh giá lựa chọn nhà thầu phụ dựa trên các tiêu chí hiệu quả chất lượng thi công trong các dự án xây dựng. Trên cơ sở tổng quan tài liệu, khảo sát chuyên gia và phân tích nhân tố, bộ 11 tiêu chí được hình thành và sắp xếp thành ba nhóm: (1) nhóm tiêu chí liên quan đến chất lượng thực hiện công việc của nhà thầu phụ; (2) nhóm tiêu chí liên quan đến hệ thống đảm bảo chất lượng của nhà thầu phụ; và (3) nhóm tiêu chí liên quan đến năng lực và kinh nghiệm thi công của nhà thầu phụ. Kết quả tính toán trọng số cho thấy nhóm (3) có mức ảnh hưởng cao nhất, tiếp đến là nhóm (1) và nhóm (2), phản ánh vai trò then chốt của năng lực và kinh nghiệm thi công bên cạnh chất lượng đầu ra và hệ thống đảm bảo chất lượng.

Khung đánh giá được chuẩn hóa theo thang điểm 100 và quy định các mức xếp loại, cho phép tổng hợp điểm dựa trên trọng số của từng nhóm và từng tiêu chí. Hai trường hợp áp dụng thực tế tại TP.HCM cho kết quả lần lượt là 83,56/100 và 81,57/100 (mức *Rất tốt*), đồng thời chỉ ra các tiêu chí cần ưu tiên cải thiện như: kiểm tra hệ thống quản lý chất lượng ở cấp dự án, mức độ nghiêm trọng của lỗi trong giai đoạn thi công và tỷ lệ đạt tiêu chuẩn nghiệm thu. Điều này cho thấy khung đánh giá không chỉ hỗ trợ đo lường một cách khách quan, mà còn giúp xác định các khoảng trống cần khắc phục trong công tác quản lý chất lượng của nhà thầu phụ.

Về đóng góp thực tiễn, khung đánh giá là công cụ hỗ trợ ra quyết định cho chủ đầu tư và nhà thầu chính khi so sánh, xếp hạng và lựa chọn nhà thầu phụ; đồng thời là cơ sở để giám sát và cải tiến liên tục trong quá trình thi công. Việc lượng hoá tiêu chí và trọng số giúp giảm phụ thuộc vào nhận định cảm tính, gia tăng tính minh bạch và nhất quán giữa các dự án.

Từ các kết quả đạt được có thể khẳng định rằng, khung đánh giá được đề xuất đáp ứng yêu cầu khoa học và thực tiễn, cho phép đánh giá khách quan hiệu quả chất lượng thi công của nhà thầu phụ và hỗ trợ lựa chọn phù hợp với mục tiêu chất lượng của dự án; đồng thời tạo nền tảng cho cải tiến liên tục trong quản lý chất lượng thi công ở các dự án xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ali, H.A.E.M., Al-Sulaihi, I.A. and Al-Gahtani, K.S. (2013). Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 25(2): 125-134.
- [2]. Arslan, G., Kivrak, S., Birgonul, M.T. and Dikmen, I. (2008). Improving sub-contractor selection process in construction projects: Web-based sub-contractor evaluation system (WEBSSES). *Automation in Construction*, 17(4):480-488.
- [3]. Chan, A.P.C. and Chan, A.P.L. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2): 203-221.
- [4]. El-Mashaleh, M.S. (2009). A construction subcontractor selection model. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 3(4): 375-383.
- [5]. Enshassi, A., Mohamed, S. and Abushaban, S. (2009). Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza Strip. *Journal of Civil Engineering and Management*, 15(3): 269-280.

- [6]. Hatush, Z. and Skitmore, M. (1997). Criteria for contractor selection. *Construction Management and Economics*, 15(1): 19-38.
- [7]. Kim, S. Y. and Nguyen, V. T. (2018). An AHP framework for evaluating construction supply chain relationships. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5): 1544-1556.
- [8]. Luu, V.T., Kim, S.-Y. and Huynh, T.-A. (2008). Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach. *International Journal of Project Management*, 26(7): 758-769.
- [9]. Mahdi, I.M., Riley, M.J., Fereig, S.M. and Alex, A.P. (2002). A multi-criteria approach to contractor selection. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 9(1): 29-37.
- [10]. Marzouk, M.M., El Kherbawy, A.A. and Khalifa, M. (2013). Factors influencing sub-contractors selection in construction projects. *HBRC Journal*, 9(2): 150-158.
- [11]. Ng, S.T. and Skitmore, M. (2014). Developing a framework for subcontractor appraisal using a balanced scorecard. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2): 149-158.
- [12]. Yasamis-Speroni, F., Lee, D.-E. and Arditi, D. (2012). Evaluating the quality performance of pavement contractors. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(10):1114-1124.

Tổng quan nghiên cứu về hoạt động logistics đô thị theo định hướng phát triển bền vững: Trường hợp tại vùng kinh tế trọng điểm phía Nam

Overview of research on urban logistics activities towards sustainable development: Case in Southern key economic zone

> **THS.NCS TRƯƠNG THỊ HUYỀN TRANG^{1,2}, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA^{3,*}**

¹Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

³Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh; *Email: htthoa@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung phân tích các nền tảng lý thuyết và tổng hợp kinh nghiệm quốc tế liên quan đến phát triển logistics đô thị, nhằm bổ sung vào khoảng trống còn hiện hữu trong hệ thống nghiên cứu tại Việt Nam. Nghiên cứu làm rõ tính cấp thiết trong định hướng chuỗi logistics đô thị bền vững, đặc biệt tại khu vực vùng kinh tế trọng điểm phía Nam (VKTĐPN). Đồng thời, nghiên cứu hướng đến mục tiêu tổng quan hóa các xu hướng nghiên cứu hiện hành trong lĩnh vực logistics đô thị, qua đó nhận diện những phát hiện quan trọng có khả năng vận dụng nhằm xây dựng cơ sở khái niệm và định hình hướng phát triển logistics đô thị tại VKTĐPN.

Từ khóa: Logistics đô thị; vùng kinh tế trọng điểm phía Nam; phát triển bền vững.

ABSTRACT

This study focuses on analyzing theoretical foundations and synthesizing international experiences related to urban logistics development, aiming to fill the existing gap in the research system in Vietnam. The focus of the study is to clarify the urgency in orienting and building a logistics chain towards sustainable development for urban logistics, especially in the Southern Key Economic Zone (SKEZ). At the same time, the study aims to overview current research trends in the field of urban logistics, thereby identifying important findings that can be applied to build a conceptual basis and shape the direction of urban logistics development in the SKEZ.

Keywords: Urban logistics; Southern Key Economic Zone; sustainable development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đô thị hóa nhanh khiến nhu cầu hàng hóa tăng, kéo theo tắc nghẽn, ô nhiễm và thiếu không gian công cộng [1]. Các thành phố lớn như TP.HCM đang phải đối mặt với các vấn đề thực tiễn của logistics đô thị (urban logistics - UL) như phân phối, xử lý đơn hàng với tần suất cao, giao hàng chặng cuối (Last mile delivery - LMD)... chịu sự quá tải về cơ sở hạ tầng kỹ thuật, gây nguy cơ dẫn đến quá trình phát triển không bền vững như phải đối mặt với các vấn đề liên quan đến ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu. Đối với nghiên cứu hoạt động và khoa học vận tải cũng như quy hoạch, quản lý và chính sách đô thị, UL tạo nên một thách thức và cơ hội về cả sự phát triển phương pháp luận và tác động xã hội thực tế. Tuy nhiên hiện nay, có ít mô hình và tài liệu liên quan giải quyết các vấn đề về UL. Với mong muốn nâng cao hiệu quả và tính bền vững của UL ở Việt Nam, đặc biệt tập trung vào VKTĐPN, nghiên cứu này được thực hiện nhằm trình bày tóm tắt các nhận định về UL, vấn đề và xu hướng về UL của các công trình nghiên cứu về hoạt động UL tại Việt Nam và trên thế giới, làm cơ sở cho mục đích phát triển UL tại VKTĐPN trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo sử dụng các nghiên cứu được thu thập trong cơ sở dữ liệu Scopus và Google Scholar bằng cách sử dụng các từ khóa "logistics đô thị", "urban/city logistics" trong trường tiêu đề/tóm tắt. Dữ liệu được đồng bộ thủ công, nhóm tác giả đọc tiêu đề, tóm tắt và toàn văn để xác định phù hợp. Kết quả tìm kiếm ban đầu có 1.415 ấn phẩm, trong đó có 419 ấn phẩm bị loại vì không có nội dung liên quan trực tiếp đến UL. Kết quả là, 996 ấn phẩm được chọn để phân tích các chủ đề trong UL bằng phương pháp liên kết thư mục (bibliographic coupling). Liên kết thư mục là trường hợp hai ấn phẩm cùng trích dẫn một ấn phẩm khác trong tài liệu tham khảo [2]. Độ mạnh của liên kết này được đo bằng số lượng bài báo chung mà cả hai đều trích dẫn [3]. Tác giả sử dụng phần mềm VOSViewer để phân tích liên kết thư mục 996 ấn phẩm này.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Khái niệm logistics đô thị

Logistics đô thị là quá trình tổ chức và tối ưu hóa các hoạt động

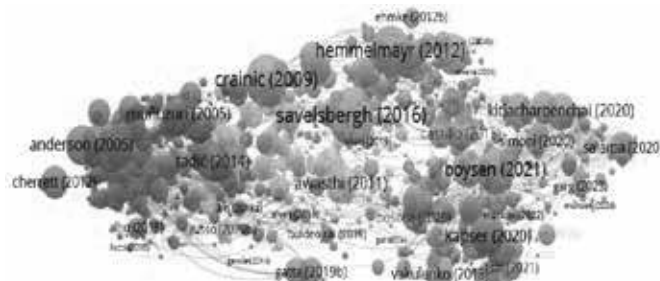
vận tải và hậu cần trong môi trường đô thị, do khu vực tư nhân đảm trách với sự hỗ trợ của công nghệ thông tin tiên tiến, nhằm đáp ứng yêu cầu hiệu quả kinh tế, an toàn giao thông và sử dụng năng lượng bền vững trong khuôn khổ vận hành của nền kinh tế thị trường [4].

Hệ sinh thái UL được cấu thành bởi 3 hợp phần chính, cụ thể: Các bên liên quan (gồm cơ quan quản lý, nhà cung cấp dịch vụ logistics và nhà bán lẻ); các bên hỗ trợ (gồm nhà cung cấp hạ tầng, nhà sản xuất thiết bị, các hiệp hội ngành hàng, các công ty sản xuất sản phẩm gốc (Original Equipment Manufacturer - OEMs và các nhà tích hợp hệ thống); môi trường vĩ mô (kinh tế, xã hội, môi trường, công nghệ, chính sách) [5].

UL hướng đến hiệu quả, bảo vệ môi trường, giảm ùn tắc, an ninh và tiết kiệm năng lượng. Những mục tiêu này gắn liền với ba trụ cột nền tảng của UL: Tính bền vững, tính di chuyển và khả năng sinh sống của đô thị. Cùng với sự phát triển nhanh chóng của Internet và công nghệ thông tin, bối cảnh UL liên tục biến đổi, kéo theo nhiều xu hướng và thách thức mới: *Thứ nhất*, sự tăng trưởng dân số đô thị sinh ra các khối cư dân đông đúc kéo theo nhiều vấn đề về di chuyển như tắc nghẽn giao thông, vận chuyển hàng hóa đô thị tăng, tiêu thụ năng lượng tăng và ô nhiễm; *Thứ hai*, tầm quan trọng của thương mại điện tử: Việc vận chuyển hàng hóa đến tận nhà người dùng Internet thay vì các cửa hàng bán lẻ sẽ làm tăng số lượng các chuyến vận chuyển hàng hóa. Hơn nữa, vì quy mô giao hàng thường nhỏ nên có mức tăng đáng kể về số lượng các chuyến vận chuyển; *Thứ ba*, mong muốn về tốc độ trong chuỗi cung ứng: Nhiều nhà bán lẻ đã cung cấp cho khách hàng tùy chọn giao hàng trong ngày, thậm chí còn giảm xuống tùy chọn giao hàng trong 2 giờ như Tiki, Điện máy xanh, Co.opmart... Tùy chọn giao hàng nhanh làm tăng số chuyến vận chuyển và gây khó khăn trong việc hợp nhất đơn hàng; *Thứ tư*, sự quan tâm của người dân ngày càng cao đối với tính bền vững. Sự gia tăng nhanh chóng của hoạt động vận tải hàng hóa tại các khu vực đô thị kéo theo nhiều hệ lụy tiêu cực, như phát thải khí ô nhiễm, tiêu thụ nhiên liệu quá mức, tình trạng tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm không khí và tiếng ồn, tai nạn giao thông, thu hẹp diện tích không gian xanh, gây ảnh hưởng xấu đến tầm nhìn và cơ sở hạ tầng đô thị [6].

3.2. Lược khảo các công trình nghiên cứu ở nước ngoài

Trong hai thập kỷ qua, UL đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu đa ngành, phản ánh sự giao thoa giữa vận tải, quy hoạch đô thị, công nghệ và phát triển bền vững. Thông qua phân tích liên kết thư mục 996 ấn phẩm, có thể nhận diện 6 nhóm chủ đề chính, mỗi nhóm đại diện cho một hướng tiếp cận đặc thù trong nghiên cứu UL.



Hình 1. Mạng lưới trong phân tích liên kết thư mục

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của tác giả

* Nhóm 1 (285 ấn phẩm): Quy hoạch và quản lý UL bền vững:

Các nghiên cứu thuộc nhóm này tập trung vào việc cân bằng giữa 3 mục tiêu: Hiệu quả kinh tế, bảo vệ môi trường và công bằng xã hội. Việc hoạch định chính sách UL đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa chính quyền địa phương và các bên liên quan như doanh nghiệp vận tải, nhà bán lẻ và cộng đồng dân cư. [7] nhấn mạnh vai trò của mô hình hợp tác công - tư trong quản lý UL hiệu quả.

* Nhóm 2 (200 ấn phẩm): Tối ưu hóa và mô hình hóa hệ thống UL:

Nhóm này khai thác các mô hình toán học, đặc biệt là bài toán

định tuyến phương tiện để tối ưu hóa hoạt động giao nhận trong môi trường đô thị phức tạp. Các nghiên cứu gần đây đã chuyển từ mục tiêu tối thiểu hóa chi phí sang tích hợp các yếu tố bền vững như giảm phát thải khí nhà kính và tiết kiệm năng lượng [8, 9].

* Nhóm 3 (187 ấn phẩm): Đổi mới và hành vi người tiêu dùng trong LMD:

Nhóm nghiên cứu này đề xuất các hình thức giao hàng thay thế như tủ khóa, điểm nhận hàng và crowdshipping, đồng thời phân tích yếu tố ảnh hưởng đến hành vi người tiêu dùng [10].

* Nhóm 4 (131 ấn phẩm): Quy hoạch và lựa chọn vị trí trung tâm phân phối:

Nhóm này nghiên cứu các phương pháp xác định vị trí tối ưu cho trung tâm phân phối hàng hóa đô thị, sử dụng dữ liệu lớn và mô hình hóa hệ thống để đánh giá tác động kinh tế - môi trường. [11] ứng dụng mô hình động hệ thống để phân tích phát triển UL dựa trên mạng lưới đường sắt tại Bắc Kinh.

* Nhóm 5 (100 ấn phẩm): Công nghệ tự động hóa trong LMD:

Các nghiên cứu thuộc nhóm này tập trung vào việc tích hợp drone và robot vào mạng lưới giao hàng đô thị. [12, 13] phát triển các mô hình tối ưu hóa lộ trình giao hàng bằng phương tiện tự hành, nhằm giảm chi phí vận hành và tránh tắc nghẽn giao thông.

* Nhóm 6 (93 ấn phẩm): Phương tiện giao hàng thay thế thân thiện môi trường:

Nhóm này đề xuất sử dụng các loại phương tiện xanh như xe điện tải nhẹ, xe đạp và xe ba bánh chở hàng để thay thế xe tải truyền thống trong LMD. [14] đã chứng minh hiệu quả của các phương tiện này trong việc giảm phát thải và chi phí vận hành tại các đô thị châu Âu.

Sáu nhóm chủ đề trên phản ánh sự đa dạng trong cách tiếp cận nghiên cứu UL quốc tế, từ góc độ kỹ thuật, hành vi người dùng đến chính sách và công nghệ. Các xu hướng này cung cấp nền tảng lý luận và thực tiễn quan trọng cho việc xây dựng hệ thống UL tại Việt Nam, đặc biệt trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và nhu cầu giao hàng tăng cao. Việc vận dụng có chọn lọc các mô hình quốc tế, kết hợp với đặc thù địa phương sẽ là hướng đi chiến lược để phát triển UL bền vững tại VKTTĐPN.

3.3. Một số bài học kinh nghiệm phát triển UL trên thế giới

Trong những thập kỷ gần đây, nhiều dự án quốc tế đã được triển khai nhằm tìm kiếm các giải pháp UL bền vững, góp phần hình thành khung tham chiếu quan trọng cho các quốc gia và vùng lãnh thổ.

BESTUFS là một mạng lưới mở tại châu Âu, quy tụ các chuyên gia, nhà hoạch định chính sách và đại diện cộng đồng nhằm chia sẻ thực tiễn tốt trong vận tải hàng hóa đô thị. Dự án nhấn mạnh vai trò của việc thiết lập tiêu chí thành công, nhận diện thách thức và phổ biến các mô hình hiệu quả. Đây là nền tảng tham chiếu quan trọng cho các đô thị đang tìm kiếm giải pháp UL bền vững [15].

START tập trung vào 3 trụ cột chính: (1) Kiểm soát tiếp cận khu vực giao hàng, (2) hợp nhất đơn hàng và (3) triển khai các biện pháp khuyến khích. Dự án khuyến nghị tích hợp giải pháp thay vì triển khai đơn lẻ. Mô hình hợp tác công - tư được xem là yếu tố then chốt để đảm bảo hiệu quả triển khai [16].

Báo cáo RGPUFT do Liên hợp quốc tài trợ nhằm nâng cao năng lực cho nhà hoạch định chính sách và quy hoạch đô thị tại châu Á và Mỹ Latinh. Báo cáo đã phân loại các giải pháp logistics thành 5 nhóm, trong đó nhấn mạnh vai trò điều phối của chính phủ và chính quyền địa phương [17].

TURBLOG thuộc Chương trình khung thứ 7 của EU, hướng đến việc chuyển giao các mô hình UL từ châu Âu sang Mỹ Latinh và châu Á [18]. Dự án cung cấp các công cụ đánh giá khả năng thích nghi và điều chỉnh mô hình theo đặc thù địa phương, là cơ sở hữu ích cho Việt Nam trong việc tiếp thu kinh nghiệm quốc tế.

Dự án TRAILBLAZER xây dựng khung quản lý cho các thành phố địa phương với mục tiêu giảm 10% năng lượng sử dụng và lượng khí thải trong vận tải hàng hóa đô thị [19].

Dự án CIVITAS thúc đẩy chính sách tiết kiệm năng lượng và hợp

tác công - tư [20].

Các dự án quốc tế trên đã hình thành một hệ tri thức phong phú về UL bền vững. Đối với Việt Nam, đặc biệt là TP.HCM và các đô thị thuộc VKTTĐPN, việc vận dụng các mô hình như hợp nhất giao hàng (START, TRAILBLAZER), mạng lưới hợp tác công - tư (BESTUFS, CIVITAS) và chuyển giao mô hình (TURBLOG) là hoàn toàn khả thi. Tuy nhiên, cần điều chỉnh theo đặc thù hạ tầng, hành vi tiêu dùng và năng lực quản lý địa phương để đảm bảo tính hiệu quả và bền vững.

3.4. Lược khảo các nghiên cứu về UL tại Việt Nam

Trong bối cảnh đô thị hóa và thương mại điện tử phát triển mạnh mẽ, UL tại Việt Nam đang từng bước hình thành và phát triển, tuy nhiên vẫn còn thiếu một hệ thống lý luận và thực tiễn đồng bộ. Các nghiên cứu trong nước đã bước đầu tiếp cận UL từ nhiều góc độ, bao gồm quy hoạch hạ tầng, mô hình trung tâm logistics, đánh giá năng lực cạnh tranh, hành vi tiêu dùng và ứng dụng công nghệ trong LMD. [21] đã phân tích thực trạng phát triển logistics tại Hà Nội, tập trung vào khía cạnh pháp lý, hạ tầng, doanh nghiệp và nhân lực, đồng thời đề xuất các giải pháp định hướng phát triển UL bền vững. [22] đã tập trung vào mô hình trung tâm logistics tại khu vực phía Nam, chỉ ra sự thiếu đồng bộ giữa các vùng và đề xuất cải thiện liên kết vùng để nâng cao hiệu quả kinh tế.

Việc đánh giá năng lực logistics đã trở thành vấn đề cấp thiết để định hướng phát triển. [23] đã xây dựng bộ chỉ số đánh giá năng lực logistics cạnh tranh ở cấp vùng, gồm 3 nhóm chính: Hạ tầng, chất lượng dịch vụ và môi trường quản lý. Đây là cơ sở quan trọng để hoạch định chính sách phát triển UL phù hợp với từng địa phương.

Nghiên cứu về các yếu tố tác động đến phát triển UL [24] đã sử dụng phương pháp SWARA để xác định 5 yếu tố chính: Cơ sở hạ tầng, tính bền vững, quy định UL, nguồn nhân lực và chuyển đổi số. Nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của chuỗi cung ứng bền vững trong giai đoạn hậu Covid-19.

LMD được xem là khâu phức tạp và chiếm nhiều chi phí nhất trong chuỗi cung ứng UL, đặc biệt trong bối cảnh thương mại điện tử phát triển mạnh. Để giải quyết vấn đề này, các nghiên cứu tại Việt Nam đã tập trung vào nhiều khía cạnh từ hành vi người tiêu dùng đến ứng dụng công nghệ và đánh giá hiệu quả dịch vụ. [25] đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc chấp nhận dịch vụ crowdshipping tại Hà Nội, từ góc độ hành vi người tiêu dùng. [26] đã nghiên cứu lợi ích và thách thức khi triển khai giải pháp từ thông minh vào hệ thống LMD tại Việt Nam. [27] đã phát triển mô hình MADM kết hợp OPA và Fuzzy MARCOS để đánh giá các giải pháp LMD, kết quả đã xác định ba phương án tối ưu gồm: Lấy hàng tại cửa hàng tiện lợi; hộp đựng bưu kiện và sử dụng phương tiện xanh. [28] đã áp dụng phương pháp F-MCDM kết hợp FAHP để phân tích hiệu quả hoạt động của các công ty LMD ở Việt Nam. Nghiên cứu đã xác định các tiêu chí nghiên cứu quan trọng: Thời gian giao hàng, tỷ lệ hoàn thành đơn hàng, khả năng giảm phát thải carbon, tiện lợi thanh toán và hệ thống theo dõi thời gian thực.

Các nghiên cứu trong nước đã bước đầu tiếp cận UL từ nhiều chiều, tuy nhiên vẫn còn phân tán và thiếu sự liên kết vùng. Đặc biệt, các mô hình định lượng và nghiên cứu thực chứng còn hạn chế, chưa đủ để hỗ trợ hoạch định chính sách UL một cách toàn diện.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã hệ thống hóa và lược khảo các công trình quốc tế và trong nước liên quan đến logistics và UL, qua đó đúc kết được những khái niệm nền tảng, đặc trưng vận hành và các mô hình tham chiếu có giá trị cho bối cảnh Việt Nam. Kết quả nghiên cứu giúp định hình cơ sở lý luận cho phát triển UL, nhấn mạnh vai trò liên kết vùng. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này chỉ dừng lại ở mức độ phân tích tổng quan, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào mô hình hóa định lượng, đo lường hiệu quả triển khai cũng như đánh giá thực chứng tại các đô thị trọng điểm nhằm hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách và tổ chức vận hành UL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cobbinah, P. B., Poku-Boansi, M., & Peprah, C. (2017), Urban environmental problems in Ghana, *Environmental Development*, 23, 33-46.
- [2]. Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021), How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines, *Journal of business research*, 133, 285-296.
- [3]. Zupic, I., & Čater, T. (2015), Bibliometric methods in management and organization. *Organizational research methods*, 18(3), 429-472.
- [4]. Taniguchi, E. (2001), City logistics. *Infrastructure Planning Review*, 18, 1-16.
- [5]. Van Audenhove, F.-J., De Jongh, S., & Durance, M. (2015), How to Unlock Value from Last Mile Delivery for Cities, Transporters and Retailers. Brussels: Arthur D. Little.
- [6]. Quak, H. J., & De Koster, M. B. M. (2007), Exploring retailers' sensitivity to local sustainability policies. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1103-1122.
- [7]. Lindholm, M., & Browne, M. (2013), Local authority cooperation with urban freight stakeholders: A comparison of partnership approaches. *European Journal of transport and infrastructure research*, 13(1).
- [8]. Behnke, M., & Kirschstein, T. (2017), The impact of path selection on GHG emissions in city logistics, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 106, 320-336.
- [9]. Anderluh, A., Nolz, P. C., Hemmelmayr, V. C., & Crainic, T. G. (2021), Multi-objective optimization of a two-echelon vehicle routing problem with vehicle synchronization and 'grey zone' customers arising in urban logistics. *European Journal of Operational Research*, 289(3), 940-958.
- [10]. Wang, X., Zhan, L., Ruan, J., & Zhang, J. (2014), How to Choose "Last Mile". *Delivery Modes for E-Fulfillment, Mathematical Problems in Engineering*, 2014(1), 417129.
- [11]. Hu, W., Dong, J., Hwang, B. G., Ren, R., Chen, Y., & Chen, Z. (2020), Using system dynamics to analyze the development of urban freight transportation system based on rail transit: A case study of Beijing, *Sustainable Cities and Society*, 53, 101923.
- [12]. Salama, M., & Srinivas, S. (2020), Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114, 620-642.
- [13]. Simoni, M. D., Kutanoglu, E., & Claudel, C. G. (2020), Optimization and analysis of a robot-assisted last mile delivery system, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102049.
- [14]. Agatz, N., Bouman, P., & Schmidt, M. (2018), Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone, *Transportation Science*, 52(4), 965-981.
- [15]. Allen, J., Thorne, G., & Browne, M. (2007), BESTUFS good practice guide on urban freight transport.
- [16]. START (2009), Future solutions for goods distribution: START final report, Gothenburg, Sweden.
- [17]. Wisetjindawat, W. (2010), Review of good practices in urban freight transportation, *Sustainable Urban Freight Transport*, 80, 44-60.
- [18]. Dablan, L. (2011), Transferability of Urban Logistics Concepts and Practices from a Worldwide Perspective-Deliverable 3.1-Urban Logistics Practices-Paris Case Study, TURBLOG_WW Project.
- [19]. TRAILBLAZER_02.1 (2010b), Transport And Innovation Logistics by Local Authorities with a Zest for Efficiency and Realization, 02.1. CASE STUDY - Bristol, UK. Consolidation of deliveries to Bristol city centre, Project Report 2010.
- [20]. CIVITAS Initiative (2013), CIVITAS: Cleaner and better transport in cities.
- [21]. Đặng, T. T. H. (10/2016), Phát triển logistics thành phố trên địa bàn Thủ đô Hà Nội, *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, tr.141-147.
- [22]. Đình, Đ.Đ., & Văn, L.T. (2021), Phát triển các trung tâm logistics nhằm thúc đẩy tăng trưởng kinh tế ở Việt Nam, *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, 292(2), 20-25.
- [23]. BÌNH, N. T. (2022), Nghiên cứu bộ chỉ số đánh giá năng lực hệ thống logistics trên thế giới và hàm ý cho Việt Nam, *Những vấn đề Kinh tế và Chính trị thế giới*, 6(314).
- [24]. Hòa, H.T.T., Lợi, N.T., & Danh, N.T. (2023), Các yếu tố tác động đến phát triển logistics đô thị hướng tới chuỗi cung ứng bền vững - Trường hợp của TP. Hồ Chí Minh, *Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải*, 10, tr.132-135.
- [25]. Truong, T. M. T. (2022, August), Crowd Shipping for Urban Logistics: Investigating the Factors Affecting Consumer Adoption in Hanoi, Vietnam, In *Conference on Sustainable Urban Mobility*, pp.1234-1250, Cham: Springer Nature Switzerland.
- [26]. Huong, T. T., & Thiet, B. N. (2020, March), Smart locker-a sustainable urban last-mile delivery solution: Benefits and challenges in implementing in Vietnam, In *12th NEU-KKU International Conference Socio-Economic and Environmental Issues in Development*.
- [27]. Wang, C. N., Chung, Y. C., Wibowo, F. D., Dang, T. T., & Nguyen, N. A. T. (2023), Sustainable last-mile delivery solution evaluation in the context of a developing country: A novel OPA-Fuzzy MARCOS approach, *Sustainability*, 15(17), 12866.
- [28]. Wang, C. N., Dang, T. T., & Hsu, H. P. (2021), Evaluating sustainable last-mile delivery (LMD) in B2C E-commerce using two-stage fuzzy MCDM approach: A case study from Vietnam. *IEEE Access*, 9, 146050-146067.

Phân tích các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình nhà ở cho công nhân tại khu chế xuất và khu công nghiệp tại TP.HCM

Analysis of success factors for investment in the construction of worker housing projects in export processing and industrial zones in Ho Chi Minh City

> **KS TRƯƠNG THỊ THU SANG¹, TS NGUYỄN THANH VIỆT², PGS.TS LƯU TRƯỜNG VẤN^{3,*}**

¹HVCH Ngành Kỹ thuật Xây dựng công trình DD&CN, Trường Đại học Công nghệ TP.HCM; Email: thusang888@gmail.com

²GV Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM; Email: nguyenthanhviet@iuh.edu.vn

³Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh; *Email: van.luu@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về các yếu tố thành công trong đầu tư xây dựng công trình nhà ở cho công nhân tại các khu chế xuất và khu công nghiệp ở TP.HCM. Nghiên cứu được thực hiện thông qua khảo sát bảng hỏi với 140 mẫu hợp lệ, sử dụng thang đo Likert 5 mức, kết hợp phân tích thống kê mô tả và phân tích nhân tố để xác định và nhóm các yếu tố thành công. Kết quả cho thấy có 19 yếu tố được nhận dạng, trong đó chính sách hỗ trợ vay vốn đầu tư, nhu cầu chỗ ở của công nhân rất lớn, cơ sở hạ tầng đã hoàn chỉnh, sự sẵn có của các nhà đầu tư có năng lực tài chính đáp ứng đối với công trình nhà ở cho công nhân, và sự ủng hộ, khuyến khích của UBND TP.HCM là những yếu tố được đánh giá cao nhất. Phân tích nhân tố hình thành năm nhóm nhân tố chính, gồm: (1) Tính chất kỹ thuật - thi công của dự án; (2) Điều kiện triển khai và hạ tầng sẵn có; (3) Năng lực các bên tham gia đầu tư và xây dựng; (4) Chính sách và hỗ trợ từ chính quyền; và (5) Nhu cầu thị trường và xu hướng phát triển. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các khuyến nghị nhằm nâng cao hiệu quả và thu hút đầu tư phát triển nhà ở công nhân, góp phần bảo đảm an sinh xã hội và phát triển bền vững các khu công nghiệp tại TP.HCM.

Từ khóa: Nhà ở công nhân, khu công nghiệp, khu chế xuất, đầu tư xây dựng, TP.HCM.

ABSTRACT

The paper presents the findings of a study on the success factors influencing investment in the construction of worker housing projects in export processing zones and industrial parks in Ho Chi Minh City. The study was conducted through a questionnaire survey with 140 valid responses, using a five-point Likert scale, and employed descriptive statistics and factor analysis to identify and categorize the success factors. The results revealed 19 identified factors, among which investment loan support policies, high housing demand among workers, well-developed infrastructure, availability of financially capable investors for worker housing projects, and support and encouragement from the Ho Chi Minh City People's Committee were rated the most significant. Exploratory factor analysis (EFA) grouped these into five main categories: (1) Technical and construction characteristics of the project, (2) Implementation conditions and available infrastructure, (3) Capabilities of project participants, (4) Government policies and institutional support, and (5) Market demand and development trends. Based on these results, the study proposes recommendations to enhance investment effectiveness and attract further development of worker housing projects, thereby contributing to social welfare and sustainable industrial growth in Ho Chi Minh City.

Keywords: Worker housing, industrial parks, export processing zones, construction investment, Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tiến trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa, hệ thống khu chế xuất (KCX) - khu công nghiệp (KCN) đóng vai trò trung tâm trong việc thu hút đầu tư, tạo việc làm và thúc đẩy chuyển dịch cơ cấu kinh tế theo hướng công nghiệp (Đào Thị Việt Hằng, 2024). Quá

trình phát triển KCX - KCN đã góp phần quan trọng vào tăng trưởng kinh tế, mở rộng xuất khẩu và thu hút nguồn vốn đầu tư trong và ngoài nước. Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả đạt được, yêu cầu về an sinh xã hội cho người lao động, đặc biệt là nhà ở cho công nhân (NOCN), đang trở thành vấn đề cấp thiết cần được quan tâm

(Ngô Lê Minh, 2017). Việc bảo đảm chỗ ở ổn định, an toàn và phù hợp với thu nhập là yếu tố quan trọng góp phần duy trì lực lượng lao động và phát triển bền vững các KCN. Để giải quyết nhu cầu này, Chính phủ đã ban hành Quyết định số 338/QĐ-TTg ngày 03/4/2023 phê duyệt Đề án đầu tư xây dựng ít nhất 1 triệu căn nhà ở xã hội cho đối tượng thu nhập thấp và công nhân khu công nghiệp giai đoạn 2021-2030. Đề án hướng đến phát triển hệ thống nhà ở gắn với hạ tầng xã hội, đồng thời triển khai gói tín dụng ưu đãi 120.000 tỷ đồng nhằm hỗ trợ chủ đầu tư và người mua nhà. Đây là bước chuyển quan trọng trong chính sách phát triển KCN.

TP.HCM là địa phương có tốc độ công nghiệp hóa cao, với 1.100 doanh nghiệp và khoảng 340.544 lao động đang làm việc tại 17 KCX - KCN, khu công nghệ cao và 21 cụm công nghiệp (Ngô Lê Minh, 2017). Tuy nhiên, tỷ lệ đáp ứng nhà ở cho công nhân mới đạt khoảng 15%, trong khi nhu cầu ngày càng tăng nhanh. Phần lớn công nhân phải thuê trọ trong các khu dân cư tự phát, điều kiện sinh hoạt chật hẹp và thiếu tiện ích cơ bản, ảnh hưởng đến chất lượng sống, năng suất và sự ổn định nhân lực của doanh nghiệp (Hồng Nga, 2019). Do đó, việc mở rộng đầu tư và nâng cao hiệu quả các dự án NƠCN là yêu cầu cấp bách của TP.HCM trong giai đoạn hiện nay.

Việc đầu tư xây dựng NƠCN chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như cơ chế, chính sách và tài chính; điều kiện hạ tầng kỹ thuật, vị trí dự án; năng lực của các chủ thể tham gia; cũng như nhu cầu và khả năng chi trả của người lao động. Tuy nhiên, mức độ tác động của từng yếu tố và mối quan hệ giữa chúng vẫn chưa được đánh giá đầy đủ, khiến cho việc hoạch định chính sách và lựa chọn mô hình đầu tư còn thiếu cơ sở khoa học. Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định và phân tích các yếu tố thành công trong đầu tư xây dựng nhà ở cho công nhân tại các KCX - KCN ở TP.HCM. Nghiên cứu tập trung nhận dạng các yếu tố thành công và đánh giá mức độ đồng ý của người tham gia đối với từng yếu tố, đồng thời xem xét mối quan hệ tương tác giữa chúng. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc nhận diện các yếu tố quyết định thành công của dự án NƠCN trong điều kiện đặc thù của TP.HCM, đồng thời gợi mở khả năng so sánh và kiểm chứng kết quả tại các địa phương khác.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Tại Việt Nam, đã có nhiều công trình nghiên cứu đề cập đến vấn đề nhà ở cho công nhân trong các khu KCX - KCN. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu mới chỉ tập trung vào một số khía cạnh riêng lẻ như chính sách, quy hoạch hoặc mô hình phát triển, trong khi chưa có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư xây dựng nhà ở cho công nhân trong các khu KCX - KCN tại TP.HCM. Điều này khiến cho việc triển khai và thu hút người lao động lựa chọn nhà ở trong các KCX - KCN còn gặp nhiều hạn chế.

Cụ thể, Ngô Lê Minh tại Hội thảo “Nơi ở công nhân KCN: Nhà ở, sinh kế và cộng đồng” (2018) đã đề xuất chính sách đa mục tiêu về nhà ở xã hội (NOXH), hướng đến nhóm đối tượng công nhân, những người có nhu cầu hỗ trợ cao nhưng ít được thụ hưởng chính sách. Lê Thị Lan Hương (2015) nghiên cứu về nhu cầu đời sống văn hóa,

tinh thần của công nhân tại các KCN, qua đó đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý và phát triển đời sống văn hóa cho người lao động. Lê Quốc Hội (2012) phân tích thực trạng việc làm và đời sống người lao động tại các KCX - KCN, nhấn mạnh nhu cầu phát triển NOXH gắn với quy hoạch không gian và công tác quản lý nhằm hài hòa lợi ích giữa công nhân và doanh nghiệp. Trong khi đó, Ngô Lê Minh (2017) nghiên cứu mô hình NOXH cho công nhân tại TP.HCM, chỉ ra những hạn chế về nguồn vốn, thời gian thu hồi vốn dài và thiếu cơ chế quản lý hiệu quả. Bùi Văn Dũng (2015) làm rõ mối quan hệ giữa hình thức sở hữu, chính sách và khả năng chi trả, từ đó đề xuất giải pháp thu hút đầu tư xây dựng nhà ở cho công nhân tại các tỉnh Bắc Trung Bộ. Trước đó, Hội thảo quốc gia “Nhà ở công nhân - Thực trạng và giải pháp” (2011) do Bộ Xây dựng tổ chức đã tổng hợp ý kiến chuyên gia về việc hoàn thiện cơ chế, chính sách khuyến khích doanh nghiệp đầu tư và hỗ trợ vốn xây dựng NOXH cho công nhân. Tuy nhiên, các chính sách ưu đãi hiện nay vẫn chưa đủ hấp dẫn, nhiều dự án chưa thu hút được công nhân do giá thuê cao, thu nhập thấp hoặc quản lý chưa phù hợp.

Nhìn chung, các công trình nghiên cứu trên đã khẳng định vai trò của KCX - KCN trong phát triển kinh tế - xã hội, tạo việc làm và nâng cao năng lực sản xuất của doanh nghiệp, đồng thời chỉ ra nhu cầu cấp thiết về NƠCN. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu hiện nay mới dừng lại ở việc mô tả thực trạng nhà ở, phân tích nhu cầu đời sống công nhân hoặc đề xuất một số chính sách và mô hình NOXH. Chưa có nghiên cứu nào tập trung nhận diện và phân tích các yếu tố thành công trong đầu tư xây dựng công trình nhà ở cho công nhân tại KCX - KCN ở TP.HCM. Đây chính là khoảng trống nghiên cứu mà đề tài hướng đến, nhằm đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả và thu hút đầu tư cho lĩnh vực này.

3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

Trên cơ sở lý thuyết và các yếu tố tổng hợp từ các nghiên cứu trước, một bảng câu hỏi sơ bộ được xây dựng. Trước khi triển khai khảo sát chính thức, bảng hỏi được khảo sát thử nghiệm trên 10 chuyên gia có kinh nghiệm và hiểu biết sâu về lĩnh vực đầu tư, xây dựng và quản lý nhà ở cho công nhân trong các KCX - KCN. Nhóm chuyên gia gồm 3 giám đốc dự án, 3 chỉ huy công trình, 2 kỹ sư thiết kế và 2 chuyên viên đang công tác tại các cơ quan quản lý KCX - KCN TP.HCM. Mục đích của khảo sát thử nghiệm là đánh giá tính hợp lý, độ dễ hiểu và sự phù hợp của các câu hỏi, đồng thời ghi nhận các đề xuất chỉnh sửa cần thiết trước khi phát hành bảng hỏi chính thức.

Sau khi tiếp thu ý kiến phản hồi, bảng câu hỏi được hoàn thiện và sử dụng trong khảo sát chính thức. Các biến quan sát được đo lường bằng thang đo Likert 5 mức, phản ánh mức độ đồng ý của người trả lời đối với từng phát biểu trong bảng khảo sát. Dữ liệu thu thập được được sử dụng cho xếp hạng, kiểm định độ tin cậy của thang đo và phân tích nhân tố, phục vụ đánh giá các yếu tố thành công của dự án đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại các KCX - KCN TP.HCM. Bảng câu hỏi cuối cùng bao gồm 19 yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại KCX - KCN ở TP.HCM (Bảng 1).

Bảng 1. Các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại KCX - KCN tại TP.HCM

Mã hoá	Các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại KCX - KCN ở TP.HCM	Nguồn tham khảo	Trị trung bình (Mean)	Xếp hạng
A9	Chính sách hỗ trợ vay vốn đầu tư	Nghiên cứu trước đây	4.671	1
A1	Nhu cầu chỗ ở của công nhân rất lớn	Nghiên cứu trước đây	4.514	2
A3	Cơ sở hạ tầng đã hoàn chỉnh	Ý kiến chuyên gia	4.507	3
A12	Sự sẵn có của các Nhà đầu tư có năng lực tài chính đáp ứng đối với công trình nhà ở cho công nhân	Nghiên cứu trước đây	4.478	4
A2	Sự ủng hộ và khuyến khích của UBND TP.HCM	Nghiên cứu trước đây	4.435	5

A18	Công trình nhà ở công nhân là xu thế tương lai trong các KCX - KCN	Nghiên cứu trước đây	4.278	6
A13	Sự sẵn có của các Đơn vị tư vấn có năng lực đáp ứng đối với công trình NƠCN	Nghiên cứu trước đây	4.042	7
A4	Chi phí đầu tư xây dựng thấp (vì cơ sở hạ tầng KCX đã có sẵn)	Nghiên cứu trước đây	4.042	8
A5	Không tốn thời gian cho công tác giải phóng mặt bằng	Nghiên cứu trước đây	3.735	9
A19	Được hưởng ưu đãi theo quy định pháp luật về xây dựng nhà ở xã hội và pháp luật có liên quan	Nghiên cứu trước đây	3.728	10
A11	Sự sẵn có của các Đơn vị thi công có năng lực đáp ứng đối với công trình xây dựng NƠCN.	Nghiên cứu trước đây	3.435	11
A6	Không tốn thời gian quy hoạch vị trí xây dựng (KCX bàn giao mặt bằng đúng tiến độ)	Nghiên cứu trước đây	3.300	12
A7	Vị trí xây dựng thuận lợi theo bố trí tổng thể của KCX có sẵn	Ý kiến chuyên gia	3.135	13
A16	Tiến độ hoàn thành nhanh	Ý kiến chuyên gia	3.014	14
A15	Thiết kế đơn giản dễ thi công	Ý kiến chuyên gia	2.985	15
A17	Dự án ít phức tạp	Ý kiến chuyên gia	2.957	16
A14	Quy mô dự án thấp tầng (thường < 6 tầng)	Ý kiến chuyên gia	2.885	17
A10	Giá vật tư xây dựng ít biến động	Ý kiến chuyên gia	2.585	18
A8	Hồ sơ, thủ tục, quy định được đơn giản hóa	Nghiên cứu trước đây	2.500	19

Khảo sát được thực hiện trong một tháng, phát 160 bảng câu hỏi trực tiếp đến các đối tượng hoạt động trong lĩnh vực xây dựng, quản lý và sử dụng nhà ở tại TPHCM. Tổng cộng thu về 150 phiếu, trong đó 140 mẫu hợp lệ được sử dụng cho phân tích. Về độ tuổi, nhóm 41-50 tuổi chiếm tỷ lệ cao nhất (35,7%), tiếp theo là 31-40 tuổi (31,4%), 16-30 tuổi (19,3%) và trên 51 tuổi (13,6%), phản ánh sự tham gia chủ yếu của nhóm có kinh nghiệm thực tiễn. Về trình độ học vấn, 61,4% người trả lời có trình độ cao đẳng hoặc đại học, 30,7% trung học phổ thông và 7,8% sau đại học. Về kinh nghiệm làm việc, 43,6% có 6-10 năm, 25,7% dưới 5 năm, 20,7% từ 11-15 năm và 10% trên 16 năm, cho thấy mẫu khảo sát bao quát cả nhóm có kinh nghiệm và nhóm mới tham gia lĩnh vực.

Xét về vai trò và chức vụ, mẫu khảo sát gồm 27,9% người sử dụng, 24,3% nhà thầu, 20% cán bộ Ban quản lý KCX - KCN, 15,7% doanh nghiệp đầu tư và 12,1% tư vấn thiết kế. Phân theo vị trí công việc, công nhân chiếm 30%, kỹ sư và nhân viên văn phòng 54,3%, cán bộ quản lý 15,7%. Sự đa dạng về độ tuổi, trình độ, kinh nghiệm và chức vụ giúp đảm bảo dữ liệu thu thập được phản ánh nhiều góc độ trong quá trình đầu tư, thi công và quản lý NƠCN, đồng thời nâng cao độ tin cậy của các kết quả phân tích.

4. PHÂN TÍCH DỮ LIỆU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Phân tích kết quả xếp hạng các yếu tố thành công

Kết quả xếp hạng các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại KCX - KCN ở TP.HCM được trình bày trong (Bảng 1). Kết quả phản ánh mức độ đồng ý của các bên liên quan đối với 19 yếu tố thành công, cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các yếu tố về mức độ được đánh giá là quan trọng. Năm yếu tố được đánh giá có tác động cao nhất lần lượt gồm: chính sách hỗ trợ vay vốn đầu tư (Mean = 4.671), nhu cầu chỗ ở của công nhân rất lớn (Mean = 4.514), cơ sở hạ tầng đã hoàn chỉnh (Mean = 4.507), năng lực tài chính của nhà đầu tư (Mean = 4.478), và sự ủng hộ, khuyến khích của chính quyền thành phố (Mean = 4.435).

Các yếu tố này cho thấy vai trò của chính sách và thể chế, hạ tầng kỹ thuật sẵn có, cùng năng lực của các chủ thể đầu tư trong việc quyết định tính khả thi và hiệu quả của dự án. Cụ thể, chính sách hỗ trợ tín dụng ưu đãi được xem là động lực then chốt giúp doanh nghiệp tiếp cận nguồn vốn với chi phí hợp lý, giảm rủi ro tài chính và thúc đẩy triển khai dự án. Trong khi đó, nhu cầu nhà ở ngày càng tăng nhanh tại các KCX - KCN lớn cho thấy quy mô thị trường đủ lớn để bảo đảm khả năng tiêu thụ sản phẩm, tạo sự hấp dẫn cho

nhà đầu tư. Các yếu tố như “cơ sở hạ tầng hoàn chỉnh” và “sự ủng hộ của chính quyền địa phương” cho thấy tầm quan trọng của sự phối hợp giữa Nhà nước và doanh nghiệp trong công tác quy hoạch, cấp phép và phát triển hạ tầng kết nối. Bên cạnh đó, “năng lực tài chính của nhà đầu tư” đóng vai trò quyết định đối với tiến độ và chất lượng công trình, đặc biệt trong bối cảnh thời gian thu hồi vốn của dự án NƠCN thường kéo dài.

Ngược lại, các yếu tố có mức điểm trung bình thấp nhất gồm “giá vật tư xây dựng biến động” (Mean = 2.585), “hồ sơ thủ tục, quy định phức tạp” (Mean = 2.500), “quy mô dự án thấp tầng” (Mean = 2.885), “thiết kế đơn giản” (Mean = 2.985), và “tiến độ hoàn thành nhanh” (Mean = 3.014). Kết quả này cho thấy các yếu tố kỹ thuật và thủ tục hành chính vẫn còn là rào cản, nhưng không được xem là yếu tố quyết định trực tiếp đến sự thành công tổng thể của dự án.

Tuy nhiên, các yếu tố trên không tồn tại độc lập mà có mối quan hệ chặt chẽ với nhau, phản ánh cấu trúc các nhóm. Để làm rõ mối quan hệ này, nghiên cứu tiếp tục tiến hành phân tích nhân tố nhằm xác định cấu trúc các nhóm nhân tố chính chi phối sự thành công của dự án.

4.2. Kết quả phân tích nhân tố

Trước khi tiến hành phân tích nhân tố, độ tin cậy của thang đo được kiểm định bằng hệ số Cronbach's Alpha. Kết quả cho thấy giá trị Cronbach's Alpha của 19 yếu tố thành công trong đầu tư xây dựng công trình NƠCN tại các KCX - KCN ở TP.HCM đạt 0.779, lớn hơn ngưỡng chấp nhận 0.6 theo khuyến nghị của Hair và cộng sự (2010). Điều này chỉ ra thang đo sử dụng trong nghiên cứu có độ tin cậy đạt yêu cầu. Tiếp theo, phân tích nhân tố được thực hiện nhằm xác định các nhóm nhân tố tiềm ẩn của 19 yếu tố thành công. Ma trận tương quan giữa các biến quan sát được kiểm tra trước khi tiến hành phân tích nhân tố. Kết quả cho thấy hầu hết các biến có hệ số tương quan trên 0.3, đáp ứng yêu cầu về mối liên hệ tuyến tính. Tuy nhiên, biến A8 - “Hồ sơ, thủ tục, quy định được đơn giản hóa” có hệ số Communalities = 0.398 < 0.5, nên được loại khỏi mô hình ở lần phân tích tiếp theo. Kiểm định Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) và Bartlett's Test được sử dụng để đánh giá sự phù hợp của dữ liệu đối với phân tích nhân tố. Kết quả lần đầu cho thấy KMO = 0.753 (> 0.5) và Bartlett's Test có Sig. = 0.000 (< 0.05), chứng tỏ dữ liệu hoàn toàn thích hợp để tiến hành phân tích nhân tố (Hair và cộng sự, 2010). Sau khi loại biến A8 và thực hiện phân tích nhân tố lần 2, kết quả vẫn đảm bảo sự phù hợp với KMO = 0.749 và Sig. = 0.000.

Phân tích nhân tố được thực hiện với phương pháp trích Principal Component Analysis (PCA) và phương pháp xoay Varimax nhằm đảm bảo tính độc lập giữa các nhân tố. Kết quả cho thấy 05 nhóm nhân tố chính được trích xuất, được trình bày trong Bảng 2. Tất cả các biến quan sát đều có hệ số tải nhân tố (Factor Loading) >

0.5, thể hiện sự hội tụ tốt vào các nhân tố tương ứng. Tổng phương sai trích đạt 65.821% (> 50%), chứng tỏ năm nhóm nhân tố được hình thành có khả năng giải thích tốt biến thiên của tập dữ liệu, phản ánh cấu trúc hợp lý của các yếu tố thành công trong đầu tư xây dựng NOCN tại các KCX - KCN ở TP.HCM.

Bảng 2. Kết quả các nhóm nhân tố thành công chính

Nhóm nhân tố	Variance explained (%)	Các yếu tố thành công cho việc đầu tư xây dựng công trình NOCN tại KCX - KCN ở TP.HCM	Hệ số tải nhân tố
Nhóm 1: Tính chất kỹ thuật - thi công của dự án	18.901%	A15 - Thiết kế đơn giản dễ thi công	0.889
		A16 - Tiến độ hoàn thành nhanh	0.852
		A14 - Quy mô dự án thấp tầng (thường < 6 tầng)	0.845
		A17 - Dự án ít phức tạp	0.686
		A10 - Giá vật tư xây dựng ít biến động	0.662
Nhóm 2: Điều kiện triển khai và hạ tầng sẵn có	16.504%	A5 - Không tốn thời gian cho công tác giải phóng mặt bằng	0.848
		A6 - Không tốn thời gian quy hoạch vị trí xây dựng	0.787
		A4 - Chi phí đầu tư xây dựng thấp	0.767
		A7 - Vị trí xây dựng thuận lợi	0.696
		A3 - Cơ sở hạ tầng đã hoàn chỉnh	0.614
Nhóm 3: Năng lực các bên tham gia đầu tư và xây dựng	11.479%	A12 - Nhà đầu tư có năng lực tài chính	0.816
		A11 - Đơn vị thi công có năng lực	0.791
		A13 - Đơn vị tư vấn có năng lực	0.791
Nhóm 4: Chính sách và hỗ trợ từ chính quyền	11.188%	A9 - Chính sách hỗ trợ vay vốn đầu tư	0.810
		A2 - Sự ủng hộ và khuyến khích của UBND TP.HCM	0.731
		A19 - Ưu đãi theo quy định pháp luật	0.607
Nhóm 5: Nhu cầu thị trường và xu hướng phát triển	7.749%	A1 - Nhu cầu chỗ ở của công nhân rất lớn	0.717
		A18 - Công trình nhà ở công nhân là xu thế tương lai	0.686

Kết quả phân tích nhân tố cho thấy năm nhóm nhân tố chính cấu thành nên thành công của các dự án đầu tư xây dựng NOCN tại các KCX - KCN ở TP.HCM. Trước hết, nhóm tính chất kỹ thuật - thi công của dự án (phương sai 18,901%) phản ánh các đặc điểm về quy mô, tiến độ và mức độ phức tạp kỹ thuật, thể hiện khả năng tối ưu trong tổ chức thi công và kiểm soát rủi ro trong quá trình thực hiện. Tiếp đến, nhóm điều kiện triển khai và hạ tầng sẵn có (phương sai 16,504%) thể hiện vai trò của vị trí xây dựng, hạ tầng kỹ thuật và chi phí đầu tư ban đầu, những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến chi phí, tiến độ và tính bền vững của dự án. Bên cạnh đó, nhóm năng lực của các bên tham gia đầu tư và xây dựng (phương sai 11,479%) phản ánh năng lực tài chính, năng lực quản lý và tổ chức thi công của các chủ thể tham gia, là yếu tố nội sinh quyết định chất lượng và hiệu quả tổng thể của dự án. Ở cấp độ thể chế, nhóm chính sách và hỗ trợ từ chính quyền (phương sai 11,188%) đại diện cho môi trường pháp lý, cơ chế tín dụng và các ưu đãi đầu tư, đóng vai trò định hướng và khuyến khích các doanh nghiệp tham gia vào lĩnh vực NOCN. Cuối cùng, nhóm nhu cầu thị trường và xu hướng phát triển (phương sai 7,749%) phản ánh quy mô nhu cầu chỗ ở lớn của lực lượng lao động cùng xu hướng tất yếu của việc phát triển NOCN trong bối cảnh đô thị hóa và công nghiệp hóa mạnh mẽ.

Năm nhóm nhân tố này thể hiện mối quan hệ tương hỗ giữa yếu tố kỹ thuật, hạ tầng, năng lực chủ thể, chính sách và thị trường, tạo nên cấu trúc toàn diện quyết định mức độ thành công của các dự án đầu tư NOCN.

4.3. Hàm ý chính sách và khuyến nghị

Trên cơ sở kết quả xếp hạng và phân tích nhân tố, có thể xác định năm nhóm định hướng chính sách trọng tâm cho việc nâng cao hiệu quả đầu tư xây dựng NOCN tại các KCX - KCN ở TP.HCM.

4.3.1. Thứ nhất, về cơ chế và chính sách hỗ trợ của chính quyền

Yếu tố “chính sách hỗ trợ vay vốn đầu tư” đạt giá trị trung bình cao nhất (Mean = 4.671), khẳng định vai trò then chốt của chính sách tín dụng ưu đãi đối với sự thành công của dự án. Do đó, thành phố cần tiếp tục duy trì gói tín dụng ưu đãi lãi suất thấp cho chủ đầu tư và người thuê mua, đồng thời xem xét miễn hoặc giảm tiền sử dụng đất, thuế thu nhập doanh nghiệp đối với dự án phục vụ công nhân. Bên cạnh đó, cần đơn giản hóa thủ tục hành chính và rút ngắn thời gian phê duyệt dự án, nhất là các thủ tục liên quan đến quy hoạch và cấp phép xây dựng.

4.3.2. Thứ hai, về điều kiện hạ tầng và quỹ đất triển khai dự án

Kết quả phân tích nhân tố cho thấy nhóm nhân tố hạ tầng có tỷ lệ phương sai giải thích cao (16,504%), phản ánh tầm quan trọng của vị trí, chi phí đầu tư và cơ sở hạ tầng kết nối. Thành phố nên quy hoạch quỹ đất dành riêng cho NOCN nằm trong hoặc liền kề KCX - KCN, đồng thời đảm bảo đầu nối đồng bộ hệ thống giao thông, điện - nước, thoát nước và dịch vụ công cộng trước khi bàn giao cho chủ đầu tư. Các dự án NOCN cũng cần được ưu tiên đầu tư hạ tầng kỹ thuật và hưởng cơ chế hỗ trợ giải phóng mặt bằng nhanh, nhằm rút ngắn thời gian chuẩn bị đầu tư.

4.3.3. Thứ ba, về năng lực của các bên tham gia dự án

Nhóm nhân tố này cho thấy vai trò của chủ đầu tư và nhà thầu trong bảo đảm chất lượng, tiến độ và hiệu quả vận hành. Cần thiết lập bộ tiêu chí đánh giá năng lực tài chính và kinh nghiệm của chủ đầu tư, đặc biệt đối với các doanh nghiệp tham gia nhiều dự án nhà ở xã hội. Thành phố cũng nên khuyến khích mô hình hợp tác công - tư (PPP) để tận dụng nguồn lực xã hội và tăng tính chuyên nghiệp trong quản lý dự án.

4.3.4. Thứ tư, về khía cạnh kỹ thuật - thi công của dự án

Mặc dù nhóm nhân tố này có phương sai giải thích cao nhất (18,901%), nhưng các yếu tố như “thiết kế đơn giản”, “quy mô thấp tầng” hay “tiến độ nhanh” có giá trị trung bình thấp. Điều đó cho

thấy cần có giải pháp kỹ thuật linh hoạt hơn, hướng tới đa dạng hóa mô hình thiết kế, áp dụng công nghệ xây dựng tiên tiến như lắp ghép modul, bê tông bán tiền chế nhằm vừa rút ngắn thời gian thi công, vừa nâng cao chất lượng công trình.

4.3.5. Thứ năm, về nhu cầu thị trường và định hướng phát triển dài hạn

“Công trình nhà ở công nhân là xu thế tương lai” là nhận định thể hiện rõ tính bền vững của loại hình đầu tư này. Thành phố cần đưa chỉ tiêu phát triển NOCN vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội và quy hoạch sử dụng đất dài hạn, đồng thời khuyến khích doanh nghiệp trong KCX - KCN đóng đầu tư hoặc hỗ trợ quỹ nhà ở cho người lao động như một phần trong chính sách trách nhiệm xã hội doanh nghiệp.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định và phân tích 19 yếu tố ảnh hưởng đến sự thành công của việc đầu tư xây dựng NOCN tại các KCX - KCN ở TP.HCM. Kết quả cho thấy các yếu tố như chính sách vay vốn ưu đãi, nhu cầu chỗ ở của công nhân, hạ tầng kỹ thuật sẵn có, năng lực tài chính của nhà đầu tư và sự ủng hộ của chính quyền địa phương được đánh giá có mức độ đồng thuận cao nhất. Điều này cho thấy chính sách hỗ trợ và điều kiện hạ tầng là những nhân tố có vai trò then chốt trong việc thúc đẩy đầu tư các dự án NOCN. Trong khi đó, các yếu tố về thiết kế, tiến độ hoặc quy mô công trình được đánh giá thấp hơn, phản ánh đây không phải là trở ngại chính trong giai đoạn hiện nay.

Kết quả phân tích nhân tố cho thấy có năm nhóm yếu tố chính tác động đến thành công của dự án, gồm: (1) tính chất kỹ thuật - thi công của dự án; (2) điều kiện triển khai và hạ tầng sẵn có; (3) năng lực của các bên tham gia; (4) chính sách và hỗ trợ từ chính quyền; và (5) nhu cầu thị trường và xu hướng phát triển. Năm nhóm yếu tố này bao quát toàn bộ quá trình đầu tư, thi công và vận hành, thể hiện mối liên hệ giữa năng lực chủ thể, điều kiện thực hiện và định hướng quản lý.

Từ kết quả nghiên cứu, có thể rút ra một số khuyến nghị chính: cần tăng cường các chính sách hỗ trợ vốn và đơn giản hóa thủ tục đầu tư; quy hoạch quỹ đất và hạ tầng đồng bộ phục vụ phát triển NOCN; nâng cao năng lực của chủ đầu tư và khuyến khích hợp tác công - tư; áp dụng công nghệ thi công tiên tiến nhằm rút ngắn tiến độ và nâng cao chất lượng; đồng thời đưa phát triển NOCN vào chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của TP.HCM.

Nghiên cứu này vẫn tồn tại một số hạn chế do phạm vi khảo sát chỉ tập trung tại TP.HCM và số lượng mẫu còn hạn chế. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng khảo sát đến các KCN trọng điểm khác, đồng thời áp dụng các phương pháp phân tích định lượng nâng cao để kiểm chứng mối quan hệ giữa các nhóm yếu tố. Việc tiếp tục nghiên cứu theo hướng này sẽ góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học và hỗ trợ việc hoạch định chính sách phát triển NOCN phù hợp với thực tiễn địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Xây dựng (2023). Hội thảo Quốc gia “Nhà ở công nhân - Thực trạng và giải pháp”. Tổng Công ty Đầu tư phát triển nhà và đô thị (HUD). Truy cập tại: <https://hud.com.vn/index.php/tin-tuc/hoi-thao-quoc-gia-nha-o-cong-nhan-thuc-trang-va-giai-phap-1478.html>
- [2]. Bùi Văn Dũng (2015). Giải quyết vấn đề nhà ở cho người lao động các khu công nghiệp: Nghiên cứu trên địa bàn một số tỉnh Bắc Trung Bộ. Luận án Tiến sĩ chuyên ngành Kinh tế Chính trị. Trường Đại học Kinh tế Quốc dân, Hà Nội.
- [3]. Đào Thị Việt Hằng (2024). Phát triển bền vững các khu công nghiệp ở Việt Nam và vai trò của thu hút FDI. Tạp chí Công Thương. Truy cập tại:

<https://tapchicongthuong.vn/phat-trien-ben-vung-cac-khu-cong-nghiep-o-viet-nam-va-vai-tro-cua-thu-hut-fdi-124014.htm>.

- [4]. Hồng Nga (2019). Nhà ở cho công nhân thiếu trầm trọng. Báo Doanh Nhân Sài Gòn. Truy cập tại: <https://doanhnhansaigon.vn/nha-o-cho-cong-nhan-thieu-tram-trong-220160.html>

- [5]. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Pearson Education.

- [6]. Lê Quốc Hội (2012). Việc làm và đời sống của người lao động các khu công nghiệp, khu chế xuất và khu kinh tế ở Việt Nam. Đề tài KHCN Trường Đại học Kinh tế Quốc dân, Hà Nội.

- [7]. Lê Thị Lan Hương (2015). Thực trạng nhu cầu đời sống văn hóa tinh thần của công nhân các khu công nghiệp hiện nay. Ban Tuyên giáo, Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam. Truy cập tại: <https://www.congdoan.vn/tin-tuc/nguyen-cuu-trao-doi-524/tom-tat-de-tai-thuc-trang-nhu-cau-doi-song-van-hoa-tinh-than-cua-cong-nhan-cac-khu-cong-nghiep-hien-nay-62772.tld>

- [8]. Ngô Lê Minh (2017). Nhà ở xã hội dành cho công nhân: Mô hình phát triển nào phù hợp cho TP.HCM? Tạp chí Kiến trúc, Số 9/2017. Truy cập tại: <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/nha-o-xa-hoi-danh-cho-cong-nhan-mo-hinh-phat-trien-nao-phu-hop-cho-tp-hcm.html>.

- [9]. Ngô Lê Minh (2018). Bài viết tại Hội thảo “Nơi ở công nhân khu công nghiệp: Nhà ở, Sinh kế và Cộng đồng”, Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội, 12/ 12/ 2018.

- [10]. Thủ tướng Chính phủ (2023). Quyết định số 338/QĐ-TTg ngày 03/ 4/ 2023 phê duyệt Đề án “Đầu tư xây dựng ít nhất 01 triệu căn hộ nhà ở xã hội cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân khu công nghiệp giai đoạn 2021 - 2030”.

Tăng cường công tác giám sát, đánh giá đầu tư công tại tỉnh Quảng Ninh trong giai đoạn 2021-2025

Enhancing Public Investment Monitoring and Evaluation in Quang Ninh Province During the Period 2021-2025

> NGUYỄN LIÊN HƯƠNG¹, NGUYỄN QUỐC TOÀN^{1*}, NGUYỄN THỊ THÚY¹, NGUYỄN CHÍ CƯỜNG²

¹Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng khu vực I tỉnh Quảng Ninh

*Tác giả liên hệ: toannq@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích thực trạng giám sát và đánh giá đầu tư công trong lĩnh vực xây dựng tại tỉnh Quảng Ninh giai đoạn 2022-2024 dựa trên hệ thống dữ liệu chính thức và các chuẩn mực quốc tế về quản trị đầu tư công. Kết quả cho thấy tỉnh Quảng Ninh đã đạt được nhiều tiến bộ quan trọng như tỷ lệ giải ngân duy trì ở mức cao, số lượng dự án được giám sát và đánh giá tăng đều qua các năm và nhiều công trình trọng điểm hoàn thành đúng tiến độ. Công tác quy hoạch và thẩm định được cải thiện, tạo nền tảng cho việc nâng cao chất lượng chuẩn bị đầu tư và giảm bớt các xung đột pháp lý. Tuy nhiên, một số hạn chế vẫn tồn tại, bao gồm tiến độ chậm tại các dự án có tính chất phức tạp, khó khăn trong giải phóng mặt bằng, sự thiếu đồng bộ của hồ sơ pháp lý, năng lực còn hạn chế của một bộ phận chủ đầu tư và hệ thống dữ liệu số chưa được liên thông đầy đủ giữa các cơ quan. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu lực và hiệu quả giám sát và đánh giá đầu tư công, gồm hoàn thiện thể chế, tăng cường năng lực thực thi, mở rộng ứng dụng công nghệ số, nâng cao trách nhiệm giải trình và xây dựng cơ chế đánh giá sau đầu tư. Các kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện quản trị đầu tư công tại tỉnh Quảng Ninh và có thể tham khảo cho các địa phương khác trong cả nước.

Từ khóa: Giám sát và đánh giá, đầu tư công, quản lý xây dựng, hiệu quả vốn công, Quảng Ninh.

ABSTRACT

This article examines the monitoring and evaluation of public investment in the construction sector in Quang Ninh Province during the period from 2022 to 2024, using official provincial data and international standards on public investment management. The findings indicate that Quang Ninh has achieved significant progress, including consistently high disbursement rates, an expanding number of monitored and evaluated projects, and the timely completion of several major infrastructure works. Improvements in planning and appraisal have contributed to better preparation of investment projects and reduced legal inconsistencies during implementation. However, several limitations remain, such as delays in complex projects, difficulties in land clearance, inconsistencies in legal documentation, limited capacity of some project owners, and the absence of a fully connected digital data system among governmental agencies. Based on these observations, the paper proposes a set of solutions to enhance the effectiveness of monitoring and evaluation of public investment, including strengthening institutional frameworks, improving implementation capacity, expanding the application of digital technologies, reinforcing accountability mechanisms, and establishing systematic post-investment evaluation. The research results provide an important scientific basis for improving public investment governance in Quang Ninh Province and offer useful insights for other localities across the country.

Keywords: Monitoring and Evaluation, public investment, construction management, public capital efficiency, Quang Ninh.

1. MỞ ĐẦU

Công tác giám sát và đánh giá đầu tư công (GSĐGĐT) giữ vai trò trụ cột trong quản lý nhà nước về đầu tư phát triển, đặc biệt trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy mạnh cải cách thể chế, tái cơ

cấu đầu tư công và nâng cao hiệu quả sử dụng vốn ngân sách. Theo Nghị định 29/2021/NĐ-CP của Chính phủ, GSĐGĐT không chỉ nhằm bảo đảm tính tuân thủ pháp luật mà còn hướng tới nâng cao hiệu quả kinh tế - xã hội, ngăn ngừa thất thoát, lãng

phí và tăng cường kỷ luật tài chính [1]. Các nghiên cứu quốc tế cũng nhấn mạnh rằng chất lượng hệ thống giám sát đầu tư có quan hệ trực tiếp với hiệu quả của kết cấu hạ tầng, năng lực cạnh tranh quốc gia và tính bền vững tài khóa [3-5]. Trong bối cảnh đó, yêu cầu hoàn thiện cơ chế giám sát - đánh giá đầu tư công trở thành nhiệm vụ then chốt ở các địa phương.

Tỉnh Quảng Ninh là một trong những địa phương có tốc độ phát triển kinh tế nhanh, có cơ cấu kinh tế chuyển dịch mạnh sang các ngành dịch vụ, công nghiệp và đô thị hóa. Trong hơn một thập kỷ qua, tỉnh được xem là mô hình tiêu biểu về đổi mới quản trị công, cải cách hành chính và điều hành ngân sách theo hướng minh bạch, hiệu quả. Báo cáo giám sát - đánh giá tổng thể đầu tư của tỉnh các năm 2022-2024 cho thấy Quảng Ninh liên tục ban hành nhiều văn bản chỉ đạo quan trọng, thiết lập cơ chế, kế hoạch và quy trình quản lý chặt chẽ, từ khâu quy hoạch, lựa chọn dự án, phân bổ vốn đến tổ chức thực hiện và giải ngân [6-9]. Việc triển khai đồng bộ các chỉ đạo như Chỉ thị 01/CT-UBND (2023) của UBND tỉnh Quảng Ninh, các văn bản thúc đẩy giải ngân, hay hệ thống kế hoạch theo chủ đề công tác hằng năm đã giúp tỉnh luôn nằm trong nhóm dẫn đầu cả nước về giải ngân vốn đầu tư công [9]. Điều này cho thấy hiệu quả tích cực của mô hình quản trị đầu tư tại địa phương.

Tuy nhiên, đằng sau các kết quả tích cực là những thách thức mang tính cơ cấu và hệ thống. Các báo cáo của UBND tỉnh Quảng Ninh chỉ ra rằng vẫn còn một số dự án đầu tư xây dựng chậm tiến độ, đặc biệt trong các lĩnh vực có yêu cầu kỹ thuật cao hoặc vướng pháp lý như giải phóng mặt bằng, quy hoạch phân khu, thủ tục đất đai và thủ tục môi trường [6]. Ngoài ra, sự chồng chéo giữa các quy định của Luật Đất đai, Luật Xây dựng và Luật Đầu tư vẫn là nguyên nhân gây kéo dài thời gian thẩm định, ảnh hưởng đến kế hoạch giải ngân và tiến độ hoàn thành dự án [8]. Những thách thức này không chỉ làm giảm hiệu quả vốn đầu tư mà còn tiềm ẩn rủi ro làm tăng tổng mức đầu tư, phát sinh chi phí xã hội và ảnh hưởng đến niềm tin của nhà đầu tư tư nhân trong các dự án PPP.

Từ thực tiễn đó, vấn đề trọng tâm đặt ra là cần đánh giá một cách khoa học, hệ thống và khách quan về thực trạng trong lĩnh vực xây dựng tại Quảng Ninh, nhằm cung cấp luận cứ cho việc hoàn thiện cơ chế quản lý và nâng cao hiệu quả vốn công. Các câu hỏi nghiên cứu chính bao gồm: (i) Công tác GSDGĐT tại Quảng Ninh đang được triển khai như thế nào trong bối cảnh thể chế mới? (ii) Những yếu tố nào ảnh hưởng đến hiệu quả giải ngân và chất lượng dự án? (iii) Các hạn chế tồn tại, nguyên nhân và yêu cầu cải thiện ra sao? Trả lời những câu hỏi này không chỉ có ý nghĩa đối với Quảng Ninh mà còn có giá trị tham khảo đối với các địa phương khác trong cả nước.

Do đó, nghiên cứu này hướng tới phân tích thực chứng dựa trên chuỗi dữ liệu ba năm liên tiếp (2022-2024) từ các báo cáo giám sát - đánh giá đầu tư, kết hợp với các nguồn lý thuyết và thực tiễn trong nước và quốc tế. Thông qua đó, nghiên cứu góp phần cung cấp bức tranh toàn diện về quản lý đầu tư công tại Quảng Ninh, chỉ ra những điểm mạnh, hạn chế và gợi mở các giải pháp khả thi nhằm tăng cường hiệu quả GSDGĐT trong giai đoạn tới.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

GSDGĐT là một hợp phần cốt lõi trong chu trình quản lý đầu tư công hiện đại, nhằm bảo đảm việc sử dụng vốn nhà nước đạt hiệu quả, minh bạch và đúng mục tiêu. Theo Nghị định 29/2021/NĐ-CP của Chính phủ và Thông tư 05/2023/TT-BKHĐT của Bộ Kế hoạch và Đầu tư, GSDGĐT được hiểu là quá trình theo

dõi, đo lường và kiểm tra việc thực hiện dự án dựa trên hệ thống chỉ tiêu, chế độ báo cáo và cơ chế đánh giá nhằm kịp thời phát hiện sai lệch và đề xuất điều chỉnh [1, 2]. Khái niệm này phù hợp với chuẩn mực quản trị tài khóa của IMF và OECD, trong đó giám sát đầu tư được xem là yếu tố bảo đảm tính minh bạch ngân sách, kỷ luật tài khóa và hiệu quả phân bổ nguồn lực [3, 4, 23]. Theo khung lý thuyết quốc tế, một hệ thống GSDGĐT hiệu quả cần dựa trên nền tảng thể chế vững mạnh, bộ chỉ số theo dõi rõ ràng, công cụ phân tích tin cậy và cơ chế giải trình minh bạch.

Các nghiên cứu quốc tế đã tiếp cận GSDGĐT theo nhiều góc độ khác nhau. Tabish và Jha (2011) chỉ ra rằng chất lượng giám sát tiến độ - chi phí có tác động quyết định đến khả năng hoàn thành dự án và mức độ thành công của dự án xây dựng [11]. Tengan và Aigbavboa (2018) cho rằng năng lực của chủ đầu tư, mức độ tham gia của bên liên quan và chất lượng thông tin giám sát đóng vai trò quan trọng trong nâng cao hiệu quả GSDGĐT [10]. Các nghiên cứu tại Kenya và Ghana cũng cho thấy rằng chất lượng dự án liên quan mật thiết đến hệ thống báo cáo, mức độ tham gia cộng đồng và tính kịp thời của cơ chế kiểm tra - đánh giá [16-20]. Nhìn chung, các công trình quốc tế thống nhất rằng GSDGĐT muốn hiệu quả phải được thực hiện trên nền tảng lực quản lý mạnh, dữ liệu minh bạch và hệ thống giám sát có khả năng cảnh báo sớm.

Tại Việt Nam, GSDGĐT đã được quy định tương đối đầy đủ nhưng hiệu quả triển khai vẫn phụ thuộc vào năng lực thể chế, khả năng phối hợp liên ngành và mức độ ứng dụng công nghệ thông tin. Một số nghiên cứu trong nước chỉ ra rằng công tác kiểm soát hồ sơ, năng lực lập báo cáo và quản lý tiến độ dự án vẫn còn hạn chế ở nhiều địa phương [12, 13]. Bên cạnh đó, vai trò của công khai thông tin và giám sát của cộng đồng cũng được khẳng định là yếu tố cần thiết nhằm nâng cao minh bạch và trách nhiệm giải trình [14, 15]. Các nghiên cứu về đánh giá hiệu quả dự án xây dựng cũng nhấn mạnh rằng việc thiếu hệ thống chỉ số chuẩn hóa và dữ liệu đầy đủ là rào cản lớn trong quản lý chu trình đầu tư công [21].

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước tập trung vào GSDGĐT, vẫn tồn tại một số khoảng trống quan trọng. Thứ nhất, hiện chưa có nghiên cứu nào phân tích thực nghiệm về GSDGĐT tại một địa phương có mức độ cải cách và quy mô đầu tư lớn như Quảng Ninh dựa trên chuỗi dữ liệu liên tục 2022-2024 [6-9, 24]. Thứ hai, phần lớn các công trình tiếp cận GSDGĐT dưới góc độ pháp lý hoặc kỹ thuật quản lý, trong khi chưa có nghiên cứu nào tích hợp đồng thời các yếu tố thể chế, năng lực thực thi, dữ liệu số và phối hợp liên ngành trong một mô hình đánh giá toàn diện. Thứ ba, chưa có công trình nào đối chiếu thực tiễn GSDGĐT ở cấp tỉnh của Việt Nam với các chuẩn mực quốc tế của OECD, IMF và các nghiên cứu thực nghiệm quốc tế nhằm nhận diện khoảng cách và đề xuất các giải pháp cải thiện.

Xuất phát từ những khoảng trống đó, nghiên cứu này lựa chọn cách tiếp cận thực chứng, dựa trên phân tích dữ liệu ba năm từ các báo cáo giám sát - đánh giá đầu tư của tỉnh Quảng Ninh, kết hợp khung lý thuyết quốc tế và các nghiên cứu thực nghiệm. Mục tiêu là đánh giá mức độ hiệu quả, nhận diện các hạn chế và đề xuất hệ thống giải pháp để nâng cao chất lượng GSDGĐT trong lĩnh vực xây dựng tại Quảng Ninh. Cách tiếp cận này không chỉ góp phần bổ sung khoảng trống học thuật về GSDGĐT ở cấp tỉnh mà còn cung cấp bằng chứng thực tiễn cho việc hoàn thiện quản trị đầu tư công trong bối cảnh chuyển đổi số và yêu cầu minh bạch ngày càng cao.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận thực chứng (empirical approach), kết hợp giữa phân tích định tính và định lượng nhằm đánh giá toàn diện công tác giám sát - đánh giá đầu tư công trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh trong giai đoạn 2022-2024. Cách tiếp cận này cho phép đối chiếu giữa khung lý thuyết và dữ liệu thực tiễn, từ đó xác định những điểm mạnh, hạn chế và nguyên nhân của các vấn đề trong quá trình triển khai đầu tư công tại địa phương.

Trước hết, nghiên cứu tiến hành thu thập và phân tích dữ liệu thứ cấp từ các nguồn thông tin chính thống, bao gồm: (i) các Báo cáo Giám sát - Đánh giá đầu tư của tỉnh Quảng Ninh các năm 2022, 2023 và 2024 (được cung cấp đầy đủ dưới dạng văn bản điện tử); (ii) các văn bản quy phạm pháp luật liên quan tới giám sát đầu tư như Nghị định 29/2021/NĐ-CP của Chính phủ, Thông tư 05/2023/TT-BKHĐT của Bộ Kế hoạch và Đầu tư; và (iii) các báo cáo, thống kê định lượng từ các sở, ngành của tỉnh. Đây là nguồn dữ liệu có độ tin cậy cao, phản ánh thực trạng khách quan trong giai đoạn nghiên cứu.

Tiếp theo, nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích nội dung để bóc tách và mã hóa các thông tin chính từ báo cáo tỉnh, tập trung vào những nhóm dữ liệu: (i) tình hình triển khai dự án và mức độ tuân thủ quy hoạch - kế hoạch; (ii) tiến độ giải ngân và khối lượng thi công; (iii) các sai lệch, tồn tại và nguyên nhân; (iv) việc thực hiện chế độ báo cáo giám sát - đánh giá. Phương pháp này giúp hệ thống hóa các vấn đề theo chủ đề, thuận lợi cho việc so sánh theo thời gian và giữa các nhóm dự án. Đồng thời, nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích so sánh nhằm đối chiếu thực tiễn Quảng Ninh với khung lý thuyết quốc tế về giám sát - đánh giá đầu tư công (OECD, IMF, WB) [3, 4, 23] cũng như những nghiên cứu thực nghiệm đã được công bố [10, 11]. Việc đối chiếu này giúp đánh giá mức độ phù hợp, mức độ tiệm cận chuẩn quốc tế và xác định các khoảng cách cần cải thiện.

Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng phân tích chuỗi thời gian ngắn cho ba năm 2022-2024 nhằm nhận diện xu hướng thay đổi qua thời gian, đặc biệt là các chỉ tiêu: tỷ lệ giải ngân, tiến độ dự án, tình trạng vướng mắc, chất lượng báo cáo và mức độ tuân thủ các quy định giám sát - đánh giá đầu tư. Dù số năm chưa đủ dài để xây dựng mô hình dự báo, nhưng chuỗi dữ liệu liên tục ba năm cho phép rút ra xu hướng và đánh giá các thay đổi trong điều hành.

Quy trình nghiên cứu được triển khai theo bốn bước:

- (1) Thu thập và kiểm định độ tin cậy của dữ liệu;
- (2) Phân loại và mã hóa thông tin;
- (3) Phân tích theo chủ đề kết hợp so sánh với khung lý thuyết;
- (4) Tổng hợp kết quả nhằm nhận diện các vấn đề và đề xuất giải pháp.

Toàn bộ quy trình tuân thủ nguyên tắc minh bạch, khách quan và không can thiệp vào nội dung dữ liệu gốc. Thông qua cách tiếp cận này, nghiên cứu đảm bảo xây dựng được cái nhìn đầy đủ, đa chiều và có cơ sở khoa học vững chắc về công tác GSDGĐT tại Quảng Ninh, đồng thời tạo nền tảng cho việc đề xuất các giải pháp phù hợp trong phần sau của bài báo.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả đạt được

Trong giai đoạn 2022-2024, công tác GSDGĐT của tỉnh Quảng Ninh đạt nhiều kết quả nổi bật, phản ánh sự hoàn thiện về hệ thống quản trị và năng lực thực thi dự án.

Thứ nhất, tiến độ thực hiện kế hoạch vốn và tỷ lệ giải ngân đạt mức cao. Năm 2023, tổng kế hoạch vốn đạt 14.595,073 tỷ đồng, trong đó giải ngân 12.668,526 tỷ đồng, tương đương 87%

kế hoạch, còn giải ngân vốn Trung ương đạt 91% [7]. Tỷ lệ giải ngân chương trình mục tiêu quốc gia năm 2024 tiếp tục duy trì cao ở mức 96,10% [24], cho thấy sự ổn định trong điều hành vốn - phù hợp với yêu cầu về kỷ luật tài khóa theo IMF [3].

Thứ hai, phạm vi giám sát - đánh giá được mở rộng và mức độ tuân thủ báo cáo tăng lên. Năm 2023 toàn tỉnh có 1.106 dự án, trong đó 576 dự án nộp báo cáo giám sát, 278 dự án được kiểm tra, và 614 dự án được đánh giá [7]. Đây là cải thiện quan trọng so với những hạn chế về báo cáo GSDGĐT mà nhiều nghiên cứu trong nước chỉ ra [12, 13].

Thứ ba, số lượng dự án hoàn thành đúng tiến độ tăng đáng kể. Năm 2023, có 545 dự án hoàn thành, trong đó 103 dự án đưa vào vận hành, gồm các công trình trọng điểm như Đường tỉnh 341, Bệnh viện Phổi, CDC tỉnh, các Trường THPT Bình Liêu - Cẩm Phả - Quảng La [7]. Điều này phù hợp với các tiêu chí thành công dự án mà Tabish & Jha (2011) và Tengan & Aigbavboa (2018) đề cập [10, 11].

Thứ tư, công tác quy hoạch và chuẩn bị đầu tư được hoàn thiện hơn. Quảng Ninh đã rà soát, cập nhật quy hoạch ngành và sử dụng đất để đồng bộ với Quy hoạch tỉnh, góp phần giảm xung đột thủ tục và nâng cao chất lượng lập dự án [7]. Kết quả này phù hợp với chuẩn mực OECD về yêu cầu đồng bộ hóa quy hoạch trong quản lý đầu tư công [4, 23].

Thứ năm, chất lượng quản lý thực hiện dự án tiếp tục được cải thiện. Tỉnh ghi nhận không có sai phạm lớn trong lĩnh vực đất đai, môi trường và đấu thầu, đồng thời tăng cường biện pháp kiểm tra, đôn đốc nhằm hạn chế tình trạng điều chỉnh tiến độ [7], phù hợp với các khuyến nghị về nâng cao năng lực thực thi trong nghiên cứu trong nước [13, 14].

Tổng thể, các kết quả đạt được cho thấy hệ thống GSDGĐT của Quảng Ninh đã vận hành ngày càng hiệu quả, minh bạch và tiệm cận chuẩn mực quản trị đầu tư công hiện đại.

Để giúp hình dung rõ hơn sự cải thiện qua thời gian, có thể tổng hợp các kết quả chính theo Bảng 1:

Bảng 1. Tổng hợp kết quả giám sát, đánh giá đầu tư công Quảng Ninh 2022-2024

STT	Chỉ tiêu giám sát, đánh giá	2022	2023	2024
1	Tổng kế hoạch vốn đầu tư công (tỷ đồng)	14.552	15.282	11.986
2	Vốn đã giải ngân (tỷ đồng)	13.639	12.668	10.397
3	Tỷ lệ giải ngân (%)	93,7	87	87
4	Số dự án hoàn thành	683	545	690
5	Số dự án phải điều chỉnh tiến độ	39	57	45
6	Tỷ lệ giải ngân vốn ngân sách trung ương (%)	93	91	99,99
7	Tỷ lệ giải ngân vốn ngân sách địa phương (%)	93,8	83,12	86,3
8	Tỷ lệ dự án có quyết toán được phê duyệt (%)	89	86	91
9	Số dự án khởi công mới	670	615	812
10	Số dự án chuyển tiếp đang thực hiện	603	491	628

(Nguồn: Báo cáo giám sát, đánh giá tổng thể đầu tư tỉnh Quảng Ninh năm 2022, 2023 và 2024 [6-9])

4.2. Hạn chế, tồn tại và nguyên nhân

Mặc dù đạt được nhiều kết quả tích cực, công tác GSDGĐT của tỉnh Quảng Ninh vẫn tồn tại một số hạn chế mang tính hệ thống, xuất phát từ cả yếu tố khách quan và chủ quan. Các hạn chế này tuy không mang tính phổ biến trên toàn bộ danh mục dự án, nhưng ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả quản lý, tiến độ và chất lượng đầu tư công của một số nhóm dự án trong giai đoạn 2022-2024.

Thứ nhất, tiến độ một số dự án vẫn chậm so với kế hoạch, đặc biệt tại các dự án có tính chất phức tạp hoặc yêu cầu cao về giải phóng mặt bằng. Báo cáo năm 2023 cho thấy một số dự án phải xin điều chỉnh tiến độ hoặc gia hạn thời gian thực hiện do vướng mắc về đất đai, thiết kế và thủ tục pháp lý [7]. Tình trạng này dẫn tới tỷ lệ vốn không giải ngân còn cao (khoảng 1.926,547 tỷ đồng năm 2023) [7], phản ánh những khó khăn trong giai đoạn chuẩn bị và tổ chức thực hiện dự án - một vấn đề được nhiều nghiên cứu quốc tế xác nhận là nguyên nhân làm giảm hiệu quả đầu tư công [10, 11, 16].

Thứ hai, nhiều dự án gặp rủi ro pháp lý do sự chồng chéo hoặc thay đổi của các quy định về quy hoạch, đất đai và môi trường. Một số hồ sơ phải rà soát hoặc điều chỉnh lại do chưa thống nhất giữa quy hoạch ngành, quy hoạch sử dụng đất và quy hoạch tỉnh, làm kéo dài thời gian chuẩn bị đầu tư và thẩm định dự án [7]. Đây cũng là thách thức phổ biến đã được OECD và IMF chỉ ra khi đánh giá các nền tảng quản trị đầu tư công tại các quốc gia đang phát triển [3, 4].

Thứ ba, chất lượng báo cáo giám sát chưa đồng đều, và năng lực thực thi của một bộ phận chủ đầu tư còn hạn chế. Dù có 576 dự án gửi báo cáo giám sát năm 2023, chỉ 278 dự án được kiểm tra và hơn 600 dự án phải đánh giá lại, cho thấy sự chênh lệch trong chất lượng hồ sơ, tính đầy đủ của thông tin và khả năng tuân thủ biểu mẫu [7]. Tình trạng này tương đồng với kết luận của các nghiên cứu trong nước, khi năng lực lập báo cáo, phân tích tiến độ và quản trị thông tin còn là điểm yếu phổ biến của nhiều chủ đầu tư [12 - 14].

Thứ tư, hệ thống dữ liệu và ứng dụng công nghệ trong GSDGĐT chưa hoàn thiện, chưa tạo được nền tảng số hóa liên thông giữa các sở, ngành. Dữ liệu vẫn phân tán, cập nhật chậm và chưa tích hợp thời gian thực, làm hạn chế khả năng xử lý, cảnh báo sớm và hỗ trợ ra quyết định của cơ quan quản lý [7]. Điều này đi ngược với yêu cầu về quản trị dựa trên dữ liệu mà OECD khuyến nghị [23] và là khoảng cách so với mô hình GSDGĐT tiên tiến tại các quốc gia phát triển.



Hình 1: Hạn chế, tồn tại và nguyên nhân

Thứ năm, công tác phối hợp liên ngành còn chưa đồng bộ, đặc biệt giữa các cơ quan liên quan đến thẩm định dự án, phê duyệt quy hoạch, tài nguyên - môi trường và giải ngân vốn. Việc

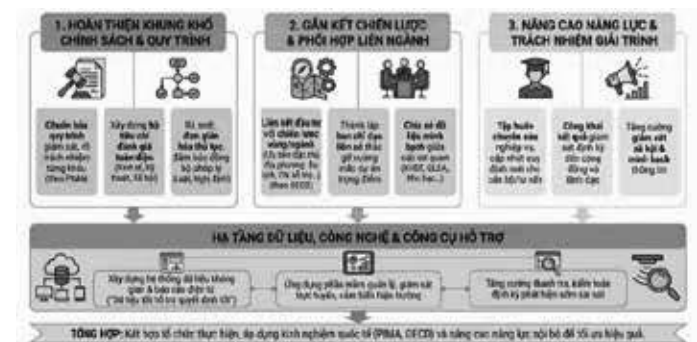
thiếu cơ chế phối hợp chặt chẽ khiến nhiều dự án kéo dài thời gian xử lý thủ tục hoặc phải điều chỉnh hồ sơ nhiều lần, làm giảm hiệu quả công tác giám sát và tổ chức thực hiện [7]. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu quốc tế cho thấy sự phối hợp yếu giữa các bên liên quan là rào cản lớn trong GSDGĐT [10, 17, 18].

Tổng thể, các hạn chế nêu trên phản ánh thách thức trong việc hoàn thiện đồng bộ ba yếu tố: khung thể chế - năng lực thực thi - cơ sở dữ liệu và công nghệ. Đây cũng là cơ sở quan trọng để xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu lực, hiệu quả GSDGĐT của tỉnh trong giai đoạn tiếp theo. (Hình 1)

4.3. Giải pháp nâng cao hiệu lực, hiệu quả giám sát - đánh giá đầu tư công trong lĩnh vực xây dựng

Việc nâng cao hiệu lực và hiệu quả GSDGĐT trong lĩnh vực xây dựng tại tỉnh Quảng Ninh đòi hỏi một hệ thống giải pháp đồng bộ, bắt đầu từ hoàn thiện thể chế và quy trình nội bộ. Tỉnh cần tiếp tục rà soát, đồng bộ hóa hệ thống quy hoạch, kế hoạch đầu tư và quy trình quản lý dự án phù hợp với Nghị định 29/2021/NĐ-CP của Chính phủ và Thông tư 05/2023/TT-BKHĐT của Bộ Kế hoạch và Đầu tư [1, 2]. Việc chuẩn hóa biểu mẫu báo cáo, tiêu chí đánh giá và quy chế giám sát - đánh giá cấp tỉnh mang tính bắt buộc sẽ giúp tăng tính thống nhất, nâng cao chất lượng thông tin và giảm sai lệch dữ liệu. Những cải cách này cũng phù hợp với các khuyến nghị về minh bạch tài khóa và kỷ luật ngân sách theo chuẩn mực của Quỹ Tiền tệ Quốc tế và Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế [3, 4, 23].

Song song với cải cách thể chế, việc nâng cao năng lực của các chủ thể tham gia giám sát - đánh giá đóng vai trò then chốt. Trong bối cảnh một số dự án vẫn chậm tiến độ hoặc phải điều chỉnh hồ sơ do năng lực thực thi chưa đồng đều [7], tỉnh cần tăng cường đào tạo chuyên sâu cho cán bộ quản lý và cán bộ giám sát trong các kỹ năng phân tích tiến độ, quản lý rủi ro, thẩm định hồ sơ và giám sát hiện trường. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy năng lực của chủ đầu tư và nhà thầu là nhân tố quyết định hiệu quả giám sát dự án [10, 11, 17]. Đồng thời, việc thiết lập các tổ giám sát liên ngành chuyên trách đối với dự án trọng điểm và phát triển các nền tảng số tích hợp dữ liệu theo thời gian thực giữa các sở ngành sẽ góp phần hiện đại hóa hệ thống dữ liệu giám sát, tăng khả năng cảnh báo sớm và đảm bảo tính nhất quán thông tin [4, 23].



Hình 2: Khung giải pháp nâng cao hiệu lực, hiệu quả công tác giám sát, đánh giá đầu tư công cho tỉnh Quảng Ninh

Bên cạnh đó, tỉnh cần hoàn thiện cơ chế phối hợp liên ngành và nâng cao trách nhiệm giải trình. Việc thành lập Ban điều phối giám sát - đánh giá cấp tỉnh sẽ giúp xử lý kịp thời các vướng mắc trong thẩm định, giải phóng mặt bằng và bố trí vốn, góp phần rút ngắn thời gian luân chuyển hồ sơ và giảm nguy cơ chậm tiến độ [7]. Công khai đầy đủ thông tin dự án trên cổng thông tin điện

tử của tỉnh sẽ tăng mức độ giám sát của cộng đồng, phù hợp với định hướng minh bạch hóa dữ liệu [14, 15]. Đồng thời, khuyến khích áp dụng các công cụ quản lý tiên tiến như Mô hình thông tin công trình BIM 4D-5D, nhật ký điện tử công trường, công nghệ máy bay không người lái và phương pháp Quản lý giá trị thu (EVM) được sẽ giúp tăng độ chính xác trong kiểm soát tiến độ và chi phí [11, 16]. Cuối cùng, tình cần thiết lập cơ chế đánh giá sau đầu tư với bộ tiêu chí rõ ràng, nhằm khép kín chu trình quản lý dự án và tạo nền tảng học tập liên tục theo chuẩn mực quốc tế [3, 4]. Sự kết hợp của các giải pháp này sẽ góp phần xây dựng hệ thống GSĐGĐT trong lĩnh vực xây dựng hiện đại, minh bạch và hiệu quả hơn trong giai đoạn tới. (Hình 2)

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích toàn diện công tác GSĐGĐT trong lĩnh vực xây dựng tại tỉnh Quảng Ninh giai đoạn 2022-2024, dựa trên chuỗi dữ liệu ba năm và hệ thống lý thuyết quốc tế về quản trị đầu tư công. Kết quả cho thấy Quảng Ninh đã đạt được nhiều thành tựu đáng ghi nhận, thể hiện qua tỷ lệ giải ngân cao, mức độ tuân thủ báo cáo rộng khắp, tiến độ hoàn thành dự án ổn định và sự cải thiện trong công tác quy hoạch - thẩm định. Các dự án trọng điểm về giao thông, y tế và giáo dục được triển khai đúng tiến độ, góp phần nâng cao năng lực hạ tầng và chất lượng dịch vụ công của tỉnh.

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả tích cực, công tác GSĐGĐT trong lĩnh vực xây dựng tại tỉnh Quảng Ninh giai đoạn 2022-2024 vẫn bộc lộ một số hạn chế mang tính hệ thống. Chậm tiến độ và vướng mắc thủ tục vẫn xuất hiện ở một số nhóm dự án, đặc biệt liên quan đến giải phóng mặt bằng, điều chỉnh quy hoạch, thẩm định thiết kế - dự toán và thủ tục môi trường. Năng lực một bộ phận chủ đầu tư và nhà thầu còn chưa đồng đều, chất lượng báo cáo chưa thật sự thống nhất, và hệ thống dữ liệu số phục vụ theo dõi tiến độ vẫn đang trong quá trình hoàn thiện. Những hạn chế này phản ánh yêu cầu tiếp tục nâng cao hiệu lực và hiệu quả GSĐGĐT để phù hợp với quy mô và tốc độ phát triển của tỉnh.

Trên cơ sở phân tích, nghiên cứu khẳng định rằng việc hoàn thiện hệ thống GSĐGĐT là điều kiện then chốt để bảo đảm tính minh bạch, kỷ cương và hiệu quả trong quản lý vốn nhà nước. Đây cũng là yếu tố quan trọng giúp Quảng Ninh duy trì vị thế là một trong những địa phương dẫn đầu cả nước về đổi mới quản trị, chuyển đổi số và chất lượng điều hành kinh tế - xã hội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chính phủ Việt Nam, "Nghị định số 29/2021/NĐ-CP về giám sát và đánh giá đầu tư," 2021.
- [2]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, "Thông tư số 05/2023/TT-BKHĐT quy định chế độ báo cáo trong giám sát và đánh giá đầu tư," 2023.
- [3]. International Monetary Fund (IMF), *Fiscal Transparency Handbook*, 3rd ed. Washington, DC: International Monetary Fund, 2021.
- [4]. OECD, *Public Investment Management Review*. Paris: OECD Publishing, 2019.
- [5]. A. Estache, "Public Investment and Infrastructure Performance," World Bank, Washington, DC, Policy Research Working Paper, 2020.
- [6]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Báo cáo giám sát - đánh giá đầu tư năm 2022," 2023.
- [7]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Báo cáo giám sát - đánh giá đầu tư năm 2023," 2024.
- [8]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Báo cáo giám sát - đánh giá đầu tư năm 2024," 2025.
- [9]. Sở Kế hoạch và Đầu tư Quảng Ninh, "Phụ biểu giám sát - đánh giá đầu tư năm 2023," 2024.
- [10]. C. Tengan and C. Aigbavboa, "Validating factors influencing monitoring and evaluation in the Ghanaian construction industry: Delphi study approach,"

International Journal of Construction Management, pp. 1-14, 2018, doi: 10.1080/15623599.2018.1512353.

[11]. S. Z. S. Tabish and K. N. Jha, "Identification and evaluation of success factors for public construction projects," *Construction Management and Economics*, vol. 29, no. 8, pp. 809-823, 2011, doi: 10.1080/01446193.2011.611152.

[12]. Nguyễn Lương Hải, "Sự ảnh hưởng của chức năng kiểm soát đến hiệu quả hoạt động quản lý nhà nước trong đầu tư xây dựng công trình giao thông đường bộ," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCN XD)-ĐHXDHN*, vol. 14, no. 2V, pp. 122-130, 2020, doi: 10.31814/stce.nuce.2020-14(2V)-11.

[13]. Nguyễn Quốc Toàn, "Giải pháp nâng cao trình độ chuyên môn cho nhân sự làm nhiệm vụ giám sát, đánh giá dự án đầu tư xây dựng sử dụng vốn nhà nước," *Tạp chí Xây dựng*, no. 11, pp. 101-109, 2022.

[14]. Châu Phụng Chi, "Quyền giám sát đầu tư của công dân trong đầu tư xây dựng kết cấu hạ tầng," *Tạp chí Pháp luật và Thực tiễn*, no. 55, 2023.

[15]. Cao Thị Thùy Như, "Công khai thông tin dự án PPP phục vụ hoạt động giám sát của cộng đồng - Bất cập và kiến nghị," *Tạp chí Công Thương*, pp. 32-38, 2020.

[16]. J. Musomba, P. Kerongo, J. Mutua, and J. Kilika, "Effectiveness of monitoring and evaluation of constituency development fund projects in Kenya," *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 29, pp. 1857-1881, 2015.

[17]. S. Waithera and D. Wanyoike, "Influence of stakeholder participation on performance of monitoring and evaluation of youth agribusiness projects," *International Journal of Economics, Commerce and Management*, vol. 3, no. 11, pp. 1114-1129, 2015.

[18]. M. Mulandi, "Performance of monitoring and evaluation systems in selected NGOs in Kenya," M.S. thesis, Univ. of Nairobi, Nairobi, Kenya, 2013.

[19]. C. Tengan, C. O. Aigbavboa, and A. E. Oke, "Evaluation of UFPA quality assessment criteria for monitoring and evaluation system in the Ghanaian construction industry," *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, vol. 10, no. 2, pp. 177-181, 2018.

[20]. T. Callistus and A. Clinton, "Evaluating barriers to effective implementation of project monitoring and evaluation in the Ghanaian construction industry," *Procedia Engineering*, vol. 164, pp. 389-394, 2016.

[21]. T. Callistus and A. Clinton, "The role of monitoring and evaluation in construction project management," in *International Conference on Intelligent Human Systems Integration*, Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 571-582.

[22]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, "Quyết định 80/2005/QĐ-TTg về giám sát đầu tư của cộng đồng," 2005.

[23]. OECD, *Government at a Glance 2021*. Paris: OECD Publishing, 2021.

[24]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Báo cáo giám sát - đánh giá tổng thể các chương trình mục tiêu quốc gia," 2023.

Các yếu tố an toàn phòng cháy chữa cháy ảnh hưởng đến lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh

Fire-safety factors influencing the selection of preliminary design options for the renovation of town houses used to reside and trade

> TS NGUYỄN HOÀI NGHĨA¹, HÀ THỊ HOÀI THU², PGS.TS LƯU TRƯỜNG VẤN^{3,*}

¹Khoa KT&QLXD, Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia TP.HCM; Email: nhnghia@hcmiu.edu.vn

²HVCH Ngành Quản lý xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

Email: hathithoaitu1969@gmail.com

³Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh; *Tác giả liên hệ; Email: van.luu@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo này nhằm nhận dạng và xếp hạng các yếu tố an toàn phòng cháy chữa cháy (PCCC) ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh tại TP.HCM. Dữ liệu được thu thập thông qua bảng câu hỏi và được phân tích bằng chỉ số RINI (Relative Influence Index). Năm yếu tố có ảnh hưởng mạnh nhất là: vật liệu dùng trong công trình, số lượng lối thoát nạn, cấu trúc thông gió và thoát khói, tách biệt các khu vực có nguy cơ cháy nổ cao, và sự có sẵn của các thiết bị chữa cháy cầm tay. Các kết quả của nghiên cứu này có thể được dùng làm cơ sở để giúp các bên liên quan phát triển các danh mục kiểm tra nhằm cải thiện việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh tại TP.HCM.

Từ khóa: Nhân tố an toàn PCCC, thể điểm cân bằng, chỉ số ảnh hưởng tương đối (RINI), nhà phố kết hợp ở và kinh doanh (NPKHO&KD), TP.HCM.

ABSTRACT

This paper aims to identify and rank fire-safety factors influencing the selection of preliminary design options for the renovation of town houses used to reside and trade. Data was collected through the questionnaire survey and then analyzed through RINI (Relative Influence Index). Five factors having the strongest influence are: construction materials, the number of exits, the structure of ventilation, insulating areas having high risks of fire, and availability of portable anti-fire equipment. The findings may be used as a baseline to develop proper checklists for improving the selection of preliminary design options for the renovation of town houses used to reside and trade in Ho Chi Minh City.

Keywords: Fire-safety factors, preliminary design options, RINI (Relative Influence Index), renovation of town houses used to reside and trade, Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại các đô thị lớn ở Việt Nam, nhà phố chiếm tỷ trọng đáng kể trong tổng số các công trình dân dụng, đóng vai trò chủ đạo trong cấu trúc không gian đô thị. TP.HCM cũng không ngoại lệ. Trong các công trình nhà phố kết hợp ở và kinh doanh, chủ đầu tư thường khai thác từ một đến ba tầng dưới làm không gian kinh doanh, trong khi các tầng trên được sử dụng cho sinh hoạt gia đình. Nhà phố kết hợp kinh doanh là một cấu trúc không gian đặc trưng tại nhiều đô thị châu Á. Nhà phố kết hợp ở và kinh doanh đã tồn tại từ rất lâu trong lịch sử phát triển đô thị của Việt Nam (VN). Tuy có nhiều lợi điểm, mô hình nhà phố kết hợp ở và kinh doanh vẫn đặt ra nhiều thách thức lớn về an toàn cháy nổ, bởi phần lớn loại hình nhà ở kết hợp kinh doanh vốn không được thiết kế ngay từ đầu để đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn phòng cháy, chữa cháy (PCCC) đối với loại hình nhà ở đa chức năng. Do đó, việc nhận dạng và xếp hạng các yếu tố

an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh đóng vai trò quan trọng trong nâng cao tính an toàn, bền vững cho không gian sống và kinh doanh trong đô thị hiện đại.

2. TỔNG QUAN

2.1. Nhà phố kết hợp ở và kinh doanh (NPKHO&KD)

Nhà phố là loại hình nhà ở xuất hiện rất sớm tại các đô thị Việt Nam từ cuối thế kỷ 18. Trong đó tiêu biểu là loại hình nhà ống - Tube Maison tại các khu vực 36 phố phường. Đó là loại hình nhà ở có kiến trúc một mặt tiền giáp với mặt đường và không gian sống kéo dài theo chiều sâu. Phần mặt tiền tiếp giáp trực tiếp với mặt đường chính là phần không gian bán hàng theo các phường - hội và phố nghề [1], và tạo thành mô hình nhà NPKHO&KD. Đặc trưng của mô hình này là sự tích hợp đồng thời chức năng ở và chức năng kinh

doanh trong cùng một công trình nhà ở riêng lẻ. Tại TP.HCM, theo điều tra dân số và nhà ở, năm 2020, thành phố có khoảng 1,92 triệu căn nhà, trong đó nhà ở riêng lẻ chiếm hơn 88% [2].

2.2. An toàn PCCC

Phòng cháy là tổng hợp các hoạt động, biện pháp và giải pháp nhằm hạn chế, loại trừ nguyên nhân, điều kiện và nguy cơ xảy ra cháy, qua đó bảo đảm an toàn và giảm thiểu thiệt hại do cháy gây ra [3]. Chữa cháy là tổng hợp các hoạt động chống cháy lan, dập tắt đám cháy và các biện pháp nhằm giảm thiểu thiệt hại do cháy gây ra [3]. An toàn PCCC là trạng thái trong đó công trình, hệ thống kỹ thuật, con người và các hoạt động bên trong công trình được bảo vệ bằng các giải pháp chủ động và thụ động khỏi các nguy cơ cháy nổ, nhằm phòng ngừa, phát hiện sớm, kiểm soát và dập tắt kịp thời đám cháy, đồng thời bảo đảm an toàn thoát nạn cho người và tài sản [4,5].

2.3. Thiết kế cải tạo

Thiết kế cải tạo công trình là quá trình lập thiết kế nhằm bảo đảm mục tiêu sử dụng mới, nâng cao chất lượng công trình hiện hữu, đồng thời tuân thủ các quy chuẩn kỹ thuật và yêu cầu pháp luật hiện hành. Thiết kế sơ bộ là thiết kế thể hiện những ý tưởng ban đầu về xây dựng công trình, lựa chọn sơ bộ dây chuyền công nghệ, thiết bị và tiên lượng dự toán, làm cơ sở xác định chủ trương đầu tư xây dựng công trình [6].

2.4. Các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD

Các nghiên cứu trong nước và nước ngoài trước đây đã chỉ ra những yếu tố liên quan đến an toàn PCCC trong nhà cao tầng và trong cải tạo nhà phố kết hợp ở và kinh doanh. Bảng 1 trình bày các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD, được tổng hợp từ các nghiên cứu trước đây có liên quan. Đa số các nghiên cứu đều nhấn mạnh sự cần thiết của việc kiến trúc sư và kỹ sư thiết kế PCCC phải phối hợp với nhau ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Căn cứ quy trình thực hiện của các nghiên cứu trước [7], nghiên cứu này được thực hiện theo 09 bước như sau:

• **Bước 1:** Thông qua việc bình duyệt các bài báo, luận văn, sách, v.v., các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương

án sơ bộ trong thiết kế các loại công trình dân dụng khác nhau đã được nhận dạng.

• **Bước 2:** Phỏng vấn chuyên gia để bổ sung và tinh lọc danh mục gồm 25 yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD (Bảng 1).

• **Bước 3:** Từ danh mục yếu tố đã nhận dạng ở Bước 2, bảng câu hỏi sơ bộ được thiết kế.

• **Bước 4:** Thực hiện khảo sát thử nghiệm với năm (05) chuyên gia về thiết kế và PCCC tại TP.HCM.

• **Bước 5:** Căn cứ kết quả khảo sát thử nghiệm, hiệu chỉnh bảng câu hỏi sơ bộ để hoàn thiện bảng câu hỏi chính thức.

• **Bước 6:** Phân phối 420 bảng câu hỏi chính thức cho những người làm việc trong lĩnh vực thiết kế cải tạo NPKHO&KD và các đối tượng liên quan khác tại TP.HCM.

• **Bước 7:** Thu về 158 bảng hỏi. Các bảng hỏi này được rà soát cẩn thận nhằm loại bỏ các bảng trả lời không hợp lệ. Sau khi loại 05 bảng hỏi không hợp lệ, còn lại 153 bảng hỏi được đưa vào phân tích.

• **Bước 8:** Xếp hạng các thuộc tính theo chỉ số RINI cho toàn bộ người tham gia, đồng thời phân tích theo 3 nhóm đối tượng: chủ đầu tư, tư vấn, nhà thầu và quản lý đô thị.

• **Bước 9:** Đưa ra các thảo luận và khuyến nghị nhằm cải thiện việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD tại TP.HCM.

Căn cứ quy trình thực hiện của các nghiên cứu trước có liên quan đến xếp hạng các nhân tố theo chỉ số Relative Importance Index (RII) [8,9], nghiên cứu này áp dụng Chỉ số ảnh hưởng tương đối (Relative Influence Index, viết tắt là RINI). RINI được phát triển dựa trên RII. Vì bảng hỏi yêu cầu người tham gia đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nhân tố, nên chỉ số này được đặt tên là Chỉ số ảnh hưởng tương đối.

$$RINI = \frac{\sum_{i=1}^5 W_i \cdot X_i}{A \cdot N}$$

Trong đó:

- RINI (Relative Influence Index) = Chỉ số ảnh hưởng tương đối
- W_i = Mức độ ảnh hưởng của yếu tố i được người trả lời đưa ra và nằm trong khoảng từ 1 đến 5
- X_i = tần suất phản hồi thứ i được đưa ra cho mỗi yếu tố
- A = Mức độ ảnh hưởng cao nhất (tức là 5 trong trường hợp này)

Bảng 1. Các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc chọn lựa phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD

TT	Yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc chọn lựa phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD	Mã hiệu	Nguồn
I	Quy chuẩn & đặc tính công trình		
1	Cấp nguy hiểm cháy, bậc chịu lửa và khả năng chịu lửa của kết cấu (tường, sàn, cửa ngăn cháy).	SC1	[15,18,19] [22,24,27]
2	Vật liệu chính của ngôi nhà (khả năng chống cháy, cách nhiệt).	SC2	[13,15] [22,25]
3	Chiều cao công trình, số tầng và diện tích sử dụng (cho khu kinh doanh, khu bếp, khu ở).	SC3	[22,23,27]
4	Giữ nguyên hoặc thay thế tạm thời các tường/sàn ngăn cháy để tránh cháy lan.	SC4	[4,18] [27,24]
5	Tách biệt các công năng có nguy cơ cháy nổ (bếp, kho nguyên liệu, nhiên liệu, vật liệu dễ cháy nổ).	SC5	[4,12,23]
II	LỐI THOÁT NẠN & TIẾP CẬN CỨU HỘ		
6	Tiếp cận thuận tiện với các phương tiện chữa cháy cầm tay (bình chữa cháy, tủ PCCC, họng nước, nút nhấn khẩn) và lối thoát nạn.	EX1	[4,15] [23,27]
7	Sự kết nối với mặt bằng công năng của lối thoát nạn (qui cách, số lượng, vị trí).	EX2	[15,17] [25,27]
8	Yêu cầu về bố trí đường/ lối thoát nạn không bị cản trở, dễ nhận biết, thuận lợi tiếp cận.	EX3	[4,22,25]
9	Yêu cầu bố trí đèn chiếu sáng sự cố và biển chỉ dẫn thoát nạn.	EX4	[12,14] [25,27]
10	Yêu cầu đảm bảo lực lượng cứu hỏa có thể dễ dàng tiếp cận.	EX5	[20, 22]
11	Yêu cầu bố trí thêm lối thoát hiểm thay thế (máng trượt, thang dây, thang thoát hiểm).	EX6	[16,22]
III	HỆ THỐNG PCCC & KỸ THUẬT LIÊN QUAN		
12	Bố trí hệ thống báo cháy tự động (đầu báo, chuông/còi, nút nhấn).	FT1	[14,27]

13	Hệ thống chữa cháy tự động (sprinkler) khi công trình có không gian và kinh phí phù hợp.	FT2	[19,27]
14	Hệ thống cấp nước chữa cháy và nguồn nước dự trữ cho PCCC.	FT3	[15,19,20]
15	Số lượng và vị trí của bình chữa cháy cầm tay, dụng cụ phá dỡ hay thiết bị chống khói.	FT4	[22,26]
16	An toàn hệ thống điện (nguồn ưu tiên PCCC, nguồn điện sinh hoạt, nguồn cho kinh doanh).	FT5	[22,23]
17	An toàn PCCC cho hệ thống khí đốt, kho nhiên liệu và thiết bị điện công suất lớn.	FT6	[4,22]
18	Bố trí khoang đệm, vách ngăn khói cho buồng thang bộ để thoát khói.	FT7	[4,22]
19	Thông gió/ thoát khói cục bộ cho bếp, khu vực sạc xe điện.	FT8	[20,22,28]
IV	QUẢN LÝ – TÀI CHÍNH		
20	Khảo sát hiện trạng, thu thập hồ sơ hoàn công và tài liệu vận hành công trình hiện hữu.	MC1	[5,22]
21	Phối hợp đa ngành (kiến trúc – kết cấu – cơ điện – PCCC – vận hành) ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ.	MC2	[17,20,22]
22	Ngân sách đầu tư làm mới – cải tạo – bảo trì cho hệ thống PCCC.	MC3	[14,20]
V	VẬN HÀNH		
23	Người sử dụng cần tham gia tập huấn kỹ năng sử dụng thiết bị gia dụng đúng tiêu chuẩn và an toàn PCCC.	OT1	[20,22,28]
24	Truyền thông, nâng cao ý thức cộng đồng về PCCC cho người sử dụng.	OT2	[15,20,24]
25	Đặt khu vực sạc xe điện trong nhà phố.	OT3	[20,28].

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả xếp hạng các yếu tố theo RINI

Hệ số Cronbach's Alpha (α) được dùng để kiểm tra sự phù hợp của thang đo. Hệ số này lớn hơn hoặc bằng 0,7 được xem là ngưỡng để chấp nhận thang đo là tin cậy [10]. Sau khi kiểm tra, hệ số Cronbach's Alpha của tất cả các yếu tố và của từng nhóm yếu tố đều lớn hơn 0,7. Do đó, thang đo trong bảng hỏi khảo sát là phù hợp.

Căn cứ vào dữ liệu của những người tham gia khảo sát, các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc chọn lựa phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD đã được xếp hạng theo RINI với

toàn bộ người tham gia. Ngoài ra để khám phá sự khác nhau về ý kiến đánh giá giữa các nhóm người khác biệt, các yếu tố cũng đã được xếp hạng theo 04 nhóm đối tượng: *chủ đầu tư* (bao gồm những người tham gia là chủ đầu tư và Ban Quản lý dự án); *tư vấn* (bao gồm những người tham gia là thiết kế xây dựng và thiết kế PCCC); *nhà thầu* (bao gồm những người tham gia là nhà thầu XD, cung cấp lắp đặt thiết bị PCCC và khác); *quản lý đô thị* (bao gồm những người tham gia đang làm việc cho các cơ quan quản lý nhà nước có liên quan như quản lý đô thị, cảnh sát PCCC, ...). Bảng 2 trình bày xếp hạng các yếu tố an toàn PCCC theo RINI giữa 04 nhóm đối tượng.

Bảng 2. Bảng xếp hạng các yếu tố an toàn PCCC theo RINI giữa các nhóm đối tượng

Tên yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc chọn lựa phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD	Mã hóa	153 mẫu KS		Chủ đầu tư (n=28)	Tư vấn (n=86)	Nhà Thầu (n=25)	Quản lý đô thị (n=14)
		RINI tổng	Xếp hạng tổng	Xếp hạng	Xếp hạng	Xếp hạng	Xếp hạng
Vật liệu sử dụng trong công trình	SC2	0.863	1	2	1	1	17
Số lối thoát nạn trong công trình	EX2	0.847	2	9	2	8	1
Cơ cấu thông gió, thoát khói trong công trình	FT8	0.844	3	8	5	7	7
Việc tách biệt các công năng có nguy cơ cháy nổ	SC5	0.842	4	1	6	2	23
Trang bị phương tiện chữa cháy cầm tay	EX1	0.839	5	10	4	6	12
Chiều cao công trình	SC3	0.829	6	11	3	11	20
Tường, sàn ngăn cháy	SC4	0.826	7	3	7	4	25
Không cản trở lối thoát nạn	EX3	0.824	8	7	11	5	4
Vách ngăn khói cho buồng thang bộ	FT7	0.816	9	15	8	17	6
Khả năng chịu lửa của kết cấu	SC1	0.813	10	6	13	3	22
Thêm lối thoát hiểm	EX6	0.810	11	12	15	9	13
Lực lượng cứu hỏa tiếp cận được	EX5	0.808	12	16	10	13	16
Khu vực sạc điện	OT3	0.805	13	5	17	10	19
Ngân sách cho cải tạo PCCC	MC3	0.803	14	18	14	19	9
Chữa cháy tự động Sprinkler	FT2	0.800	15	4	21	15	10
Phối hợp đa ngành	MC2	0.800	16	14	12	23	8
Đèn chiếu sáng sự cố	EX4	0.793	17	13	18	12	15
Khảo sát hiện trạng	MC1	0.790	18	25	9	18	18
Hệ thống khí đốt	FT6	0.788	19	21	20	20	3
Hệ thống báo cháy	FT1	0.786	20	17	19	21	2
Hệ thống cấp nước PCCC	FT3	0.786	21	19	16	22	14
An toàn hệ thống điện	FT5	0.783	22	20	22	14	5
Số lượng bình chữa cháy	FT4	0.769	23	24	23	16	11
Truyền thông ý thức PCCC	OT2	0.728	24	23	24	25	24
Tập huấn sử dụng thiết bị PCCC	OT1	0.718	25	22	25	24	21

Bảng 2 đã chỉ ra năm (05) yếu tố có mức độ ảnh hưởng mạnh nhất như sau: 1) Vật liệu sử dụng trong công trình (SC2, RINI = 0.863); 2) Số lượng lối thoát nạn trong công trình (EX2, RINI = 0.847); 3) Cơ cấu thông gió, thoát khói trong công trình (FT8, RINI = 0.844); 4) Việc tách biệt các công năng có nguy cơ cháy nổ (SC5, RINI = 0.842); 5) Trang bị phương tiện chữa cháy cầm tay (EX1, RINI = 0.839).

4.2. Thảo luận về kết quả xếp hạng các yếu tố theo RINI

Bảng 2 cho thấy những người tham gia là chủ đầu tư và Ban Quản lý dự án (QLDA) đánh giá cao các yếu tố như vật liệu, phân tách công năng và các giải pháp kiến trúc ngăn cháy, vì đây là những hạng mục ảnh hưởng trực tiếp đến không gian kinh doanh và chi phí cải tạo. Các yếu tố liên quan đến vận hành, bảo trì và huấn luyện sử dụng thiết bị PCCC lại được xếp hạng thấp. Thực tế trong bối cảnh đô thị Việt Nam, đặc biệt trong loại hình nhà phố kết hợp ở và kinh doanh, các chủ đầu tư thường chú trọng đến chi phí cải tạo, tính thẩm mỹ và khả năng tận dụng diện tích sử dụng hơn là đầu tư dài hạn cho các giải pháp PCCC. Ngoài ra, đa số chủ đầu tư là cá nhân hoặc hộ kinh doanh nhỏ, nên họ chưa có đầy đủ kiến thức về nguy cơ cháy nổ trong quá trình vận hành công trình. Vì thế, các giải pháp PCCC thường mang tính đối phó để đáp ứng quy định, chứ chưa thực sự hiệu quả trong thực tế sử dụng. Điều này cho thấy cần có chính sách hướng dẫn, hỗ trợ tài chính và tư vấn kỹ thuật cho hộ dân khi cải tạo nhà phố. Bên cạnh đó, cần có cơ chế khuyến khích tài chính và tư vấn miễn phí cho các chủ đầu tư nhỏ lẻ, đồng thời yêu cầu đánh giá rủi ro PCCC bắt buộc trước khi xin phép cải tạo, tương tự như quy định tại Anh quốc [11].

Các đơn vị tư vấn thiết kế ở Việt Nam chịu trách nhiệm chính trong lập hồ sơ thiết kế cơ sở và xin thẩm duyệt PCCC. Vì vậy, họ đánh giá cao các yếu tố như lối thoát nạn (EX2), tường ngăn cháy (SC4) và hệ thống PCCC chủ động (FT2, FT7). Những người làm việc trong lĩnh vực thiết kế cũng đánh giá không cao các yếu tố vận hành và đào tạo kỹ năng sử dụng phương tiện PCCC. Điều này có lẽ là vì vai trò của họ chấm dứt khi hồ sơ được phê duyệt. Kết quả này gợi ý rằng nội dung về thiết kế an toàn PCCC gắn với quá trình vận hành và quản lý tòa nhà nên được tích hợp mạnh mẽ hơn trong chương trình đào tạo kiến trúc sư và kỹ sư xây dựng. Điều này không chỉ giúp nâng cao chất lượng thiết kế mà còn góp phần hình thành tư duy toàn diện hơn về vòng đời công trình.

Bảng 2 cho thấy các nhà thầu đánh giá các yếu tố vật liệu, kết cấu, bố trí không gian (SC2, SC5, SC1, SC4) có ảnh hưởng mạnh. Điều này phản ánh sự quan tâm của các nhà thầu đến tính khả thi và an toàn trong thi công. Họ cũng đánh giá các yếu tố liên quan tập huấn sử dụng thiết bị PCCC (OT1), truyền thông an toàn PCCC (OT2) và kiểm tra định kỳ hệ thống kỹ thuật (FT1, FT6) có ảnh hưởng thấp. Điều này phù hợp với thực tế thi công công trình riêng lẻ tại VN. Các nhà thầu VN thường chú trọng đến tiến độ, chi phí và kỹ thuật thi công hơn là tuân thủ chi tiết các yêu cầu PCCC. Nhà thầu xây dựng công trình nhà phố tại VN thường không có bộ phận chuyên trách về PCCC và thiếu sự hướng dẫn thi công cụ thể từ tư vấn thiết kế an toàn PCCC.

Bảng 2 chỉ ra rằng những người làm việc cho các cơ quan nhà nước có liên quan như cảnh sát PCCC, nhân viên Phòng Quản lý đô thị hoặc Sở Xây dựng, đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố PCCC chủ động (FT1, FT2, FT6, FT7) là mạnh. Điều này đúng với chức năng thẩm duyệt, kiểm tra và cấp phép PCCC của họ. Họ cũng chú trọng đến lối thoát nạn và khả năng tiếp cận của lực lượng cứu hỏa (EX1, EX2, EX5) là các nội dung đã được quy định chi tiết trong QCVN 06:2022/BXD của Bộ Xây dựng và Nghị định 136/2020/NĐ-CP của Chính phủ. Do đó, các cơ quan nhà nước có liên quan đến PCCC và cấp giấy phép cải tạo NPKHO&KD nên tăng cường kiểm tra thực địa sau cải tạo.

4.3. Các khuyến nghị để cải thiện việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD

Các khuyến nghị sau đây được đề nghị dựa trên các yếu tố có ảnh hưởng mạnh để cải thiện việc lựa chọn phương án sơ bộ trong thiết kế cải tạo NPKHO&KD:

- Vật liệu sử dụng trong công trình (SC2) có ảnh hưởng mạnh nhất. Vì vậy, khuyến nghị đầu tiên sẽ xuất phát từ kết quả này. Thật vậy, các quy định về vật liệu và cấu kiện chịu lửa đã được nêu rõ tại QCVN 06:2022/BXD của Bộ xây dựng và các tiêu chuẩn liên quan (TCVN 2622:1995, TCVN 9311, TCVN 7435), tuy nhiên việc áp dụng thực tế còn hạn chế. Các công trình cải tạo nhà ở để một phần kinh doanh thường sử dụng vật liệu hoàn thiện dễ cháy như gỗ, composite, xốp cách nhiệt, tấm Alu, đây là những vật liệu được sử dụng phổ biến do dễ lắp đặt, tháo dỡ và đáp ứng được hiệu quả trang trí. Vì vậy, cần tăng cường đưa yếu tố vật liệu chịu lửa hiệu quả vào ngay từ khâu thiết kế sơ bộ đặc biệt là đối với công trình dân dụng và công trình kết hợp ở - kinh doanh.

- Yếu tố "Số lượng lối thoát nạn trong công trình (EX2)" có ảnh hưởng mạnh thứ hai. Vì vậy, các phương án thiết kế sơ bộ mà đảm bảo số lượng lối thoát nạn phù hợp theo quy chuẩn và tiêu chuẩn nên được ưu tiên chọn lựa. Điều này đôi khi nói dễ nhưng khó làm bởi vì lý do chi phí cao.

- Khuyến nghị thứ 3 liên quan đến "*Cơ cấu thông gió, thoát khói trong công trình (FT8)*". Một danh mục kiểm tra mà bao gồm các cơ cấu thông gió và thoát khói trong công trình nên được thiết kế nhằm giúp các bên liên quan có thể ưu tiên việc chọn lựa cho các thiết kế sơ bộ mà đảm bảo các yếu tố này.

- Các thiết kế sơ bộ mà ưu tiên việc tách biệt các công năng có nguy cơ cháy nổ nên được ưu tiên khi chọn lựa thiết kế sơ bộ cho cải tạo NPKHO&KD.

- Phương tiện chữa cháy cầm tay (EX1) có ảnh hưởng mạnh thứ năm. Vì vậy khuyến nghị thứ hai xuất phát từ kết quả này. Thật vậy, việc có sẵn bình chữa cháy và người biết sử dụng đúng cách có thể giảm thiểu đáng kể thiệt hại, ngăn cháy lan trước khi lực lượng chuyên nghiệp đến hiện trường. Do đó, cần phải ràng buộc ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ về phương tiện chữa cháy cầm tay (Greater London Authority, 2022).

- Các thiết kế sơ bộ mà có giải pháp kỹ thuật vách ngăn khói cho buồng thang bộ (FT7) nên được ưu tiên chọn lựa. Các vách ngăn cháy thụ động này đóng vai trò lớn trong bảo vệ lối thoát nạn. Do đó, tư vấn thiết kế cần tích hợp giải pháp vách ngăn khói ngay từ phương án sơ bộ, đảm bảo vật liệu và cấu tạo đạt chuẩn chịu lửa, ngăn chặn khói và nhiệt thâm nhập vào đường thoát nạn chính.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả phân tích nhân tố khám phá (EFA), năm (05) nhóm nhân tố chính liên quan đến an toàn PCCC chi phối việc lựa chọn phương án thiết kế ở giai đoạn sơ bộ khi cải tạo NPKHO&KD gồm: (1) hạ tầng kỹ thuật PCCC; (2) cấu trúc và vật liệu công trình; (3) quản lý tích hợp đa ngành bảo đảm an toàn PCCC; (4) không gian - kỹ thuật bảo đảm an toàn PCCC; và (5) ứng phó khẩn cấp và hỗ trợ thoát nạn. Ngoài ra, căn cứ vào chỉ số RINI, ba yếu tố có mức độ ảnh hưởng mạnh nhất được xác định là: (1) vật liệu sử dụng trong công trình; (2) số lượng lối thoát nạn; và (3) mức độ tách biệt các công năng có nguy cơ cháy nổ. Do đó, các yếu tố này cần được xem như những yêu cầu tiên quyết của giai đoạn thiết kế sơ bộ, nhằm giảm thiểu các điều chỉnh hoặc thay đổi phương án ở các bước thiết kế tiếp theo. Cách tiếp cận này giúp tăng khả năng thông qua thẩm duyệt và nâng cao hiệu quả an toàn tổng thể cho công trình. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy việc áp dụng các công cụ khảo sát và phương pháp lượng hóa (như EFA và RINI) mang lại giá trị thiết thực, hỗ trợ quá trình ra quyết định

lựa chọn phương án thiết kế sơ bộ trong cải tạo NPKHO&KD một cách khách quan, khoa học và hiệu quả hơn.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm nhận dạng các yếu tố an toàn PCCC ảnh hưởng đến việc lựa chọn phương án thiết kế ở giai đoạn sơ bộ khi cải tạo NPKHO&KD. TP.HCM là một trong những đô thị có mật độ nhà phố cao cùng hệ thống hẻm dày đặc; các đặc điểm này tác động đáng kể đến cách đánh giá và ưu tiên các yếu tố an toàn PCCC của những người tham gia khảo sát. Do đó, các kết luận của nghiên cứu chủ yếu phù hợp với bối cảnh TP.HCM. Để có thể mở rộng phạm vi áp dụng sang các đô thị khác tại VN, cần tiến hành khảo sát bổ sung nhằm có cơ sở điều chỉnh và hiệu chỉnh các kết luận cho phù hợp với điều kiện địa phương. Bên cạnh đó, nghiên cứu hiện chưa xem xét yếu tố chi phí và hiệu quả tài chính của từng phương án thiết kế sơ bộ. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng theo các hướng: khảo sát ở nhiều tỉnh/thành khác, tăng quy mô và tính đa dạng của mẫu khảo sát, đồng thời cân nhắc bổ sung phân tích chi phí – lợi ích cho từng phương án sơ bộ nhằm hỗ trợ ra quyết định toàn diện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trịnh, T. D. (2018, ngày 26 tháng 9). Shophouse - Xu hướng kiến trúc nhà phố mới hiện nay. *kientrucvietnam.org.vn*. <https://kientrucvietnam.org.vn/shophouse-xu-huong-kien-truc-nha-pho-moi-hien-nay/>
- [2]. Thành ủy TP.HCM. (2021, ngày 4 tháng 11). Vấn đề nhà ở và diện tích nhà ở. *hcmcpv.org.vn*. <https://www.hcmcpv.org.vn/tin-tuc/van-de-nha-o-va-dien-tich-nha-o-1491886756>.
- [3]. Quốc hội. (2024, ngày 29 tháng 11). Luật số 55/2024/QH15 - Luật Phòng cháy, chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ.
- [4]. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2022). TCVN 13456:2022 - Phòng cháy chữa cháy - phương tiện chiếu sáng sự cố và chỉ dẫn thoát nạn - yêu cầu thiết kế, lắp đặt. Hà Nội.
- [5]. Health and Safety Executive. (2022, July). Fire safety in construction. (HSG168, 3rd ed.). HSE Books. <https://books.hse.gov.uk/product/9780717667246>.
- [6]. Quốc hội. (2014, ngày 18 tháng 6). Luật số 50/2014/QH13 - Luật Xây dựng.
- [7]. Dinh, D., Ho, B., & Luu, V. (2025). Critical factors affecting the project management processes of construction projects in Vietnam from different viewpoints of stakeholders. In C. Le, N. Fantuzzi, R. Capozucca, & Q. Vu (Eds.), 4th International Conference on Structural Health Monitoring and Engineering Structures (SHM&ES 2025) (Vol. 747, pp. 1-8). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-04645-1_71.
- [8]. Memon, A. H., Rahman, I. A., & Azis, A. A. (2012). Time and cost performance in construction projects in southern and central regions of peninsular Malaysia. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 1(1), 45-52. <https://doi.org/10.11591/ijaas.v1.i1.pp45-52>.
- [9]. Ramanathan, C., Narayanan, S. P., & Idrus, A. B. (2012). Construction delays causing risks on time and cost - a critical review. *Construction Economics and Building*, 12(1), 37-57. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i1.2330>.
- [10]. Hair, J., Sarstedt, M., & Hopkins, L. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review*.
- [11]. Greater London Authority. (2022). London Plan Guidance: Fire safety. City Hall, Kamal Chunchie Way, London E16 1ZE: Greater London Authority. <https://www.london.gov.uk/>.
- [12]. Hamida et al. (2019). Fire safety in the built-environment: a case study in a residential facility. *Architecture Civil Engineering Environment - August 2019*, <https://doi.org/10.21307/ACEE-2019-020>
- [13]. Al-Waked. (2021). Natural ventilation of residential building Atrium under fire scenario. *Elsevier-Case Studies in Thermal Engineering*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101041>.
- [14]. Ahmed et al. (2021). An Exploratory Study on Fire Safety in High-Rise Buildings with Mixed Occupancy in Urban Areas: Case of Sylhet City, Bangladesh. *Architecture Research* 2021, 11(1): 11-21 <https://doi.org/10.5923/j.arch.20211101.02>.
- [15]. Hu et al. (2022). Fire Risk Assessments of Informal Settlements Based on Fire Risk Index and Bayesian Network. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 15689. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315689>
- [16]. Jang. (2024, September 2). Exploring the Shophouse, an Architectural Style Akin to the Quality of Urban Life. *Livingasean.com*. <https://livingasean.com/culture/dr-hyunju-jang-shophouse-an-architectural-style-akin-to-the-quality-of-urban-life/>
- [17]. Lee-Wong, S. (2025, April 10). Forum: Time for thorough review of fire safety in buildings like older shophouses. *Straitstimes.com*. <https://www.straitstimes.com/opinion/forum-time-for-thorough-review-of-fire-safety-in-buildings-like-older-shophouses>.
- [18]. Barua et al. (2024). Integration of Proactive Building Fire Risk Management in the Building Construction Sector: A Conceptual Framework to Understand the Existing Condition. *Buildings* 2024, 14, 3372. <https://doi.org/10.3390/buildings14113372>
- [19]. Neto et al. (2020). Assessing and mitigating vulnerability and fire risk in historic centres: A cost-benefit analysis. *Journal of Cultural Heritage* (2020), <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.04.003>.
- [20]. Nguyễn, D. T., Nguyễn, T. M., & Trần, Q. C. T. (2023). Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến PCCC trong xây dựng cao ốc văn phòng ở Tp.HCM. *Tạp chí Xây dựng*, 66-69.
- [21]. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2021). TCVN 5738:2021: PCCC - Hệ thống báo cháy tự động - Yêu cầu kỹ thuật. Hà Nội.
- [22]. Bộ Xây dựng. (2022). QCVN 06:2022/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình. Hà Nội.
- [23]. Đinh, T. P. L., Phạm, M. C., Lê, T. H., Nguyễn, V. S., & Nguyễn, T. T. (2023). Nghiên cứu áp dụng QCVN 06:2021/BXD trong thiết kế hệ thống hút khói cho tòa nhà cao tầng ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDH*, 17(3V), 174-182. [https://doi.org/10.31814/stce.huice2023-17\(3V\)-14](https://doi.org/10.31814/stce.huice2023-17(3V)-14)
- [24]. Raposo et al. (2025). Fire in house: investigation of the outbreak and spread of the fire in a countryside house. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Forensic Engineering* 178(1-2): 1-7, <https://doi.org/10.1680/jfoen.24.00007>.
- [25]. Doãn, M. K. (2012). An toàn phòng cháy chữa cháy trong nhà cao tầng ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng*, 12, 13-18
- [26]. Trần, Đ. Q., Trần, H. N., & Lê, T. C. (2024). Thực trạng và giải pháp nâng cao hiệu quả công tác phòng cháy chữa cháy tại Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ QUI* (2). 109-121.
- [27]. Fan et al. (2023). Analysis of fire protection design strategies for commercial renovation of villagers' self-built houses. *Series: Earth and Environmental Science* 1372 (2024) 012079, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1372/1/012079>.
- [28]. Waring, S., Fielding, J., & Thomas, M. (2024). Examining the effectiveness and economic benefits of home fire safety visits. *Journal of Risk Research*, 27(11), 1341-1357. <https://doi.org/10.1080/13669877.2024.2447261>.

Mối quan hệ ESG - Rủi ro - Hiệu quả: Bằng chứng từ ngành Xây dựng Việt Nam

ESG-Risk-Performance Nexus: Evidence from Vietnam's Construction industry

> **DIỆP TRƯƠNG MINH TRIỆU***, **LÊ TRUNG THÀNH**

Trường Đại học Thủy lợi

*Corresponding author, Email: trieutdm@tlus.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh ngành Xây dựng Việt Nam chuyển đổi theo định hướng phát thải ròng bằng không (Net Zero 2050), việc tích hợp các tiêu chí Môi trường - Xã hội - Quản trị (ESG) vào chiến lược doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng trở nên cấp thiết. Nghiên cứu này phân tích tác động của các thực hành ESG đến hiệu quả phát triển bền vững thông qua hai biến trung gian: phơi nhiễm rủi ro ESG và hiệu quả quản trị rủi ro ESG. Dữ liệu được thu thập từ 200 phiếu khảo sát hợp lệ (188 doanh nghiệp và 12 chuyên gia) và được xử lý bằng mô hình cấu trúc tuyến tính PLS-SEM với 24 biến quan sát thuộc sáu nhóm yếu tố (E, S, G, RE, ME, SP). Kết quả cho thấy các yếu tố ESG tác động tiêu cực có ý nghĩa đến mức độ phơi nhiễm rủi ro ($E = -0.344$; $S = -0.241$; $G = -0.365$; $p < 0.001$), trong khi phơi nhiễm rủi ro ảnh hưởng ngược chiều đến hiệu quả quản trị ($\beta = -0.699$), và hiệu quả quản trị lại tác động tích cực mạnh mẽ đến hiệu quả phát triển bền vững ($\beta = 0.733$). Nghiên cứu khẳng định cơ chế trung gian kép của rủi ro và quản trị, đồng thời đề xuất khung quản trị rủi ro ESG phù hợp cho doanh nghiệp xây dựng Việt Nam hướng tới phát triển bền vững thực chất.

Từ khóa: ESG, quản trị rủi ro, phát triển bền vững, xây dựng, Net-Zero 2050.

ABSTRACT

In the context of Vietnam's construction industry transitioning toward the Net Zero 2050 target, the integration of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria into corporate strategies has become increasingly imperative. This study examines the impact of ESG practices on sustainable performance (SP) through two mediating constructs: ESG risk exposure (RE) and management effectiveness (ME). Data were collected from 200 valid responses (188 firms and 12 experts) and analyzed using the Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) approach, with 24 observed indicators grouped into six latent constructs (E, S, G, RE, ME, SP). The results reveal that all ESG dimensions exert significant negative effects on risk exposure ($E = -0.344$; $S = -0.241$; $G = -0.365$; $p < 0.001$), while risk exposure negatively influences management effectiveness ($\beta = -0.699$), and management effectiveness positively and strongly enhances sustainable performance ($\beta = 0.733$). The findings confirm a dual mediation mechanism of risk and management, and propose a tailored ESG risk management framework for Vietnamese construction enterprises aiming toward substantive sustainable development.

Keywords: ESG, risk management, sustainable performance, construction industry, Net-Zero 2050.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu tiếp tục đặt ra những thách thức đáng kể đối với phát triển bền vững, trong đó giảm phát thải khí nhà kính (GHG) và hướng tới Net Zero được nhiều quốc gia ưu tiên trong chiến lược phát triển (Abbass et al., 2022). Ngành Xây dựng, vốn đóng góp quan trọng cho tăng trưởng kinh tế, đồng thời là nguồn phát thải lớn nhất khi chiếm khoảng 37% CO₂ và hơn 36% tiêu thụ năng lượng toàn cầu (UNEP, 2023). Tại nhiều nền kinh tế mới nổi, lượng phát thải của ngành vẫn gia tăng giai đoạn 2016-2025 do hạn chế trong quản lý vòng đời công trình (Gu et al., 2026). Theo World Green Building Council (2019), các tiếp cận xây dựng carbon thấp có thể tạo điều kiện thúc đẩy đổi mới và tăng năng suất.

Ở Việt Nam, ngành Xây dựng chiếm 7-9% GDP nhưng tiêu thụ khoảng 39% năng lượng và phát thải 38% lượng carbon quốc gia.

Sau cam kết Net Zero tại COP26, nhiều chính sách liên quan đến tăng trưởng xanh và giảm phát thải được ban hành, gồm Quyết định 882/QĐ-TTg (2022) của Thủ tướng Chính phủ, Nghị định 06/2022/NĐ-CP của Chính phủ và Quyết định 385/QĐ-BXD (2022) của Bộ Xây dựng. Các Nghị quyết 57, 59 và 68 cùng bộ tiêu chí ESG chuyên ngành tiếp tục khuyến khích doanh nghiệp xây dựng tích hợp ESG vào chiến lược vận hành (Shen et al., 2023).

Trong bối cảnh này, ESG được ghi nhận như một khung quản trị phản ánh cách doanh nghiệp tiếp cận các vấn đề môi trường, xã hội và quản trị (Yoo et al., 2021). Dựa trên lý thuyết các bên liên quan, nhiều nghiên cứu quốc tế chỉ ra rằng ESG có thể liên hệ với mức độ rủi ro và hiệu quả dài hạn của doanh nghiệp (Chaabouni et al., 2025; Leong et al., 2024; Sharma, 2019). Theo Friede et al. (2015), thông qua phân tích meta hơn 2.000 nghiên cứu, chỉ ra rằng đa số bằng

chứng thực nghiệm ủng hộ mối quan hệ tích cực giữa ESG và hiệu quả tài chính, nhất là khi có sự tham gia của quản trị rủi ro. Tuy vậy, nghiên cứu trong ngành xây dựng còn hạn chế trong việc xem xét các cơ chế trung gian giữa ESG - rủi ro - quản trị - bền vững, nhất là bối cảnh rủi ro cao và chuỗi cung ứng phức tạp (S. Chen et al., 2023; Duan et al., 2023; Kinnunen et al., 2022).

Theo COSO-ERM (2017), quản trị rủi ro được xem như một cầu phần kết nối giữa hoạt động ESG và kết quả phát triển bền vững (World Economic Forum, 2020; Bộ Khoa học và Công nghệ, 2018). Tuy nhiên, các thang đo phơi nhiễm rủi ro (RE) và hiệu quả quản trị (ME) trong ngành xây dựng vẫn chưa được chuẩn hóa (Duong Thi Binh An et al., 2023). Một số nghiên cứu tiếp cận ESG dưới góc nhìn năng lực động (Dynamic Capability) (Liang et al., 2022), song bằng chứng định lượng còn tương đối hạn chế. Những nghiên cứu tài chính doanh nghiệp cũng cho thấy ESG có thể liên hệ với giảm rủi ro và tăng ổn định hoạt động (F. Chen et al., 2024; D'Ecclesia et al., 2025; Hoepner, 2013), nhưng các bằng chứng tại nền kinh tế mới nổi như Việt Nam vẫn còn ít, đặc biệt trong lĩnh vực xây dựng.

Từ khoảng trống này, nghiên cứu đề xuất mô hình tích hợp ESG → RE → ME → SP nhằm phân tích tác động của các trụ cột ESG đến phơi nhiễm rủi ro, vai trò trung gian của RE và ME, cũng như mối liên hệ đến hiệu quả phát triển bền vững. Nghiên cứu đồng thời kiểm định cơ chế trung gian kép bằng dữ liệu PLS-SEM, góp phần mở rộng ứng dụng COSO-ERM và Triple Bottom Line (TBL) trong bối cảnh ngành xây dựng tại nền kinh tế mới nổi, đồng thời đề xuất định hướng quản trị rủi ro ESG phù hợp cho tiến trình Net Zero 2050.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, CÁC KHÁI NIỆM, GIẢ THUYẾT VÀ MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu dựa trên hai khung lý thuyết chính: COSO-ERM và Triple Bottom Line (TBL). Theo Anderson (2017) và COSO (2017), quản trị rủi ro doanh nghiệp là quá trình tích hợp nhằm nhận diện và kiểm soát rủi ro, trong đó năng lực quản trị rủi ro được xem như yếu tố kết nối giữa vận hành và phát triển bền vững. TBL mở rộng đánh giá hiệu quả doanh nghiệp sang ba trụ cột Profit–People–Planet, nhấn mạnh tính cân bằng kinh tế, xã hội và môi trường (Sitnikov, 2013).

Sự kết hợp hai khung lý thuyết cho phép xem ESG như cơ chế quản trị rủi ro tích hợp, có khả năng giảm phơi nhiễm rủi ro và hỗ trợ năng lực quản trị hướng đến bền vững. Các nghiên cứu gần đây chỉ ra mối liên hệ này trong bối cảnh biến động toàn cầu (Feng & Mohd Saleh, 2024; Peliu, 2024), đặc biệt phù hợp với ngành xây dựng vốn đặc trưng bởi rủi ro hệ thống cao.

2.2. Các khái niệm

2.2.1. Khái niệm về ESG (Môi trường, Xã hội và Quản trị)

ESG được hiểu là khung đánh giá các yếu tố phi tài chính có thể tác động đến hiệu quả và tính bền vững của doanh nghiệp, yêu cầu tổ chức xem xét đồng thời trách nhiệm môi trường, xã hội và quản trị trong quá trình ra quyết định (Koh et al., 2022; Nhan, 2025). Ba trụ cột của ESG định hướng hoạt động theo nguyên tắc trách nhiệm và bền vững. Nhiều nghiên cứu cho thấy thực hành ESG có liên hệ với cải thiện quản trị, tuân thủ quy định, khả năng thu hút nguồn nhân lực, tiếp cận tài chính xanh và gia tăng giá trị doanh nghiệp (Hasan et al., 2024; Moon et al., 2023; Nhan, 2025).

2.2.2. Khái niệm về Phơi nhiễm rủi ro (Risk Exposure)

Phơi nhiễm rủi ro (RE) phản ánh mức độ doanh nghiệp có thể bị ảnh hưởng bởi các sự kiện tiềm ẩn tác động đến mục tiêu chiến lược (Anderson, 2017; COSO, 2017). RE thường được lượng hóa qua xác suất và mức độ ảnh hưởng của rủi ro (Qazi et al., 2021), đóng vai trò cơ sở để ưu tiên rủi ro trong quản lý dự án (Kovačević et al., 2020).

Cách tiếp cận “tổng mức phơi nhiễm” còn xem xét cả tác động trực tiếp và gián tiếp giữa các rủi ro trong chuỗi giá trị xây dựng (Zhu et al., 2022). Theo đó, RE được hiểu như thước đo tổng hợp phản ánh mức độ tổn thất kỳ vọng trong bối cảnh quản trị rủi ro ESG.

2.2.3. Khái niệm về Hiệu quả quản trị (Management Effectiveness)

Hiệu quả quản trị (ME) phản ánh mức độ doanh nghiệp đạt được mục tiêu thông qua sử dụng nguồn lực và ra quyết định phù hợp (Drucker, 2012; Steers, 1975). ME được xem là thước đo đa chiều, gắn với hiệu quả tài chính-vận hành-quản trị (Venkatraman & Ramanujam, 1986) và khả năng tuân thủ chuẩn mực quản trị hiện đại, thúc đẩy hiệu suất bền vững (Feng & Mohd Saleh, 2024). Tiếp cận năng lực động cho rằng ME thể hiện khả năng học hỏi và thích ứng (Liang et al., 2022), đồng thời đóng vai trò liên kết giữa quản trị rủi ro và phát triển bền vững trong bối cảnh ESG (Nghe, 2018).

2.2.4. Khái niệm về Hiệu quả phát triển bền vững (Sustainable Performance)

Hiệu quả phát triển bền vững (SP) được hiểu là khả năng doanh nghiệp tạo ra giá trị kinh tế, xã hội và môi trường một cách hài hòa theo mô hình Triple Bottom Line (Elkington, 1994), phản ánh mức độ giảm tác động môi trường và nâng cao phúc lợi xã hội (Nicolăescu et al., 2015) thông qua thực hành bền vững, đổi mới công nghệ và quản trị rủi ro trong ngành xây dựng (Afzal & Lim, 2022; Diaz Caselles & Guevara, 2024), cũng như năng lực tích hợp ESG và đổi mới tổ chức để duy trì cạnh tranh bền vững (Kinnunen et al., 2022).

2.3. Giả thuyết nghiên cứu

Dựa trên khung lý thuyết Enterprise Risk Management (COSO-ERM) và Triple Bottom Line, nghiên cứu này đề xuất mô hình tích hợp nhằm giải thích mối quan hệ giữa các yếu tố ESG tác động đến hiệu quả phát triển bền vững (Sustainable Performance - SP) thông qua hai cơ chế trung gian: phơi nhiễm rủi ro (RE) và hiệu quả quản trị (ME). Theo khung này, ESG đóng vai trò nền tảng trong việc giảm thiểu rủi ro, nâng cao năng lực quản trị và thúc đẩy phát triển bền vững của doanh nghiệp xây dựng trong bối cảnh hướng tới Net-Zero 2050.

2.3.1. Tác động của ESG đến Phơi nhiễm rủi ro

Theo COSO (2017), các hoạt động quản trị rủi ro hiệu quả cần được tích hợp trong chiến lược tổng thể của tổ chức, trong đó ESG giữ vai trò then chốt trong việc giảm thiểu rủi ro vận hành, pháp lý và danh tiếng (S. Chen et al., 2023; Duan et al., 2023). Nghiên cứu của S. Chen et al. (2023) và D'Ecclesia et al. (2025) chỉ ra rằng việc thực hành ESG hiệu quả có thể giảm mức độ phơi nhiễm rủi ro kinh doanh thông qua việc tăng cường minh bạch, kiểm soát nội bộ và tuân thủ quản trị. Cụ thể, trụ Môi trường (E) giúp hạn chế rủi ro pháp lý, công nghệ và hoạt động liên quan đến phát thải, sử dụng năng lượng và tài nguyên (F. Chen et al., 2024; Duan et al., 2023). Trụ Xã hội (S) góp phần giảm rủi ro uy tín và nhân sự thông qua các chính sách về an toàn lao động, bình đẳng và quan hệ cộng đồng tích cực (Hasan et al., 2024; Moon et al., 2023). Trong khi đó, trụ Quản trị (G) củng cố hệ thống kiểm soát nội bộ, tăng tính minh bạch và giảm rủi ro gian lận (Chaabouni et al., 2025; Soares & Pereira, 2022).

Trong ngành Xây dựng - lĩnh vực có đặc thù rủi ro hệ thống cao và chuỗi cung ứng phức tạp - việc triển khai ESG hiệu quả được xem là công cụ quản trị rủi ro trọng yếu, giúp doanh nghiệp giảm phơi nhiễm rủi ro trong toàn bộ vòng đời dự án (Bezerra et al., 2024; Duong Thi Binh An et al., 2023).

Do đó, nhóm tác giả đề xuất lần lượt các giả thuyết:

H1a: Thực hành Môi trường (E) tác động tiêu cực đến Phơi nhiễm rủi ro (RE).

H1b: Thực hành Xã hội (S) tác động tiêu cực đến Phơi nhiễm rủi ro (RE).

H1c: Thực hành Quản trị (G) tác động tiêu cực đến Phơi nhiễm rủi ro (RE).

2.3.2. Tác động của Phơi nhiễm rủi ro (RE) đến Hiệu quả quản trị (ME)

Phơi nhiễm rủi ro (RE) thể hiện mức độ doanh nghiệp chịu tác động từ các sự kiện bất định có khả năng ảnh hưởng đến việc đạt mục tiêu chiến lược (Anderson, 2017; Kovačević et al., 2020). Theo khung COSO-ERM (COSO, 2017), kiểm soát rủi ro hiệu quả giúp nhà quản trị ra quyết định chính xác hơn, tối ưu nguồn lực và duy trì ổn định vận hành. Các nghiên cứu gần đây nhấn mạnh rằng năng lực quản trị rủi ro là nền tảng của hiệu quả quản trị tổ chức; doanh nghiệp càng kiểm soát tốt rủi ro, hiệu suất điều hành và khả năng đổi mới càng được nâng cao (Feng & Mohd Saleh, 2024; Liang et al., 2022). Ngược lại, mức phơi nhiễm rủi ro cao thường dẫn đến chi phí giám sát lớn, ra quyết định kém hiệu quả và giảm năng lực quản trị.

Vì lý do trên, nhóm tác giả đề xuất giả thuyết:

H2: Phơi nhiễm rủi ro (RE) tác động ngược chiều đến Hiệu quả quản trị (ME).

2.3.3. Tác động của Hiệu quả quản trị (ME) đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP)

Theo lý thuyết Triple Bottom Line (Elkington, 1994), hiệu quả quản trị (ME) là yếu tố then chốt giúp doanh nghiệp đạt được sự cân bằng giữa ba trụ cột kinh tế, xã hội và môi trường. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy năng lực quản trị cao góp phần nâng cao hiệu quả phát triển bền vững (SP) thông qua tối ưu hóa nguồn lực, tuân thủ quy định và tạo giá trị cho các bên liên quan (Kinnunen et al., 2022; Nicolăescu et al., 2015). Trong bối cảnh ngành xây dựng, năng lực quản trị hiệu quả còn thúc đẩy đổi mới công nghệ và cải tiến quy trình, từ đó củng cố kết quả bền vững dài hạn (Diaz Caselles & Guevara, 2024)..

Từ đó, nhóm tác giả đề xuất giả thuyết:

H3: Hiệu quả quản trị (ME) tác động tích cực đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP).

2.3.4. Cơ chế trung gian kép giữa ESG và Hiệu quả phát triển bền vững (SP)

Các nghiên cứu gần đây cho rằng tác động của ESG đến hiệu quả phát triển bền vững (SP) không diễn ra trực tiếp mà chủ yếu thông qua hai cơ chế trung gian: phơi nhiễm rủi ro (RE) và hiệu quả quản trị (ME) (Duong Thi Binh An et al., 2023; Shen et al., 2023). Cụ thể, việc thực hành ESG giúp doanh nghiệp giảm thiểu rủi ro hoạt động và nâng cao năng lực quản trị, từ đó cải thiện kết quả phát triển bền vững (Feng & Mohd Saleh, 2024; Liang et al., 2022). Trong ngành Xây dựng - lĩnh vực chịu nhiều biến động về môi trường, xã hội và kinh tế - ESG không chỉ là công cụ tuân thủ mà còn là năng lực chiến lược giúp doanh nghiệp kiểm soát rủi ro, tối ưu vận hành và tạo lợi thế cạnh tranh bền vững.

Với lập luận trên, nhóm tác giả đề xuất lần lượt các giả thuyết:

H4a-c: Các thực hành ESG (E, S, G) tác động gián tiếp đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP) thông qua hai biến trung gian: phơi nhiễm rủi ro (RE) và hiệu quả quản trị (ME).

2.4. Mô hình nghiên cứu

Từ những giả thuyết nghiên cứu trên, nhóm tác giả đã đưa ra đề xuất về mô hình nghiên cứu sau:



Hình 1. Mô hình nghiên cứu đề xuất. Nguồn: Tổng hợp và đề xuất của nhóm tác giả

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Mẫu nghiên cứu và thu thập dữ liệu

Nghiên cứu tập trung vào các doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam, nhóm chịu ảnh hưởng trực tiếp của quá trình chuyển đổi xanh và yêu cầu quản trị ESG. Dữ liệu được thu thập thông qua bảng hỏi khảo sát trực tuyến và trực tiếp trong giai đoạn hai tháng. Tổng cộng thu được 200 phản hồi, trong đó 188 từ doanh nghiệp xây dựng (94%) và 12 từ chuyên gia (6%); sau khi loại bỏ các phản hồi không hợp lệ, toàn bộ 200 phiếu đủ tiêu chuẩn được sử dụng cho phân tích. Việc lựa chọn được thực hiện dựa trên chuyên môn và tính đại diện, đảm bảo đạt đến điểm bão hòa dữ liệu (saturation point) khi không còn ý kiến mới đáng kể (Guest, Bunce, & Johnson, 2006).

Cỡ mẫu được xác định theo nguyên tắc năm lần số biến quan sát (Hoang & Chu, 2008). Với 24 biến trong mô hình, cỡ mẫu tối thiểu cần 120; do đó, 200 phản hồi hợp lệ đảm bảo độ tin cậy thống kê và khả năng khái quát hóa kết quả. Dữ liệu được xử lý và kiểm định bằng phần mềm SmartPLS 4.0, sử dụng phương pháp Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) để đánh giá mô hình đo lường và mô hình cấu trúc. Phương pháp PLS-SEM được lựa chọn vì phù hợp với mô hình có cấu trúc trung gian kép, dữ liệu không phân phối chuẩn và cỡ mẫu vừa phải, đồng thời được khuyến nghị sử dụng trong các nghiên cứu về quản lý xây dựng (Zeng, Liu, Gong, Hertogh, & König, 2021).

3.2. Phát triển thang đo

Để kiểm định mô hình nghiên cứu đề xuất, nhóm tác giả xây dựng bảng hỏi gồm 24 phát biểu đo lường sáu nhóm nhân tố: Môi trường (E), Xã hội (S), Quản trị (G), Phơi nhiễm rủi ro (RE), Hiệu quả quản trị (ME) và Hiệu quả phát triển bền vững (SP). Các thang đo được kế thừa và hiệu chỉnh từ các nghiên cứu quốc tế uy tín như Bezerra et al. (2024), Chaabouni et al. (2025), Koh et al. (2022), Hasan et al. (2024), Moon et al. (2023), Liang et al. (2022), Duong Thi Binh An et al. (2023), Feng và Mohd Saleh (2024), Elkington (1994), và Nicolăescu et al. (2015).

Tất cả các phát biểu được đánh giá theo thang đo Likert 5 mức độ, từ 1 - Rất không đồng ý đến 5 - Rất đồng ý. Trước khi khảo sát chính thức, nhóm nghiên cứu tiến hành phỏng vấn sâu 12 chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng và quản trị bền vững để rà soát nội dung, đánh giá mức độ phù hợp của các thang đo với bối cảnh Việt Nam, đảm bảo tính rõ ràng và giá trị nội dung. Sau đó, các thang đo được kiểm định sơ bộ bằng hệ số Cronbach's Alpha, hiệu chỉnh cách diễn đạt, và hoàn thiện để triển khai khảo sát chính thức.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Thống kê mô tả dữ liệu thu thập

Mẫu khảo sát gồm 200 phản hồi hợp lệ, trong đó 188 doanh nghiệp xây dựng (94%) và 12 chuyên gia (6%). Đa số các doanh nghiệp thuộc khu vực miền Nam (50%), phản ánh đúng phân bố địa lý của ngành xây dựng Việt Nam. Về quy mô, doanh nghiệp nhỏ (dưới 30 nhân sự) chiếm 35,5%, doanh nghiệp vừa (30-100 nhân sự) chiếm 43%, và doanh nghiệp lớn (trên 100 nhân sự) chiếm 21,5%, thể hiện sự đa dạng của mẫu, bao phủ cả ba nhóm quy mô tổ chức. Nhóm người trả lời chủ yếu là quản lý trung cấp và chuyên viên kỹ thuật, đảm bảo hiểu biết sâu về thực hành ESG, rủi ro và quản trị trong xây dựng.

4.2. Đánh giá mô hình đo lường

4.2.1. Đánh giá độ tin cậy thang đo (Outer loading)

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình đo lường, nghiên cứu kiểm tra hệ số tải nhân tố (outer loadings) của các biến quan sát. Theo Hair (2014), một biến quan sát được chấp nhận khi hệ số tải ngoài ≥ 0.70 , thể hiện khả năng giải thích tốt của biến đối với cấu trúc tiềm

ẩn. Kết quả cho thấy tất cả các biến quan sát thuộc sáu nhân tố E, S, G, RE, ME, SP đều có hệ số tải ngoài trong khoảng 0.710–0.920, vượt ngưỡng chấp nhận. Điều này khẳng định các biến đo lường đều có độ tin cậy cao và phản ánh tốt khái niệm tiềm ẩn tương ứng. Toàn bộ biến quan sát được giữ lại cho các bước phân tích tiếp theo.

4.2.2. Đánh giá độ tin cậy nội bộ và giá trị hội tụ

Độ tin cậy thang đo được đánh giá thông qua Cronbach's Alpha và Composite Reliability (CR). Theo Hair et al. (2011), các giá trị Cronbach's Alpha và CR cần đạt tối thiểu 0.70 để bảo đảm độ tin cậy nội bộ của thang đo. Kết quả (Bảng 1) cho thấy toàn bộ các nhân tố đều vượt ngưỡng này, khẳng định tính nhất quán cao giữa các biến quan sát. Bên cạnh đó, giá trị AVE của các nhân tố đều lớn hơn 0.50, đáp ứng tiêu chí hội tụ theo hướng dẫn của Hair (2014). Như vậy, các thang đo trong mô hình đạt yêu cầu về độ tin cậy và tính hội tụ.

Bảng 1. Độ tin cậy và giá trị hội tụ

TT Nhân tố	Mã hóa	Cronbach's Alpha	Độ tin cậy tổng hợp (CR)	Phương sai trích (AVE)
1 Môi trường	E	0.865	0.867	0.712
2 Xã hội	G	0.863	0.866	0.710
3 Quản trị	ME	0.919	0.922	0.804
4 Phơi nhiễm rủi ro	RE	0.929	0.929	0.824
5 Hiệu quả quản trị	S	0.827	0.847	0.659
6 Hiệu quả phát triển bền vững	SP	0.913	0.915	0.793

4.2.3. Đánh giá giá trị phân biệt

Để đánh giá tính phân biệt giữa các biến ẩn trong mô hình và đo lường tính hợp lý của mô hình, tác giả tiến hành đánh giá thông qua tiêu chí của Fornell-Larcker (Fornell & Larcker, 1981), tiêu chí Fornell-Larcker là căn bậc hai của AVE trong mỗi nhân tố đều có giá trị cao hơn hệ số tương quan của các nhân tố khác trong cùng một cột bởi vì các nhân tố đều đạt giá trị phân biệt.

4.3. Đánh giá mô hình cấu trúc

4.3.1. Đánh giá vấn đề về đa cộng tuyến

Đa cộng tuyến được kiểm định thông qua hệ số phóng đại phương sai (VIF). Theo Hair et al. (2014), hiện tượng đa cộng tuyến có thể xảy ra khi $VIF > 5$. Kết quả kiểm định hệ số phóng đại phương sai (VIF) cho thấy tất cả giá trị VIF đều nhỏ hơn 5 (dao động từ 1.00 đến 1.24), chứng tỏ không xuất hiện hiện tượng đa cộng tuyến giữa các biến độc lập. Mô hình do đó bảo đảm tính ổn định và đáng tin cậy trong phân tích cấu trúc.

4.3.2. Đánh giá hệ số tác động

Kết quả phân tích mô hình cấu trúc cho thấy toàn bộ các mối quan hệ đều có ý nghĩa thống kê với $p < 0.05$, xác nhận các giả thuyết được chấp nhận ở mức tin cậy 95%. Cụ thể, ba thành phần của ESG (E, S, G) đều tác động âm và có ý nghĩa đến phơi nhiễm rủi ro (RE), cho thấy việc tăng cường thực hành ESG giúp doanh nghiệp giảm thiểu mức độ rủi ro.

Bảng 2. Hệ số tác động và p values

	Hệ số tác động (O)	p values	Kết luận
E → RE	-0.344	0.000	Chấp nhận
G → RE	-0.365	0.000	Chấp nhận
ME → SP	0.733	0.000	Chấp nhận
RE → ME	-0.699	0.000	Chấp nhận
S → RE	-0.241	0.000	Chấp nhận

4.3.3. Đánh giá vai trò trung gian của các nhân tố

Kết quả Bootstrapping PLS-SEM với 5.000 mẫu lặp cho thấy toàn bộ các p-value < 0.05 , khẳng định vai trò trung gian kép của RE và ME. Cụ thể, ESG tác động gián tiếp tích cực đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP) thông qua chuỗi RE → ME → SP, trong đó ME là mắt xích truyền

dẫn mạnh nhất. Chuỗi tác động ESG → RE → ME → SP được xác nhận có ý nghĩa thống kê và phù hợp với giả thuyết nghiên cứu.

Bảng 3. Thông tin vai trò trung gian của các nhân tố

	Hệ số tác động (O)	Giá trị (p values)	2,50%	97,50%
S → RE → ME	0.168	0.000	0.084	0.252
RE → ME → SP	-0.512	0.000	-0.585	-0.435
G → RE → ME → SP	0.187	0.000	0.128	0.254
E → RE → ME → SP	0.176	0.000	0.117	0.240
S → RE → ME → SP	0.123	0.000	0.061	0.185
E → RE → ME	0.241	0.000	0.160	0.322
G → RE → ME	0.255	0.000	0.178	0.334

4.3.4. Đánh giá xác định R^2

Hệ số tổng thể xác định (R^2): chỉ số đo lường mức độ phù hợp của mô hình với dữ liệu. Nếu R^2 càng tiến về 1 thì mô hình càng có ý nghĩa, và nếu như R^2 càng gần về 0 thì mô hình có ý nghĩa càng yếu hơn. Kết quả cho thấy sự biến thiên các biến phụ thuộc được giải thích tốt bởi các biến độc lập (trên 50%).

Bảng 4. Giá trị hệ số xác định R^2

	R^2	R^2 hiệu chỉnh
ME	0.488	0.485
RE	0.514	0.507
SP	0.537	0.535

4.3.5. Đánh giá hệ số tác động f^2

Theo Cohen (2016), giá trị f^2 lần lượt ở mức 0.02, 0.15 và 0.35 phản ánh mức ảnh hưởng nhỏ, trung bình và lớn; nếu $f^2 < 0.02$, biến độc lập được xem là không có ảnh hưởng đáng kể đến biến phụ thuộc. Kết quả phân tích cho thấy phần lớn các mối quan hệ trong mô hình có mức ảnh hưởng từ trung bình đến mạnh. Cụ thể, Môi trường (E) ($f^2 = 0.203$) và Quản trị (G) ($f^2 = 0.227$) thể hiện tác động trung bình đến Phơi nhiễm rủi ro (RE), trong khi RE có ảnh hưởng mạnh đến Hiệu quả quản trị (ME) ($f^2 = 0.953$), và ME có tác động rất lớn đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP) ($f^2 = 1.160$). Yếu tố Xã hội (S) ($f^2 = 0.096$) thể hiện mức ảnh hưởng nhỏ, song vẫn có ý nghĩa thống kê, khẳng định vai trò của cả ba trụ cột ESG trong việc hình thành năng lực quản trị rủi ro và phát triển bền vững.

4.4. Kết luận kiểm định mô hình cấu trúc

Sau khi tiến hành kiểm định mô hình cấu trúc bằng phương pháp PLS-SEM với kỹ thuật Bootstrapping (5.000 mẫu lặp), kết quả cho thấy toàn bộ các giả thuyết H1a–H4c đều được chấp nhận với giá trị p-value < 0.05 . Theo (Joseph F. Hair, 2014), bootstrapping giúp ước lượng sai số chuẩn của các hệ số cấu trúc mà không cần giả định phân phối chuẩn, phù hợp với đặc thù dữ liệu khảo sát trong nghiên cứu xây dựng.

Kết quả cho thấy ba trụ cột Môi trường (E), Xã hội (S) và Quản trị (G) đều tác động âm có ý nghĩa thống kê đến Phơi nhiễm rủi ro (RE), (H1a–H1c); RE ảnh hưởng ngược chiều đến Hiệu quả quản trị (ME), (H2); và ME tác động dương mạnh mẽ đến Hiệu quả phát triển bền vững (SP), (H3). Các tác động gián tiếp (H4a–H4c) của ESG đến SP thông qua RE và ME đều có ý nghĩa thống kê, khẳng định vai trò trung gian kép của hai nhân tố này.

Các hệ số đường dẫn chuẩn hóa (β) được biểu diễn qua các phương trình hồi quy cấu trúc sau:

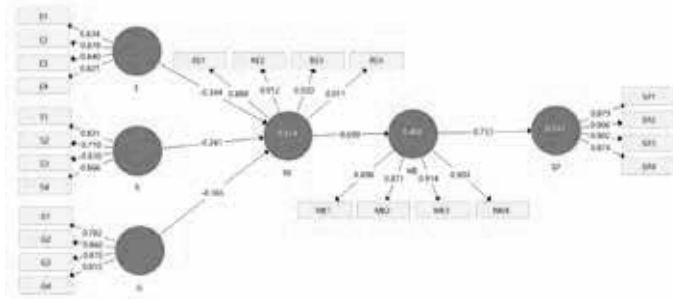
$$RE = -0.344E - 0.241S - 0.365G$$

$$ME = -0.699RE$$

$$SP = 0.733ME$$

Các phương trình này phản ánh khi doanh nghiệp tăng cường thực hành ESG, mức độ rủi ro giảm, hiệu quả quản trị được cải thiện và hiệu quả phát triển bền vững tăng tương ứng. Chuỗi tác động ESG → RE → ME → SP được xác nhận có ý nghĩa thống kê, cho thấy mô hình phù hợp với dữ liệu thực nghiệm và có khả năng giải thích

tốt mối quan hệ giữa ESG, rủi ro và hiệu quả trong doanh nghiệp xây dựng.



Hình 2. Kết quả mô hình đường dẫn

5. KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH

5.1. Kết luận

Kết quả nghiên cứu khẳng định cả ba yếu tố ESG đều tác động đáng kể đến phơi nhiễm rủi ro (RE), từ đó ảnh hưởng gián tiếp đến hiệu quả quản trị (ME) và hiệu quả phát triển bền vững (SP). Mô hình trung gian kép ESG - RE - ME - SP phù hợp với khung lý thuyết COSO-ERM và Triple Bottom Line, đồng thời nhất quán với các bằng chứng quốc tế tại các ngành phát thải cao như tài chính, năng lượng và xây dựng (Chen et al., 2024; Liang et al., 2022; D'Ecclesia et al., 2025).

Tuy nhiên, hệ sinh thái ESG trong ngành xây dựng Việt Nam vẫn đang trong quá trình hình thành và hoàn thiện, nên việc triển khai và đo lường các yếu tố liên quan còn nhiều thách thức, đòi hỏi sự đồng bộ giữa chính sách, doanh nghiệp và các bên liên quan. Mặc dù kết quả nghiên cứu cho thấy ESG có tác động tích cực trong việc giảm phơi nhiễm rủi ro và nâng cao hiệu quả quản trị tại các doanh nghiệp xây dựng vừa và nhỏ, nhưng để đạt được mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 cho toàn ngành, cần chuẩn hóa ESG ở cấp dự án, lồng ghép tín chỉ carbon và tài chính xanh, cùng sự hỗ trợ mạnh mẽ từ Nhà nước và các tổ chức trung gian. Nghiên cứu này vì vậy góp phần bổ sung góc nhìn khoa học và thực chứng, củng cố nền tảng cho việc áp dụng và phát triển ESG trong ngành Xây dựng hướng tới phát triển bền vững và trung hòa carbon.

Từ góc độ chính sách, kết quả phù hợp với các định hướng lớn của Việt Nam về tăng trưởng xanh và trung hòa carbon (QĐ 1658/QĐ-TTg, NĐ 06/2022/NĐ-CP, QĐ 385/QĐ-BXD). Để ESG phát huy hiệu quả thực chất, cần hoàn thiện bộ chỉ số RE và ME, nâng cao minh bạch thông tin ESG và thúc đẩy hợp tác công-tư trong kiểm soát rủi ro bền vững, qua đó góp phần hiện thực hóa mục tiêu Net Zero 2050.

5.2. Hàm ý chính sách

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất một số hàm ý quản trị và chính sách nhằm tăng cường hiệu quả quản trị rủi ro ESG, nâng cao năng lực phát triển bền vững trong doanh nghiệp xây dựng Việt Nam như sau:

- Đối với cơ quan quản lý Nhà nước: Cần hoàn thiện khung pháp lý và bộ tiêu chí ESG chuyên ngành Xây dựng phù hợp bối cảnh Việt Nam nhưng tiệm cận chuẩn quốc tế (GRI, ISO 14001, CDP). Việc lồng ghép tiêu chí ESG vào quy trình cấp phép, tín dụng xanh và đấu thầu công trình sẽ khuyến khích doanh nghiệp đầu tư công nghệ sạch và quản trị minh bạch. Đồng thời, nên thiết lập cơ sở dữ liệu ESG quốc gia phục vụ giám sát, công bố và hoạch định chính sách phát triển bền vững đến 2050.

- Đối với doanh nghiệp xây dựng: Doanh nghiệp cần xem ESG là năng lực chiến lược giúp giảm rủi ro (RE), nâng cao quản trị (ME) và thúc đẩy phát triển bền vững (SP). Việc tích hợp quản trị rủi ro ESG trong toàn chuỗi giá trị, ứng dụng BIM, IoT, AI để giám sát và báo

cáo sẽ tăng tính minh bạch và hiệu quả. Đồng thời, cần phát triển văn hóa doanh nghiệp bền vững và đào tạo nhân lực am hiểu ESG - nền tảng cho năng lực cạnh tranh dài hạn.

- Đối với cơ sở đào tạo và giới nghiên cứu: Các trường đại học và viện nghiên cứu cần tích hợp ESG và quản trị rủi ro vào chương trình đào tạo kỹ sư, quản lý xây dựng, và thúc đẩy nghiên cứu liên ngành về ESG - Rủi ro - Hiệu quả bền vững. Việc hình thành mạng lưới hợp tác trường - viện - doanh nghiệp - Nhà nước sẽ giúp chia sẻ dữ liệu ESG, hỗ trợ dự báo và đề xuất chính sách phát triển bền vững. Đây là nền tảng để Việt Nam hình thành hệ sinh thái tri thức ESG phục vụ mục tiêu Net Zero 2050.

Nghiên cứu còn hạn chế về phạm vi mẫu và địa lý, khi dữ liệu chủ yếu thu thập từ doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam. Quy mô mẫu ở mức vừa (n = 200) và phương pháp chọn mẫu thuận tiện có thể ảnh hưởng đến khả năng khái quát hóa. Ngoài ra, mô hình PLS-SEM mới phản ánh mối quan hệ tĩnh, chưa xem xét yếu tố thời gian. Các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng quy mô và không gian mẫu, ứng dụng mô hình SEM động và kết hợp nghiên cứu định tính chuyên sâu nhằm củng cố cơ chế ESG - Rủi ro - Hiệu quả bền vững trong ngành Xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559. doi:10.1007/s11356-022-19718-6
- [2]. Afzal, F., & Lim, B. (2022). Organizational factors influencing the sustainability performance of construction organizations. *Sustainability*, 14(16), 10449.
- [3]. Anderson, D. (2017). COSO ERM: Getting risk management right: Strategy and organizational performance are the heart of the updated framework. *Internal Auditor*, 74(5), 38-43.
- [4]. Bezerra, R. R. R., Martins, V. W. B., & Macedo, A. N. (2024). Validation of challenges for implementing ESG in the construction industry considering the context of an emerging economy country. *Applied Sciences*, 14(14), 6024.
- [5]. Cohen, J. (2016). A power primer.
- [6]. Commission, C. o. S. O. o. t. T. (2017). Enterprise Risk Management Integrating with Strategy and Performance. Retrieved from <https://static.poder360.com.br/2023/09/Diretriz-Enterprise-Risk-Management-Coso-2017.pdf>
- [7]. Council, W. G. (2019). Bringing embodied carbon upfront: Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon. Acesso em, 11.
- [8]. Chaabouni, I., Ben Mbarek, N., & Ayadi, E. (2025). Do ESG Risk Scores and Board Attributes Impact Corporate Performance? Evidence from Saudi-Listed Companies. *Journal of Risk and Financial Management*, 18(2), 83.
- [9]. Chen, F., Liu, Y.-h., & Chen, X.-z. (2024). ESG performance and business risk-empirical evidence from China's listed companies. *Innovation and Green Development*, 3(3), 100142.
- [10]. Chen, S., Song, Y., & Gao, P. (2023). Environmental, social, and governance (ESG) performance and financial outcomes: Analyzing the impact of ESG on financial performance. *Journal of environmental management*, 345, 118829.
- [11]. D'Ecclesia, R. L., Levantesi, S., & Stefanelli, K. (2025). Esg commitment and compliance: sustainability and risk exposure. *Quality & Quantity*. doi:10.1007/s11135-025-02175-x
- [12]. Diaz Caselles, L. M., & Guevara, J. J. S. (2024). Sustainability performance in on-site construction processes: a systematic literature review. 16(3), 1047.
- [13]. Drucker, P. (2012). *The practice of management*: Routledge.
- [14]. Duan, Y., Yang, F., & Xiong, L. (2023). Environmental, social, and governance (ESG) performance and firm value: Evidence from Chinese manufacturing firms. *Sustainability*, 15(17), 12858.
- [15]. Duong Thi Binh An, Pham, T., Truong, Q. H., Nguyen, K., Pham, C. H., Hoang, T.-H., & Pham, T. H. (2023). Risk in sustainable construction supply chains: construct

development and measurement validation. *Construction Management and Economics*, 41(8), 634-650.

[16]. Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California management review*, 36(2), 90-100.

[17]. Feng, X., & Mohd Saleh, N. (2024). Managerial Ability and ESG Risks: The Moderating Effect of Internal Control Quality. *Sustainability*, 16(22), 9838.

[18]. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*, 18(1), 39-50.

[19]. Forum, W. E. (2020). Measuring Stakeholder Capitalism Towards Common Metrics and Consistent Reporting of Sustainable Value Creation. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_IBC_Measuring_Stakeholder_Capitalism_Report_2020.pdf

[20]. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210-233. doi:10.1080/20430795.2015.1118917

[21]. Gu, X., Fan, L., & Mahabir, R. (2026). Building carbon emissions (2016-2025): A PRISMA-based systematic review of definitions, quantification methods and policies. *Environmental Development*, 57, 101345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101345>

[22]. Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field methods*, 18(1), 59-82.

[23]. Hair, J. F. (2014). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): sage.

[24]. Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing theory and Practice*, 19(2), 139-152.

[25]. Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European business review*, 31(1), 2-24.

[26]. Hasan, M. B., Verma, R., Sharma, D., Moghalles, S. A. M., & Hasan, S. A. S. (2024). The impact of environmental, social, and governance (ESG) practices on customer behavior towards the brand in light of digital transformation: perceptions of university students. *Cogent Business & Management*, 11(1), 2371063.

[27]. Hoang, T., & Chu, N. M. N. (2008). Textbook of data analysis with SPSS episodes 1 & 2. Ho Chi Minh City, Vietnam: Hong Duc Publishing House.

[28]. Hoepner, A. G. F. (2013). Environmental, social, and governance (ESG) data: can it enhance returns and reduce risks. Deutsche Asset & Wealth Management/Global Financial Institute's publication: Your entry to in-depth knowledge in finance. Passion to perform. From: https://www.db.com/cr/en/docs/Whitepaper_ESG_422.pdf (28.4.2017).

[29]. Kinnunen, J., Saunila, M., Ukko, J., & Rantanen, H. (2022). Strategic sustainability in the construction industry: Impacts on sustainability performance and brand. *Journal of Cleaner Production*, 368, 133063.

[30]. Koh, H.-K., Burnasheva, R., & Suh, Y. G. (2022). Perceived ESG (environmental, social, governance) and consumers' responses: The mediating role of brand credibility, Brand Image, and perceived quality. *Sustainability*, 14(8), 4515.

[31]. Kovačević, M. S., Librić, L., Ivoš, G., & Cerić, A. J. S. (2020). Application of reliability analysis for risk ranking in a levee reconstruction project. 12(4), 1404.

[32]. Leong, L.-Y., Hew, T. S., Ooi, K.-B., Hajli, N., & Tan, G. W.-H. (2024). Revisiting the social commerce paradigm: The social commerce (SC) framework and a research agenda. *Internet Research*, 34(4), 1346-1393.

[33]. Liang, Y., Lee, M. J., & Jung, J. S. (2022). Dynamic capabilities and an ESG strategy for sustainable management performance. *Frontiers in Psychology*, 13, 887776.

[34]. Moon, J., Tang, R., & Lee, W. S. (2023). Antecedents and consequences of Starbucks' environmental, social and governance (ESG) implementation. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 24(5), 576-598.

[35]. Nicolăescu, E., Alpopi, C., & Zaharia, C. J. S. (2015). Measuring corporate sustainability performance. 7(1), 851-865.

[36]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2018). Tiêu chuẩn quốc gia TCVN ISO 31000:2018. Retrieved from <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/Linh-vuc-khac/TCVN-ISO-31000-2018-ISO-31000-2018-Quan-ly-rui-ro-Huong-dan-917889.aspx>

[37]. Nhân, Đ. T. T. (2025). Tác động của môi trường, xã hội và quản trị (ESG) đến sự đổi mới và bền vững. *Tạp chí Khoa học Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh - Kinh tế và Quản trị kinh doanh*, 20(7), 55-69.

[38]. Peliu, S.-A. (2024). Exploring the impact of ESG factors on corporate risk: empirical evidence for New York Stock Exchange listed companies. *Future Business Journal*, 10(1), 92.

[39]. Qazi, A., Shamayleh, A., El-Sayegh, S., & Formanek, S. (2021). Prioritizing risks in sustainable construction projects using a risk matrix-based Monte Carlo Simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102576.

[40]. Sharma, E. (2019). A review of corporate social responsibility in developed and developing nations. *Corporate social responsibility and environmental management*, 26(4), 712-720.

[41]. Shen, H., Lin, H., Han, W., & Wu, H. (2023). ESG in China: A review of practice and research, and future research avenues. *China Journal of Accounting Research*, 16(4), 100325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cjar.2023.100325>

[42]. Sitnikov, C. S. (2013). Triple Bottom Line. In S. O. Idowu, N. Capaldi, L. Zu, & A. D. Gupta (Eds.), *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility* (pp. 2558-2564). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[43]. Soares, G. G., & Pereira, F. H. (2022). Study of ESG criteria and metrics for the construction industry. *Ann. Civ. Environ. Eng.*, 62-63.

[44]. Steers, R. M. (1975). Problems in the measurement of organizational effectiveness. *Administrative science quarterly*, 546-558.

[45]. (UNEP), U. N. E. P. (2023). 2023 Global Status Report for Buildings and Construction. Retrieved from https://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/tn_meetings/00cf22a4049c4ece9f414e190def4202/8dff87ea3e1e4e7ba7d349a83ed04cbd.pdf

[46]. Venkatraman, N., & Ramanujam, V. (1986). Measurement of business performance in strategy research: A comparison of approaches. *Academy of management review*, 11(4), 801-814.

[47]. Yoo, J. W., Jin, Y. J., & Lee, H. S. (2021). The effect of corporate image advertising using ESG management as the theme on attitude toward brand: Focusing on KT&G's corporate image advertising. *J. Br. Des. Assoc. Kor*, 19, 49-62.

[48]. Zeng, N., Liu, Y., Gong, P., Hertogh, M., & König, M. (2021). Do right PLS and do PLS right: A critical review of the application of PLS-SEM in construction management research. *Frontiers of Engineering Management*, 8(3), 356-369.

[49]. Zhu, F., Hu, H., & Xu, F. (2022). Risk assessment model for international construction projects considering risk interdependence using the DEMATEL method. *Plos one*, 17(5), e0265972.

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp LightGBM để dự báo lưu lượng giao thông

A study on applying the LightGBM method for traffic flow prediction

> TS PHẠM THỊ LÝ¹, TS VÕ ĐỨC NHÂN², THS NGUYỄN THỊ HỒNG HOA^{1,*}

¹Trường Đại học Giao thông vận tải

²Cục Đổi mới sáng tạo, Bộ Khoa học và Công nghệ

*Email: hoanht@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nội dung bài báo nghiên cứu ứng dụng thuật toán LightGBM cho mô hình dự báo lưu lượng giao thông sử dụng bộ dữ liệu gồm 2.976 bản ghi và 9 đặc trưng đầu vào: Time, Date, Day of Week, Carcount, Bikecount, buscount, truckcount, total, situation. Nhóm tác giả đã tiến hành thử nghiệm và đánh giá kết quả qua hiệu suất của mô hình, ma trận nhầm lẫn và mối tương quan giữa giá trị thực và giá trị dự báo. Các kết quả thu được cho thấy thuật toán LightGBM là một lựa chọn rất phù hợp các hệ thống phân tích và dự báo lưu lượng giao thông hiện đại.

Từ khóa: Dự báo giao thông; LightGBM; Hệ thống giao thông thông minh; LightGBM Regressor; LightGBM Classifier.

ABSTRACT

This study explores the application of the LightGBM algorithm in developing a traffic-flow forecasting model using a dataset comprising 2,976 records with nine input features: Time, Date, Day of Week, Carcount, Bikecount, Buscount, Truckcount, Total and Situation. The authors conducted a series of experiments and evaluated the model using performance metrics, the confusion matrix and correlation analysis between actual and predicted values. The experimental results demonstrate that LightGBM is a highly effective and robust approach for modern traffic analysis and forecasting systems.

Keywords: Traffic forecasting; Intelligent transport systems; LightGBM; LightGBM Classifier; LightGBM Regressor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dự báo lưu lượng giao thông là một vấn đề nghiên cứu quan trọng trong nhiều ứng dụng của Hệ thống giao thông thông minh (ITS). Sự mở rộng của Internet vạn vật (IoT) đã dẫn đến các giải pháp sáng tạo mới, chẳng hạn như các thành phố thông minh, giúp cuộc sống của chúng ta trở nên hiệu quả, tiện lợi và thông minh hơn. Cốt lõi của các thành phố thông minh là Hệ thống giao thông thông minh (ITS) đã được tích hợp vào nhiều ứng dụng thành phố thông minh nhằm cải thiện giao thông và khả năng di chuyển. ITS nhằm giải quyết nhiều vấn đề giao thông, chẳng hạn như vấn đề tắc nghẽn giao thông. Gần đây, các mô hình và khung dự đoán lưu lượng giao thông mới đã được phát triển nhanh chóng cùng với việc áp dụng các phương pháp trí tuệ nhân tạo nhằm cải thiện độ chính xác của dự đoán lưu lượng giao thông. Dự báo giao thông là một nhiệm vụ quan trọng trong ngành Giao thông vận tải. Nó có

thể ảnh hưởng đáng kể đến thiết kế các công trình và dự án đường bộ, bên cạnh tầm quan trọng của nó đối với việc lập kế hoạch tuyến đường và quy định giao thông. Hơn nữa, tình trạng tắc nghẽn giao thông là một vấn đề nghiêm trọng ở các khu vực đô thị và các thành phố đông đúc. Do đó, nó cần được đánh giá và dự báo một cách chính xác. Vì vậy, một phương pháp đáng tin cậy và hiệu quả để dự đoán lưu lượng giao thông là điều cần thiết. Phương pháp dự báo dùng LightGBM được rất nhiều tác giả trên thế giới sử dụng [1-6]. Có nhiều cách khác nhau sử dụng LightGBM để dự báo lưu lượng giao thông, trong đó [1] sử dụng LightGBM kết hợp với GRU để dự báo tắc nghẽn với dữ liệu được thu thập từ dịch vụ gọi xe tại Thành Đô, Trung Quốc. Kết quả của [1] cho thấy mô hình được đề xuất có những cải thiện đáng kể về độ chính xác và hiệu suất từng phần so với các nghiên cứu trước đó nhờ việc kết hợp LightGBM và GRU để sinh đặc trưng và dự báo chỉ số tắc nghẽn; báo cáo cải thiện so

với mô hình đơn lẻ nhờ tận dụng cả cây boosting và mạng hồi tiếp. [2] lại ứng dụng LightGBM để dự báo lưu lượng hành khách tuyến metro (short-term), cho thấy LightGBM nhanh và chính xác hơn một số mô hình truyền thống.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là: Trình bày một tổng quan toàn diện về thuật toán LightGBM được áp dụng trong dự đoán giao thông và từ đó thử nghiệm đánh giá cho mô hình để xác định tính phù hợp của mô hình với yêu cầu dự báo lưu lượng giao thông.

2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA THUẬT TOÁN LIGHTGBM

2.1. Đặc điểm của bộ dữ liệu sử dụng

Tập dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ camera giám sát giao thông và lưu trữ theo định dạng CSV được đưa ra trong Bảng 1. Tập dữ liệu bao gồm các cột như: Thời gian tính theo giờ, ngày, ngày trong tuần và số lượng cho từng loại phương tiện (CarCount, BikeCount, BusCount, TruckCount). Cột "Tổng" biểu thị tổng số lượng của tất cả các loại phương tiện được phát hiện trong khoảng thời gian 15 phút. Bộ dữ liệu được cập nhật 15 phút một điểm. Ngoài ra, bộ dữ liệu bao gồm một cột chỉ ra tình huống giao thông được phân loại thành 4 loại: 1-Heavy, 2-High, 3-Normal và 4-Low. Dữ liệu tình huống giao thông này giúp đánh giá mức độ nghiêm trọng của tình trạng tắc nghẽn và theo dõi tình trạng giao thông tại các thời điểm và ngày khác nhau trong tuần.

2.2. Thuật toán LightGBM để dự báo lưu lượng giao thông

Mỗi bản ghi trong bộ dữ liệu CSV được biểu diễn bằng vector đặc trưng:

$$x_i = [t_i, d_i, w_i, c_i^{car}, c_i^{bike}, c_i^{bus}, c_i^{truck}] \in \mathbb{R}^7$$

Trong đó:

- t_i - Thời gian trong ngày;
- d_i - Ngày tháng;
- w_i - Ngày trong tuần;
- $c_i^{(.)}$ - Số lượng xe theo từng loại trong 15 phút.

Biến mục tiêu là tổng lưu lượng:

$$y_i = Total_i = C_i^{car} + C_i^{bike} + C_i^{bus} + C_i^{truck}$$

Tổng các cây hồi quy của LightGBM:

$$F_M(x) = \sum_{m=1}^M f_m(x)$$

Trong đó, mỗi f_m là một cây quyết định mô tả các ngưỡng chia liên quan trực tiếp đến dữ liệu giao thông. Hàm mục tiêu tối ưu tại bước boosting thứ m như sau:

$$\mathcal{L}^{(m)} = \sum_{i=1}^N \ell(y_i, \hat{y}_i^{(m-1)} + f_m(x_i)) + \Omega(f_m)$$

Hàm mất mát:

$$\ell(y_i, \hat{y}_i) = \frac{1}{2} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Khai triển Taylor ta có:

$$\mathcal{L}^{(m)} \approx \sum_{i=1}^N [g_i f_m(x_i) + \frac{1}{2} h_i f_m(x_i)^2] + \Omega(f_m)$$

$$g_i = \hat{y}_i^{(m-1)} - y_i \text{ (gradient - thể hiện mức sai lệch lưu lượng dự báo so với thực tế)}$$

$$h_i = 1 \text{ (Hessian cho L2-loss)}$$

Những mẫu có sai lệch lớn (cao điểm, tắc đường, dữ liệu biến động mạnh) sẽ có $|g_i|$ lớn và được ưu tiên trong quá trình học.

Một cây có T , mỗi lá tượng trưng cho một nhóm điều kiện giao thông giống nhau (ví dụ: "giờ cao điểm sáng với nhiều xe máy"). Với tập mẫu thuộc lá f :

$$I_f = \{i: x_i \text{ rơi vào } f\}$$

Giá trị tốt nhất của lá là:

$$w_j^* = - \frac{\sum_{i \in I_j} g_i}{\sum_{i \in I_j} h_i + \lambda}$$

Ý nghĩa:

- Nếu tại lá đó dự báo luôn thấp hơn thực tế $\rightarrow$ gradient dương $\rightarrow$ âm $\rightarrow$ mô hình tăng dự báo.

- Nếu dự báo cao hơn thực tế $\rightarrow$ gradient âm $\rightarrow$ mô hình giảm dự báo.

Như vậy, mỗi lá được học để hiệu chỉnh sai số lưu lượng theo đúng dữ liệu thực tế giao thông.

Chọn Split dựa trên biến giao thông có lợi nhất ta cho điểm tách lá:

$$Gain = \frac{1}{2} \left(\frac{G_L^2}{H_L + \lambda} + \frac{G_R^2}{H_R + \lambda} - \frac{(G_L + G_R)^2}{H_L + H_R + \lambda} \right) - \gamma$$

Nếu tách theo "carcount > 22" cho Gain cao nhất $\rightarrow$ mô hình nhận ra số xe con ở mức này dẫn đến thay đổi đáng kể trong tổng lưu lượng.

Trong dữ liệu giao thông, biến động thường xảy ra:

- Giờ cao điểm;
- Xe lớn (truck/bus) xuất hiện đột ngột;
- Ngày lễ/không lễ;
- Sự kiện bất thường.

Các mẫu này có gradient cao. GOSS giữ toàn bộ các mẫu gradient lớn (ví dụ top 20%) và lấy mẫu ngẫu nhiên ở phần còn lại.

Gradient của mẫu được giữ lại hoặc lấy mẫu được điều chỉnh:

$$g'_i = \begin{cases} g_i & \text{nếu } i \in A \text{ (gradient lớn)} \\ \frac{1-a}{b} g_i & \text{nếu } i \in B \text{ (gradient nhỏ)} \end{cases}$$

Từ đó, mô hình học tập trung vào các đoạn giao thông quan trọng nhất.

Các đặc trưng xe thường không cùng khác 0 bất kỳ lúc nào (ví dụ: Xe buýt rất ít xuất hiện cùng lúc với số lượng xe truck lớn trong một giai đoạn nhỏ). Do đó, LightGBM gộp các đặc trưng để giảm số chiều mà không làm mất thông tin để tăng tốc độ huấn luyện:

$$x^{bundle} = x_{car} + x_{bus} + x_{truck}$$

Cập nhật cuối mỗi vòng Boosting:

$$\hat{y}_i^{(m)} = \hat{y}_i^{(m-1)} + \eta f_m(x_i)$$

Trong đó: η - Tốc độ học của mô hình.

Ý nghĩa trong dữ liệu giao thông:

- Mỗi cây hiệu chỉnh mô hình dựa trên sai số còn lại của dự báo lưu lượng theo từng khoảng thời gian;
- Mô hình ngày càng khớp hơn với quy luật di chuyển của xe trên từng loại.

3. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Tiến hành thử nghiệm dự báo với mô hình LightGBM sử dụng bộ dữ liệu gồm 2.976 bản ghi dưới định dạng tệp CSV và 9 đặc trưng đầu vào: Time, Date, Day of Week, Carcount, Bikecount, buscount, truckcount, total, situation. Kết quả đánh giá cho mô hình như sau:

3.1. Đánh giá hiệu suất của mô hình

Trong nghiên cứu này, hai mô hình LightGBM được xây dựng nhằm giải quyết hai mục tiêu đánh giá khác nhau: (i) Mô hình hồi quy (LightGBM Regressor) dự báo tổng lưu lượng phương tiện trong mỗi khoảng thời gian và (ii) mô hình phân loại (LightGBM Classifier)

nhận diện mức độ ùn tắc giao thông (“low”, “normal”, “high”, “heavy”). Các kết quả thực nghiệm cho thấy cả hai mô hình đều đạt hiệu suất rất cao và ổn định, phản ánh khả năng mô hình hóa tốt cấu trúc dữ liệu và mối quan hệ giữa các đặc trưng đầu vào như trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Kết quả đánh giá hiệu suất của hai mô hình LightGBM phân loại và hồi quy

Mô hình hồi quy LightGBM Regressor		Mô hình phân loại LightGBM Classifier	
MAE	1,63	Accuracy	0,9798
RMSE	2,31	Precision	0,9801
R ²	0,9985	Recall	0,9798
		F1-score	0,9799

Từ Bảng 1 cho thấy, mô hình hồi quy cho kết quả MAE = 1,63, RMSE = 2,31 và R² = 0,9985, chứng tỏ mức độ dự báo chính xác rất cao trên toàn bộ tập dữ liệu. Giá trị MAE thấp cho thấy sai lệch trung bình giữa dự đoán và thực tế chỉ khoảng 1,63 phương tiện, điều này đặc biệt ấn tượng khi tổng số phương tiện trong các phiên đo có thể dao động lên tới hơn 200. Chỉ số RMSE nhỏ phản ánh rằng sai số lớn hầu như không xuất hiện và mô hình không gặp phải tình trạng dự đoán lệch có hệ thống. Đặc biệt là chỉ số xác định R² = 0,9985, chứng minh rằng mô hình giải thích được 99,85% phương sai của dữ liệu thực tế. Mức R² này cho thấy sự phù hợp gần như hoàn hảo giữa giá trị dự báo và giá trị thực, vượt xa mức thông thường trong các mô hình dự báo lưu lượng vốn thường chịu tác động mạnh bởi nhiễu thời gian thực, thay đổi hành vi giao thông hoặc sai lệch cảm biến. Kết quả này đồng thời cho thấy LightGBM tận dụng hiệu quả các đặc trưng đầu vào như thời gian, ngày trong tuần và số lượng từng loại phương tiện (car, bike, bus, truck) để học và suy luận quan hệ phi tuyến có trong dữ liệu.

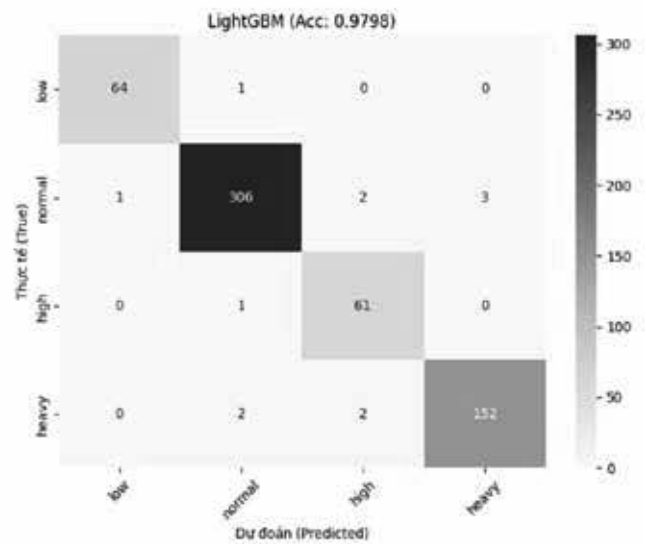
Đối với nhiệm vụ phân loại mức độ lưu thông, mô hình LightGBM Classifier đạt Accuracy = 0,9798, Precision = 0,9801, Recall = 0,9798 và F1-score = 0,9799. Kết quả này chứng minh mô hình có khả năng phân biệt rất tốt giữa các mức độ lưu lượng khác nhau và duy trì sự cân bằng giữa dự báo đúng và hạn chế lỗi bỏ sót. Giá trị Accuracy gần 98% cho thấy mô hình phân loại đúng phần lớn các trường hợp. Precision cao chứng tỏ mô hình dự đoán từng lớp rất chính xác, gần như không xảy ra dự báo nhầm sang lớp khác một cách không cần thiết. Recall đạt gần tương đương precision, cho thấy mô hình vẫn duy trì khả năng phát hiện đầy đủ các trường hợp thuộc từng lớp, bao gồm cả các lớp có tần suất xuất hiện thấp hơn như “heavy” hoặc “high”. Chỉ số F1-score xấp xỉ 0,98 phản ánh sự cân bằng rất tốt giữa precision và recall, đặc biệt quan trọng trong ngữ cảnh giao thông, nơi bỏ sót trạng thái ùn tắc (false negative) hoặc báo động giả (false positive) đều có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả vận hành hệ thống. Kết quả này chứng minh rằng LightGBM không chỉ phân loại chính xác các trạng thái giao thông mà còn duy trì độ tin cậy cao trong nhiều điều kiện vận hành khác nhau.

Như vậy, từ hai nhóm kết quả trên cho thấy, LightGBM là mô hình cực kỳ phù hợp cho cả bài toán hồi quy và phân loại liên quan đến dữ liệu lưu lượng giao thông. Mô hình đạt sai số thấp, mức độ giải thích cao và độ ổn định tốt. Sự nhất quán giữa các chỉ số hiệu suất xác nhận rằng mô hình không bị overfitting và có khả năng tổng quát hóa mạnh mẽ trên tập dữ liệu đa dạng theo thời gian. Với

độ chính xác cao và khả năng mô hình hóa quan hệ phi tuyến phức tạp, LightGBM có tiềm năng ứng dụng thực tế trong các hệ thống dự báo lưu lượng giao thông theo thời gian thực.

3.2. Đánh giá theo ma trận nhầm lẫn (Confusion Matrix)

Để đánh giá toàn diện hiệu quả mô hình phân loại lưu lượng giao thông, nghiên cứu sử dụng ma trận nhầm lẫn (confusion matrix) như một công cụ phân tích chi tiết bên cạnh các chỉ số tổng hợp như Accuracy, Precision, Recall hay F1-score. Ma trận nhầm lẫn cho phép quan sát trực quan mức độ dự đoán đúng/sai của mô hình cho từng lớp cụ thể, từ đó cung cấp các thông tin quan trọng về hành vi của mô hình đối với từng trạng thái giao thông (“low”, “normal”, “high”, “heavy”). Kết quả thu được như trên Hình 1:



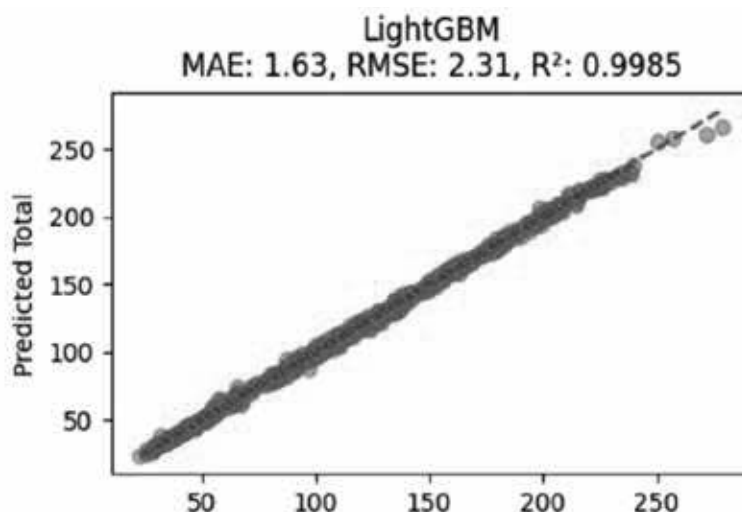
Hình 1. Ma trận nhầm lẫn khi dùng thuật toán LightGBM

Từ Hình 1 ta thấy mô hình LightGBM đạt độ chính xác tổng thể Accuracy = 0,9798, đồng thời duy trì mức lệch phân loại cực thấp giữa các lớp. Cụ thể, lớp *normal* vốn chiếm tỷ lệ lớn nhất trong tập dữ liệu, đạt 306 mẫu được dự đoán chính xác, chỉ có tổng cộng 6 mẫu bị nhầm sang các lớp khác. Điều này minh chứng rằng mô hình học tốt các quy luật phổ biến của trạng thái giao thông trung bình và hoạt động ổn định ngay cả khi dữ liệu không hoàn toàn cân bằng.

Đối với lớp *low*, mô hình dự đoán chính xác 64 trường hợp, chỉ có 1 trường hợp bị nhầm sang lớp *normal*. Đây là một kết quả tích cực, cho thấy mô hình có khả năng phân biệt tốt giữa mức lưu lượng thấp và mức trung bình - hai lớp thường dễ bị nhầm lẫn do biên độ dữ liệu gần nhau. Tương tự, lớp *high* cũng đạt hiệu suất rất tốt với 61 dự đoán chính xác, chỉ 1 mẫu bị nhầm sang *normal*, chứng minh rằng mô hình vẫn duy trì độ nhạy (recall) cao cho những mức lưu lượng ít xuất hiện hơn.

Lớp *heavy*, vốn có ảnh hưởng quan trọng trong các hệ thống điều khiển giao thông vì liên quan trực tiếp đến tình trạng ùn tắc, cho kết quả 152 mẫu được phân loại đúng và chỉ có 2 mẫu nhầm sang *high* và 2 mẫu nhầm sang *normal*. Tỷ lệ nhầm lẫn này là rất nhỏ so với tổng số mẫu, cho thấy mô hình có thể nhận diện trạng thái lưu lượng nặng một cách đáng tin cậy, từ đó giúp hỗ trợ tốt cho các hệ thống điều khiển đèn giao thông thích ứng hoặc cảnh báo ùn tắc.

3.3. Đánh giá bằng tương quan giữa giá trị thực và giá trị dự đoán



Hình 2. Kết quả mô hình LightGBM dựa trên quan hệ giữa giá trị thực và giá trị dự đoán

Hình 2 dưới đây minh họa mối tương quan giữa giá trị lưu lượng giao thông thực tế (Actual Total) và giá trị dự đoán (Predicted Total) của mô hình LightGBM Regressor trên tập dữ liệu kiểm thử. Đường chuẩn lý tưởng $y = x$.

Kết quả thu được cho thấy các điểm dữ liệu phân bố tập trung và bám sát đường tham chiếu, chứng tỏ mô hình học tốt quan hệ giữa các đặc trưng đầu vào và biến mục tiêu. Không thấy có các điểm “ngoại lai mạnh” (outliers) vượt quá đường lý tưởng một cách rõ rệt. Các điểm ở khoảng 200 - 260 (lưu lượng cao) cũng bám sát đường lý tưởng. Sai số ở vùng giá trị thấp (<50) cũng rất nhỏ. Điều này chứng minh LightGBM không bị sai lệch theo phân bố (no bias shift) - một ưu điểm rất quan trọng trong ứng dụng thực tế.

4. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo đã nghiên cứu ứng dụng thuật toán LightGBM để dự báo lưu lượng giao thông sử dụng bộ dữ liệu gồm 2.976 bản ghi và 9 trường dữ liệu đầu vào: Time, Date, Day of Week, carcount, bikecount, buscount, truckcount, total, situation. Kết quả thử nghiệm được đánh giá qua hiệu suất của mô hình, ma trận nhầm lẫn và tính tương quan giữa giá trị thực và giá trị dự đoán. Tất cả các kết quả thu được đều cho thấy mô hình dự báo sử dụng LightGBM là có độ tin cậy cao và phù hợp cho việc ứng dụng vào các hệ thống phân loại mức độ lưu lượng thời gian thực. Điều đó chứng minh rằng LightGBM là lựa chọn mạnh mẽ và hiệu quả cho các hệ thống phân tích và dự báo lưu lượng giao thông hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. W. Cheng, J.-I. Li, H.-C. Xiao, và L.-n. Ji (2022), Combination predicting model of traffic congestion index in weekdays based on LightGBM-GRU, Scientific Reports, vol.12, art.2912. Doi: 10.1038/s41598-022-06975-1.
- [2]. Y. Zhang, C. Zhu and Q. Wang, LightGBM-based model for metro passenger volume forecasting, IET Intelligent Transport Systems, vol.14, no.13, pp.1815-1823. Doi: 10.1049/iet-its.2020.0396.
- [3]. I. Ahmed, I. Kumara, V. Reshadat, A. S. M. Kayes, W.-J. van den Heuvel and D. A. Tamburri (2022), Travel Time Prediction and Explanation with Spatio-Temporal Features: A Comparative Study, Electronics, vol.11, no.1, art.106. Doi: 10.3390/electronics11010106.

[4]. Z. Chu, J. Yu and A. Hamdulla (2020), LPG-model: A novel model for throughput prediction in stream processing, using a light gradient boosting machine, incremental principal component analysis and deep gated recurrent unit network, Information Sciences, vol.535, pp.107-129. Doi: 10.1016/j.ins.2020.05.042.

[5]. X. Zeng, Y. Wang, J. Wang, et al. (2021), Short-Term Traffic Flow Prediction Based on Ensemble Machine Learning Strategies, in Proceedings of IEEE 10th International Conference on Big Data (BigData Congress/Data Science).

[6]. M. Patel (2024), Unleashing the Potential of Boosting Techniques to Station-Pair Short-Term Passenger Flow Forecast, Procedia Computer Science/Conference Proceedings.

Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo hướng phát triển bền vững

Analysis of the factors influencing the selection of sustainable Commercial - Service urban models

> TS NGUYỄN HOÀI NGHĨA¹, KS LƯU HOÀNG ÂN², TS NGUYỄN THANH PHONG^{3,4*}

¹Khoa KT&QLXD, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM

Email: nhnghia@hcmiu.edu.vn

²HVCH Ngành Quản lý xây dựng, Khoa Đào tạo Sau Đại học, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

Email: anh.238m@ou.edu.vn

³Nhóm nghiên cứu liên ngành Quản lý dự án & Tri thức chuyên nghiệp (K2P), Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Bộ môn Quản lý Xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

*Corresponding author, Email: phong.nt@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh chóng tại Việt Nam kéo theo sự phát triển mạnh mẽ của các khu đô thị thương mại - dịch vụ, đặt ra yêu cầu cấp thiết phải xác định các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị phát triển theo hướng bền vững. Nghiên cứu này nhằm xác định và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo hướng phát triển bền vững, đặc biệt tại khu vực vùng ven. Phương pháp nghiên cứu kết hợp khảo sát chuyên gia và phân tích thống kê 129 mẫu hợp lệ, sử dụng chỉ số mức độ quan trọng tương đối (RII) để xác định mức ảnh hưởng của 26 yếu tố. Kết quả cho thấy bảy yếu tố có vai trò quyết định ($RII > 0,85$) gồm: *Có yếu tố sinh thái tự nhiên đặc trưng, Có sự đồng thuận của người dân về định hướng xây dựng đô thị, Chính sách địa phương ưu tiên cho lĩnh vực sản xuất, Có nhiều loại hình công trình nhà ở cho người thu nhập thấp, Công trình thương mại - dịch vụ phát triển dày đặc, Tỷ lệ lao động phổ thông cao, và Các công trình, dự án hiện hữu áp dụng tiêu chuẩn xanh*. Các yếu tố này thể hiện mối liên hệ chặt chẽ giữa ba trụ cột kinh tế - xã hội - môi trường trong quy hoạch đô thị bền vững. Nghiên cứu đề xuất khung đánh giá hỗ trợ cơ quan quản lý, nhà quy hoạch và nhà đầu tư trong việc lựa chọn hoặc điều chỉnh mô hình đô thị thương mại - dịch vụ, hướng đến phát triển xanh, thích ứng và cân bằng lâu dài.

Từ khóa: Chỉ số RII, mô hình đô thị, phát triển bền vững, thương mại - dịch vụ, tiêu chuẩn xanh.

ABSTRACT

The rapid urbanization process in Vietnam has driven the strong development of commercial - service urban areas, creating an urgent need to identify the key factors influencing the selection of sustainable urban development models. This study aims to identify and analyze the factors affecting the choice of sustainable commercial-service urban models, particularly in suburban areas. The research combines expert surveys and statistical analysis of 129 valid responses, using the Relative Importance Index (RII) to determine the influence levels of 26 factors. The results indicate that seven factors play a decisive role ($RII > 0.85$), including: *the presence of distinctive natural ecological features; public consensus on urban development orientation; local policies prioritizing production sectors; diversity of housing types for low-income residents; dense development of commercial-service buildings; a high proportion of unskilled labor; and the application of green standards in existing projects*. These factors highlight the close interconnection among the economic, social, and environmental pillars of sustainable urban planning. The study proposes an evaluation framework to assist policymakers, planners, and investors in selecting or adjusting commercial - service urban models toward green, adaptive, and long-term balanced development.

Keywords: RII index, urban models, sustainable development, commercial - service, green standards.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, quá trình đô thị hóa ở nhiều quốc gia phát triển cũng như đang phát triển diễn ra rất nhanh, kéo theo sự mở rộng mạnh mẽ của các khu thương mại - dịch vụ đô thị. Cùng với đó, việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ không chỉ đơn thuần là lựa chọn về hình thái sử dụng đất hay chức năng kinh tế, mà còn là quyết định chiến lược mang tính hệ thống, bởi nó ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên, quản lý chất thải và khả năng thích ứng của đô thị trước các thách thức của biến đổi khí hậu. Nếu mô hình được lựa chọn thiếu xem xét các yếu tố môi trường - sinh thái, rất dễ dẫn đến những hệ quả như: gia tăng phát thải khí nhà kính, tăng áp lực chất thải rắn và nước thải, giảm diện tích xanh và suy giảm chất lượng sống đô thị [1].

Đặc biệt, khía cạnh sinh thái tự nhiên - gồm việc tích hợp không gian xanh, mặt nước, hệ sinh thái tự nhiên vào cấu trúc đô thị - đang được công nhận là nền tảng cho khả năng tái tạo và giảm thiểu tác động môi trường của các khu thương mại - dịch vụ. Khi các hoạt động thương mại diễn ra trong môi trường được thiết kế sinh thái tốt, đô thị có khả năng hấp thụ tốt hơn các tác nhân bên ngoài như ô nhiễm hoặc biến đổi vi khí hậu. Hơn nữa, khái niệm “đô thị tuần hoàn” (circular city) đã được nhiều tác giả đưa ra như một hướng tiếp cận để kết nối kinh tế - xã hội với tuần hoàn tài nguyên, trong đó các khu thương mại - dịch vụ đóng vai trò quan trọng trong chuỗi luồng vật chất, năng lượng và chất thải [2].

Bên cạnh đó, ô nhiễm môi trường - cả không khí, nước, đất và âm thanh - là những thách thức không thể bỏ qua trong khu vực thương mại - dịch vụ. Hoạt động thương mại lớn (bán lẻ, logistics, dịch vụ, kho bãi) thường đi liền với lượng người, phương tiện, hàng hóa tăng mạnh, dẫn tới phát thải từ nhiều nguồn như giao thông, công trình và việc sử dụng năng lượng. Việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ mà không tính tới thiết kế giảm phát thải, kiểm soát ô nhiễm và khuyến khích vận tải bền vững sẽ làm giảm đáng kể khả năng phát triển bền vững. Thêm vào đó, yếu tố quản lý chất thải trở thành “điểm nghẽn” nếu mô hình không được thiết kế để thu gom, phân loại, tái chế và xử lý cuối một cách hiệu quả. Khu thương mại - dịch vụ với mật độ cao sẽ phát sinh một lượng lớn chất thải (rắn, nước thải, đóng gói) và nếu không được quản lý theo hướng tuần hoàn sẽ gia tăng gánh nặng môi trường cũng như chi phí vận hành.

Từ các phân tích trên, rõ ràng rằng việc xác định những yếu tố môi trường - sinh thái - chất thải là rất cần thiết để hỗ trợ nhà đầu tư, chính quyền đô thị và nhà quy hoạch trong việc lựa chọn mô hình thương mại - dịch vụ phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng một bộ khung lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ có tham chiếu rõ ràng về môi trường - sinh thái và chất thải, giúp nhà quản lý đô thị và nhà đầu tư có định hướng phát triển theo hướng tăng trưởng xanh, quản lý hiệu quả tài nguyên và nâng cao chất lượng sống đô thị. Bằng cách xác định rõ các yếu tố quan trọng, nghiên cứu sẽ góp phần thu hẹp khoảng trống giữa khái niệm phát triển bền vững và thực tiễn lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ tại Việt Nam, nơi mà dữ liệu hệ thống về môi trường và chất thải trong khu dịch vụ đô thị vẫn còn hạn chế.

2. CÁC NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY

Nghiên cứu quốc tế

Campbell (1996) xây dựng một mô hình tam giác phát triển bao gồm tăng trưởng kinh tế, chất lượng môi trường, và công bằng xã hội trong quy hoạch đô thị [3]. Mô hình này được áp dụng cho một khu thương mại dịch vụ ở vùng ven. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình đã giúp cân đối giữa việc “nén đô thị” và mật độ sản dịch

vụ (tăng trưởng kinh tế), giữa không gian xanh và giao thông thái carbon thấp (chất lượng môi trường), và giữa công bằng và gánh nặng chi phí (công bằng xã hội). Nghiên cứu này cũng chỉ ra các yếu tố cần xem xét khi quy hoạch khu đô thị thương mại - dịch vụ bao gồm: Khả năng tiếp cận hệ thống công trình dịch vụ đô thị, hạ tầng giao thông, logistics thuận lợi; ứng dụng hạ tầng công nghệ (quản lý, vận hành); thể chế, môi trường, chính sách giá/đất đai.

Woltjer (2014) đã tập trung lược khảo các nghiên cứu liên quan đến việc phát triển vùng ven đô thị trên quy mô toàn cầu [4]. Tác giả đã nhấn mạnh vai trò của các “điểm nút vùng”, các điểm giao cắt hạ tầng - giao thông, như hạt nhân tổ chức không gian. Nghiên cứu đã chỉ ra vai trò của việc thực hiện quản lý liên thông đa cấp, kết nối vùng - đô thị, và kết hợp nhiều chức năng trong việc hình thành các cụm thương mại - dịch vụ. Kết quả nghiên cứu đã hỗ trợ xác định các yếu tố cốt lõi cho mô hình thương mại - dịch vụ bao gồm: tiếp cận/vận chuyển, mật độ sản dịch vụ, liên kết trung tâm và vùng. Đồng thời tác giả cũng cung cấp tiêu chí nhận diện khu vực đủ điều kiện chuyển từ “khu vực ở và ăn uống” sang khu hạt nhân thương mại - dịch vụ.

Caprotti & Gong (2017) đã tiến hành nghiên cứu các trải nghiệm của cư dân trong các đô thị mới ở Trung Quốc [5]. Các tác giả nhấn mạnh tính bền vững xã hội như là một điều kiện để các lõi chức năng dịch vụ vận hành hiệu quả như là: dịch vụ sinh hoạt gần, không gian công cộng chất lượng, và cấu trúc đường phố ưu tiên cho việc đi bộ. Dù nghiên cứu này được tiến hành ở các đô thị sinh thái, kết quả nghiên cứu cũng rất hữu ích cho các khu đô thị thương mại - dịch vụ vùng ven.

Wang và cộng sự (2020) đã thực hiện việc so sánh các mô hình quản trị đô thị ở nhiều nước trên thế giới theo hướng chuyển đổi carbon thấp [6]. Các tác giả đã nhấn mạnh việc phối hợp chính sách - công cụ kinh tế - tổ chức không gian để điều hướng cơ cấu ngành và hành vi di chuyển của cư dân. Nghiên cứu này đề cập đến các yếu tố liên quan đến việc lựa chọn mô hình đô thị dựa trên các yếu tố thể chế - chính sách, phân kỳ đầu tư, kiểm soát môi trường, và việc ưu tiên khuyến khích giao thông công cộng hoặc phi cơ giới.

Sanches và cộng sự (2021) đề xuất mô hình đô thị ở vùng ven. Mô hình đề xuất là sự kết hợp giữa mật độ nén đô thị, khả năng đi bộ, không gian xanh kết nối và hệ sinh thái dịch vụ tri thức - văn phòng [7]. Nghiên cứu đề cập đến các yếu tố: diện tích sàn dịch vụ/ văn phòng, tính liên tục của mặt tiền khu thương mại (active frontage), chỉ số tiếp cận đi bộ, và hạ tầng số. Các yếu tố này hỗ trợ cho việc tạo lõi cho mô hình đô thị thương mại - dịch vụ bền vững thay vì khu vực dân cư và ăn uống rời rạc.

Nghiên cứu trong nước

Lộc (2022) đã tiến hành phân tích chi tiết và tổng quan thực tiễn quản lý việc quy hoạch xây dựng và phát triển đô thị - nông thôn tại Đà Lạt [8]. Tác giả đã đề cập đến sự quy hoạch chuyển đổi đất rừng sản xuất thành đất phi nông nghiệp cho khu du lịch sinh thái và hạ tầng. Nghiên cứu đề cập các yếu tố quản lý - chính sách, cơ chế chuyển mục đích và cấp phép có điều kiện, bảo tồn cây xanh-rừng đô thị, phát triển du lịch nông thôn. Tác giả cũng nhấn mạnh mô hình “Làng đô thị xanh” sẽ ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị, kiểm soát xây dựng và chất lượng môi trường vùng ven.

Dugot và Dũng (2024) nghiên cứu so sánh chính sách quy hoạch khu thương mại - dịch vụ giữa châu Âu và Việt Nam để xác định mối quan hệ giữa việc hiện đại hóa mô hình bán lẻ và tổ chức không gian đô thị. Các tác giả nhấn mạnh xu hướng đa trung tâm và tái kích hoạt lõi [9]. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đề cập đến các yếu tố của khu đô thị dịch vụ - thương mại bao gồm: khả năng tiếp cận - kết nối giao thông, hạ tầng xã hội, bảo tồn di sản và quản lý - chính sách,

mở rộng khu vực bán lẻ ra ngoại vi, nhu cầu sử dụng đất và việc phân bố bất bình đẳng, và môi trường.

Sĩ (2023) tiến hành đánh giá các nhân tố ảnh hưởng tới việc xây dựng đô thị thông minh tại Tam Kỳ (Quảng Nam cũ). Tác giả đã thu thập 200 mẫu khảo sát và sử dụng phần mềm SPSS để tiến hành phân tích. Sau khi thực hiện các kiểm định Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố EFA, phân tích tương quan Pearson và phân tích hồi quy đa biến, tác giả đã xác định các nhân tố bao gồm: Quản lý thông minh, môi trường thông minh, công nghệ thông minh, cư dân thông minh có tác động cùng chiều đến việc xây dựng đô thị thông minh. Trong khi đó, nhân tố kinh tế thông minh bị loại vì không đạt ý nghĩa thống kê.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo quy trình ở Hình 1, bao gồm các bước sau:

- Xác định vấn đề và mục tiêu nghiên cứu.
- Tổng quan lý thuyết về các mô hình đô thị từ các bài báo, luận văn, sách và các tài liệu liên quan nhằm xác định các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo định hướng phát triển bền vững.
- Lấy ý kiến chuyên gia về sự phù hợp và những thiếu sót của danh sách các yếu tố.
- Từ danh mục yếu tố sau khi lấy ý kiến chuyên gia, xây dựng bảng câu hỏi khảo sát sơ bộ.

- Thực hiện khảo sát thí điểm với các chuyên gia trong lĩnh vực quy hoạch đô thị.

- Căn cứ vào ý kiến thu thập được từ khảo sát thử nghiệm, hiệu chỉnh bảng câu hỏi sơ bộ để xây dựng bảng câu hỏi chính thức.

- Tiến hành khảo sát và thu thập dữ liệu chính thức từ những người có kinh nghiệm trong lĩnh vực quy hoạch đô thị.

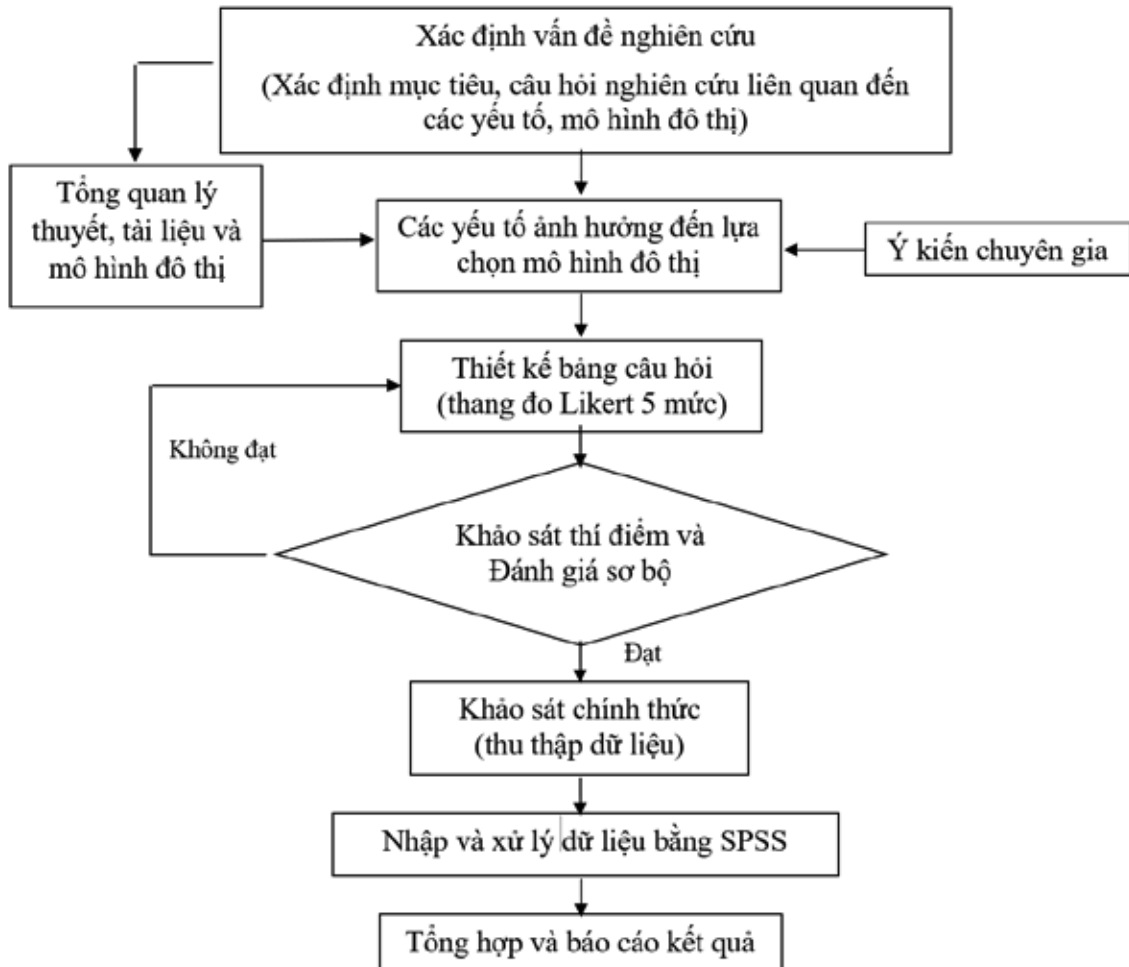
- Đánh giá các bảng câu hỏi thu về để loại bỏ các bảng trả lời không hợp lệ.

- Tiến hành nhập và xử lý dữ liệu thu thập bằng SPSS và Excel theo phương pháp chỉ số RII.

- Từ kết quả phân tích, tiến hành đánh giá, thảo luận và đưa ra các khuyến nghị.

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập bằng bảng câu hỏi khảo sát. Tổng số phiếu khảo sát phát ra là 180 phiếu. Trong đó, số phiếu hợp lệ thu về và đủ điều kiện để phân tích cuối cùng là 129 phiếu (tỷ lệ 71,6%). Chuyên môn của các đáp viên chủ yếu là đang công tác ở lĩnh vực Quy hoạch, Kinh tế đô thị, Kiến trúc, Quản lý đô thị, và Quản lý dự án/Chủ đầu tư. Kết quả khảo sát cho thấy mẫu tập trung vào các lĩnh vực gắn với quy hoạch, thiết kế và quản lý đô thị.

Kiểm định độ tin cậy thang đo cho nhóm yếu tố (26 mục) cho thấy Cronbach's Alpha của thang đo đạt xấp xỉ 0,925 (>0,8). Giá trị "Alpha if item deleted" dao động 0,922-0,927 ở tất cả các mục, chứng tỏ không có mục nào làm suy giảm độ tin cậy (Trọng & Ngọc 2008) [11]. Do đó toàn bộ mục hỏi được giữ lại cho các phân tích tiếp theo.



Hình 1. Quy trình nghiên cứu

Phương pháp phân tích dữ liệu

Phương pháp chỉ số quan trọng tương đối (RII) được sử dụng để xác định mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình thương mại - dịch vụ theo hướng bền vững [12]. Các phần mềm SPSS và Excel được sử dụng để phân tích và tính toán số liệu thu thập.

Chỉ số quan trọng tương đối (RII) được tính toán theo công thức sau:

$$RII = \frac{\sum W_i}{AxN}$$

Trong đó:

- $\sum W_i$: là tổng điểm số của từng yếu tố được đánh giá,

- A: là giá trị lớn nhất trên thang đo,
- N: là tổng số chuyên gia tham gia trả lời.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dựa vào dữ liệu thu thập từ khảo sát được xử lý phân tích thống kê, kết quả cho thấy 26 yếu tố ảnh hưởng hiệu quả vốn đầu tư dự án bất động sản đều có giá trị trung bình lớn hơn 3, chứng tỏ các yếu tố này đều có mức độ ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu. Xếp hạng các yếu tố theo từng mức độ ảnh hưởng thông qua chỉ số mức độ quan trọng tương đối (RII) được thể hiện cụ thể trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phân tích chỉ số quan trọng tương đối (RII) của các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả vốn đầu tư

Yếu tố quan trọng	Mô hình đô thị thương mại - dịch vụ			
	Xếp hạng	Trung bình	Độ lệch chuẩn	RII
Có yếu tố sinh thái tự nhiên đặc trưng	1	4.43	0.80	0.886
Có sự đồng thuận của người dân về định hướng xây dựng đô thị	2	4.38	0.78	0.876
Chính sách địa phương ưu tiên cho lĩnh vực sản xuất	3	4.34	0.78	0.868
Có nhiều loại hình công trình nhà ở cho người thu nhập thấp	4	4.32	0.73	0.864
Công trình thương mại - dịch vụ phát triển dày đặc	5	4.32	0.81	0.864
Tỷ lệ lao động phổ thông cao	6	4.29	0.72	0.858
Các công trình, dự án hiện hữu áp dụng tiêu chuẩn xanh	7	4.26	0.82	0.852
Gần các khu ở sinh thái	8	4.21	0.85	0.842
Có khả năng tiếp cận hệ thống công trình dịch vụ đô thị	9	4.19	0.78	0.838
Có nhiều kho xưởng sản xuất hiện hữu	10	4.16	0.80	0.832
Có định hướng quy hoạch khu dân cư, khu dịch vụ đô thị	11	4.13	0.79	0.826
Mức độ gắn kết và sinh hoạt cộng đồng của dân cư trong khu vực	12	4.11	0.92	0.822
Có định hướng quy hoạch khu công nghiệp	13	4.01	0.93	0.802
Có các công trình hạ tầng xã hội quy mô cấp vùng	14	3.99	0.82	0.798
Là đầu mối hạ tầng giao thông cấp vùng	15	3.95	0.91	0.790
Các dự án quy hoạch được quản lý riêng lẻ, manh mún	16	3.94	0.89	0.788
Ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường và quản lý chất thải	17	3.85	0.99	0.770
Tỷ lệ gia tăng dân số và mật độ cư trú cao	18	3.79	0.86	0.758
Hình thái kinh tế xã hội hiện hữu	19	3.79	0.92	0.758
Các đề xuất điều chỉnh quy hoạch từ đất dịch vụ công cộng sang khu xưởng, kho sản xuất	20	3.72	0.87	0.744
Có hạ tầng giao thông, logistics thuận lợi	21	3.71	0.89	0.742
Ứng dụng hạ tầng công nghệ trong quản lý và vận hành	22	3.69	0.91	0.738
Các đề xuất điều chỉnh quy hoạch từ đất dịch vụ công cộng sang khu ở	23	3.67	1.00	0.734
Gần các khu công nghiệp hiện hữu	24	3.60	0.99	0.720
Khả năng ứng phó biến đổi khí hậu	25	3.59	1.04	0.718
Có các công trình tôn giáo, di tích	26	3.23	1.04	0.646

Kết quả phân tích chỉ số quan trọng tương đối (RII) cho thấy 26 yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình. Các yếu tố này có thể được chia thành các nhóm chính như sau:

- Nhóm yếu tố rất quan trọng có giá trị $RII > 0.85$ (7 yếu tố)
- Nhóm yếu tố quan trọng có giá trị $0.75 \leq RII < 0.85$ (12 yếu tố)
- Nhóm yếu tố ít quan trọng có giá trị $RII < 0.75$ (7 yếu tố)

Nhóm yếu tố rất quan trọng ($RII > 0.85$): Các yếu tố này đóng vai trò rất quan trọng và có ảnh hưởng mạnh, chi phối đến sự lựa chọn mô hình quy hoạch thương mại - dịch vụ theo hướng bền vững. Các yếu tố thuộc nhóm này bao gồm:

- Yếu tố *Có yếu tố sinh thái tự nhiên đặc trưng* ($RII=0.886$) là yếu tố được nhận định là quan trọng nhất khi lựa chọn mô hình đô thị phát triển theo hướng thương mại - dịch vụ vì nó tạo điểm “neo” bản sắc và ngưỡng môi trường, chi phối việc quản lý và quy hoạch về hiện trạng, mật độ dự kiến - không gian xanh; định hướng mô hình thân thiện sinh thái, hạn chế xướng, kho, ưu tiên giải pháp xanh nhằm hạn chế tác động đến môi trường tự nhiên.

- Yếu tố *Có sự đồng thuận của người dân về định hướng xây dựng đô thị* ($RII=0.876$) là yếu tố quan trọng tiếp theo. Sự nhất quán của người dân giúp giảm xung đột, tăng sự tuân thủ và tính chính danh của quy hoạch, rút ngắn thủ tục, giúp triển khai hạ tầng - đầu tư thuận lợi, nâng độ bền chính sách và khả năng duy trì mô hình phát triển đã chọn.

- Yếu tố *Chính sách địa phương ưu tiên cho lĩnh vực sản xuất* ($RII=0.868$) sẽ định hình phân bổ quỹ đất xây dựng, ưu đãi và hạ tầng; kéo chuỗi logistics - lao động, nghiêng về dịch vụ hỗ trợ hoặc có thể là công nghiệp nhẹ; mà giảm bớt các thủ tục về pháp lý, hoặc môi trường.

- Yếu tố *Có nhiều loại hình công trình nhà ở cho người thu nhập thấp* ($RII=0.864$) với sự đa dạng nhà ở, tiện ích và giá cả phải chăng sẽ giúp thu hút nguồn lao động, giảm những khu tự phát, tăng khả năng duy trì lực lượng sản xuất - dịch vụ, ổn định xã hội và tạo nhiều sức chứa giúp giãn dân từ lõi đô thị hiện hữu.

- Yếu tố *Công trình thương mại - dịch vụ phát triển dày đặc* ($RII=0.864$) là nền tảng, cơ sở để tạo nhiều trục, khu vực phát triển mô hình thương mại - dịch vụ. Phản ánh nhu cầu cũng như sự sẵn sàng của thị trường nhưng đòi hỏi cần phải tổ chức bổ sung hạ tầng kỹ thuật để tránh quá tải.

- Yếu tố *Tỷ lệ lao động phổ thông cao* ($RII=0.858$) là nguồn cung cho sản xuất - kho vận, thúc đẩy mô hình thương mại - dịch vụ hậu cần, kéo theo nhu cầu nhà ở giá rẻ, và hạ tầng xã hội.

- Yếu tố *Các công trình, dự án hiện hữu áp dụng tiêu chuẩn xanh* ($RII=0.852$) vừa được xem là yêu cầu và là tín hiệu về năng lực quản trị bền vững, nhằm đảm bảo sự phát triển đồng bộ trong khu đô thị.

Như vậy, nếu khu vực quy hoạch có các yếu tố kể trên thì nên ưu tiên quy hoạch mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo định hướng phát triển bền vững. Nếu khu vực hiện nay đã được quy hoạch theo mô hình thương mại - dịch vụ thì cần được tập trung duy trì, nâng cấp các yếu tố này như điều kiện tiên quyết cho tăng trưởng bền vững.

Nhóm yếu tố quan trọng ($0.75 \leq RII < 0.85$): Các yếu tố này có vai trò quan trọng, ảnh hưởng đến sự lựa chọn mô hình quy hoạch thương mại - dịch vụ theo hướng bền vững. Các yếu tố cần được lưu ý để phân bổ nguồn lực cho công tác quản lý, quy hoạch và xây dựng mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo hướng bền vững.

- Yếu tố *Gắn các khu ở sinh thái* ($RII=0.842$) cũng được quan tâm khi phát triển mô hình thương mại - dịch vụ. Việc phát triển không gian một khu vực cần quan tâm đến mối liên hệ khu vực nhằm tạo cộng hưởng. Yếu tố này thể hiện sự cân bằng với các không gian liên kế của khu vực được phát triển theo mô hình đô thị thương mại - dịch vụ.

- Yếu tố *Có khả năng tiếp cận hệ thống công trình dịch vụ đô thị* ($RII=0.838$) cũng được đánh giá tương đối cao để đảm bảo cơ sở hạ tầng xã hội cho khu vực phát triển theo mô hình thương mại - dịch vụ. Bên cạnh đó, kết nối, tiếp cận với hệ thống dịch vụ ở mức độ cao hơn cũng cần được lưu ý.

- Yếu tố *Có nhiều kho xưởng sản xuất hiện hữu* ($RII=0.832$) cũng cần được xem xét khi phát triển mô hình thương mại - dịch vụ. Dấu ấn của một khu vực có nhiều kho xưởng tự phát tạo quán tính cho mô hình công nghiệp. Do đó cần xem xét cân nhắc kỹ về lâu dài để đảm bảo hiệu quả đầu tư và kiểm soát ô nhiễm - xung đột đất đai.

- Yếu tố *Có định hướng quy hoạch khu dân cư, khu dịch vụ đô thị* ($RII=0.828$) đóng vai trò dẫn dắt đầu tư và hạ tầng. Mức độ “khớp” với điều kiện địa phương quyết định tính khả thi của mô hình quy hoạch cũng như rủi ro phải điều chỉnh cục bộ.

- Yếu tố *Mức độ gắn kết và sinh hoạt cộng đồng của dân cư trong khu vực* ($RII=0.82$) yếu tố này cũng cần được xem xét khi thực hiện quy hoạch mô hình thương mại - dịch vụ. Nếu mức độ gắn kết và sinh hoạt cộng đồng quá cao thì sẽ phù hợp hơn với các hướng phát triển đô thị có tính chất thiên về mô hình dân cư vì sẽ hạn chế việc phát triển của mô hình thương mại - dịch vụ phát triển mạnh.

- Yếu tố *Có định hướng quy hoạch khu công nghiệp* ($RII=0.816$) sẽ ảnh hưởng đến việc chọn lựa mô hình thương mại - dịch vụ vì yếu tố này phù hợp hơn với mô hình đô thị phát triển theo hướng công nghiệp, không phù hợp để lựa chọn mô hình quy hoạch thương mại - dịch vụ.

- Yếu tố *Có các công trình hạ tầng xã hội quy mô cấp vùng* ($RII=0.808$) bao gồm các công trình như bệnh viện, trường đại học, và trung tâm nghiên cứu. Các công trình này là hạt nhân tri thức, tạo cực dịch vụ, kéo đổi mới và nhà ở chất lượng, cân bằng giữa tăng trưởng và phúc lợi. Cần xem xét phát triển các công trình hạ tầng xã hội đối với mô hình thương mại - dịch vụ.

- Yếu tố *Là đầu mối hạ tầng giao thông cấp vùng* ($RII=0.804$) quyết định việc mở rộng thị trường lao động - hàng hóa, giảm chi phí vận chuyển, thuận lợi với nhiều loại mô hình quy hoạch nhưng đòi hỏi sự đồng bộ trong phát triển hạ tầng.

- Yếu tố *Các dự án quy hoạch được quản lý riêng lẻ*, manh mún ($RII=0.792$) sẽ dẫn đến việc phân mảnh, thiếu kết nối và chông chéo hạ tầng. Yếu tố này cần được quan tâm để không ảnh hưởng và đảm bảo sự thành công của mô hình quy hoạch.

- Yếu tố *Ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường và quản lý chất thải* ($RII=0.77$) cần được quan tâm khi thực hiện quy hoạch theo mô hình thương mại - dịch vụ theo định hướng bền vững để đảm bảo vấn đề môi trường, bảo vệ sức khỏe của người dân đô thị.

- Yếu tố *Tỷ lệ gia tăng dân số và mật độ cư trú cao* ($RII=0.758$) sẽ gây áp lực lên hạ tầng - dịch vụ của khu đô thị. Nếu tỷ lệ tăng nhanh thì cần lưu ý phát triển các nhu cầu thương mại - dịch vụ cơ bản, giao thông công cộng và nhà ở, kiểm soát ô nhiễm môi trường và đảm bảo chỉ tiêu không gian xanh.

- Yếu tố *Hình thái kinh tế xã hội hiện hữu* ($RII=0.758$) cần được xem xét để xác định sự phù hợp giữa mô hình với thực tế. Nếu hình thái kinh tế xã hội thực tế thiên về thương mại dịch vụ thì cần xem xét phát triển mô hình đô thị thương mại - dịch vụ.

Như vậy, nếu khu vực quy hoạch có các yếu tố kể trên thì nên phân bổ nguồn lực có chọn lọc để vừa tiết kiệm vừa hiệu quả khi có dự định quy hoạch mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo định hướng phát triển bền vững. Tuy nhiên, cũng có thể cân nhắc xây dựng mô hình đô thị lai để phát huy tối đa lợi thế hiện có của khu vực quy hoạch.

Nhóm yếu tố ít quan trọng ($RII < 0.75$) gồm: Các đề xuất điều chỉnh quy hoạch từ đất dịch vụ công cộng sang khu xưởng, kho sản xuất; Hạ tầng giao thông, logistic thuận lợi; Ứng dụng hạ tầng công

nghe trong quản lý và vận hành; Các đề xuất điều chỉnh quy hoạch từ đất dịch vụ công cộng sang khu ở; Gần các khu công nghiệp hiện hữu; Khả năng ứng phó biến đổi khí hậu; Có các công trình tôn giáo, di tích đóng vai trò ít quan trọng khi xem xét lựa chọn mô hình thương mại - dịch vụ theo định hướng bền vững. Tuy nhiên cũng cần phải lưu ý theo các nguyên tắc:

- Không làm thiếu hụt dịch vụ công khi điều chỉnh đất;
- Kiểm soát luồng hàng nặng, tiếng ồn và phát thải khi gần các khu công nghiệp hiện hữu;
- Ứng dụng hạ tầng công nghệ trong quản lý và vận hành với sự minh bạch của dữ liệu và điều phối giao thông;
- Tích hợp khả năng ứng phó biến đổi khí hậu vào tiêu chí chọn địa điểm và tiêu chuẩn xanh;
- Giới hạn mật độ và nâng chất lượng không gian công cộng nhằm mục đích bảo tồn thích ứng công trình tôn giáo, di tích.
- Chỉ nâng mức ưu tiên lựa chọn mô hình thương mại - dịch vụ đối với các yếu tố này khi chứng minh được lợi ích cận biên rõ ràng (như giảm chi phí, tăng năng suất, hấp thụ dân số) và có bù đắp quỹ đất dịch vụ công, năng lực hạ tầng xã hội, và hành lang logistics an toàn.

Nếu các yếu tố ở nhóm ít quan trọng nổi trội ở khu vực quy hoạch thì cần cân nhắc lựa chọn mô hình đô thị khác để phát triển phù hợp hơn nhằm tránh lãng phí và bảo đảm cho việc phát triển đô thị bền vững.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xác định được 26 yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn mô hình phát triển đô thị thương mại - dịch vụ theo định hướng phát triển bền vững. Kết quả cho thấy các yếu tố có tác động lớn nhất đến việc lựa chọn mô hình đô thị theo hướng thương mại - dịch vụ gồm: Có yếu tố sinh thái tự nhiên đặc trưng, Có sự đồng thuận của người dân về định hướng xây dựng đô thị, Chính sách địa phương ưu tiên cho lĩnh vực sản xuất, Có nhiều loại hình công trình nhà ở cho người thu nhập thấp, Công trình thương mại - dịch vụ phát triển dày đặc, Tỷ lệ lao động phổ thông cao, và Các công trình, dự án hiện hữu áp dụng tiêu chuẩn xanh.

Hai yếu tố môi trường, bao gồm: Có yếu tố sinh thái tự nhiên đặc trưng và Các công trình, dự án hiện hữu áp dụng tiêu chuẩn xanh, được đánh giá cao cùng với các yếu tố Có sự đồng thuận của người dân về định hướng xây dựng đô thị và Chính sách địa phương ưu tiên cho lĩnh vực sản xuất cho thấy sự tương hỗ giữa phát triển kinh tế, môi trường và xã hội. Nhóm 7 yếu tố quan trọng nhất này tạo thế cân bằng dưới lăng kính phát triển đô thị bền vững.

Từ kết quả nghiên cứu, nhà quản lý nhà nước, quản lý quy hoạch và lãnh đạo địa phương có thể áp dụng khi xem xét chọn lựa mô hình đô thị thương mại - dịch vụ theo định hướng phát triển bền vững. Các yếu tố trụ cột, quan trọng theo kết quả xếp hạng RII có thể được dùng để phục vụ công tác quản lý, định hướng và thực hiện quy hoạch đô thị. Ngoài ra kết quả nghiên cứu còn có thể được sử dụng để xây dựng bộ chỉ tiêu đánh giá, theo dõi, phân bổ nguồn lực có điều kiện cho nhóm tác động đáng kể để hình thành mô hình lại khi cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. UNEP (2024) - "Global Waste Management Outlook 2024". <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>.
- [2]. Girard, F. L., & Nocca, F. (2019). "Moving Towards the Circular Economy/City Model: Which Tools for Operationalizing This Model?" Sustainability, 11(22), 6253. <https://doi.org/10.3390/su11226253>.
- [3]. Campbell, S. (1996). "Green cities, growing cities, just cities? Urban planning and the contradictions of sustainable development." Journal of the American Planning

Association, 62(3), 296-312.

- [4]. Woltjer, J. (2014). "A global review on peri-urban development and planning." Journal Perencanaan Wilayah dan Kota, 25 (1), 1-16. <https://doi.org/10.32315/jpwd.v25i1.1273>.

- [5]. Caprotti, F., & Gong, Z. (2017). "Social sustainability and residents' experiences in a new chinese eco-city." Habitat International, 61, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.01.006>.

- [6]. Wang, C., Zhan, J., & Xin, Z. (2020). "Comparative analysis of urban ecological management models incorporating low-carbon transformation." Technological Forecasting & Social Change, 159, 120190. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120190>.

- [7]. Sanches, P., Oliveira, L. F., & Celani, G. (2021). "Green and compact: A spatial planning model for knowledge-based urban development in peri-urban areas." Sustainability, 13, 13365. <https://doi.org/10.3390/su132313365>

- [8]. Lộc, T. Đ. (2022). "Sự chuyển mình của nhóm đất nông nghiệp trong quy hoạch xây dựng và phát triển đô thị, nông thôn (góc nhìn từ thực tế quản lý quy hoạch tại Đà Lạt - Lâm Đồng)." Tạp chí Kiến trúc. <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/su-chuyen-minh-cua-nhom-dat-nong-nghiep-trong-quy-hoach-xay-dung-va-phat-trien-do-thi-nong-thon-goc-nhin-tu-thuc-te-quan-ly-quy-hoach-tai-da-lat-lam-dong.html>.

- [9]. Dugot, P., và Dũng, P. S. (2024). "Thương mại và đô thị: Từ lý thuyết đến thực tiễn - Một góc nhìn quốc tế." Tạp chí Quy hoạch Đô thị, 53, 64-70. <https://www.researchgate.net/publication/381435371>.

- [10]. Sĩ, V. T. (2023). "Các yếu tố ảnh hưởng đến việc xây dựng đô thị thông minh tại Thành phố Tam Kỳ, tỉnh Quảng Nam." Tạp chí Khoa học Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng, 21, 73-80. <https://doi.org/10.59294/HIUIS.21.2023.4.1>

- [11]. Trọng, H., & Ngọc, C. N. M. (2008). Thống kê ứng dụng trong kinh tế - xã hội (Tái bản lần thứ 2). NXB Lao động - Xã hội.

- [12]. Workineh, N. A., Shiferaw, D. S., Bogale, D. D., & Kassahun, M. T. (2025). "Identifying factors influencing rezoning in Woldia town of North Wollo, Amhara Region, Ethiopia." Sustainable Futures, 9: 100556. doi: 10.1016/j.sftr.2025.100556.

Workplace mental health interventions in the Vietnamese construction industry: A Social Ecological Model perspective

Các biện pháp bảo vệ sức khỏe tinh thần tại nơi làm việc trong ngành Xây dựng Việt Nam:
Góc nhìn từ Mô hình sinh thái xã hội

> NHI DIEM PHAM NGUYEN¹, LONG LE-HOAI², MINH VAN NGUYEN^{3,*}

¹Master's student in Construction Management Programme, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Ho Chi Minh City, Vietnam

*Corresponding author, Email: nguyenvanminh@hcmute.edu.vn

ABSTRACT

Construction employees face a high risk of mental ill health. This study aims to develop a list of workplace mental health initiatives based on the Social Ecological Model (SEM). The initiatives were first collected from previous studies and then refined through expert consultation with four Vietnamese practitioners. As a result, 23 initiatives were developed and categorized into five SEM levels: personal, interpersonal, organizational, community, and policy. The findings highlight that effective interventions should integrate actions across multiple levels, ranging from individual self-awareness and peer support to managerial and policy reforms. The study emphasizes the need to contextualize mental health initiatives to fit Vietnam's social and cultural characteristics. The results provide practical guidance for developing comprehensive, culturally sensitive workplace mental health strategies in the construction sector.

Keywords: Construction employees, initiatives, mental ill health, social ecological model (SEM).

TÓM TẮT

Người lao động trong ngành Xây dựng phải đối mặt với nguy cơ cao về các vấn đề sức khỏe tinh thần. Nghiên cứu này nhằm xây dựng danh sách các biện pháp bảo vệ sức khỏe tinh thần tại nơi làm việc dựa trên Mô hình sinh thái xã hội (SEM). Các biện pháp ban đầu được thu thập từ các nghiên cứu trước đây và sau đó được hiệu chỉnh thông qua tham vấn chuyên gia với bốn người lao động có kinh nghiệm trong ngành Xây dựng Việt Nam. Kết quả, 23 biện pháp đã được phát triển và phân loại theo năm cấp độ của SEM: Cá nhân, liên cá nhân, tổ chức, cộng đồng và chính sách. Kết quả cho thấy các can thiệp hiệu quả cần tích hợp hành động ở nhiều cấp độ, từ nhận thức cá nhân và hỗ trợ đồng nghiệp đến cải cách ở cấp tổ chức và chính sách. Nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc điều chỉnh các biện pháp bảo vệ sức khỏe tinh thần cho phù hợp với đặc điểm văn hóa xã hội của Việt Nam. Kết quả mang lại những gợi ý thực tiễn trong việc phát triển các chiến lược toàn diện và phù hợp văn hóa nhằm cải thiện sức khỏe tinh thần tại nơi làm việc trong ngành Xây dựng.

Từ khóa: Người lao động ngành Xây dựng, biện pháp bảo vệ, sức khỏe tinh thần, Mô hình sinh thái xã hội (SEM).

1. INTRODUCTION

The construction industry is known for its fast-paced, high-pressure work environment (Radzi et al., 2025). Employees often face tight project deadlines, long working hours, and unsafe site conditions. They also experience physical strain, job insecurity, and poor work-life balance. Studies from countries such as China (Wang et al., 2025) and Australia (Tennakoon et al., 2024) showed that construction professionals are frequently exposed to excessive workloads and unclear job roles, leading to chronic stress and burnout. These demanding work conditions, combined with the

temporary and competitive nature of construction projects, create significant psychological risks for workers.

As a result, construction employees show higher rates of mental ill health than workers in most other industries (Nguyen et al., 2025a). Organizational-level interventions are therefore essential to promote employees' mental well-being (Estudillo et al., 2024; Greiner et al., 2022). Many studies introduced workplace mental health initiatives, including stress management training, awareness programs, counseling services, and peer-support systems. For example, the "MATES in Construction" program in Australia has

successfully reduced suicide risks through early intervention and workplace engagement (Thompson and Doran, 2024). These examples demonstrate that construction organizations can play a vital role in improving workers' mental health through well-designed, systematic interventions.

However, applying such programs directly to Vietnam requires careful consideration of local cultural and social characteristics (Nguyen et al., 2025a). Vietnamese workplaces are strongly influenced by Confucian values (Truong and Hallinger, 2016), which emphasize respect for hierarchy and authority. This may discourage open communication about personal mental health struggles. In addition, stigma surrounding mental illness remains widespread, making employees reluctant to seek help or discuss emotional difficulties. Collective norms often prioritize group harmony over individual expression, further limiting open dialogue about stress and distress. These socio-cultural barriers can hinder the effective implementation of standard mental health interventions commonly used in Western countries.

Therefore, there is a strong need to identify workplace mental health interventions that are appropriate for the Vietnamese construction industry. This study aims to develop a context-specific framework using the Social Ecological Model (Tanhan and Young, 2021) to examine factors influencing mental health at multiple levels (i.e., individual, interpersonal, organizational, community, and policy). By adopting this holistic approach, the study will propose a list of workplace mental health interventions that align with Vietnam's cultural values and working environment. The results are expected to guide construction firms, policymakers, and practitioners in building psychologically healthy and supportive workplaces in Vietnam.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Mental ill health risk factors in the construction industry

Construction employees are frequently exposed to a range of mental ill-health risk factors (Tennakoon et al., 2024). Heavy workloads, long working hours, and strict time pressures characterize the industry. Workers often face high physical demands, job insecurity, and unstable employment patterns due to the project-based nature of construction (Radzi et al., 2025). These factors create constant uncertainty and financial stress, which in turn lead to psychological strain. Moreover, hazardous site conditions and the need to meet tight deadlines often result in fatigue, low morale, and burnout. Nguyen et al. (2025) noted that the combination of physical exhaustion and emotional pressure contributes significantly to mental ill health in the sector.

Interpersonal relationships and organizational culture also play an essential role in shaping workers' psychological well-being. Poor communication, bullying, and conflict with supervisors or colleagues are everyday occurrences in construction sites (Nwaogu et al., 2020). In environments where mistakes are punished rather than learned from, employees tend to experience fear and anxiety (Nwaogu and Chan, 2021). A negative safety climate and authoritarian management practices further increase stress levels. The lack of psychological safety prevents employees from expressing concerns or seeking help when they are distressed. Consequently, feelings of isolation and helplessness become more prevalent among construction workers.

Another important source of risk is the imbalance between work and personal life (Zhang et al., 2023). Long shifts and irregular schedules make it difficult for workers to maintain family and social relationships. This imbalance contributes to fatigue, reduced

motivation, and emotional exhaustion. Substance use and maladaptive coping behaviors are also widespread as workers attempt to manage stress (Zhang et al., 2023). Furthermore, the temporary nature of employment often limits access to health services and mental health support, especially for migrant or informal workers (Raj et al., 2021). These factors collectively increase vulnerability to depression, anxiety, and suicide.

Recent studies emphasize that mental ill-health risks in construction are multidimensional (Zhang et al., 2023). They arise not only from individual factors but also from organizational, cultural, and industry-wide conditions. Addressing these risks requires more than individual coping strategies. It calls for integrated approaches that promote supportive leadership, fair workload distribution, open communication, and access to mental health resources. Understanding these risk factors is therefore essential for designing effective workplace interventions that can protect and enhance psychological well-being in the construction industry.

2.2. Mental health interventions

Recent studies have shown growing attention to mental health interventions in the construction sector (Campbell and Gunning, 2020; Estudillo et al., 2024; Greiner et al., 2022). These studies highlighted that interventions in this industry aim to address both individual and organizational factors that contribute to mental distress. Many studies focus on improving awareness, reducing stigma, and strengthening social support within the workplace (Nguyen et al., 2025a, 2025b). Programs such as peer-support systems, counseling services, and mental health training for supervisors have been widely discussed as effective approaches (Mehany et al., 2024). These interventions encourage early recognition of mental health issues and promote a more supportive environment for workers.

At the individual level, researchers emphasize the importance of self-awareness, resilience, and coping strategies (Nguyen et al., 2025b). Training sessions and workshops help employees develop emotional regulation, problem-solving skills, and confidence to seek help when needed. Studies have also highlighted the role of self-monitoring and mindfulness techniques in improving workers' ability to manage stress and anxiety. By encouraging proactive self-care behaviors, these initiatives aim to reduce the long-term impact of occupational stress.

At the organizational level, interventions often target leadership, workload management, and communication culture (Karakhan et al., 2023). Research suggests that management commitment and open dialogue are critical to promoting psychological well-being. Supportive supervision, fair workload distribution, and flexible scheduling can help reduce fatigue and prevent burnout. Moreover, cultivating a culture of respect and feedback encourages employees to express concerns without fear of blame. Some studies also stress the integration of mental health into broader occupational safety systems to ensure continuous attention and accountability (Lawani et al., 2023; Pirzadeh et al., 2022).

Previous studies agree that effective mental health interventions must operate across multiple levels within construction organizations. Successful programs combine individual resilience-building with systemic changes in management practices and workplace culture. However, researchers also note that interventions should be context-specific and responsive to cultural and social characteristics. A one-size-fits-all approach may not be effective, as construction workers'

experiences, beliefs, and coping styles vary widely. Therefore, recent research calls for holistic and context-sensitive frameworks that integrate psychological, social, and organizational dimensions of mental health.

2.3. Social Ecological Model

The Social Ecological Model (SEM) provides a comprehensive framework for understanding how different factors influence mental health (Tanhan and Young, 2021). It views human behavior and well-being as outcomes of multiple interacting levels of influence. These levels commonly include the individual, interpersonal, organizational, community, and policy levels. Each level represents a set of conditions that can either protect or harm mental health. In the context of construction firms, SEM is useful for identifying how workplace systems, team relationships, and management practices jointly affect employees' psychological well-being.

At the individual level, workers' attitudes, coping skills, and awareness of mental health issues play a central role (Yu et al., 2024). Construction employees often rely on personal resilience to handle stress and fatigue. Training and education programs that enhance self-efficacy and emotional regulation can therefore strengthen individual-level protection. At the interpersonal level, peer relationships, teamwork, and supervisor support become important. In construction projects, where collaboration is constant, supportive communication and empathy among colleagues can reduce isolation and build trust.

The organizational level addresses how management commitment, leadership style, and company culture influence mental health. Organizational policies on workload, safety, and communication shape the firm's psychological climate. A positive organizational culture that promotes openness and respect can reduce stigma and encourage help-seeking. At the community level within the firm context, professional networks, subcontractor relationships, and industry partnerships shape shared norms. Collaborative initiatives between companies or industry associations can create a collective commitment to mental health promotion (Smith et al., 2022).

Although the policy level usually refers to national regulations, within firms, it can be seen as internal policies or management systems that formalize mental health practices. These may include employee assistance programs, flexible work policies, or clear procedures for stress reporting. Applying SEM within construction firms helps to design multilevel interventions that address both individual and organizational determinants of mental health. This approach ensures that strategies are not isolated but are connected

across different layers of influence within the workplace (Yu et al., 2024).

3. RESEARCH METHOD AND FINDINGS

This study followed a multi-step process to identify and develop workplace mental health initiatives suitable for construction firms in Vietnam. First, a comprehensive review of previous studies was conducted to collect existing initiatives from international research on mental health in construction. These initiatives consisted of multiple levels, including individual, organizational, and workplace culture improvement. The authors then revised the initial list to remove duplicates and irrelevant items and to ensure clarity of meaning. This step helped to align the initiatives with the Vietnamese construction context and organizational structure.

Next, the refined list was reviewed by four Vietnamese practitioners who have direct experience in managing construction projects. They included one representative from the board of directors (R1), one from the human resources department (R2), one site manager (R3), and one professional from the bidding department (R4). These experts evaluated each initiative for its relevance, feasibility, and cultural suitability. Their feedback helped ensure that the initiatives reflected real challenges and opportunities within Vietnamese construction firms. Figure 1 illustrates the research plan.

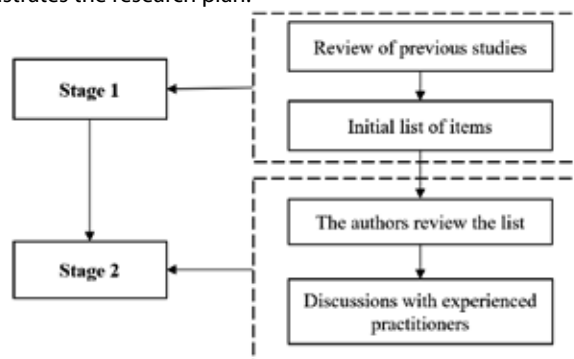


Figure 1. Research plan

After incorporating expert feedback, the list of initiatives was further refined and categorized according to the Social Ecological Model (SEM). The model allowed initiatives to be organized across multiple levels (i.e., individual, interpersonal, organizational, community, and policy) within the firm. Through this process, 23 initiatives were collectively agreed upon by the respondents. Table 1 presents the list of the initiatives.

Table 1. Mental health initiatives based on SEM

SEM factors	Code	Mental health initiatives
Personal	ID1	Form and maintain positive habits
	ID2	Self-monitor mental health status
	ID3	Develop stress management and recovery skills
	ID4	Support early identification and access to resources
	ID5	Rediscover personal values through work
Interpersonal	IP1	Strengthen colleague engagement and interaction
	IP2	Promote peer-to-peer communication and emotional support
	IP3	Build a culture of positive and supportive feedback
	IP4	Establish informal support networks

Organizational	OG1	Design and adjust workload
	OG2	Provide short breaks and recovery opportunities at the workplace
	OG3	Build a positive and compassionate organizational culture
	OG4	Empower employees and promote their capabilities
	OG5	Implement special support policies during the recovery phase
Community	CM1	Promote positive and compassionate internal communication
	CM2	Organize forums for sharing real-life experiences
	CM3	Encourage participation, support, and community connection
	CM4	Create internal spaces for initiative and proactive engagement
Policy	PO1	Leave policy for mental health reasons
	PO2	Policy supporting access to counseling services
	PO3	Policy on appropriate feedback and evaluation
	PO4	Anti-stigma and equitable psychological support policy
	PO5	Flexible human resource policy based on employees' mental health status

During the preparation of this work, the authors used ChatGPT to support the writing process and enhance the text's natural flow. All content generated with assistance was subsequently reviewed, verified, and edited by the authors.

4. DISCUSSIONS OF THE FINDINGS

The discussions reveal that personal-level initiatives are considered essential in promoting mental well-being among Vietnamese construction employees. All four respondents emphasized that improving self-awareness and daily self-care can reduce psychological distress. R1 commented that *"encouraging workers to form and maintain positive habits such as regular exercise, rest, and mindfulness helps them stay focused and calm under project pressure."* R2 added that *"self-monitoring one's mental health status helps employees recognize early signs of fatigue or anxiety,"* but admitted that Vietnamese workers are still reluctant to admit emotional problems due to fear of being judged as weak. R3 emphasized the need for *"practical training in stress management and recovery,"* suggesting short breaks and mindfulness sessions as effective within the construction context. R4 explained that *"rediscovering personal values through work increases employees' sense of pride and belonging,"* which aligns with Vietnamese collectivist values that emphasize dedication and contribution to group success.

The interpersonal factor reflects the Vietnamese cultural emphasis on harmony and social cohesion. R1 shared that *"strengthening colleague engagement and interaction (IP1) builds trust and unity,"* especially important in a hierarchical culture where communication gaps often exist. R2 remarked that *"peer-to-peer support (IP2) helps workers share emotions without fear of authority,"* which can counteract stigma surrounding mental health. R3 observed that *"positive and supportive feedback (IP3) encourages workers to perform better without humiliation,"* addressing a common issue in Vietnamese workplaces where top-down criticism dominates. R4 emphasized *"informal support networks (IP4), such as shared meals or online groups,"* as culturally suitable ways to increase emotional connection and open dialogue beyond formal structures.

The organizational factor focuses on leadership, management, and workplace culture within Vietnamese construction firms. R1 stressed that *"adjusting workload (OG1)*

and ensuring fairness" is crucial, as overwork is often normalized in Vietnamese culture. R2 added that *"short breaks and recovery (OG2) help reduce exhaustion,"* but admitted that taking rest is still viewed negatively by many managers. R3 emphasized the importance of *"a compassionate organizational culture (OG3),"* highlighting that Vietnamese leaders should shift from authoritative to empathetic management. R4 mentioned that *"empowering employees (OG4) strengthens trust,"* but such empowerment must be carefully implemented within hierarchical structures. Both R2 and R3 agreed that *"recovery policies (OG5) are vital for those returning from illness or burnout,"* since most local firms lack formal systems to support reintegration.

The community factor highlights the importance of connection, collective learning, and shared responsibility, which align closely with Vietnamese cultural values. R1 stressed that *"positive and compassionate internal communication (CM1) increases respect and unity."* R2 added that such communication can *"reduce stigma and encourage openness,"* addressing the cultural tendency to avoid discussing personal struggles. R3 believed that *"experience-sharing forums (CM2)"* reflect the Vietnamese tradition of learning through storytelling and peer learning. R4 supported *"community participation (CM3)"* through volunteering and social activities, which strengthen collective identity. R2 and R3 also emphasized that *"creating spaces for initiative (CM4)"* allows employees to express ideas, though they noted that many Vietnamese workers still hesitate to speak up due to respect for hierarchy.

The policy factor reflects the need to formalize psychological support within the workplace, which remains uncommon in Vietnam. R1 noted that *"introducing mental health leave (PO1)"* shows institutional recognition of emotional well-being, a new concept in Vietnamese firms. R2 added that *"access to counseling services (PO2)"* could normalize help-seeking behaviors in a society where mental health is often stigmatized. R3 pointed out that *"fair feedback and evaluation (PO3)"* reduces stress caused by strict performance reviews. R4 highlighted that *"anti-stigma policies (PO4)"* are critical to changing traditional views that link mental illness with personal weakness. Finally, R2 suggested *"flexible HR policies (PO5)"* that adjust workloads based on employees' mental health, reflecting a more human-centered approach that aligns with Vietnam's gradual shift toward sustainable, compassionate management practices.

5. CONCLUSIONS

This study explored workplace mental health interventions in the Vietnamese construction industry through the Social Ecological Model. The findings highlight that mental health should be addressed through multiple levels (i.e., individual, interpersonal, organizational, community, and policy). At the personal level, initiatives such as forming positive habits and developing coping skills help employees manage stress. Interpersonal interventions promote supportive relationships and open communication among colleagues. Organizational initiatives focus on workload balance, recovery opportunities, and a compassionate culture. Community and policy factors emphasize shared responsibility, inclusion, and the institutionalization of mental health support.

The study provides both theoretical and practical implications. Theoretically, it applies the Social Ecological Model to the construction context, demonstrating that mental health determinants exist beyond individual behavior. It contributes to the growing body of research on mental health in developing countries, where cultural values, workplace hierarchy, and stigma strongly influence outcomes. Practically, the 23 proposed initiatives offer a structured guide for Vietnamese construction firms to design, evaluate, and implement workplace mental health programs. They also serve as a reference for managers to increase open dialogue, flexible policies, and preventive interventions at multiple levels of their organizations.

However, the study has certain limitations. The findings are based only on qualitative insights from four practitioners, limiting generalizability. Moreover, the initiatives were not differentiated according to employees' mental health conditions, as suggested by the two-continua model of mental health. Future studies should apply quantitative methods to validate these initiatives and examine their effectiveness across groups with varying mental health statuses. Expanding the sample size and including diverse firm types will also provide a stronger empirical foundation for developing comprehensive and culturally relevant mental health strategies in construction.

Acknowledgement(s): This work received funding under project Grant No: B2025-SPK-05 from the Ministry of Education and Training and was hosted by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

REFERENCES

- [1]. Campbell, M.A., Gunning, J.G., 2020. Strategies to improve mental health and well-being within the UK construction industry, in: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Management, Procurement and Law*. pp. 64-74.
- [2]. Estudillo, B., Forteza, F.J., Carretero-Gómez, J.M., Rejón-Guardia, F., 2024. The role of organizational factors in promoting workers' health in the construction sector: A comprehensive analysis. *J. Safety Res.* 88, 41–55. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.10.007>
- [3]. Greiner, B.A., Leduc, C., O'Brien, C., Cresswell-Smith, J., Rugulies, R., Wahlbeck, K., Abdulla, K., Amann, B.L., Pashoja, A.C., Coppens, E., Corcoran, P., Maxwell, M., Ross, V., de Winter, L., Arensman, E., Aust, B., 2022. The effectiveness of organisational-level workplace mental health interventions on mental health and wellbeing in construction workers: A systematic review and recommended research agenda. *PLoS One* 17, 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277114>.
- [4]. Karakhan, A.A., Gambatese, J., Simmons, D.R., Albert, A., Breesam, H.K., 2023. Leading Indicators of the Health and Well-Being of the Construction Workforce: Perception of Industry Professionals. *Pract. Period. Struct. Des. Constr.* 28, 1-6. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000747](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000747).
- [5]. Lawani, K., Hare, B., Tong, M., Cameron, I., 2023. Exploring mental health challenges and implications for construction safety. *J. Eng. Des. Technol.* 1726-0531. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2023-0327>.
- [6]. Mehany, M.S.H.M., Fisher, G.G., Thiese, M., Kumar, S., 2024. *Assessment of Construction Workers' Mental Health to Improve Wellbeing*. Colorado, USA.
- [7]. Nguyen, M. Van, Khanh, H.D., Phan, C.T., 2025a. Investigating the impacts of psychological safety climate on mental ill health in the Vietnamese construction industry. *Eng. Constr. Archit. Manag.* <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2024-1576>.
- [8]. Nguyen, M. Van, Khanh, H.D., Phan, C.T., Thuc, L.D., 2025b. Exploring the awareness of construction employees on mental health problems : applying the health belief model. *Eng. Constr. Archit. Manag.* <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2024-1339>.
- [9]. Nwaogu, J.M., Chan, A.P.C., 2021. Evaluation of multi-level intervention strategies for a psychologically healthy construction workplace in Nigeria. *J. Eng. Des. Technol.* 19, 509-536. <https://doi.org/10.1108/JEDT-05-2020-0159>.
- [10]. Nwaogu, J.M., Chan, A.P.C., Darko, A., 2020. Review of global mental health research in the construction industry A science mapping approach. *Eng. Constr. Archit. Manag.* 27, 385-410. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2019-0114>.
- [11]. Pirzadeh, P., Lingard, H., Zhang, R.P., 2022. Job Quality and Construction Workers' Mental Health: Life Course Perspective. *J. Constr. Eng. Manag.* 148, 1-13. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002397](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002397).
- [12]. Radzi, A.R., K.S., A., Alias, A.R., Algahtany, M., Rahman, R.A., 2025. Modeling the factors affecting workplace well-being at construction sites: a cross-regional multigroup analysis. *J. Eng. Des. Technol.* 23, 1087–1110. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2023-0322>
- [13]. Raj, H., Bhandari, B., Adhikary, P., 2021. Perceived mental health , wellbeing and associated factors among Nepali male migrant and non-migrant workers : A qualitative study. *J. Migr. Heal.* 3, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.jmh.2020.100013>.
- [14]. Smith, M.E., Pahwa, R., Harrison, G.D., Sharpe, T.L., 2022. A Social – Ecological Model for Navigating Safety Across Time: The Experience of Black Adults With Serious Mental. *Illnesses. J. Soc. Social Work Res.* 13, 353–379. <https://doi.org/10.1086/714634>.
- [15]. Tanhan, A., Young, J.S., 2021. Approaching mental health: social ecological model and theory of planned behavior/theory of reasoned action. *Int. J. Eurasian Educ. Cult.* 6, 1967-2015.
- [16]. Tennakoon, T.M.M.P., Ranasinghe, U., Samaraweera, A., Rameezdeen, R., Gallage, S., Newman, W.R., White, B.J., Lim, D.N.T.W., 2024. Work-related factors affecting mental well-being of young construction workers in South Australia. *Built Environ. Proj. Asset Manag.* <https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2023-0233>.
- [17]. Thompson, N., Doran, C.M., 2024. Supervisor relationships, peer support and mental health stressors in the Australian building and construction industry. *J. Workplace Behav. Health* 40, 46-64. <https://doi.org/10.1080/15555240.2024.2315139>.
- [18]. Truong, T.D., Hallinger, P., 2016. Exploring cultural context and school leadership : conceptualizing an indigenous model of có uy school leadership in Vietnam. *Int. J. Leadersh. Educ.* 3124. <https://doi.org/10.1080/13603124.2015.1105388>.
- [19]. Wang, X., Chen, X., Zhang, H., Wong, C.U.I., 2025. Exploring the Role of Team Leisure Sports in Enhancing Occupational Commitment and Sustainability Among Construction Workers: A Focus on Team Cohesion. *Buildings* 15, 1-24. <https://doi.org/10.3390/buildings15040522>
- [20]. Yu, Q., Huang, C., Tian, Y., Yang, J., Li, X., Ning, M., Chen, Z., Du, J., 2024. Factors associated with clinical nurse ' s mental health : a qualitative study applying the social ecological model. *BMC Nurs.* 23, 330.
- [21]. Zhang, S., Sunindijo, R.Y., Frimpong, S., Su, Z., 2023. Work stressors, coping strategies, and poor mental health in the Chinese construction industry. *Saf. Sci.* 159, 106039. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106039>.

TỔNG MỤC LỤC NĂM 2025

THÁNG 1

NGOC LÝ	10	QUẢN LÝ NGÀNH	Ngành Xây dựng chủ động trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc
NGUYỄN MINH VĂN	14		Hy vọng mới nhà ở xã hội 2025
THU THẢO	18		Phát triển ngành VLXD Việt Nam tiệm cận với thế giới
NGUYỄN HOÀNG LINH	20	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN	Kỳ vọng gói 100 nghìn tỷ đồng!
PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG	22	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG	Đô thị di sản trong phát triển đô thị bền vững: Từ khái niệm đến thực tiễn tại Việt Nam
KTS PHẠM THANH TÙNG	30		Từ di sản đô thị đến đô thị di sản
GS.TS.KTS HOÀNG ĐẠO KÍNH	34		Phát triển tiếp nối các đô thị
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG	36		Không để đô thị di sản chỉ là tên gọi
TS.KTS HỒ CHÍ QUANG, THS.KTS ĐỖ THỊ THU VÂN	38		Hoàn thiện thể chế để bảo vệ, gìn giữ và phát huy giá trị các đô thị di sản Việt Nam
PGS.TS TẠ QUỲNH HOA	40		Bảo vệ di sản đô thị trước tác động biến đổi khí hậu
PGS.TS.KTS HOÀNG MẠNH NGUYỄN	44		Gìn giữ “ký ức đô thị” của Hà Nội: Cần cách tiếp cận mới
TS.KTS NGUYỄN NGỌC TÙNG, TS.KTS PHẠM MẠNH HÙNG	48		Huế trong quá trình hình thành và trở thành đô thị di sản trực thuộc Trung ương
KTS HOÀNG HẢI MINH	54		Quản lý và phát triển đô thị Huế trên nền tảng bảo tồn và phát huy giá trị di sản
GS.TS.KTS NGUYỄN TỔ LÃNG	58		Quy chế đô thị Sa Pa - 20 năm thực hiện và chuyển đổi
GS.TS.KTS ĐỖ HẬU	64		Kết nối các giá trị không gian kiến trúc cảnh quan giữa di sản văn hóa và di sản thiên nhiên trong quần thể danh thắng Tràng An
BÙI VĂN DOANH	70		Còn gì cho phố...
NGUYỄN HẠNH, THU THỦY	76	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA	GS.TS.KTS Đoàn Minh Khôi: “Cần biết nuôi tiếc để mơ tới tương lai”
TRUNG KIẾN	84		ASHUI AWARDS lần thứ 13 tiếp tục ghi nhận những cống hiến giá trị trong ngành Kiến trúc - Xây dựng
PHAN DŨNG	86		Đại học Kiến trúc TP.Hồ Chí Minh năm thứ 2 liên tiếp đạt giải thưởng trường kiến trúc tốt nhất
CEO TẠ QUANG HUY, TS NGUYỄN NGỌC THẮNG		DOANH NGHIỆP 4.0	
THƯ KỲ	88		Nhà máy Nhiệt điện đốt than BOT Vĩnh Tân 1: Tầm lòng vàng cho môi trường xanh
HÀ HIỆP	90		Ứng dụng công nghệ châu Âu Gubeam cho nhà vượt nhịp lớn
PHONG THƯ	92		Sen với “Made in Vietnam”: Đột phá công nghệ Xanh từ phủ PVD
LÂM MINH THU	94		HAPULICO chủ động thực hiện chuyển đổi số trong chiếu sáng công cộng
MINH THU	96		Công ty HH Tập đoàn Cục 6 Đường sắt Trung Quốc với sứ mệnh: Xây dựng giao thông xanh và thông minh tạo ra cuộc sống đô thị văn minh, hiện đại, thân thiện với môi trường
CAO NGA	98		VCC: Dấu ấn 2024 và bước chuyển mình đột phá hướng tới 2025
TRẦN TẤN HUY, TRẦN QUỐC TOÀN	100		Vietlott sẽ chia nhiều cơ hội tốt hơn đến cộng đồng
THS PHAN TIẾN TÂM	102		Những điểm nhấn quan trọng của Cung Triển lãm Kiến trúc quy hoạch xây dựng quốc gia
PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN, PGS.TS NGUYỄN LÂN QUẢNG	104		Những “điểm cộng” lớn của dự án KĐT sinh thái dọc hai bờ Sông Đơ do HUD4 làm chủ đầu tư
TS VƯƠNG THỊ THÙY DƯƠNG		GIỚI THIỆU SÁCH MỚI	
PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN, TS LÂM THỌ QUÍ, THS LÊ TIẾN NGHĨA	105		Bảo tồn di sản kiến trúc đô thị và điểm dân cư lịch sử
TS PHAN THÀNH CHIẾN, PGS.TS NGUYỄN MINH ĐỨC		NGHIÊN CỨU KHOA HỌC	
NGUYỄN PHÚ NHUẬN, NGUYỄN QUỐC THÔNG	115		Xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo TCVN 2737:2023
VÔ VĂN THẢO, LÊ ĐỨC HIẾN, PHAN TÔ ANH VŨ, NGÔ MẠCH VINH THUẬN, TRẦN CÔNG NAM, HỒ THỊ CẨM TÚ	118		Cao độ san nền nhìn từ góc độ quy hoạch theo điều chỉnh quy hoạch chung đô thị mới Nhơn Trạch tỉnh Đồng Nai
PGS.TS HOÀNG HÀ	124		Một số giải pháp chuẩn bị kỹ thuật góp phần giảm thiểu tác động của thiên tai và BĐKH đến xây dựng các điểm dân cư vùng Trung du miền núi phía Bắc
PGS.TS NGUYỄN VĂN KHANH, TS NGÔ THỊ KIM DUNG	128		Rủi ro thanh quyết toán cho nhà thầu trong ngành công nghiệp xây dựng Việt Nam: Nguồn rủi ro và pháp lý bảo vệ
THS.NCS NGUYỄN THỊ PHƯƠNG, PGS.TS LÊ ANH DŨNG	132		Độ lún của móng cọc có xét ảnh hưởng của các móng lân cận
VIET-HUNG NGUYEN	136		Nghiên cứu tác động của dòng thấm đến sức kháng ma sát cọc
NGUYỄN NGỌC HƯƠNG	142		Quy hoạch và kiến trúc nhà ở vùng ven thành phố Trà Vinh: Thích ứng với biến đổi khí hậu
THS NGUYỄN THỊ HOAN, KS NGUYỄN ĐỨC LONG, NGUYỄN CHÍ GIÁP, THS NGÔ QUANG HÙNG	148		Nghiên cứu tính chất của vữa geopolym-mer gốc tro bay kết hợp với tro bả mía
PHAN VŨ PHƯƠNG, PHẠM ĐÌNH TRUNG NGHĨA	154		Một số vấn đề kỹ thuật về kiểm soát ổn định trong thực tế ứng dụng công nghệ đúc hẫng cấu dầm văng bê tông dự ứng lực ở Việt Nam
THS GIANG VĂN TUYẾN, THS LÊ MINH TÂN	158		Giải pháp kỹ thuật tái sinh thảm thực vật để phục hồi môi trường, tái sử dụng bãi chôn lấp chất thải rắn sinh hoạt đã đóng cửa
TS TRINH TỰ LỰC	162		Xác định các rủi ro từ phía chủ đầu tư trong giai đoạn thi công xây dựng chung cư thương mại
TS TRẦN ĐỨC HIẾU	168		Tính toán mô men kháng nứt của tiết diện dầm bê tông cốt thép ứng với mô hình ứng xử phi tuyến song tuyến tính của bê tông
TS.KTS LÊ KIM THƯ, KS LÊ KIM BẢO, NCS LÊ VĂN PHÚ	173		Nhận diện giá trị kiến trúc nhà ở truyền thống dân tộc Mường tỉnh Hòa Bình
NGUYỄN THÀNH QUÍ, LÊ ĐỨC TUẤN	180		Yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trúng thầu gói thầu thi công xây dựng nhà xưởng công nghiệp cao tầng
TS NGUYỄN NGỌC THẮNG, THS TRẦN THỊ PHƯƠNG LAN	185		Ảnh hưởng của tuổi thọ dầm bê tông ứng suất trước căng sau sử dụng cáp không bám dính đến hiệu quả gia cường kháng uốn của tấm CFRP
	192		Khả năng ứng dụng ống HDPE gần xoắn thay thế ống bê tông cốt thép trong hệ thống thoát nước
	195		Phân tích trạng thái giới hạn của kết cấu bằng phương pháp trực tiếp
	198		Phương pháp kiểm soát ổn định của cần trục bánh lốp
	202		Giám sát sự thay đổi không gian xanh đô thị sử dụng dữ liệu Sentinel-2 MSI đa thời gian tại tỉnh Thanh Hóa, Việt Nam
	206		Ảnh hưởng của các mô hình ứng xử vật liệu đến biến dạng và ứng suất của cột ngắn bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm
	212		Đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi theo vận tốc sóng siêu âm

THÁNG 2

THẠCH LONG	4	QUẢN LÝ NGÀNH Tầm thế mới của ngành Xây dựng
THANH NGÀ	6	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG Phát triển mạng lưới đường sắt đô thị: Kỳ vọng từ tháo gỡ “điểm nghẽn” thể chế
NGUYỄN QUÝ ĐẠT, NGUYỄN VĂN ĐỨC	10	Tự chủ công nghệ xây Metro theo hướng kết nối các khu đô thị vệ tinh và các tỉnh lân cận Hà Nội
NGUYỄN HUY HIỆP	13	Mối quan hệ giữa các công nghệ xây dựng Metro, hầm mỏ, thủy điện, công trình quân sự và nhà máy điện hạt nhân
ĐINH QUANG TRUNG, NGUYỄN HUY HIỆP	16	Phân tích tổng hợp xây dựng Metro trên các yếu tố lịch sử, chính trị, quân sự, kỹ thuật, văn hóa
THANH NGÀ	19	GIỚI THIỆU SÁCH MỚI Công nghệ xây dựng đường sắt cao tốc Trung Quốc
THANH NGÀ (Thực hiện)	20	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA Trao quyền để tăng tốc thực hiện các tuyến đường sắt đô thị
NGUYỄN HOÀNG LINH	26	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN Chuyến sản phẩm Việt Nam “cắm cờ” trên đất Mỹ
TRẦN TRUNG HIẾU	28	NGHIÊN CỨU KHOA HỌC Ứng xử của kết cấu thép ở nhiệt độ cao và giải pháp chống cháy cho kết cấu thép
THS NGUYỄN TRUNG ĐỨC	32	Tác động của các phương pháp cải tiến, quản lý quy trình vận hành đến hiệu suất của các doanh nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng
THS NGUYỄN BẢO TRẦN	36	Các yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về kinh tế xanh trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam
LÊ NGUYỄN THIÊN HUY, VÕ NHẬT LUÂN,	40	Sử dụng sợi xơ dừa trong chế tạo bê tông nâng cao chất lượng nhà ở xã hội khu vực Tây Nam Bộ thích ứng với biến đổi khí hậu
TẶNG VĂN LÂM, HỒ ANH CƯỜNG		
PHẠM LÊ HOÀNG LINH, NGUYỄN TRUNG KIẾN, DƯƠNG VĂN BÌNH,	46	Nguy cơ trượt lở đất khu vực xã Tà Xùa, huyện Bắc Yên, tỉnh Sơn La và khả năng ảnh hưởng đến công trình xây dựng
NGUYỄN VIỆT TIẾN, NGUYỄN QUỐC THÀNH, VY THỊ HỒNG LIÊN,		
ĐỖ THẮNG, NGUYỄN TRỌNG TÀI		
KTS TỔNG DUY ANH, TS.KTS NGUYỄN LÂM, TS.KTS PHAN NHỰT DUY	50	Quản lý phát triển nhà ở cho công nhân phục vụ khu công nghiệp Cát Lái 2, TP Thủ Đức, TP.HCM
TS NGUYỄN LÊ THỦY	56	Nghiên cứu tính toán thanh định hình giảm nhiệt theo SP 260.1325800.2023
THS NGUYỄN PHÚC BÌNH AN, THS LÊ MINH QUỐC	64	Làm rõ khái niệm bê tông chống thấm và giải pháp chống thấm - nghiên cứu TCVN và tiêu chuẩn BS
LÊ HOÀNG SƠN, NGÔ THỊ THANH HƯƠNG, VÕ NHẬT LUÂN	68	Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ do biến đổi khí hậu đối với tuyến đường bộ ven biển tại tỉnh Kiên Giang
THS LÊ THỊ THANH HÀ	74	Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến ứng xử đầm cao nhiều nhịp bằng ABAQUS
THS NGUYỄN THANH TỬ	79	Cơ sở khoa học và định hướng giải pháp quy hoạch khu đô thị mới xây dựng cao tầng theo hướng xanh tại TP Hà Nội
TS.KTS VŨ THỊ HỒNG HẠNH, KTS PHẠM QUANG LINH	84	Tổ chức kiến trúc cảnh quan nông nghiệp tại thành phố Đà Lạt
TS NGÔ VIỆT ĐỨC, TS PHẠM HOÀNG	89	Nghiên cứu giải pháp kiểm định hiện trạng các công trình bảo vệ ven bờ bằng bê tông cốt thép
TS TRẦN ĐÌNH CƯỜNG	92	Phân tích và đánh giá giải pháp chống thấm ngược do hiện tượng mao dẫn trong tường xây mới bằng gạch đá: So sánh giữa Việt Nam và quốc tế
DR TRƯƠNG CONG BANG, MSC NGUYỄN TAN LOI	97	Tác động và giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý chi phí đầu tư
DO DUY THINH, VO THI VY PHUONG,	108	Nhận diện kiểu mẫu sử dụng đất đường phố thông qua ứng dụng thuật toán khai thác tập phổ biến
NGUYỄN THỊ THUY TRANG		
PHAN THỊ KIM THOA, VO THI HONG THAM, NGUYỄN PHUONG NA, VO	114	Đánh giá việc sử dụng và khả năng nhân rộng mô hình Đường sách Nguyễn Văn Bình
THỊ BÍCH TUYẾN, DO DUY THINH		
DUY-THOI DO, XIAN-HUA CHEN, VU-TU TRAN	120	Đánh giá hiệu suất ổn định nước của hỗn hợp nhựa đường biến tính với phụ gia TPS và AP-8
LAM NGOC QUI, TRAN THI MY HANH, NGUYỄN NHỰT TÂN	125	Đánh giá hiệu ứng nhóm cọc đến sức chịu tải của cọc BTCT đúc sẵn trên đất yếu
DO DUY THINH, VO DINH TAN, TRAN THI THUY DUNG, DO XUAN SON,	130	Nhận diện bản sắc Đà Lạt sử dụng tiếp cận tâm lý học môi trường
TRAN TRONG TIN, PHAN QUOC PHU		
DUY-THOI DO, VU-TU TRAN	137	Ứng dụng nền tảng Netlogo để mô phỏng hệ thống điều khiển đèn giao thông tại giao lộ
KHANG TRUONG QUOC	142	Dòng cắt và đặc trưng hình học trong cấu kiện thành mỏng có tiết diện bất kỳ
NGUYỄN SƠN TÙNG	147	Nhận định lại cơ sở hạ tầng ven sông thông qua cách tiếp cận kiến tạo nơi chốn chiến lược: Trường hợp của TP Vinh Long thuộc ĐBSCL của Việt Nam
HUYNH TRONG NHAN, LE HO TUYET NGAN	152	Đánh giá đô thị hóa ở các đô thị vùng ĐBSCL: Nghiên cứu điển hình tại TP Trà Vinh
DUY TRAN QUANG, QUY LE DUC, LOI NGOC DANG, HUNG TUAN TRINH	156	Giải pháp nâng cao khả năng thông hành của nút giao thông: Nghiên cứu nút giao tại Nha Trang

THÁNG 3

HUY THẢO	4	QUẢN LÝ NGÀNH Cần nghị quyết thí điểm về cơ chế đặc thù phát triển nhà ở xã hội
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG	7	Xây dựng quỹ nhà ở quốc gia để phát triển bền vững nhà ở đô thị
NGUYỄN ANH TỬ	10	Quỹ nhà ở quốc gia và chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp: Giải pháp cho bài toán nhà ở đô thị tại Việt Nam
CAO NGÀ	14	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG Đề xuất giải pháp xây dựng công trình cao tốc đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững
TS.KTS NGUYỄN TUẤN HẢI	17	Nút thắt cần tháo gỡ trong quản lý đất xây dựng công trình ngầm gắn với đất bề mặt
LÊ ANH TUẤN, NGUYỄN HUY HIỆP	20	Quy hoạch không gian ngầm theo hướng tự chủ công nghệ
NGUYỄN QUÝ ĐẠT, ĐINH QUANG TRUNG	24	Quy hoạch không gian ngầm dưới lòng đường đáp ứng phát triển bền vững
NGUYỄN QUANG HUÂN	28	Nhận diện thách thức trong quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước
GS.TS TRẦN ĐỨC HẠ	32	Đảm bảo dòng chảy môi trường để hình thành khung sinh thái đô thị cho sông Tô Lịch và các sông nội đô Hà Nội
NGUYỄN HẠNH, THU THỦY	36	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA Giữ cảnh quan nước để tạo dựng hệ sinh thái đô thị bền vững
NGUYỄN HOÀNG LINH	44	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN Nền “chia sẻ rủi ro” với 13 tỷ USD điện mặt trời!
AN NHIÊN	46	GIỚI THIỆU SÁCH MỚI Quy hoạch xây dựng không gian ngầm đô thị
TS NGUYỄN HỮU DŨNG	47	NGHIÊN CỨU KHOA HỌC Nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đô thị và hầm ngoài đô thị đáp ứng điều kiện an toàn giao thông
THS NGUYỄN TIẾN DŨNG, THS NGUYỄN THÀNH MẬU	52	Nghiên cứu công nghệ xử lý nước nhiễm mặn công suất nhỏ cấp cho sinh hoạt sử dụng năng lượng mặt trời

THS NGUYỄN THỊ KIM LOAN, PGS.TS NGUYỄN XUÂN TOÀN, PGS.TS ĐẶNG CÔNG THUẬT, PGS.TS NGUYỄN DUY THẢO	58	Phân tích ảnh hưởng của liên kết ngang đến dao động của cầu dầm chịu hoạt tải xe di động
TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG, THS LÊ THẾ ANH	62	Phân tích thực trạng công tác chuẩn bị đầu tư các dự án tại Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Tân Châu tỉnh An Giang
PHẠM QUỐC ANH, NGUYỄN NGỌC THANH	66	Tổ chức và quản lý hợp đồng dự án Thiết kế - Đấu thầu - Xây dựng
THÁI THANH TUẤN, TS.KS PHẠM THỊ MINH LÀNH	70	Đề xuất giải pháp quản lý phát triển giao thông bền vững hướng tới nền kinh tế carbon thấp tại TP Bến Tre
TS NGUYỄN HOÀI THU, TS NGUYỄN THU HƯƠNG	76	Định hướng mô hình kết nối du lịch làng nghề truyền thống - du lịch vùng Đồng bằng sông Hồng
LE HOÀI BAO PHD, NGO VAN THUC PHD, NGUYEN VAN XUAN PHD, TRAN QUANG HUY MSC	82	Nghiên cứu sử dụng tro trấu từ lò nung gốm để thay thế một phần xi măng trong vữa
THS NGUYỄN ĐỨC TUẤN, THS NGUYỄN KHẮC QUÂN	86	Xác định nguyên nhân gây chậm trễ tiến độ trong xây dựng nhà máy công nghiệp: Nghiên cứu trường hợp tại Bình Dương, Việt Nam
NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY, TRẦN THỨC TÀI, NGUYỄN HOÀNG HUYỀN	92	Ảnh hưởng của cốt liệu tro bay kết hợp vụn cao su tới tính chất của vữa xi măng
TRẦN, NGUYỄN NGỌC NGHYM, TRẦN CAO MINH	96	Phân tích so sánh khả năng chịu cắt của dầm bê tông đặt cốt thép theo các tiêu chuẩn thiết kế
TS TRẦN TRUNG HIẾU	102	Phân tích sản bê tông cốt thép có trọng lượng riêng thấp bằng mô phỏng số ANSYS
MSC HUYNH HAN PHONG	107	Mở rộng không gian lấn biển của đô thị, bài học từ kinh nghiệm TP Rạch Giá, tỉnh Kiên Giang
THS.KTS.NCS ĐỖ CÔNG TỬ, KS ĐỖ VĂN PHÉP	110	Tích hợp phương pháp phần tử hữu hạn với các thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu để giải kết cấu dầm không gian
KS NGUYỄN NGÔ CÔNG PHÁP, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT, PGS. TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN, THS LÊ THỊ THUY LINH	115	Xây dựng mô hình hỗ trợ báo giá đấu thầu phần kết cấu thép tại Việt Nam
PHAN QUỐC THÁI, LÊ ANH TUẤN, HỒ THỊ QUỲNH CHÂU, VÕ TIẾN ĐẠT	120	Ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất: Nghiên cứu thực nghiệm
TS TRẦN ĐỒNG KIỂM LAM, PGS. TS NGUYỄN VĂN HIẾU, THS NGUYỄN ĐỨC KHIÊM, GS SUNG-SIK PARK	125	Các yếu tố tác động đến chuyển đổi số của doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty
TS TRẦN VĂN KHÔI, TS DƯƠNG NGỌC QUANG	130	Nghiên cứu chiến lược cho quản trị logistics trong xây dựng tiến chế tại Việt Nam áp dụng phương pháp AHP
TÔ THỊ HƯƠNG QUỲNH, NGUYỄN PHƯƠNG CHÂM	135	Mô phỏng ứng xử chịu lực nền dọc trục của cột tròn liên hợp bê tông thường nhồi ống đúc sẵn bằng bê tông siêu tính năng cao
LÊ HOÀNG AN	140	Đánh giá ảnh hưởng của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật đến ổn định công trình kè Trà Cú tỉnh Trà Vinh
NGUYỄN HIẾU BÌNH, PHẠM HỮU HÀ GIANG	145	Sử dụng phương pháp thừa số Lagrange để phân tích tính bài toán kết cấu dầm phẳng có nhiều thanh dầm sai lệch chiều dài do chế tạo
TS PHẠM VĂN ĐẠT	152	Phân tích các quan điểm khác nhau về chất lượng của tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng
NGUYỄN HOÀI NGHĨA	157	Nghiên cứu thực nghiệm mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ tái chế từ phế thải xây dựng
TS LÊ NGỌC LAN	164	Phát triển nhà ở các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc trên cơ sở giữ gìn giá trị kiến trúc truyền thống
PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI, THS NGUYỄN NGỌC HƯƠNG	169	Phát triển mô hình dự báo sức chịu tải cọc dựa trên dữ liệu thí nghiệm O-cell bằng phương pháp học máy ANN
TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN, THS PHẠM ĐÌNH TRUNG NGHĨA	172	Xác định đặc thông số tối ưu của máy đào một gầu dựa trên điều kiện hoạt động
TS TRẦN ĐỨC HIẾU		

THÁNG 4

ĐÌNH QUANG, THÀNH VŨ	6	QUẢN LÝ NGÀNH
KTS PHẠM THANH TÙNG	10	Hiện thực hóa chiến lược hạ tầng giao thông đồng bộ
GS.TS NGUYỄN VIỆT ANH	14	Nửa thế kỷ kiến trúc Việt Nam sau ngày đất nước thống nhất: Nhìn lại và suy ngẫm
		Giải pháp bảo vệ môi trường nước và phát triển hạ tầng xanh cho TP Hà Nội
HUY LỘC, MINH TÙNG	26	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
ĐỖ THẠCH	28	Phát triển công nghiệp đường sắt hiện đại
NCS.THS NGUYỄN CHÍ ĐẠT, TS NGUYỄN VĂN ĐỨC	30	Nhân lực cho dự án đường sắt tốc độ cao: Cần một chương trình đào tạo chuẩn toàn diện
NCS.THS NGUYỄN CHÍ ĐẠT	37	Đào tạo nhân lực và mô hình hợp tác phát triển đường sắt của Trung Quốc
MICHAEL HUY THAN, NGUYỄN ĐỨC TOÀN	42	Một số kinh nghiệm đào tạo nhân lực ngành đường sắt tại châu Âu
		So sánh chiến lược giáo dục đường sắt và phát triển nguồn nhân lực của Việt Nam và Thụy Điển
HOÀNG THẠCH, LỘC TÙNG	46	TRÒ CHUYÊN NGHIỆP CHUYÊN GIA
		Cơ hội “vàng” để đường sắt Việt Nam bứt phá
NGUYỄN QUANG CHUNG, NGUYỄN XUÂN ĐÀI	54	DIỄN ĐÀN KHOA HỌC
NGUYỄN QUANG CHUNG, PHẠM ĐỨC HUY, TRẦN VĂN NAM	59	Phân loại, vai trò, nguyên lý hoạt động và quy trình bảo dưỡng gối cầu
NGUYỄN XUÂN ĐÀI, PHÙNG BẮC THẮNG, NGUYỄN THÀNH ĐỒNG	64	Phân tích, đánh giá hiện trạng sử dụng gối cầu tại Việt Nam
TS BÙI ĐỨC HƯNG	68	Xu hướng phát triển và ứng dụng gối cầu chống động đất tại Việt Nam
BẢO CHÂU	70	Phát triển kinh tế số ở Việt Nam: Thách thức và giải pháp
		Trường Đại học Hàng hải Việt Nam: Nối đào tạo hàng đầu về kinh tế biển của đất nước
NGUYỄN HOÀNG LINH	72	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
		Nguồn lực tư nhân trong quốc kế dân sinh
AN NHIÊN	74	GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
NGUYỄN ĐÌNH THI	75	Cầu bê tông cốt thép trên các tuyến đường sắt đô thị
TS NGUYỄN VĂN TRUNG	80	Một số yếu tố ảnh hưởng đến phát triển bền vững kiến trúc nhà ở các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc
		Tăng cường công tác quản lý Nhà nước trong xây dựng phát triển nông thôn mới vùng miền núi phía Bắc theo hướng bền vững
TS NGUYỄN HOÀI THU	85	Tổ chức không gian sinh hoạt cộng đồng bản dân tộc Sán Chay miền núi phía Bắc phục vụ du lịch cộng đồng
THS ỨNG QUỐC TRẮNG, KS TRẦN VĂN DẤU, TS NGUYỄN SỸ NAM, THS NGUYỄN THIỀU TRẦN ĐĂNG	90	Nghiên cứu chế tạo máy ép gạch đất không nung dạng tự chèn phục vụ phát triển bền vững khu vực miền núi phía Bắc
THS NGUYỄN NGỌC HƯƠNG	94	Tình hình xây dựng phát triển kiến trúc nhà ở các dân tộc thiểu số trên thế giới và bài học kinh nghiệm tại Việt Nam
NCS ĐÀO NGỌC KHÁNH VY, PGS.TS NGUYỄN TRUNG HIẾU, PGS.TS	100	Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng thể tích đến cường độ chịu nén đối với gạch đất - xi măng không nung dùng trong xây dựng nhà ở vùng miền núi phía Bắc
ĐẶNG VŨ HIỆP, TS NGUYỄN CÔNG THẮNG, GS.TS NGUYỄN VĂN TUẤN	104	Thực trạng kiến trúc nhà ở các dân tộc thiểu số miền núi phía bắc và định hướng phát triển bền vững
TRẦN QUỐC BẢO, NGUYỄN ĐÌNH THI	109	Định hướng tổ chức cảnh quan bản, làng các dân tộc thiểu số vùng miền núi Tây Bắc phục vụ phát triển du lịch bền vững
ĐẶNG VIỆT DŨNG	115	Gạch đất không nung trong xây dựng nhà ở cho đồng bào dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc
TRẦN TRUNG HIẾU, NGUYỄN VĂN TUẤN, PHẠM XUÂN ĐẠT, NGUYỄN CÔNG THẮNG, NGUYỄN MẠNH HÙNG, NGUYỄN TRUNG HIẾU, ĐÀO NGỌC KHÁNH VY		
NGUYỄN NGỌC THANH	119	Thực trạng tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số tỉnh Bắc Giang và định hướng phát triển bền vững
LÊ NAM PHONG, THS ĐẶNG VIỆT LONG, TS VŨ THỊ HƯƠNG LAN	126	Chính sách phát triển bền vững nhà ở dân tộc thiểu số một số nước trên thế giới và bài học tại vùng miền núi phía Bắc

THS NGUYỄN DUY THANH TRẦN THUY DƯƠNG	131 137	Kiến trúc trường học vùng núi phía Bắc Việt Nam: Thực trạng và định hướng phát triển bền vững Đánh giá khả năng chịu lực của khối xây gạch đất không nung dùng trong xây dựng nhà ở tại các địa bàn miền núi khó khăn
TS BÙI THANH DANH	142	NGHIÊN CỨU KHOA HỌC Tinh toán, thiết kế kết cấu thép công thức dạng dầm hộp khẩu độ 46 m, tải trọng 80 tấn phục vụ đúc dầm bê tông cho các dự án cầu cạn
TS NGÔ THANH THỦY, TS HUỲNH XUÂN TÍN TS CÙ VIỆT HÙNG	148 152	Ứng dụng BIM cho công tác chế tạo cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn Nghiên cứu ứng xử thực tế của kết cấu dầm hộp bê tông mở rộng bản cánh bằng thanh chống thép thông qua quan trắc ứng suất trong quá trình thi công và thí nghiệm thử tải
TS ĐỖ DUY ĐÌNH	158	Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi lái xe đạp điện/xe máy điện nguy hiểm của học sinh trung học phổ thông ở Việt Nam: Phân tích hồi quy theo từng nhóm hành vi
TS LÊ VĂN TOÀN, THS ĐOÀN TRUNG VIỆT THS VŨ QUANG HUY, TS ĐẶNG MINH TÂN, THS NGUYỄN CHÍ CÔNG THS VŨ NGỌC PHƯỢNG, TS LÊ KHÁNH GIANG, TS NGUYỄN VĂN CHÍNH TS NGUYỄN VĂN TRƯỞNG, NGUYỄN THỊ QUỲNH ANH, NGUYỄN NGỌC CƯỜNG, ĐÀO MINH TRANG PGS.TS NGUYỄN XUÂN TÙNG, THS NGUYỄN NGỌC LÂN, GS.TS NGUYỄN NGỌC LONG PGS.TS HOÀNG HÀ	162 166 170 174	Tự động hóa rời rạc hình học vô tầu thủy Đánh giá tác động của giải pháp hạn chế tốc độ tại khu vực trường học trên địa bàn TP Pleiku, tỉnh Gia Lai Nghiên cứu đề xuất quy trình thành lập mô hình BIM hiện trạng hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam Nghiên cứu thực thi Phụ lục V - MARPOL 73/78 tại Việt Nam
TS VƯƠNG XUÂN CẦN, THS NGUYỄN THẾ ANH TS PHẠM ĐỨC PHONG, TS NGÔ VIỆT ĐỨC, TS HOÀNG THỊ KHÁNH VÂN	178	Giải pháp gia cường nứt do uốn âm cho cầu bê tông đúc đẩy sử dụng vật liệu UHPC
TS NGUYỄN THỊ NGUYỆT HẰNG TS HUỲNH VĂN HIỆP, TS NGUYỄN THANH TÂM, TS THÁI MINH QUÂN KS ĐỖ VĂN TÌNH THS LÊ THỊ HÀ, TS VŨ THỊ PHƯƠNG THẢO, TS ĐỖ THỊ PHƯƠNG THẢO TS MAI BÁ LĨNH	182 188 192	Phân tích các điều kiện áp dụng và phương pháp xác định hệ số động lực do tải trọng đoàn tàu trong thiết kế cầu trên đường sắt tốc độ cao theo Tiêu chuẩn TCVN 13594 -2022 Bước đầu khai thác phần mềm R trong phân tích và trực quan hóa dữ liệu tai nạn giao thông đường bộ ở Hà Nội Xây dựng dạng phân phối xác suất cho các biến đầu vào của bài toán phân tích chi phí vòng đời kết cấu áo đường bê tông nhựa khi sử dụng thuật toán mô phỏng Monte Carlo
TS NGUYỄN LỘC KHA	196 200 205 208 213	Ảnh hưởng của vật liệu chống cháy bê mặt đến khả năng chịu uốn của bản bê tông cốt thép dự ứng lực chịu cháy Móng mặt đường bằng vật liệu gia cố tro bay - chất kết dính vô cơ trong xây dựng công trình giao thông Thiết kế và kiểm bền cho kết cấu cơ khí của ro-bot chuột sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn Sử dụng GIS phân tích điểm nóng sự cố giao thông đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa Nghiên cứu đề xuất giải pháp triển khai ứng dụng hàng hải điện tử (E-Navigation) nhằm nâng cao hiệu quả quản trị trong lĩnh vực hàng hải
TS NGUYỄN THỊ THU NGÀ TS NGUYỄN MINH QUÝ, THS NGUYỄN DUY HOAN TS TRẦN ANH DŨNG THS TRẦN ÁNH VIÊN THS.NCS TRỊNH ĐÌNH CƯỜNG, KS NGUYỄN THANH DANH, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN, TS NGUYỄN VĂN ĐĂNG, THS VŨ QUANG ANH, THS VŨ QUANG KHÔI, THS CAO MẠNH HÙNG TS NGUYỄN THUY LINH, TS LÊ KHÁNH GIANG TS NGUYỄN VĂN HIẾU, THS NGUYỄN THỊ MINH HẰNG PGS. TS TRẦN ANH DŨNG THS VŨ VĂN THỊ, KS ĐẶNG HUY HOÀN THS NGUYỄN HOÀNG MAI, THS NGUYỄN THỊ NHƯ, THS TRỊNH THANH THỦY TS NGUYỄN TRỌNG ĐỨC TS PHẠM VĂN TÂN, PHẠM MINH ĐỨC TS VŨ NGỌC ANH, TS CAO CHU QUANG	216 219 222 225 228 231	Một số nội dung tính toán kháng chấn nhà cao tầng với kết cấu khung chịu lực bê tông cốt thép theo Tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018 Ứng dụng của bê tông tự lèn có graphene oxide và tro bay trong công trình giao thông transportation infrastructure Tổng quan các phương pháp xác định độ dự trữ dưới sống tàu do sóng trong thiết kế và khai thác luồng tàu Nghiên cứu tính toán tải vệt bê tông dự ứng lực đáp ứng điều kiện kỹ thuật đường sắt tốc độ cao tại Việt Nam Nghiên cứu tổng quan về ảnh hưởng của các thông số trong hàn laser hybrid Phát triển nguồn nhân lực logistics trong các doanh nghiệp logistics tại tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu: Bối cảnh hiện nay và xu thế tương lai
NGUYỄN LÂM QUẢNG, PGS.TS NGHIÊM VĂN KHANH THS ĐÌNH THỦY HÀ NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG NGUYỄN HOÀI NGHĨA, PHÂN THÀNH NHÂN NGUYỄN XUÂN HAI, TS VŨ NGỌC ANH, TS PHẠM ĐỨC TIẾP, TS LÊ BẢO QUỐC PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN DAO DUY KIẾN TS TRẦN ĐÌNH CƯỜNG, LÊ NHẬT MINH CHÂU TRAN TRUNG HIỆU, PHẠM QUANG VƯƠNG THS.NCS LÊ THÀNH TRUNG, TS BẠCH VŨ HOÀNG LÂN THS HƯỜNG THÀNH KHANG TS TRẦN ĐỨC HIẾU TS NGUYỄN CÔNG NGHỊ, TS NGÔ NGỌC THỦY, THS LÊ SỸ HÀ TS NGUYỄN THỊ HOÀI AN TS NGUYỄN NGỌC THẮNG, THS TRẦN THỊ PHƯƠNG LAN, THS BÙI TRƯỜNG GIANG, THS NGUYỄN QUANG TUẤN, THS NGUYỄN PHAN ANH LÊ ĐỨC TUẤN, NGUYỄN DUY CƯỜNG, HUỲNH VĂN KHANH TS.KTS NGUYỄN HỒNG LOAN, TS.KTS NGUYỄN VĂN TÍN, KTS TRẦN NHẬT MINH NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG, HÀ MINH ĐỨC, PHÍ ĐÌNH SƠN, NGUYỄN PHƯƠNG LINH, LÊ MINH ĐỨC, NGUYỄN CÔNG THÀNH	234 237 242 247 250 253	Phân tích một số thông số kỹ thuật của hệ thống đường sắt đô thị trên thế giới và đề xuất sử dụng trong thiết kế tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam Nghiên cứu phương pháp phát hiện số liệu GNSS-RTK ngoại lai trong quan trắc chuyển dịch cấu hệ dây Đánh giá sự suy giảm mức cường độ tiếng ồn bằng thực nghiệm khi sử dụng tấm cách âm nỉ Acoustic Sonic Nghiên cứu điều khiển ổn định tối ưu tàu cánh ngầm và thực nghiệm trên hệ thống mô phỏng HIL Mô phỏng và mô hình hóa ảnh hưởng của bán kính lưỡi cắt trong gia công vi mô bằng phương pháp phần tử hữu hạn Mục tiêu phát triển hậu cần đô thị xanh từ quan điểm của khu vực công và tư nhân
	256 260 263	Giải pháp quy hoạch tối ưu hệ thống trạm chờ xe buýt trong mạng giao thông công cộng nội thành TP Hải Phòng Nghiên cứu các giải pháp nâng cao chất lượng đội tàu biển Việt Nam Phát sinh ngẫu nhiên gián đồ gia tốc nhân tạo tại nền đá gốc khu vực quận Ba Đình TP Hà Nội, trên cơ sở phương pháp của Yamamoto
	268 274 276 280 284	Thực trạng và giải pháp quản lý chất thải rắn sinh hoạt đô thị hướng tới phát triển xanh Phân tích độ dẻo kết cấu dầm phẳng bằng phương pháp trực tiếp Đánh giá độ tin cậy của phần mềm trong bài toán mất ổn định của cấu kiện chữ C tạo hình nguội chịu uốn Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng hiệu quả vốn đầu tư dự án bất động sản tại TP.HCM Đánh giá ảnh hưởng của tham số động (mức biến dạng cắt) của mô hình HSS đến chuyển vị, nội lực trong kết cấu vỏ hãm chịu tác dụng của động đất tại tuyến Metro 03 Nhổn - Ga Hà Nội
	288 291 294 299 304 309 314 319 324 327	Thoát nước và xử lý nước thải tại TP Hà Nội - Thực trạng, quy hoạch và một số đề xuất Phân tích quá trình phá hoại của kết cấu thép trong điều kiện ăn mòn tự nhiên bằng phương pháp phần tử hữu hạn Giải pháp mới nhằm hạn chế gian lận thuê trong chuyển nhượng bất động sản tại Việt Nam Ảnh hưởng của kích thước hố đào sử dụng đất ổn định hoá lỏng làm vật liệu san lấp tới nền đất dưới tác động của động đất Nghiên cứu ảnh hưởng của công nghệ phụ vữa dọc thân cọc đến sức chịu tải của cọc khoan nhồi trong nền đất cát pha Ảnh hưởng của vít chống cắt lên khả năng chịu lực của sàn liên hợp thép - bê tông nhẹ đổ nhiều lớp Lựa chọn và xác định các thông số của máy đào một gầu bằng phương pháp giảm thiểu thời gian chu kỳ làm việc Đánh giá hiệu quả gia cường kết cấu bê tông cốt thép chịu tác dụng của tải trọng động bằng phương pháp dán vải sợi FRP Nghiên cứu một số giải pháp kỹ thuật đảm bảo khả năng vận hành liên thông trong mạng lưới đường sắt đô thị Hà Nội Tính toán kết cấu thép thành móng tạo hình nguội theo tiêu chuẩn Eurocode 3 và đánh giá ảnh hưởng độ cứng tiết diện tới chuyển vị khung ngang
	332 337	Phân tích đặc điểm tính toán tải trọng gió của các tiêu chuẩn phổ biến Mô hình ứng dụng trí tuệ nhân tạo - AI vào các giai đoạn thiết kế kiến trúc tại Việt Nam
	342	Nghiên cứu dao động của trụ cầu ô tô khi có tác dụng của dòng chảy do lũ

THÁNG 5

TS HOÀNG ANH TUẤN	6	QUẢN LÝ NGÀNH
THANH NGÀ	10	Nâng cao hiệu quả hoạt động vận tải tại Việt Nam: Thực trạng và định hướng giải pháp
PGS.TS TỐNG TRẦN TÙNG	14	Hệ thống đường sắt đô thị ở Việt Nam: Cần một bộ thông số kỹ thuật và khung tiêu chuẩn dùng chung
		TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
NGUYỄN HOÀNG LINH	18	Hành trình “thoát thai” của kinh tế tư nhân Việt Nam
KTS PHẠM THANH TÙNG	20	Tỉnh “Mở” - nét độc đáo của Kiến trúc đô thị Sài Gòn - TP.HCM
THANH LƯƠNG	24	Áp dụng thiết kế FEED cho dự án đường sắt tốc độ cao và dự án đường sắt đô thị: Một số điểm chung và khác biệt
TS.LS NGUYỄN TRUNG NAM, THS PHẠM HỒNG LIÊN	26	Kinh nghiệm quý giá về FEED và gợi ý cho dự án đường sắt cao tốc Bắc - Nam
THS PHẠM THANH HẢI	30	Kinh nghiệm thiết kế FEED từ dự án Đường sắt cao tốc Malaysia - Singapore
THS LÊ HIẾU HỒNG PHÚC	34	BIM áp dụng trong thiết kế FEED dự án xây dựng
LS VŨ THỊ THỊNH	38	FEED và một số vấn đề pháp lý tại các dự án cơ sở hạ tầng đường sắt hiện nay
NGUYỄN HUY HIỆP, TRẦN TRUNG ĐỨC, NGUYỄN VĂN ĐỨC	41	Nghiên cứu phát triển công nghệ lưu biến bảo đảm cho việc làm chủ không gian ngầm
LÊ ANH TUẤN, TRẦN TRUNG ĐỨC	44	Phân tích TOD trên quan điểm đa chiều
		TRÒ TRUYỀN VỚI CHUYÊN GIA
MINH THÀNH	48	Biển cảng biển trở thành hạt nhân của kinh tế biển: Đừng bỏ lỡ thời cơ!
		GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
NGUYỄN MINH VĂN	54	“Ngôi nỏ” tên chung trong những cuốn sổ đỏ!
		DOANH NGHIỆP 4.0
MINH ANH	56	Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2 và Mông Dương 1: Hiệu quả trong bảo vệ môi trường và tiêu thụ trợ xi
PV	58	Buýt Hà Nội không ngừng hoàn thiện, phục vụ tốt nhu cầu đi lại của người dân
		GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
AN NHIÊN	60	“Tổ chức thi công đường sắt đô thị”
		NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
THS NGUYỄN CÔNG THỊNH, PGS.	65	Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp chiếu sáng, thông gió và điều hòa không khí cho một tòa nhà văn phòng giả định được xây dựng tại 03 thành phố có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam
TS NGUYỄN ĐỨC LƯỢNG, TS NGUYỄN HOÀNG HIỆP, THS VŨ VIỆT HÀ	70	Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14
TS ĐÀO SỸ ĐÁN	74	Khả năng sử dụng bùn thải và đá thải trong khai thác khoáng sản quặng đồng Sơn Quynh kết hợp tro bay nhiệt điện để chế tạo bê tông đầm lăn làm móng đường giao thông
PGS.TS HỒ ANH CƯƠNG, TS NGUYỄN TRỌNG DŨNG	78	Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ sạch bề mặt thép đến khả năng bám dính của vật liệu cốt sợi cường độ cao (FRP) trong sửa chữa gia cường kết cấu thép
THS LÊ THANH TÂM, THS VŨ NGỌC TRINH	81	Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến cường độ nén của đất gia cố xi măng trộn sâu trong phòng thí nghiệm
TS NGÔ THỊ THANH HƯƠNG	84	Vai trò của phát triển năng lực và đánh giá thành tích trong việc tăng cường động lực làm việc cho lao động lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam
THS NGUYỄN HỒNG VÂN, PGS.TS NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH	88	Đánh giá sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình nhà ở dân dụng
TS NGUYỄN ĐĂNG HANH	92	Nghiên cứu tối ưu hóa công suất của bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng tích hợp trên hệ thống treo ô tô
THS TRẦN TUẤN ANH, TS NGUYỄN ANH NGỌC	98	Sử dụng xi măng nhôm chế tạo vữa khô tự chảy không co cường độ nén trên 70 MPa
TS THÁI KHẮC CHIẾN	102	Nghiên cứu chẩn đoán hư hỏng kết cấu cầu giàn thép sử dụng mạng kết hợp 1DCNN-LSTM
TS TRẦN VIỆT HÙNG	106	Thẩm định dự án với vai trò nâng cao vị thế của quyết định đầu tư xây dựng
PGS.TS TRỊNH ĐÌNH TOÁN	110	Lớp vật liệu đắp K98 bằng vật liệu gia cố tro bay - xi măng trong xây dựng công trình giao thông
PGS.TS NGUYỄN THANH SANG, TS TRẦN NGỌC HUY,		
TS BÙI TUẤN ANH, TS THÁI MINH QUÂN	113	Thực nghiệm phân tích và đánh giá dao động kết cấu cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu
THS ĐỖ THỊ HẰNG, NGÔ HOÀNG LONG		
DƯƠNG MINH HIẾU, BÙI THỊ KIM DUNG		
TS ĐẶNG MINH TẤN, PGS.TS ĐỖ QUỐC CƯỜNG	116	Nghiên cứu đánh giá vùng “lưỡi nan” tại nút giao thông có đèn tín hiệu sử dụng dữ liệu giao thông thực tế ở Hà Nội
THS PHẠM QUANG THÔNG	119	Nghiên cứu mô-đun đàn hồi của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng
THS LÊ THỊ LÊ	122	Cải tạo đất nền bằng phương pháp nổ mini (microblasting)
TS NGUYỄN THUY LINH, TS LÊ KHÁNH GIANG	126	Nghiên cứu ứng dụng phương pháp local outlier factor trong phát hiện ngoại lai kết quả đo GNSS-RTK quan trắc chuyển dịch cầu hệ dầm tại Việt Nam
TS PHẠM THỊ LAN ANH	130	Kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải theo Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế
TS VŨ TRƯỜNG SƠN	134	Cải tiến thuật toán định tuyến địa lý chống tắc nghẽn cho mạng VANET dựa vào độ trễ cho phép của các gói tin
PGS.TS NGUYỄN VIỆT THANH	138	Ảnh hưởng của kênh Tắt và cảng Duyên Hải đến diễn biến dòng chảy, xói lở và bồi lắng vùng cửa sông và ven biển tỉnh Trà Vinh
THS PHẠM DUY HÒA	142	Tính giật đường cong theo phương pháp điểm giữa
THS TRƯƠNG TUẤN AN, THS NGUYỄN VĂN LONG	146	Cảm biến sợi quang FBG và ứng dụng trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình
THS LÊ KIM NHUNG	150	Nhận diện và đánh giá các rủi ro bên ngoài trong giai đoạn chuẩn bị tham gia đấu tư xây dựng hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức đối tác công tư (PPP)
TS VŨ VĂN TOÀN, TS HỒ XUÂN BA, TS HỒ VIỆT LONG	154	Nâng cao hiệu quả giám sát và nghiệm thu dầm Super-T bằng công nghệ đám mây điểm
TS TRẦN ANH DŨNG, TS NGUYỄN KHÁNH DŨNG	158	Nghiên cứu tính toán kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông đường sắt tốc độ cao
THS LÊ QUANG HƯNG	162	Nghiên cứu ứng dụng cảm biến LVDT trong đo chuyển vị động nhip dẫn cầu Long Biên
TS LÊ XUÂN TRƯỜNG, GS.TS LÊ HÙNG LÂN, TS NGUYỄN THỊ HỒNG MAI	165	Những thách thức và định hướng nghiên cứu phục vụ mục tiêu vận tải và logistics xanh ở Việt Nam
TS BÙI THANH QUANG	168	Mô phỏng ứng xử uốn của dầm bê tông tính năng siêu cao sử dụng mô hình phá hoại dẻo
THS ĐỖ XUÂN QUÝ	171	Đánh giá hiệu quả phân tích dầm trên nền đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng tĩnh bằng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng mô hình nền Winkler, liên kết dị hướng và phân tử dầm-nền dị hướng
TS NGUYỄN VĂN HẢI	176	Điều khiển thông minh dựa trên deep Q-learning cho xe tự hành trong hệ thống giao thông thông minh
TS PHẠM THỊ LÝ	181	Nghiên cứu phân tích và trích xuất đặc trưng dữ liệu giao thông từ camera giám sát phục vụ cho mô hình dự báo lưu lượng
TS VŨ VĂN TRUNG	186	Xây dựng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ bằng búa rung
NGUYỄN THANH TÙNG	191	Áp dụng máy học dựa trên tìm kiếm A* để thu được công thức mô đun đàn hồi tương đương của sàn thép khi quy về bài toán dầm
THS.KTS DƯƠNG AN HÀ	194	Nghiên cứu thiết kế chiếu sáng công trình tôn giáo, tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống theo hướng phát triển du lịch văn hóa
TS DƯƠNG THU HẰNG	198	Đánh giá đặc tính nước thải đô thị với mô hình hệ thống thoát nước riêng tại TP Đà Lạt, Việt Nam
TS TRẦN ĐÌNH CƯƠNG	202	Tổng quan các phương pháp hiện đại trong việc giảm thiểu hiện tượng thấm ngược ở kết cấu khối xây trong các công trình cũ và tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam

TS TRẦN ĐỨC HIẾU	206	Xác định mức tiêu hao năng lượng đào đất của máy ủi
TS NGUYỄN VĂN TRUNG	210	Tăng cường công tác quản lý nhà nước trong hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao tại các tỉnh miền núi phía Bắc
PHẠM HỮU HÀ GIANG, NGUYỄN TRƯỜNG PHÁT, LÊ GIA LINH, CAO TRỌNG DANH, PHẠM MINH TRIẾT	214	Đánh giá chuyển vị của hệ cọc xi măng đất trong mô hình động
LÊ VĂN HIỂN	218	Giải pháp quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị thi công bằng công nghệ khoan đào TBM
ĐÀO DUY KIẾN	222	Đặc trưng và tính ngẫu nhiên của độ nhám bề mặt bị ăn mòn
TS LÊ CÔNG DUY, THS PHAN ĐÌNH THOẠI, THS NGUYỄN MINH TUẤN ANH, KS NGUYỄN THÀNH TRUNG	226	Một cách đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép trong trường hợp trạng thái và khả năng là các số khoảng 2 chiều
TS LÊ BẢO QUỐC, TRẦN QUỐC HUY, TS VŨ NGỌC ANH	230	Nghiên cứu ứng xử móng cọc chịu tác động động đất trong nền đất yếu
MSC PHAN ĐỨC HOÀNG	234	Đề xuất phân khu vực để quản lý mạng lưới đường đô thị thành phố thái nguyên theo hướng giao thông đô thị phát triển bền vững
LÊ HẢI DƯƠNG, PHẠM ĐỨC TIẾP, DƯƠNG VĂN THỊNH, ĐINH QUANG TRUNG	240	Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá mức độ mài mòn và xói mòn của bê tông san hô
PHẠM PHÚ TÌNH, NGUYỄN THỊ NGỌC LOAN	244	Xác định cường độ chịu nén yêu cầu của bê tông theo tiêu chuẩn ACI 301-20
PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH	249	Đô thị Việt Nam 2050 hướng đến Chiến lược phát triển “Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững”
THS.KTS NGUYỄN HOÀNG HIỆP, TS LÊ ANH VŨ	252	Giải pháp nội thất tối ưu nào cho không gian căn hộ diện tích nhỏ?
TS PHẠM HOÀNG	255	Nghiên cứu dự báo chi phí biện pháp thi công xây dựng theo lý thuyết độ tin cậy
MAI VŨ DUY	260	Một số lưu ý trong thiết kế và lựa chọn cây xanh tạo cảnh quan tại các đô thị sông nước Cần Thơ
TS NGUYỄN HỮU DŨNG	263	Nghiên cứu giải pháp kết cấu sử dụng dầm bản rỗng đúc sẵn đặt trên hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao đối với công trình giao thông
ĐỖ TRỌNG NGHĨA	266	Sử dụng phần mềm Deepsoil V7.0 để phân tích phản ứng địa chấn
THS CAO THỊ MAI HƯƠNG	269	Giải pháp khắc phục ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu trong kết cấu thép
TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY	272	Áp dụng phương thức xây dựng khô trong thiết kế kiến trúc bền vững tại Việt Nam
NGUYỄN QUANG TUẤN, BÙI TRƯỜNG GIANG, TRẦN THỊ PHƯƠNG LAN	276	Khảo sát mối liên hệ giữa độ cứng và tần số dao động riêng trong kết cấu nhà nhiều tầng bê tông cốt thép

THÁNG 6

PHONG THƯ	12	Tư tưởng Hồ Chí Minh về báo chí, tuyên truyền
THANH NGÀ	14	QUẢN LÝ NGÀNH
CAO NGÀ	16	Bộ Xây dựng thực hiện phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền tối đa
KTS PHẠM THANH TÙNG	18	Phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực xây dựng
THANH LƯƠNG	22	Giấy phép xây dựng và cầu chuyển quản lý đô thị trong kỷ nguyên số
THẠCH LONG	24	Triển khai các cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt cho một số dự án đường sắt
PGS.TS.KTS HOÀNG VĨNH HƯNG	26	Thực hiện chính sách đặc thù phát triển NOXH: Không để khoảng trống pháp lý
PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN	32	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
TS KHUẤT VIỆT HÙNG	36	Các giải pháp trong lập và thực hiện quy hoạch đô thị của chính quyền địa phương hướng tới phát triển đô thị bền vững
TS HOÀNG ANH TUẤN	40	Đường sắt đô thị - nhân tố quan trọng góp phần giải quyết vấn đề giao thông đô thị tại các thành phố lớn
MỸ LỆ	44	Tăng cường năng lực khoa học công nghệ, chuyển đổi số và nguồn nhân lực đối với doanh nghiệp quản lý vận hành khai thác đường sắt đô thị
LÊ VĂN THỊNH	46	Giải pháp nâng cao chất lượng dịch vụ xe buýt Hà Nội
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG	48	Phát triển hệ sinh thái logistics hiện đại phía Nam: Vai trò trụ cột của vận tải đa phương thức trong kinh tế vùng
TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG	50	Ứng dụng AI trong công tác quản lý nhà nước về chất lượng công trình xây dựng: Nếu không đi trước, sẽ bị bỏ lại phía sau
NGUYỄN HẠNH, THU THỦY	56	Cơ hội giải quyết triệt để tình trạng thiếu trường THPT công lập ở nội đô
NGUYỄN MINH VÂN	62	DIỄN ĐÀN KHOA HỌC
NGUYỄN HOÀNG LINH	64	Giải pháp nâng cao tính ứng dụng và tra cứu của hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kiến trúc
AN NHIÊN	67	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA
THANH UYÊN	68	Thế chế hóa Nghị quyết 68-NQ/TW- Doanh nghiệp cần được vận hành trong môi trường pháp lý minh bạch và nhân văn
THỦY DƯƠNG	70	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
CÔNG DŨNG	72	Chuyện vô thường tài sản tư nhân
THỦY ANH	74	Phát triển kinh tế tư nhân: Kiểm soát những “biến thái” pháp lý khi thực thi phân quyền
MINH THÀNH	76	GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
ĐÌNH QUANG	78	Kinh tế xây dựng với cách mạng công nghiệp 4.0 và chuyển đổi số
BẢO CHÂU	80	PHÁT TRIỂN KINH TẾ TƯ NHÂN
HẢI THANH	82	Ceo Dkra Living Vũ Tiến Thành: Sự hài lòng của khách hàng là tiêu chí cốt lõi trong mọi hoạt động vận hành
VĂN QUYẾT	84	Tổ ấm triệu đô - Di sản sống giữa Vinh Bình Minh
KỶ ANH	86	Trường dự án Net Zero Vinamilk: Kết hợp sản xuất, năng lượng và công nghệ để “chuyển đổi xanh”
PV	88	Gốm Đất Việt: Kiến tạo tri thức, giữ Hồn Đất Việt
PV	89	DOANH NGHIỆP 4.0
ĐẠI THẮNG	91	4 đột phá để VATM thực hiện thắng lợi các mục tiêu, chỉ tiêu giai đoạn 2025 - 2030
HÀ VĂN THANH KHƯƠNG	104	Nghành Đường sắt bùng nổ, cơ hội vàng cho doanh nghiệp Việt
PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI	110	Những mầm xanh đam mê nghiên cứu khoa học từ “Mái trường đại dương”
TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY, THS.KTS BÙI THỊ MINH NGUYỆT	115	Đề buýt Hà Nội “gần” hơn và “xanh” hơn
LƯƠNG THỊ HIỂN, HOÀNG HẢI LONG	120	Trung tâm Phát triển Quỹ đất tỉnh Cà Mau bàn giao hơn 96 ha mặt bằng xây dựng dự án mở rộng Cảng Hàng không Cà Mau
TRẦN TRUNG HIẾU, TRƯƠNG MINH LÂM	125	V-FRC tiên phong ứng dụng bê tông cốt sợi hiệu suất cao tại Việt Nam

THS.KTS NGUYỄN THỊ TÂM ĐAN, THS.KTS NGÔ HỒNG NĂNG	130	Nhận diện và phát huy giá trị các di tích tôn giáo, tín ngưỡng trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ, TP Vĩnh Long
PGS.TS.KTS TRẦN TRONG HANH	136	Nhìn lại công tác phân vùng ở Việt Nam
TS TRẦN XUÂN HIẾU, THS DƯƠNG QUỲNH ANH	140	Chỉ số sinh kế bền vững trong xây dựng bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương khu vực ven biển huyện Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050
TS.KTS LÊ ĐÀM NGỌC TỬ	146	Thích ứng với biến đổi khí hậu và nước biển dâng tại thành phố ven biển ở các nước đang phát triển
TS LÊ QUỲNH CHI, THS NGUYỄN QUANG HUY, THS TRẦN QUỐC THÁI	152	Tổ chức không gian các xã vùng ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh thích ứng với biến đổi khí hậu
TRƯƠNG THANH HẢI	157	Tải sử dụng thích ứng cho các công trình kiến trúc hiện đại tại TP.HCM: Cơ hội bảo tồn trong phát triển đô thị
THS NGUYỄN THỊ LAN ANH, TS LÊ THỊ MINH HUYỀN, THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN	162	Thực trạng hệ thống thông tin logistics tại Việt Nam
TS LÊ ĐĂNG MINH	166	Phát triển doanh nghiệp tư nhân ở Đài Loan: Bài học tham khảo và hàm ý chính sách cho Việt Nam
PHẠM THỊ VÂN, PHẠM TIẾN DŨNG, HOÀNG TÙNG,	170	Nghiên cứu ứng dụng mô hình BIM phục vụ quản lý dự án trong quá trình thi công công trình giao thông
NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG		
THS NGUYỄN ĐÌNH MINH, TS NGUYỄN VĂN SƠN,	174	Đánh giá các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM
TS NGUYỄN THANH VIỆT, THS LÊ QUỐC LONG		
PGS.TS LÊ ANH DŨNG, THS NGUYỄN DUY VINH	178	Xác định và phân tích các bên liên quan đến thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị tại Việt Nam, từ góc nhìn của doanh nghiệp
NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN	184	Nghiên cứu quy trình đầu tư xây dựng dự án vốn nhà nước nhóm C cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư
NGUYỄN THANH PHONG, HOÀNG HẢI, PHẠM PHÚ CƯỜNG	188	Ứng dụng AHP để lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện ở TP.HCM
PHẠM THỊ TUYẾT AN, LÊ TRUNG THÀNH	192	Quản lý vốn đầu tư công xây dựng cơ bản tại Tân Hồng, Đồng Tháp: Thực trạng và giải pháp
THS TRẦN VIỆT KHÁNH, TS NGUYỄN DUY HÙNG,	197	Đánh giá rủi ro trong quá trình thực hiện các dự án xây dựng theo hình thức hợp tác công tư (PPP) tại Việt Nam
THS NGUYỄN ĐÌNH MẬU		
PGS.TS LÊ HOÀNG AN, THS VŨ HIẾU PHƯƠNG	202	Nghiên cứu chế tạo và thí nghiệm sức chịu tải của song chắn rác bê tông tính năng cao
NGUYỄN VĂN CHÍNH	207	Nghiên cứu giải pháp kiểm soát ứng suất nhiệt trong xây dựng đập vòm bằng bê tông MgO
NGUYỄN THU HUYỀN, TRƯƠNG ĐỨC CẢNH,	212	Tiềm năng giảm thiểu ô nhiễm môi trường khi thay thế túi ni lông sản xuất bằng nhựa truyền thống với túi nhựa bio plastic PLA tại các siêu thị Việt Nam
LÊ THUY DƯƠNG		
LÊ NGUYỄN THIÊN HUY, LÊ MẠNH TƯỜNG, VŨ NHẬT LUÂN	216	Khả năng sử dụng cát đen kết hợp với tro bay nhiệt điện để chế tạo sản phẩm bê tông trong các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm
PHAN ĐỨC HÙNG, VŨ ĐỨC ANH	222	Ứng dụng bê tông geopolymere dùng xi cho cầu kiện dầm bê tông cốt thép đường hộ trong môi trường tự nhiên
PGS.TS NGUYỄN MINH ĐỨC, THS NGUYỄN VĂN HIỆP	226	Nghiên cứu ảnh hưởng của bảo hòa đến chỉ số nén sập của đất sét đầm chặt
TS.KTS LÊ KIM THƯ, PGS.TS LÊ VĂN NHU, TS NGUYỄN QUANG HIỆP,	230	Hiệu chỉnh ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng vật kính ảnh nhiệt bằng sử dụng kỹ thuật học sâu
TS NGUYỄN TRUNG THÀNH		
TS LÊ THÁI BÌNH, TS CHU VIỆT THỨC	235	Nghiên cứu ứng dụng tro bay Nhà máy Nhiệt điện Phả Lại trong quản lý xây dựng nền đường khu vực đồng bằng sông Hồng
TS TRẦN HỮU BÀNG, THS NGUYỄN QUỐC TRÚC, THS VŨ THANH HÙNG,	240	Đặc trưng cơ lý và ứng dụng làm mặt đường nội bộ của bê tông rỗng có sử dụng cốt liệu xi thép và tro bay
THS PHÚ THỊ TUYẾT ANH		
TS PHẠM ĐỨC THIÊN, THS TRỊNH THANH BÌNH	244	Ứng xử chịu uốn của sàn bán lắp ghép sử dụng kết hợp bê tông geopolymere và bê tông xi măng
TS TRẦN ĐỨC MINH HẢI, PGS.TSKH NGUYỄN XUÂN NGUYỄN	248	Đánh giá hiệu quả Clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo trong quá trình xử lý nước cấp sinh hoạt
THS LÊ HỒNG QUÂN, TS TRẦN VĂN TUẤN,	253	Sử dụng phương pháp đo điện thế half-cell nghiên cứu ăn mòn cốt thép trong bê tông geopolymere sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển
TS NGUYỄN VĂN CHI, KS ĐỒNG VĂN KIẾN		
TS NGUYỄN TRẦN HIẾU, THS NGUYỄN MINH TUYẾN	258	Mô phỏng liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM
TS PHAN VĂN HUỆ, TS TRƯƠNG QUANG HẢI	263	Đề xuất phương pháp thiết kế liên kết giữa sàn phẳng bê tông cốt thép với cột ống thép nhồi bê tông khi chịu mô men không cân bằng
NGUYỄN BẢO VIỆT, PHAN TRỌNG KHANH	270	Nghiên cứu sức chịu tải của đất nền tựa cọc theo TCVN 10304:2014
CAO CHU QUANG, ĐINH VIỆT THANH, VŨ NGỌC ANH, LÊ BẢO QUỐC	274	Ảnh hưởng của kích thước biên và khoảng cách giữa hai đường hầm đến nội lực công trình ngầm chịu động đất bằng phương pháp ISGD
ĐOÀN VĂN ĐỆT, LÊ TẤN TRUYỀN	280	Dự đoán sức chịu tải cọc bê tông cốt thép theo chỉ số SPT và so sánh với kết quả thử tĩnh
THS TRẦN QUỐC TOÀN, TRẦN ĐẮC THÔNG, TS PHAN VŨ PHƯƠNG	284	Đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao bê tông cốt thép gia cường kháng cắt bằng tấm CFRP
TS NGUYỄN VIỆT HÙNG, VŨ QUỐC HÙNG, THS NGUYỄN THÀNH NHÂN	290	Tính toán mô men kháng nứt của tiết diện bê tông cốt thép theo mô hình ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng của bê tông
TS NGUYỄN PHI LONG	295	Đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông cốt thép trong kết cấu nhà ga hàng không theo tiêu chuẩn Eurocode
TRẦN ANH TỬ, CAO NGUYỄN THỊ, LƯƠNG BẢO BÌNH, VŨ NHẬT TIẾN,	300	Xây dựng mô hình số độ cao bằng công cụ drone RTK cho TP Mỹ Tho, Tiền Giang
NGUYỄN QUỐC PHONG, HUỖNH QUỐC BÌNH, VŨ NGỌC HÀ, HÀ THIÊN Y,		
VŨ SƠN, ĐÀM XUÂN THẾ, NGÔ TẤN PHONG		
KS NGUYỄN QUỐC TUẤN, TS NGUYỄN CHÍ THỌ, TS NGUYỄN THANH SANG	304	Nghiên cứu ảnh hưởng của tác dụng nổ lên kết cấu cầu thép dầm vòm
TS.KTS LÊ KIM THƯ, THS LÊ DUY HOÀN	310	Nghiên cứu thiết kế vật kính ảnh nhiệt khẩu độ số lớn trong dải bước sóng hồng ngoại dài
KS NGUYỄN QUỐC HIỆP, TS PHAN THÀNH TRUNG	314	Nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu đặt hầm metro dưới tác động của vụ nổ trên mặt đất
TS PHẠM VĂN HÙNG, TS ĐẶNG QUANG HUY, THS NGÔ THỊ HƯƠNG TRANG	318	Phân tích ổn định tổng thể tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết
LÊ VĂN PHƯỚC NHÂN	323	Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ mảnh tương đối đến ứng xử của cột liên hợp thép-bê tông
LÊ VIỆT HUY	328	Ảnh hưởng của graphite Lào Cai đến đặc trưng cơ học và tính dẫn điện của bê tông hạt mịn cường độ cao
NGUYỄN THANH TỬ, NGUYỄN MINH ĐỨC	334	Ảnh hưởng của xi măng đến ứng xử tương nỏ và giá trị CBR của đất bùn lòng sông
TRẦN ĐÌNH CƯƠNG, TRẦN ĐĂNG KHẢI, NGÔ VĂN QUÂN,	338	Phân tích và đánh giá tiêu chuẩn thiết kế, xây dựng và nghiệm thu sân bay của Việt Nam với các khuyến nghị cập nhật dựa trên các tài liệu của ICAO
NGUYỄN PHI LONG		
LÊ TRUNG PHONG, NGUYỄN PHI LONG	344	Đánh giá thực nghiệm về tính chất cơ lý của bê tông kết hợp vỏ hạt mắc ca
PHẠM HỮU HÀ GIANG, TRẦN HOÀNG NAM, LÊ GIA LINH, NGUYỄN MẠNH CƯƠNG,	348	Ảnh hưởng của tải trọng động đến chuyển vị của cống thoát nước trong quá trình nâng cấp đô thị: Trường hợp nghiên cứu tại đường Trần Văn Hoài, TP Cần Thơ
NGUYỄN MINH ĐỨC, NGÔ NGỌC BẢO AN, DƯƠNG THU HẰNG	353	Đánh giá kỹ thuật-kinh tế các phương pháp chiết xuất thu hồi axit béo để bay hơi từ các dòng nước thải giàu hữu cơ
TS NGUYỄN LONG KHÁNH, THS ĐÀO ĐẮC HOÀNG	358	Tổng quan về ứng dụng phốt pho thạch cao trong xây dựng
TS ĐÀO PHÚC LÂM, PGS.TS ĐOÀN MINH TÂM	361	Đánh giá hiệu quả thiết kế kết cấu áo đường sửa chữa sử dụng vật liệu tái chế nguội tại chỗ theo chỉ dẫn AASHTO
TS ĐÀO SỸ ĐÁN	366	Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các dầm bê tông cốt thép giản đơn theo tiêu chuẩn ACI 216.1M-14
PGS.TS NGÔ ĐĂNG QUANG	369	Xác định hệ số dẫn nhiệt đối lưu của mặt trong dầm cầu bê tông có mặt cắt dạng hộp
GS.TS LÊ HÙNG LÂN, TS LÊ XUÂN TRƯỜNG,	372	Phát triển giao thông xanh dựa trên hệ thống giao thông thông minh và logistics thông minh
THS PHAN THỊ THANH NGỌC		
TS NGUYỄN XUÂN LONG		
TS LÊ TIẾN DŨNG, TS HOÀNG THỊ THANH	376	Nghiên cứu đề xuất giải pháp hỗ trợ giảm phát thải các-bon tại cảng biển Việt Nam đến năm 2030
THS ĐO THỊ MỸ LINH, TS NGUYỄN THANH VÂN	380	Phát triển thí phần vận tải đường sắt Việt Nam
TS ĐỖ MINH NGỌC, TS NGUYỄN MINH KHOA, THS TRỊNH MINH	383	Nghiên cứu phương pháp sửa lỗi truyền dẫn trong hệ thống thông tin hàng hải sử dụng dây tiêu chuẩn
HOÀNG, THS TỐNG DUY BÌNH, THS LÊ XUÂN HÙNG	386	Phân tích ổn định và cơ chế làm việc của hệ định đất gia cố mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đất

PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỜNG, THS PHẠM VĂN LUÂN, THS PHẠM TẤT TIẾP THS PHẠM QUANG THỦY, PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỜNG TS ĐÀO SỸ ĐẤN, THS CAO THỊ MAI HƯƠNG	390 393 396	Bộ điều khiển trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy với thời gian ổn định hữu hạn Điều khiển mạng nơ-ron thích nghi cho hệ thống buộc tàu hai điểm Nghiên cứu xác định nội lực trong công hộp bê tông cốt thép nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D
PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA, THS.NCS NGUYỄN THẮNG LỢI, THS.NCS DU QUANG VINH, TS NGUYỄN HẰNG GIANG ANH, KS NGUYỄN LÊ MINH HOA, KS TRẦN ĐỨC KHÁNH TÂN, NGUYỄN HỒ THANH NGÂN PGS.TS NGUYỄN MẠNH TUẤN, LÊ ANH KHÔI TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG, PGS.TS VŨ LÊ HUY, PHẠM NGỌC VIỆT, LÊ VĂN TUẤN, VŨ ĐÌNH DŨNG, ĐẶNG THẾ DUY, NGUYỄN HOÀNG VIỆT AN GS.TS PHẠM HUY KHANG, PGS.TS NGUYỄN TRỌNG HIỆP, TS NGUYỄN ĐÌNH CHUNG TS PHẠM ĐỨC TIẾP, TS PHẠM ĐỨC PHONG, KS LÊ QUỐC HOÀN PGS.TS ĐÀO MINH QUÂN, TS ĐÀO QUANG KHANH, THS HỮU XUÂN LONG, THS TỔNG LÂM TÙNG TS MAI ANH ĐỨC, PGS.TS PHẠM ANH ĐỨC TS ĐÀO PHÚC LÂM, THS LÊ HỮU VƯƠNG, THS NGUYỄN HỮU BÌNH TS NGUYỄN ANH TUẤN, THS ĐÀO QUANG HUY, THS PHẠM NGỌC TRƯỜNG TS THÁI MINH QUÂN, PGS.TS NGUYỄN THANH SANG PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN, TS NGUYỄN VĂN ĐĂNG, THS LƯƠNG VĂN VỊNH, THS VŨ QUANG KHÔI, THS CAO MẠNH HÙNG TS NGUYỄN LỘC KHA	400 404 408 412 416 421 424 429 434 438 442 445	Đánh giá tiềm năng phát triển bền vững của hệ thống vận tải thủy nội địa trên địa bàn tỉnh Long An Phân tích ứng suất và biến dạng trong các lớp áo đường mềm theo phương pháp hệ nhiều lớp Thiết kế, chế tạo và tính toán động học ngược robot song song Delta Rostock Nghiên cứu sử dụng phần mềm FAARFIELD trong xác định chỉ số phân cấp mặt đường sân bay Nghiên cứu thực nghiệm về mối tương quan giữa chỉ số xuyên của thiết bị xuyên động và độ chặt của nền san hô Nghiên cứu mô phỏng quá trình truyền thông CAN Bus giữa các thiết bị trên xe ô tô Dự đoán biến dạng tối hạn của cột bê tông gia cường CFRP dựa trên mô hình học máy Mô hình hóa và phân tích sức chịu tải của nền đất yếu gia cố cọc xi măng đất dưới tác dụng của nền đường đắp sử dụng mô hình Mohr-Coulomb và phương pháp FEM Thí nghiệm nghiên cứu khả năng dính bám giữa cốt thanh GFRP và bê tông trong đầm Nghiên cứu thực nghiệm về bê tông chịu mặn sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp xỉ lò cao nghiên cứu sử dụng cho công trình biển Hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho đường sắt đô thị và một số vấn đề khi áp dụng cho dự án xây dựng các tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam
TS PHẠM ĐỨC PHONG, GS.TS PHẠM CAO THẮNG TS. TRẦN THẾ NAM ĐỖ HÀ MY, NGUYỄN LƯƠNG HẢI PHẠM ĐỨC PHONG TS NGUYỄN XUÂN LONG, PGS.TS PHAN VĂN HƯNG THS BUI ĐÌNH VŨ	448 451 454 460 463 466	Một số nội dung tính toán kháng chấn nhà cao tầng với kết cấu khung chịu lực bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018 Tính toán xác định mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi tĩnh và mô-đun đàn hồi động của đất nền đường ô tô Sử dụng thuật toán PSO để thiết lập các thông số của robot bóng Quản lý giao thông đô thị trong kỷ nguyên rút ngắn không gian và thời gian: Tích hợp cảm nhận khả năng tiếp cận vào phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam Tính toán thời gian khai thác còn lại của kết cấu áo đường cứng đường ô tô từ kết quả thí nghiệm hiện trường bằng FWD Tối ưu hóa hiệu quả giám định môn nước tàu chở hàng rời Thực trạng giao thông ở Việt Nam và ứng dụng của công nghệ AI nhận dạng người tham gia giao thông không thắt dây an toàn hoặc thắt dây an toàn không đúng cách

THÁNG 7

THẠCH LONG NGUYỄN HANH TUẤN ĐỒNG LÊ VĂN THỊNH THS.KS HÀ ANH MINH KTS PHẠM THANH TÙNG GS.TS.KTS ĐỖ HẬU TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG HOÀNG THẠCH NGUYỄN HOÀNG LINH VIỆT CƯỜNG HẢI THANH CẨM PHÚ SONG THU AN NHIÊN PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT THS NGUYỄN PHƯƠNG LÂM, THS PHẠM ĐỨC THUẬN CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA, KS NGUYỄN THANH DANH THS NGUYỄN VĂN TUẤN, THS NGUYỄN HỮU ĐỨC KS. PHẠM TRUNG HIẾU, TS ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG TS TRẦN THỊ PHƯƠNG THẢO PGS.TS VŨ LÊ HUY, LÊ MẠNH TRUNG, NGUYỄN DUY HÙNG, VŨ ĐÌNH DŨNG, TRẦN TRỌNG TÚ, TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG THS VŨ VĂN RỰC, THS NGÔ XUÂN HƯƠNG TS NGUYỄN MINH KHOA, TS ĐỖ MINH NGỌC, THS TRỊNH MINH HOÀNG, KS TRẦN NGỌC HÙNG, TS ĐỖ MINH TÍNH PGS.TS NGUYỄN THANH SANG, NGUYỄN TUẤN ANH, THS NGUYỄN	6 8 10 12 17 20 24 30 36 42 44 48 50 52 54 56 62 66 70 74 78 82 86 90 94	QUẢN LÝ NGÀNH Triển khai công tác quản lý nhà nước về xây dựng: Bám sát mục tiêu tăng trưởng 8% trở lên Phân cấp, phân quyền trong ngành Xây dựng: Từ chính sách đến hành động Tháo gỡ điểm nghẽn, tạo “đột phá” cho đầu tư phát triển đường sắt TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG Vì sao kỹ sư xây dựng cần Chứng chỉ hành nghề dù đã tốt nghiệp đại học? Công nghệ thi công lắp ghép mô-đun - Từ thực tế ở Việt Nam đến mô hình tiên tiến tại Singapore Cải tạo xây dựng các chung cư cũ ở Hà Nội: Cần một tư duy mới, cách làm mới Kết nối giao thông đường sắt đô thị Thủ đô Hà Nội: Góp phần khai thác hiệu quả hệ thống giao thông công cộng DIỄN ĐÀN KHOA HỌC Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP: Những nội dung cần hiệu chỉnh, bổ sung và sửa đổi TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA Hạ tầng dữ liệu là “hệ thần kinh số” của đô thị thông minh GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN Hãy coi trọng hỗ trợ UBND cấp xã mới! 80 NĂM THÀNH TỰU PHÁT TRIỂN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ NGÀNH GTVT Vinh quang trí tuệ giao thông vận tải Việt Nam DOANH NGHIỆP 4.0 Buytt Hà Nội kết nối hôm nay - hướng tới ngày mai 15 năm ATTECH và hành trình làm chủ kỹ thuật hàng không Công ty 59: Dấu ấn trên mặt trận kinh tế quốc phòng GIỚI THIỆU SÁCH MỚI Đô thị thông minh - bài học kinh nghiệm về quy hoạch các đô thị trên thế giới NGHIÊN CỨU KHOA HỌC 60 km với lý thuyết định vị đô thị và đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam Giải pháp giảm nhiễu cho các tín hiệu mới trong các hệ thống định vị sử dụng vệ tinh Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu Ứng dụng viễn thám và GIS phân tích biến động sử dụng đất khu vực TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025 Nghiên cứu móng bê tông kết hợp cọc để đưa ra giải pháp móng hiệu quả cho nhà cao tầng xây dựng trong đô thị ở Việt Nam Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát từ xa thông số điện sử dụng LoRa và công tơ điện thông minh Thiết kế, chế tạo máy bay không người lái điều khiển bằng gang tay cảm biến Phát triển thiết bị phân tích phổ cấu trúc đơn giản sử dụng RTL-SDR Ảnh hưởng một số tham số của neo đến hệ số ổn định tổng thể mái dốc Giảm thiểu phát thải và chỉ số tiêu thụ năng lượng của bê tông nhiều tro bay ở Việt Nam
---	--	---

THANH VŨ, TS NGUYỄN TẤN KHOA, THS.NCS HUỖNH THỊ MỸ DUNG THS NGUYỄN THANH TÙNG, TS MAI XUÂN HƯƠNG, THS NGUYỄN TRUNG CHÍNH TS NGUYỄN PHƯƠNG THẢO PGS.TS NGUYỄN NAM, NCS TRƯƠNG THỊ HUỖNH ANH KTS LÊ MỸ QUỐC TRẦN NGỌC HUỖNH TRANG THS LƯƠNG VŨ ĐÀM NINH, TS.KTS NGÔ THỊ KIM DUNG THS.KTS NGÔ ANH VŨ PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG, DƯƠNG VĂN VŨ	98	Nghiên cứu sử dụng tế bào tự động và thuật toán Bayes để mô phỏng tránh chướng ngại vật tối ưu cho tàu thủy
ĐINH VĂN HOÀN, NGUYỄN DUY HƯNG TS TRẦN XUÂN HIẾU, THS PHẠM THỊ ANH, PGS.TS PHẠM HÙNG CƯỜNG THS NGUYỄN CÔNG DŨNG TRƯƠNG CHÍ NHÃN NGUYỄN THẾ ANH	102 106 112 118 124 129 134 139	Giải pháp thiết kế thông hơi hiệu quả trong nhà cao tầng Nâng cao chất lượng không gian công cộng ven sông Hàn tạo lập bản sắc đô thị tăng cường trải nghiệm du lịch đô thị Đà Nẵng Tích hợp sử dụng chung trong các đại học vùng Thủ đô dưới góc nhìn cấu trúc đô thị Tích hợp ảnh UAV, Deep Learning và WebGIS phục vụ công tác quản lý cây xanh đô thị - Trường hợp nghiên cứu tại TP.HCM Ứng dụng công nghệ trong quản lý di sản kiến trúc tại các điểm du lịch tỉnh Quảng Ninh Quy hoạch và phát triển TP.HCM mới: Bài học kinh nghiệm từ mô hình Thượng Hải Phân vùng định cư thích ứng với biến đổi khí hậu ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long Định hướng giải pháp sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp phường Đồ Vinh, TP Phan Rang Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận nay là tỉnh (Khánh Hòa)
ĐINH VĂN HOÀN, NGUYỄN DUY HƯNG TS TRẦN XUÂN HIẾU, THS PHẠM THỊ ANH, PGS.TS PHẠM HÙNG CƯỜNG THS NGUYỄN CÔNG DŨNG TRƯƠNG CHÍ NHÃN NGUYỄN THẾ ANH	146 150 156 160 166	Ứng dụng mô hình học máy dự đoán cường độ nén của cọc xi măng đất Mô hình trung tâm tiểu vùng các huyện ven đô Hà Nội trong định hướng phát triển không gian kinh tế, dịch vụ sau cải cách tính gọn bộ máy bộ cấp huyện Từ Nghị quyết 68-NQ/TW đến án kinh tế ban đêm: Không gian tăng trưởng mới cho kinh tế đô thị Việt Nam Ứng dụng mô hình BIM nâng cao hiệu quả quản lý dự án tại Tập đoàn xây dựng Coteccons Nghiên cứu ứng dụng BIM vào đánh giá công trình xanh tại Việt Nam hiện nay
THS PHAN DUY NAM, PGS.TS NGUYỄN ANH TUẤN TRẦN QUANG DUY, TRẦN NGUYỄN NAM TRƯỜNG TS NGUYỄN VĂN SƠN, THS NGUYỄN ĐÌNH MINH, THS NGUYỄN ĐÌNH CHỨC, LÊ QUỐC LONG NGUYỄN HOÀI NGHĨA, TRẦN THANH HÀ, ĐINH VINH PHƯỚC PHAN THANH PHƯƠNG, NGUYỄN MỘNG HUỖNH NHÌ, VÕ ĐĂNG KHOA HUỖNH THỊ YẾN THẢO, VƯƠNG THỊ THUY DƯƠNG, TRẦN THỊ QUỲNH NHƯ, VÕ CÔNG HẬU TS TRẦN HỮU BẰNG, THS NGUYỄN TUẤN CƯỜNG PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI LÊ THỊ MAI HƯƠNG, TẠ VĂN PHẤN TRẦN CAO THANH NGỌC PHẠM KIẾN, TRƯƠNG MINH HOÀNG, PHẠM TIẾN CƯỜNG, TAKEMURA JIRO	170 174 180 185 190 195 200 204 208 213 216	Ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý tiến độ và chi phí phần ngầm công trình cao tầng Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình trong thiết kế hạ tầng đô thị Phân tích mức độ ảnh hưởng của các nhân tố dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM Phân tích năng lực tài chính doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam: Một cách tiếp cận định lượng Nhận thức xanh trong dự án đầu tư xây dựng xanh: Sự khác biệt góc nhìn giữa nhà thực hành và sinh viên ngành Xây dựng Ý định tham gia dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP) của khu vực tư nhân: Tiếp cận từ lý thuyết hành vi kế hoạch (TPB) Nghiên cứu đặc trưng cơ lý của bê tông hạt nhỏ cốt sợi hiệu suất cao dùng trong sửa chữa nhanh mặt đường bê tông xi măng Kinh nghiệm quy hoạch và phát triển giao thông đô thị bền vững: Bài học từ thế giới cho Việt Nam Hiệu quả của công nghệ vật liệu trong quản lý xây dựng hệ thống thoát nước theo định hướng đô thị xanh Ảnh hưởng của cường độ thép đối với hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất trong dầm bê tông cốt thép Cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng biến dạng đứng của nền đường khu vực Vĩnh Long - Cần Thơ
NGUYỄN THANH HẢI, NGUYỄN VĂN HẢI, NGÔ TRUNG HIỀN PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN NGUYỄN NGỌC PHÚ, NGUYỄN ĐỨC TIẾN, LÊ KHẢ QUYẾN, LÊ ĐỖ PHƯƠNG AN, VŨ HỒ NAM PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG, THS NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG, THS NGUYỄN THỊ THANH THẢO, THS NGUYỄN TUẤN NINH TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN THS TRẦN VĂN HUÂN, THS NGUYỄN XUÂN HÒA THS.NCS MAI VŨ YẾN, GS.TS TỬ SỸ SỬA, PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN THS.NCS NGUYỄN THANH TUẤN, THS.NCS NGUYỄN ĐỨC ĐÀM, GS.TS PHAN TRỌNG TRINH, PGS.TS PHẠM THÁI BÌNH TS PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA, THS NGUYỄN TIẾN PHƯƠNG THS PHẠM HỒNG DƯƠNG, THS PHẠM NGỌC ANH, THS LÊ MẠNH HẢI, THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYẾN, KS LÊ ANH PHONG, KS NGUYỄN THÀNH CÔNG THS PHẠM TẤT TIẾP, PGS.TS NGUYỄN VĂN SỬNG, THS NGUYỄN THANH DIỆU TS VŨ VĂN HIỆP, THS VŨ QUANG KHÔI THS NGÔ XUÂN HÙNG, THS CAO MẠNH HÙNG PGS.TS HOÀNG HÀ	220 224 227 232 237 240 243 246	Đánh giá ứng xử của tường tầng hầm bằng phương pháp phần tử hữu hạn và quan trắc tại hiện trường Giải pháp về hạ tầng kỹ thuật xanh góp phần phát triển bền vững Khu công nghiệp sinh thái ở Việt Nam Tối ưu hóa giàn lớn bằng thuật toán cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh Khảo sát sự phân bố ứng suất trong liên kết neo lắp đặt sau chịu kéo nhỏ sử dụng mô hình biến dạng của bê tông để neo Phát triển mô hình chuỗi thời gian LSTM để nâng cao độ chính xác trong việc dự đoán độ lún xử lý nền đất yếu Nghiên cứu xây dựng lưới trắc địa phục vụ đào tạo tại cơ sở Nhà Bè, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh Đánh giá chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng đồng bằng sông Hồng Nghiên cứu tổng quan phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt
THS.NCS NGUYỄN THANH TUẤN, THS.NCS NGUYỄN ĐỨC ĐÀM, GS.TS PHAN TRỌNG TRINH, PGS.TS PHẠM THÁI BÌNH TS PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA, THS NGUYỄN TIẾN PHƯƠNG THS PHẠM HỒNG DƯƠNG, THS PHẠM NGỌC ANH, THS LÊ MẠNH HẢI, THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYẾN, KS LÊ ANH PHONG, KS NGUYỄN THÀNH CÔNG THS PHẠM TẤT TIẾP, PGS.TS NGUYỄN VĂN SỬNG, THS NGUYỄN THANH DIỆU TS VŨ VĂN HIỆP, THS VŨ QUANG KHÔI THS NGÔ XUÂN HÙNG, THS CAO MẠNH HÙNG PGS.TS HOÀNG HÀ	251 254	Phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin Internet về tình Starlink trong điều khiển tàu biển Công nghệ tiên tiến và tiềm năng cải thiện gia công trực khuỷu động cơ diesel
KS PHẠM VĂN HẢI, TS NGUYỄN ANH DÂN, PGS.TS NGUYỄN VIỆT THANH, THS.NCS TRINH ĐÌNH LAI THS.NCS NGUYỄN HỒ HỒNG PHÁT PHAN MINH SANG, TRẦN ĐỨC KHÁNH, LÊ NGỌC TÂN, PHẠM MINH TRIẾT, PHẠM HỮU HÀ GIANG	257 260 263 268 273 276	Nghiên cứu bộ điều khiển trượt cho hệ thống tự động tránh và chạm tàu thủy Phân tích một số tiêu chí lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn cho lĩnh vực phương tiện đường sắt đô thị ở Việt Nam Đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chí về độ thoải mái của hành khách khi đoàn tàu đi trên cầu đường sắt tốc độ cao theo tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam và một số nước Mô hình số đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi: Nghiên cứu đối với phương án quy hoạch cảng Trần Đề Chuyển đổi xanh - mục tiêu phát triển bền vững của các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn TP Hải Phòng Đánh giá vai trò của áp lực chân không trong gia cố nền đất bằng bắc thăm

THÁNG 8

KTS PHẠM THANH TÙNG TUẤN ĐÔNG HỒNG XIÊM THẠCH LONG NGUYỄN PHƯƠNG	8 12 16 18 20
TS NGÔ THANH THỦY, TS HUỖNH XUÂN TÍN THS TRƯƠNG CHÍ NHÃN TRẦN VĂN TÂM TS NGUYỄN VĂN CHÍNH	22 26 30 32

QUẢN LÝ NGÀNH

Tư tưởng “vi dân” của Chủ tịch Hồ Chí Minh - nền tảng phát triển kiến trúc Việt Nam Tập trung kiến tạo phát triển ngành Xây dựng Công đoàn Xây dựng Việt Nam: Sát cánh cùng người lao động, nêu cao tinh thần làm việc “vượt năng, thắng mưa” Quý Nhà ở quốc gia: Nền tảng để phát triển NOXH theo hướng hiệu quả và bền vững Phát triển đô thị thông minh gắn với mô hình chính quyền hai cấp	8 12 16 18 20
TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG Thách thức và giải pháp cho các đơn vị tư vấn thiết kế trong đấu thầu BIM Áp dụng BIM trong công tác đấu thầu xây dựng tại Việt Nam: Thực trạng, thách thức và giải pháp Ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí xây dựng trong giai đoạn thi công tích hợp trên CDE Giảm thiểu bất đồng trong lựa chọn nhà thầu và triển khai BIM gói thầu xây lắp	22 26 30 32

THS PHAM PHÚ ĐỨC	36	Hiệu đúng và áp dụng hiệu quả BIM
LÊ VĂN THỊNH	40	Cơ quan quản lý nhà nước làm gì trong giai đoạn thi công xây dựng?
AN NHIÊN	43	GỚI THIỆU SÁCH MỚI Hướng dẫn áp dụng BIM cho công trình cầu
THANH NGÀ	44	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA Ngành Xây dựng tái định vị vai trò kỹ thuật truyền thống sang kiến tạo phát triển
NGUYỄN HOÀNG LINH	50	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN Kinh tế tư nhân và mô hình Airbnb
CẨM PHÚ	52	80 NĂM THÀNH TỰU PHÁT TRIỂN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ NGÀNH GTVT Từ lòng đất, khát vọng làm chủ công nghệ hầm
SONG THU	54	Viện Vật liệu xây dựng: Sẵn sàng cho kỷ nguyên vươn mình
THANH LƯƠNG	56	Trung Chính tiên phong ứng dụng công nghệ BIM, nâng tầm quản lý dự án giao thông
THANH PHONG	58	Dự án cầu Rạch Miễu 2: Một mẫu hình trong đầu tư công "làm đúng, làm nhanh, làm chắc"
BẢO CHÂU	62	Sức trẻ từ "Mái trường Đại dương": Sẵn sàng cống hiến cho "Kỷ nguyên vươn mình của dân tộc"
HẢI THANH	64	DOANH NGHIỆP 4.0 Dữ liệu số nâng chất lượng buýt Thủ đô
THUY DƯƠNG	66	Vingroup nhận Huân chương Lao động hạng Nhất vì thành tích đặc biệt xuất sắc tại Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia
PGS.TS ĐÀO VĂN DINH, TS TRẦN VIỆT HƯNG	80	NGHIÊN CỨU KHOA HỌC Thuật toán tìm tọa độ tâm quay tức thời của liên kết đường hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm
CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA,	84	Tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ xuất khẩu sầu riêng tươi từ Tây Nguyên sang Trung Quốc - trường hợp của tỉnh Đắk Lắk
KS NGUYỄN THANH DANH	88	Đánh giá mức độ tham gia vào kinh tế tuần hoàn trong ngành Giao thông vận tải đối với việc sử dụng phương tiện giao thông cá nhân ở Hà Nội
PGS.TS NGUYỄN MINH HIẾU, TS HÀ THANH TÙNG,	92	Nghiên cứu, xây dựng hệ thống SCADA thông minh ứng dụng IEC 61850 hỗ trợ chuyển đổi số trong quản lý lưới điện trung thế
THS NGUYỄN THỊ NGUYỆT QUẾ	96	22 kV tại Deep C Hải Phòng
KS PHẠM VĂN ĐỒNG, PGS.TS ĐÌNH ANH TUẤN	100	Phân tích ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến chất lượng sản phẩm nắp che bên ghế xe ô tô bằng mô phỏng ép phun
TS VŨ THỊ LIÊN	104	Nghiên cứu tổng quan về ứng xử va đập của vật liệu xi măng cốt sợi
THS PHẠM HUY TÙNG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	108	Nghiên cứu hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi tại các dự án đầu tư xây dựng cảng biển container ở Việt Nam
TS ĐỖ VĂN MẠNH, TS TRẦN THỊ THẢO,	112	Phân tích các "điểm nóng" giao thông đô thị từ dữ liệu GNSS bằng phương pháp K-means và KDE tích hợp công nghệ GIS
PGS.TS TRẦN QUANG HỌC	117	Nghiên cứu thiết kế bộ biến đổi công suất từ 50 Hz thành 60 Hz theo nguyên lý điều chế vector không gian cho hệ thống cấp điện bờ tại cảng biển
THS PHẠM CHÍ DŨNG	120	Nghiên cứu đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt
THS TRẦN TUẤN PHONG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	123	Xây dựng các chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam
TS PHI VĂN LÂM, TS TRẦN THỊ LAN, NGUYỄN CÔNG BÁCH	128	Thiết kế và xây dựng hệ thống quản lý bãi gửi xe thông minh trên nền tảng điện thoại thông minh
THS PHẠM THANH TÙNG, THS ĐỖ THÁI GIANG	133	Thiết kế hệ thống lái tự động tàu thủy sử dụng điều khiển dự báo dựa trên mô hình MLD có đầu vào bão hòa
LÊ VĂN THỨC	136	Nghiên cứu, đánh giá an toàn và khả năng tiếp nhận tàu container trọng tải đến 250.000 DWT của cảng biển khu vực Cái Mép TP.HCM
THS LÊ QUỲNH NGÀ, PGS.TS ĐÀO VĂN DINH, TS TRẦN VIỆT HƯNG	140	Nghiên cứu đánh giá các phương pháp thử nghiệm thấm nhập ion clo trong kết cấu bê tông cốt thép
THS LÊ THỊ THANH HẰNG	143	Các nhân tố ảnh hưởng tới việc phát triển tín dụng xanh của các đơn vị vận tải ở Việt Nam
THS NGUYỄN HỮU ANH	148	Đánh giá hiệu năng khai thác của kết cấu cầu dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo phương pháp đúc hẫng cân bằng thông qua chương trình thử tải tĩnh và động
PGS.TS LÊ ANH ĐỨC, PHAN CHÍ DŨNG, VŨ ĐỨC NGUYỄN	154	Tiếp cận Hình thái học đô thị: Nghiên cứu khu vực Bến Bình Đông phát triển và bảo tồn giá trị không gian kiến trúc
TS TRẦN NGỌC PHÚ, THS NGUYỄN NHƯ MẠNH	158	Quản lý phát triển các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hưng Yên theo hướng bền vững
PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG	163	Tích hợp quy hoạch đô thị bền vững gắn với cải cách chính quyền hai cấp ở Việt Nam
NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG, LÝ AN, HỒ TRẦN CHÍNH	168	Đề xuất quy hoạch sử dụng đất carbon thấp tại làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt
NGUYỄN QUỐC VINH, NGUYỄN ANH VŨ,	175	Tương quan giữa quá trình biến đổi thích ứng với hạn của cấu trúc không gian đô thị và các chỉ số viễn thám NDVI và LST: Trường hợp TP Phan Rang-Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận (nay thuộc tỉnh Khánh Hòa)
PHẠM LINH ĐAN, TRẦN LÊ THANH AN	180	Cải thiện quy trình đầu tư công nhóm C tại địa phương trong bối cảnh cải cách hành chính
NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN	185	Sự lựa chọn của nhà đầu tư: Các yếu tố trọng yếu ảnh hưởng quyết định tham gia dự án PPP
NGUYỄN MINH NHẤT	190	Nghiên cứu rào cản trong quá trình thực hiện (rào cản đầu ra) tác động đến các dự án PPP giao thông đường bộ
THS NGUYỄN THỊ THANH PHƯƠNG	196	Nâng cao vai trò và trách nhiệm của Văn phòng Quản lý Dự án (PMO) trong các dự án phát triển bất động sản tại Việt Nam:
THS.KS PHẠM ANH TUẤN	200	Nghiên cứu điển hình dự án cao tầng RSR
PHAN THANH PHƯƠNG, NGUYỄN THANH PHONG	205	Các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách tại TP.HCM
VŨ TÀI TOÀN, TS LÊ HOÀI LONG,	208	Tiêu chí đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đầu thầu của nhà thầu xây dựng: Tổng quan tài liệu có hệ thống
TS ĐẶNG NGỌC CHÂU, TS VŨ ĐẶNG KHOA	214	Đánh giá hiệu quả xử lý bụi của hệ thống lọc không khí kết hợp HEPA và hấp thụ dạng phun nước
TS NGUYỄN ĐÌNH HUẤN, TS NGUYỄN PHƯỚC QUÝ AN	220	Giải pháp xử lý chất thải rắn sinh hoạt bằng công nghệ thiêu đốt thu hồi năng lượng tại Việt Nam: Cơ hội, tiềm năng và thách thức
PGS.TS NGUYỄN LÂM QUẢNG, PGS.TS NGHIÊM VĂN KHANH	224	Nghiên cứu ứng dụng giải pháp tunnel thấm ngầm nước xuống lòng đất nhằm cải thiện và bổ cập nước ngầm trong các khu vực đô thị Việt Nam
THS NGUYỄN THẾ LŨ	227	Phân tích tác động của phát thải xe máy đến chất lượng không khí tại các đô thị lớn Việt Nam
THS CAO QUANG KHẢI, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI	232	Đánh giá sự phát thải khí nhà kính từ hoạt động của Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai
NGUYỄN PHƯƠNG TÚ, LƯƠNG THANH TÂM, PHẠM ĐỨC TIẾN	238	Ứng dụng radar xuyên đất trong chẩn đoán kết cấu bê tông
NGUYỄN SƠN TÙNG, LƯƠNG MINH CHÍNH	244	Ứng dụng phương pháp half-range function trong tính toán độ võng dầm chịu tải trọng bất liên tục
ĐỖ NGUYỄN DUY MINH, NGUYỄN NGỌC THẮNG	250	Tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn SP 385.1325800.2018
TS PHẠM THANH BÌNH, TS MẠI VIỆT CHINH, TS NGUYỄN HỮU THẾ	255	Tiến bộ trong nghiên cứu an toàn cháy cho kết cấu bê tông và thép tại Việt Nam và quốc tế
TS NGUYỄN PHI LONG, NGUYỄN TRÚC LIN NÀ	258	Khảo sát ảnh hưởng của tường xây chèn tới độ cứng ngang của khung bê tông cốt thép bằng mô hình số
PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG	261	An toàn trong phá dỡ công trình xây dựng - Bài học rút ra cho Việt Nam từ Tiêu chuẩn SP 325.1325800.2017 của Liên bang Nga
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY, PGS.TS BUI MẠNH HÙNG	264	Tối ưu hóa mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) hỗ trợ kỹ thuật hàng hải toàn cầu: Nghiên cứu trường hợp Lemar PTE LTD
KS LÊ MẠNH HÀ, PGS.TS NGUYỄN VĂN TIẾP	268	Cải thiện chất lượng tạo ảnh của hệ thống mã hóa mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm
THS LÊ DUY HOÀN, KTS.TS LÊ KIM THƯ	274	Nghiên cứu giải pháp quản lý bảo trì mặt đường bê tông nhựa thích ứng nhiệt độ cao do biến đổi khí hậu tại Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang)
LÊ HOÀNG SƠN, NGÔ THỊ THANH HƯƠNG,		Đặc tính chịu nén, thiết lập tương quan modul đàn hồi và biến dạng đỉnh với cường độ chịu nén của UHPC dùng cốt liệu cát sông
LÊ THỊ HIỀN, NGUYỄN KHẮC HOÀNG, HỒ QUỐC BẢO		Dự đoán khả năng chịu tải và độ võng của dầm cao UHPC bằng lý thuyết động học hai tham số
BUI THỊ NINH, PHẠM NGỌC SÁNG		
NGUYỄN PHÚC ANH, BUI VĂN HỒNG LÍNH		

THÁNG 9

THANH NGÀ	6	QUẢN LÝ NGÀNH
MINH THÀNH	8	Cải cách toàn diện Luật Xây dựng
VŨ THÀNH	10	Sửa đổi toàn diện Luật Hàng không dân dụng Việt Nam
VŨ THÀNH VŨ	12	Hiện thực hóa tầm nhìn chính sách hạ tầng đường sắt
HOÀNG THẠCH	14	Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật: “kim chỉ nam” định hướng tương lai hạ tầng đường sắt
		Khoa học công nghệ - động lực để ngành Xây dựng bứt phá
AN THẢO	16	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
TS.KTS PHẠM THỊ NHÂM	18	Sửa đổi, bổ sung Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn phù hợp với tổ chức chính quyền 2 cấp
TUẤN ĐỒNG	24	Tác động mô hình chính quyền địa phương 2 cấp đến định hướng phát triển hệ thống đô thị - nông thôn
GS.TS.KTS NGUYỄN TỐ LĂNG	26	Nhận dạng cấu trúc đô thị trong bối cảnh mới
TS.KTS TRƯƠNG VĂN QUẢNG	30	Quy hoạch và quản lý đô thị ở Việt Nam hiện nay: Thực trạng và giải pháp
PGS.TS LƯU ĐỨC HẢI, KS NGUYỄN THỊ THANH HOA	34	Tương lai đô thị trong tái cấu trúc không gian lãnh thổ quốc gia
PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG	40	Lý luận và thực tiễn về quản lý phát triển đô thị theo hướng đô thị nén trên thế giới
THS LÊ TÙNG LÂM	46	Kết xe - ngấp lút vòng xoay đô thị hóa và tiếp cận quy hoạch tích hợp
		BIM Việt Nam, từ tầm nhìn đến hoàn thiện thể chế: Kiến nghị giải pháp “6 rõ” và sửa đổi Nghị định 175/2024/NĐ-CP
AN NHIÊN	49	GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
		Sổ tay áp dụng BIM 2025
NGUYỄN HOÀNG LINH	50	TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA
		Chuyên đang chờ về chống thấm cho những công trình xây dựng
NGUYỄN MINH VÂN	56	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
		Trạm đổi pin - Bước đột phá trong giao thông xanh!
PGS.TS.GVCC.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG	60	NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
THS TRƯƠNG THỊ HUỖN ANH, PGS.TS NGUYỄN NAM	66	Đổi mới phân loại đô thị - nông thôn ở Việt Nam: Tiếp cận chức năng - không gian và kinh nghiệm quốc tế
PGS.TS VŨ THỊ VINH	72	Kinh nghiệm quốc tế và bài học cho TP Đà Nẵng trong tổ chức không gian công cộng hấp dẫn du lịch
		Không gian hè phố - Giải pháp cân bằng giữa trật tự an toàn và sinh kế đô thị
LÊ TIẾN THUẬN	76	Tiếp cận từ góc độ hạ tầng kỹ thuật đô thị và quản trị không gian công cộng
LƯƠNG THỊ HIẾN, NGUYỄN THANH TÚ	81	Nghiên cứu bảo tồn bản sắc văn hóa nhà ở truyền thống dân tộc Thái vùng Tây Bắc
		Tổ chức không gian cư trú dân tộc Thái tỉnh Thanh Hóa gắn với du lịch cộng đồng: Cơ sở thực tiễn và hệ thống tiêu chí đánh giá để xuất
NGUYỄN PHƯƠNG THẢO NGUYỄN, PHAN NHỰT DUY	86	Đánh giá hiệu quả sử dụng công viên công cộng tại khu vực trung tâm TP.HCM
NGUYỄN QUANG BẢO PHÚC	91	Phát triển đại học thông minh tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số
KTS LÊ MỸ QUỐC	96	Tích hợp chức năng trong các đại học tại vùng Thủ đô dưới góc nhìn liên ngành trong đào tạo
PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, PGS.TS TRẦN QUANG PHÚ, THS BUI QUỐC AN	102	Tổ chức vận tải theo mô hình phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng (TOD) tại khu vực nhà ga đường sắt tốc độ cao và đường sắt đô thị ở TP.HCM
TS NGUYỄN CHÍ KIẾN, TS PHẠM XUÂN BÁCH, TS NGUYỄN DUY HÙNG	106	Điều khiển và giám sát lưới điện hạ thế dựa trên nền tảng công nghệ IoT
TS ĐỖ VĂN THUẬN	110	Kinh nghiệm đầu tư phát triển đường sắt tốc độ cao ở một số quốc gia
THS.NCS NGÔ MINH QUANG, PGS.TS NGUYỄN HOÀNG PHƯƠNG	114	Thực trạng và giải pháp phát triển chuỗi cung ứng hàng thủy sản đông lạnh bằng sông Cửu Long
TS NGUYỄN PHONG NHẢ, TS PHẠM THỊ YẾN	118	Các rào cản đối với chuyển đổi số tại cảng biển Hải Phòng: Phân tích dựa trên khung PESTLE
THS.NCS NGÔ VĂN QUÂN, THS TRẦN TRỌNG SƠN, GS.TS PHẠM HUY KHANG, PGS.TS NGUYỄN TRỌNG HIẾP, THS.NCS PHẠM QUANG THÔNG	121	Nghiên cứu các công nghệ xử lý nền móng mặt đường cứng sân bay trong điều kiện bất lợi trên thế giới và ở Việt Nam
TS HUYNH VĂN QUÂN, TS TRƯƠNG MINH THIÊN, PGS.TS LÊ VĂN PHÚC, TS NGUYỄN VĂN DU, THS PHẠM HOÀNG AN	126	Phân tích ổn định mái dốc nền đường sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo và thuật toán di truyền
PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA	129	Nghiên cứu bộ tiêu chí đánh giá thương hiệu cảng biển: Trường hợp cảng biển Hải Phòng
PGS.TS TRẦN QUANG PHÚ, THS TRẦN MINH CƯỜNG	132	Các yếu tố ảnh hưởng đến công tác quy hoạch không gian ngầm trong phát triển giao thông đô thị tại TP.HCM
THS PHẠM VĂN HÙNG, KS NGUYỄN ÁNH DƯƠNG, THS ĐẠO QUANG HUY, TS TỬ SỸ QUÂN, PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN	137	Thực nghiệm và mô phỏng phân tích ứng xử dính bám của cốt thanh GFRP trong bê tông nhẹ sử dụng sỏi keramzit
PGS.TS NGUYỄN ĐĂNG QUANG, PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN	140	Kết quả kinh doanh của doanh nghiệp bưu chính trong điều kiện chuyển đổi số
THS TRẦN TUẤN PHONG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	143	Nghiên cứu sự vận động của các chỉ tiêu lập kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam
TS TRẦN THỊ ANH TÂM, TS TRẦN NGUYỄN KHÔI	146	Phân tích hiệu quả cảng biển container phía Nam Việt Nam: Phương pháp phân tích đường bao dữ liệu (DEA)
THS.NCS BUI VIỆT CƯỜNG, THS NGUYỄN THỊ DIỄM HẰNG, PGS.TS TRẦN THỊ KIM ĐĂNG, PGS.TS HOÀNG HÀ	149	Công tác quản lý và khai thác đường cao tốc - Tuấn đường và xử lý sự cố trên đường cao tốc trong kỷ nguyên đột phá về phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số
	152	Phân tích hiệu ứng tĩnh có xét đến hệ số động lực phát sinh trong cấu dầm giản đơn trên đường sắt tốc độ cao do tải trọng của các mô hình đoàn tàu thiết kế khác nhau
PGS.TS LÊ QUÂN, TS LÊ BÁ TUẤN	157	Các giải pháp phát triển hệ thống ga hành khách đường sắt tốc độ cao Việt Nam trên cơ sở nghiên cứu kinh nghiệm của đường sắt Trung Quốc
THS PHẠM THANH TÙNG, THS ĐỖ THÁI GIANG	160	Thiết kế điều khiển cân bằng con lắc ngược hai bậc tự do sử dụng mô hình động học logic hỗn hợp kết hợp với điều khiển dự báo mô hình
NGUYỄN THỊ MỸ HẠNH, NGUYỄN QUỐC TOÀN, PHẠM MẠNH TÂN	163	Biến động giá vật liệu xây dựng tại Việt Nam: Nguyên nhân, tác động và giải pháp quản lý
TẠ THỊ YẾN, CHU CÔNG CẦN	168	Đánh giá tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính từ việc sử dụng vật liệu thay thế trong sản xuất xi măng
NGUYỄN THẾ HOÀNG GIA, NGUYỄN DUY HÙNG	173	Đánh giá tình trạng và nguyên nhân gây nứt của bê tông khối lớn - Trường hợp móng điện gió
TS VŨ NGUYỄN PHÚ HUÂN	178	Xây dựng mô hình tối ưu hóa trong thiết kế và phân tích cọc barrette có phụt vữa
MÃ CHÍ HIẾU	181	Phương pháp ước lượng tuổi thọ môi của sàn cấu thép bằng mô hình số
TS ĐỖ TIẾN THỌ, TS NGUYỄN HUYNH TẤN TÀI	186	Đánh giá ảnh hưởng của sợi gia cường đến khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông nhựa làm mặt đường
ĐẶNG VĂN DUY, THS LƯƠNG VINH PHÚ, THS NGUYỄN THỊ HỒNG NỤ, TS TRƯƠNG GIA TOẠI	190	Đánh giá sức chịu cắt của dầm bê tông cốt thanh FRP dựa trên các mô hình thiết kế
THS PHẠM NGỌC CHÍNH	194	Cấp nước các khu vực đô thị tỉnh Quảng Ninh hướng tới bảo đảm cấp nước an toàn
THS NGUYỄN HỮU PHÚ	199	Nghiên cứu và đề xuất bộ tiêu chí và chỉ tiêu đánh giá quản lý thoát nước mặt theo mô hình Thành phố bọt biển
TS TRẦN VIỆT TÂM	204	Nghiên cứu khả năng chống chọc thủng của đài cọc bê tông cốt thép bằng mô phỏng số
PGS.TS NGUYỄN TRÍ TÁ	209	Nghiên cứu thực nghiệm xác định hệ số phá do nổ cho một số loại bê tông
TS PHẠM THU HIẾN, TS NGUYỄN VĂN THẮNG, TS BUI SĨ MƯỜI, TS NGUYỄN THỊ THANH THÚY	214	Khảo sát ảnh hưởng của hệ giằng thép đến sự làm việc của kết cấu nhà khung liên hợp thép bê tông chịu động đất

THS NGÔ VĂN TÌNH, THS NGÔ VĂN QUÂN, PHAN THỊ NGỌC TRÂM,
NGUYỄN HỒ MỸ HUYỀN, TRẦN MINH THÀNH, LÒ CÀ QUANG MINH,
TRẦN HỒ ANH THƯ, NGUYỄN QUANG BẢO
TS NGUYỄN SỸ NAM
TS HOÀNG NGỌC QUÝ, TS NGUYỄN THẾ BẢO,
TS TRẦN MINH KHOA, TS TRƯƠNG QUANG HÙNG
NGUYỄN QUỐC HUY, NGUYỄN NGỌC PHÚ,
LÝ KHƯƠNG DUY, TRẦN QUANG MINH, VŨ HỒ NAM
NGUYỄN NGỌC UYÊN, NGUYỄN THANH PHONG
ĐÀO ĐẠI DƯƠNG, NGUYỄN THỊ THUY HIỀN
VƯƠNG THỊ NGỌC HÂN, NGUYỄN DUY LIÊM,
NGUYỄN HUỖNH TẤN TÀI, LÊ VĂN BÁCH

- 220 Phân tích kết cấu mặt đường bê tông nhựa bằng phương pháp cơ học thực nghiệm áp dụng trong điều kiện khí hậu khu vực TP.HCM
- 224 Đánh giá hiệu quả đầm của lu rung trên cơ sở phân tích mô hình động lực học
- 230 Thiết kế cải tiến thiết bị đo sóng cắt dạng nĩa tại hiện trường
- 236 Ứng dụng thuật tiến hóa khác biệt thích nghi ưu việt trong tối ưu hóa kết cấu khung bê tông cốt thép nhiều tầng
- 241 Nhà phố và phát triển đô thị bền vững: Di sản, bản sắc và cộng đồng tại TP.HCM
- 246 Giải pháp số trong quản lý tài sản xây dựng: Tối ưu hóa công tác bảo trì đường cao tốc dựa trên mô hình dự báo trí tuệ nhân tạo
- 252 Nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số ứng xử uốn bê tông tính năng cao gia cường cốt sợi thép

THÁNG 10

THANH NGA, TUẤN ĐÔNG
MINH THÀNH, ĐÌNH QUANG
CẨM PHÚ

THANH PHONG
BÍCH DIỆP
THANH TÂM
THANH BÌNH
HUY THẢO
THANH TRẢ
THANH NGA

PHAN VĂN NINH, NGUYỄN HUY HIỆP, ĐÌNH QUANG TRUNG
NGUYỄN HUY HIỆP, TRẦN TRUNG ĐỨC

NGUYỄN HẠNH

NGUYỄN HOÀNG LINH

KHÁNH LÊ
HOÀNG LONG

PV

AN NHIÊN

PGS.TS. GVCC.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG
TỔNG THỊ HẠNH
NGUYỄN HOÀNG ANH, NGÔ THỊ KIM DUNG

THS.KTS THÁI ANH VŨ, PGS.TS TRỊNH TỬ ANH
PGS.TS TRẦN QUANG PHÚ,
PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS BÙI QUỐC AN
TS TRẦN QUÝ DƯƠNG, TS NGUYỄN THANH TỬ, TS NGUYỄN THANH TRUNG
THS.KTS LÊ HỒ TUYẾT NGÂN
TS LÊ LAN HƯƠNG, THS NGUYỄN THUY TRANG, NGUYỄN ANH DŨNG,
HOÀNG THANH NAM, TẠ TUẤN VIỆT, TRẦN TRÂM ANH
NGUYỄN NGỌC TÙNG, ĐẶNG HOÀNG BẢO KHƯƠNG, TRẦN NHƯ GIA
HÂN, DƯƠNG XUÂN THÁI, NGUYỄN DIỆU THIÊN

PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN
THS NGUYỄN THẾ LŨ

PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN, THS LÊ TIẾN NGHĨA
THS MAI VŨ DUY, PGS.TS BÙI MẠNH HÙNG
TS LÊ HOÀI LONG, NGUYỄN VĂN TÍNH, TS VÕ ĐĂNG KHOA
CAO THIÊN AN, MÃ CHÍ HIẾU
NGUYỄN HOÀI NGHĨA

TS ĐỖ VĂN THUẬN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI
TS TRẦN TRUNG KIẾN
THS.NCS TRỊNH ĐÌNH CƯỜNG, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA,
KS NGUYỄN THANH DANH

TS HOÀNG NGỌC SƠN, THS BÙI THỊ NHƯ LOAN
TS. NGUYỄN TIẾN QUÝ, TS NGUYỄN VĂN KHOA
TS ĐỖ VĂN THÁI

TS CAO VĂN LÂM, TS LÊ ĐÌNH VIỆT, HOÀNG PHƯỚC DỤC
TS NGUYỄN MINH NHẬT, TS NGUYỄN QUỐC ĐẠT
TS LÊ BẢO QUỐC

QUẢN LÝ NGÀNH

- Xây dựng khung pháp lý linh hoạt về quy hoạch cho mô hình chính quyền 2 cấp
- Sửa đổi toàn diện Luật Hàng không dân dụng Việt Nam để chấp những cánh bay
- Chuẩn hóa và minh bạch hoạt động kiểm định phương tiện
- TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG**
- Bức tranh toàn cảnh và chính sách thúc đẩy công trình xanh
- Phát triển xanh trong ngành Xây dựng: Nhận diện điểm nghẽn và gợi mở từ kinh nghiệm quốc tế
- Kỳ vọng doanh nghiệp sản xuất VLXD dẫn dắt hành trình chuyển đổi xanh
- Giao thông xanh - trụ cột của chuyển đổi phát triển bền vững
- Tạo lập chính sách phát triển nhà ở xã hội đồng bộ
- Phát triển nhà ở xã hội: "Điểm nghẽn" không ở vốn mà là thủ tục tại địa phương
- Hoàn thiện cơ sở định mức phục vụ quản lý chi phí dự án đường sắt
- Phân tích điểm tương đồng các hệ thống tiêu chuẩn đường sắt trên thế giới
- Xây dựng hệ thống tiêu chuẩn đường sắt mang bản sắc Việt Nam dựa trên các tiêu chuẩn hiện hành

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

"Tư duy toàn cầu để định vị doanh nghiệp Việt trên bản đồ thế giới"

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

Đầu đo quá lâu về căn nhà thứ 2!

AN TOÀN GIAO THÔNG

- Phát triển hạ tầng đường bộ cao tốc đồng bộ hiện đại
- Cấp bách tổ chức lại giao thông trên toàn tuyến QL5

VẬT LIỆU XANH

Chìa khóa hóa giải thách thức kép của kiến trúc net-zero: Vai trò đột phá của vật liệu chống cháy thụ động trong kiến trúc Net - Zero

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

Cấu trúc quy hoạch hành lang xanh thành phố Hà Nội

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- Đô thị thông minh và nông thôn thông minh trong bối cảnh chính quyền hai cấp: Tiếp cận tích hợp và chuyển đổi số lãnh thổ
- Mô hình Quản lý giá trị tăng thêm từ đất (LVCA) các khu vực phát triển theo định hướng giao thông công cộng (TOD) tại TP.HCM
- Tác động của tỷ lệ hẻm núi đô thị và hướng đường phố tới điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời tại thành phố Đà Nẵng, Việt Nam
- Nghiên cứu tái phát triển khu vực đất nâu: Trường hợp khu vực phía Tây TP.HCM
- Nghiên cứu tổ chức vận tải theo mô hình TOD: Trường hợp nhà ga Thảo Điền thuộc tuyến đường sắt đô thị số 1 - TP Hồ Chí Minh
- 82 Công viên nghĩa trang - mô hình hạ tầng xanh mới hướng tới đô thị bền vững
- 88 Biểu hiện kiến trúc cổ điển phương Tây trên mặt đứng nhà cổ ở Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp
- 94 Thiết kế bao trùm trong nhà ở xã hội, nghiên cứu trường hợp tại Hà Nội
- 99 Đặc điểm kiến trúc làng mộ An Bằng, thành phố Huế
- 106 Nước với sức khỏe cộng đồng và vai trò của quản lý cấp nước đô thị
- 110 Nghiên cứu giải pháp bố trí hạ tầng kỹ thuật trong không gian tunnel kỹ thuật đa tiện ích phục vụ phát triển đô thị thông minh tại Việt Nam
- 116 Nghiên cứu thiết lập quan hệ tải trọng - độ lún từ kết quả nén tĩnh cọc bằng hàm số xấp xỉ
- 120 Khung pháp lý về đầu tư và phát triển khu công nghiệp sinh thái tại Việt Nam
- 123 Nỗ lực của nhà thầu hướng đến thành công dự án nhà công nghiệp: Phân tích nghiên cứu liên quan
- 128 So sánh hiệu quả mô hình SARIMA và SARIMAX trong dự báo lượng hàng container tại cảng Busan
- 132 Ứng dụng mô hình System Dynamics trong mô phỏng và đánh giá phương án đầu tư xây dựng dự án nhà phố - chung cư
- 137 Nghiên cứu sự vận động của kiểm soát vốn đầu tư công trong xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam
- 140 So sánh các khung báo cáo ESG và khuyến nghị đối với các doanh nghiệp xây dựng Việt Nam
- 144 Đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố tác động đến sự phát triển bền vững nguồn nhân lực logistics: Trường hợp tại khu vực Đông Nam Bộ
- 148 Kinh nghiệm của Hàn Quốc và Trung Quốc trong quản lý, giám sát và thanh tra tài chính dự án đầu tư công và bài học cho Việt Nam
- 151 Nghiên cứu sự thay đổi hành vi đi lại của hành khách sau khi tuyến đường sắt đô thị Nhổn - Cầu Giấy vận hành
- 156 Nâng cao hiệu quả việc thực hành tay nghề thi công cơ bản và công tác sản xuất kết hợp sinh viên Khoa Công trình - Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
- 161 Ứng dụng nội suy và biến đổi Fourier để nâng cao độ chính xác tần số cộng hưởng cảm biến dây rung
- 168 Ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ thi công xây dựng: Một số vấn đề cần lưu ý
- 174 Nghiên cứu ứng dụng giải pháp túi D-Box trong xử lý nền đất yếu tại tỉnh Đồng Tháp

THS HOÀNG HỮU ĐỨC	178	Ứng dụng GIS và ngôn ngữ lập trình VBA xây dựng và khai thác cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng đường cao tốc TP.HCM - Mộc Bài đoạn qua xã Thái Mỹ, TP.HCM
KS TRẦN ĐĂNG HUY, TS NGUYỄN THỊ THANH VÂN, TS NGUYỄN HOÀNG QUÂN	182	Nghiên cứu khảo sát mô hình động lực học của thiết bị bay sử dụng động cơ 2 tầng cánh
KS NGUYỄN VĂN QUÂN, KS ĐĂNG THỊ THU HẰNG	186	Nghiên cứu, thiết kế hệ thống giám sát toàn tàu OKS.VN dựa trên nền tảng PLC/HMI và thuật toán xử lý tín hiệu tiên tiến
THS PHẠM HUY TÙNG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	192	Nghiên cứu hiệu suất khai thác nhóm thiết bị xe nâng tại các dự án đầu tư xây dựng cảng biển container ở Việt Nam
THS.KS TRẦN THỊ MINH THU	196	IFCS: Kỳ vọng về cuộc cách mạng trao đổi thông tin trong xây dựng kỹ thuật số
NGUYỄN MINH TUẤN ANH, PHAN VĂN HUỆ, VÕ VĂN NAM, TRƯƠNG QUANG HẢI	199	Mô phỏng ứng xử liên kết cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng bê tông cốt thép khi chịu mô men không cân bằng
THS LÊ THÀNH TRUNG, TS BẠCH VŨ HOÀNG LAN	204	Phương pháp đường kính tương đương trong mô phỏng cọc khoan nhồi phục vụ đọc thần cọc
THS NGUYỄN THANH TRƯỜNG	208	Giải pháp giếng cát đóng túi trong xử lý nền đất yếu và khả năng ứng dụng tại Việt Nam
THS TRẦN THU MINH, THS LÊ HÀ LINH, TS TRẦN NGỌC HÒA, PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN	212	Phân tích ảnh hưởng của ăn mòn cấp đến sức kháng của kết cấu dầm bê tông dự ứng lực
THS VƯƠNG THẾ HÙNG, THS NGUYỄN QUỐC TRÚC, TS TRẦN HỮU BẰNG, PGS.TS LÊ VĂN BÁCH	216	Ảnh hưởng hàm lượng tro bay và phụ gia hóa học đến một số tính chất bê tông xi măng
PGS.TS NGUYỄN ANH DŨNG, NGUYỄN ĐĂNG KHÔI	221	Phân tích nội lực sàn bê tông lắp ghép theo phương ngang
TS NGUYỄN ĐÌNH HÒA, PGS.TS NGUYỄN NGỌC LINH, PGS.TS NGUYỄN NGỌC TÂN, PGS.TS NGUYỄN TRUNG KIẾN	226	Phân tích hiệu quả kỹ thuật và chi phí vòng đời của bể chứa nhôm và thép trong môi trường biển
TS NGUYỄN THỊ HƯƠNG GIANG	231	Xác định hệ số dẫn nhiệt ngang của vật liệu composite cốt sợi thủy tinh đồng phương nền epoxy bằng phương pháp học máy
NCS NGÔ VĂN TÌNH, TS LƯƠNG XUÂN CHIỂU, PGS.TS NGUYỄN THANH SANG	234	Thiết kế thực nghiệm bê tông xi măng cốt liệu tái chế trong xây dựng mặt đường bằng phương pháp Taguchi
PGS.TS NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH	238	Phân tích và khuyến nghị hoàn thiện tiêu chuẩn gối cầu TCVN 13594-8:2023 cho cầu đường sắt tốc độ cao có yêu cầu kháng chấn
THS ĐỖ THÁI GIANG, THS PHẠM THANH TÙNG	242	Thiết kế điều khiển ổn định lệch hướng cho ô tô điện sử dụng mô hình động học logic hỗn hợp kết hợp với điều khiển dự báo mô hình
TS VƯƠNG XUÂN CẦN, THS NGUYỄN THẾ ANH	246	Phân tích tai nạn giao thông liên quan đến người đi bộ ở nước ta bằng Python
THS LÊ VĂN THỨC	250	Nghiên cứu, kiến nghị hoàn thiện mô hình hoa tiêu hàng hải Việt Nam
KS HOÀNG PHÓ ÁNH	254	Nghiên cứu đánh giá an toàn công trình đường sắt trong quá trình khai thác
THS NGUYỄN LAN ANH, TS VŨ PHƯƠNG THẢO	258	Nghiên cứu lan truyền ô nhiễm không khí do hoạt động dòng xe tại nút giao Giàng Vồ - Láng Hạ - Đê La Thành
NGUYỄN SỸ ĐỨC, ĐINH NGỌC TRUNG, LÊ HUY VIỆT, NGÔ XUÂN HÙNG	264	Ảnh hưởng của phụ gia polymer đến một số tính chất cơ học của vữa cường độ cao cho công trình biển
NGUYỄN THỊ HỒNG HƯƠNG, LƯƠNG THANH TÂM	270	Nghiên cứu thực trạng phát sinh chất thải tại Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương
NGUYỄN THẾ THÔNG, LẠI VĂN MANH, NGUYỄN MINH KHOA, NGUYỄN CÔNG THÀNH, KARLA CERVANTES BARRON, PHẠM VĂN NAM, TRẦN HOÀI LÊ	274	Ứng dụng phân tích dòng vật chất để xuất các khuyến nghị chính sách trong triển khai kinh tế tuần hoàn cho ngành công nghiệp bao bì giấy tại Việt Nam

THÁNG 11		
CAO NGA	6	QUẢN LÝ NGÀNH
HUY THẢO	8	Xác lập cơ chế giảm thủ tục tiến kiểm, tăng trách nhiệm chủ thể
ĐỨC TỬ	10	Tập trung "luồng xanh", tháo gỡ thủ tục phát triển nhà ở xã hội
CÔNG THÀNH	12	Không thể để đô thị mãi "chạy theo mưa"
THANH NGA	14	Khai mở cơ chế phát triển nhân lực đường sắt
VŨ THÀNH VŨ	18	Hoàn thiện tiêu chuẩn, công nghệ và nhân lực cho hạ tầng đường sắt tốc độ cao
ĐỖ HOÀNG THẠCH	20	Phát triển công nghiệp đường sắt tự chủ và hội nhập quốc tế
TUẤN ĐÔNG	26	TRÒ CHUYÊN NGHIỆP CHUYÊN GIA
PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG	28	Tạo lập "chuỗi giá trị nhân lực" để phát triển công nghiệp đường sắt hiện đại, tự chủ và bền vững
TS NGUYỄN QUANG	34	TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT	40	Phát triển đô thị Việt Nam thông minh, bền vững và bao trùm
TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG	42	Từ cải tạo đến tái thiết - hướng tiếp cận đô thị bao trùm và bền vững phù hợp với mô hình chính quyền 2 cấp
THS LÊ TÙNG LÂM	46	Quản trị đô thị - nông thôn theo chính quyền 2 cấp ở Việt Nam: Thách thức, cơ hội và giải pháp hoàn thiện thể chế
THU THẢO	48	Dòng chảy phố Hội
CAO NGA, NGUYỄN VĂN ĐỨC	50	Quy hoạch đô thị hai bên bờ sông Lô: Gắn kết chặt chẽ giữa "cội nguồn dân tộc" với phát triển văn minh hiện đại
KHÁNH LÊ	52	ISO 37120 - "lời cam kết của thế hệ hôm nay đối với tương lai"
NGUYỄN HOÀNG LINH	54	PHÁT TRIỂN XANH
HUY LỘC	56	Vật liệu xanh và tư duy vòng đời - hướng đi tất yếu cho công trình phát thải thấp
BẢO CHÂU	58	Chính sách giao thông xanh phải đi kèm tiêu chuẩn kỹ thuật và hỗ trợ tài chính
HOÀNG LONG	60	Phát triển vận tải đường bộ xanh - thông minh
VĂN HÙNG	62	GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
AN NHIÊN	64	Doanh nghiệp xã hội - Cảnh tay của chính quyền địa phương!
NGUYỄN HOÀNG ANH, NGÔ THỊ KIM DUNG	65	DOANH NGHIỆP 4.0
TS.KTS NGUYỄN VĂN TUYẾN	70	Nâng cao hiệu quả quản lý, bảo đảm an toàn kỹ thuật cảng, bến thủy nội địa
NGUYỄN NGỌC THANH	76	Trường Đại học Hàng hải Việt Nam: Đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao cho phát triển kinh tế biển
TS.KTS TRƯƠNG THÁI HOÀI AN	81	AN TOÀN GIAO THÔNG
THS NGUYỄN THẾ LŨ	86	Dự thảo Nghị định mới về xử phạt vi phạm đường bộ: Tăng chế tài, cụ thể hóa thẩm quyền xử lý
		Bắc Ninh đẩy mạnh xây dựng văn hóa giao thông học đường
		GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
		Giám sát và đánh giá dự án đầu tư xây dựng: Cơ sở - Quy trình - Công cụ
		NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
		Ảnh hưởng của chiều cao công trình đến điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt ngoài trời: Trường hợp TP Đà Nẵng, Việt Nam
		Cảnh quan di tích tôn giáo, tín ngưỡng: Hạt nhân kiến tạo đặc trưng không gian xanh đô thị Hà Nội
		Định hướng phát triển bền vững kiến trúc nhà ở dân tộc Tày tại Bắc Giang dưới tác động của đô thị hóa
		Tiềm năng và giải pháp phát triển du lịch bền vững dựa trên không gian đặc trưng ven biển tại khu du lịch quốc gia Ninh Chữ, Khánh Hòa, Việt Nam
		Nghiên cứu đề xuất bộ tiêu chí ứng dụng GIS mô phỏng các lớp tiêu chí, làm cơ sở đánh giá và lựa chọn quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích tại trung tâm TP Đà Nẵng

TRƯƠNG THỊ LAN ANH, LÊ TRUNG THÀNH	92	Đánh giá tổng hợp mờ (FSE) các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển đô thị TOD tại ga Ba Son, TP.HCM
THS LÊ HÀ MINH, PGS.TS TRẦN QUANG PHÚ,	98	Ứng dụng mô hình ANP trong đánh giá mức độ tác động rủi ro kỹ thuật trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất áp dụng tại khu vực phía Nam Việt Nam
TS ĐÌNH GIA HUY		
PGS.TS HOÀNG HÀ	102	Tính toán và so sánh hệ số động lực cho cầu đường sắt và đường sắt tốc độ cao theo tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam và một số nước trên thế giới
TS TRẦN VIỆT HƯNG	108	Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm chấn ma sát cho cầu dây văng
KS ĐẶNG THỊ THU HẰNG, THS BÙI MINH TUẤN, TS ĐỖ KHẮC TIẾP	112	Tối ưu hóa bộ điều khiển PID bằng giải thuật di truyền (GA) cho bài toán điều chỉnh sức căng trên tời tàu thủy
NGUYỄN VĂN NAM, NGUYỄN TIẾN MƯỜI	116	Giải pháp quản lý kỹ thuật hạ tầng kỹ thuật khu công nghiệp Thuận Thành III, tỉnh Bắc Ninh
THS ĐỖ THÁI GIANG, THS PHẠM THANH TÙNG	121	Thiết kế điều khiển điện áp bộ chuyển đổi Buck-Boost dựa trên mô hình logic hỗn hợp kết hợp với điều khiển dự báo mô hình
TS NGUYỄN PHAN ANH, THS BÙI NGỌC DUNG	124	Ứng dụng mô hình ước tính phát thải và hiệu quả xử lý NOx của mặt đường phủ TiO ₂ tại đô thị Hải Phòng
THS ĐÀO QUANG HUY, TRẦN THU MINH, NGUYỄN ĐÌNH THÀNH,	129	Nghiên cứu ứng dụng vật liệu bê tông nhẹ và cốt thanh GFRP cho kết cấu cầu lắp ghép nhanh trong đô thị
NGUYỄN HUỖN MAI, GS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN		
TS MẠC VĂN HÀ, TS ĐẶNG VĂN PHÚ, KS NGUYỄN TRUNG NGÂN	132	Ứng xử động của hệ vòm bê tông cốt thép đúc sẵn phân mảnh có hệ neo được chôn trong đất thông qua mô phỏng số
TS HOÀNG HIẾU NGHĨA	136	Thiết kế kết cấu dàn phẳng liên hợp thép - bê tông theo tiêu chuẩn Eurocode 4
PGS.TS ĐÀO VIỆT ĐOÀN	144	Vẽ cửa hầm xuyên núi và một số kiến nghị trong thiết kế, thi công cửa hầm đường sắt tốc độ cao tại Việt Nam
PGS.TS KHÚC ĐĂNG TÙNG, THS NGUYỄN TIẾN PHÁT,	150	Nghiên cứu xác định tần số và dạng dao động kết cấu trụ điện gió trong điều kiện vận hành
PGS.TS LÊ BÁ DANH, THS NGUYỄN HÙNG SƠN		
TS TRẦN VIỆT TÂM	155	Nghiên cứu khảo sát sự thay đổi thiết kế móng cọc nhà bê tông cốt thép theo hai tiêu chuẩn TCVN 10304-2025 và TCVN 10304-2014
KS NGUYỄN DUYÊN THÀNH TRUNG, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT,	162	Tối ưu hóa tiết diện thép tổ hợp nhà công nghiệp bằng các thuật toán metaheuristic tích hợp với SAP2000-OAPI
PGS.TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN, THS LÊ THỊ THUY LINH		
SOK HEANG, NGUYỄN HOÀNG TÙNG	167	Nghiên cứu ảnh hưởng hệ số điều chỉnh độ cứng của cấu kiện bê tông cốt thép trong phân tích nhà cao tầng chịu tải ngang
TS PHAN VĂN HUỆ, TRƯƠNG QUANG HẢI	174	Tính toán chọc thủng cho sàn phẳng bê tông cốt thép tại liên kết với cột ống thép nhồi bê tông ở vị trí cột biên và cột góc
VŨ HUY HOÀNG, NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG	180	Độ bền của cấu kiện chữ C tạo hình nguội chịu uốn quanh trục không đối xứng theo các phương pháp của Tiêu chuẩn AISI S100
NGUYỄN TRUNG KIẾN, NGUYỄN QUANG TRƯỜNG	185	Chuyển vị bề mặt đất khi sóng cắt lan truyền trong môi trường đất ngẫu nhiên
BÙI THỊ ÁI MY, NGUYỄN HỮU HUỆ,	190	Rủi ro địa chất - thủy văn và sụt lún đô thị TP.HCM: Hệ quả và thách thức cho phát triển không gian ngầm
NGUYỄN VĂN SƠN, NGUYỄN ĐÌNH CHỨC		
NCS NGÔ VĂN TÌNH, TS LƯƠNG XUÂN CHIỂU,		
PGS.TS NGUYỄN THANH SANG	194	Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay, xỉ lò cao đến các đặc trưng cơ học của bê tông xi măng cốt liệu tái chế trong xây dựng mặt đường
TRƯƠNG ĐỨC CẢNH, PHẠM ĐỨC TIẾN	198	Đánh giá khả năng xây dựng hệ công trình xử lý chất thải theo định hướng kinh tế tuần hoàn sinh học cho dự án Trang trại CMC tại Mường La
PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THẠCH	203	Ứng dụng trí tuệ nhân tạo cho giao diện hiển thị trước mắt (HUD) hỗ trợ điều động USV trong môi trường cảng thông minh
PGS.TS NGUYỄN VĂN TIÊM, GS.TS LÊ HÙNG LÂN, KIỀU VIỆT CƯỜNG	208	Phương pháp điều khiển bộ chuyển đổi nguồn DC-DC buck trên cơ sở PID, GA và logic mờ
TS NGUYỄN XUÂN LONG, KS CHU VĂN HOÀNG	213	Giải pháp nâng cao hiệu quả hệ thống báo hiệu luồng hàng hải cảng Sơn Dương
THS PHẠM TẤT TIẾP, PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỞNG	216	Thiết kế bộ điều khiển trượt với thời gian hội tụ hữu hạn cho hệ thống ổn định lắc Rotor Magnus
THS.NCS NGUYỄN THỊ PHƯỢNG	221	Đánh giá tác động rủi ro trong giai đoạn thực hiện dự án xây dựng chung cư cao tầng tại Hà Nội bằng mô hình SEM
PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI	226	Chuyển đổi xanh trong giao thông vận tải đô thị: Từ chính sách đến thực tiễn tại Việt Nam
THS TRẦN TUẤN PHONG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	230	Nghiên cứu sự vận động của các chỉ tiêu tổ chức thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam
PGS.TS LƯU TRƯỜNG VĂN, NGUYỄN LÊ MINH LONG	234	Xếp hạng các nhân tố ảnh hưởng đến quản lý năng suất của nhà thầu xây dựng: Góc nhìn BALANCED SCORECARD
THS LÊ VIỆT HÒA	240	Đầu thầu bền vững: Các yếu tố cần được tích hợp trong quá trình lựa chọn nhà thầu
TS VŨ MINH TÂM, TS THÁI HỒNG NAM, PGS.TS VŨ HOÀI NAM, PGS.TS	244	Nghiên cứu về phí sử dụng đường trong nội đô tại các nước tiên tiến và khả năng áp dụng tại Việt Nam
ĐÌNH VĂN HIỆP, PGS.TS VŨ NGỌC TRỤ, PGS.TS NGUYỄN VIỆT PHƯƠNG		
THS PHẠM THỊ HỒNG ANH	248	Nghiên cứu hệ thống lưu kho tự động
TS NGUYỄN ĐÌNH TỬ, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI	252	Kinh nghiệm các nước về chính sách chuyển đổi xanh đối với thiết bị xây dựng công trình giao thông - bài học cho Việt Nam
TS ĐỖ VĂN THUẬN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	255	Xây dựng hệ thống chỉ tiêu đánh giá hoạt động điều hành kế hoạch vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam
PGS.TS NGUYỄN THANH CHƯƠNG	258	Nghiên cứu các yếu tố tác động tới hành vi lái xe nguy hiểm của người lái xe buýt ở Hà Nội
TS PHẠM THỊ LÝ, KS NGUYỄN VINH HOÀNG, THS NGUYỄN THỊ HỒNG HOA	262	Nghiên cứu phương pháp Random Forest và XGBoost trong dự báo lưu lượng giao thông
TS ĐÌNH QUANG TOÀN	266	Tối ưu hóa kết nối giao thông xanh với người trồng tuyến đường
LÊ ĐÌNH THỰC, NGUYỄN VĂN MINH	271	Tiêu chí đầu tư hạ tầng giao thông đồng bộ vùng ĐBSCL ứng phó với biến đổi khí hậu: Phương pháp phân tích mạng lưới xã hội
HUỖNH HÀN PHONG	276	Phân tích phần tử hữu hạn của tấm sàn bê tông cốt thép trọng lượng nhẹ



CÔNG TY CỔ PHẦN ĐƯỜNG BỘ I THỪA THIÊN HUẾ

THUA THIEN HUE ROAD TRANSPORT JOINT STOCK COMPANY NO 1 (ROTRACO)

NGÀNH NGHỀ KINH DOANH

- ▶ Xây dựng các công trình giao thông, thủy lợi, thủy điện, công nghiệp, cơ sở hạ tầng kỹ thuật, quản lý, sửa chữa duy tu và bảo trì hệ thống giao thông đường bộ.
- ▶ Tư vấn khảo sát, thí nghiệm các công trình giao thông, thủy lợi, hạ tầng kỹ thuật; hoạt động tư vấn kỹ thuật có liên quan về giao thông, thủy lợi; thiết kế công trình giao thông.
- ▶ Sửa chữa máy móc thiết bị chuyên dùng ngành giao thông vận tải.
- ▶ Nuôi trồng thủy sản.
- ▶ Bán buôn xăng dầu và các sản phẩm liên quan.
- ▶ San lấp mặt bằng.
- ▶ Xây dựng các công trình dân dụng.
- ▶ Kinh doanh bất động sản, nhà đất và khu đô thị, đầu tư xây dựng.
- ▶ Bán lẻ thủy sản.
- ▶ Kinh doanh các loại vật liệu xây dựng.
- ▶ Sản xuất và kinh doanh vật liệu nung và không nung, các cấu kiện đúc sẵn, cấu kiện định hình, thiết bị bảo đảm giao thông.



Trụ sở chính Công ty

Trụ sở chính: Số 14 Trần Đại Nghĩa, Phường An Cựu, TP. Huế
Điện thoại: 0234.3822796 Fax: 0234.3849219 - Email: baortriduongbo@gmail.com
TỔNG GIÁM ĐỐC: PHAN THANH MINH

CÔNG TY CỔ PHẦN CƠ KHÍ THIẾT BỊ GIAO THÔNG BRC

NHÀ MÁY SẢN XUẤT CAO SU: LÔ H3, ĐƯỜNG SỐ 4, KCN HẢI SƠN, BÌNH TIẾN 2, ĐỨC HÒA, LONG AN
NHÀ MÁY SẢN XUẤT GỐI CHẬU: LÔ 03, ĐƯỜNG SỐ 10, KCN SÓNG THẦN 1, DĨ AN, BÌNH DƯƠNG
SỐ HOTLINE: 0879 008 666 EMAIL: CONGTYBRC@GMAIL.COM WEBSITE: WWW.GOICHAU.COM.VN



HỢP TÁC CÙNG PHÁT TRIỂN

